

Inhalt

C. Ausgangslage und ökonomische Erwartungen an das Internet der Dinge.....	2
I Einleitung.....	2
II Das smarte Gerät als Grundbaustein des Internets der Dinge.....	4
III Vom smarten Gerät zum smarten Ökosystem	18
IV Das ökonomische Potenzial des Internets der Dinge	33
V Zusammenfassung und Einordnung der wesentlichen Erkenntnisse	42
Literaturverzeichnis.....	44

C. Ausgangslage und ökonomische Erwartungen an das Internet der Dinge

I Einleitung

Digitale Produkte und Dienstleistungen sind aus dem Alltag von Privatpersonen, Unternehmen und der Gesellschaft nicht mehr wegzudenken. Die Digitalisierung zwingt Unternehmen und ermöglicht es ihnen zugleich, bestehende Geschäfts- und Betriebsmodelle auf Basis digitaler Technologien fundamental neuzudenken¹. Digitale Technologien kommen dabei immer schneller und immer günstiger auf den Markt. Eine digitale Technologie, die über alle Anwendungsbereiche hinweg viel Aufmerksamkeit in den letzten Jahren auf sich gezogen hat, ist das *Internet der Dinge* (Internet of Things, IoT).

Im IoT werden physische Objekte mit Sensoren, Aktuatoren und Rechenleistung ausgestattet sowie mit dem Internet verknüpft. Die dadurch entstehenden *smarten Geräte* werden zu selbstständigen Akteuren in einer vernetzten Gesellschaft und tragen zu einer zunehmenden Verschmelzung von digitaler und physischer Welt bei. Gleichzeitig ermöglichen smarte Geräte neuartige Interaktionen zwischen Unternehmen, Geräten und Individuen sowie innovative Wertversprechen und Geschäftsmodelle auf Basis neu verfügbarer Daten und allgegenwärtiger Vernetzung. Schätzungen zufolge sollen im Jahr 2025 insgesamt 75 Milliarden smarte Geräte mit dem Internet sowie untereinander verbunden sein. Bis zum Jahr 2025 wird dabei mit einem Wertschöpfungspotenzial von 11 Billionen US Dollar kalkuliert².

Bereits heute finden sich einfache bis sehr komplexe Beispiele für das IoT in zahlreichen Anwendungsbereichen wie Smart City, Smart Mobility, Smart Health, Smart Home oder Smart Factory³. Für Privatpersonen bzw. Endkonsumenten ermöglicht es zB ein smartes Thermostat, die Raumtemperatur im eigenen Heim von unterwegs zu steuern. Zudem kann sich ein smartes Thermostat selbstlernend an den Tagesrhythmus von Hausbewohnern anpassen, um Energie zu sparen. Smarte Geräte können aber nicht nur individuell agieren, sondern sich auch mit anderen smarten Geräten sog. smarten Ökosystemen bzw. smarten Servicesystemen verbinden. Die Interaktion von smarten Geräten in Ökosysteme ermöglicht die Entstehung innovativer Services, die über die Fähigkeiten des einzelnen smarten Geräts weit hinausgehen. Zum Beispiel lässt sich das smarte Thermostat mit Rauchmeldern oder Sensoren zur Messung von Kohlenstoffmonoxid koppeln. Sobald zu hohe Werte gemessen werden, sendet der Rauchmelder einen Alarm an das Thermostat, das daraufhin die Heizungen abschaltet und ggf. einen Notruf auslöst. Sämtliche Aktivitäten der smarten Geräte aus diesem Beispiel sowie alle Informationen über die erfasste Umwelt werden via Smartphone bereitgestellt, sodass im Fall eines Brandes nicht nur die aktuell im Haus befindlichen Bewohner alarmiert werden, sondern auch alle Hausbewohner, die sich derzeit nicht im Haus befinden.

Mit Blick auf die Gesellschaft kann IoT einen Beitrag im Gesundheitsbereich leisten. Diabetespatienten können zB von einem Blutzuckermessgerät, das sie direkt am Körper tragen, profitieren. Dabei wird regelmäßig über den Tag hinweg der Blutzuckerwert gemessen. Die Werte werden jedoch nicht direkt an den Patienten weitergegeben, sondern gehen verschlüsselt an einen medizinischen Dienstleister, der den Patienten kontaktiert, sofern die Werte besorgniserregend sind, um zu besprechen, wie die Medikamentengabe besser eingestellt werden kann. Ein weiteres Beispiel aus dem Gesundheitsbereich sind smarte Armbänder, die bei einem Sturz den Rettungsdienst benachrichtigen und diesen für eine erste Diagnose per Video auf das Armband schalten.

¹ Michael E. Porter und James E. Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition.“ *Harvard Business Review* 92, Nr. 11 (2014): 3–23.

² Gartner, „5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies.“ <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/08> (letzter Zugriff: 15. November 2019); McKinsey, „Unlocking the Potential of the Internet of Things.“ <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

³ Eleonora Borgia, „The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues.“ *Computer Communications* 54 (2014): 1–31.

Im industriellen Kontext ist ebenfalls der deutliche Trend zu beobachten, dass IoT immer mehr in Unternehmensabläufe integriert wird. Zu nennen sind hier zB Trendthemen wie *Industrie 4.0* und weitere subsumierbare Konzepte wie *cyber-physische Systeme* (dh Integration von Informationstechnologie und physische Prozesse, mit dem Ziel, physische Prozesse zu beeinflussen und zu vernetzen) oder *Digital Twins* (dh digitale Repräsentationen von Prozessen, Produkten, Maschinen oder Individuen)⁴. Während im englischsprachigen Raum vom *Industriellen IoT* (Industrial IoT) gesprochen wird, hat sich in Deutschland aufgrund einer Initiative der Deutschen Bundesregierung zur Förderung von IoT im industriellen Kontext der Begriff *Industrie 4.0* etabliert⁵. IoT bietet hier die Möglichkeit, einzelne Arbeitsschritte bis hin zu ganzen Prozessen zu optimieren. So können zB smarte Brillen die Arbeitsumgebung mit zusätzlichen Informationen anreichern und den Werker bei der Einrichtung und Wartung von Maschinen anweisen. Des Weiteren ist es möglich, dass sich fertig hergestellte Produkte selbstständig durch den Warenausgangsprozess koordinieren und automatisiert durch den Spediteur verladen werden. Zudem vernetzen sich Maschinen, Anlagen und Produkte zu sog. Smart Factories, die sowohl innerhalb als auch über Unternehmensgrenzen hinweg mit anderen Smart Factories interagieren⁶. Ein Beispiel wäre, dass eine Produktion mit mehreren Fertigungsstufen in jeweils unterschiedlichen Unternehmen in Echtzeit hinsichtlich ihrer Machbarkeit (zB Prüfung von Fähigkeiten der einzelnen Unternehmen und der zur Verfügung stehenden Ressourcen) geprüft werden kann.

Um das IoT als Schlüsseltechnologie besser zu verstehen, beschäftigt sich dieses Kapitel mit dessen konzeptioneller Ausgangslage und dessen ökonomischem Potenzial. Dazu wird in Abschnitt 0 0 zunächst auf das einzelne smarte Gerät und dadurch neu entstehende Interaktionsformen eingegangen. In Abschnitt 0 0 wird die Vernetzung von smarten Geräten hin zu smarten Ökosystemen und die damit verbundene Entstehung innovativer Services näher betrachtet. Abschnitt 0 0 beschäftigt sich mit dem ökonomischen Potenzial des IoT im Konsumentenbereich sowie im industriellen Kontext. Abschließend werden die wichtigsten Erkenntnisse kurz zusammengefasst.

⁴ Stefan Boschert und Roland Rosen, „Digital Twin—The Simulation Aspect.“ in *Mechatronic Futures: Challenges and Solutions for Mechatronic Systems and their Designers*, hrsg. von Peter Hehenberger und David Bradley, 59–74 (Cham, s.l.: Springer International Publishing, 2016); Robert Obermaier, Hrsg., *Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen*, 2., korrigierte Auflage (Wiesbaden: Springer Gabler, 2017). <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-16527-7>.

⁵ Fortschrittsbericht, „Digitalisierung der Industrie - Die Plattform Industrie 4.0.“ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/digitalisierung-der-industrie.html> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁶ Agnieszka Radziwon et al., „The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions.“ *Procedia Engineering* 69 (2014): 1184–1190.

II Das smarte Gerät als Grundbaustein des Internets der Dinge

1. Der grundlegende Aufbau von smarten Geräten

Wie dem Haus der Grundstein, so bilden smarte Geräte die Grundlage des IoT. Wird das Beispiel einer Landmaschine betrachtet, so hat sich dessen traditionelle Funktion (zB Feld pflügen) längst weiterentwickelt. So kann eine Landmaschine Daten an den Hersteller oder den Landwirt senden, die diese anschließend analysieren und auswerten. Daraus ergeben sich neue Möglichkeiten, wie im Bereich der vorbeugenden Instandhaltung. So lässt sich bspw. der Verschleiß stark beanspruchter Maschinenkomponenten besser antizipieren. Auch Leistungskennzahlen wie die Tagesproduktivität lassen sich auf dieser Basis ermitteln. Im vorliegenden Beispiel werden Daten nicht nur versendet. Vielmehr kann die Landmaschine auch über das Internet gesteuert werden, bis hin zur simultanen Koordinierung und Steuerung mehrerer Landmaschinen. Zudem kann die Landmaschine Daten anderer Maschinen, Landwirtschaftsbetriebe und Unternehmen nutzen. Durch die Vernetzung von Landwirtschafts- und Wettersystem, kann die Landmaschine auf neue Funktionen zurückgreifen (zB Wetterprognose) und ihren Einsatz selbstständig optimieren. Wo bisher die Grenzen einer Branche galten, werden sich in Zukunft vernetzte smarte Ökosysteme zu sog. *Systems of Systems* verknüpfen⁷.

Die Grundlage vernetzter smarterer Ökosysteme ist und bleibt jedoch das smarte Gerät. Nicht selten findet der Begriff des smarten Geräts Verwendung als Sammelbecken, in den ungeachtet existierender Unterschiede *smarte* Alltagsgegenstände verschiedenster Anwendungsbereiche und Entwicklungsstufen einsortiert werden. Um die Komplexität von smarten Geräten und deren transformative Wirkung auf Interaktionen zwischen Unternehmen und Individuen sowie auf Geschäftsmodelle zu verstehen, greift dieses Vorgehen jedoch zu kurz. Hierfür ist ein Blick hinter die Fassade von smarten Geräten erforderlich.

2. Kurze Einordnung in bestehende smarte Geräte-Architekturen

Auch wenn sich der Mehrwert von IoT erst an der Kundenschnittstelle oder durch den Einsatz von smarten Geräten in betrieblichen Prozessen und Produkten manifestiert, so müssen Unternehmen die technologischen Voraussetzungen für deren Einsatz schaffen. In diesem Zusammenhang werden unterschiedliche IoT-Architekturen diskutiert, die alle einen ähnlichen Aufbau aufweisen⁸. Alle IoT-Architekturen betrachten das physische Objekt ausgerüstet mit Sensoren, Aktoren und Rechenleistung als Fundament auf einer sog. *Gerät-Ebene*. Auf Basis ihrer Internetverbindung können smarte Geräte mit verschiedenen Akteuren aus ihrer Umwelt interagieren – bspw. mit Individuen, Unternehmen oder anderen smarten Geräten. Interaktionen mit anderen Akteuren werden auf einer *Interaktionsebene* untersucht. Eine weitere wesentliche Eigenschaft von smarten Geräten ist die Sammlung von Daten aus unterschiedlichen Quellen sowie deren Verarbeitung für unterschiedliche Zwecke. Dies wird auf der *Datenebene* gebündelt. Die gewonnenen Daten werden schließlich dazu genutzt, um digitale Services zu kreieren. Da sich der innovative Charakter von smarten Geräten insbesondere durch digitale Services ausdrückt, findet man als oberste Ebene von IoT-Architekturen üblicherweise eine *Service-Ebene*. Diese vier Ebenen lassen sich verwenden, um smarte Geräte strukturiert zu analysieren.

3. Eine Taxonomie für smarte Geräte

Eine Taxonomie ist ein Klassifikationsschema, mit dem sich Objekte eines bestimmten Anwendungsbereichs systematisch anhand von Dimensionen und Dimensionsausprägungen analysieren lassen. Taxonomien zielen darauf ab, Objekte nicht vollständig zu erfassen, sondern diese vielmehr ihrem Wesen nach unterscheiden zu können. Um die Variantenvielfalt von smarten Geräten zu strukturieren,

⁷ Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition“.

⁸ Elgar Fleisch, Markus Weinberger und Felix Wortmann, „Geschäftsmodelle im Internet der Dinge.“ *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 67, Nr. 4 (2015): 444–465; Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition“.

wurde eine mehrdimensionale Taxonomie auf Basis der Literatur sowie einer Auswahl von 200 smarten Geräten aus unterschiedlichen Anwendungsdomänen des IoT entwickelt (Abbildung 1)⁹. In Anlehnung an bestehende IoT-Architekturen (Kapitel 0 0 0) umfasst die Taxonomie vier Ebenen: Gerät-Ebene, Interaktionsebene, Datenebene und Service-Ebene. Auf diese wird im Folgenden detailliert eingegangen.

	Dimension	Ausprägung			
Service	Ökosystem-Integration	Keine	Eingeschränkt		Offen
	Leistungsversprechen	Gerät-zentriert		Service-zentriert	
	Offline-Funktionalität	Keine		Eingeschränkt	
Daten	Verwendung	Transaktional		Analytisch (grundlegend)	Analytisch (fortgeschritten)
	Herkunft	Gerät-Status	Gerät-Kontext	Gerät-Nutzung	Cloud
Interaktion	Partner	Nutzer		Unternehmen	Geräte
	Multiplizität	Eins-zu-Eins		Eins-zu-Viele	
	Richtung	Unidirektional		Bidirektional	
Gerät	Autonomie	Keine	Selbstgesteuert		Selbstlernend
	Aktuatorik	Unmittelbar		Intermediär	
	Sensorik	Einfach		Umfangreich	

Abbildung 1: Taxonomie für smarte Geräte¹⁰

a. Gerät-Ebene

Die Gerät-Ebene bildet das Fundament eines smarten Geräts. Auf dieser Ebene wird das physische Objekt um Sensoren, Aktoren und Rechenlogik erweitert – und somit zum smarten Gerät. Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Gerät-Ebene ist der Autonomiegrad eines smarten Geräts.

Sensorik

Die Erfassung von Daten über die physische Umwelt (zB Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder Helligkeit) ist ein wesentliches Merkmal von smarten Geräten¹¹. Die Sensorik definiert den Rahmen für die Menge und Vielfalt an Daten, die ein smartes Gerät direkt erfassen kann. Daher wird zwischen *einfacher* und *umfangreicher* Sensorik unterschieden¹². Smarte Geräte verfügen über einfache Sensorik, wenn sie einfache Daten sammeln, zB sammelt der smarte Duschkopf Eva Drop über seine Sensoren die Position des Nutzers, um den Wasserverbrauch zu steuern¹³. Umfangreiche Sensorik findet sich hingegen in smarten Geräten, die komplexe Daten erfassen. Zum Beispiel die smarte Sicherheitskamera Nest Cam IQ, die 4K-Farbsensorik, Infrarottechnik und hochauflösende Mikrofone verwendet, um Außen- und Innenbereich eines Hauses zu überwachen¹⁴.

⁹ Louis Püschel, Helen Schlott und Maximilian Röglinger, „What’s in a Smart Thing? Development of a Multi-layer Taxonomy.“ *37th International Conference on Information Systems (ICIS)* (2016).

¹⁰ Ebd.

¹¹ Borgia, „The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues“.

¹² Luigi Atzori, Antonio Iera und Giacomo Morabito, „The Internet of Things: A survey.“ *Computer Networks* 54, Nr. 15 (2010): 2787–2805.

¹³ „Eva Drop.“ <https://evadrop.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹⁴ „Nest Cam IQ.“ https://store.google.com/de/product/nest_cam_iq (letzter Zugriff: 15. November 2019).

Aktorik

Neben der Erfassung von Daten aus der Umwelt mittels Sensoren können smarte Geräte durch Aktoren ihre Umwelt beeinflussen (zB durch akustische Signale, Vibration sowie Text- oder Sprachnachrichten)¹⁵. Bei einem smarten Gerät kann zwischen *unmittelbarer* und *intermediärer* Aktorik unterschieden werden¹⁶. Im Falle intermediärer Aktorik verfügt ein smartes Gerät über keine eigene Aktorik und beeinflusst seine Umwelt über andere Geräte (zB Smartphone, Tablet oder sonstige Werkzeuge). Zum Beispiel sendet das smarte Türschloss Lockitron Benachrichtigungen per Smartphone an den Nutzer, um zu signalisieren, dass die Tür verschlossen ist¹⁷. Verfügt ein smartes Gerät über eigene Aktorik, mit der es die Umwelt beeinflussen kann, so wird es in dieser Dimension als *unmittelbar* klassifiziert. Zum Beispiel kann ein Fitnesstracker verschiedene Fitnessdaten auf dem eingebauten Bildschirm anzeigen. Wichtig ist, dass smarte Geräte gleichzeitig über eine unmittelbare und eine intermediäre Aktorik verfügen können.

Autonomie

Immer mehr smarte Geräte können unabhängig vom Menschen handeln, benötigen keine externen Ereignisse, um Aufgaben zu erfüllen, und verfügen über sogenannte Self-x-Fähigkeiten (zB die Fähigkeit, sich selbst zu steuern, zu optimieren und zu lernen)¹⁸. Da es sich beim Autonomiegrad eines smarten Geräts um eine relevante Eigenschaft handelt, muss dieser Rechnung getragen werden. Die Autonomie von smarten Geräten baut auf grundlegenden Self-x-Fähigkeiten (dh *selbststeuernd*) und fortgeschrittenen Self-x-Fähigkeiten (dh *selbstlernend*) auf. Smarte Geräte, die über keine Self-x-Fähigkeiten verfügen, werden als *nicht-autonom* klassifiziert. So wiegt zB die smarte Lebensmittelwaage Situ Lebensmittel und zeigt zum einen das Gewicht auf dem eingebauten Display an und sendet zum anderen die Informationen an das Smartphone des Nutzers¹⁹. Die Waage erfüllt dabei ihren konventionellen Zweck, erweitert um die Darstellung von Informationen auf dem Smartphone des Nutzers. Eine Selbststeuerung oder ein Selbstlernen findet dabei nicht statt.

Im Gegensatz dazu arbeiten smarte Geräte wie der smarte Staubsauger-Roboter Roomba *selbststeuernd*²⁰. Der smarte Staubsauger-Roboter ist dabei mit Sensoren und Software ausgestattet, um den Boden selbststeuernd zu reinigen. Dabei arbeitet er bis zur Zielerfüllung seiner Aufgaben eigenständig und im Regelfall ohne externe Interventionen durch den Nutzer²¹. Der smarte Staubsauger-Roboter verbessert jedoch in der Regel seine Vorgehensweise während oder zwischen seinen Einsätzen nicht, sodass er seine Aufgaben selbststeuernd, aber eben nicht selbstlernend erfüllt.

Noch weiter ausgereifte smarte Geräte sind sogar in der Lage, sich an Umgebungsbedingungen anzupassen und aus den Bedürfnissen und Präferenzen ihrer Nutzer zu lernen²². Solche *selbstlernenden* smarten Geräte können ohne externe Interventionen (teilweise sogar ohne externe Startauslöser) zielorientiert handeln und entscheiden. Ohne externe Intervention schließt dabei nicht das Zusammenspiel mit anderen technischen und menschlichen Akteuren aus, die für die Durchführung einer Aufgabe oder das Erreichen von Zielen notwendig sind. Dabei verbessern bzw. optimieren selbstlernende smarte

¹⁵ Daniel Beverungen et al., „Conceptualizing smart service systems.“ *Electronic Markets* 29, Nr. 1 (2019): 7–18.

¹⁶ Püschel, Schlott und Röglinger, „What’s in a Smart Thing? Development of a Multi-layer Taxonomy“.

¹⁷ „Lockitron.“ <https://lockitron.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹⁸ Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition“.

¹⁹ „Situ Scale.“ <https://www.macrumors.com/review/situ-smart-scale/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

²⁰ „Roomba.“ https://www.irobot.de/haushaltsroboter/staubsaugen?gclid=Cj0KCQjw9pDpBRckARIsAOzRzitE9BHiKn_asOv3_Md9fs9QdYZ3O3kQksPLKbJivcGtLP-aWQIgtUkaApwJEALw_wcB (letzter Zugriff: 15. November 2019).

²¹ Serge A. Rijsdijk und Erik Jan Hultink, „How Today's Consumers Perceive Tomorrow's Smart Products *.“ *Journal of Product Innovation Management* 26, Nr. 1 (2009): 24–42.

²² Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition“.

Geräte stetig ihre eigene Vorgehensweise bei der Durchführung von Aufgaben mittels fortgeschrittener Self-x-Fähigkeiten sowie fortgeschrittener Datenanalysefähigkeiten²³. Selbstlernende smarte Geräte nehmen menschlichen Nutzern zudem Entscheidungen ab²⁴. So lernt bspw. die smarte Kamera Nest Cam IQ die Abläufe von Hausbewohnern und warnt bei auftretenden Anomalien, zB bei einem Einbruch in das eigene Haus, die Hausbewohner mittels Nachricht auf das Smartphone.

b. Interaktionsebene

Auf der zweiten Ebene der Taxonomie, der Interaktionsebene, werden die Interaktionseigenschaften eines smarten Geräts untersucht. Die Interaktionsebene schlägt die Brücke zur digitalen Welt. So ist sichergestellt, dass zB über eine Internetverbindung der Remote-Zugriff auf die Aktoren, Sensoren und die Anwendungslogik eines smarten Geräts möglich ist. Auf der Interaktionsebene werden die Richtung der Interaktion, die Multiplizität sowie die Art der Interaktionspartner des smarten Geräts beschrieben. In Kapitel 0 0 werden innovative Interaktionsmuster zwischen Kunden, Unternehmen und smarten Geräten noch einmal vertiefend betrachtet.

Interaktionsrichtung

Die Richtung der Interaktion eines smarten Geräts mit seinem Interaktionspartners kann in *unidirektional* und *bidirektional* unterteilt werden²⁵. Unidirektional meint, dass die Daten nur in eine Richtung zwischen den Interaktionspartnern fließen. Zum Beispiel erfasst ein smarter Tennisschläger während des Trainings Daten, die in einem nächsten Schritt auf das Smartphone des Nutzers weitergeleitet werden und nach dem Training entsprechend eingesehen werden können. Bei einer bidirektionalen Interaktion sind mindestens zwei Partner aktiv beteiligt, zwischen denen Daten in beide Richtungen fließen. So warnt zB ein smartes Armband, das zur Reduzierung von Stress entwickelt worden ist, den Nutzer durch Vibration, wenn es erhöhte Belastungen erkennt. Nutzer können dann am Armband bestätigen, dass sie entweder dieser Warnung nachkommen oder sich aktuell in gar keiner Stresssituation befinden.

Multiplizität

Smarte Geräte lassen sich des Weiteren nach der Anzahl der Interaktionen, in der sie sich zum Zeitpunkt der Benutzung befinden, klassifizieren. Man unterscheidet zwischen *eins-zu-eins* und *eins-zu-viele*-Interaktionen²⁶. Bei einer eins-zu-eins-Interaktion interagiert ein smartes Gerät mit genau einem Interaktionspartner. So ist zB der Lumo Run Fitness-Tracker, der an der Sportbekleidung befestigt ist und verschiedene Fitnessparameter auf dem Smartphone des Benutzers bereitstellt, für die Nutzung durch genau eine Person ausgelegt²⁷. Im Gegensatz dazu finden eins-zu-viele-Interaktionen zwischen dem smarten Gerät und mehreren Interaktionspartnern statt. So kann zB das smarte Thermostat von Nest, das den Standort aller Familienmitglieder über deren Smartphone nachvollziehen kann, die Temperatur im Haus nach dem Verlassen durch die letzte Person sowie vor Rückkehr der ersten Person anpassen²⁸.

²³ Rijdsdijk und Hultink, „How Today's Consumers Perceive Tomorrow's Smart Products“.

²⁴ Beverungen et al., „Conceptualizing smart service systems“; National Science Foundation, „Partnerships for Innovation: Building Innovation Capacity.“. <https://www.nsf.gov/pubs/2018/nsf18511/nsf18511.pdf> (letzter Zugriff: 15. November 2019); Anna Maria Oberländer et al., „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things.“ *European Journal of Information Systems* 27, Nr. 4 (2018): 486–502.

²⁵ Oberländer et al., „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things“; Lucy Suchman, *Human-machine reconfigurations: Plans and situated actions*, 2nd edition (Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo, Delhi, Daubei, Tokyo, Mexico City: Cambridge University Press, 2009). <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0642/2006007793-d.html>.

²⁶ Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition“.

²⁷ „Lumo Run Fitness-Tracker.“. <https://www.mindtecestore.com/Lumo-Run-Lauftrainer-Sensor> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

²⁸ „Nest Learning Thermostat.“. https://store.google.com/product/nest_learning_thermostat_3rd_gen (letzter Zugriff: 15. November 2019).

Interaktionspartner

Ein wichtiges Merkmal von smarten Geräten ist, dass sie als neuartiger Akteur in das klassische Beziehungsgefüge zwischen Kunde und Unternehmen eintreten und somit den Kunden und das Unternehmen in ihre Interaktion integrieren. Smarte Geräte fungieren somit als Grenzobjekte (dh *boundary object*). Des Weiteren können smarte Geräte mit anderen smarten Geräten interagieren. Daher werden drei Arten von Interaktionspartnern unterschieden: *Nutzer*, *smarte Geräte* und *Unternehmen*²⁹. Die Interaktion mit Nutzern ist einfach zu erklären: Dabei reicht es aus, wenn der Nutzer das smarte Gerät und dessen Funktionen verwendet. Interaktionen zwischen smarten Geräten lassen sich anhand des smarten Türklingelsystems Skybell veranschaulichen: Wenn der smarte Rauchmelder der Firma Nest im Haus Rauch- bzw. Kohlenmonoxid erkennt, meldet der Rauchmelder dies an das Skybell³⁰. Daraufhin färben sich außerhalb des Hauses die LED-Leuchten von Skybell rot und signalisieren, dass der Zutritt zum Haus unsicher ist. Wenn Skybell zudem Bewegungen an der Haustür erkennt, löst es bei den Kameras von Nest, die innerhalb und außerhalb des Hauses angebracht sind, aus, dass die Überwachung des Hauses gestartet werden soll. So können die Hausbewohner Familienmitglieder ausfindig machen, die sich entweder im Haus oder in unmittelbarer Umgebung befinden. Um die Interaktion zwischen einem smarten Gerät und einem Unternehmen zu veranschaulichen, kann das medizinische Armband QMedic herangezogen werden: Werden beim Träger des Armbands (zB ein pflegebedürftiger Mensch) Anomalien im Bewegungsablauf (zB durch einen Sturz) oder während des Schlafens erkannt, wird ein Call-Center benachrichtigt und bei Bedarf zur Verfügung stehendes Pflegepersonal damit beauftragt, den Nutzer des Armbands persönlich aufzusuchen³¹. Auch hier ist zu erwähnen, dass ein smartes Gerät immer mit mehreren Interaktionspartnern gleichzeitig interagieren kann.

c. Datenebene

Daten sind eine Schlüsselressource im digitalen Zeitalter³². Im Kontext des IoT können Daten sogar das wichtigste Leistungsmerkmal eines smarten Geräts sein, da durch die Nutzung bzw. Verarbeitung von Daten Funktionen bereitgestellt werden, die für das smarte Gerät charakteristisch sind, und es sich somit von anderen Produkten auf dem Markt differenziert³³. Smarte Geräte können dabei interne und externe Daten verarbeiten und zudem den Zugriff auf in Echtzeit erfasste lokale Daten ermöglichen. Dementsprechend konzentriert sich die Datenebene darauf, woher ein smartes Gerät Daten bezieht (dh Datenherkunft) und wie es Daten weiterverwendet (dh Datenverwendung).

Datenherkunft

Die Datenherkunft umfasst vier Ausprägungen: *Gerät-Status*, *Gerät-Kontext*, *Gerät-Nutzung* und *Cloud*. Die Ausprägung *Gerät-Status* bezieht sich auf produkteigene Daten, zB den Akkustand oder den Zeitpunkt der Inbetriebnahme³⁴. Erfasst das smarte Gerät zudem Daten aus seiner Umgebung, wie Geräusche oder die Temperatur, erfüllt es die Ausprägung *Gerät-Kontext*³⁵. Werden Nutzungsdaten, also während einer Interaktion entstehende Daten, des smarten Geräts verwendet, so führt dies zur Ausprägung *Gerät-Nutzung*. Die letzte Ausprägung *Cloud* bezieht sich auf die Nutzung zusätzlicher

²⁹ Beverungen et al., „Conceptualizing smart service systems“; Dieter Uckelmann, Mark Harrison und Florian Michahelles, Hrsg., *Architecting the Internet of Things* (Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011).

³⁰ „Skybell.“. <http://www.skybell.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

³¹ „QMedic.“. <https://www.qmedichealth.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

³² Anandhi Bharadwaj, „Digital business strategy: Toward a next generation of insights.“ *MIS Quarterly* 37, Nr. 2 (2013): 471–482.

³³ Beverungen et al., „Conceptualizing smart service systems“; Eva Bucherer und Dieter Uckelmann, „Business Models for the Internet of Things.“ in *Architecting the Internet of Things*, hrsg. von Dieter Uckelmann, Mark Harrison und Florian Michahelles, 253–277 (Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011), 27; Michael E. Porter und James E. Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Companies.“ *Harvard Business Review* 93, Nr. 10 (2015): 1–31.

³⁴ Borgia, „The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues“.

³⁵ Ebd.

externer Daten, die ein smartes Gerät mittels seiner Internetverbindung zB aus Anbieter- und Produktdatenbanken bezieht³⁶. Die Ausprägung Cloud umfasst auch weitere externe Quellen, z.B. wenn ein smartes Gerät direkt von einem anderen smarten Gerät Daten bezieht. Smarte Geräte können dabei Daten verschiedener Herkunft gleichzeitig verarbeiten. Der smarte Staubsaugerroboter Roomba nutzt zB zur Koordinierung während des Staubsaugens Kontextdaten, um sich durch den Raum zu koordinieren (dh Gerät-Kontext). Des Weiteren kann der Nutzer aus verschiedenen Saugoptionen vor dem eigentlichen Reinigungsvorgang auswählen (dh Gerät-Nutzung), sodass beide Datenquellen kombiniert werden, um das Ziel der Reinigung des Raums zu erreichen.

Datenverwendung

Aufbauend auf der Datenherkunft beschreibt die zweite Dimension die Fähigkeit von smarten Geräten, Daten zu verwenden. Die Datenverwendung kann dabei in *transaktionale* und *analytische* Datenverwendung unterschieden werden. Letztere wird zusätzlich noch einmal in *grundlegende* und *fortgeschrittene* Datenverwendung differenziert, um den verschiedenen Entwicklungsstufen von smarten Geräten Rechnung zu tragen. Von transaktionaler Datenverwendung wird gesprochen, wenn die Daten genutzt werden, um einzelne Transaktionen oder Interaktionen durchzuführen. Der smarte Duschkopf Eva Drop kann zB Daten über die Wassertemperatur und über die Position der sich in der Dusche befindlichen Person verarbeiten, um so den Wasserfluss zu regulieren und letztendlich dauerhaft zu reduzieren. Diese Art der Datennutzung kann als reaktiv angesehen werden und bezieht sich auf die Fähigkeit von smarten Geräten, auf Veränderungen in der Umgebung zu reagieren³⁷.

Darüber hinaus können Daten für analytische Zwecke verwendet werden. Diese werden üblicherweise in deskriptiv, diagnostisch, prädiktiv und präskriptiv unterteilt³⁸. Die deskriptive Datenverwendung ist dabei als grundlegende analytische Datenverwendung anzusehen. Die diagnostische, prädiktive sowie die präskriptive Datenverwendung hingegen werden der fortgeschrittenen analytischen Datenverwendung zugeordnet. Smarte Geräte mit grundlegender analytischer Datenverwendung ermöglichen demnach vor allem deskriptive Analysen bzw. Auswertungen analog zu einfacher Tabellenkalkulation. Das smarte Tracking-Armband Fitbit Charge zB trackt und visualisiert die vom Nutzer zurückgelegte Wegstrecke und die dabei verbrannten Kalorien³⁹. Die fortgeschrittene analytische Datenverwendung hingegen ermöglicht anspruchsvollere Analysen und Auswertungen. Zum Beispiel kann die smarte Indoor-Kamera Nest Cam IQ mittels Gesichtserkennung erkennen, ob eine Person, die das Haus betritt, ein Familienmitglied oder ein Fremder ist. Im Falle eines Fremden oder eines Einbrechers werden die Hausbewohner mittels Push-Nachricht auf dem Smartphone informiert, sodass die Hausbewohner weitere Schritte einleiten können (zB Benachrichtigung von Sicherheitsbehörden).

d. Serviceebene

Die oberste Ebene der Taxonomie stellt die Verknüpfung zwischen dem smarten Gerät und digitalen Services dar. Dabei erfolgt endgültig die Verschmelzung von physischer und digitaler Welt, wobei neben der rein physischen Funktion von smarten Geräten als innovative Neuerung nun zusätzlich digitale Services hinzukommen. Die Serviceebene beschreibt, ob ein smartes Gerät eine Offline-Funktionalität zur Verfügung stellt, und untersucht das zentrale Leistungsversprechen eines smarten Geräts. Schließlich wird beschrieben, ob ein smartes Gerät in der Lage ist, sich in Ökosysteme zu integrieren⁴⁰.

³⁶ Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition“.

³⁷ Rijdsdijk und Hultink, „How Today's Consumers Perceive Tomorrow's Smart Products *“; Suchman, *Human-machine reconfigurations*.

³⁸ Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition“; Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Companies“; Roy Want, Bill N. Schilit und Scott Jensen, „Enabling the Internet of Things.“ *Computer* 48, Nr. 1 (2015): 28–35.

³⁹ „Fitbit.“ https://www.fitbit.com/de/store?utm_source=&utm_medium=paidsearch&gclid=Cj0KCQjw9pDpBRCKARIsAOzRzivSWf68Bk-KW2ymRg4nCPp96b4R_62JWQypiOkScJSYA1q-U4oD-g0aAvk6EALw_wcB&gclidsrc=aw.ds (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁴⁰ Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition“.

Offline-Funktionalität

Die Dimension Offline-Funktionalität analysiert, in welchem Umfang die Funktionalität eines smarten Geräts auch ohne Internetverbindung zur Verfügung steht⁴¹. Dabei wird zwischen *eingeschränkt* und *keine* Offline-Funktionalität differenziert. Eingeschränkte Offline-Funktionalität meint, dass ein smartes Gerät digitale Services anbieten kann, ohne dass es eine Internetverbindung benötigt. Das smarte Gerät verfügt dabei zumeist immer noch über eine Funktion in der physischen Welt. Die smarte Glühbirne LIFX zB funktioniert wie eine herkömmliche Lampe und kann mittels Lichtschalter ein- oder ausgeschaltet werden⁴². Um jedoch die Farbe der Glühbirne zu ändern und um weitere Funktionen nutzen zu können, ist eine aktive Netzwerkverbindung erforderlich. Keine Offline-Funktionalität meint, dass zur Nutzung des smarten Geräts und seiner Services eine Internetverbindung zwingend erforderlich ist. So benötigt bspw. die smarte Steckdose WeMo eine funktionierende Internetverbindung, um seine beiden Funktionen zu erfüllen: die Fernsteuerung von Haushaltsgeräten und das Tracking des Energieverbrauchs⁴³.

Leistungsversprechen

Aus einer Produkt-Service-Sicht (dh Bündelung von physischen Produkten mit Services) und im Einklang mit der Idee, dass smarte Geräte die Brücke zwischen physischer und digitaler Welt schlagen, bestehen smarte Geräte aus einem physischen Objekt und einer zusätzlichen Repräsentation in der digitalen Welt⁴⁴. Aufbauend auf dieser Sicht können smarte Geräte als Verteilungsmechanismus für digitale Services dienen⁴⁵. Vor diesem Hintergrund wird zwischen smarten Geräten mit einem *Gerät-zentrierten* und einem *Service-zentrierten* Leistungsversprechen unterschieden. Smarte Geräte mit einem Gerät-zentrierten Leistungsversprechen dienen in erster Linie dazu, in der physischen Welt ihren primären Zweck zu erfüllen, ergänzt um digitale Services⁴⁶. Ein Beispiel ist der Tennisschläger von Babolat, der Spielern hilft, ihr Spiel über eine App zu tracken und auf Basis der bereitgestellten Auswertungen und Empfehlungen zu verbessern⁴⁷. Trotz des digitalen Services bleibt die ursprüngliche Funktionalität des Schlägers in der physischen Welt erhalten. Smarte Geräte mit einem Service-zentrierten Leistungsversprechen verfügen ebenfalls über ein zugrundeliegendes physisches Objekt. Dieses dient jedoch in erster Linie als Verteilungsmechanismus für den digitalen Service. Smarte Geräte dieser Art können nicht ohne digitalen Service verwendet werden. So hat bspw. Amazons Echo keine physische Funktionalität⁴⁸.

Ökosystem-Integration

Ein wichtiges Merkmal von smarten Geräten ist, dass diese nicht nur Daten über sich selbst und aus ihrer Umgebung erfassen, sondern auch Daten in einem größeren Ökosystem mit mehreren anderen smarten Geräten austauschen sowie wechselseitig ihre Funktionalität nutzen können⁴⁹. Dies ermöglicht

⁴¹ Friedemann Mattern und Christian Flörkemeier, „Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge.“ *Informatik-Spektrum* 33, Nr. 2 (2010): 107–121.

⁴² „LIFX.“ <https://www.lifx.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁴³ „WeMo.“ <https://www.belkin.com/de/PRODUKTE/home-automation/c/wemo-home-automation/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁴⁴ Rogelio Oliva und Robert Kallenberg, „Managing the transition from products to services.“ *International Journal of Service Industry Management* 14, Nr. 2 (2003): 160–172; Vivek K. Velamuri, Anne-Katrin Neyer und Kathrin M. Möslein, „Hybrid value creation: a systematic review of an evolving research area.“ *Journal für Betriebswirtschaft* 61, Nr. 1 (2011): 3–35.

⁴⁵ Robert F. Lusch und Stephen L. Vargo, *Service-dominant logic: Premises, perspectives, possibilities* (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2014).

⁴⁶ Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition“.

⁴⁷ „Babolat.“ <https://de.babolat.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁴⁸ „Amazon Echo.“ https://www.amazon.de/dp/B06ZXQV6P8?&tag=googhydr08-21&ref=pd_sl_888rykxaf8_e&adgr-pid=72140421558&hvpon=&hvptwo=&hvadid=358116364058&hvpos=1t1&hvnetw=g&hvrand=13469066994347809364&hvqmt=e&hvdev=c&hvdvcmid=&hvlocint=&hvlocphy=1004113&hvtargid=kwd-50712656950&hydacr=18571_1739135&gclid=Cj0KCQjw9pDpBRckARIsAOzRziucGh86gB2HW-3IUBWK3gwcFDC4NnEPAJV9KXSERKq7q5ywPR47rH0aAnjIEALw_wcB (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁴⁹ Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition“.

die Entstehung von *smarten Servicesystemen*, indem miteinander verbundene smarte Geräte zusammenarbeiten, sowie die Entstehung von sog. *Systems of Systems*, in denen Produktsysteme verbunden sind und sich gegenseitig koordinieren⁵⁰. Die Integration eines smarten Geräts in ein solches System wird als Ökosystemintegration bezeichnet. Dabei können drei Ausprägungen unterschieden werden: *keine*, *eingeschränkte* und *offene* Ökosystemintegration. Der smarte Duschkopf Eva Drop zB verfügt zwar über Merkmale eines smarten Geräts (zB Sensoren und Aktoren, Interaktion mit dem Nutzer), lässt sich jedoch nicht in smarte Ökosysteme integrieren. Die Ausprägung *eingeschränkt* bezieht sich auf smarte Geräte, die sich in ein Ökosystem integrieren können, jedoch nur mit smarten Geräten desselben Anbieters oder Herstellers kompatibel sind. So ist bspw. die smarte Kamera Pivot Teil des smarten Ökosystems Zmodo⁵¹. Wenn sich eine Tür oder ein Fenster öffnen und somit einer der dort angebrachten Zmodo Sensoren ausgelöst wird, kann die Kamera den Fokus in diese Richtung setzen und das Bild auf das Smartphone des Nutzers übertragen. Pivot kann jedoch nicht mit smarten Geräten anderer Anbieter interagieren. Die Kamera ist ausschließlich mit smarten Geräten von Zmodo kompatibel und kann nur über die Zmodo App gesteuert werden. Schließlich ermöglicht eine *offene* Ökosystemintegration, dass smarte Geräte mit smarten Geräten anderer Hersteller kompatibel sind⁵². So kann das Nest-Thermostat die Temperatur im Haus anpassen, wenn das smarte Türschloss Kevo meldet, dass die Haustür geöffnet ist⁵³.

e. Beispiele aus dem Konsumentenbereich

Nachfolgend wird die eben vorgestellte Taxonomie anhand von zwei Beispielen aus dem Konsumentenbereich genauer illustriert. Die smarte Lebensmittelwaage Situ ist ein smartes Gerät, das die Erfüllung von Nutzerbedürfnissen auf einer einfacheren Entwicklungsstufe anvisiert (Abbildung 2).

	Dimension	Ausprägung		
Service	Ökosystem-Integration	Keine	Eingeschränkt	Offen
	Leistungsversprechen	Gerät-zentriert		Service-zentriert
	Offline-Funktionalität	Keine		Eingeschränkt
Daten	Verwendung	Transaktional	Analytisch (grundlegend)	Analytisch (fortgeschritten)
	Herkunft	Gerät-Status	Gerät-Kontext	Gerät-Nutzung
Interaktion	Partner	Nutzer	Unternehmen	Geräte
	Multiplizität	Eins-zu-Eins		Eins-zu-Viele
	Richtung	Unidirektional		Bidirektional
Gerät	Autonomie	Keine	Selbstgesteuert	Selbstlernend
	Aktuatorik	Unmittelbar		Intermediär
	Sensorik	Einfach		Umfangreich

Abbildung 2: Klassifizierung Situ Food Scale⁵⁴

⁵⁰ Oberländer et al., „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things“.

⁵¹ „Zmodo.“. <https://www.zmodo.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁵² Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Companies“.

⁵³ „Kevo.“. <https://www.kwikset.com/kevo/default> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁵⁴ Püschel, Schlott und Röglinger, „What’s in a Smart Thing? Development of a Multi-layer Taxonomy“.

Sie verfügt über eine einfache Sensorik, die das Wiegen von Lebensmitteln ermöglicht. Mit eigener sowie intermediärer Aktorik zeigt die Lebensmittelwaage das Gewicht von Lebensmitteln über das eigene Display und über eine App an. Die Situ-Lebensmittelwaage ist nicht-autonom, benötigt einen Auslöser für jede Aktion und kann immer nur mit einem Benutzer interagieren. Sie ermöglicht eine einfache analytische Datenverwendung, zB zur Berechnung von Nährstoffen und Kalorien. Ohne eine Internetverbindung, die es ermöglicht, Daten an die App zu übertragen, kann die smarte Waage wie eine herkömmliche Waage verwendet werden. Daher ist die Offline-Funktionalität als eingeschränkt zu charakterisieren. Demnach besitzt die Lebensmittelwaage ein Gerät-zentriertes Leistungsversprechen. Die Waage wird isoliert von anderen smarten Geräten eingesetzt und kann sich demnach nicht in ein Ökosystem integrieren.

	Dimension	Ausprägung		
Service	Ökosystem-Integration	Keine	Eingeschränkt	Offen
	Leistungsversprechen	Gerät-zentriert		Service-zentriert
	Offline-Funktionalität	Keine		Eingeschränkt
Daten	Verwendung	Transaktional	Analytisch (grundlegend)	Analytisch (fortgeschritten)
	Herkunft	Gerät-Status	Gerät-Kontext	Gerät-Nutzung
Interaktion	Partner	Nutzer	Unternehmen	Geräte
	Multiplizität	Eins-zu-Eins		Eins-zu-Viele
	Richtung	Unidirektional		Bidirektional
Gerät	Autonomie	Keine	Selbstgesteuert	Selbstlernend
	Aktuatorik	Unmittelbar		Intermediär
	Sensorik	Einfach		Umfangreich

Abbildung 3: Klassifizierung Nest Cam IQ⁵⁵

Die Überwachungskamera von Nest ist ein smartes Gerät, das sich auf einer hohen Entwicklungsstufe befindet (Abbildung 3). Mit einem eingebautem Lautsprecher und einer Verknüpfung mit dem Smartphone des Nutzers verfügt die Kamera über eine fortgeschrittene Aktorik. Diese ermöglicht es der Kamera, sowohl mit dem Nutzer als auch mit anderen smarten Geräten zu interagieren. Das eingebaute Mikrofon und die Videofunktionalität schaffen die Voraussetzungen für die Erfassung und Verarbeitung umfangreicher anwendungsspezifischer Daten. So können durch die Überwachungskamera Bewegungen, aber auch die Geräuschkulisse in der Umgebung aufgezeichnet werden. Spannend ist zudem der Blick auf die Datenverwendung. Neben der transaktionalen Datenverwendung (dh die Kamera alarmiert den Nutzer bei Bewegungen im Haus) ist die Überwachungskamera in der Lage, aus Daten zu lernen. Laut Hersteller ermöglicht es die Verwendung analytischer Methoden, aus dem Aufgezeichneten zu lernen und situationsspezifisch zu entscheiden, ob eine Alarmierung erforderlich ist oder nicht. Mit dem Angebot ihrer smarten Überwachungskamera zielt Nest damit auf eine substanzielle Erweiterung von Produktnutzung und Geschäftsmodellpotenzial einer herkömmlichen Überwachungskamera ab. Die smarte Kamera lässt sich auch in Ökosysteme integrieren, um die Steuerung von Smart Homes zu ermöglichen.

⁵⁵ Püschel, Schlott und Röglinger, „What’s in a Smart Thing? Development of a Multi-layer Taxonomy“.

4. Typische Gruppen von am Markt existierenden smarten Geräten

Für die Erstellung der Taxonomie wurden 200 smarte Geräte aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen des IoT klassifiziert. Die 200 smarten Geräte stellen jedoch nur einen Auszug der hohen Anzahl am Markt verfügbarer Geräte dar. Aufgrund der hohen Anzahl und Vielfalt stellt sich die Frage, ob es Gemeinsamkeiten, also typische Eigenschaftsmuster, existierender smarterer Geräten gibt. Die zuvor vorgestellte Taxonomie ermöglicht es, smarte Geräte zunächst einzeln zu klassifizieren. Auf diese Klassifikation können statistische Verfahren zur Identifikation von Gruppen angewendet werden. Diese Gruppen fassen smarte Geräte mit gleichen bzw. sehr ähnlichen Eigenschaften zusammen. Auf einer ersten Ebene wurden zwei Gruppen identifiziert: Die Gerät-zentrierte Gruppe und die Service-zentrierte Gruppe.

In der Gerät-zentrierten Gruppe, die wiederum aus zwei Untergruppen besteht, wird deutlich, dass der Mehrwert des smarten Geräts primär auf dessen Funktion in der physischen Welt liegt und smarte Geräte demnach ein Gerät-zentriertes Leistungsversprechen aufweisen. Die Service-zentrierte Gruppe, die aus drei Untergruppen besteht, zeichnet sich hingegen dadurch aus, dass der Mehrwert primär auf den jeweiligen digitalen Services beruht. Die jeweiligen Untergruppen werden nachstehend beschrieben.

Stand-alone Thing-Centric Executant

Diese Gruppe ist dadurch charakterisiert, dass sich darin smarte Geräte befinden, die mit einem zusätzlichen digitalen Service ausgestattet wurden. Smarte Geräte in dieser Gruppe sind nicht-autonom, brauchen für jede Aktion einen externen Trigger durch den Nutzer und können auch nicht mit anderen smarten Geräten kommunizieren, sondern interagieren vor allem mit dem Nutzer. Beispiele sind die smarte Oral-B Zahnbürste und die smarte Gabel HAPIfork, die das Zahnputz- bzw. Essverhalten beobachten und Echtzeit-Feedback via Smartphone anbieten⁵⁶. Unabhängig von ihren digitalen Services verfügen beide smarten Geräte über ein Gerät-zentriertes Leistungsversprechen und erfüllen somit primär die Funktion einer Zahnbürste bzw. einer Gabel. Zudem verfügen beide Geräte über einfache datenanalytische Fähigkeiten, indem sie deskriptive Auswertungen über das Zahnputz- bzw. Essverhalten bereitstellen. Schließlich interagieren beide Geräte nur mit einem Nutzer und sind in keinerlei Ökosysteme integriert.

Connected Thing-Centric Performer

Diese Gruppe zeichnet sich dadurch aus, dass sich darin smarte Geräte befinden, die sich hinsichtlich der Zielerfüllung einer Aufgabe selbstständig steuern können. Solche Geräte benötigen einmalig einen externen Trigger durch den Nutzer und erfüllen dann eigenständig ihre Aufgabe. Smarte Geräte in dieser Gruppe können mit anderen smarten Geräten kommunizieren, sind in Ökosysteme eingebettet und verfügen zum Teil über grundlegende datenanalytische Fähigkeiten. Beispiele sind die Bosch-Waschmaschine I-Dos mit ihrem automatisierten und App-basierten Dosiersystem und der smarte Kühlschrank Smart Instaview mit seiner Sprachsteuerungsfunktion⁵⁷. Beide Geräte haben eine an das physische Produkt gekoppelte Funktionalität und können diese unabhängig vom digitalen Service (dh automatisierte Dosierung via App und Sprachsteuerung) anbieten. Sowohl I-Dos als auch Smart Instaview sind in Ökosysteme wie Bosch Home Connect oder Google Home integriert.

⁵⁶ „HAPIfork.“. <https://www.amazon.de/HAPILABS-104-HAPIfork-Smart-Gabel-Bluetooth-Funktion/dp/B00FRPCQZ0> (letzter Zugriff: 15. November 2019); „Oral-B Genius.“. <https://www.oralb.de/de-de/produkte/elektrische-zahnbuersten/oral-b-smartseries-6400-elektrische-zahnbuerste-crossaction> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁵⁷ „Bosch I-Dos.“. <https://www.amazon.de/HAPILABS-104-HAPIfork-Smart-Gabel-Bluetooth-Funktion/dp/B00FRPCQZ0> (letzter Zugriff: 15. November 2019); „LG Smart Instaview.“. https://www.lg.com/de/door-in-door-kuehlschraenke?cmpid=2019HQSEM_HA_DG_Google_Refrigerator-Broad-Brand-1903_Instaview_k0448_pc&gclid=Cj0KCQjw9pDpBRCKARIsAOzRziutRbx1Vh-cf6U-AKkS1TdpPzGbrHQ8k-18hYJazH0lJrXkrkBsCkgaApZTEALw_wcB (letzter Zugriff: 15. November 2019).

Standalone Service-Centric Monitor

Diese Gruppe ist dadurch charakterisiert, dass sie ihre Umwelt beobachten, ohne in ein Ökosystem integriert zu sein. Geräte in dieser Gruppe besitzen keine Funktion in der Realwelt und können ihren digitalen Service meist nur in Verbindung mit einem Smartphone anbieten. Zudem sind sie nicht-autonom und brauchen für jede Aktion ein auslösendes Ereignis. Beispiele dafür sind der intelligente Fitnessstracker RunScribe und das Gerät MonBaby, das den Schlaf eines Babys überwacht⁵⁸. Beide Geräte sind eine Art Clip, die an einem Laufschuh bzw. Babyhemd befestigt werden. Sie verfügen über keine eigenen Aktoren, sondern kommunizieren nur über das Smartphone. Die smarten Geräte überwachen die Laufleistung bzw. den Schlaf des Babys und ermöglichen dabei Analysen über die dazugehörige App. Das smarte Gerät selbst dient dabei nur als Verteilungsmechanismus für den digitalen Service.

Connected Service-Centric Partner

Diese Gruppe kennzeichnet sich dadurch, dass smarte Geräte in Ökosysteme eingebettet sind und so mit anderen Geräten kommunizieren und neuartige Services erzeugen können. Smarte Geräte in dieser Gruppe verfügen jedoch nur über einfache Sensoren, sind selbststeuernd, aber eben nicht selbstlernend. Zudem verfügen smarte Geräte in dieser Gruppe über grundlegende datenanalytische Fähigkeiten. Wie die anderen service-zentrierten Geräte verfügen diese smarten Geräte über keine Offline-Funktionalität und dienen primär als Verteilmechanismus für digitale Services. Ein Beispiel ist der smarte Rauchmelder von Nest Protect⁵⁹. Sobald das Gerät eine erhöhte Rauchentwicklung feststellt, meldet es an andere smarte Geräte im Ökosystem, zB Ventilatoren und Luftfiltersysteme, dass diese die Qualität der Luft im Haus nach Möglichkeit verbessern sollen.

Self-Learning Service-Centric All-rounder

Diese Gruppe zeichnet sich dadurch aus, dass es sich um selbstlernende smarte Geräte handelt, die über fortgeschrittene datenanalytische Fähigkeiten verfügen und in smarten Ökosystemen eine zentrale Rolle einnehmen. Diese Gruppe repräsentiert smarte Geräte, die über die am weitesten entwickelten Fähigkeiten verfügen. Ein Beispiel ist das smarte Thermostat von Nest, welches selbstlernend ist und sich an das Verhalten seiner Nutzer anpasst. Es ist zudem mit Lampen, Schlössern sowie anderen Produkten verschiedener Anbieter kompatibel und kann diese steuern. Das Thermostat stellt somit einen zentralen Akteur in einem Smart Home dar.

5. Innovative Interaktionsmuster ermöglicht durch das IoT

Das IoT ermöglicht neue Interaktionen mit bzw. zwischen smarten Geräten. Smarte Geräte werden dabei zum gleichwertigen Interaktionspartner und revolutionieren die Kunden-Anbieter-Beziehung, wie zB Business-To-Customer- oder Business-To-Business-Interaktionen (B2C/B2B). Somit bilden smarte Geräte in Interaktion mit Kunden und Unternehmen die Grundlage für neue Services und Geschäftsmodelle. Interaktionen, in die ein smartes Gerät als Akteur involviert ist, lassen sich anhand sog. Business-To-Thing-Interaktionsmuster (B2T) beschreiben. Das Klassifikationsschema für B2T-Interaktionen umfasst sechs elementare Interaktionsmuster, die sich wiederum zu komplexen Interaktionsnetzen zusammensetzen lassen. Jedes der elementaren B2T-Interaktionsmuster umfasst drei Elemente: ein smartes Gerät (Thing, T), ein Kunde (Customer, C) und ein Unternehmen (Business, B)⁶⁰. Die Interaktionsmuster ergeben sich dadurch, dass die einzelnen Elemente miteinander interagieren oder eben

⁵⁸ „MonBaby.“ <https://monbaby.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019); „RunScribe.“ <https://runscribe.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁵⁹ „Nest Protect.“ https://store.google.com/de/product/nest_protect_2nd_gen?hl=de-DE (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁶⁰ Oberländer et al., „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things“.

nicht (

Interaktionsmuster	Beispiel	Eigenschaften	Interaktionsmuster	Beispiel	Eigenschaften
<p>C2T-Only</p>	Smarter Medikamentenwecker mit Erinnerungsfunktion	<ul style="list-style-type: none"> Interaktion lediglich zwischen einem vernetzten smarten Gerät und einem Kunden Keine Interaktion mit einem Unternehmen 	<p>Business-Centred B2T</p>	Kontinuierlicher Glukosemonitor zur intelligenten Blutzuckermessung	<ul style="list-style-type: none"> Unternehmen als zentraler Akteur Keine direkte Interaktion zwischen einem smarten Gerät und einem Kunden
<p>B2T-Only</p>	Intelligenter Müllbehälter zur Verbesserung der Müllentsorgung	<ul style="list-style-type: none"> Interaktion lediglich zwischen einem vernetzten smarten Gerät und einem Unternehmen Keine direkte Interaktion mit einem Kunden 	<p>Thing-Centred B2T</p>	Tesla- Automatisches Software-Update fürs Auto	<ul style="list-style-type: none"> Smartes Gerät als zentraler Akteur Keine direkte Interaktion zwischen einem Kunden und einem Unternehmen
<p>Customer-Centred B2T</p>	HAPIfork – Intelligente Gabel mit Ernährungcoaching-funktion	<ul style="list-style-type: none"> Kunde als zentraler Akteur Keine direkte Interaktion zwischen einem smarten Gerät und einem Unternehmen 	<p>All-In B2T</p>	Safety Watch - Medizinisches Warnsystem mit Notruf- und Ferndiagnosefunktion	<ul style="list-style-type: none"> Direkte Interaktion zwischen allen drei Elementen

Abbildung 4). Im Folgenden werden die einzelnen B2T-Interaktionsmuster erläutert.

Interaktionsmuster	Beispiel	Eigenschaften	Interaktionsmuster	Beispiel	Eigenschaften
<p>C2T-Only</p>	Smarter Medikamentenwecker mit Erinnerungsfunktion	<ul style="list-style-type: none"> Interaktion lediglich zwischen einem vernetzten smarten Gerät und einem Kunden Keine Interaktion mit einem Unternehmen 	<p>Business-Centred B2T</p>	Kontinuierlicher Glukosemonitor zur intelligenten Blutzuckermessung	<ul style="list-style-type: none"> Unternehmen als zentraler Akteur Keine direkte Interaktion zwischen einem smarten Gerät und einem Kunden
<p>B2T-Only</p>	Intelligenter Müllbehälter zur Verbesserung der Müllentsorgung	<ul style="list-style-type: none"> Interaktion lediglich zwischen einem vernetzten smarten Gerät und einem Unternehmen Keine direkte Interaktion mit einem Kunden 	<p>Thing-Centred B2T</p>	Tesla- Automatisches Software-Update fürs Auto	<ul style="list-style-type: none"> Smartes Gerät als zentraler Akteur Keine direkte Interaktion zwischen einem Kunden und einem Unternehmen
<p>Customer-Centred B2T</p>	HAPIfork – Intelligente Gabel mit Ernährungcoaching-funktion	<ul style="list-style-type: none"> Kunde als zentraler Akteur Keine direkte Interaktion zwischen einem smarten Gerät und einem Unternehmen 	<p>All-In B2T</p>	Safety Watch - Medizinisches Warnsystem mit Notruf- und Ferndiagnosefunktion	<ul style="list-style-type: none"> Direkte Interaktion zwischen allen drei Elementen

Abbildung 4: Business-to-Thing-Interaktionsmuster⁶¹

Customer-to-Thing Only

Das einfachste B2T-Interaktionsmuster nennt sich *Customer-to-Thing Only*. Hier interagiert lediglich ein vernetztes smartes Gerät mit einem Kunden. Es ist kein Unternehmen involviert. Dieses Interaktionsmuster kann als sehr einfach angesehen werden⁶². Ein Beispiel ist ein smarter Medikamentenwecker, der dem Patienten als Erinnerung eine SMS oder eine E-Mail schickt, wenn dieser seine Medikamente nehmen soll.

Business-to-Thing Only

⁶¹ Oberländer et al., „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things“.

⁶² Ebd.

Das nächste B2T-Interaktionsmuster heißt Business-to-Thing Only. Hier interagieren lediglich ein smartes Gerät und ein Unternehmen. In diesem Fall ist der Kunde nicht involviert⁶³. Ein Beispiel für dieses Interaktionsmuster ist der intelligente Müllbehälter, der mit dem Entsorgungsunternehmen kommuniziert, wenn er voll ist und entleert werden soll.

Customer-Centred B2T

Interessanter wird es in Szenarien mit mehr als einer Interaktion. Ein Beispiel hierfür ist das B2T-Interaktionsmuster Customer-Centred B2T. Hier interagieren das smarte Gerät und der Kunde sowie der Kunde und das Unternehmen. Der Kunde fungiert dabei als zentraler Akteur des Informationsaustauschs zwischen smartem Gerät und Unternehmen⁶⁴. Ein Beispiel ist die sog. HAPIfork – eine intelligente Gabel. Diese Gabel kann einerseits direkt mit dem Kunden interagieren, ohne ein Unternehmen zu involvieren. Dies entspricht dem ersten B2T-Interaktionsmuster. HAPIfork kann jedoch auch Ernährungscoaching anbieten, wobei der Kunde zustimmen muss, dass die über seine Ernährungsgewohnheiten gesammelten Daten an das Unternehmen zur Verarbeitung und Auswertung weitergeleitet werden.

Business-Centred B2T

Das vierte B2T-Interaktionsmuster trägt den Namen Business-Centred B2T. Hier interagiert das smarte Gerät unmittelbar mit dem Unternehmen und das Unternehmen mit dem Kunden. Bei diesem Interaktionsmuster fungiert das Unternehmen als Schnittstelle des Informationsaustauschs⁶⁵. Auch für dieses B2T-Interaktionsmuster ist ein Beispiel aus dem medizinischen Bereich zu nennen, nämlich die smarte Blutzuckermessung. Diese funktioniert so, dass ein Patient das Blutzuckermessgerät direkt am Körper trägt – wie es bereits heute von Diabetespatienten bekannt ist. Es wird regelmäßig über den Tag der Blutzucker gemessen. Die Werte werden jedoch nicht direkt an den Patienten weitergegeben, da manche Patienten solche Daten unter Umständen selbst nicht richtig interpretieren können. Die Blutzuckerwerte gehen vielmehr verschlüsselt an einen medizinischen Dienstleister, der den Patienten kontaktiert, sofern die Werte besorgniserregend sind oder um in bestimmten Abständen routinemäßig den Verlauf durchzusprechen und zu überlegen, wie die Medikamentengabe reguliert werden kann.

Thing-Centred B2T

Im fünften B2T-Interaktionsmuster Thing-Centred B2T steht das Gerät im Zentrum des Geschehens. Entsprechend ist das smarte Gerät der zentrale Akteur, da der Informationsfluss durch das smarte Gerät kanalisiert und gesteuert werden⁶⁶. Als Beispiel hierfür kann ein Auto von Tesla dienen⁶⁷. Moderne Autos benötigen von Zeit zu Zeit ein Software-Update. Damit verbunden steht die Frage, wie ein solches Software-Update installiert werden kann. Das erfolgt dadurch, dass das Auto als smartes Gerät weiß, wann die Software aktualisiert werden muss. Das Auto wird sich automatisch mit dem Hersteller in Verbindung setzen und fragen, ob es ein Software-Update oder eine neue Funktionalität gibt. Sofern der Kunde zustimmt, kann die Software aktualisiert oder eine neue Funktionalität installiert werden.

All-in B2T

Das letzte B2T-Interaktionsmuster wird als All-in B2T bezeichnet. An diesem Interaktionsmuster sind der Kunde, das smarte Gerät sowie das Unternehmen beteiligt⁶⁸. Auch hierfür existiert ein Beispiel, das dem medizinischen Umfeld entstammt. Die Safety Watch ist ein smartes Gerät, das sowohl für einen Notruf als auch für eine Ferndiagnose eingesetzt werden kann. Ein prototypischer Anwendungsfall ist eine Wohneinrichtung für ältere Menschen oder eine Einrichtung für betreutes Wohnen. Wenn ein Bewohner stürzt, erkennt dies die Safety Watch selbstständig und informiert – sofern gewünscht –

⁶³ Ebd.

⁶⁴ Ebd.

⁶⁵ Ebd.

⁶⁶ Oberländer et al., „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things“.

⁶⁷ Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition“.

⁶⁸ Oberländer et al., „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things“.

das Pflegepersonal oder den Notdienst. Der Notdienst kann sich direkt über die Safety Watch mit einem der Bewohner in Verbindung setzen und dessen Gesundheitszustand abfragen bzw. den Kontakt halten, bis ein Krankenwagen eintrifft⁶⁹.

Diese elementaren B2T-Interaktionsmuster eignen sich für einfache Beispiele, an denen genau ein Kunde, ein smartes Gerät und ein Unternehmen beteiligt sind. Tatsächlich dominieren Stand heute Anwendungsfälle auf Basis dieser elementaren Interaktionsmuster den Markt. Von diesen Anwendungsfällen entfallen die meisten auf das Customer-to-Thing Only-Interaktionsmuster. Dies bedeutet, dass die Grundlagen im Bereich der Sensorik und Aktorik sowie im Bereich der Kommunikationsschnittstellen in vielen Fällen vorhanden sind, jedoch noch nicht umfänglich genutzt werden. Entsprechend gibt es zahlreiche digitale Möglichkeiten, um auf Basis des IoT neue Services und Geschäftsmodelle zu schaffen und neue Erfolgspotenziale zu ergründen. Auf Basis der elementaren Interaktionsmuster lassen sich komplexe Interaktionsnetze zusammensetzen, an denen mehrere Akteure beteiligt sind und in denen auch weitere Interaktionsmuster wie Consumer-to-Consumer (C2C) und Thing-to-Thing (T2T) sowie klassische B2C- und B2B-Interaktionen vorkommen können. Ein Beispiel für ein komplexeres Interaktionsnetz ist in Abbildung 5 dargestellt und wird nachfolgend erklärt.

Ein bekannter Anwendungsfall ist die Automobilbranche. General Motors (GM) zB stattet seine Autos mit dem *OnStar*-System aus, das die Interaktion aus der Ferne zwischen Nutzern, GM und anderen Unternehmen ermöglicht. Daraus resultiert eine Form des Car Sharings, die *RelayRides* genannt wird⁷⁰. Dieses basiert auf einem Business-Centred-B2T-, einem B2B- und einem C2C-Muster. Bei *RelayRides* fordert der mietende Kunde (Customer Rent, C_R) beim Besitzer (Car Owner, C_O) das Mieten des Autos (T) für eine bestimmte Zeit und einen bestimmten Preis an (1). Beide müssen dafür bei *RelayRides* registriert sein. Falls die Anfrage angenommen wird, bucht der mietende Kunde das Auto und der Bezahlungsprozess über *RelayRides* (B_R) wird initiiert (2). *RelayRides* wickelt die Zahlung über eine Bank (B_B) ab (3). Zu Beginn fordert der mietende Kunde bei *RelayRides* die Entriegelung des Autos via E-Mail oder SMS an (4). *RelayRides* entriegelt über Fernzugriff das Auto und die Fahrt kann beginnen (5). Die Schritte (4) und (5) werden zum Ende der Fahrt wiederholt, um das Auto wieder zu verriegeln. Im Gegensatz zu herkömmlichen Car Sharing Services, müssen sich die Kunden bei *Relay Rides* nicht persönlich treffen. Durch das *OnStar*-System und das Verstaue der Schlüssel im Handschuhfach, muss der Kunde lediglich *RelayRides* kontaktieren, um das Auto zu entriegeln. Des Weiteren muss sich keiner der Kunden um die Abwicklung der Zahlung kümmern.

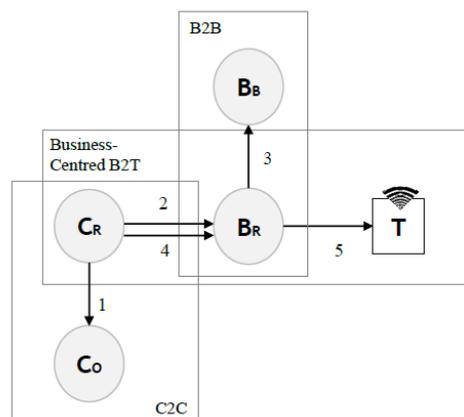


Abbildung 5: Interaktionsmuster für Carsharing mit *RelayRides*⁷¹

Das hier beschriebene Klassifikationsschema zeigt, wie das IoT die Interaktion zwischen Kunden, Unternehmen sowie smarten Geräten verändert. Komplexere Interaktionsmuster bzw. Interaktionsnetze

⁶⁹ „Lively Safety Watch.“. <https://www.amazon.com/Lively-Personal-Emergency-Response-Activity/dp/B00NGLVKA0> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁷⁰ „RelayRides / Turo.“. <https://turo.com/de-de> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁷¹ Oberländer et al., „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things“.

zwischen mehreren Akteuren bilden die Basis für innovative Services und Geschäftsmodelle – auch über Unternehmensgrenzen hinweg. Solche komplexeren Interaktionsnetze werden im Folgenden detaillierter betrachtet und ausgearbeitet.

III Vom smarten Gerät zum smarten Ökosystem

1. Smarte Ökosysteme und deren Komponenten

Services spielen in Wirtschaft und Gesellschaft eine zentrale Rolle. Bereits 2014 betrug der Anteil des Sektors 78 % des Bruttoinlandsprodukts der USA und 74 % des Bruttoinlandsprodukts der Europäischen Union⁷². Da sich Produkte aufgrund des hohen Marktdrucks und der hohen Wettbewerbsintensität oft rasch standardisieren, nutzen viele Unternehmen die Möglichkeit, ihre Produkte mit passenden Serviceangeboten zu erweitern⁷³. Anfangs waren solche Angebote einfach gehalten und vom eigentlichen physischen Produkt trennbar (zB Finanz- oder Instandhaltungsservices), im Laufe der Zeit wurden Services jedoch immer komplexer und schließlich auch sehr eng an physische Produkte gekoppelt. Die Kopplung von Services an das physische Produkt, was auch oft als hybride Produkte oder Produkt-Service-Systeme bezeichnet wird, ermöglicht es Unternehmen, sich stärker von Wettbewerbern zu differenzieren und Wettbewerbsvorteile aufzubauen⁷⁴.

Wie im vorangegangenen Kapitel 0 schon gezeigt, entstehen durch das IoT ebenfalls hybride Produkte, bestehend aus einem physischen Produkt, erweitert um digitale Services. Digitale Services werden hierbei aufgrund der eingeführten Fähigkeiten (zB Aktorik, Sensorik, Fähigkeit zur Interaktion und Datenverarbeitung) von smarten Geräten ermöglicht. Insbesondere die Fähigkeit von smarten Geräten, mit anderen smarten Geräten, aber auch mit menschlichen Nutzern zu interagieren, ermöglicht neue und innovative Services, die über singuläre Produkt-Service-Kombinationen eines einzelnen smarten Geräts weit hinausgehen. Durch die Fähigkeit von smarten Geräten, interagieren zu können, treten diese wie bereits beschrieben als weiterer Akteur in die klassische Service-Konsumenten-Anbieterbeziehung (dh Kunden-Anbieter-Beziehung) ein. Interaktionsbeziehungen können sich dabei von einfach bis äußerst komplex ausgestalten. Komplexe Interaktions- und Wertschöpfungsbeziehungen, bestehend aus Mensch, Unternehmen und smarten Geräten mit dem Ziel, dass neue digitale Services und innovative Leistungsversprechen entstehen, werden als smartes Ökosystem oder smartes Service-system (SSS) bezeichnet. Das Adjektiv smart drückt in diesem Zusammenhang einerseits aus, dass smarte Geräte in die Leistungserbringung integriert sind, andererseits dass fortgeschrittene Datenanalysefähigkeiten und Self-x-Fähigkeiten zum Einsatz kommen. Ist dies nicht der Fall, spricht man nur von einem Servicesystem. (Smarte) Servicesysteme können auch ineinander verschachtelt sein, wodurch *systems of systems* entstehen. Im weiteren Verlauf wird der Begriff SSS verwendet.

Die einzelnen Akteure und deren Beziehungen in einem Servicesystem bzw. SSS werden im Folgenden vorgestellt und am Beispiel des Nest-Thermostats exemplarisch erläutert. SSS bestehen dabei allgemein aus *Ressourcen* und *Beziehungen*. Ressourcen lassen sich in soziale und technische Ressourcen unterteilen⁷⁵. Dementsprechend können *Individuen*, *smarte Geräte*, *Digital Hubs* und die *Physische Umwelt* unterschieden werden (siehe nachstehenden Abschnitt zu Ressourcen). Ressourcen sind durch Beziehungen miteinander vernetzt. Beziehungen können wiederum in *Interaktionen*, *Beobachtungen* und *Parametrisierungen* unterschieden werden (siehe nachstehenden Abschnitt zu Beziehungen)⁷⁶. Das interaktive Zusammenwirken (dh co-creation) von Servicesystemen und deren Komponenten bildet einen *Service* zum wechselseitigen Nutzen aller Beteiligten⁷⁷. Im Folgenden werden zunächst Ressourcen- und Beziehungsarten näher erläutert. Anschließend soll auf Servicesysteme, SSS und Services eingegangen werden.

⁷² World Bank, „Services value added (% of GDP)“. <http://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TETC.ZS?locations=EU> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁷³ Vivek K. Velamuri, *Hybrid value creation*. Markt- und Unternehmensentwicklung / Markets and Organizations (Wiesbaden: Springer, 2013). <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10687717>.

⁷⁴ T. S. Baines et al., „State-of-the-art in product-service systems.“ *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 221, Nr. 10 (2007): 1543–1552.

⁷⁵ Oberländer et al., „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things“.

⁷⁶ Rocco Huber, Louis Püschel und Maximilian Röglinger, „Capturing Smart Service Systems – Development of a Domain-specific Modeling Language.“ *Information Systems Journal* (2019).

⁷⁷ Paul P. Maglio et al., „The service system is the basic abstraction of service science.“ *Information Systems and e-Business Management* 7, Nr. 4 (2009): 395–406.

a. Ressourcen

Individuen

Individuen sind Menschen, die durch die Einbringung von Wissen und Fähigkeiten wesentlich zu Services beitragen. In Interaktion mit anderen Ressourcen, zB mit anderen Individuen, die wiederum ihr Wissen und ihre Fähigkeiten oder sich selbst als Ressource einbringen, entsteht ein Service. Zum Beispiel bringt der Kunde bei einem Friseurbesuch sich selbst als Ressource ein und der Friseur seine Fähigkeiten des Haarschneidens. Das Einbringen von Wissen, Fähigkeiten und Ressourcen durch Individuen ist auch im IoT weiterhin ein wichtiger Bestandteil. Interaktionen sind dabei aber nicht mehr nur zwischen Individuen möglich, sondern auch zwischen Individuen und technischen Akteuren wie smarten Geräten und Digital Hubs⁷⁸. Des Weiteren besitzen Individuen Eigenschaften, die ebenfalls bei der Erstellung von Services berücksichtigt werden müssen. Smarte Geräte besitzen die Fähigkeit, Eigenschaften von Individuen (zB Blutdruck) zu beobachten und weiterzuverarbeiten. Individuen können dabei noch einmal in zwei Gruppen unterteilt werden. So gibt es Individuen, die sich aktiv oder passiv in die Erstellung von Services einbringen. Aktive Individuen, zB Kunden, wirken direkt an der Leistungserstellung mit und profitieren unmittelbar davon. Zum Beispiel kann ein Hausbewohner über eine smarte Kamera, die er über das Smartphone ansteuert, prüfen, ob im eigenen Heim im Vergleich zu den sonstigen Abläufen Auffälligkeiten zu erkennen sind (zB im Falle eines Einbrechers). Das Individuum bringt sich hier also durch aktives Verhalten ein. Passive Individuen bringen sich nicht aktiv ein und profitieren nur indirekt. Zum Beispiel kann das smarte Thermostat die Abläufe von Hausbewohnern erlernen und somit den Energieverbrauch entsprechend regulieren. Die einzelnen Hausbewohner bringen sich also passiv ein, ohne das smarte Thermostat aktiv zu nutzen.

Smarte Geräte und Digital Hubs

Ressourcen, die in SSS eine essentielle Rolle spielen und direkt für das IoT stehen, sind smarte Geräte, die als Grenzobjekt zwischen Individuen und Unternehmen agieren. Das smarte Gerät repräsentiert dabei die Fähigkeiten und das Wissen des Anbieters, von denen der Kunde wiederum partizipiert. Digital Hubs hingegen sind Softwarekomponenten, die nur in der digitalen Welt existieren, jedoch über ähnliche Fähigkeiten wie smarte Geräte verfügen⁷⁹. Smarte Geräte und Digital Hubs können verschiedene Aufgaben ausführen, wie das Sammeln, Speichern, Austauschen und Analysieren von Daten. Weitere Aufgaben können zB die Koordination und Parametrisierung anderer Ressourcen sein. Ein zentrales Konzept in diesem Zusammenhang sind die bereits zuvor eingeführten Self-x-Fähigkeiten. Im Vergleich zu Digital Hubs können smarte Geräte entsprechend ihrer physischen Repräsentation, auch Aufgaben in der physischen Welt haben. So ist es möglich, dass smarte Autos weiterhin ihren eigentlichen Zweck, Menschen von einem Ort zu einem anderen Ort zu transportieren, erfüllen. Des Weiteren können auch smarte Geräte und Digital Hubs wie Individuen Eigenschaften besitzen, die bei der Leistungserstellung berücksichtigt werden müssen. Eigenschaften von smarten Geräten beziehen sich entweder auf die physische (zB die Farbe des Geräts) oder auf die digitale Welt (zB geringer Akkustand). Die Eigenschaften von Digital Hubs hingegen beziehen sich nur auf die digitale Welt (zB das Gerät ist an- oder ausgeschaltet).

Smarte Geräte und Digital Hubs verfügen über Daten und Funktionen⁸⁰. Während Daten gesammelt, gespeichert und ausgetauscht werden, verarbeiten und analysieren Funktionen die Daten aktiv. Funktionen werden zudem dazu verwendet, um konkrete Aufgaben zu definieren, die smarte Geräte in der physischen oder digitalen Welt (zB die Reinigungsfunktion eines smarten Staubsaugers) und Digital

⁷⁸ Paul P. Maglio und Jim Spohrer, „Fundamentals of service science.“ *Journal of the Academy of Marketing Science* 36, Nr. 1 (2008): 18–20.

⁷⁹ Rodger Lea und Michael Blackstock, „City Hub: A Cloud-Based IoT Platform for Smart Cities.“ in *2014 IEEE 6th International Conference on Cloud Computing Technology and Science: CloudCom 2014 : proceedings : Singapore, 15-18 December 2014*, 799–804 (Los Alamitos, California, Washington, Tokyo: Conference Publishing Services, IEEE Computer Society, 2014).

⁸⁰ Atzori, Iera und Morabito, „The Internet of Things: A survey“.

Hubs in der digitalen Welt ausführen (zB das Vorhersagen von Kursdaten oder das Vorschlagen von Büchern).

Da smarte Geräte und Digital Hubs über unterschiedliche Funktionen verfügen, die sich auf deren Fähigkeiten zurückführen lassen, wird zwischen *nicht-autonomen* (dependent) und *autonomen* (self-dependent) smarten Geräten und Digital Hubs unterschieden⁸¹. Autonome smarte Geräte und Digital Hubs können ohne externe Interventionen (teilweise sogar ohne externe Trigger) zielorientiert handeln und entscheiden. Dieses Vorgehen schließt dabei nicht das Zusammenspiel mit anderen Ressourcen aus, welche für die Durchführung einer Aufgabe oder das Erreichen von Zielen notwendig sind. Dabei verbessern bzw. optimieren sie stetig ihre eigene Vorgehensweise bei der Durchführung von Aufgaben auf Basis von fortgeschrittenen Self-x-Fähigkeiten sowie fortgeschrittenen Datenanalysefähigkeiten. Zudem können autonome smarte Geräte und Digital Hubs durch Ziele parametrisiert werden und selbst wiederum andere smarte Geräte und Digital Hubs parametrisieren. Ein Beispiel für ein autonomes smartes Gerät ist ein autonomes Auto, welches ohne Intervention durch den Menschen fahren kann. Dabei lernt es aus Interaktionen mit anderen Autos. Des Weiteren besitzt es die Fähigkeit, einen Menschen von der Arbeit abzuholen, ohne dazu eine Anweisung von einem Individuum oder einer anderen Ressource (dh Trigger) erhalten zu müssen. Nicht-autonome smarte Geräte und Digital Hubs hingegen benötigen externe Anweisungen und Auslöser für Aufgaben, da sie nicht lernfähig sind und auch nicht mit Zielen parametrisiert werden können.

Neben der Unterscheidung in nicht-autonom und autonom sind die Kompatibilität (bzw. Ökosystem-Integration) und die Datenverwendung, welche bereits im Rahmen der Vorstellung der Taxonomie eingeführt wurden (Kapitel II), weitere Attribute von smarten Geräten und Digital Hubs. Kompatibilität entspricht dabei der Fähigkeit von smarten Geräten und Digital Hubs, mit anderen Geräten zu kommunizieren und zusammenzuarbeiten (dh eingeschränkte oder offene Kompatibilität). Die Datenverwendung entspricht dabei der bereits eingeführten Aufteilung in transaktional und analytisch.

Physische Umwelt

Die physische Umwelt ist ebenfalls als Ressource anzusehen, spielt jedoch im Vergleich zu den anderen Ressourcen eine passive Rolle. So können smarte Geräte und Individuen die Eigenschaften (zB Temperatur, Feuchtigkeit oder Eigenschaften von Objekten) der physischen Umwelt beobachten. Zum Beispiel kann ein smarterer Rauchmelder den Kohlenmonoxid-Gehalt im Haus messen und bei Überschreiten einer Obergrenze eine Nachricht auf das Smartphone des Hausbesitzers senden und zusätzlich die Feuerwehr alarmieren.

b. Beziehungen

Interaktion

Ressourcen sind durch Beziehungen vernetzt. Dabei kann zwischen den Beziehungsarten *Interaktion*, *Beobachtung* und *Parametrisierung* unterschieden werden. *Interaktionen* stellen den am häufigsten vorkommenden Beziehungstyp dar. Generell ermöglichen Interaktionen das Zusammenspiel von Ressourcen, die an einem Austausch beteiligt sind⁸². Interaktionen treten dann auf, wenn Ressourcen zB Daten austauschen, Funktionen auslösen oder über Ereignisse benachrichtigen. Interaktionen finden immer zu einem bestimmten Zeitpunkt statt und sind somit zeitdiskret. Interaktionen können uni- oder bidirektional sein (Kapitel 0). Zudem können Interaktionen wiederholt oder nicht wiederholt auftreten. Zum Beispiel übermittelt ein smartes Gerät einem Digital Hub in regelmäßigen Abständen seinen Status. Wenn hingegen der Nutzer eines smarten Fitnesstrackers ein bestimmtes Ziel erreicht, dann wird dieser über das Ereignis nur einmalig informieren. Des Weiteren können SSS hierarchisch verschachtelte Strukturen aufweisen, was bedeutet, dass Ressourcen innerhalb eines SSS andere Ressourcen

⁸¹ National Science Foundation, „Partnerships for Innovation: Building Innovation Capacity“; Püschel, Schlott und Röglinger, „What’s in a Smart Thing? Development of a Multi-layer Taxonomy“.

⁸² Oberländer et al., „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things“; Suchman, *Human-machine reconfigurations*.

steuern. Die Anweisung von Ressourcen wird auch als Parametrisierung bezeichnet⁸³. Zum Beispiel besitzt ein Smart Home oft ein zentrales Digital Hub, das damit verbundene Geräte parametrisiert.

Parametrisierung

Parametrisierung steht für alle Beziehungen, bei denen eine Ressource eine andere hinsichtlich vereinbarter Ziele steuert, sodass sich eine der beiden Ressourcen verpflichtet, das vereinbarte Ziel zu erfüllen. Anders als Interaktionen beziehen sich Parametrisierungen auf einen Zeitraum und sind somit zeitkontinuierlich⁸⁴. Sie dienen der Koordination und Kontrolle von Ressourcen, wobei Ressourcen über Freiheitsgrade für eigene Entscheidungen verfügen. Per Definition können nur Individuen und autonome smarte Geräte und Digital Hubs andere Ressourcen parametrisieren. Das Nest-Thermostat verfügt zB über verschiedene Optionen zur Regulierung der Temperatur eines Haushalts, aus denen der Nutzer auswählen kann. Um die ausgewählte Option realisieren zu können, interagiert das Nest-Thermostat nicht nur mit den verbundenen Geräten, sondern parametrisiert diese, um die Temperatur entsprechend zu regulieren.

Beobachtung

Beobachtung meint die Sammlung von Daten (dh Eigenschaften des zu beobachtenden Objekts bzw. der zu beobachtenden Ressource) durch die integrierte Sensorik eines smarten Geräts. Im Kontext von SSS können neben smarten Geräten auch Individuen die Eigenschaften von anderen Ressourcen beobachten. Da Digital Hubs keine physische Repräsentation besitzen, können sie weder beobachten noch beobachtet werden. Die Eigenschaften von Digital Hubs werden durch Interaktionen abgerufen. Selbstbeobachtung, also die Fähigkeit von smarten Geräten und Digital Hubs ihren eigenen Status zu überwachen, wird nicht durch die Beobachtung abgebildet, sondern über Self-x-Fähigkeiten.

c. Services und Servicesysteme

Die vorgestellten Ressourcen und deren Beziehungen bilden Servicesysteme. Zum Beispiel ist eine Person, die ihr Wissen und ihre Fähigkeiten bereitstellt, oder ein autonomer Digital Hub, der Funktionen und Daten bereitstellt, die kleinste Form von Servicesystemen, sogenannte *atomare Servicesysteme*⁸⁵. Auch nicht-autonome smarte Geräte und Digital Hubs werden als atomare Servicesysteme angesehen. Sind hingegen autonome smarte Geräte involviert, so wird von einem *atomaren SSS* gesprochen. Es gibt zudem auch *zusammengesetzte Servicesysteme*⁸⁶. Dabei enthält ein Servicesystem über eine verschachtelte Struktur mindestens ein weiteres Servicesystem. Gleiches gilt für *zusammengesetzte SSS*. Hier umfasst ein SSS mindestens ein weiteres Servicesystem oder SSS.

Ein Service besteht immer aus mindestens zwei Servicesystemen und den darin enthaltenen Ressourcen, die in einem interaktiven Zusammenarbeitsprozess wechselseitig wertschöpfend tätig sind. SSS und deren Zusammenspiel mit anderen Servicesystemen ermöglichen die Entstehung neuer und innovativer Services. Ein Beispiel ist ein Familienhaushalt, in welchem eine smarte Waschmaschine (autonomes smartes Gerät) mit einem Individuum sowie mit der E-Commerce-Plattform eines Herstellers (nicht-autonomes Digital Hub) interagiert. Die Waschmaschine überwacht den Füllstand des Waschmittels und passt den aktuellen Füllstand kontinuierlich an. Bei Unterschreiten eines bestimmten Grenzwerts fragt die Waschmaschine das Individuum, ob er Waschmittel kaufen möchte oder ob die Waschmaschine dies eigenständig bei der E-Commerce-Plattform bestellen soll. Dabei dient die intelligente Waschmaschine als Grenzobjekt zwischen Haushalt (zusammengesetztes SSS) und Hersteller (atomares SSS).

⁸³ José L. Encarnaç o und Thomas Kirste, „Ambient Intelligence: Towards Smart Appliance Ensembles.“ in *From integrated publication and information systems to virtual information and knowledge environments: Essays dedicated to Erich J. Neuhold on the occasion of his 65th birthday*, hrsg. von Matthias Hemmje, Claudia Niederee und Thomas Risse, 261–270, Lecture Notes in Computer Science 3379 (Berlin: Springer, 2005), 3379.

⁸⁴ Ebd.

⁸⁵ Huber, Püschel und R oglinger, „Capturing Smart Service Systems – Development of a Domain-specific Modeling Language“; Oberl ander et al., „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things“.

⁸⁶ Maglio et al., „The service system is the basic abstraction of service science“.

d. Beispiele aus dem Konsumentenbereich

Das in Abbildung 6 dargestellte SSS zeigt exemplarisch die Möglichkeiten eines komplexen Smart Home, das erst durch die Vernetzung einzelner smarterer Geräte realisiert wird. Zentraler Akteur in diesem Beispiel ist das Nest-Thermostat, ein mit Sensorik, Aktuatoren und Rechenlogik ausgestattetes Thermostat, das über fortgeschrittene Self-x- und datenanalytische Fähigkeiten verfügt. Das Nest-Thermostat hat in den vergangenen Jahren an großer Beliebtheit in Wissenschaft und Praxis gewonnen, da es nicht nur die Möglichkeiten des IoT, sondern auch die Vorteile vernetzter Systeme illustriert. Wie das vorliegende Beispiel zeigt, ermöglicht das Nest-Thermostat die Erstellung komplexer Services vor allem durch die Interaktion mit weiteren Akteuren (dh Unternehmen, smarte Geräte und Individuen).

Das dargestellte Smart Home System umfasst sieben Servicesysteme (dh Connected Driving, IFTTT, Smart Home, Nest, Bank Server, Energieversorger und Wetterstation) sowie die darin involvierten Ressourcen und deren Beziehungen untereinander. Erst das Zusammenspiel der einzelnen Servicesysteme ermöglicht es, dass neue Services entstehen. Aus dem Zusammenspiel der Servicesysteme entstehen folgende drei beispielhafte Services, die ebenfalls in Abbildung 6 enthalten sind: Energy Saving Service, Coming Home Service und Rush Hour Reward Service. Im vorliegenden Beispiel hat das Nest-Thermostat Beziehungen zu allen anderen Ressourcen des Smart Home Service Systems (zB zu Smart-Home-Geräten, dem Hausbesitzer und dem Wohnraum). Es fungiert zudem als Grenzobjekt zwischen dem Smart-Home-System und dem Nest-Servicesystem, um so Kunde und Anbieter zu integrieren. Des Weiteren ist das Nest-Thermostat über die Nest Cloud mit weiteren Ressourcen anderer Servicesysteme verbunden (zB mit der Wetter Cloud oder der IFTTT Cloud). Diese Verbindungen ermöglichen dem Nest-Thermostat die Nutzung von Daten und Funktionen anderer Ressourcen, welche wiederum für die Erstellung von neuen Services relevant sind.

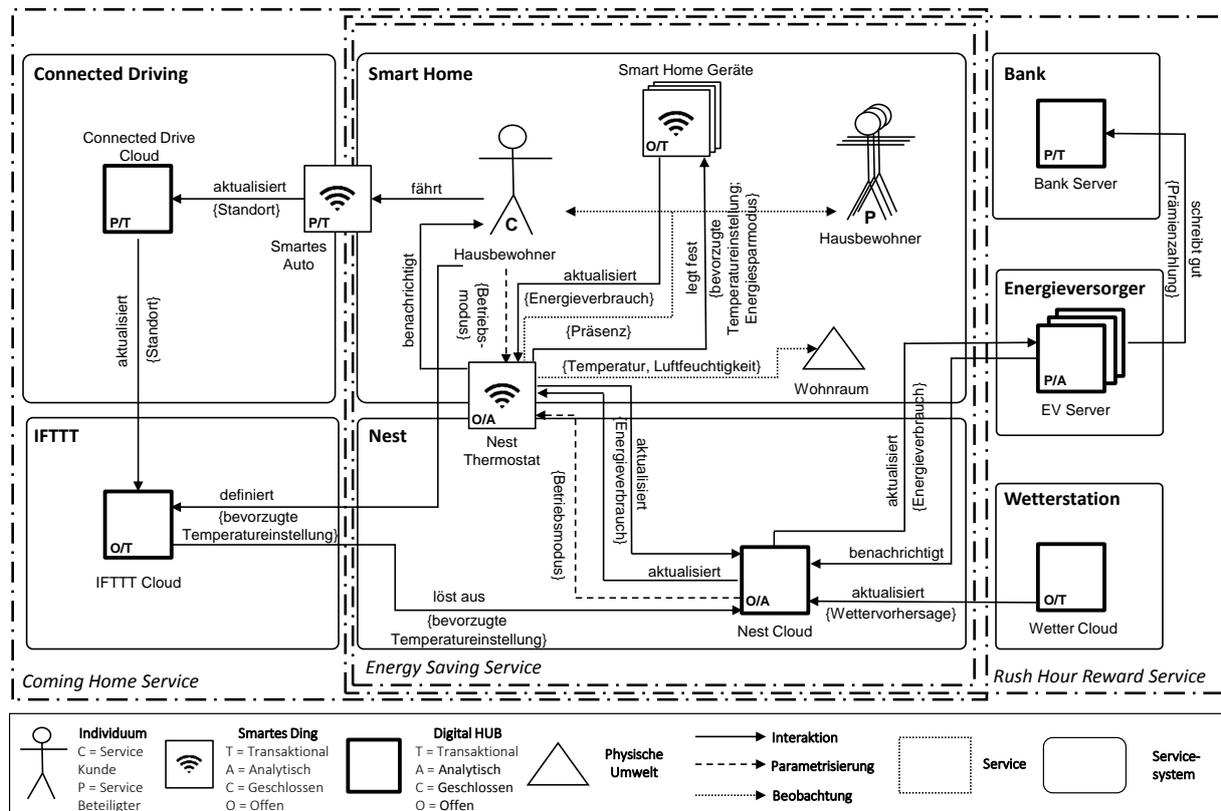


Abbildung 6: Modell des Nest-Szenarios⁸⁷

⁸⁷ Huber, Püschel und Röglinger, „Capturing Smart Service Systems – Development of a Domain-specific Modeling Language“.

Coming Home Service

Im Folgenden werden der Coming Home Service und der Rush Hour Reward Service erläutert, da jedes Servicesystem mindestens einmal in einem der Services enthalten ist. Außerdem beruht die Funktionsweise beider Services auf dem Energy Saving Service, der den Energieverbrauch des Smart Home verwaltet. Der Energy Saving Service nutzt die Fähigkeiten des Nest-Thermostats, um Hausbewohner und Raumeigenschaften (zB Temperatur des Wohnzimmers) zu beobachten. Sobald ein Hausbewohner aktiv das Nest-Thermostat parametrisiert (zB durch aktivieren des Energiesparmodus), aktualisiert es die Nest Cloud mit den Daten (zB dem Energieverbrauch der Smart-Home-Geräte oder dem Verhalten der Bewohner). Durch das Hinzunehmen weiterer externer Daten anderer Servicesysteme (zB der Wetter-Cloud) erkennt der Energy Saving Service Muster und kann so den Energieverbrauch optimieren.

Der Coming Home Service (Abbildung 7) hat das Ziel, in Abhängigkeit von der Anwesenheit des Hausbewohners den Energieverbrauch im Haus zu regeln. Der Coming Home Service basiert auf einem sogenannten recipe (Rezept), dh einer simplen Abfolge von Bedingungen, die über die webbasierte Plattform IFTTT („If This Then That“) realisiert werden kann⁸⁸. Ein wichtiger Bestandteil zur Realisierung des Coming Home Service ist das smarte Auto des Hausbewohners. Das smarte Auto ist mit dem Nest-Servicesystem über ein IFTTT-Rezept verbunden. Sobald der Hausbewohner mit dem smarten Auto eine zuvor definierte Schwelle (Nähe zum Haus) überschreitet, löst die IFTTT Cloud bei der Nest Cloud den Service (Prozess) aus. Die Nest Cloud parametrisiert daraufhin das Nest-Thermostat mit den notwendigen Temperatureinstellungen. Daraufhin stellt das Nest-Thermostat die Smart-Home-Geräte entsprechend der Vorgaben der Nest Cloud ein. Somit ist es möglich, dass die Temperatur im Haus in Abhängigkeit von der Anwesenheit des Hausbewohners optimal eingestellt ist und der Energieverbrauch reduziert wird.

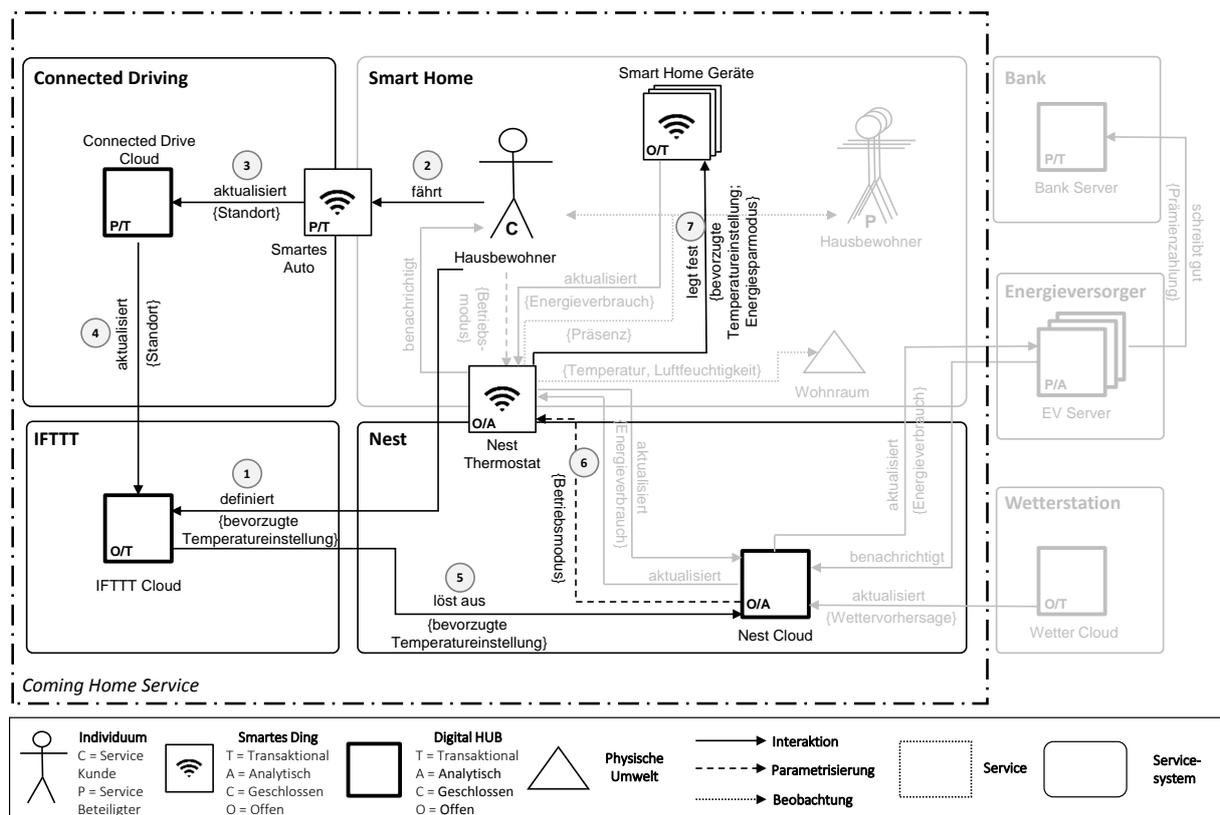


Abbildung 7: Modell mit Hervorhebungen für den Coming Home Service⁸⁹

⁸⁸ „IFTTT“. https://ifttt.com/nest_thermostat (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁸⁹ Huber, Püschel und Röglinger, „Capturing Smart Service Systems – Development of a Domain-specific Modeling Language“.

Rush Hour Reward Service

Ein weiterer Service im Verbund des Nest-Thermostats ist der Rush Hour Reward Service⁹⁰. Dessen Ziel ist es, dass Hausbewohner eine Bonuszahlung vom Energieerzeuger erhalten, wenn sie während erhöhter Energienachfrage selbst Energie einsparen. In Abbildung 8 sind die relevanten Ressourcen und Beziehungen des Rush Hour Reward Service hervorgehoben. Einige Energieversorger bieten ihren Kunden sog. Rush-Hour-Tarife an. Rush Hour bedeutet, dass für den nächsten Kalendertag mehr Energienachfrage als -angebot prognostiziert wird – bspw. für eine Region oder ein Bundesland. In diesem Fall sendet das Energieunternehmen die entsprechende Information an das Nest-Thermostat. Wenn eine Rush Hour prognostiziert wird, kann das Nest-Thermostat den Kunden fragen, ob er am Rush-Hour-Service teilnehmen möchte. Falls ja, darf das Nest-Thermostat am Rush-Hour-Tag nach Anweisung des Energieunternehmens selbstständig andere smarte Energieverbraucher im Haus (zB eine intelligente Waschmaschine oder den Kühlschrank) kontaktieren und um eine zeitweise Reduktion des Energieverbrauchs bitten. Zum Beispiel kann der Kühlschrank die Temperatur etwas nach oben regulieren. Im Gegenzug erhält der Kunde im Rush-Hour-Tarif vom Energieversorger Geld für die eingesparte Energie.

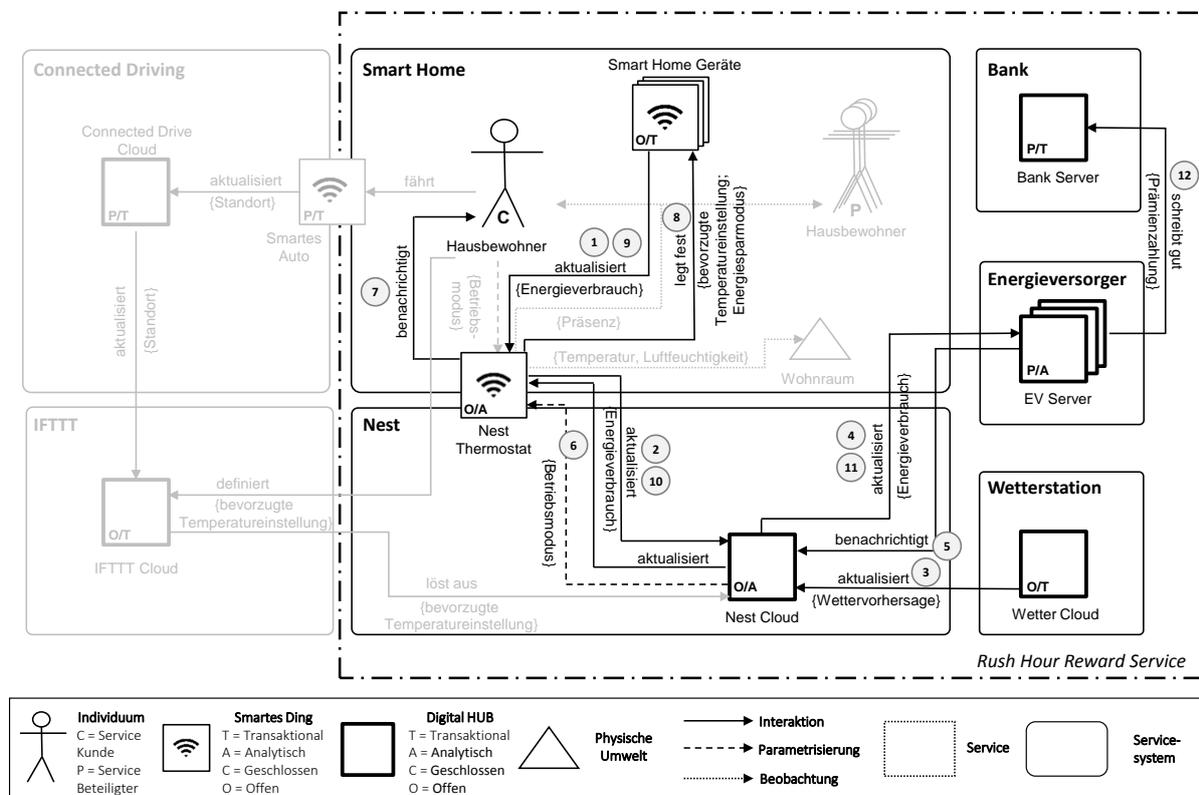


Abbildung 8: Modell mit Hervorhebungen für den Rush Hour Reward Service⁹¹

⁹⁰ „Rush Hour Reward Service.“. <https://support.google.com/googlenest/answer/9247645?hl=en> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁹¹ Huber, Püschel und Röglinger, „Capturing Smart Service Systems – Development of a Domain-specific Modeling Language“.

e. Beispiel aus dem Industriellen Kontext

Beim folgenden Beispiel handelt es sich um ein SSS aus dem industriellen Kontext. Im Mittelpunkt stehen die datenbasierten Wartungsservices von Rolls Royce, einem der größten Hersteller von Gasturbinen⁹². Diese sind unter anderem in zahlreichen Flugzeugen der zivilen Luftfahrt verbaut und bieten schon seit Jahren zahlreiche Serviceoptionen, vor allem im Bereich der vorbeugenden Instandhaltung. Letzteres ist im nachstehenden Beispiel abgebildet.

Das dargestellte *Wartungssystem für Motoren* umfasst fünf einzelne Servicesysteme (dh Airbus A380, Airline Kontrollcenter, Cloud AIRCOM, Rolls Royce Operations Center, Repair & Overhaul) sowie die darin involvierten Ressourcen und deren Beziehungen. Aus dem Zusammenspiel der verschiedenen Servicesysteme ermöglicht Rolls Royce seinen Kunden, den Airlines, schnell, einfach und bedarfsgerecht auf mögliche Störungen und erwartete Ausfälle zu reagieren. Im folgenden Beispiel werden zwei Services, die in Abbildung 9 dargestellt sind, exemplarisch beschrieben: Der *Diagnoseservice im Flugzeug* und die *vorbeugende Instandhaltung*.

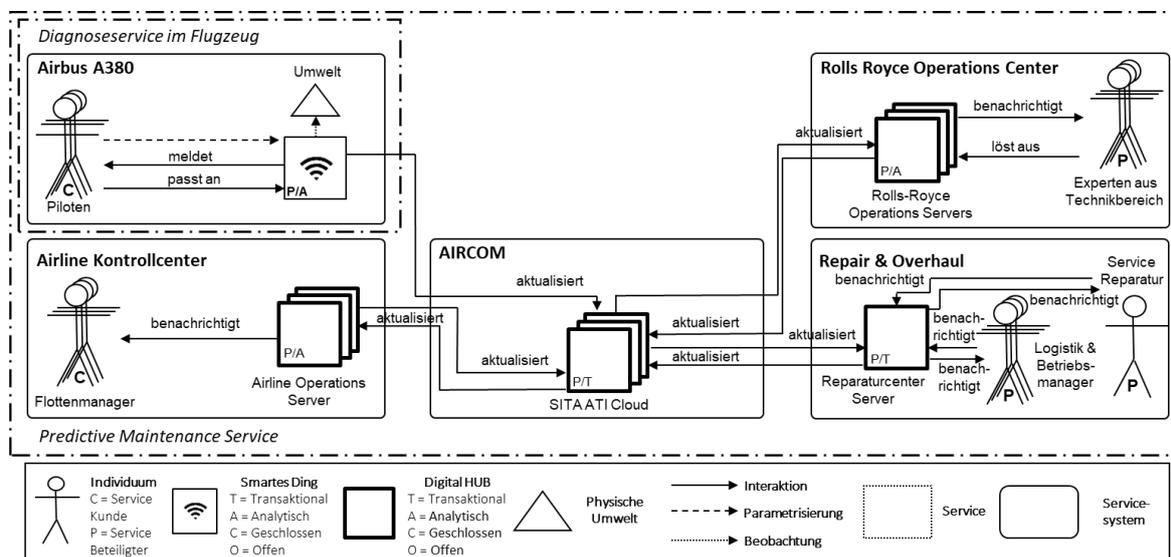


Abbildung 9: Modell des Wartungssystems für Motoren von Rolls Royce⁹³

Diagnose im Flugzeug

Der *Diagnoseservice im Flugzeug* umfasst alle Diagnosefunktionen, die während eines Fluges bereitgestellt werden. An diesem Servicesystem sind sowohl die Piloten als auch das jeweilige Flugzeug beteiligt (hier: Airbus A380). Die Diagnose basiert auf Sensordaten, die in Echtzeit durch an den Turbinen verbaute Sensoren erfasst werden können. Somit ist es möglich, den Piloten während des Fluges zahlreiche Kennzahlen und Auswertungen bereitzustellen. Dies ermöglicht eine bessere und schnellere Reaktion auf unvorhersehbare Probleme, wie bspw. eine zunehmende Vibration der Rotorenblätter in einem Triebwerk. Die Sensorik erfasst dabei verschiedene Eigenschaften kritischer Bauteile (zB Temperatur, Vibration). Die erhobenen Daten werden anschließend vom Board-System zu einer Kennzahl aggregiert. Somit ist es den Piloten möglich, bestimmte Triebwerke bei Bedarf zu entlasten, wodurch sich mögliche Schäden vermeiden lassen. Die ermittelten Kennzahlen unterstützen die Piloten ebenfalls bei einer schnellen und validen Entscheidungsfindung⁹⁴.

⁹² SITAONAIR, „Engine Health Management.“ <https://www.sitaonair.aero/sitaonair-selected-rolls-royce-simplify-collection-engine-health-monitoring-data/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

⁹³ Ebd.

⁹⁴ Ebd.

Vorbeugende Instandhaltung

Aufgrund des zuvor beschriebenen *Diagnoseservice im Flugzeug* können Piloten mögliche Betriebsstörungen proaktiv entdecken und melden. Dies deckt jedoch nur einen kleinen Teil der möglichen Störungen in der zivilen Luftfahrt ab. Um Abnutzungserscheinungen oder sich abzeichnende Schäden frühzeitig erkennen und beheben zu können, bietet Rolls Royce seinen Kunden (zB Airlines) den Service der *vorbeugenden Instandhaltung* (dh *predictive maintenance*) an (Abbildung 10). Die Basis für diesen Service bilden wiederum Sensordaten und Datenanalysefunktionen. Auf Basis der Daten ist es möglich, sowohl genaue Vorhersagen zu Wartungsintervallen als auch damit verbundene Entscheidungen zu treffen. Hierbei werden Sensordaten, die während des Fluges erhoben werden, nach Landung am jeweiligen Flughafen an den Hersteller sowie an die Airline übertragen. Falls eine Störung entdeckt wird, ergibt sich nachstehender Ablauf:

Nach der Landung werden die während des Fluges erhobenen Sensordaten an die AIRCOM Cloud übermittelt. Zusätzlich übermittelt die Airline wichtige Betriebsinformationen (zB Flugstrecke, Ankunftszeit, anstehende Flüge) an die Plattform. Algorithmen werten die Daten aus und identifizieren mögliche Störungen. Wird eine Störung identifiziert, meldet die Cloud diese an den Hersteller (Rolls Royce Operations Server) und übermittelt zugleich wichtige Informationen für die Auswertung (zB Flugzeugtyp, Betriebshistorie). Anschließend wird die Störung von technischen Experten bei Rolls Royce analysiert. Sollte sich die Störung als kritisch erweisen, wird ein erweitertes Expertenteam zur genaueren Analyse herangezogen. Nachdem die Ursache für die Störung identifiziert werden konnte, werden sowohl die Fluggesellschaft als auch die lokalen Serviceteams informiert. Zum Teil wird zusätzlich eine Inspektion vor Ort durchgeführt, um die Störung und mögliche Lösungen genauer bestimmen zu können. Aufgrund des engen Servicenetzwerks von Rolls Royce können Inspektionen weltweit angeboten werden. Nach der Inspektion vor Ort, werden Logistik- und Reparaturteams über die Bereitstellung und Montage benötigter Ersatzteile informiert. Anschließend wird das Problem am nächsten passenden Flughafen von einem Rolls Royce Techniker behoben. Durch die frühzeitige Reaktion auf Störungen sowie die datenbasierte Einschätzung durch Expertenteams können Airlines mögliche Ausfälle von Flugzeugen minimieren und die operative Betriebsdauer ihrer Flotte verbessern⁹⁵.

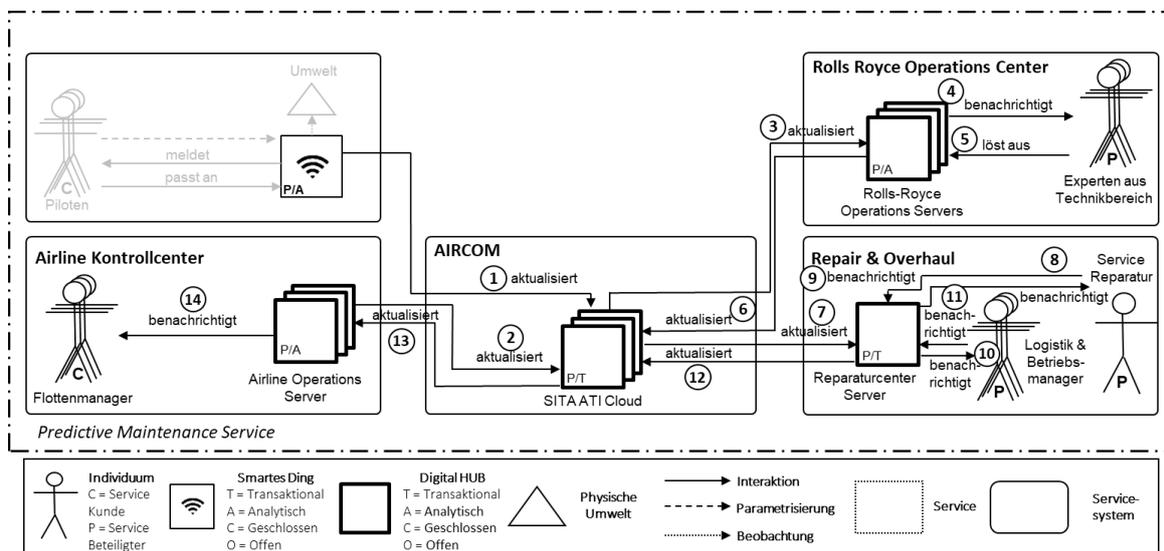


Abbildung 10: Modell mit Hervorhebungen des Vorbeugenden Instandhaltungs-Services⁹⁶

⁹⁵ SITAONAIR, „Engine Health Management“.

⁹⁶ Ebd.

2. Design Prinzipien für smarte Ökosysteme

a. Grundlegende Begriffe: Anforderungen, Unteranforderungen und Design Prinzipien

Die einzelnen Akteure und Beziehungen in einem smarten Ökosystem bzw. SSS wurden bereits aufgezeigt. Im Folgenden liegt der Fokus auf den Grundsätzen (dh Design-Prinzipien, DPs) für die Gestaltung erfolgreicher SSS. Eine Übersicht findet sich in

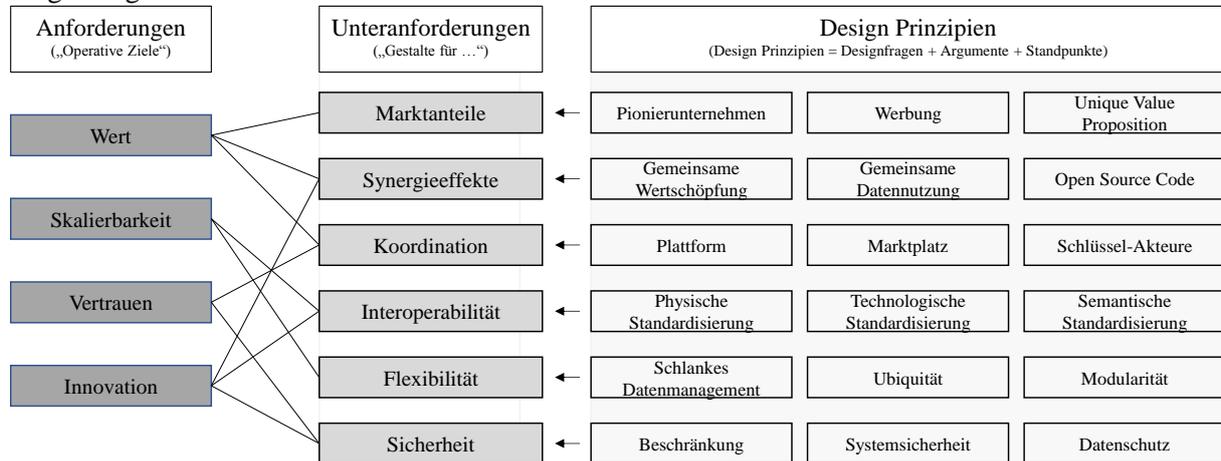


Abbildung 11. Die Anforderungen an erfolgreiche SSS können durch die Erfüllung von Unteranforderungen adressiert werden. Die verbindenden Linien in

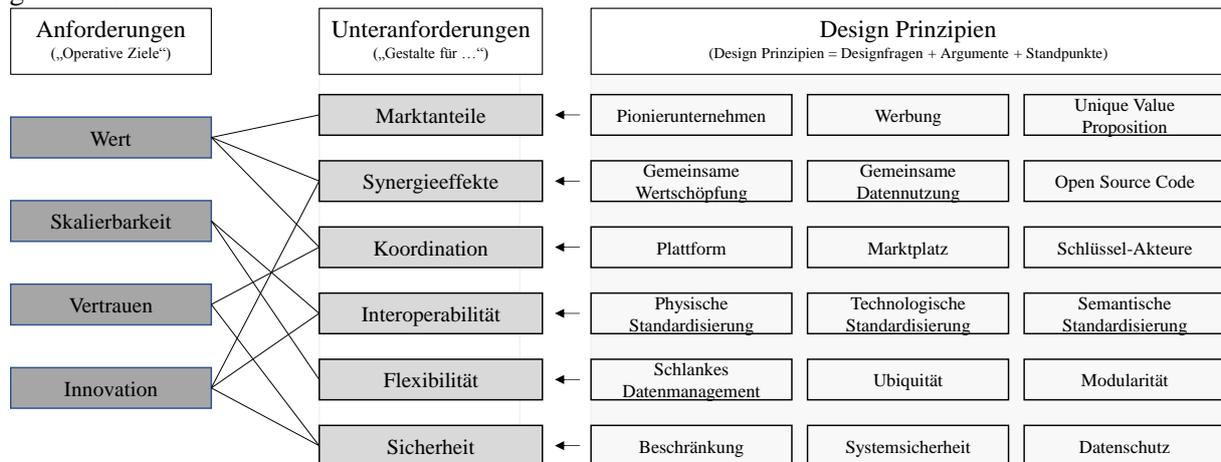


Abbildung 11 beschreiben Ursache-Wirkungs-Beziehungen. Zum Beispiel führt die Implementierung von DPs für Interoperabilität (Ursache) zu einer Erhöhung der Skalierbarkeit (Wirkung) eines SSS. Die Erfüllung einer Unteranforderung kann dabei Auswirkungen auf mehrere Anforderungen haben. Die DPs haben zudem eine kumulative Wirkung, dh je mehr bzw. je umfangreicher DPs implementiert werden, desto stärker wirken sie auf eine Unteranforderung und damit auf die Anforderungen. Weiterhin sind DPs weitgehend voneinander unabhängig. Sie können sich zwar begrenzt gegenseitig verstärken oder abschwächen, die jeweiligen Auswirkungen aber nicht umkehren. Die DPs sind domänenunspezifisch und können sowohl dazu verwendet werden, ein SSS von Grund auf neu zu gestalten als auch Anpassungen an bestehenden Lösungen vorzunehmen⁹⁷.

⁹⁷ Maximilian Blume et al., „Design Principles for Internet of Things Ecosystems: (Arbeitspapier).“.

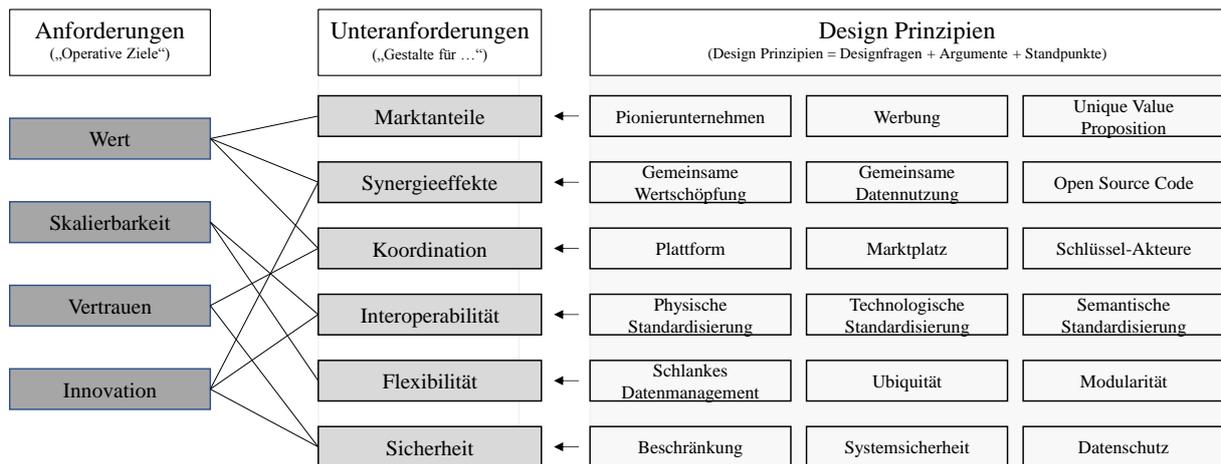


Abbildung 11: Design Prinzipien eines SSS⁹⁸

Anforderung „Wert“: *Schaffung von Mehrwert für alle Beteiligten am SSS.* Wichtig für ein Ökosystem ist neben der Wertgenerierung, dass dieser mit allen Beteiligten geteilt wird⁹⁹. Ein objektiver Messwert ist die Fähigkeit eines Ökosystems, sein Leistungsversprechen zu monetarisieren. Dabei bewirkt eine ineffiziente Wertschöpfung eine geringere Attraktivität beim Kunden, was in letzter Konsequenz wiederum zu einem Zusammenbruch des Ökosystems führen kann. Damit ein SSS erfolgreich sein kann, muss es daher einen signifikanten Mehrwert für Kunden und Unternehmen bieten¹⁰⁰.

Anforderung „Skalierbarkeit“: *Sicherstellung von Skalierbarkeit für schnelles Wachstum.* Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für SSS ist die Fähigkeit, in kurzer Zeit schnell wachsen zu können. Dadurch werden Synergien ermöglicht, die Innovationen in großem Maßstab und eine umfassende Palette an Produkten und Services erlauben. Aufgrund der Eigenschaften des IoT bestehen SSS aus einer großen Anzahl an smarten Geräten. Dies bringt wiederum eine große Heterogenität in der Soft- und Hardwarelandschaft mit sich. Diese Heterogenität müssen SSS bewältigen können vor allem durch eine frühzeitige und konsequente Implementierung von hochskalierbaren Systemen¹⁰¹.

Anforderung „Vertrauen“: *Erreichen eines hohen Maßes an Vertrauen und Stabilität.* Smarte Geräte sind nicht nur in der Lage zu kommunizieren, sondern besitzen auch die Fähigkeit, autonom zu handeln und die physische Umwelt zu beeinflussen. Damit geht einher, dass Ausfälle von smarten Geräten oder Manipulationen an smarten Geräten zu bedrohlichen Situationen führen können. Darüber hinaus führt ein schnelles, innovatives und disruptives Umfeld zum ständigen Wandel eines SSS. Ein SSS mit einer Vielzahl unterschiedlicher smarterer Geräte wird nur dann erfolgreich sein, wenn es in der Lage ist, Vertrauen zwischen den Beteiligten zu garantieren und Stabilität innerhalb des SSS sicherzustellen¹⁰².

Anforderung „Innovation“: *Schaffung eines hochinnovativen Umfelds.* Neben dem wesentlichen Aspekt, dass in einem SSS durch die Zusammenarbeit Wert geschaffen werden muss, ist es wichtig, dass die Akteure des SSS gemeinsam Innovationen vorantreiben. Dabei sind operative wie auch dynamische Fähigkeiten zur Weiterentwicklung des SSS gleichermaßen wichtig. SSS müssen zudem die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen sowie die gemeinsame Produkt- und Service-Entwicklung

⁹⁸ Ebd.

⁹⁹ James Moore, „Predators and Prey: A New Ecology of Competition.“ *Harvard Business Review* 71 (1999).

¹⁰⁰ Sudhi R. Sinha und Youngchoon Park, *Building an Effective IoT Ecosystem for Your Business* (Cham, s.l.: Springer International Publishing, 2017).

¹⁰¹ Ivana Podnar Žarko et al., *Interoperability and Open-Source Solutions for the Internet of Things: Second International Workshop, InterOSS-IoT 2016, Held in Conjunction with IoT 2016, Stuttgart, Germany, November 7, 2016, Invited Papers*. Lecture Notes in Computer Science 10218 (Cham: Springer International Publishing, 2017).

¹⁰² Jan Bosch, „From software product lines to software ecosystem.“ *Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference* (2009).

erleichtern, um langfristig wettbewerbsfähig zu sein. Im IoT erfüllen Entwickler und Hersteller von smarten Geräten die Schlüsselrolle für ein hochinnovatives Umfeld¹⁰³. Sofern für ein SSS ein innovationsförderndes Umfeld geschaffen ist, können alle Teilnehmer darin in einer sich gegenseitig verstärkenden Dynamik innovieren¹⁰⁴.

Unterforderung 1: Marktanteile. Ein hoher Marktanteil, dh ein großer Kundenstamm, fördert die Attraktivität für potenzielle Unternehmen und Entwickler. In einem großen Markt können Entwickler eine hohe Anzahl von Produkten und Services anbieten, was wiederum die Attraktivität für die Nutzer erhöht¹⁰⁵. Durch Netzwerkeffekte ist dies ein sich selbst verstärkender Prozess. In Summe führen viele an einem SSS beteiligte Akteure zu einer hohen Marktmacht, die notwendig ist, um neue Märkte zu erschließen und besetzte Märkte zu verteidigen¹⁰⁶. Um eine nachhaltige Marktmacht zu erreichen, müssen die Teilnehmer an das Ökosystem gebunden werden. Daher ist es wichtig, dass die Teilnehmer von einer Mitwirkung am Ökosystem profitieren und ihre Ergebnisse monetarisiert werden können. Um das Ökosystem auf einen hohen Marktanteil und eine effektive Monetarisierung auszurichten, müssen drei Design Prinzipien adressiert werden: Pionierunternehmen, Werbung und „Unique Value Proposition“ (UVP).

Unterforderung 2: Synergieeffekte. Ein Ökosystem hat zum Ziel, die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren zu fördern, erfordert dafür aber auch Koordination. Akteure müssen dementsprechend für den zusätzlichen Koordinationsaufwand im SSS überkompensiert werden, um sie von der Mitwirkung zu überzeugen. Diese Überkompensation kann durch Synergien, dh die gemeinsame Nutzung von Ressourcen zur Effizienzsteigerung, erreicht werden. Der Wert, der durch die Kooperation in einem Ökosystem entsteht, soll größer als die Summe der einzelnen Teile sein¹⁰⁷. Darüber hinaus ermöglichen Synergien den Teilnehmern eines Ökosystems, die eigenen Produkte und Services zu kombinieren, um so zu innovieren und weitere Netzwerkeffekte zu ermöglichen¹⁰⁸. Um in einem smarten Ökosystem Synergien zu erzielen, müssen Entscheidungen bezüglich der gemeinsamen Wertschöpfung, der gemeinsamen Datennutzung und der Bereitstellung von Open Source Code koordiniert getroffen werden.

Unterforderung 3: Koordination. Das IoT erfordert aufgrund der Komplexität an involvierten Teilnehmern Koordination, sodass SSS ihr Potenzial selbst bei hoher Skalierung voll ausschöpfen können. Koordination ermöglicht dabei einen Überblick über alle Marktaktivitäten der Teilnehmer, unterstützt die Orchestrierung von Produkten und Services innerhalb eines SSS und dient der fairen Verteilung geschaffener Werte¹⁰⁹. Eine faire Wertverteilung führt dabei zu Transparenz und schafft Vertrauen zwischen den Teilnehmern. Für die Koordination in einem SSS ist es daher wichtig, eine Plattform einzurichten, eine Art Marktplatz bereitzustellen und Schlüssel-Akteure einzubinden.

Unterforderung 4: Interoperabilität. Es ist zu erwarten, dass die Interoperabilität ein wichtiger Beschleuniger für die weitere Verbreitung des IoT sein wird und bis zu 40% seines potenziellen wirtschaftlichen Werts ausmacht. Interoperabilität bedeutet dabei, eine einfache Kommunikation sowie Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Technologien, Teilnehmern und zwischen Ökosystemen zu ermöglichen¹¹⁰. Obwohl Interoperabilität ein Beschleuniger für das IoT ist, sind Teilnehmer von SSS

¹⁰³ Geoffrey Parker, Marshall van Alstyne und Xiaoyue Jiang, „Platform Ecosystems: How Developers Invert the Firm.“ *MIS Quarterly* 41, Nr. 1 (2017): 255–266.

¹⁰⁴ Ron Adner, „Match Your Innovation Strategy To Your Innovation Ecosystem.“ *Harvard Business Review* 84 (2006).

¹⁰⁵ Nigel Walton, *The Internet as a Technology-Based Ecosystem: A New Approach to the Analysis of Business, Markets and Industries* (London, s.l.: Palgrave Macmillan UK, 2017).

¹⁰⁶ Sinha und Park, *Building an Effective IoT Ecosystem for Your Business*.

¹⁰⁷ Yan-Ru Li, „The technological roadmap of Cisco's business ecosystem.“ *Technovation* 29, Nr. 5 (2009): 379–386.

¹⁰⁸ Omar A. El Sawy und Francis Pereira, *Business Modelling in the Dynamic Digital Space* (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013).

¹⁰⁹ Ricardo Silva, Jorge Sa Silva und Fernando Boavida, „A symbiotic resources sharing IoT platform in the smart cities context.“ in *2015 IEEE Tenth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP): 7-9 April 2015, Singapore*, 1–6 (Piscataway, NJ: IEEE, 2015).

¹¹⁰ Podnar Žarko et al., *Interoperability and Open-Source Solutions for the Internet of Things*.

nicht zwingend an hoher Interoperabilität interessiert aufgrund ihres Interesses an der eigenen Marktmacht und dem Schutz des eigenen geistigen Eigentums. So hat sich bspw. Apple dafür entschieden, seinen AppStore aufgrund der besseren Monetarisierung nur für seine eigenen Produkte verfügbar zu machen. Um die Interoperabilität letztendlich aktiv voranzutreiben, muss eine physische, technologische und semantische Standardisierung erfolgen.

Unterforderung 5: Flexibilität. Für skalierbare SSS benötigen Unternehmen eine flexible Architektur, auf die zuverlässig aufgebaut werden kann. Sowohl mit Blick auf die Architektur als auch auf die darunterliegende Infrastruktur haben Entscheidungen zu einem frühen Zeitpunkt zwangsläufig einen nachhaltigen Einfluss auf das gesamte Ökosystem. Obwohl der Aufbau eines flexiblen SSS herausfordernd und teuer sein kann, ermöglicht die konsequente Implementierung von Flexibilität im Bedarfsfall eine schnelle Skalierung und Anpassung¹¹¹. Um ein SSS flexibel zu gestalten, müssen die Design Prinzipien Datenmanagement, Ubiquität und Modularität berücksichtigt werden.

Unterforderung 6: Sicherheit. Ein sicheres SSS bietet auf der einen Seite viele Vorteile: Es verhindert Sicherheitsvorfälle, damit verbundene rechtliche Auseinandersetzungen sowie den Verlust an Reputation und Vertrauen¹¹². Auf der anderen Seite können restriktive Sicherheitsvorgaben die Entstehung von Innovationen verhindern, da sie eine Barriere für Entwicklungen (dh Produkte und Service) darstellen¹¹³. Da SSS zudem dezentral funktionieren, stellen sie eine zusätzliche Sicherheitsherausforderung dar, da die Sicherheit an vielen Knotenpunkten eines SSS gewährleistet sein muss. Weitere Herausforderungen hinsichtlich der Sicherheit ergeben sich aus der branchenübergreifenden Vernetzung von smarten Geräten und der damit verbundenen Nutzung von öffentlichen Netzwerken. Daher sollten Sicherheitsfragen so früh wie möglich im Lebenszyklus eines SSS angegangen werden. Ein sicheres SSS sollte hinsichtlich Sicherheitsfragen daher folgende Design Prinzipien adressieren: Beschränkung, Systemsicherheit und Datenschutz (siehe auch Kapitel 3 E IT-Sicherheit).

b. Beispielhafte Einordnung eines smarten Ökosystems anhand von Google Home

Die vorgestellten Design Prinzipien werden im Folgenden am Beispiel von Google Home (GH) aufgezeigt. GH ist ein smarterer Sprachassistent, anhand dessen – basierend auf öffentlich zugänglichen Quellen – gezeigt werden soll, wie sich die Design Prinzipien ausgestalten können. GH ist ein zentraler Akteur, der sich mit anderen smarten Geräten vernetzen und diese steuern kann. Inzwischen gestalten viele Kooperationspartner von Google ihre smarten Geräte kompatibel zu GH, sodass sich eine Vielzahl unterschiedlicher smarterer Geräte um GH herum zentriert¹¹⁴. GH wurde insbesondere als Beispiel gewählt, da es noch Wachstumspotenzial bietet und sich somit die Design Prinzipien vielfältiger erläutern lassen.

Mit Blick auf die Bewertung der DPs wird folgende Notation genutzt: „++“ bedeutet, dass sich sowohl GH selbst als auch separate öffentliche Quellen einig sind, dass die Implementierung des diskutierten DP von sehr großer Bedeutung ist. Liegen Hinweise auf eine teilweise oder zukünftig geplante Implementierung vor, wird das jeweilige DP mit einem „+“ versehen. Eine „0“ besagt, dass in öffentlich zugänglichen Quellen keine Belege dafür gefunden werden konnten, dass GH dieses DP bei einer Implementierung berücksichtigen wird. Wenn festgestellt wird, dass GH die Implementierung eines DP ablehnt, wird dies mit „-“, markiert¹¹⁵.

¹¹¹ Mohammad Abdur Razzaque et al., „Middleware for Internet of Things: A Survey.“ *IEEE Internet of Things Journal* 3, Nr. 1 (2016): 70–95.

¹¹² IEEE, „SA Internet of Things (IoT) Ecosystem Study.“ http://sensei-iot.info/PDF/IoT_Ecosystem_Study_2015.pdf (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹¹³ Bradley Barth, „Innovation versus Cybersecurity: Survival hangs in the Balance.“ <https://www.scmagazine.com/innovation-versus-cybersecurity-survival-hangs-in-the-balance/article/665348/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹¹⁴ CNET, „Everything that will work with Google Home.“ <https://www.cnet.com/pictures/everything-that-will-work-with-google-home/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹¹⁵ Blume et al., „Design Principles for Internet of Things Ecosystems“.

Marktanteile: Pionierunternehmen (-) Werbung (+) Leistungsversprechen (0)

GH war gegenüber Konkurrenten (zB Amazon) zwei Jahre zu spät am Markt, um Pionierunternehmen zu sein. Allerdings forciert GH eine gute Online- und Offline-Werbung durch das Verfassen von Artikeln und die Durchführung von Konferenzen. In Bezug auf das Leistungsversprechen unterscheiden sich die Funktionen von GH kaum von denen der Wettbewerber, jedoch hat GH das Potenzial ein UVP zu entwickeln, indem es auf Daten der Google-Suchmaschine und Dienste wie Google Maps zurückgreift. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass GH wenig Anreize für Kunden bietet, sich genau für ihr SSS zu entscheiden. Dies führt wiederum zu einem geringen Marktanteil und einer geringeren Wertschöpfung innerhalb des SSS im Vergleich zu Wettbewerbern¹¹⁶. GH besitzt jedoch die große Chance, seinen Marktanteil durch Vernetzung mit den Google-Diensten signifikant auszubauen.

Synergien: Gemeinsame Wertschöpfung (++) Gemeinsame Datennutzung (-) Open Source Code (+)

GH konzentriert sich auf eine gemeinsame Wertschöpfung mit anderen Unternehmen, die es ermöglicht, Produkte und Services gemeinsam zu entwickeln, sodass diese in das SSS eingebunden werden können¹¹⁷. Im Gegensatz dazu bestätigen diverse Quellen, dass Google eindeutig nicht beabsichtigt, Daten weiterzugeben. Zwar veröffentlichte Google Protokolle von durch GH aufgezeichneten Gesprächen der Kunden und teilt Programmiercode sowie dazugehörige Anleitungen mit den externen Unternehmen, dennoch dürfen deren Entwickler kaum selbstständig Programmiercode ändern oder selbst anbieten. Auf diese Weise möchte Google die Ausgestaltung des SSS kontrollieren¹¹⁸. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der eingeschränkte Datenaustausch und die restriktive Handhabung von Open-Source-Code Synergien und Innovationen verringern. Dadurch ist es Google jedoch möglich, die Ausgestaltung der Wertschöpfung und die Auswahl der beteiligten Partner zu bestimmen.

Koordination: Plattform (++) Marktplatz (0) Schlüssel-Akteure (++)

Das gesamte Smart Home von Google basiert auf Android-Software, wobei der smarte Sprachassistent GH als Plattform fungiert, was bedeutet, dass jedes zusätzliche Gerät mit dem Sprachassistenten verbunden werden muss. GH nutzt Software auf Basis künstlicher Intelligenz, die in der Lage ist, Sprachbefehle zu verarbeiten, um Geräte zu steuern. Beteiligte Unternehmen können dabei die Funktionalität nutzen, um eigene Schlüsselwörter zu definieren, sodass Kunden die Anwendung des beteiligten Unternehmens aktivieren können¹¹⁹. Da jede Anwendung in der Cloud vorinstalliert ist und kein Marktplatz für Anwendungen existiert, gibt es für die beteiligten Unternehmen außer dem Verkauf der eigenen smarten Geräte keine Möglichkeiten zur Monetarisierung¹²⁰. Da Google als zentraler Akteur das SSS kontrolliert sowie Softwarefunktionalitäten und die Zusammenarbeit mit Unternehmen bestimmt, erfüllt GH die Definition eines Schlüssel-Akteurs. Dabei koordiniert Google die SSS-Teilnehmer in technischer Hinsicht, um so Vertrauen und Stabilität aufrecht zu erhalten. Jedoch ist die Verteilung der Ergebnisse der gemeinsamen Wertschöpfung intransparent und insbesondere Entwickler der beteiligten Unternehmen profitieren monetär kaum von der Mitarbeit.

Interoperabilität: Physische (0) Technologische (+) Semantische (0) Standardisierung

Bisher gibt es weder Hinweise dafür, dass die Vielfalt an smarten Geräten begrenzt ist, noch dass die semantische Standardisierung innerhalb des Smart Home von Google gefördert wird. Im Hinblick auf die technologische Standardisierung müssen die Teilnehmer die von Google vorgegebenen Program-

¹¹⁶ CNBC, „Amazon Echo Market Share tops Google Home.“. <https://www.cnbc.com/2017/10/12/amazon-echo-market-share-tops-google-home.html> (letzter Zugriff: 15. November 2019); Techcrunch, „Will Google Home finally Break out of Amazon Echos shadow.“. <https://techcrunch.com/2017/10/03/will-google-home-finally-break-out-of-amazon-echos-shadow/?guccounter=1> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹¹⁷ TheVerge, „Everything new you can do with Google Home.“. <https://www.theverge.com/2017/10/8/16439458/google-home-update-feature-list-skills> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹¹⁸ TheVerge, „Google Home Developers actions Ecosystem Appstore.“. <https://www.theverge.com/2016/12/8/13878444/google-home-developers-actions-ecosystem-app-store> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹¹⁹ TheVerge, „Google Home Developers actions Ecosystem Appstore.“.

¹²⁰ Ebd.

miersprachen, Software-Architekturen und Anwendungsschnittstellen verwenden, um das System nutzen oder darauf aufbauen zu können¹²¹. Da die von Google genutzten Technologien gängig sind und sich smarte Geräte aufgrund von einfachen Verknüpfungsregeln an GH koppeln lassen, ist eine grundlegende Interoperabilität gegeben. Aufgrund der aktuellen Größe von GH ist eine physische und semantische Standardisierung bisher nicht erforderlich, könnte bei zunehmender Skalierung jedoch zu signifikanten Schwierigkeiten bzgl. der Interoperabilität führen.

Flexibilität: Schlankes Datenmanagement (+) Ubiquität (+) Modularität (+)

Das allgemeine Konzept von GH besteht darin, Sprachbefehle für andere Geräte (dh smarte Geräte) lokal zu sammeln, sie an einen Server zur Verarbeitung zu senden, dort zu verarbeiten und die Befehle an smarte Geräte zurückzugeben. Für die weitere Kommunikation und Datenverarbeitung sind die smarten Geräte eigenständig verantwortlich¹²². Somit wird der Datenstrom minimiert und ein schlanker Datenmanagementansatz realisiert. Im Hinblick auf die Ubiquität muss GH jederzeit (zB über das Internet) verfügbar und nutzbar sein, da es mit sicherheitskritischen smarten Geräten, zB Türschließanlagen oder Überwachungskameras, verbunden ist. Nur so kann für den Nutzer die Kontrolle bspw. über das eigene Heim gewährleistet werden¹²³. Mit Blick auf die Modularität erfolgt eine Umsetzung mittels einer Serviceorientierten Architektur (SoA, Kapselung von Software nach Services bzw. Diensten wie zB Eröffnung eines Accounts bei Google), jedoch stellt Google keine genauen Informationen über die zugrundeliegende Architektur bereit. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass GH ein sehr flexibles und gut funktionierendes System hinsichtlich der aktuellen Größe des SSS etabliert hat.

Sicherheit: Constraining (+) System Security (++) Data Privacy (++)

Für Entwickler bestimmt Google, ob und welche Arten von Apps sie einrichten dürfen. Unternehmen, die smarte Geräte für GH anbieten, müssen geprüfte Partner sein. Somit ist es nur eingeschränkt möglich, neue Software oder smarte Geräte in das SSS zu integrieren¹²⁴. Darüber hinaus achtet Google sehr auf die Sicherheit des SSS (zB mit verschlüsselten Daten und passwortgeschützten smarten Geräten), um so einen hohen Sicherheitsstandard aufrecht zu erhalten¹²⁵. Gleiches gilt für den Datenschutz. Durch den Zugang für Dritte zu Sprachaufnahmen von Kunden ist die Privatsphäre dennoch gefährdet, da es möglich ist, Kunden anonymisierte Aufnahmen aufgrund von bestimmten Schlüsselwörtern zuzuordnen¹²⁶. Abschließend lässt sich sagen, dass die Sicherheit von GH einen wesentlichen Fokus von Google darstellt. Dennoch bewegt sich Google auf einem schmalen Grat, was die Weitergabe von Daten an Dritte und die Wahrung des Datenschutzes angeht.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass GH mit der Implementierung der Gestaltungsoptionen für Flexibilität und Sicherheit die erforderlichen Voraussetzungen für ein schnelles Wachstum und ein hohes Maß an Vertrauen geschaffen hat. Die DPs für Koordination und Synergie wurden überwiegend berücksichtigt, um das Potenzial der gemeinsamen Wertschöpfung und Innovationsfähigkeit zu nutzen. Beim Marktanteil und der Interoperabilität besteht weiteres Potenzial bzgl. der umfangreicheren Umsetzung von weiteren DPs. Es bleibt zudem abzuwarten, wie sich die fehlende Interoperabilität auswirkt, wenn die bereits jetzt hohe Anzahl an smarten Geräten weiter zunimmt. Das Beispiel GH zeigt also, wie durch die vorgestellten DPs ein SSS aus der Praxis analysiert werden kann und dass sich die Umsetzung der DPs positiv auf die Anforderungen an ein SSS auswirken.

¹²¹ Dice, „Developing for Google Home vs. Amazon Echo.“. <https://insights.dice.com/2017/06/29/developing-google-home-vs-amazon-echo/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹²² Tim Moynihan, „Alex and Google record what you say. But what happens to that data?“ <https://www.wired.com/2016/12/alex-and-google-record-your-voice/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹²³ Beth-uel De La Cruz, „Keeping your Home safe with Google Home.“. <https://homealarmreport.com/home-security/be-safe-with-google-home/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹²⁴ TheVerge, „Google Home Developers actions Ecosystem Appstore.“.

¹²⁵ Grant Clauser, „Amazon Echo vs. Google Home: Which Voice Controlled Speaker Is Best for You?“ <https://thewirecutter.com/reviews/amazon-echo-vs-google-home/#privacy-and-security-concerns> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹²⁶ FastCompany, „Amazon’s Alexa has a Data Dilemma: Be more like Apple or Google?“ <https://www.fastcompany.com/40440637/amazons-alexa-has-a-data-dilemma-be-more-like-apple-or-google> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

IV Das ökonomische Potenzial des Internets der Dinge

1. Das IoT und dessen Potenzial im Konsumentenbereich

Das IoT hat das Potenzial, den Einzelhandel stark zu verändern¹²⁷. Bis vor einigen Jahren wurde der Einfluss des IoT auf den Einzelhandel noch fiktiv am Beispiel des intelligenten Kühlschranks diskutiert. Beispielhafte Funktionalitäten waren die Überwachung des Verfallsdatums, Empfehlungen für Kochrezepte und eine automatisierte Nachbestellung von Lebensmitteln. Ein ähnlicher Anwendungsfall von IoT im Einzelhandel ist die smarte Waschmaschine, die automatisch Waschmittel nachbestellt. Erst in jüngerer Zeit wurden diese Ideen realisiert. So bietet zB Samsung einen intelligenten Kühlschrank mit integriertem Touchscreen an. Mit Hilfe des Kühlschranks lassen sich Artikel in eine digitale Einkaufsliste aufnehmen und können im Nachgang direkt online bestellt werden¹²⁸. Mit mehreren Millionen verkaufter Geräte ist auch der smarte Sprachassistent Echo von Amazon ein weiteres bekanntes Beispiel für ein smartes Gerät im Einzelhandel. Der smarte Sprachassistent bietet durch seine Verbindung mit dem Amazon Marketplace eine nahtlose Integration zum Online-Einkauf. Der Kauf von Produkten wird dabei mit einfachen Sprachbefehlen ermöglicht. Kommt es zu einem Kauf von Produkten über ein smartes Gerät, wird von IoT-Commerce gesprochen. Dabei schaltet sich das smarte Gerät als Grenzobjekt zwischen Kunde und Unternehmen.

Auf dem Weg vom stationären Einzelhandel hin zum IoT-Commerce gab es drei Entwicklungsstufen: E-Commerce (dh Electronic Commerce), M-Commerce (dh Mobile Commerce) und letztendlich IoT-Commerce. Im E-Commerce wurde das Einkaufen durch Desktop-Geräte (zB Personal Computer) mit Internetanschluss bei einem Online-Anbieter ermöglicht, im M-Commerce ersetzt oder ergänzt mobile Endgeräte (zB Smartphones und Tablets) mit Internetanschluss Desktop-Geräte und im IoT-Commerce ersetzen oder ergänzen smarte Geräte (zB Sprachassistenten) mit Internetanschluss mobile Endgeräte.

Die Basis für E-Commerce wurde mit der Entwicklung und dem Erscheinen des WWW Anfang der 1990er Jahre geschaffen. Durch das Internet hatten Unternehmen die Möglichkeit, sich im Internet zu präsentieren und dort ihre Produkte und Services anzubieten¹²⁹. Mit dem Aufkommen von immer mehr mobilen Geräten in den 2000er Jahren begann die Zeit des M-Commerce. M-Commerce beschreibt den Einsatz von Smartphones und Tablets im Einkaufsprozess und bietet die Möglichkeit, "über ein drahtloses, internetfähiges Gerät von jedem Ort Waren einzukaufen zu können"¹³⁰. Die Mobilität ist dabei ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zwischen M-Commerce und E-Commerce. Das mobile Endgerät kann ortsunabhängig genutzt werden und ermöglicht einen schnellen, einfachen und zeitunabhängigen Zugang zum Internet. Darüber hinaus ermöglichen mobile Geräte ortsbezogene Dienste und Werbung, die individuell an den Kunden und dessen Bedürfnisse angepasst werden können. So ermöglicht zB die Plattform Uber die Bestellung eines Taxis zum aktuellen Standort des Kunden und schätzt dabei die Ankunftszeit beim Kunden sowie Dauer und Kosten der Fahrt¹³¹. Mit dem Einsatz von smarten Geräten entsteht aktuell eine weitere Möglichkeit zum Online-Einkauf. Im IoT-Commerce bilden nichttraditionelle, intelligent vernetzte physische Objekte wie Sprachassistenten, intelligente Waschmaschinen und Thermostate die Schnittstelle zwischen Kunde und Unternehmen. Dabei ist zu beachten, dass IoT-Commerce keine grundlegende Verdrängung von E- und M-Commerce

¹²⁷ Michel Avital et al., „The Transformative Effect of the Internet of Things on Business and Society.“ *Communications of the Association for Information Systems* 44 (2019): 129–140.

¹²⁸ Tom Groenfeldt, „Touchscreen On The Fridge Door To Order Groceries, Watch Football.“ <https://www.forbes.com/sites/tomgroenfeldt/2016/01/06/touchscreen-on-the-fridge-door-to-order-groceries-watch-football/#3537ea9d11ba> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹²⁹ Efraim Turban et al., *Electronic Commerce* (Cham: Springer International Publishing, 2015).

¹³⁰ Moutusy Maity und Mayukh Dass, „Consumer decision-making across modern and traditional channels: E-commerce, m-commerce, in-store.“ *Decision Support Systems* 61 (2014): 34–46.

¹³¹ Turban et al., *Electronic Commerce*.

bedeutet, sondern als Evolution von E-Commerce und M-Commerce bzw. als Ergänzung zu E-Commerce und M-Commerce gesehen werden kann¹³².

Die Unterscheidung des IoT-Commerce von den bisherigen Erscheinungsformen lässt sich anhand von spezifischen Merkmalen des IoT darstellen¹³³. Das erste Merkmal im IoT-Commerce ergibt sich aus der Kontextfähigkeit eines smarten Geräts. Auf Basis von Sensoren und Aktoren ist es möglich, dass das smarte Gerät den Kontext seiner Umgebung erfassen und auch beeinflussen kann. So ist es zB möglich, dass ein smartes Thermostat die Notwendigkeit erkennt, die Temperatur im Haus zu regulieren, bevor ein Hausbewohner diesen Bedarf erkennt. Durch das smarte Gerät wird somit der Verbrauch gesteuert und letztendlich der Kauf von Energie durchgeführt. Das zweite Merkmal ergibt sich durch die natürliche Interaktion von smarten Geräten mit dem Nutzer (zB auditive oder visuelle Interaktion). Zum Beispiel ermöglichen smarte Sprachassistenten den Online-Einkauf nun mittels Sprachsteuerung. Das dritte Merkmal ergibt sich aus der Fähigkeit smarterer Geräte zunehmend autonom zu agieren. Die Autonomie von smarten Geräten dient dabei der Automatisierung von Kundenprozessen. Auch im E-Commerce wurden bereits intelligente Algorithmen genutzt, allerdings hier vor allem auf Seiten der Unternehmen (zB Kaufempfehlungen beim Einkauf auf der Internetseite von Amazon). Im IoT-Commerce hingegen finden sich nun dezentrale smarte Objekte auf Kundenseite, die den Kunden mit dem Unternehmen integrieren. Dh, dass smarte Geräte als Bindeglied (dh auch Grenzobjekt genannt) zwischen Kunde und Unternehmen dienen¹³⁴. Smarte Geräte, wie zB der smarte Kühlschrank, nutzen diese Fähigkeiten, um auf Basis des vergangenen Verbraucherverhaltens selbstständig zu entscheiden, welche Lebensmittel zu welchem Zeitpunkt, bei welchem Anbieter neu bestellt werden sollen.

2. Das IoT und dessen Potenzial im industriellen Kontext

Im industriellen Kontext ist ebenfalls der Trend zu beobachten, dass IoT-Technologien immer mehr in Unternehmensabläufe integriert werden. Zu nennen sind hier zB Trendthemen wie *Industrie 4.0* und weitere subsumierbare Konzepte wie *cyber-physische Systeme* (dh Integration von Informationstechnologie und physischen Prozesse mit dem Ziel, physische Prozesse zu beeinflussen und zu vernetzen) oder *Digital Twins* (dh digitales Abbild von Prozessen und Produkten)¹³⁵. Während im Englischen vom *Industriellen IoT* (Industrial IoT) gesprochen wird, hat sich in Deutschland aufgrund einer Initiative der Deutschen Bundesregierung zur Förderung von IoT im industriellen Kontext der Begriff *Industrie 4.0* etabliert¹³⁶. IoT bietet hier die Möglichkeit, einzelne Arbeitsschritte bis hin zu ganzen Prozessen sowie die Zusammenarbeit in Wertschöpfungsnetzwerken über Smart Factories hinweg zu optimieren.

a. Industrie 4.0

Im Fokus von Industrie 4.0 stehen die horizontale und vertikale Integration von Menschen, Maschinen und Informationssystemen hin zu Systemen sowie das dynamische Management dieser Systeme. Industrie 4.0 hat dabei das Ziel, Betriebsabläufe (zB Engineering-, Planungs-, Produktions- und Logistikprozessen) flexibler und robuster zu gestalten. So sollen sich selbstorganisierende und sich in Echtzeit optimierende Produktionsressourcen, Fabriken und Wertschöpfungsnetzwerke entstehen. Ein

¹³² Michelle Evans, „5 Ways The Internet Of Things Will Influence Commerce.“. <https://www.forbes.com/sites/michelleevans/2018/05/31/iot-will-have-the-most-impact-on-business-in-the-next-five-years-survey-says/#2fe981775a3d> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹³³ Fleisch, Weinberger und Wortmann, „Geschäftsmodelle im Internet der Dinge“; Püschel, Schlott und Röglinger, „What’s in a Smart Thing? Development of a Multi-layer Taxonomy“.

¹³⁴ Beverungen et al., „Conceptualizing smart service systems“.

¹³⁵ Stefan Boschert und Roland Rosen, „Digital Twin—The Simulation Aspect.“ in *Mechatronic Futures* (s. Anm. 4); Obermaier, *Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe*.

¹³⁶ Fortschrittsbericht, „Digitalisierung der Industrie - Die Plattform Industrie 4.0“.

weiterer Aspekt ist die Möglichkeit der Nutzung von Echtzeitinformationen, die flächendeckend und schnittstellenfrei zur Verfügung stehen¹³⁷.

Diese Merkmale von Industrie 4.0 haben insbesondere einen Einfluss auf Produkte und Prozesse von produzierenden Unternehmen. So werden sich Produkte zunehmend mit anderen Objekten vernetzen und so einen Mehrwert schaffen. Im Vordergrund stehen dabei smarte Produkte (*smarte Geräte*), die jederzeit identifizierbar und lokalisierbar sind (Kapitel 0) und bereits während des Produktionsprozesses über das Wissen ihrer Herstellung verfügen. Smarte Produkte besitzen dabei die Fähigkeit, selbstständig einzelne Produktionsstationen anzusteuern. Zudem kann gewährleistet werden, dass fertige Produkte die Parameter ihres optimalen Einsatzes und ihrer Einsatzbedingungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg kennen. Diese Informationen können wiederum für die Optimierung von Prozessen genutzt werden. Mit Blick auf die Unternehmensprozesse werden sich Maschinen, Anlagen, Produkte und produktionsunterstützende Objekte (zB Behältnisse) vernetzen sowie intelligent und autonom steuern, wobei mit einer Einsparung von Kosten und Zeit sowie einer erhöhten Flexibilität zu rechnen ist. Ein wesentliches Element dabei ist die intelligente Fabrik (*Smart Factory*), die sowohl innerhalb als auch über Unternehmensgrenzen hinweg mit anderen Smart Factories interagiert. Ein Beispiel ist, dass eine Produktion mit mehreren Fertigungsstufen in jeweils unterschiedlichen Unternehmen in Echtzeit hinsichtlich ihrer Machbarkeit (zB Prüfung von Fähigkeiten der einzelnen Unternehmen und der zur Verfügung stehenden Ressourcen) geprüft werden kann. So ermöglicht die Smart Factory, die Beherrschung von zunehmend komplexer werdenden Produktionsabläufen¹³⁸.

Durch Industrie 4.0 können Wünsche von Kunden und Entwicklern beim Entwurf, der Konfiguration, Bestellung, Planung, Produktion, dem Betrieb und beim Recycling berücksichtigt werden. Aber auch kurzfristige Änderungswünsche vor oder während der Produktion und sogar während des Betriebs sind dabei möglich. Somit wird die Möglichkeit geschaffen, dass auch bei kleinen Losgrößen rentabel produziert wird. Im Rahmen von Industrie 4.0 kann die Produktion somit nach situativen und kontextabhängigen Zielen gesteuert und gestaltet werden. Mitarbeiter können sich so wertschöpfenden Tätigkeiten widmen, da sie von einfachen repetitiven Aufgaben befreit werden¹³⁹.

b. Anwendungsfälle im industriellen Kontext

Vor allem in KMU besteht nach wie vor ein enormes Potenzial bezüglich der Transformation hin zu Industrie 4.0. Smarte Geräte bzw. smarte Endgeräte (zB smarte Armbänder) als eine Ausprägung bieten hierfür in der Produktion vielfältige Nutzenpotenziale. Bspw. können durch den zielgerichteten Einsatz smarterer Endgeräte Rüstzeiten oder Maschinenausfälle reduziert und dadurch Produktionsprozesse verbessert werden. Im Folgenden wird eine Auswahl einfacher Anwendungsfälle skizziert¹⁴⁰. Wie bereits erwähnt ermöglicht Industrie 4.0 insbesondere bzgl. der Zusammenarbeit in Wertschöpfungsnetzwerken wesentlich komplexere Anwendungsfälle.

¹³⁷ Bauer W, Schlund S, Marrenbach D, Ganschar O, „In Anlehnung an: Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potential für Deutschland.“. <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/Studie-Industrie-40.pdf> (letzter Zugriff: 15. November 2019); Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V., „In Anlehnung an: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.“. https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf (letzter Zugriff: 15. November 2019).

¹³⁸ Bauer W, Schlund S, Marrenbach D, Ganschar O, „In Anlehnung an: Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potential für Deutschland“; Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V., „In Anlehnung an: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0“.

¹³⁹ Bauer W, Schlund S, Marrenbach D, Ganschar O, „In Anlehnung an: Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potential für Deutschland“; Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V., „In Anlehnung an: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0“.

¹⁴⁰ Michael Bitzer et al., „Smart Devices erfolgreich in Produktionsprozesse integrieren.“. https://www.fim-rc.de/wp-content/uploads/Studie_Smart-Devices-03.07.2019.pdf (letzter Zugriff: 15. November 2019).

Werkzeuginstandsetzung bei Maschinenausfällen

Die Werkzeuginstandsetzung im Zuge von Maschinenausfällen ist für produzierende Unternehmen oftmals mit Stillstandszeiten und nicht wertschöpfenden Wartezeiten verbunden. Der Einsatz von smarten Endgeräten (zB smarte Brille) im Rahmen der Instandsetzung kann Stillstands- und Wartezeiten verkürzen. Falls Produktionsmitarbeiter an einer Maschine zB einen Werkzeugbruch, der zu einem Stillstand führt, erfassen, können sie bewerten, wie schwerwiegend der Schaden ist und im Bedarfsfall auf die Expertise der Instandhaltung zurückgreifen. Dazu kann ein Bild des Werkzeugs per smarter Brille an die Instandhaltung geschickt werden. Sollte das Werkzeug nicht vor Ort instandgesetzt werden können, wird das Werkzeug von den Produktionsmitarbeitern ausgebaut und per Brille ein Auftrag für den Transport des Werkzeugs in die Instandhaltung erstellt. Die Instandhaltung wird parallel über die notwendige Reparatur informiert und beginnt bereits mit den entsprechenden Vorbereitungen. Ein Logistikmitarbeiter plant den Transport auf Basis einer definierten Priorisierung ein und liefert das Werkzeug in die Instandhaltung. Die Instandhaltung wird über die vollzogene Anlieferung informiert. Das Werkzeug wird begutachtet und die Instandsetzungsdauer an die Produktions- und Logistikmitarbeiter kommuniziert. Nach der Instandsetzung beauftragt die Instandhaltung die Logistik mit dem Transport des Werkzeugs zur Maschine. Ein Logistikmitarbeiter plant den Auftrag ein und transportiert das Werkzeug zurück zur Maschine. Der entsprechende Produktionsmitarbeiter wird durch die smarte Brille über die bevorstehende Anlieferung informiert. Nach dem Eintreffen wird das Werkzeug von den Produktionsmitarbeitern eingebaut und die erfolgreiche Werkzeuginstandsetzung per smarter Brille kommuniziert.

Anleitung für Werkzeugwartung

Produktionsmitarbeiter können im Rahmen der Werkzeugwartung durch Checklisten unterstützt werden. Die Checklisten werden über ein smartes Armband zur Verfügung gestellt und sollen die Mitarbeiter auf wichtige Arbeitsschritte hinweisen. Die Mitarbeiter müssen dabei die Durchführung einzelner Arbeitsschritte bestätigen, sodass sichergestellt ist, dass ein Werkzeug ordnungsgemäß gewartet wurde. Heutzutage wird die Werkzeugwartung oft basierend auf der Erfahrung einzelner Mitarbeiter durchgeführt. Bei einer Wartung, die auf Basis von Mitarbeiterwissen durchgeführt wird, besteht die Möglichkeit, dass wichtige Arbeitsschritte übersehen werden. Die Abwesenheit erfahrener Mitarbeiter soll jedoch keinen Einfluss auf die Qualität von Wartungen haben. Um diese Problematik zu vermeiden, werden den Mitarbeitern in Zukunft per smartem Armband Checklisten zur Verfügung gestellt. Hierdurch können ein standardisierter Arbeitsablauf und eine hohe Prozessqualität gewährleistet werden. Dabei ist es zudem möglich, Fotos abzulegen, um die ordnungsgemäße Wartung der Werkzeuge zu dokumentieren. Zu Beginn der Wartung öffnet der Mitarbeiter auf seinem smarten Armband die Wartungsanleitung des vorliegenden Werkzeugs und erhält die Anweisungen bzw. Hinweise zu den wesentlichen Arbeitsschritten. Nach jedem Arbeitsschritt wird der Mitarbeiter dazu aufgefordert, die Durchführung zu bestätigen, sodass sichergestellt ist, dass dem Mitarbeiter die einzelnen Arbeitsschritte bewusst sind, und um letztendlich sicherzustellen, dass das Werkzeug ordnungsgemäß gewartet wurde.

Echtzeitinformationen über Maschinen zur Produktionssteuerung

Echtzeitinformationen über Maschinen können zur Produktionssteuerung genutzt werden. Dazu werden die Produktionsdaten verschiedener Produktionsmaschinen aufgezeichnet und in einer Datenbank ausgewertet. Die ausgewerteten Ergebnisse stehen der Produktionssteuerung letztendlich als Entscheidungshilfe zur Verfügung. Dadurch können ineffiziente Stellen in der Produktion frühzeitig auffindig gemacht und schwerwiegende Probleme bei Maschinen durch die Analyse von Fehlerursachen bereits identifiziert werden, bevor es zu kostenintensiven Ausfällen kommt. Dabei wird der Maschine anhand der gesammelten Daten ein Wert zugeordnet, der Auskunft darüber gibt, wann eine Maschine auszufallen droht. Bei Produktionsmaschinen, die die benötigten Daten nicht selbstständig aufzeichnen, können Stillstandszeiten, Produktionszeiten und Fehlerursachen durch einen Produktionsmitarbeiter manuell über ein smartes Gerät erfasst werden. Diese Informationen können anschließend für alle Produktionsmaschinen verglichen werden. Zum einen kann damit prognostiziert werden, wann es voraussichtlich zu Ausfällen kommt. Zum anderen kann die Auswertung dazu genutzt werden, dass zB im Rahmen einer Effizienzanalyse von Produktionsmaschinen, die Daten in Echtzeit an das smarte Gerät des Schichtleiters gesendet werden. Dem Schichtleiter dient die Effizienzanalyse als Basis für seine Produktionsplanung bzw. kurzfristige Produktionssteuerung.

Benachrichtigung bei vorausschauender Fehlererkennung

In der Produktion kommt es häufig zu Ausschuss aufgrund von fehlerhaften Teilen oder Verschleißteilen. Für Unternehmen ist es daher wichtig, vorausschauend mögliche ausschussverursachende Gründe im Produktionsablauf zu erkennen, um diesen vorzubauen und um die Produktion aufrecht zu erhalten. Dies kann umgesetzt werden, indem Abweichungen von definierten Produktionskennzahlen im Produktionsprozess frühzeitig erkannt und kommuniziert werden, sodass entsprechende Gegenmaßnahmen getroffen werden können. Fehler, die einem Ausschuss zu Grunde liegen, treten oft nicht unvorhersehbar ein, sondern es lassen sich schleichende Abweichungen erkennen. Aus diesem Grund können Schwellwerte innerhalb eines Toleranzbereichs festgelegt werden, sodass frühzeitig entsprechende Abweichungen erkannt werden und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können, bevor es tatsächlich zu Ausschuss oder Stillständen kommt. Die Ist-Werte eines Produktionsprozesses werden nahezu in Echtzeit durch Sensoren an der Produktionsmaschine erfasst und an eine Datenbank gesendet. Sobald ein Sensorwert einen Schwellwert überschreitet, wird eine Warnung an die Mitarbeiter gesendet (zB auf ein smartes Armband). Bei komplexen Maschinen oder einer hohen Anzahl an Maschinen in der Produktion wird zusätzlich der Ort des Sensors, an dem ein Schwellwert überschritten wurde, übermittelt. Dadurch spart sich der Mitarbeiter Laufwege, da er zielgerichtet zum betroffenen Bereich gehen kann. Der Mitarbeiter behebt die Ursache, bevor eine Störung eintritt und bestätigt dies über sein smartes Gerät.

Früherkennung von Maschinenausfällen

Wie im vorangegangenen Anwendungsfall beschrieben können fehlerhafte Teile an Maschinen zu Ausfällen von Maschinen, aber auch zu Ausschuss führen. Mit Hilfe smarterer Endgeräte kann Stillstandzeiten durch das frühzeitige Erkennen von klassischen Fehlerbildern über Vibrations-, auditive oder visuelle Änderungen an der Fertigungsanlage vorgebeugt werden. Um das Fehlerbild zu ermitteln, wird der Fertigungsanlage fortlaufend der Normalzustand gegenübergestellt und in Echtzeit durch Sensoren an der Fertigungsanlage erfasst und an eine Datenbank gesendet. Sobald ein Sensorwert vom definierten Normalzustand abweicht, wird eine Warnung an die Mitarbeiter gesendet. Bei komplexen Maschinen oder einer hohen Anzahl an Maschinen in der Produktion wird wiederum zusätzlich der Ort des Sensors, an dem die Abweichung, übermittelt. Um die Abweichungen zu erkennen, kann auf Machine-Learning-Ansätze in smarten Endgeräten zurückgegriffen werden. So ist es möglich, den Normalzustand zu erlernen, Abweichungen gegenüberzustellen und bei Bedarf eine Meldung an den Mitarbeiter zu geben.

3. Das IoT und dessen unternehmensübergreifendes Potenzial - B2B und B2C-Bereich

Das IoT birgt auch Potenzial im Rahmen der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit. So können Unternehmen mit unterschiedlichen Zielgruppen (zB Geschäftskunden, Endverbraucher) ihre im Einsatz befindlichen IoT-Lösungen nicht nur intern nutzen, zB zur Unterstützung von Abläufen in der Produktion, sondern auch extern bereitstellen. Von der externen Bereitstellung der IoT-Lösungen kann dabei nicht nur die jeweilige Zielgruppe partizipieren, sondern auch das Unternehmen selbst. Für Unternehmen ist dabei zum einen wichtig, wie sich neu entstehende Geschäftsmodelle und die damit verbundenen Potenziale ausgestalten, zum anderen ist für Unternehmen interessant, wie sich IoT-Lösungen bewerten und monetarisieren lassen. Dabei reichen klassische aufwandsbasierte Verfahren nicht mehr aus, sondern der Einsatz von wertbasierten Monetarisierungsansätzen ist notwendig. Die Ableitung eines solchen Ansatzes stellt für die Praxis aktuell eine Herausforderung dar, ist aber maßgeblich für die Gestaltung digitaler Geschäftsmodelle¹⁴¹.

a. Modell zur Bewertung von unternehmensübergreifenden IoT-Lösungen

Einen solchen Ansatz bietet das im Folgenden beschriebene Modell. Hierbei werden in einer beispielhaften B2B2C-Wertschöpfungskette drei Teilnehmer betrachtet: der Lieferant (Business Supplier), der

¹⁴¹ Dennik Baltuttis et al., „Towards effective monetization of the Internet of Things: A conceptual model to assess the value of IoT-solutions in an industrial context: (Arbeitspapier).“.

den Geschäftskunden (Business Customer) bedient, der wiederum den Endverbraucher (Consumer) bedient. Die Beziehungen zwischen den Teilnehmern werden als B2B bzw. als B2C bezeichnet.

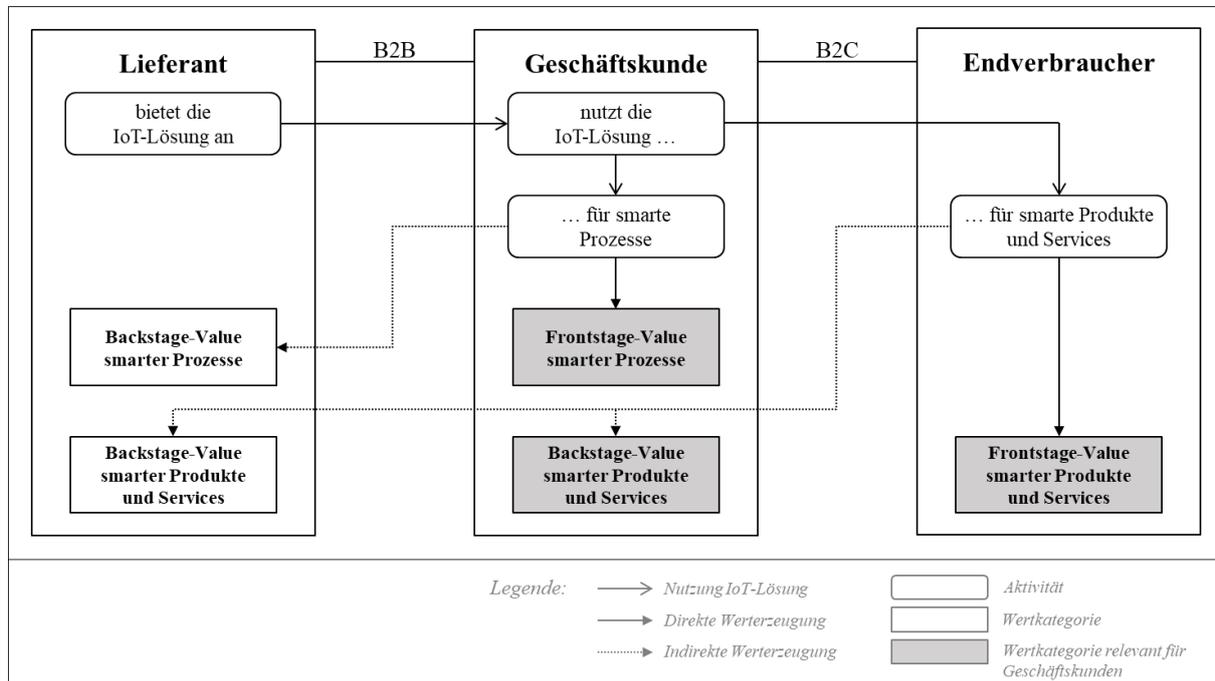


Abbildung 12: Modell zur Bewertung von IoT-Lösungen¹⁴²

Die vorliegende beispielhafte Wertschöpfungskette ist bewusst generisch gehalten, kann jedoch leicht erweitert werden, um zusätzliche Geschäftskunden und Endverbraucher aufzunehmen. Somit können bei Bedarf komplexere Geschäftsbeziehungen abgebildet werden. In der vorliegenden Wertschöpfungskette bietet der Lieferant dem Geschäftskunden eine IoT-Lösung an. Dabei ist der Lieferant an einem effektiven Preis auf Grundlage des für den Geschäftskunden generierten Werts interessiert. Der Geschäftskunde wiederum nutzt die IoT-Lösung entweder intern um Prozesse zu smartifizieren, extern um smarte Produkte und Dienstleistungen anzubieten oder für beides¹⁴³. Smarte Produkte und Dienstleistungen auf Basis von IoT-Lösungen zielen dabei immer auf den Einsatz beim Endverbraucher ab. Abbildung 12 veranschaulicht das skizzierte Modell zur Bewertung von IoT-Lösungen und gibt einen Überblick über die Wertkategorien, die für den jeweiligen Akteur relevant sind.

Auf IoT-Lösungen basierende smarte Produkte und Services sowie Prozesse ermöglichen eine Wertschöpfung sowohl beim Kunden als auch beim Unternehmen¹⁴⁴. Der Nutzen, der einem Kunden (Geschäftskunde oder Endverbraucher) durch die direkte Nutzung einer IoT-Lösung entsteht, wird als Frontstage-Value bezeichnet. Der Backstage-Value hingegen erfasst den Nutzen, der dem Lösungsanbieter (Lieferant oder Geschäftskunde) indirekt zugutekommt, zB durch Nutzung und Analyse der auf Kundenseite entstandenen Daten zur Verbesserung des Produkts oder Services. Durch die Unterscheidung von Front- und Backstage-Value einerseits sowie von IoT-Lösung, smarter Prozess und smartes Produkt andererseits ergeben sich insgesamt fünf Wertkategorien, die für die Bewertung von IoT-Lösungen relevant sind¹⁴⁵.

Ein Beispiel für die Bereitstellung einer IoT-Lösung über mehrere Unternehmen bis zum Endverbraucher hinweg wird im Folgenden dargestellt: Ein Hersteller für Autowaschanlagen (Lieferant) stellt sei-

¹⁴² Baltuttis et al., „Towards effective monetization of the Internet of Things: A conceptual model to assess the value of IoT-solutions in an industrial context“.

¹⁴³ Annika Fähnle et al., „Business Value of the IoT : A Project Portfolio Selection Approach.“ in *26th European Conference on Information Systems (ECIS)* (2018).

¹⁴⁴ Beverungen et al., „Conceptualizing smart service systems“.

¹⁴⁵ Baltuttis et al., „Towards effective monetization of the Internet of Things: A conceptual model to assess the value of IoT-solutions in an industrial context“.

nem Geschäftskunden, einem Betreiber von Autowaschanlagen, ergänzend zur Waschanlage eine Service-Anwendung bestehend aus Hard- und Softwarekomponenten bereit. Diese Service-Anwendung ermöglicht es, dass die Waschanlage vom Betreiber (Geschäftskunden) über das Internet ferngesteuert werden kann. Die Fernsteuerung erlaubt zB, dass die Zufuhr von Waschmittel dosiert oder die Waschstraße entsprechend der Autos korrekt eingestellt werden kann. Die Infrastruktur zum Betrieb der Service-Anwendung liegt beim Hersteller (Lieferant) der Autowaschanlage. Für die Nutzung der Infrastruktur bezahlt der Betreiber (Geschäftskunde) einen Preis an den Waschanlagenhersteller (Lieferant). Lediglich das Equipment der Autowaschanlage und die Service-Anwendung sind beim Betreiber (Geschäftskunde) im Einsatz. Der Endverbraucher partizipiert dahingehend von der smarten Autowaschanlage, dass er über eine App ein monatliches Abo-Paket mit unterschiedlichen Optionen abschließen kann. Nach Abschluss einer Option kann der Endverbraucher unabhängig von der Tageszeit die Waschanlage ohne Extrazahlungen nutzen. Im Folgenden werden die Wertkategorien für alle Teilnehmer (Lieferant, Geschäftskunde und Endverbraucher) vorgestellt¹⁴⁶.

Der Frontstage-Value smarter Prozesse (Geschäftskunde): Der Geschäftskunde nutzt die vom Lieferanten bereitgestellten IoT-Lösungen zur Verbesserung seiner Prozesse. So profitiert der Geschäftskunde direkt von smarten Prozessen, bspw. durch einen IoT-basierten selbstständig lernenden Prozessablaufplan, der kürzere Produktionszeiten oder einen effizienteren Ressourceneinsatz ermöglicht.

Der Backstage-Value smarter Prozesse (Lieferant): Der Lieferant bietet IoT-Lösungen für smarte Prozesse an und profitiert dabei indirekt durch kontinuierliche Ferninteraktionen, Datenerfassungen und Analysen. Bspw. kann der Lieferant Prozessdaten des selbstlernenden Prozessablaufplans sammeln und analysieren, um zukünftige Lösungen für neue oder bestehende Kunden weiter zu verbessern oder neu zu entwickeln. Dadurch kann der Lieferant in Zukunft höhere Umsätze realisieren, da er die Funktionalitäten je nach Kundenanforderungen individualisieren und optimieren kann.

Der Frontstage-Value smarter Produkte und Dienstleistungen (Endverbraucher): Der Endverbraucher konsumiert Produkte und nimmt Services in Anspruch, die der Geschäftskunde vom Lieferanten bezieht. So profitiert der Endverbraucher direkt von smarten Produkten und Services, zB durch erweiterte kundenorientierte Funktionalitäten wie einer automatisierten Zahlungsmöglichkeit bei Bestellung mittels eines smarten Sprachassistenten. Dadurch ergibt sich beim Endverbraucher ggf. eine höhere Zahlungsbereitschaft gegenüber dem Geschäftskunden oder der Bedarf nach weiteren Produkten und Services.

Backstage-Value smarter Produkte und Dienstleistungen (Geschäftskunde): Der Geschäftskunde nutzt die IoT-Lösungen des Lieferanten, um dem Endverbraucher smarte Produkte und Services anzubieten. Dadurch entsteht für den Geschäftskunden indirekt Wert, weil durch kontinuierliche Ferninteraktionen, Datenerfassungen und Analysen der IoT-Lösung Kundendaten erfasst werden, die zur Verbesserung oder Neuentwicklung zukünftiger IoT-Lösungen genutzt werden können. Dadurch kann auch der Lieferant in Zukunft höhere Umsätze realisieren, zB durch Individualisierung und Optimierung der Funktionalitäten nach Kundenwunsch.

Backstage-Value smarter Produkte und Dienstleistungen (Lieferant): Der Lieferant bietet IoT-Lösungen an, mit denen der Geschäftskunde wiederum smarte Produkte und Services für den Endverbraucher anbietet. Damit kann der Lieferant einen zusätzlichen Backstage-Value, ähnlich wie der Geschäftskunde, realisieren. Hierfür muss allerdings eine Schnittstelle zur beim Geschäftskunden im Einsatz befindlichen IoT-Lösung gegeben sein, um einen Zugriff auf die (ggf. anonymisierten) Daten der smarten Produkte und Dienstleistungen zu ermöglichen. Je nach Aufbau der IoT-Lösung kann sich der Backstage-Value entweder aus dem Einsatz von smarten Produkten und Services beim Geschäftskunden oder aus dem Backstage-Value der smarten Produkten und Services des Geschäftskunden ableiten. In der Praxis kann dieser Vorgang, zB beim Zugriff auf Kundendaten über mehrere involvierte Akteure hinweg, durch gesetzliche oder vertragliche Rahmenbedingungen geregelt sein.

Die fünf Wertkategorien bilden die Grundlage für die systematische Bewertung von IoT-Lösungen. Der Wert für den Geschäftskunden als zentralem Teilnehmer im Modell kann durch folgende Kategorien beeinflusst werden (in Abbildung 12 dunkelgrau hervorgehoben): (1) durch den Frontstage-Value

¹⁴⁶ Baltuttis et al., „Towards effective monetization of the Internet of Things: A conceptual model to assess the value of IoT-solutions in an industrial context“.

smarter Prozesse (Geschäftskunde), (2) durch den Frontstage-Value smarter Produkte und Services (Endverbraucher) und (3) durch den Backstage-Value smarter Produkte und Services (Geschäftskunde). Dabei wirkt sich (1) direkt auf den Geschäftskunden aus, zB durch Effizienzsteigerungen. Kategorie (2) wirkt sich ebenfalls direkt auf Geschäftskunden aus, da der Endverbraucher zB bereit ist, einen höheren Preis zu zahlen und/oder mehr und neue Produkte und Services zu kaufen. Kategorie (3) beeinflusst abschließend den Wert des Geschäftskunden indirekt, durch kontinuierliche Ferninteraktionen, Datenerfassungen und Analysen aus der Nutzung von IoT-Lösungen durch den Endverbraucher¹⁴⁷.

In einem ersten Schritt müssen die Kategorien (4) der Backstage-Value smarter Prozesse (Lieferant) und (5) der Backstage-Value smarter Produkte und Services (Lieferant) nicht zwingend bei der strukturierten Bewertung des Kundenwerts von IoT-Lösungen berücksichtigt werden, da diese Wertkategorien in erster Linie den Geschäftskunden als IoT-Lösungsanbieter betreffen. Im Gegensatz dazu kann der Backstage-Value des Lieferanten kaum mit dem Geschäftskunden in Verbindung gebracht werden und stellt keine solide Basis für die Bewertung dar. Diese Wertkategorien werden erst relevant, wenn der Lieferant wesentliche Erkenntnisse aus den IoT-Lösungen gewonnen hat, was wiederum eine ausreichende Anzahl von Geschäftskunden erfordert, die die IoT-Lösung über einen längeren Zeitraum nutzen. Daher liegt der Fokus beim Ableiten des Wertes für den Geschäftskunden von IoT-Lösungen nicht auf diesen Lieferanten-zentrierten Wertkategorien¹⁴⁸.

b. Übersicht der Werthebel

Aufbauend auf dem vorliegenden Modell zur Bewertung von IoT-Lösungen können die ausgewählten (dh für den Geschäftskunden relevanten) Wertkategorien mit einem Werthebelansatz operationalisiert werden. So kann beim **(1) Fronstage-Value smarter Prozesse (Geschäftskunde)** in internen Prozessen durch mehr Flexibilität, Qualität oder Effizienz Wert generiert werden, was zu einer allgemeinen Leistungssteigerung und zur Reduktion verschwenderischer Aktivitäten führt¹⁴⁹. Im Einklang mit dem Konzept der sieben Verschwendungsarten in der Produktion, können folgende Unterkategorien gebildet werden: *Verringerung falscher Prozesse*, *Verringerung Ausschuss*, *Verringerung Wartezeiten*, *Verringerung unnötiger Abläufe*, *Verringerung Überproduktion*, *Verringerung hoher Bestände* und *Verringerung Transporte*¹⁵⁰.

Falsche Prozesse meint die unnötig hohe Komplexität von Prozessen bzw. den Einsatz unflexibler Prozesse sowie den übermäßigen Einsatz von Ressourcen zur Aufrechterhaltung von Prozessen. *Ausschüsse* sind fehlerhafte Teile aufgrund unzureichender Qualität, deren Bearbeitung zusätzlichen Aufwand verursacht. *Wartezeiten* treten auf, wenn unnötige Verzögerungen zB bei der Anlieferung von Waren auftreten und es eine Abhängigkeit beim folgenden Prozessschritt gibt. *Unnötige Abläufe* beziehen sich auf unnötige Bewegungen von Menschen, zB übermäßig aufwendige Koordination von Entscheidungen. *Überproduktion* entsteht, wenn Produkte hergestellt werden, die über der Nachfrage des Marktes liegen. Dies führt zu unnötigen Lagerbeständen und unverkauften Produkten. *Hohe Bestände* betrifft die Lagerung von Produkten, Zwischenprodukten oder Rohstoffen in unnötiger Höhe. *Transport* ist eine nichtwertschöpfende Tätigkeit und beschreibt die unnötige Verlagerung von Gütern an einen anderen Ort. Für jede dieser Unterkategorien sollen im Folgenden ausgewählte Werthebel mit exemplarischen IoT-Lösungen und Ursache-Wirkungs-Beziehungen vorgestellt werden.

Der **(1) Fronstage-Value smarter Prozesse (Geschäftskunde)** wird durch *Verringerung falscher Prozesse* positiv beeinflusst. Dies kann bspw. durch IoT-Lösungen erfolgen, welche die Effizienz von

¹⁴⁷ Baltutis et al., „Towards effective monetization of the Internet of Things: A conceptual model to assess the value of IoT-solutions in an industrial context“.

¹⁴⁸ Peter Hines und Nick Rich, „The seven value stream mapping tools.“ *International Journal of Operations & Production Management* 17 (1997); Henrik Sternberg et al., „Applying a lean approach to identify waste in motor carrier operations.“ *International Journal of Productivity and Performance Management* 62, Nr. 1 (2012): 47–65.

¹⁴⁹ Peter Hines, Matthias Holweg und Nick Rich, „Learning to evolve.“ *International Journal of Operations & Production Management* 24, Nr. 10 (2004): 994–1011.

¹⁵⁰ Hines und Rich, „The seven value stream mapping tools“; T. Melton, „The Benefits of Lean Manufacturing.“ *Chemical Engineering Research and Design* 83, Nr. 6 (2005): 662–673.

Prozessen verbessern und den Ressourcenbedarf reduzieren. Beispiele hierfür sind eine Verringerung des Energiebedarfs, eine Verringerung des Bedarfs an Maschinen oder eine Verringerung des Personalbedarfs. Die *Verringerung von Ausschuss* kann zB durch die Erhöhung der Prozessqualität, die Erhöhung der Fehlererkennungsrate oder die Erhöhung der Wartungsqualität realisiert werden. Diese Werthebel können zB durch ferngesteuerte Lösungen zur Qualitätskontrolle oder vorbeugende Instandhaltung umgesetzt werden. Um eine *Verringerung von Wartezeiten* zu erreichen, müssen Rüst-, Stillstands- und ungeplante Wartezeiten verringert werden. Dies kann zB mit Hilfe von Maschinen erreicht werden, die sich mit anderen Maschinen hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Kapazitäten abstimmen und den Durchlauf zB von Werkstücken optimieren. Die *Verringerung unnötiger Abläufe* kann durch eine Verbesserung der autonomen Entscheidungsfindung von Maschinen oder durch einen Fernzugriff auf die Maschine durch den Menschen erreicht werden. Eine *Verringerung von Überproduktion* kann durch eine smarte Produktionsplanung die flexibel auf Angebots- und Nachfrageänderungen reagiert, umgesetzt werden. *Verringerung hoher Bestände* kann zB durch eine Erhöhung der Just-in-time-Lagerung oder eine Erhöhung der Transparenz der Lieferkette erreicht werden. Eine Möglichkeit bieten dabei zB IoT-Lösungen zur Nachverfolgung von Waren in Echtzeit. Die *Verringerung von Transporten* wird durch die Verringerung der Transportdistanzen oder die Erhöhung der logistischen Reaktionsfähigkeit positiv beeinflusst. Dies kann zB durch den Einsatz intelligenter Leitsysteme, die den Transport von Waren optimal steuern, erreicht werden¹⁵¹.

Der **(2) Frontstage-Value smarter Produkte und Services (Endverbraucher)** bezieht sich auf die Verbesserung des Leistungsversprechens von Produkten und Services. Dieser Frontstage-Value wird entsprechend der Bedürfnisse des Endverbrauchers in funktionale und nichtfunktionale gegliedert. Nichtfunktionale Elemente zielen dabei zB auf Emotionen, veränderte Lebensumstände oder soziale Aspekte ab. Nichtfunktionale Elemente sind daher ausschließlich für B2C-Beziehungen relevant. Funktionale Elemente hingegen sind sowohl für B2B- als auch für B2C-Beziehungen relevant.

Basierend darauf kann der Frontstage-Value von Produkten und Services des Endverbrauchers in zwei Kategorien unterteilt werden, nämlich *Erhöhung des funktionalen Werts* und *Erhöhung des nichtfunktionalen Werts*. Für beide Unterkategorieen werden ausgewählte Werthebel basierend auf IoT-Lösungen vorgestellt. Die *Erhöhung des funktionalen Werts* kann bspw. durch den Einsatz von IoT-Lösungen erhöht werden, die die Personalisierung von Funktionen oder die Echtzeitbereitstellung von Services ermöglichen. Die *Erhöhung des nichtfunktionalen Werts* hingegen bezieht sich eher auf subjektive Faktoren, die die Wahrnehmung des Endverbrauchers in Bezug auf den Wert des Produkts oder des Services in den Mittelpunkt stellen. Zu den Werthebeln in dieser Unterkategorie gehören zB die Personalisierung emotionaler Attribute, ein verbessertes Design oder eine erhöhte Nachhaltigkeit¹⁵².

Der **(3) Backstage-Value smarter Produkte und Services (Geschäftskunde)** kann analog zu (2) in funktional und nichtfunktional gegliedert werden. Eine *Erhöhung des funktionalen Werts* kann zB erreicht werden, indem in die Entwicklung von IoT-basierten Produkten und Services investiert oder das Wissen über das Design neuer Geschäftsmodelle gesteigert wird. Da IoT-Lösungen den Geschäftskunden und Endverbraucher integrieren, kann die Beobachtung des Kundenverhaltens genutzt werden, um Produkte, Services und Geschäftsmodelle zu gestalten oder zu verbessern. Eine *Erhöhung des nichtfunktionalen Werts* kann zB Stärkung der Marke des Unternehmens oder durch bessere Kundenbeziehungen ermöglicht werden. IoT-Lösungen ermöglichen hier einen engen Kontakt des Geschäftskunden mit dem Endverbraucher¹⁵³.

¹⁵¹ CHRISTIAN ARNOLD, DANIEL KIEL und KAI-INGO VOIGT, „How the Industrial Internet of Things Changes Business Models in Different Manufacturing Industries.“ *International Journal of Innovation Management* 20, Nr. 8 (2016); Annika Fähnle et al., „Business Value of the IoT : A Project Portfolio Selection Approach.“ in *26th European Conference on Information Systems (ECIS)* (s. Anm. 143); Porter und Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Companies“; David R. Sjödin et al., „Smart Factory Implementation and Process Innovation.“ *Research-Technology Management* 61, Nr. 5 (2018): 22–31.

¹⁵² Annika Fähnle et al., „Business Value of the IoT : A Project Portfolio Selection Approach.“ in *26th European Conference on Information Systems (ECIS)* (s. Anm. 143); Sylwia Gierej, „Techniques for designing value propositions applicable to the concept of outcome-economy.“ *Engineering Management in Production and Services* 9, Nr. 1 (2017): 56–63.

¹⁵³ Gierej, „Techniques for designing value propositions applicable to the concept of outcome-economy“.

V Zusammenfassung und Einordnung der wesentlichen Erkenntnisse

Um das IoT als eine der aktuellen und zukünftigen Schlüsseltechnologien besser zu verstehen, hat sich dieses Kapitel mit der konzeptionellen Ausgangslage und dem ökonomischen Potenzial des IoT beschäftigt. Dazu wurde in Abschnitt C II zunächst auf das einzelne smarte Gerät und dadurch neu entstehende Interaktionsformen eingegangen. In Abschnitt C III wurde die Vernetzung von einzelnen smarten Geräten hin zu smarten Ökosystemen und die damit verbundene Entstehung von neuen innovativen Services näher betrachtet. Abschnitt C IV beschäftigte sich abschließend mit dem ökonomischen Potenzial von IoT im Konsumentenbereich sowie im industriellen Kontext.

Die wesentlichen Erkenntnisse, die sich daraus für Unternehmen und Führungskräfte ergeben, werden im Folgenden noch einmal zusammengefasst. Es ist wichtig ist zu verstehen, dass im IoT rein physische Objekte mit Sensoren, Aktoren und Rechenleistung ausgestattet und dem Internet verknüpft werden. Die dadurch entstehenden smarten Geräte werden zu selbstständigen Akteuren in einer vernetzten Gesellschaft und tragen zu einer zunehmenden Verschmelzung von digitaler und physischer Welt bei. Dabei kann die Vielzahl am Markt verfügbarer Geräte anhand einschlägiger Merkmale unterschieden werden. Ein smartes Gerät verfügt zwar auf einer übergreifenden Ebene über gleiche konstitutionelle Merkmale (zB Aktorik, Sensorik, Fähigkeit zur Interaktion, Nutzung und Verwendung von Daten, Bereitstellung von digitalen Services). Diese Merkmale können sich jedoch hinsichtlich ihrer Ausprägung von smartem Gerät zu smartem Gerät deutlich unterscheiden. Dabei gibt es zwei übergreifende Gruppen: Zum einen smarte Geräte die ihre Funktion in der Realwelt um einen digitalen Service erweiterten (zB der smarte Staubsaugerroboter, der über das Smartphone gesteuert werden kann) und zum anderen smarte Geräte, die in der Realwelt letztendlich nur einen physischen Platzhalter haben, um den digitalen Service zur Verfügung zu stellen (zB smarte Sprachassistenten, die aufgrund ihrer Fähigkeit lernen zu können, sich an das Nutzerverhalten anpassen). Innerhalb der Gruppen können die smarten Geräte anhand weiterer Merkmale wie zB deren Autonomie oder Ökosystemintegration noch einmal genauer unterschieden werden. Für Unternehmen und Führungskräfte ist es wichtig zu verstehen, dass sich smarte Geräte unterscheiden lassen. In Abhängigkeit von den Kunden, die ein Unternehmen erreichen möchte und welche Ausrichtung ein Unternehmen verfolgt, können sich smarte Geräte in einem Produktportfolio oder in einem Unternehmensprozess ganz unterschiedlich einfügen und ausgestalten. Da sich das smarte Gerät zudem als zusätzlicher Akteur in die klassische Kunden-Anbieter-Beziehung einfügt (dh ein smartes Gerät integriert als Grenzobjekt zwischen Kunde und Unternehmen), ist es wichtig zu verstehen, dass dadurch innovative Interaktionsbeziehungen bzw. Interaktionsmuster entstehen, welche sich bis hin zu komplexeren Netzwerken ausbauen lassen. Diese bieten das Potenzial, neue Services oder gänzlich neue Geschäftsmodelle zu diskutieren und zu entwerfen. Die unterschiedlichen Interaktionsmuster sollen Unternehmen und Führungskräfte zudem dazu anregen, darüber nachzudenken, welche Netzwerkpartner (dh Kunden und weitere Unternehmen) auf welche Art einzubinden sind.

Die Vernetzung von smarten Geräten in komplexen Netzwerken ist ein weiterer wesentlicher Aspekt des IoT. Das IoT wird vor allem dann sein volles Potenzial entfalten können, wenn Unternehmen und Führungskräfte in Ökosystem-Kategorien denken. Grund ist, dass durch die Vernetzung und Interaktion von smarten Geräten untereinander sowie mit dem Menschen Services entstehen, die über die singulare Produkt-Service-Kombination eines einzelnen smarten Geräts hinausgehen. Das Denken in Ökosystemen sollte sich dabei aber nicht nur auf die Grenzen des eigenen Unternehmens beschränken, sondern erfordert zwingend auch Überlegungen, wie eine Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen, mit dem Ziel innovative Geschäftsmodelle und Services zu entwickeln, aussehen kann. Um letztendlich IoT-Ökosysteme zu gestalten, gilt es eine Vielzahl weiterer Anforderungen (zB Schaffung von Vertrauen zwischen den Teilnehmer am Ökosystem, Sicherstellung der Skalierbarkeit) und damit verbundene Design Prinzipien zu berücksichtigen.

Wie das vorliegende Kapitel zeigt, erstreckt sich das Potenzial des IoT über die gesamte Wertschöpfungskette vom Endkunden bis hin zum Unternehmensnetzwerk. Im Endkonsumentenbereich ergänzen oder verdrängen smarte Geräte mobile Anwendungen und bilden dabei als Akteure die Schnittstelle zwischen Kunde und Unternehmen. Aufgrund einschlägiger Merkmale (dh Kontextfähigkeit,

neue Interaktionsmöglichkeiten, Autonomie) von smarten Geräten können Unternehmen dem Endkunden nun eine Vielzahl neuer Services zur Verfügung stellen (zB eine smarte Waschmaschine, die sich eigenständig dosiert, die Wäsche wäscht und Waschmittel eigenständig nachbestellt).

Im industriellen Kontext bietet IoT das Potenzial, dass sich Produkte entsprechend der zur Verfügung stehenden Kapazitäten selbstständig durch den Produktionsprozess koordinieren und auch noch im Gebrauch beim Endkunden in Interaktion mit dem Unternehmen stehen, sodass die gewonnenen Daten zur Optimierung des Produkts aber auch der Unternehmensabläufe genutzt werden können. Zudem bietet das IoT das Potenzial, interne Prozesse zu unterstützen oder gänzlich neu auszugestalten, was wiederum Zeit- und Kostenvorteile mit sich bringt. Dabei vernetzen sich zum einen Maschinen, Anlagen und Produkte innerhalb der Fabrik, zum anderen wird eine fabrikübergreifende Vernetzung (dh innerhalb und außerhalb der Unternehmensgrenzen) ermöglicht. Dabei können Unternehmen ihre IoT-Lösungen sowohl intern als auch extern bereitstellen. So entstehen smarte Wertschöpfungsnetzwerke (smarte Ökosysteme), die gegenüber heute bestehenden Strukturen effizientere Abläufe, aber eben auch innovative Produkte und Geschäftsmodelle ermöglichen. Der vorliegende Abschnitt dieses Buches zeigt dabei auch, dass innerhalb dieser Netzwerkstrukturen die Preisfindung zwischen den einzelnen beteiligten Akteuren neu gedacht werden muss, da es eine Verschiebung von aufwandsbasierten zu wertbasierten Ansätzen gibt.

Für Unternehmen bietet das IoT ganz unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten. Diese sind abhängig vom Unternehmenstyp und dessen Kontextfaktoren, von den Kunden, die ein Unternehmen erreichen möchte, und davon, welche interne und externe strategische Ausrichtung ein Unternehmen verfolgt. Unternehmen und Führungskräfte sollten daher in einem ersten Schritt evaluieren, welchen Mehrwert das IoT im Unternehmen leisten kann und erst in einem zweiten Schritt die Realisierung angehen. Ganz sicher werden dabei Aspekte der Vernetzung innerhalb und über Unternehmensgrenzen hinaus sowie die Zusammenarbeit einerseits mit Kunden, andererseits mit weiteren Unternehmen über Branchengrenzen hinweg zukünftig noch stärker in den Fokus rücken. Was dies im Einzelfall für Unternehmen bedeutet und welche rechtlichen Fragestellungen damit einhergehen, wird im weiteren Verlauf des Buches erörtert.

- Bitzer, Michael, Joachim Kleylein-Feuerstein, Ulrich Matthias König, Maximilian Röglinger, Nils Urbach und Annette Wenninger, „Smart Devices erfolgreich in Produktionsprozesse integrieren.“. https://www.fim-rc.de/wp-content/uploads/Studie_Smart-Devices-03.07.2019.pdf (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Blume, Maximilian, Maximilian Röglinger, Johannes Seyfried und Victor von Wachter, „Design Principles for Internet of Things Ecosystems: (Arbeitspapier).“.
- Borgia, Eleonora, „The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues.“ *Computer Communications* 54 (2014): 1–31.
- Bosch, Jan, „From software product lines to software ecosystem.“ *Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference* (2009).
- „Bosch I-Dos.“. <https://www.amazon.de/HAPILABS-104-HAPIfork-Smart-Gabel-Bluetooth-Funktion/dp/B00FRPCQZ0> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Boschert, Stefan und Roland Rosen, „Digital Twin—The Simulation Aspect.“ in *Mechatronic Futures: Challenges and Solutions for Mechatronic Systems and their Designers*, hrsg. von Peter Hehenberger und David Bradley, 59–74. Cham, s.l.: Springer International Publishing, 2016.
- Bucherer, Eva und Dieter Uckelmann, „Business Models for the Internet of Things.“ in *Architecting the Internet of Things*. Bd. 27, hrsg. von Dieter Uckelmann, Mark Harrison und Florian Michahelles, 253–277. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.
- Clauser, Grant, „Amazon Echo vs. Google Home: Which Voice Controlled Speaker Is Best for You?“. <https://thewirecutter.com/reviews/amazon-echo-vs-google-home/#privacy-and-security-concerns> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- CNBC, „Amazon Echo Market Share tops Google Home.“. <https://www.cnn.com/2017/10/12/amazon-echo-market-share-tops-google-home.html> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- CNET, „Everything that will work with Google Home.“. <https://www.cnet.com/pictures/everything-that-will-work-with-google-home/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Dice, „Developing for Google Home vs. Amazon Echo.“. <https://insights.dice.com/2017/06/29/developing-google-home-vs-amazon-echo/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- El Sawy, Omar A. und Francis Pereira, *Business Modelling in the Dynamic Digital Space*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- Encarnação, José L. und Thomas Kirste, „Ambient Intelligence: Towards Smart Appliance Ensembles.“ in *From integrated publication and information systems to virtual information and knowledge environments: Essays dedicated to Erich J. Neuhold on the occasion of his 65th birthday*. Bd. 3379, hrsg. von Matthias Hemmje, Claudia Niederee und Thomas Risse, 261–270, Lecture Notes in Computer Science 3379. Berlin: Springer, 2005.
- „Eva Drop.“. <https://evadrop.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Evans, Michelle, „5 Ways The Internet Of Things Will Influence Commerce.“. <https://www.forbes.com/sites/michelleevans1/2018/05/31/iot-will-have-the-most-impact-on-business-in-the-next-five-years-survey-says/#2fe981775a3d> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Fähnle, Annika, Louis Püschel, Maximilian Röglinger und Alexander Stohr, „Business Value of the IoT : A Project Portfolio Selection Approach.“ in *26th European Conference on Information Systems (ECIS)*. 2018.

- FastCompany, „Amazon’s Alexa has a Data Dilemma: Be more like Apple or Google?“. <https://www.fastcompany.com/40440637/amazons-alexa-has-a-data-dilemma-be-more-like-apple-or-google> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- „Fitbit.“. https://www.fitbit.com/de/store?utm_source=&utm_medium=paidsearch&gclid=Cj0KCQjw9pDpBRckARIsAOzRzivSWf68Bk-KW2ymRg4nCPp96b4R_62JWQypi-OkScJSYA1q-U4oD-g0aAvk6EALw_wcB&gclidsrc=aw.ds (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Fleisch, Elgar, Markus Weinberger und Felix Wortmann, „Geschäftsmodelle im Internet der Dinge.“ *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 67, Nr. 4 (2015): 444–465.
- Fortschrittsbericht, „Digitalisierung der Industrie - Die Plattform Industrie 4.0.“. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/digitalisierung-der-industrie.html> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Gartner, „5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies.“. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/08> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Gierej, Sylwia, „Techniques for designing value propositions applicable to the concept of outcome-economy.“ *Engineering Management in Production and Services* 9, Nr. 1 (2017): 56–63.
- Groenfeldt, Tom, „Touchscreen On The Fridge Door To Order Groceries, Watch Football.“. <https://www.forbes.com/sites/tomgroenfeldt/2016/01/06/touchscreen-on-the-fridge-door-to-order-groceries-watch-football/#3537ea9d11ba> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- „HAPIfork.“. <https://www.amazon.de/HAPILABS-104-HAPIfork-Smart-Gabel-Bluetooth-Funktion/dp/B00FRPCQZ0> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Hehenberger, Peter und David Bradley, Hrsg., *Mechatronic Futures: Challenges and Solutions for Mechatronic Systems and their Designers*. Cham, s.l.: Springer International Publishing, 2016.
- Hemmje, Matthias, Claudia Niederee und Thomas Risse, Hrsg., *From integrated publication and information systems to virtual information and knowledge environments: Essays dedicated to Erich J. Neuhold on the occasion of his 65th birthday*. Unter Mitarbeit von Erich J. Neuhold. Lecture Notes in Computer Science 3379. Berlin: Springer, 2005.
- Hines, Peter, Matthias Holweg und Nick Rich, „Learning to evolve.“ *International Journal of Operations & Production Management* 24, Nr. 10 (2004): 994–1011.
- Hines, Peter und Nick Rich, „The seven value stream mapping tools.“ *International Journal of Operations & Production Management* 17 (1997).
- Huber, Rocco, Louis Püschel und Maximilian Röglinger, „Capturing Smart Service Systems – Development of a Domain-specific Modeling Language.“ *Information Systems Journal* (2019).
- IEEE, „SA Internet of Things (IoT) Ecosystem Study.“. http://sensei-iot.info/PDF/IoT_Ecosystem_Study_2015.pdf (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- „IFTTT.“. https://ifttt.com/nest_thermostat (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- „Kevo.“. <https://www.kwikset.com/kevo/default> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- La Cruz, Beth-uel De, „Keeping your Home safe with Google Home.“. <https://homealarmreport.com/home-security/be-safe-with-google-home/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Lea, Rodger und Michael Blackstock, „City Hub: A Cloud-Based IoT Platform for Smart Cities.“ in *2014 IEEE 6th International Conference on Cloud Computing Technology and Science: CloudCom*

- 2014 : *proceedings : Singapore, 15-18 December 2014*, 799–804. Los Alamitos, California, Washington, Tokyo: Conference Publishing Services, IEEE Computer Society, 2014.
- „LG Smart Instaview.“. https://www.lg.com/de/door-in-door-kuehlschraenke?cmpid=2019HQSEM_HA_DG_Google_Refrigerator-Broad-Brand-1903_Instaview_k0448_pc&gclid=Cj0KCQjw9pDpBRCKARIsAOzRziutRbx1Vh-cf6U-AKkS1TdpP-zGbrHQ8k-I8hYJazH0IJrXkRkBsCkgaApZTEALw_wcB (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Li, Yan-Ru, „The technological roadmap of Cisco's business ecosystem.“ *Technovation* 29, Nr. 5 (2009): 379–386.
- „LIFX.“. <https://www.lifx.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- „Lively Safety Watch.“. <https://www.amazon.com/Lively-Personal-Emergency-Response-Activity/dp/B00NGLVKA0> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- „Lockitron.“. <https://lockitron.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- „Lumo Run Fitness-Tracker.“. <https://www.mindtecstore.com/Lumo-Run-Lauftrainer-Sensor> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Lusch, Robert F. und Stephen L. Vargo, *Service-dominant logic: Premises, perspectives, possibilities*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2014.
- Maglio, Paul P. und Jim Spohrer, „Fundamentals of service science.“ *Journal of the Academy of Marketing Science* 36, Nr. 1 (2008): 18–20.
- Maglio, Paul P., Stephen L. Vargo, Nathan Caswell und Jim Spohrer, „The service system is the basic abstraction of service science.“ *Information Systems and e-Business Management* 7, Nr. 4 (2009): 395–406.
- Maity, Moutusy und Mayukh Dass, „Consumer decision-making across modern and traditional channels: E-commerce, m-commerce, in-store.“ *Decision Support Systems* 61 (2014): 34–46.
- Mattern, Friedemann und Christian Flörkemeier, „Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge.“ *Informatik-Spektrum* 33, Nr. 2 (2010): 107–121.
- McKinsey, „Unlocking the Potential of the Internet of Things.“. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Melton, T., „The Benefits of Lean Manufacturing.“ *Chemical Engineering Research and Design* 83, Nr. 6 (2005): 662–673.
- „MonBaby.“. <https://monbaby.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Moore, James, „Predators and Prey: A New Ecology of Competition.“ *Harvard Business Review* 71 (1999).
- Moynihan, Tim, „Alex and Google record what you say. But what happens to that data?“. <https://www.wired.com/2016/12/alex-and-google-record-your-voice/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- National Science Foundation, „Partnerships for Innovation: Building Innovation Capacity.“. <https://www.nsf.gov/pubs/2018/nsf18511/nsf18511.pdf> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- „Nest Cam IQ.“. https://store.google.com/de/product/nest_cam_iq (letzter Zugriff: 15. November 2019).

„Nest Learning Thermostat.“. https://store.google.com/product/nest_learning_thermostat_3rd_gen (letzter Zugriff: 15. November 2019).

„Nest Protect.“. https://store.google.com/de/product/nest_protect_2nd_gen?hl=de-DE (letzter Zugriff: 15. November 2019).

Oberländer, Anna Maria, Maximilian Röglinger, Michael Rosemann und Alexandra Kees, „Conceptualizing business-to-thing interactions – A sociomaterial perspective on the Internet of Things.“ *European Journal of Information Systems* 27, Nr. 4 (2018): 486–502.

Obermaier, Robert, Hrsg., *Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen*, 2., korrigierte Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-16527-7>.

Oliva, Rogelio und Robert Kallenberg, „Managing the transition from products to services.“ *International Journal of Service Industry Management* 14, Nr. 2 (2003): 160–172.

„Oral-B Genius.“. <https://www.oralb.de/de-de/produkte/elektrische-zahnbursten/oral-b-smartseries-6400-elektrische-zahnburste-crossaction> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

Parker, Geoffrey, Marshall van Alstyne und Xiaoyue Jiang, „Platform Ecosystems: How Developers Invert the Firm.“ *MIS Quarterly* 41, Nr. 1 (2017): 255–266.

Podnar Žarko, Ivana, Arne Broering, Sergios Soursos und Martin Serrano, *Interoperability and Open-Source Solutions for the Internet of Things: Second International Workshop, InterOSS-IoT 2016, Held in Conjunction with IoT 2016, Stuttgart, Germany, November 7, 2016, Invited Papers*. Lecture Notes in Computer Science 10218. Cham: Springer International Publishing, 2017.

Porter, Michael E. und James E. Heppelmann, „How Smart, Connected Products Are Transforming Competition.“ *Harvard Business Review* 92, Nr. 11 (2014): 3–23.

—, „How Smart, Connected Products Are Transforming Companies.“ *Harvard Business Review* 93, Nr. 10 (2015): 1–31.

Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V., „In Anlehnung an: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.“. https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf (letzter Zugriff: 15. November 2019).

Püschel, Louis, Helen Schlott und Maximilian Röglinger, „What’s in a Smart Thing? Development of a Multi-layer Taxonomy.“ *37th International Conference on Information Systems (ICIS)* (2016).

„QMedic.“. <https://www.qmedichealth.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

Radziwon, Agnieszka, Arne Bilberg, Marcel Bogers und Erik Skov Madsen, „The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions.“ *Procedia Engineering* 69 (2014): 1184–1190.

Razzaque, Mohammad Abdur, Marija Milojevic-Jevric, Andrei Palade und Siobhan Clarke, „Middleware for Internet of Things: A Survey.“ *IEEE Internet of Things Journal* 3, Nr. 1 (2016): 70–95.

„RelayRides / Turo.“. <https://turo.com/de-de> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

Rijsdijk, Serge A. und Erik Jan Hultink, „How Today's Consumers Perceive Tomorrow's Smart Products *.“ *Journal of Product Innovation Management* 26, Nr. 1 (2009): 24–42.

- „Roomba.“. https://www.irobot.de/haushaltsroboter/staubsaugen?gclid=Cj0KCQjw9pDpBRCKA-RIsAOzRzitE9BHiKn_asOv3_Md9fs9QdYZ3O3kQksPLKbJivcGtLP-aWQIgtUkaAp-wJEALw_wcB (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- „RunScribe.“. <https://runscribe.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- „Rush Hour Reward Service.“. <https://support.google.com/googlenest/answer/9247645?hl=en> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Silva, Ricardo, Jorge Sa Silva und Fernando Boavida, „A symbiotic resources sharing IoT platform in the smart cities context.“ in *2015 IEEE Tenth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP): 7-9 April 2015, Singapore*, 1–6. Piscataway, NJ: IEEE, 2015.
- Sinha, Sudhi R. und Youngchoon Park, *Building an Effective IoT Ecosystem for Your Business*. Cham, s.l.: Springer International Publishing, 2017.
- SITAONAIR, „Engine Health Management.“. <https://www.sitaonair.aero/sitaonair-selected-rolls-royce-simplify-collection-engine-health-monitoring-data/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- „Situ Scale.“. <https://www.macrumors.com/review/situ-smart-scale/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Sjödín, David R., Vinit Parida, Markus Leksell und Aleksandar Petrovic, „Smart Factory Implementation and Process Innovation.“ *Research-Technology Management* 61, Nr. 5 (2018): 22–31.
- „Skybell.“. <http://www.skybell.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Sternberg, Henrik, Gunnar Stefansson, Emma Westernberg, Rikard Boije af Gennäs, Erik Allenström und Malin Linger Nauska, „Applying a lean approach to identify waste in motor carrier operations.“ *International Journal of Productivity and Performance Management* 62, Nr. 1 (2012): 47–65.
- Suchman, Lucy, *Human-machine reconfigurations: Plans and situated actions*, 2nd edition. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo, Delhi, Daubei, Tokyo, Mexico City: Cambridge University Press, 2009. <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0642/2006007793-d.html>.
- Techcrunch, „Will Google Home finally Break out of Amazon Echos shadow.“. <https://techcrunch.com/2017/10/03/will-google-home-finally-break-out-of-amazon-echos-shadow/?guccounter=1> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- TheVerge, „Google Home Developers actions Ecosystem Appstore.“. <https://www.theverge.com/2016/12/8/13878444/google-home-developers-actions-ecosystem-app-store> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- , „Everything new you can do with Google Home.“. <https://www.theverge.com/2017/10/8/16439458/google-home-update-feature-list-skills> (letzter Zugriff: 15. November 2019).
- Turban, Efraim, David King, Jae Kyu Lee, Ting-Peng Liang und Deborah C. Turban, *Electronic Commerce*. Cham: Springer International Publishing, 2015.
- Uckelmann, Dieter, Mark Harrison und Florian Michahelles, Hrsg., *Architecting the Internet of Things*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.
- Velamuri, Vivek K., *Hybrid value creation*. Markt- und Unternehmensentwicklung / Markets and Organisations. Wiesbaden: Springer, 2013. <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10687717>.

Velamuri, Vivek K., Anne-Katrin Neyer und Kathrin M. Möslein, „Hybrid value creation: a systematic review of an evolving research area.“ *Journal für Betriebswirtschaft* 61, Nr. 1 (2011): 3–35.

Walton, Nigel, *The Internet as a Technology-Based Ecosystem: A New Approach to the Analysis of Business, Markets and Industries*. London, s.l.: Palgrave Macmillan UK, 2017.

Want, Roy, Bill N. Schilit und Scott Jenson, „Enabling the Internet of Things.“ *Computer* 48, Nr. 1 (2015): 28–35.

„WeMo.“. <https://www.belkin.com/de/PRODUKTE/home-automation/c/wemo-home-automation/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

World Bank, „Services value added (% of GDP).“ <http://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TETC.ZS?locations=EU> (letzter Zugriff: 15. November 2019).

„Zmodo.“. <https://www.zmodo.com/> (letzter Zugriff: 15. November 2019).