

Eine Publikation der

**TECHNOLOGIE
STIFTUNG
BERLIN**

IoT in Berlin

Julian Kahl



Impressum

Technologiestiftung Berlin 2017
Fasanenstraße 85 · 10623 Berlin · Telefon +49 30 46302 400
info@technologiestiftung-berlin.de · technologiestiftung-berlin.de

Autor

Dr. Julian Kahl

Herausgeber

Dr. Christian Hammel

Gestaltung

Lippert Studios, Berlin

Druck

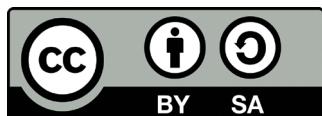
LM Druck und Medien GmbH, Freudenberg

Titelbild

Lippert Studios, Berlin



Dieses Projekt wird von der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe und der Investitionsbank Berlin aus Mitteln des Landes Berlin gefördert.



Textinhalte, Tabellen und Abbildungen dieses Werkes mit Ausnahme des Titelbildes können genutzt und geteilt werden unter einer Creative Commons – Lizenz Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland (Details siehe: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/>).

Als Namensnennung ist anzugeben: Julian Kahl, IoT in Berlin, Technologiestiftung Berlin, 2017. Wo an Tabellen und Abbil-

dungen Quellen angegeben sind, sind diese ebenfalls als Quelle zu nennen.

Der Autor weiß um die Bedeutung einer geschlechtergerechten Sprache und befürwortet grundsätzlich den Gebrauch von Parallelformulierungen. Von einer durchgehenden Benennung beider Geschlechter bzw. der konsequenten Verwendung geschlechterneutraler Bezeichnungen wurde im vorliegenden Text dennoch abgesehen, weil die Lesbarkeit deutlich erschwert würde.

Inhalt

Vorwort	5
Zusammenfassung	6
Executive Summary	8
1. Einleitung	9
2. Methodik	10
2.1 Begriffserklärungen	10
2.2 Datenbasis	13
3. Das Internet der Dinge – eine einführende Betrachtung	14
3.1 Technologie- und Markttrends	14
3.2 Schlüsseltechnologien und IoT-Infrastruktur	14
Gastbeitrag: Ausgewählte Aspekte der Kommunikationstechnik für IoT	16
4. Berliner IoT-Technologieanbieter und Anwendungsfelder im Überblick	20
4.1 Das Berliner IoT-Ökosystem im Überblick	21
4.2 Ausgewählte IoT-Technologiefelder	24
4.2.1 Sensoren, Halbleiter und Prozessoren	24
4.2.2 Betriebssysteme	24
4.2.3 Kommunikations-Hardware und Complete Devices	25
4.2.4 Cloud-Anwendungen und IoT-Plattformen	26
4.2.5 Analytics und IoT-Dienste	27
4.3 IoT-Anwendungsfelder	28
4.3.1 Produktion	28
4.3.2 Logistik	30
4.3.3 Einzelhandel	31
4.3.4 Gesundheit, Lifestyle und Wearables	32
4.3.5 Energie	33
4.3.6 Mobilität	34
4.3.7 Smart Home	35
4.3.8 Smart City	36
Gastbeitrag: Open Data in Berlin	37
4.4 Berliner Inkubatoren, Company Builder und Acceleratoren	38
5. Patentaktivitäten deutscher Unternehmen im internationalen Vergleich	39
6. Hindernisse für die Verbreitung von IoT-Technologien	41
6.1 Innovatorenquote und Digitalisierungswellen	41
6.2 Datensicherheit und Datenschutz	42
6.3 Standards, Interoperabilität und Digitalisierungskompetenzen	42
7. Literatur	44

Berlin positioniert sich als Deutschlands IoT-Hub

Zahlreiche Studien belegen das herausragende wirtschaftliche Potenzial, welches sich mit dem Internet der Dinge (IoT) erschließen lässt. Im IoT werden alltägliche Gegenstände wie Waschmaschinen, Türschlösser, Heimtrainer wie auch Fabriken, Autos und ganze Städte zunehmend miteinander vernetzt. Einer Studie des Marktforschungsunternehmens Gartner zufolge werden im Jahr 2020 über 20 Milliarden Gegenstände im IoT vernetzt sein. Während eine Vielzahl von Studien die Anzahl von vernetzten Gegenständen sowie das Marktpotenzial von IoT-Anwendungen projizieren, ist relativ wenig über die aktuelle Verbreitung von IoT-Technologien in der Wirtschaft bekannt.

Die Studie „IoT in Berlin“ der Technologiestiftung Berlin gibt einen Überblick über die IoT-Szene der Hauptstadt. Dabei werden technologische Schwerpunkte und Anwendungsfelder im Berliner IoT-Ökosystem präsentiert und in Vergleich zu anderen deutschen IoT-Standorten gestellt. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sich in Berlin die mit Abstand

meisten IoT-Startups in Deutschland befinden. Die relativ hohe Gründungsaktivität bei Berliner IoT-Unternehmen wird durch Inkubatoren, Acceleratoren und Company Builder unterstützt. Gleichzeitig zeigt die Studie aber auch, dass IoT-Dienste in der Wirtschaft insgesamt noch nicht weit verbreitet sind. Vor allem im deutschen Mittelstand wird das Potenzial solcher Dienste erst in Ansätzen erschlossen. Wie bereits unsere diesjährige Innovationserhebung gezeigt hat, besteht ein besonderer Handlungsbedarf in der digitalen Vernetzung besonders im Mittelstand und im verarbeitenden Gewerbe. Der Brückenschlag zwischen der dynamischen IoT-Startup-Szene der Hauptstadt auf der einen Seite und dem deutschen ingenieursgetriebenen Mittelstand auf der anderen Seite kann dazu einen wichtigen Beitrag leisten.

Nicolas Zimmer
Vorstandsvorsitzender
Technologiestiftung Berlin

Zusammenfassung

Der Einsatz von modernen Informations- und Kommunikationstechnologien führt zu tiefgreifenden Umwälzungen in nahezu allen Gesellschafts- und Wirtschaftsbereichen. Neben Effizienzsteigerungen in der Produktion ermöglicht die Digitalisierung die Entwicklung neuartiger Leistungsangebote, die häufig auf der Integration von physischen Produkten, Dienstleistungen sowie digitalen Angeboten basieren. So werden konventionelle Alltagsgegenstände zunehmend im Internet der Dinge (IoT) digital vernetzt und mit digitalen Schnittstellen ausgestattet. Physische Objekte – wie etwa Waschmaschinen, Türschlösser, Heimtrainer und Fertigungsanlagen – werden so mit „Intelligenz“ ausgestattet. Intelligente Objekte können sich über Sensoren und digitale Schnittstellen miteinander vernetzen, ihren Kontext wahrnehmen, auf internetbasierte Dienste zugreifen und mit den Nutzern interagieren. Durch diese digitale Veredelung werden physische Objekte zu Plattformen für digitale Dienstleistungen. Einer Prognose des Marktforschungsunternehmens Gartner zufolge sollen bis zum Jahr 2020 mehr als 20 Milliarden Geräte im IoT vernetzt sein. Dieser rasche Anstieg von vernetzten Objekten hat das explosionsartige Wachstum von digitalisierten vorliegenden Daten zur Folge, welche in beständiger besserer Qualität und zu geringeren Kosten gespeichert und ausgewertet werden können. Diese Daten sind der Rohstoff für eine Vielzahl von neuen intelligenten Leistungen im IoT.

Wie weit vorbereitet sind IoT-Technologien in Berlin? In welchen Technologiefeldern und Märkten lassen sich Schwerpunkte bei Berliner und deutschen IoT-Organisationen erkennen? Der vorliegende Bericht geht diesen Fragen nach und zielt darauf ab, eine möglichst vollständige Bestandsaufnahme der Akteure der Berliner IoT-Branche zur Verfügung zu stellen. Basis dafür ist eine Marktanalyse, die die IoT Analytics GmbH im Auftrag der Technologiestiftung Berlin im September und November 2016 durchführte. Darüber hinaus wertete die Mapegy GmbH die IoT-bezogene Patentaktivität deutscher Unternehmen im Auftrag der Technologiestiftung Berlin aus. Schließlich werden in diesem Bericht die Ergebnisse eines Fachworkshops mit Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft im November 2015 aufgenommen.

Kernergebnisse

- **Berlin ist der deutsche Hub für IoT-Startups:** In Berlin befinden sich die mit Abstand meisten IoT-Organisationen in Deutschland. Mit Blick auf die Anzahl der IoT-Organisationen folgt München an zweiter Stelle. Dabei sticht Berlin vor allem durch eine hohe Anzahl von jungen IoT-Firmen heraus. Mehr als die Hälfte der Berliner IoT-Organisationen wurde in den letzten fünf Jahren gegründet. Im Bundesdurchschnitt hingegen sind mittlere und Großunternehmen stärker vertreten.
- **Berlin ist der in Deutschland wichtigste Standort für Inkubatoren, Acceleratoren und Company Builder:** Die mit Abstand

meisten Inkubatoren, Acceleratoren und Company Builder mit IoT-Bezug befinden sich in Berlin. Die vergleichsweise hohe Gründungsaktivität in der Berliner IoT-Branche wird durch diese Organisationen unterstützt.

- **Technologische Schwerpunkte liegen bei Complete Devices, App-Entwicklung, IoT-Plattformen und Analytics:** Ähnlich wie in Deutschland insgesamt lässt sich in Berlin ein technologischer Schwerpunkt in der Herstellung von IoT-Geräten (Complete Devices) erkennen. Weitere Schwerpunkte liegen in der App-Entwicklung, IoT-Plattformen und Analytics. In den oberen Schichten des IoT-Technologie Stack sind Berliner Unternehmen bei IoT-Plattformen, Analytics und Database & Storage darüber hinaus deutlich stärker vertreten als Unternehmen im Bundesdurchschnitt.

- **Die Branchensegmente Mobilität und Produktion sind in Berlin am stärksten vertreten:** Branchenschwerpunkte lassen sich in Berlin in den Bereichen Mobilität und Produktion erkennen. Mit deutlichem Abstand folgen Lifestyle, Home und Health. Im Bundesdurchschnitt überwiegt das Anwendungsfeld Produktion, gefolgt von Mobilität.

- **IoT-Technologien und -dienste sind noch nicht weit verbreitet:** Ein mit der ‚New Economy‘ in den Jahren 1996 bis 2001 vergleichbarer Technologieimpuls, der weite Teile der Wirtschaft erreichte, lässt sich gegenwärtig in der Anwendung von IoT-Technologien noch nicht erkennen. Mit weniger als 300 Organisationen, die IoT-Technologien intensiv einsetzen, wird das Potenzial von IoT-Technologien und Diensten in Deutschland erst in Ansätzen erschlossen.

- **Deutschland gehört nicht zu den Vorreitern von IoT-Technologien:** Die Patentdatenanalysen zeigen, dass deutsche Firmen nicht zu den internationalen Vorreitern in der Entwicklung von IoT-Technologien gehören. Unter den 50 Unternehmen mit der weltweit höchsten Patentaktivität mit IoT-Bezug befinden sich mit Siemens und Robert Bosch lediglich zwei deutsche Firmen. Unter den weltweit 1.000 patentstärksten Unternehmen sind es 37. Unter den 10 deutschen Unternehmen mit der höchsten Patentaktivität in IoT-bezogenen Technologiefeldern befindet sich lediglich ein Unternehmen aus Berlin; es überwiegen Anbieter aus Bayern und Baden-Württemberg.

Handlungsempfehlungen

- **Städte benötigen Strategien zur Erschließung des wirtschaftlichen Potenzials des IoT und zum Umgang mit den großen Datenmengen vernetzter Infrastrukturen.** In Berlin werden jeden Tag große Datenmengen erzeugt und verarbeitet. Viele dieser Daten sind von öffentlichem Interesse. Sie können dabei helfen, die Stadt besser zu verstehen und neue Dienste für Bürger zu entwickeln. Bislang werden urbane Daten jedoch nur

selten effizient genutzt. Meist liegen sie in isolierten „Silos“ über die Stadt verteilt, sind unzureichend verknüpft, unstrukturiert und schwer zugänglich. Mit dem IoT und seinen intelligenten Objekten wird sich die Zahl verfügbarer Datenquellen noch einmal vervielfachen. Auf Basis von vernetzten Sensorsystemen erlaubt das IoT dabei einen Übergang von stichprobenartigen Erhebungen zum Echtzeitmanagement von Informationen. So könnte die Verwaltung mit passender Sensorik Echtzeit-Daten zu den Infrastrukturen und Ressourcen des städtischen Lebens erheben und verfügbar machen. Energieerzeugung und -verbrauch, CO₂-Ausstoß, Verkehrslage, Luft- und Wasserqualität – all das kann über entsprechende Schnittstellen sekundengenau abgefragt und für weitergehende Regelungen, Analysen und Prognosen verwendet werden. Das wäre gleichbedeutend mit einem exponentiellen Anstieg der verfügbaren Daten. Städte brauchen Strategien, wie sie mit dieser Datenflut umgehen können und ihre digitale Zukunft gestalten wollen.

- **Städte sollten IoT-Daten als Open Data zur Verfügung stellen:**

Neben der Bereitstellung einer hochleistungsfähigen Kommunikationsinfrastruktur ist zur wirtschaftlichen Erschließung des Potenzials des IoT der freie Zugang für Bürger und gesellschaftliche Gruppen erforderlich. Ein kürzlich veröffentlichter OECD-Bericht schlägt deshalb vor, neben Breitband- und Mobilfunknetzen auch die Datenbestände selbst als essentiellen Bestandteil digitaler Infrastrukturen zu betrachten. Wenn Verwaltungen Datenbestände aus öffentlichen Infrastrukturen für jedermann ohne Einschränkungen zur Verfügung stellen, kann mehr Transparenz für Bürger sowie die Wirtschaft geschaffen werden und damit die Bürgerbeteiligung gestärkt werden. Zum anderen kann durch die Bereitstellung von Open Data ein bedeutender wirtschaftlicher Nutzen entstehen. So können Firmengründer beispielsweise neue Geschäftsmodelle entwickeln, die zuvor unmöglich gewesen wären. Gleichzeitig können Investoren diese Daten nutzen, um Risiken zu analysieren und minimieren. Auf diese Weise können Entscheidungsprozesse in Unternehmen auf eine breitere Grundlage gestellt und wissenschaftliche Arbeiten beschleunigt werden.

- **IoT ist Querschnittsthema:** In vielen Fällen erfolgt die Erbringung von IoT-Diensten nicht in konventionellen Anbieter-Kunden-Beziehungen, vielmehr erfordern solche Dienste häufig eine unternehmens- und branchenübergreifende Zusammenarbeit in einem Ökosystem aus spezialisierten Partnern. Innovative Impulse entstehen dabei häufig aus der Zusammenführung von unterschiedlichen Anwendungsbereichen und IoT-Technologien. Besondere Herausforderungen bestehen in der Überbrückung von unterschiedlichen technischen Anforderungen und Systemen, die häufig siloartig betrieben werden. Angesichts der relativ geringen Verbreitung von IoT-Technologien und Diensten besteht Handlungsbedarf in der branchenübergreifenden Vernetzung von Unternehmen und Forschungs-

einrichtungen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen auf der einen Seite sowie spezialisierten IoT-Anbietern und Plattformbetreibern auf der anderen Seite.

- **Digitalisierungskompetenzen stärken:** Die Digitalisierung der Wirtschaft und die zunehmende Vernetzung im IoT stellt Unternehmen vor Herausforderungen. Eine der größten und dringlichsten Herausforderungen ist der rasche Erwerb von Digitalisierungskompetenzen. Die relativ hohe Komplexität und die Kosten, die mit der Entwicklung von IoT-basierten Geschäftsmodellen verbunden sind, stellen dabei bedeutende Barrieren dar. Neben dem Aufbau von digitalen Infrastrukturen (Sensoren, Kundenschnittstellen, Cloud-Plattformen) müssen Unternehmen Kompetenzen im Bereich Softwareentwicklung, Datenvisualisierung und Datenanalyse entwickeln, um Wert aus Daten - dem Rohstoff der digitalen Geschäftsmodelle - zu extrahieren. Zudem erfordert die Entwicklung von IoT-Angeboten in vielen Fällen die Integration von Hardware und Software und damit eine Querschnittsorientierung, die nur wenig verbreitet ist. Der Aufbau solcher Kompetenzen stellt neue Anforderungen an die Qualifizierung von Fachkräften. In vielen Bereichen gewinnen interdisziplinäre Qualifizierungen und vor allem vertiefte Informatikkenntnisse an Bedeutung.

- **Transparenz im Umgang mit personenbezogenen Daten:** Aus Sicht der Berliner Unternehmen gehören die Datensicherheit und der Datenschutz zu den größten Hindernissen, die die Verbreitung von digitalen Technologien beeinträchtigen. Aber auch bei Konsumenten stehen den großen Potenzialen von digitalen und IoT-Technologien nachvollziehbare Bedenken beim Datenschutz gegenüber. So lassen sich zum Teil gravierende Sicherheits- und Datenschutzlücken bei den im Internet exponierten Geräten sowie bei Embedded Systems aufzeigen, die sich negativ auf die Akzeptanz dieser Geräte bei Nutzern auswirken. Zur Stärkung der Akzeptanz bei Nutzern sind transparente Mindest-Sicherheitsstandards zu entwickeln. So könnte z. B. eine Verpflichtung seitens der Hersteller von IoT-Geräten, bei der Verbindung zwischen IoT-Geräten oder der Cloud, Ende-zu-Ende-Verschlüsselungen einzusetzen, für eine höhere Akzeptanz sorgen. Darüber hinaus würde mehr Transparenz bei dem Umgang mit den Fragen, was genau mit den Geräten und personenbezogenen Daten während und nach Beendigung der Kundenbeziehung geschieht, welche Maßnahmen ergriffen werden, um Geräte vor Eingriffen Dritter zu schützen sowie die Frage, wie Updates und Patches für IoT-Geräte eingesetzt werden, zu einer erhöhten Akzeptanz beitragen.

Executive Summary

Modern information and communication technologies are increasingly reshaping society and business. Alongside the optimization of manufacturing processes, in a broad range of industries digitization enables firms to launch completely new business models that are often based on the integration of physical products, services and digital technologies. Conventional objects and products are increasingly equipped with sensors and digital interfaces within the internet of things (IoT). Embedding sensors into conventional products allows for the monitoring of the local surrounding environment. Integrating digital interfaces, microchips and communication modules into conventional objects such as washing machines, door locks, home trainers and photocopiers enables such objects to communicate among each other, interact with users as well as to access internet-based services. Physical objects thus become platforms for a broad range of digital services. By the year 2020, the market research firm Gartner expects 20 billion devices to be connected within the IoT. This rapid expansion in connected objects will result in a vast influx of digitized data of increasingly higher quality and at lower cost. Such data form the basis for intelligent services in the IoT.

To what extent are Berlin-based firms making use of IoT-technologies today? Which IoT-technologies are most widely used? Which markets are being addressed by German and Berlin-based IoT-organizations? This report addresses these questions and presents selected IoT-organizations within the Berlin-based IoT-ecosystem. The findings presented in this report are based on a market analysis performed by IoT Analytics GmbH in September and November 2016 as well as an examination of patent activity of German IoT-organizations carried out by Mapegy GmbH in October 2016 on behalf of Technologiestiftung Berlin. In addition, the findings of this report are based on a workshop with experts from industry and academia in November 2015.

- **Berlin is the German hub for IoT-startups:** In Germany, by far the most IoT-Organizations are located in Berlin. With respect to the number of IoT-organizations Munich is in second place. Berlin's IoT-,industry' is characterized by a relatively large number of young firms. In Germany, medium-sized and large firms make up a higher share of the total amount of IoT-organizations identified here.

- **Berlin hosts the most IoT-related incubators, accelerators and company builders in Germany:** By far the largest number of incubators, accelerators and company-builders with IoT-related activities are located in Berlin. The relatively high start-up activity in the field of IoT in Berlin is supported by these organizations.

- **Complete devices, app-development, IoT-platforms and analytics represent the most widespread IoT-related technologies in Berlin:** Corresponding with the national average, the manufacturing of complete devices is most widespread among Berlin-based firms. This is followed by app-development, IoT-plattformen and analytics. Berlin-based firms also show a stronger focus on the upper layers of the IoT-technology stack including IoT-platforms, analytics as well as database & storage compared to the German average.

- **A focus in Berlin is on the areas mobility and production:** In Berlin, by far the most IoT-organizations focus on the sectors mobility and production. This is followed by lifestyle, home and health. In the German economy, most firms apply IoT-technologies and services in the area of production, followed by mobility.

- **The adoption of IoT-technologies and services is still limited:** A technology impulse comparable to the 'new economy' that reached large parts of the economy is as of yet not discernible in the adoption of IoT-related technologies. With fewer than 300 organizations intensively employing IoT-related technologies in Germany, such technologies are not being used to their full potential.

- **German IoT-organizations are not among the pioneers of IoT-technologies:** Ranking IoT-related patents and know-how internationally, the patent data analysis shows that German companies are not among the trailblazers of IoT-technologies. With Siemens and Robert Bosch only two German firms were among the 50 companies with the highest patenting activity in IoT-related technologies; only 37 German firms were counted among the top 1000 companies. Only one Berlin-based IoT-organization was among the top 10 ranks within Germany.

1. Einleitung

Das IoT bezeichnet die Vision einer weitreichenden Vernetzung von Alltagsgegenständen, die über digitale Schnittstellen miteinander kommunizieren. Im IoT halten Kommunikationsfähigkeit und Technologien, die die Informationsverarbeitung ermöglichen, in eine zunehmende Anzahl von alltäglichen Gegenständen Einzug. Der anhaltende technologische Fortschritt in der Mikroelektronik, Kommunikationstechnik und Informationstechnologie ermöglicht es, immer mehr Prozessoren, Kommunikationsmodule und andere Elektronikkomponenten in Alltagsgegenstände zu integrieren. Fortentwicklungen in Sensortechnik, Chiptechnologien, embedded systems und Kommunikationstechnik sowie die rasche Ausbreitung von Server-, Cloud- und Internetkapazitäten haben die Grundlage für diese Form der Vernetzung geschaffen. Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien und digitale Schnittstellen verleihen klassischen Objekten – wie etwa Waschmaschinen, Türschlössern, Heimtrainern und Fotokopierern und vielen mehr – eine neue Qualität: Sie werden zu intelligenten bzw. „smarten“ Objekten. Intelligente Objekte können sich über Sensoren miteinander vernetzen, ihren Kontext wahrnehmen, auf internetbasierte Dienste zugreifen und mit den Nutzern interagieren. Die herkömmlichen physischen Funktionen von Gegenständen können auf diese Weise um intelligente Dienstleistungen ergänzt werden¹. Auf diese Weise verschwimmen die Grenzen zwischen Produkten und Dienstleistungen zunehmend.

Solche neuen intelligenten Produkte und Dienstleistungen führen zu tiefgreifenden Veränderungen in einer Vielzahl von Industrien. Davon sind nicht nur der Handel (z. B. Online-Marktplätze), sondern auch Leitbranchen wie der Automobil- und Maschinenbau, die Pharmaindustrie sowie die Medizintechnik, die Logistik und die Energiewirtschaft betroffen². Die digitale Aufrüstung von physischen Produkten und Dienstleistungen ist allerdings nicht nur als Herausforderung für bestehende Wirtschaftszweige zu verstehen, vielmehr sind mit dieser

neuartigen Vernetzung von Produkten und digitalen Dienstleistungen neue Wertschöpfungsmöglichkeiten in nahezu allen Branchen verbunden. So ermöglichen das rasche Wachstum in der Verfügbarkeit von Daten und die beständigen Kostensenkungen bei deren Erfassung, Speicherung und Auswertung die Entwicklung einer Vielzahl neuer produktweiterender Dienstleistungen im IoT.

Laut einer Vielzahl von Studien sollen in den nächsten Jahren mehrere Milliarden Gegenstände vernetzt sein. Nahezu einstimmig wird eine hoch dynamische Entwicklung des IoT-Marktes prognostiziert. Eine Studie des Beratungsunternehmens A.T. Kearney, die das europäische Marktpotenzial des IoT untersucht, stellt Modulherstellern, Kommunikationsanbietern, Anbietern von Plattformen für Daten und Sicherheit, Softwareherstellern und Systemintegratoren ein jährliches Marktpotenzial von 80 Milliarden Euro für die Ausrüstung der europäischen Unternehmen mit IoT-Lösungen in Aussicht³.

Die vorliegende Studie gibt einen Überblick über die IoT-Szene in der Hauptstadt. Dabei werden technologische Schwerpunkte und Anwendungsfelder im Berliner IoT-Ökosystem präsentiert und mit anderen deutschen IoT-Standorten verglichen. Hierbei wurden unterschiedliche Suchstrategien zur Identifizierung von IoT-Firmen verwendet. Zum einen wurden IoT-Organisationen über ihren Tätigkeitsschwerpunkt in einer deutschlandweiten Marktanalyse durch die IoT Analytics GmbH – im Auftrag der Technologiestiftung Berlin – identifiziert. Zum anderen führte die Mapegy GmbH im Auftrag der Technologiestiftung Berlin eine deutschlandweite Patentanalyse in einschlägigen IoT-Technologiefeldern zur Identifizierung von IoT-Organisationen und zum internationalen Ranking des IoT-bezogenen Know-hows durch. Abgerundet wurde dieses Bild durch einen Fachworkshop mit Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft im November 2015.

¹ Mattern, F., Flörkemeier, C. (2010).

² Kagermann, H. et al. (2014).

³ A.T. Kearney (2016).

2. Methodik

2.1 Begriffserklärungen

Das IoT ist die technische Vision, Objekte beliebiger Art in ein universales digitales Netz zu integrieren⁴. Kernbestandteil dieser Vision ist die Ausweitung der digitalen Vernetzung, die im Internet besteht, auf Alltagsgegenstände wie Stromzähler, Transport- und Verkehrsmittel sowie Konsumgüter. Die erstmalige dokumentierte Verwendung des Begriffs „Internet of Things“ wird dem Mitgründer und Leiter, Kevin Ashton, des Auto-ID Center am Massachusetts Institute of Technology im Jahr 1999 zugeschrieben⁵. Das „Internet der Dinge“ ist ein Sammelbegriff

für sehr vielfältige Phänomene und technologische Entwicklungen. So schließt dieser Begriff letztlich alle physischen Dinge ein, die in ein „digitales Netz“ integrierbar sind. Auf Grund der Breite dieses Begriffs ist wenig verwunderlich, dass sich dafür bisher keine einheitliche Definition entwickeln konnte (Tabelle 1). Gleichzeitig lassen sich Schnittmengen mit aktuellen Themenfeldern wie Ubiquitous Computing, cyber-physische Systeme und Industrie 4.0 erkennen.

Zum Begriff Industrie 4.0

Der Begriff Industrie 4.0 ist auf ein Zukunftsprojekt im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung im Jahre 2011 zurückzuführen. Maßgeblich geprägt wurde der Begriff von der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften (acatech) sowie den Verbänden VDMA, ZVEI und BITKOM sowie Teilnehmern aus verschiedenen Forschungseinrichtungen, Universitäten und Industrieunternehmen⁶. Mit dem Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ sollte die Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit der deutschen Industrie nachhaltig gesichert werden. Dabei stand die Unterstützung der Optimierungspotentiale durch digitale Technologien in der Produktion und Logistik sowie die Erschließung neuer Geschäftsmodelle in der Industrie im Fokus.

⁴ Andelfinger, V.P., Hänisch, T. (2015); Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2007).

⁵ Mattern, F. Flörkemeier, C. (2010).

⁶ Kaufmann, T. (2015).

Tabelle 1

Definitionen

Autor / Organisation	Definition
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2007)	„Das Internet der Dinge ist die technische Vision, Objekte beliebiger Art in ein universales digitales Netz zu integrieren“.
Bosch Software Innovations (2014)	„The IoT is the next generation of the internet. It is a global system of IP-connected computer networks, sensors, actuators, machines, and devices. Merging this physical world with the virtual world of the internet and software enables companies and consumers to create and enjoy new services that are founded on web-based business models“.
Cisco Systems Inc (2013)	„Cisco defines the Internet of Everything as the networked connection of people, process, data, and things. The benefit of IoE is derived from the compound impact of connecting people, process, data, and things, and from the value this increased connectedness creates as “everything” comes online“.
Gartner (2016)	„Das Internet of Things (IoT) ist das Netzwerk von physischen Objekten, die eine Technologie integriert haben, um zu kommunizieren und Dinge zu erfassen oder mit ihren inneren Zuständen oder der äußeren Umgebung zu interagieren“.
Giusto et al. (2010)	„The basic idea of this concept is the pervasive presence around us of a variety of things or objects – such as Radio-Frequency Identification (RFID) tags, sensors, actuators, mobile phones etc. – which through unique addressing schemes, are able to interact with each other and cooperate with their neighbor to reach common goals“.
Mattern und Flörkemeier (2010)	„Das Internet der Dinge steht für eine Vision, in der das Internet in die reale Welt hinein verlagert wird und viele Alltagsgegenstände ein Teil des Internets werden. Dinge können dadurch mit Information versehen werden oder als physische Zugangspunkte zu Internetservices dienen, womit sich weitreichende und bis dato ungeahnte Möglichkeiten auftun“.
McKinsey (2015)	„We define the Internet of Things as sensors and actuators connected by networks to computing systems. These systems can monitor or manage the health and actions of connected objects and machines. Connected sensors can also monitor the natural world, people, and animals“.
Vermesan et al. (2009)	„Internet of Things (IoT) is an integrated part of future Internet and could be defined as a dynamic global network infrastructure with self configuring capabilities based on standard and interoperable communication protocols where physical and virtual „things“ have identities, physical attributes, and virtual personalities and use intelligent interfaces, and are seamlessly integrated into the information network.“

Quelle: eigene Darstellung

Zwar unterscheiden sich die oben aufgeführten Definitionen zum Teil, allerdings lassen sich auch bestimmte Gemeinsamkeiten identifizieren. So werden physische Objekte im IoT über bestimmte Infrastrukturen bzw. Informations- und Kommunikationstechnologien adressierbar. Die Grundlage hierfür stellen die in physische Objekte integrierten Mikroprozessoren, Sensoren und Kommunikationsmodule dar. So können diese veredelten Gegenstände Informationen z. B. über ihren Standort und ihre Umgebung ermitteln, kommunizieren und speichern. All dies kann autonom, d. h. ohne den Eingriff des Nutzers geschehen. Objekte im IoT verfügen darüber hinaus über eine eindeutige Identität und sind in ein „intelligentes“ Umfeld eingebunden. Dieses „intelligente“ Umfeld ermöglicht eine Verbindung zwischen den physischen Objekten sowie den Datenaustausch und die Überwachung. Vielfältige Dienstleistungen können auf dieser Grundlage aufbauen. Durch die digitale Aufrüstung können Alltagsgegenstände (Autos, Konsumgüter, Stromzähler, Objekte im Gesundheitswesen) über das Netz adressiert werden und selbstständig miteinander kommunizieren. In der Definition des europäischen Forschungsclusters zum IoT stellen Varmesan et al. zudem auf die Relevanz von kompatiblen Kommunikationsprotokollen ab, die zu Voraussetzungen von Dienstleistungen im IoT werden. In diesem Zusammenhang

gewinnen Middleware-Plattformen zunehmend an Bedeutung. Mit der Einführung des Begriffs Internet of Everything weist Cisco Systems zudem darauf hin, dass letztlich sämtliche Gegenstände vernetzt und „online gebracht“ werden können.

Aus den wesentlichen Bestandteilen der oben aufgeführten Begriffsbestimmungen wurde eine Arbeitsdefinition zur Operationalisierung des IoT-Begriffs abgeleitet. Grundvoraussetzung war dabei, dass die jeweilige IoT-Organisation dem Bereich „Connected Devices“ zuzuordnen war, d. h. im Bereich der Infrastruktur oder im erweiterten Ökosystem für die Vernetzung von Dingen tätig war. Ausgeschlossen wurden dabei Organisationen, die allein auf die Herstellung von Computern, Tablets oder Mobiltelefonen spezialisiert waren. Zudem wurde als Voraussetzung gewählt, dass die Produkte bzw. Dienstleistungen der IoT-Organisationen nicht nur lokal vernetzt sind, d. h. in irgendeiner Form an das Internet oder an ein Cloud-System angeschlossen sind. Dabei wurden auch nicht-IP-basierte Vernetzungen als IoT (z. B. radio frequency identification) definiert. Lokale Vernetzungen wie SCADA (supervisory control and data acquisition) oder PLC-basierte (programmable logic controller) Industrieautomatisierungssysteme wurden ebenfalls nicht berücksichtigt.

IoT-Organisationen

Unter IoT-Organisationen werden in diesem Bericht Unternehmen – darunter Startups, kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie Großunternehmen – zusammengefasst, die IoT-Technologien intensiv einsetzen. Es wird zwischen Startups und KMU differenziert, um Unterschiede im Unternehmensalter und in der technologischen bzw. Produktentwicklung herauszustellen. So werden unter Startups kürzlich gegründete Firmen zusammengefasst, die in vielen Fällen noch über kein marktfähiges Produkt verfügen. Zudem wurden zu den IoT-Organisationen Inkubatoren, Acceleratoren, Corporates und Company Builder gezählt, die IoT-Gründungen unterstützen.

2.2 Datenbasis

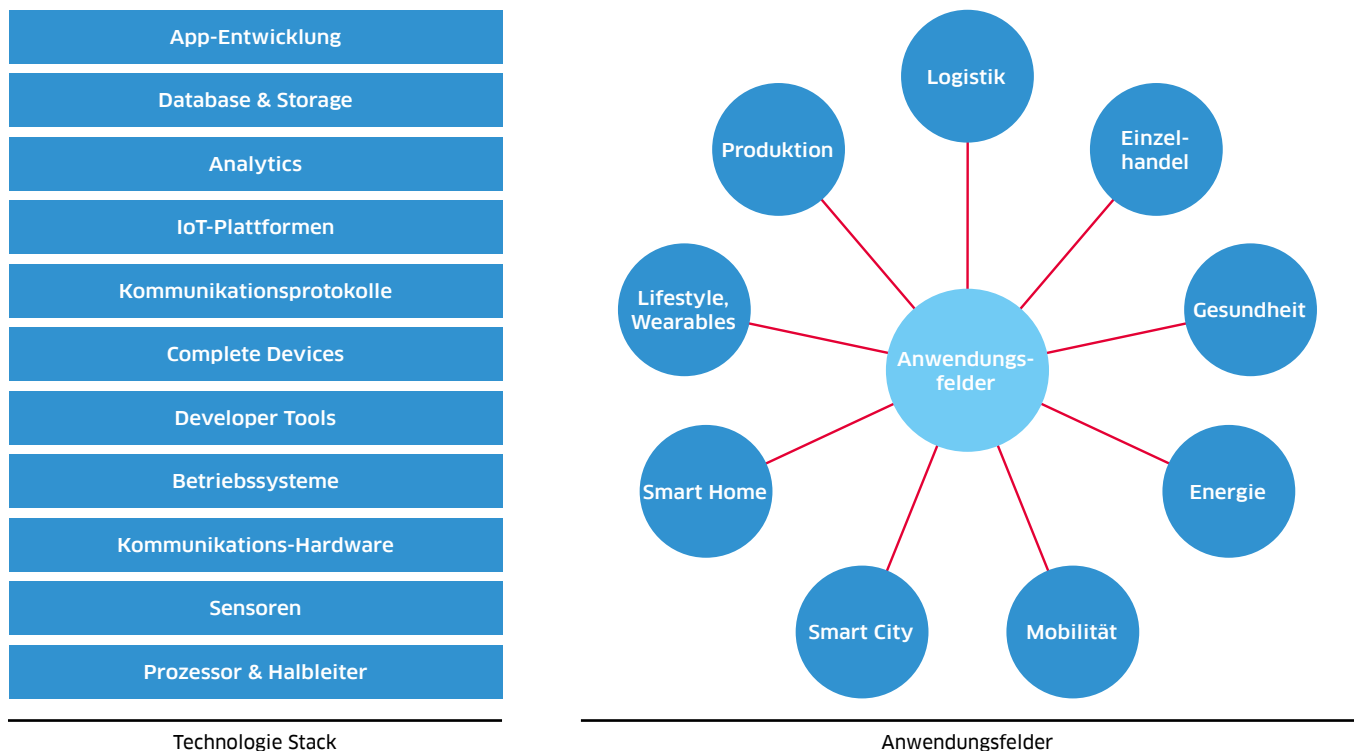
Als Sammelbegriff für unterschiedliche konvergierende Schlüsseltechnologien können IoT-Technologien in nahezu allen Wirtschaftsbereichen Anwendung finden. Aus diesem Grund – und aufgrund der Neuartigkeit von IoT-Anwendungen – lässt sich die Verbreitung und die Nutzung von IoT-Technologien nicht mit etablierten Wirtschaftszweigklassifikationen herleiten. Um dennoch einen Überblick über die IoT-„Branche“ zu gewinnen, wurden unterschiedliche Suchstrategien eingesetzt.

Ein Ansatz zur Identifizierung von IoT-Organisationen bestand in dem Screening von IoT-Konferenzen, Datenbanken wie z. B. Crunchbase, Marktstudien und Suchmaschinenresultaten sowie dem Einsatz von selektiven Crawlern von sozialen Netz-

werken wie LinkedIn/Xing durch die IoT Analytics GmbH. Auf diese Weise konnten deutschlandweit 268 IoT-Organisationen identifiziert werden. Diese IoT-Organisationen wurden nach elf Technologiefeldern und neun Anwendungsfeldern bzw. Branchen klassifiziert (siehe Abbildung 1). In vielen Fällen waren die IoT-Organisationen in mehreren Technologiefeldern und mehreren Märkten aktiv. Dies wurde in der Zuordnung berücksichtigt. Als Basis für eine regionale Auswertung dienten Informationen über den Standort der IoT-Organisationen. Ferner ermittelte die IoT Analytics GmbH Informationen zur Finanzierung von jungen IoT-Firmen, die die Grundlage für eine Visualisierung der Beteiligungen der Berliner IoT-Organisationen durch Internet of People UG bildeten.

Abbildung 1

IoT-Technologie Stack und Anwendungsfelder in Deutschland



Quelle: eigene Darstellung

Ein zweiter Ansatz zur Identifizierung von IoT-Organisationen bestand in der Auswertung der IoT-bezogenen Patentaktivität deutscher Unternehmen. Zur Untersuchung der Patentaktivität der Firmen in Technologie- und Themenfeldern, die sich dem IoT-Umfeld zuordnen lassen, beauftragte die Technologiestiftung die Mapegy GmbH. Ziel war die Untersuchung des deutschlandweiten Patentaufkommens in der IoT-Branche unter besonderer Berücksichtigung von Berliner Anbietern. Als Datengrundlage diente die Patentdatenbank PATSTAT.

Sie stellt mit mehr als 60 Millionen Patentanmeldungen und 30 Millionen weltweit erteilten Patenten aus mehr als 100 Ländern eine repräsentative Datengrundlage zur Verfügung. Unter den eingesetzten search strings befanden sich u. a. „Internet of Things“, „UbiComp“, „Industrial Internet“, „Pervasive Computing“, „Smart Factory“ und „Connected Devices“. So wurde die Patentaktivität von 91 deutschen IoT-Organisationen in einem internationalen Ranking erfasst.

3. Das Internet der Dinge – eine einführende Betrachtung

3.1 Technologie- und Markttrends

Das IoT ist ein Sammelbegriff für eine Vielzahl von konvergierenden Technologien, deren Zusammenwirken vielfältige innovative Anwendungsmöglichkeiten eröffnet⁷. Mindestens fünf Technologie- und Markttrends ermöglichen die kostengünstige Vernetzung von Gegenständen im IoT.

1. Die zunehmende Konnektivität von Mobilfunk über WLAN bis hin zu Nahbereichsfunktechnik und LPWANs ermöglicht ein erhöhtes Maß an Vernetzung.
2. Gleichzeitig wird die Ausstattung von konventionellen Produkten angesichts fallender Hardwarekosten bei gleichzeitig ansteigender Rechenleistung vorangetrieben.
3. Fortschritte in der Fertigung von Hardwarekomponenten und Sensoren ermöglichen die Miniaturisierung von hochleistungsfähigen Komponenten und deren Integration in sehr kleine Objekte.

4. Fortschritte in der Datenauswertung sowie neue Algorithmen, der rasante Anstieg in der Rechenleistung, Datenspeicherung und cloudbasierte Dienstleistungen ermöglichen die Zusammenführung und Auswertung großer Datenmengen. Aus diesen Daten können Erkenntnisse extrahiert werden, aus denen neue Angebote und Dienstleistungen entstehen können.

5. Schließlich hat die rasche Entwicklung von Cloud Computing-Technologien die Entwicklung des IoT befördert. Das Cloud Computing schafft eine dezentrale und bedürfnisorientierte Plattform für die Speicherung von Daten und die Ausführung von Dienstleistungen über das Internet. Cloud-Angeboten kommt daher eine bedeutende Bündelungsfunktion von einzelnen Geschäftsprozessen innerhalb und zwischen Unternehmen zu. So ermöglicht das Cloud Computing die Echtzeit-Vernetzung von physischen Produkten, Maschinen und Menschen über Informations- und Kommunikationssysteme⁸.

3.2 Schlüsseltechnologien und IoT-Infrastruktur

Die zunehmende Konnektivität von Gegenständen lässt sich auf unterschiedliche miteinander in Verbindung stehende Funktionen zurückführen⁹.

- **Sensorik und Effektorik:** Durch die Ausstattung mit Sensoren können Objekte Informationen über ihre Umgebung sammeln und aufzeichnen und auf diese reagieren oder an andere Stellen weiterleiten. Werden Objekte mit Effektoren (z. B. mit Aktuatoren) ausgestattet, können sie auf ihre Umwelt einwirken.
- **Eingebettete Informationsverarbeitung:** Im IoT können Objekte mit Mikroprozessoren und Speicherkapazität ausgestattet werden. Mit diesen eingebetteten Informationsverarbeitungskapazitäten können sensorische Informationen ermittelt, gespeichert, verarbeitet, übermittelt und interpretiert werden.
- **Identifikation und Lokalisierung:** Eine Voraussetzung für die Vernetzung von Objekten im IoT besteht in der eindeutigen

Identifizierbarkeit von Gegenständen. Radiofrequenztechnik zu Identifikationszwecken (RFID) und Near Field Communication (NFC) sind Schlüsseltechnologien für die Realisierung des IoT. RFID und NFC bezeichnen eine auf Hochfrequenz basierende kontaktlose Informationsübertragung. RFID-Systeme sind grundsätzlich überall einsetzbar, wo automatisierte Kennzeichnungen, Erkennung, Registrierung, Lagerung, Überwachung und Transport notwendig sind (z. B. Konsumgüterindustrie, industrielle Produktion, Gesundheitswesen, Sicherheitstechnik, Automobilindustrie). RFID-Systeme bestehen aus einem Transponder (Chip mit Antenne) zur Kennzeichnung von Objekten sowie einem Erfassungs- bzw. Lesegerät. RFID-Transponder bzw. RFID-Tags spielen bei der Informationsübertragung eine wichtige Rolle. RFID-Tags bestehen aus winzigen Chips und Antennen zur Funk-Kommunikation sowie ggf. Datenspeichermodulen, die direkt an Gegenständen angebracht (z. B. aufgeklebt) werden können¹⁰. Mit (mobilen oder stationären) Erfassungsgeräten (bzw. Mediatoren) wie etwa RFID-Leser oder

⁷ Brand, L. et al. (2009).

⁸ Emmrich, V. et al. (2015); Internet Society (2015).

⁹ Atzori, L., Iera, A., Marabito, G. (2010); Mattern, F. Flörkemeier, C. (2010); Hellenschmidt, M., Wichert, R. (2007).

¹⁰ Brand, L. et al. (2009); Finkenzeller, K., Gebhart, M. (2012).

Smartphones, können solche Objekte angesprochen und ausgelesen werden. Liegt bei dem Mediator eine Internetverbindung vor, so können diese Informationen auch von Servern eingespielt werden. Schließlich werden Objekte im IoT lokalisierbar. Mit der Zuhilfenahme von GPS, dem Mobilfunknetz oder Ultraschallzeitmessungen, UWB (Ultra-Wide Band) und optischen Technologien kann der physische Aufenthaltsort der Objekte ermittelt und übertragen werden.

- **Adressierbarkeit:** Ein noch wesentlicherer Schlüssel für das IoT ist die Adressierbarkeit spezifischer Objekte. Die Adressierbarkeit schafft die Möglichkeit, ein Objekt aus der Ferne ‚anzusprechen‘. Während passive RFID oder NFC-Systeme üblicherweise nur die Identifikation ermöglichen und Interaktionen oder die Auslösung einer Aktion durch das Lesegerät oder ein Smartphone übernommen werden müssen, ermöglicht die Adressierbarkeit von IoT-Endgeräten zusätzlich eine aktive „Tätigkeit“ der Endgeräte auf Steuersignale hin. Neben klassischer Internettechnologie existiert ein breites Spektrum von Adressierungstechnologien.

- **Kommunikation und Kooperation:** Die Vernetzung von Objekten untereinander und im Internet ermöglicht es Objekten, Zustandsaktualisierungen und Daten zu übermitteln, auszutauschen und Dienste zu nutzen. Zu den relevanten Technologien gehören hier z. B. Mobilfunktechnologien wie GSM (Global System for Mobile Communications), UMTS (Universal Mobile Communications System) oder LTE (Long Term Evolution) und künftige 5G-Techniken, LPWANs und im Bereich geringerer Reichweiten Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, ZWave sowie vielfältige Weiterentwicklungen vor allem im Bereich der WPAN (Wireless Personal Area Networks). Weitere Technologien haben ihren Ursprung im Bereich der Smart Home - Technik oder der Consumer-Elektronik.

- **Benutzungsschnittstelle:** Schließlich verfügen Objekte im IoT über Benutzungsschnittstellen über die Menschen mit ihnen kommunizieren. Dabei kommen viele Technologien, wie etwa „tangible user interfaces“ aber auch Methoden aus der Sprach-, Bild- und Gestenerkennung zum Einsatz.

Middleware-Plattformen

Das IoT besteht aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Objekten mit z. T. unterschiedlichen Technikstandards und „Dialekten“. Es bedarf daher eines Übersetzungsmediums, das die Interoperabilität der verschiedenen Objekte mit zum Teil ganz unterschiedlichen Techniksystemen sicherstellt. Middleware-Plattformen sind Software-Layer, die zwischen den verschiedenen Techniksystemen der Gegenstände und den Anwendungen eine übersetzende Funktion ausfüllen. Middleware-Plattformen bezeichnen eine Softwareschicht, die zwischen der Betriebssystemschicht und der Applikationsschicht verortet ist. Anders als ein Betriebssystem, das die Ressourcen eines einzelnen Rechners verwaltet, wird Middleware zur Verwaltung ganzer Netzwerke eingesetzt¹¹. Dafür wird ein Abstraktions-Layer benötigt, der eine Harmonisierung des Zugangs zu den unterschiedlichen Objekten durch einheitliche Protokolle, Verfahren bzw. Sprachen ermöglicht. Plattformen standardisieren, bündeln und lenken Informationsströme und ermöglichen eine reibungslose Interaktion von Objekten, Maschinen, Anlagen, Prozessen, IT-Systemen und Anwendungen unterschiedlicher Anbieter. Middleware-Plattformen stellen den sie verwendenden Applikationen die benötigten Grundfunktionalitäten zur Verfügung, wodurch die Entwicklung neuer Dienste und die Integration von legacy technologies maßgeblich erleichtert werden. Die Entwicklung neuer Dienste setzt nunmehr nicht die Kenntnis aller Techniksysteme der durch die Middleware zu harmonisierenden Technologien voraus. Vielmehr stehen unterschiedliche eindeutig definierte Komponenten im Mittelpunkt¹². So werden mit Middleware-Plattformen Brücken zwischen unterschiedlichen Hardware-Systemen geschlagen und Produkte und Dienstleistungen zu neuen Leistungsbündeln vernetzt¹³.

11 Schoch, T. (2005).

12 Atzori, L., Iera, A., Marabito, G. (2010); Hellenschmidt, M., Wichert, R. (2007).

13 Kagermann, H. et al. (2014).

Gastbeitrag: Ausgewählte Aspekte der Kommunikationstechnik für IoT

Die Kommunikationstechnik hinter IoT ist so vielfältig wie IoT-Anwendungen unterschiedlich sind: Bei den meisten Anwendungen geht es um Sensorsignale, Steuersignale oder ähnliches. Diese benötigen wenig Datenvolumen, fallen nicht allzu häufig an und sind meist auch nicht besonders zeitkritisch. Bei solchen Anwendungen steht im Vordergrund, dass die Technik der Endgeräte billig, stromsparend und langlebig sein muss, ansonsten ist eher die Kompetenz der Anbieter und Nutzer bei Datenfusionen relevant. Seltener sind Anwendungen, die hohe Datenübertragungsraten benötigen: Ob bandbreitenintensive Bewegtbilder, z. B. von Überwachungskameras zur IoT gehören, ist je nach Autor Ansichtssache. Wenn die Kamera automatisiert mit Aktoren interagiert, wird sie jedoch oft zum IoT gezählt. Anwendungen, die aus Sicherheits- oder Präzisionsgründen zeitkritisch sind, stellen besondere Anforderungen an die Netze und Endgeräte: Relevant ist hier vor allem die Latenz, also die Zeit, die zwischen Anfrage und Antwort vergeht. Dazu gehören z.B. Anwendungen der vernetzten Mobilität oder gar der Fernsteuerung von Fahrzeugen.

Fernsteuerungen

Klassische „Fernsteuerungen“, z. B. für Uhren (DCF77), Straßenlampen (Funkrundsteuerung), Industrie- und Bahnleittechnik und Spielzeuge, sind wesentlich älter als der Begriff IoT und werden meist ebenso wenig zum IoT gezählt wie die Sonderdienste der analogen Telefonnetze. Obwohl sie hinsichtlich der Kommunikationstechnik einige Gemeinsamkeiten haben, wurden sie nur zur Übermittlung von Signalen oder Steuerbefehlen entwickelt und nicht zur Realisierung datengetriebener Vernetzung und Geschäftsmodelle.

Energieverbrauch von IoT-Geräten

Typische IoT-Geräte werden gerne drahtlos angebunden, um die erheblichen Installationskosten von Verkabelungen einzusparen. Dies konterkariert der Aufwand zum Batteriewechsel, weshalb man Batterielebensdauern von mehreren Jahren anstrebt. Softwareseitig achtet man auf Anwendungen, die nur dann kommunizieren, wenn dies unerlässlich ist, und die dabei möglichst geringe Datenmengen übertragen. Hardwareseitig stehen Prozessoren und Funktechnologien im Vordergrund, die mit weniger Energie auskommen, so dass Batterien länger halten oder gar „ambient energy“ genutzt werden kann. Beispiele sind Komponenten, die völlig batterieelos über Solarzellen, Peltier-Elemente oder den Piezoeffekt beim Schalldruck betrieben werden.

Leitungsgebundene Kommunikation

Wegen ihrer geringen Störanfälligkeit und hohen Datenraten spielt die leitungsgebundene Datenübertragung im IoT weiterhin eine Rolle, insbesondere als Basisinfrastruktur der Netze. Zur Anbindung von IoT-Endgeräten werden Kabel oder Fasern wegen der Verlegekosten vor allem dort eingesetzt, wo entweder ein schwieriges Umfeld für funktechnische oder

optische Lösungen vorherrscht (Störungen, Reflexionen, absorbierende und undurchdringliche Materialien) oder ohnehin Leitungen verlegt sein müssen, z. B. wegen des Strombedarfs von Aktoren oder in den verschiedenen Bus-Systemen von Gebäuden oder Fahrzeugen.

Drahtlose Kommunikation

Anbindungen über Funk, seltener auch optisch, bringen geringe Installationskosten mit sich. Mobile Geräte können nur drahtlos angebunden werden. Deshalb ist Drahtlostechnik ein wesentlicher Treiber und eine Schlüsseltechnologie für das IoT. Dies gilt sowohl outdoor als auch für gebäude- oder firmeninterne Einbindung von Dingen in Netzwerke bzw. Abläufe. Im Folgenden sind nur wenige grundsätzliche Zusammenhänge und Begriffe beleuchtet.

Airtime ist limitiert

Der „Äther“ ist ein shared medium. Auf demselben Kanal und im selben Reichweiten-Bereich darf immer nur ein Sender gleichzeitig senden, wenn bei den Empfängern sinnvolle Signale ankommen sollen. Die Anzahl der Empfänger ist, bekannt vom Rundfunk, nicht limitiert. Funkdienste, die von Menschen bedient werden (Sprechfunk, Morsen, etc.) haben umfangreiche Spielregeln, die erlernt werden müssen. Bei moderner Digitaltechnik ist die Koordination der Sendezeit weitgehend in den Geräten implementiert. An der physikalischen Endlichkeit der insgesamt verfügbaren Sendezeit in einem Kanal ändern auch immer ausgeklügelte Verfahren nichts, mit denen Airtime auf Zeitfenster, (Teil-) Frequenzen o. ä. verteilt oder Nutzdaten auf Trägersignale aufmoduliert werden. Deshalb enthalten Regulierungen teilweise sehr detaillierte Vorgaben zur Art der Nutzung.

Die Ressource Funkspektrum

International wird die Zuweisung von Funkfrequenzen über die World Radio Conference abgestimmt. Die Bundesnetzagentur stellt einen Frequenzplan auf und teilt Frequenzen zu. In den Zuteilungen ist geregelt, wofür die Frequenzen genutzt werden dürfen, mit welchen Sendeleistungen, durch wen und in welcher Weise sie zu nutzen sind. Allgemeinzuweisungen erlauben die Nutzung grundsätzlich für jedermann, der die vorgegebenen Regulierungen einhält. Anwendungen in solchen Bereichen sind z. B. WLAN und Short-Range Devices (Bluetooth, ZigBee, etc.).

Frequenzen (auch) für IoT

Für IoT-Anwendungen sind Frequenzen im allgemein zugewiesenen (unlizenzierten) Teil des Spektrums in Gebrauch wie auch in lizenzierten Frequenzbereichen in Betracht. Der Vorteil der unlizenzierten Frequenzen ist, dass diese im Rahmen der Allgemeinzuweisung durch Jedermann kostenfrei genutzt werden können. Der Nachteil ist, dass in diesen Frequenzen rege Nutzung durch eine Vielzahl von Anwendungen herrscht, die koexistieren müssen und sich gegenseitig stören können. IoT-relevante Jedermann-Frequenzen sind aktuell:

Tabelle 2

IoT-relevante Frequenzen

MHz	Sendeleistung	Reichweite	Beschreibung
433	10mW ERP	300m	ISM-Band mit vielen Funkanwendungen (Funk-Schlüssel, Alarmanlagen, Wetterstationen, Türklingeln, ...) und einer Vielzahl von Protokollen
868	5mW-500mW ERP	10km	ISM-Band mit vielen Funkanwendungen (Funk-Schlüssel, Alarmanlagen, Wetterstationen, Türklingeln, ...) und einer Vielzahl von Protokollen, darunter Z-Wave und EnOcean
2.400	100mW EIRP	50m	ISM- Band mit u. a. WLAN 802.11 b,g,n, (Wifi), Bluetooth, Zig-Bee, NanoNet, Mikrowellenherde, medizinische Bestrahlungsgeräte
5.150, 5.250	200mW EIRP	300m	u. a. WLAN 802.11a (Festinstallationen)
5.470	1W EIRP	10km	WLAN 802.11a (Outdoor)

Quelle: eigene Darstellung

Lizenzierte IoT-relevante öffentlich zugängliche Frequenzen sind vor allem GSM und LTE- im Bereich der Mobilfunkfrequenzen, darüber hinaus Einzelzuweisungen für vollständig private IoT-Anwendungen. Eher am Rande des IoT-Themas sind Frequenzen relevant, die für sogenannte Short Range Devices allgemeinzuteilt sind, bei denen es sich im Wesentlichen um RFIDs bzw. Warensicherungen in den Frequenzen von 6, 8, 27, 41 und 5700 MHz handelt. Einige Messgeräte, z. B. Radarfallen, Blitzer, Verkehrszähler, Abstandsmesser nutzen außerdem Frequenzen im Radarbereich (13,3, 14, 34 GHz), allerdings nicht zu Kommunikations-, sondern zu Messzwecken.

Grundsätzlich allgemeinzuteilt sind auch Jedermann-Frequenzen, für verschiedene Funkdienste wie CB-Funk (26 MHz), Freenet (149 MHz), oder PMR-Funk (446 MHz), eine IoT-Anwendung ist den Autoren jedoch nicht bekannt. Weitere Frequenzen sind für Veranstaltungstechnik zugeteilt. Bühnenmikrofone oder Fernsehkameras werden allerdings nicht zum IoT gezählt. Theoretisch nutzbar wäre auch der sogenannte Whitespace. Das sind Frequenzen, die dem Rundfunk zugeteilt sind, aber regional nicht genutzt werden.

Reichweitenaspekte

Bei drahtloser Kommunikation sind die physikalischen Parameter der Reichweite, wie die Sendeleistung in der Frequenzzuweisung, festgelegt. Antennenparameter können in Grenzen durch die Gerätekonstruktion beeinflusst werden. Funk ist zusätzlich von der Umgebung beeinflusst. Signalreflexionen oder „Fremdsignale“ können zu Störungen führen, außerdem sind Materialien unterschiedlich durchlässig für Funkwellen oder Licht.

Erwünschte Reichweiten für IoT-Anwendungen sind anwendungsspezifisch: Während bei Sensoren für Umwelt- oder Wetterdaten oder bei Rundsteuerungen hohe Reichweiten interessant sind, weil die erforderliche Anzahl an Basisstationen geringer ist, sind diese z. B. für Smart Home- Anwendungen, Beacons, Warensicherungen oder Anlagensteuerungen eher hinderlich.

Materialdurchdringung

Für IoT ist relevant, dass längerwellige Frequenzen im Sub-GHz-Bereich in der Regel eine deutlich bessere Durchdringung von Gebäuden aufweisen als höherfrequente Signale. Im Bereich des 2,4 GHz-Bands (z. B. WLAN, ZigBee) dämpfen zudem Wasser, aber auch Blätter von Bäumen, stark. Der besseren Gebäudedurchdringung steht gegenüber, dass mit kleinerer Frequenz die Wellenlänge steigt und größere Antennen benötigt werden.

Datenübertragungsraten

Die maximale Datenrate ist durch die Breite der zugewiesenen Kanäle limitiert. Die Kanalkapazität, gemessen in bit pro Sekunde ist – zusammen mit der Latenz – ein Maß für die Leistungsfähigkeit einer Verbindung. Neben der Kanalbreite sind auch der Abstand zu störenden Kanälen oder die Signal-taktung relevant. Wie Kanalbündelung, Multiplexverfahren und Modulationsverfahren (Aufmodulieren der Information auf ein Trägersignal) die physikalischen Limits immer weiter ausnutzen, ist ebenso Gegenstand umfangreicher Forschung wie Kompressionsverfahren, mit denen man benötigte Datenraten reduzieren kann. Die benötigten Datenraten sind anwendungsspezifisch: Während Wettersensoren mit wenigen Byte pro Tag auskommen, benötigen hochauflösende Videos bis zu mehreren Hundert Mbit pro Sekunde.

Latenz und „Echtzeit“

Latenz ist die Wartezeit, die zwischen dem Absenden einer Anfrage und dem Eintreffen der Antwort vergeht (ohne die Zeit zur Verarbeitung von Nutzdaten in Endgeräten oder Servern). Bei „haushaltsüblichen“ Internetanbindungen liegt sie meist zwischen 10 und 100ms. Im IoT ist die Latenz bei sicherheitskritischen Maschinensteuerungen relevant: Ein Fahrzeug legt bei Autobahn-Richtgeschwindigkeit von 130km/h in 100ms 3,6m zurück, bei Stadtverkehrsgeschwindigkeit immerhin noch 1,4m. Der Roboterarm eines mittelschweren Industrieroboters legt in 100ms 0,45m zurück.

Ein Signal legt leitungsgebunden mit 2/3-3/4 der Lichtgeschwindigkeit in 10ms theoretisch 2000km zurück. Die Gesamtstrecke, die ein Signal zurücklegen muss, ist deshalb weniger relevant als die Geschwindigkeit der Verarbeitung auf dem Transportweg. Limitierend sind eher Anzahl und Geschwindigkeit zu passierender Router, Signalverstärker u.ä. und die Software, mit der solche Geräte betrieben werden.

„Echtzeit“-Betriebssysteme sind kein Büro-Windows. Auch die Auslastung des Netzes hat einen Einfluss auf die Latenz. „Echtzeit“ im IoT ist immer quasi-Echtzeit, deren akzeptable Grenzen für die jeweilige Anwendung festgelegt werden müssen.

Netze für die IoT

Vorhandene Internettechnik wird für das IoT selbstverständlich ebenso genutzt wie Identifizierungstechnologien über RFIDs, Barcodes oder Geräteadressen. Dasselbe gilt für Lokalisierungstechniken mittels GPS, Funkbaken (Beacons), WLAN-Ortung, usw. An Netzen für Low-Latency-Anwendungen wird vor allem im Bereich der Mobilfunktechnologien (LTE, 5G,..) intensiv geforscht. Nachstehend werden nur LPWANs, Netze, bei denen die Nodes selbst das Netz bilden, und einige Funktechniken für die letzten Meter im Smart Home kurz vorgestellt.

LPWANs

Für IoT-Anwendungen mit geringen Datenübertragungsraten und wenig relevanten Latenzen, die vor allem kostengünstig sein müssen, sind aktuell LPWANs (Low Power Wide Area Networks) im Trend. Im Vordergrund stehen hierbei lange Batterielebensdauern, geringe Endgerätekosten, geringe Deploymentkosten, hohe räumliche Abdeckungen und die Unterstützung hoher Geräte-Anzahlen. Bei LPWANs verbinden sich IoT-Endgeräte (Nodes, Motes) mit Gateways (im Mobilfunk: „Basisstationen“) der Netzbetreiber. Diese leiten die Daten der IoT-Endgeräte zu Servern des Netzbetreibers und von dort zu den Anwendungen der Endkunden und Steuerbefehle in die Gegenrichtung. Die meisten Protokolle sind publizierte Standards (z. B. LoRaWAN; IEEE 802.11ah, Narrowband-IoT, LTE-M), andere sind proprietär und nicht publiziert (Sigfox). Einige LPWAN-Anbieter setzen auf lizenzfreie Frequenzen (z. B. digimondo, sigfox, TTN), andere auf lizenzierte Frequenzen (Telekom Narrowband-IoT). Thethingsnetwork (TTN) ist eine Community-getriebene Initiative mit lokalen Initiativen weltweit, die angabegemäß einen dauerhaft frei verfügbaren Dienst für IoT-Daten aufbauen will und bei der jedermann Teil des Netzes werden kann, der ein Gateway aufstellt. Alle anderen Anbieter sind kommerzielle Netzdienstleister, bzw. wollen dies werden.

Ad hoc Netze/Sensornetze/mesh-Netze

Zur Anbindung von Sensorknoten wurden Technologien entwickelt, bei denen einzelne Knoten Daten direkt untereinander austauschen und Daten anderer Knoten weiterleiten. Dadurch entstehen sogenannte mesh-Netzwerke, die Daten zwischen Knoten transportieren, die nicht direkt miteinander in Verbindung stehen (multi-hop). Exit-nodes aus dem mesh können auch Gateway ins Internet sein. So können nicht nur Knoten im „Funkschatten“ erreicht werden, sondern auch Verbindungen ohne Zwischenschaltung zentraler Instanzen ermöglicht werden. Ebenfalls relevant für das IoT sind ad-hoc-Netze, bei denen Knoten sowohl einem Netzwerk beitreten als auch daraus verschwinden können. Funktechnologien für ad-hoc-Verbindungen und Routing-Protokolle für meshes sind Gegenstand intensiver Forschung. Neben den Standards IEEE 802.11 p und s existiert eine Vielzahl weiterer Standards. Speziell für Sensorik-Anwendungen gibt es spezielle Protokolle für Sensornetze.

WLAN, WPAN und NFC: Die letzten Meter

Für das Smart Home, Industrieanwendungen mit ähnlichen Randbedingungen und für Anwendungen der Nahfeldkommunikation wurde eine Vielzahl von Protokollen entwickelt. In der Regel sind die Sendeleistungen, Reichweiten und Datenraten gering, was auch die Störfestigkeit erhöht. Die Begriffe WLAN (wireless local area network), WPAN (wireless personal area network), NFC (near field communication, vor allem verwendet im Zusammenhang mit Zahlungsverkehr und Zugangskontrollen) überlappen sich dabei je nach Anwenderbranche erheblich, sowohl untereinander als auch mit dem Begriff Smart Home Technologie. Standardisiert sind z. B. ZigBee, Z-Wave, Enocean, Bluetooth, Bluetooth LE und eine Vielzahl NFC-Standards, außerdem existiert eine Unzahl proprietärer Technologien. Sie alle dienen dazu, Sensorik und Aktuatorik auf den letzten Metern kabellos anzubinden, über Gateways ins Internet bzw. ins LAN zu bringen und dabei weniger Energie zu benötigen als herkömmliches WLAN. Häufig ist die Kommunikation zwischen den Sensoren/Aktoren und Ihrem Gateway nicht TCP/IP-basiert. Es sind jedoch Trends dort hin erkennbar und es existieren auch (häufig aus der Unterhaltungselektronik stammende) Protokolle, solche Netze IP-basiert automatisiert zu konfigurieren wie Bonjour oder Zeroconf.

Adressierung und M2M-Datenaustausch

Die im herkömmlichen Internet verfügbaren 4,3 Milliarden Adressen für Endgeräte drohen zu erschöpfen. Mit dem seit 1998 standardisierten Protokoll IPv6 ist dies grundsätzlich gelöst. Trotzdem ist IPv6 bisher keineswegs der durchgesetzte Standard für die Adressierung von IoT-Geräten. Es existieren vielmehr eine Vielzahl weiterer Adressierungstechnologien, die spezifisch sind für die Netze, an die IoT-Geräte angeschlossen sind. Die Zusammenführung von Nutzdaten aus unterschiedlichen „Welten“ erfolgt über Datenplattformen oder die im Haupttext erwähnten IoT-Middlewares.

Für den Austausch von Daten zwischen Sensoren/Aktoren und Anwendungen wird seit 2013 ein Protokoll namens MQTT (Message Queue Telemetry Transport) standardisiert. Die OSGi Alliance (Open Services Gateway Initiative) propagiert eine ganze Dienste-Architektur für die Machine to Machine (M2M)-Kommunikation. Welche Standards sich im IoT letztlich durchsetzen, ist aktuell kaum zu beurteilen.

Dr. Christian Hammel

Bereichsleiter Technologie und Stadt
Technologiestiftung Berlin

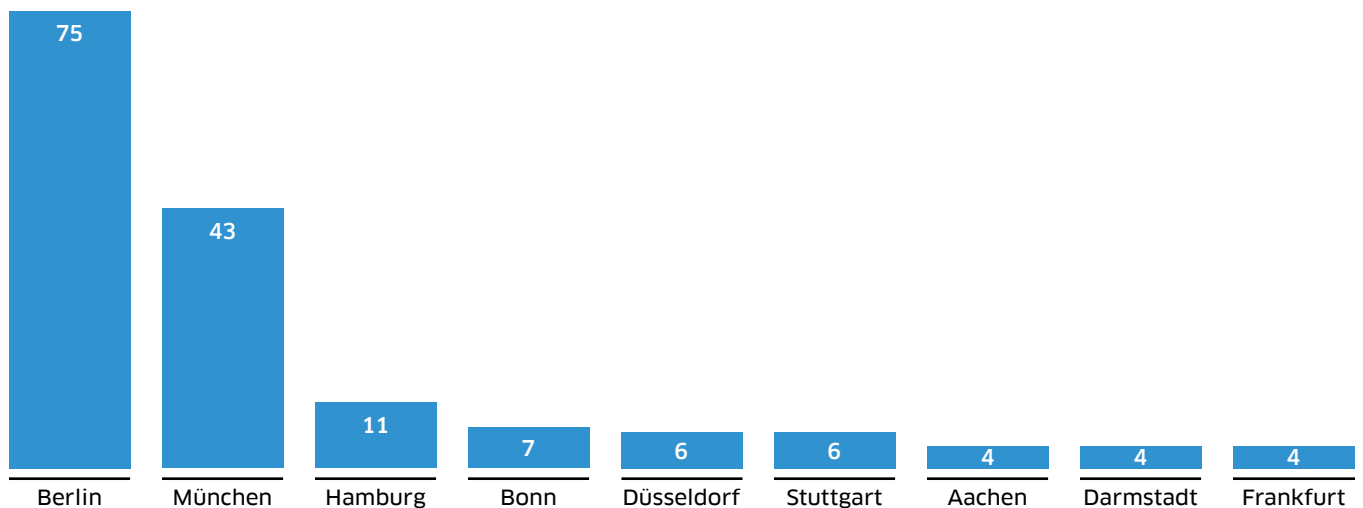
4. Berliner IoT-Technologieanbieter und Anwendungsfelder

4.1 Das Berliner IoT-Ökosystem im Überblick

IoT-Organisationen sind in Deutschland stark auf zwei Standorte konzentriert. 44% der insgesamt 268 deutschen IoT-Organisationen befinden sich in Berlin und München. Mit 75 IoT-Organisationen befinden sich die mit Abstand meisten Unternehmen, die IoT bereits intensiv einsetzen, in Berlin. Mit 44 IoT-Organisationen folgt München an zweiter Stelle.

Abbildung 2

Anzahl der IoT-Anbieter in Deutschland in ausgewählten Städten (2016)



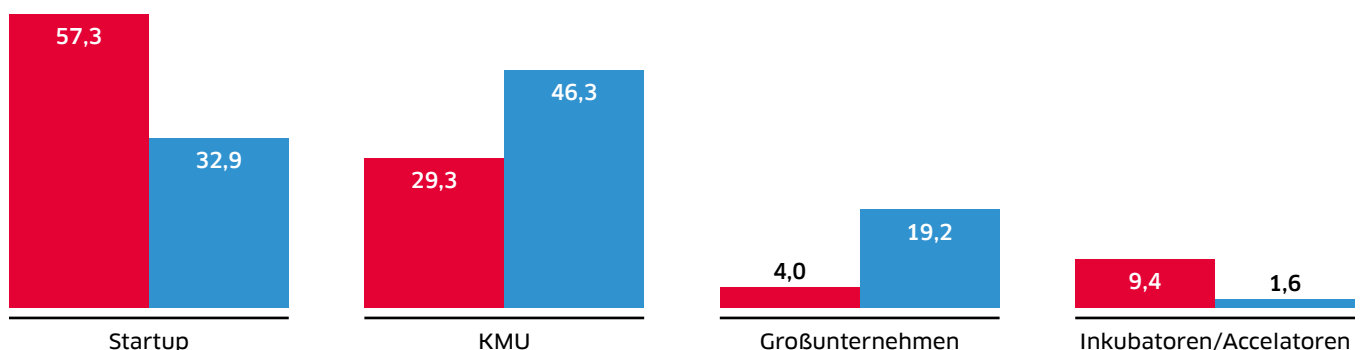
Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt ist Berlin als Standort für IoT deutlich stärker durch Startups sowie Inkubatoren und Acceleratoren geprägt. Dagegen sind mittlere und Großunternehmen in Bundesdurchschnitt deutlich stärker vertreten. Gleichzeitig befinden sich die mit Abstand meisten IoT-Startups

in der Hauptstadt. In den letzten Jahren lässt sich eine relativ hohe Gründungsaktivität in Berlin erkennen. So wurden mehr als die Hälfte der IoT-Organisationen in Berlin in den letzten fünf Jahren gegründet.

Abbildung 3

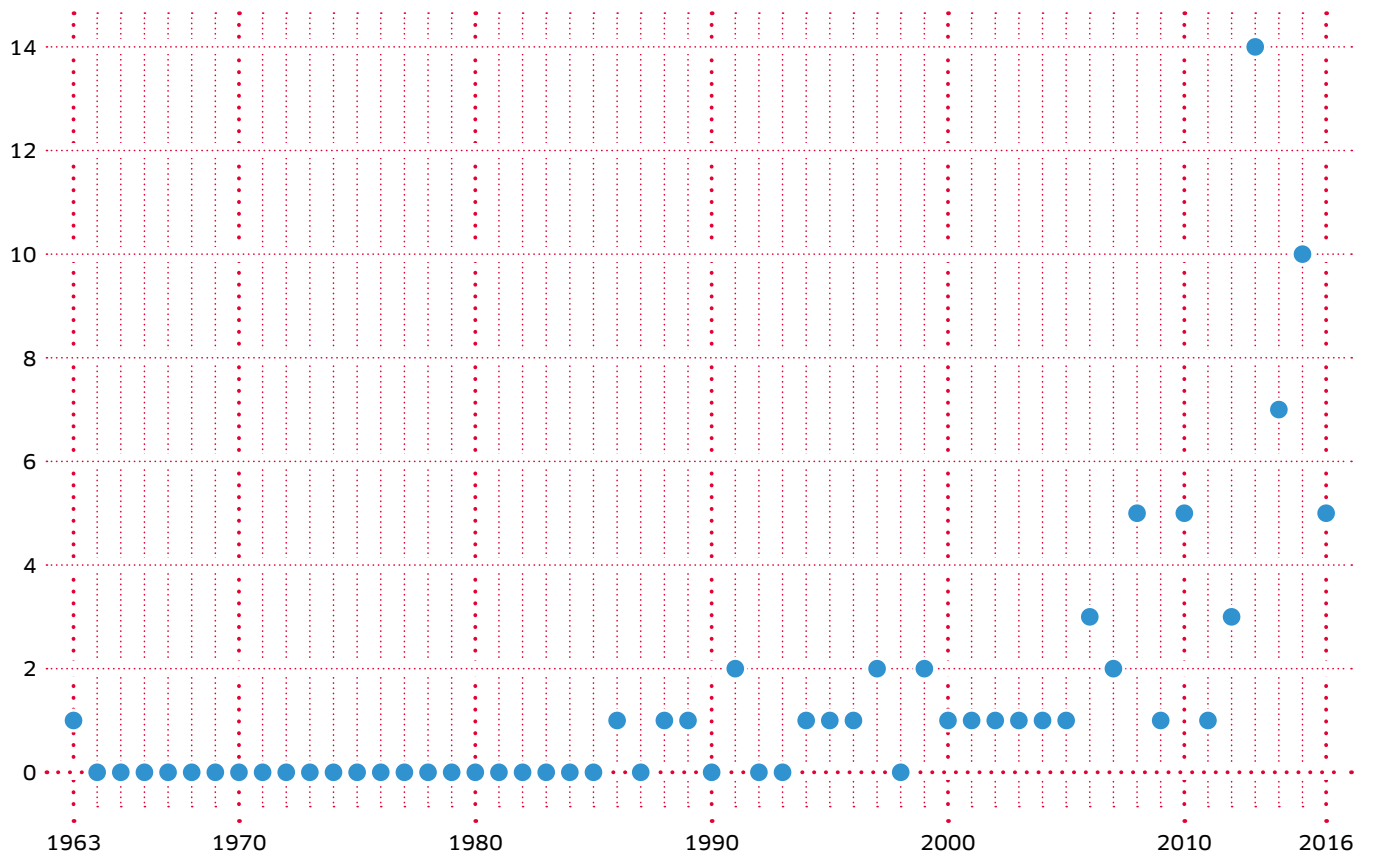
IoT-Organisationen in Berlin und Deutschland im Überblick, in % (2016)



Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

Abbildung 4

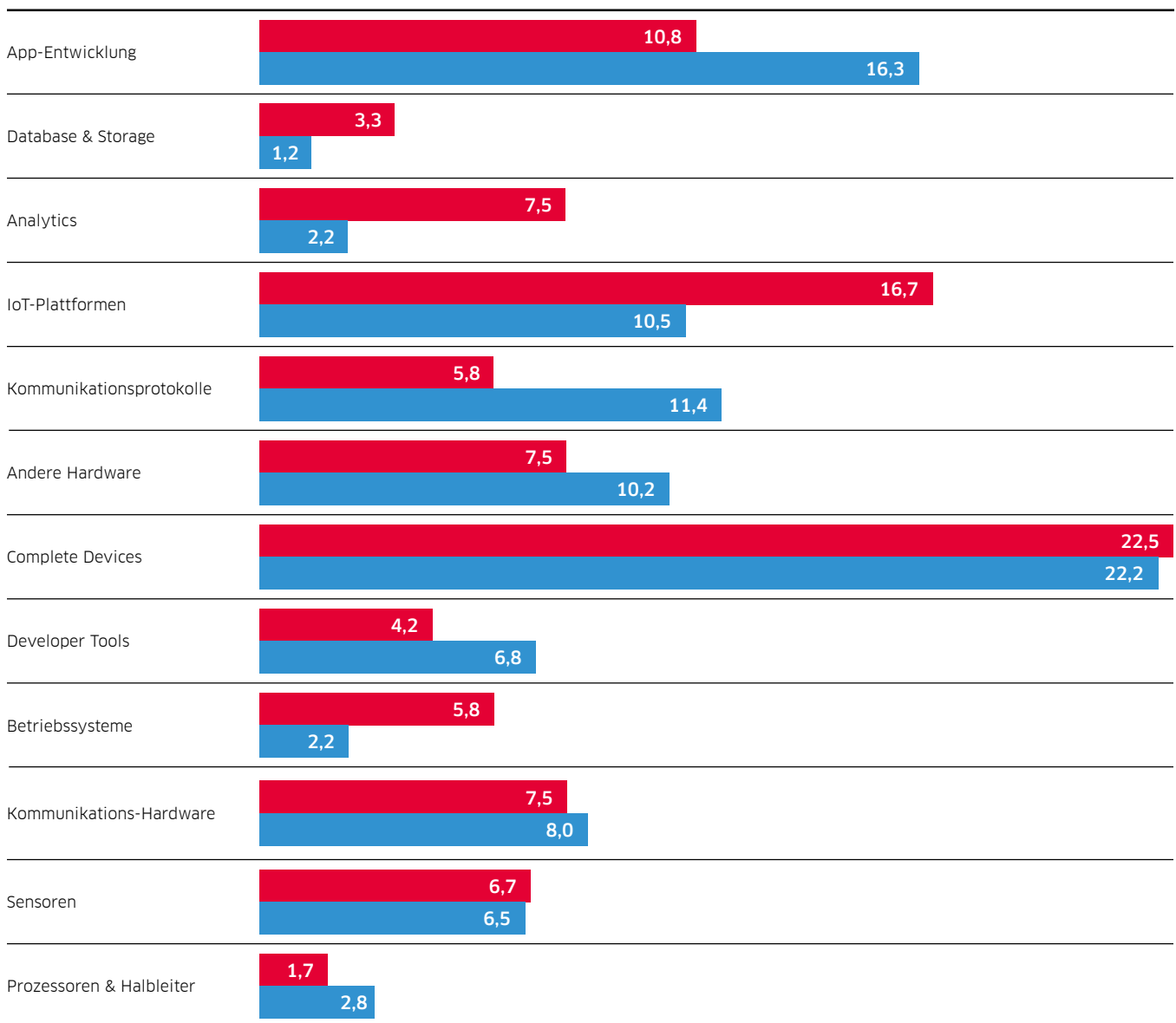
Anzahl der IoT-Gründungen in Berlin (1963-2016)



Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

Abbildung 5

IoT-Technologieanbieter in Berlin und Deutschland, Anteil an IoT-Organisationen in % (2016)

*Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung*

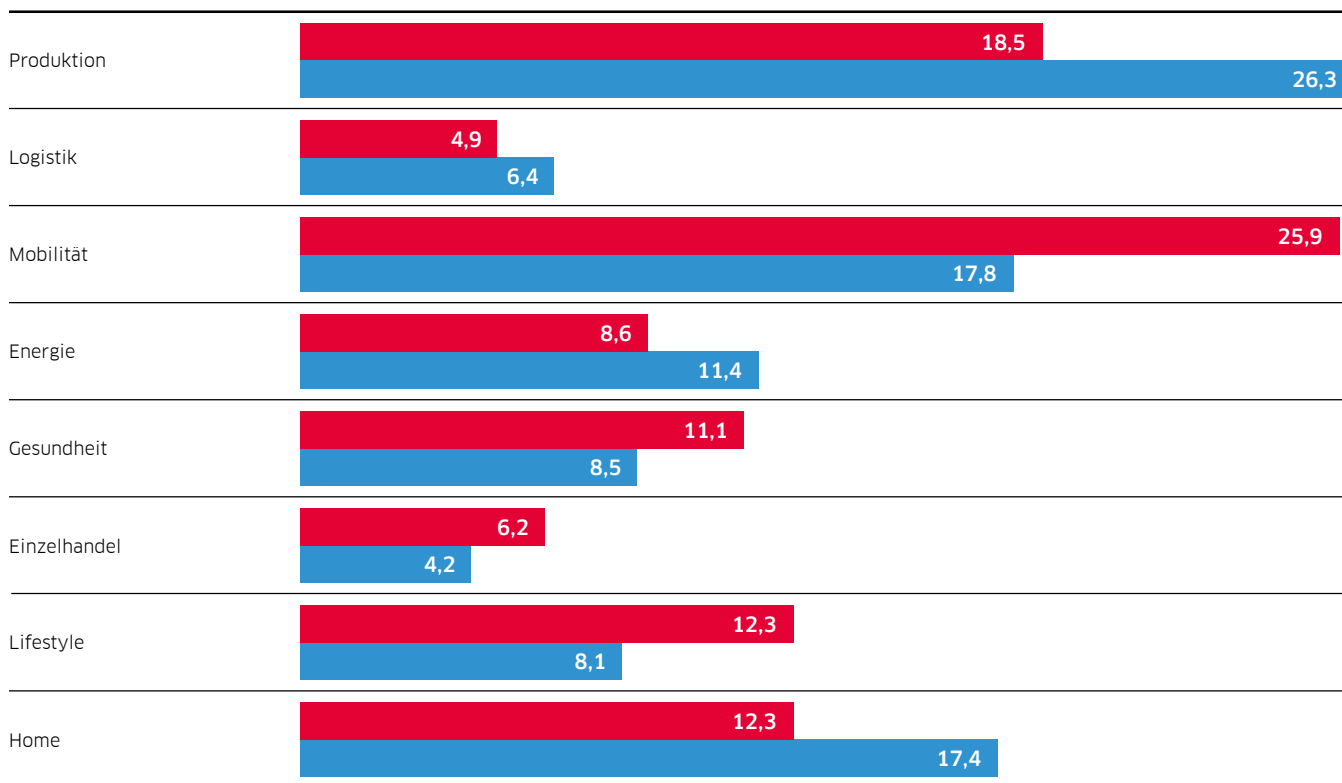
Ähnlich wie in Deutschland insgesamt lässt sich in Berlin ein technologischer Schwerpunkt in der Herstellung von IoT-Geräten (Complete Devices) erkennen. Allerdings zeigt sich, dass ein Drittel der Anbieter von Complete Devices zusätzlich IoT-Dienste wie z. B. Analytics bzw. IoT-Plattformen bereitstellen. In den oberen Schichten des IoT-Technologie Stack

sind Berliner Unternehmen bei IoT- Plattformen, Analytics und Database & Storage darüber hinaus deutlich stärker vertreten als Unternehmen im Bundesdurchschnitt. Einer Studie der Boston Consulting Group zufolge gehören in den nächsten Jahren vor allem die oberen Schichten des IoT-Technologie Stack zu den Wachstumstreibern in der IoT-Branche¹⁴.

14 Boston Consulting Group (2017).

Abbildung 6

IoT-Anwendungsfelder in Berlin und Deutschland, Anteil an IoT-Organisationen in % (2016)



Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

Hinsichtlich der IoT-Anwendungsfelder zeigt sich, dass die Branchensegmente Mobilität und Produktion in Berlin am stärksten vertreten sind. Mit deutlichem Abstand folgen Lifestyle,

Home und Gesundheit. Im Bundesdurchschnitt überwiegt das Anwendungsfeld Produktion gefolgt von Mobilität.

4.2 Ausgewählte IoT-Technologiefelder

4.2.1 Sensoren, Halbleiter und Prozessoren

Sensoren und Sensorsysteme stellen eine Voraussetzung für das IoT dar. Die zunehmende Miniaturisierung sowie die fallenden Kosten für die Produktion von Sensoren erlauben es, Gegenstände kostengünstig mit Sensoren auszustatten. Mit Sensoren ausgestattete Geräte können Informationen wie etwa die

geographische Position, Bewegungen, Druck, Temperatur oder Helligkeit erfassen. Damit spielen sie eine Schlüsselrolle für das IoT. Prozessoren ermöglichen u. a. die Speicherung und Weiterverarbeitung der auf diese Weise gewonnenen Informationen.

Tabelle 3

Ausgewählte Sensoren- und Halbleiter-Technologieanbieter

Unternehmen	Kurzbeschreibung
First Sensor AG	Die First Sensor AG ist sowohl Lieferant als auch Integrator von standardisierten und maßgeschneiderten intelligenten Sensorsystemen in den Märkten Industrial, Gesundheit und Mobilität.
IMC Meßsysteme GmbH	IMC Meßsysteme GmbH entwickelt, fertigt und vertreibt Hard- und Softwarelösungen im Bereich der physikalischen Messtechnik. Die Meßsysteme des Berliner Unternehmens werden sowohl in Fahrzeugen, an Prüfständen als auch in der Überwachung von Anlagen und Maschinen eingesetzt.
TraceWave GmbH	Das im Jahr 2013 gegründete Berliner Halbleiterunternehmen, TraceWave GmbH, ist auf die Entwicklung von integrierten Schaltkreisen für drahtlose Echtzeit-Ortungssysteme (RTLS) spezialisiert. Ein wichtiges Anwendungsfeld stellt die Entwicklung von Funktechnik zur relativen Ortung in Gebäuden dar („indoor GPS“).

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

4.2.2 Betriebssysteme

Nahezu alle Geräte, die über digitale Schnittstellen verfügen, basieren auf einem eingebetteten System. Dessen Steuerung ist in vielen Fällen so komplex, dass ein Betriebssystem notwendig ist. In den letzten Jahren wurden mehrere Betriebssysteme

für das IoT von Unternehmen wie etwa Microsoft, Google und Kasperski entwickelt. Linux, dessen unzählige Derivate bei embedded systems weit verbreitet sind, spielt auch für IoT eine wichtige Rolle.

Tabelle 4

Ausgewählte Anbieter von IoT-Betriebssystemen

Unternehmen	Kurzbeschreibung
RIOT	RIOT ist ein Open-Source-Betriebssystem für das IoT, das an der Freien Universität Berlin, dem Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA) und der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg entwickelt wird.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

4.2.3 Kommunikations-Hardware und Complete Devices

Eine weitere Schlüsselkomponente des IoT besteht in der Kommunikations-Hardware in Form von Telekommunikationsgeräten, Funkmodulen und Gateways spielt dabei eine wichtige Rolle. digitalen Vernetzung von Gegenständen und IoT-Endgeräten.

Tabelle 5

Ausgewählte Anbieter von Kommunikations-Hardware und Complete Devices

Unternehmen	Kurzbeschreibung
CoreNetiX GmbH	CoreNetiX ist Anbieter von Funktechnologie und Produkten im Bereich der Gebäudeautomatisierung für verschiedene Anwendungen, innerhalb von Gebäuden und Liegenschaften, die drahtlos mit einem Server verknüpft werden können.
Core Network Dynamics GmbH	Zur Kommerzialisierung des Softwarepakets OpenEPC (Evolved Packet Core), einer Steuerungs- und Kontrollplattform für die mobile Breitbandkommunikation, wurde die Firma Core Network Dynamics aus dem Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationswege FOKUS ausgegliedert.
Digimondo GmbH	Digimondo, mit Unternehmenssitz in Berlin und Hamburg, ist auf den Aufbau der Infrastruktur für das IoT spezialisiert. Das Unternehmen ist Anbieter eines Niedrigenergie-Kommunikationsnetzes (Low Power Wide Area Network, LoRaWAN).
IQ Wireless GmbH	Das Berliner Unternehmen IQ Wireless entwickelt Verfahren, Geräte und Systeme der Funkkommunikation sowie der Videosystemtechnik.
Tixi GmbH	Tixi ist Hersteller von Telekommunikationsgeräten und Gateways, insbesondere in den Bereichen Machine-to-Machine und Smart Metering. Der Tixi Gateway wird beispielsweise bei großen Anlagen benutzt, um die gesammelten Verbrauchsdaten über verschiedene Kommunikationswege den übergeordneten SCADA- oder Managementsystemen zu übergeben und zu visualisieren.
LinTech GmbH	LinTech GmbH ist auf die Entwicklung von Hard- und Software für embedded systems spezialisiert. Das 1994 gegründete Unternehmen fokussierte sich zunächst auf die die Entwicklung und Herstellung von Geräten im Bereich ISDN-, Netzwerk- und Kommunikationstechnik. Seit Ende der 1990er Jahren stehen Lösungen im Bereich der drahtlosen Datenübertragung im Mittelpunkt.
Pikkerton GmbH	Das mittelständische Berliner Unternehmen Pikkerton GmbH konzipiert, entwickelt und fertigt Sensorik und Lowpower-Funknetzwerkbaugruppen für Zigbee und wireless M-Bus, Sensoren, -Aktoren sowie Energy-Management- / Power-Distribution-Lösungen.
Nanotron Technologies GmbH	Das im Jahr 1991 in Berlin gegründete Unternehmen Nanotron Technologies ist Anbieter von Funkmodulen für Echtzeitlokalisierungssysteme. Die Technologie-Plattformen werden in verschiedenen Marktsegmenten, darunter in der Personensicherheit, Objektüberwachung und Logistik, eingesetzt.
Senic GmbH	Mit dem Produkt NUIMO, einem Bluetooth Controller, bietet das Berliner Gründungsunternehmen Senic einen frei programmierbaren Controller für intelligente Produkte an (z. B. Thermostate, Licht und Lautsprecher).
Virtenio GmbH	Das Berliner Gründungsunternehmen Virtenio GmbH ist eine Ausgründung der Technischen Universität Berlin. Das Unternehmen ist Anbieter eines Baukasten-Systems, das aus Sensor-Cubes, Gateways und Analyseplattformen besteht.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

4.2.4 Cloud-Anwendungen und IoT-Plattformen

Cloud Computing umfasst die dezentrale und bedarfsorientierte Bereitstellung und Nutzung von IT-Dienstleistungen über das Internet¹⁵. Die über Cloud Computing angebotenen Dienstleistungen können sowohl die Infrastruktur (z. B. in Form von Rechenleistung, Speicherplatz) als auch Plattformen und Software umfassen. Da viele Unternehmen die vergleichsweise hohen Datenmengen, die über IoT-Geräte erfasst und verarbeitet werden, mit der eigenen IT-Infrastruktur nicht bewältigen können, spielen Cloud-Anwendungen eine wichtige Rolle für die Realisierung von IoT-Lösungen. Cloud-Anwendungen bieten Unternehmen eine relativ hohe Flexibilität und ermöglichen eine rasche Skalierbarkeit von Cloud-Diensten¹⁶. So sind Unternehmen nicht darauf angewiesen, kapitalintensive Investitionen in den Ausbau eigener Rechenzentren zu tätigen. Gleichzeitig lässt sich die benötigte Kapazität rasch an den Bedarf anpassen (in vielen Fällen auch automatisch).

Für das Management, die Sicherung und die Integration von IoT-Komponenten wie auch zur Verarbeitung und Visualisierung der aus vernetzten Geräten, Maschinen und Fahrzeugen

gewonnenen Daten spielen IoT-Plattformen eine wichtige Rolle. Plattformen standardisieren, bündeln und lenken Informations- und Kommunikationsströme und ermöglichen eine reibungslose Interaktion von Objekten, Maschinen, Anlagen, Prozessen, IT-Systemen und Anwendungen unterschiedlicher Anbieter im Verbund.

Während im Konsumgüterbereich Plattformen bereits relativ weit verbreitet sind, steht die Entwicklung von Plattformen insbesondere in der Industrie noch am Anfang. Als herstelleroffene Plattform für das „Industrial Internet of Things“ stellt die Predix-Plattform von General Electric ein Angebot dar, mit dem Maschinendaten von Industrieunternehmen durch die Entwicklung vielfältiger Dienstleistungen – auch von Drittanbietern – zu Effizienzsteigerungen in der Fertigung führen sollen. Als Cloud-Infrastruktur wird dabei Microsofts Azure zur Verfügung stehen. Auch in Deutschland werden eine Vielzahl von Plattformen für das industrielle Internet der Dinge entwickelt (z. B. SAPs Hana Cloud Plattform, Siemens Mindsphere).

Tabelle 6

Ausgewählte Anbieter von IoT-Plattformen

Unternehmen	Kurzbeschreibung
Bosch Software Innovations GmbH	Die Bosch Software Innovations GmbH konzipiert, entwickelt und betreibt Software- und Systemlösungen für das IoT. Der Fokus liegt dabei auf Themenfeldern wie Mobilität, Energie, Fertigungsindustrie und Smart Home. Mit der IoT-Suite bietet Bosch Software Innovations eine IoT-Plattform an, die das Zusammenspiel von Geräten, Anwendern, Unternehmen und Partnern auf einer Plattform ermöglicht.
IoT Connctd GmbH	Die Berliner Firma IoT Connctd GmbH ist Anbieter einer cloud-basierten Middleware Lösung, die Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen gewährleistet.
M2MGO	Das im Jahr 2013 gegründete Berliner Startup M2MGO ist Anbieter einer cloud-basierten Content Management Plattform für das IoT. Mit der Plattform können IoT-Lösungen im B2B und B2C Bereich umgesetzt werden.
Relayr GmbH	Das 2013 in Berlin gegründete Unternehmen Relayr ist Anbieter einer cloudbasierten Plattform zur Bündelung und Analyse von Hardware-Daten u. a. in den Anwendungsfeldern Transport und Mobilität, Netzinfrastruktur und Einzelhandel.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

¹⁵ Internet Society (2015).

¹⁶ Expertenkommission Forschung und Innovation (2016).

4.2.5 Analytics und IoT-Dienste

IoT-Dienste basieren auf der Filterung, Aggregation und nutzungsgerechten Aufbereitung der Umgebungsinformationen, die durch die Sensorik erfasst werden. Dies schließt eine

Vielzahl von möglichen IoT-Diensten von spezifischen Einzel-funktionen, entscheidungsunterstützenden Angeboten bis hin zur Steuerung von komplexen Systemen ein¹⁷.

Tabelle 7

Ausgewählte Anbieter von Analytics und IoT-Diensten

Unternehmen	Kurzbeschreibung
AltusInsight GmbH	AltusInsight GmbH ist Anbieter einer cloudbasierten Big Data Lösung (LambdaNow), die zur Datensammlung, Datenverarbeitung und zum Datenmanagement für IoT-Anwendungen geeignet ist. So können Daten von Geräten an LambdaNow übermittelt werden, um diese zu sammeln und auszuwerten, um dadurch eine Optimierung von Geschäftsprozessen herbeizuführen.
Azeti Networks AG	Das in 2006 gegründete Berliner Unternehmen Azeti Networks ist Anbieter von Remote Asset Management Lösungen zur Überwachung von operativer Technik in verschiedenen Industrien, darunter der Telekommunikations-, Erdöl- und Gas- sowie der Finanzindustrie.
Predict.io GmbH	Das Kernprodukt der Berliner Firma Predict.io ist ein Software Development Kit (SDK), welches es ermöglicht, die in Smartphones vorhandenen Sensoren und die dort einzusammelnden Daten zu erfassen. Sobald das SDK aktiviert wird, können die Rohdaten über die Smartphone-Sensoren eingelesen und mittels der SDK ausgewertet und Muster erkannt werden.
Teraki GmbH	Das Berliner IoT-Startup Teraki GmbH ist Anbieter einer Softwarelösung für den effektiven Umgang von Sensordaten, die im IoT entstehen. Die Softwarelösung erlaubt eine Selektion und Filterung relevanter Daten, was eine deutliche Reduzierung des empfangenen Datenvolumens und damit eine Beschleunigung der Datenübertragung ermöglichen soll. Letztlich soll dadurch auch der Energieverbrauch von Endgeräten gesenkt werden.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

4.3 IoT-Anwendungsfelder

4.3.1 Produktion

Die Integration von Produktionsanlagen in das IoT ist die technologische Voraussetzung für die Realisierung der Industrie 4.0. Dabei können Sensoren in der gesamten Produktionsumgebung (Werkshallen, Anlagen, Maschinen, Werkzeuge) installiert werden. Die so entstehenden Daten über die Maschinenzustände und Betriebsumgebung können in das IoT eingespeist, gesammelt und bewertet werden. Dadurch kann eine Optimierung von Produktionsabläufen, z. B. durch die vorausschauende Instandhaltung von Maschinen und Anlagen, herbeigeführt werden. Mit dem IoT sollen „Smart Factories“ entstehen, die mit weniger Personal immer kürzere Produktzyklen bei gleichzeitig steigenden Produktvarianten in kleinen Losgrößen ermöglichen („Losgröße 1“)¹⁸.

Auf dem Gebiet der Instandhaltung sind im Zuge der Digitalisierung in den letzten Jahren vielfältige neue Ansätze entstanden. Die reaktive Instandhaltungsstrategie ist die bekannteste und älteste Form der Instandhaltung: Störungen werden behoben, nachdem sie aufgetreten sind, wobei die Fehlerursachen und der Zustand der Anlage nicht systematisch erfasst werden. Da der Ausfall von geschäftskritischen Anlagen erhebliche Kosten verursachen kann, führen viele Betreiber von Industrieanlagen

präventive Instandhaltungsmaßnahmen durch. Dabei werden mittlere Betriebsdauern zwischen Anlagenausfällen ermittelt und regelmäßige Wartungen durchgeführt. Diese Form der Instandhaltung, bei der Daten noch keine wichtige Rolle spielen, ist relativ günstig und erhöht die Anlagenverfügbarkeit gegenüber der reaktiven Instandhaltung. Mit der zustandsbasierten Instandhaltung (condition monitoring) werden Daten aus dem laufenden Betrieb einer Anlage gesammelt und in Echtzeit ausgewertet, so dass Störungen rechtzeitig angezeigt werden können. Sensoren erfassen die Abnutzung kritischer Bauteile einer Maschine und senden diese Informationen an eine Software-Plattform. Mit der vorausschauenden Instandhaltung können auf Basis dieser Daten auch zukunftsgerichtete Aussagen über den Anlagenbetrieb getroffen werden. Zu den neuesten Entwicklungen gehören prognostische Ansätze. Diese ermöglichen Prognosen über zukünftige Anlagenausfälle. Sie basieren dabei auf der Grundlage von Prozessdaten (z. B. Drehzahl, Geschwindigkeit, Temperatur, Druck) und Zustandsdaten (z. B. Schwingungsdaten, Schmierstoffdaten und Gehäusetemperatur) aus Maschinen und Anlagen. So können präventive Maßnahmen zur Vermeidung von Stillständen und Fehlfunktionen getroffen und damit Kosten eingespart werden¹⁹.

¹⁸ Pinnow, C. (2015).

¹⁹ Von Plate, M. (2015).

Tabelle 8

Ausgewählte Anbieter von IoT-Diensten in der Produktion

Unternehmen	Kurzbeschreibung
Beckhoff Automation GmbH & Co. KG	Das Unternehmen Beckhoff Automation, mit Hauptsitz in Verl und einer Entwicklungsabteilung in Berlin, ist Anbieter von Automatisierungs- und Steuerungstechnik für die Industrie und die Gebäudeautomation, einschließlich PC-basierter Steuerungstechnik und Fernwartungsdienste über das IoT.
Cassantec AG	Das Unternehmen Cassantec AG, mit Standorten in Zürich und Berlin, ist auf die Entwicklung von Software-Lösungen für die zustandsbasierte Wartung von Industrieanlagen spezialisiert. Auf der Grundlage von prognostischen Berichten entwickelt Cassantec Problemlösungen, die die Restlebensdauer von Anlagenkomponenten, die häufigsten potentiellen Störungen von Anlagen sowie den Zeitpunkt, an dem Komponenten ausfallen, diagnostizieren ²⁰ .
Factor-E Analytics GmbH	Das Berliner Gründungsunternehmen Factor-E Analytics GmbH entwickelt und vertreibt Lösungen für die digitale Vernetzung von Fertigungsanlagen. Leistungsdaten von z. B. Anlagen werden über die Echtzeiterfassung und Auswertung von Stromsignalen abgelesen. So können Schwachstellen und Ineffizienzen frühzeitig identifiziert und der Energieverbrauch reduziert werden.
GE Power Conversion GmbH	GE Power Conversion GmbH, Tochter von GE Inc., bietet neben der Entwicklung und Fertigung von Prozesssteuerungs- und Automatisierungssystemen, Leistungselektronik sowie modernen Antrieben und Generatoren, Fernwartungsleistungen in verschiedenen Märkten an (z. B. Öl/Gas, Offshore, Produktion).
Harting AG & Co. KG	Die Harting Technologiegruppe mit Hauptsitz in Espelkamp ist Hersteller und Entwickler von Industriesteckverbindern, Kabeln, Netzanschlusstechnik und RFID-Technologien. Am Berliner Standort im Gründungs- und Technologiezentrum Adlershof werden Technologien entwickelt, die vorrangig für Embedded Systems eingesetzt werden ²¹ .
InSystems Automation GmbH	Insystems Automation GmbH ist auf Automatisierungslösungen bei Industrieanlagen spezialisiert. Das Leistungsportfolio umfasst die Projektierung, Programmierung und Inbetriebnahme von automatisierten Industrieanlagen sowie Dienstleistungen für automatisierte Produktionsanlagen und die Integration von RFID-Technologien.
R3 - Reliable Realtime Radio Communications GmbH	Das Berliner Gründungsunternehmen Reliable Realtime Radio Communications GmbH ist auf die Entwicklung von Echtzeit-Funkkommunikationssystemen spezialisiert. Die Firma entwickelt u. a. Übertragungslösungen für Smart Factories in Zusammenarbeit mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie.
Schleicher Electronic GmbH	Schleicher Electronic GmbH ist Anbieter von Automatisierungslösungen für den Maschinen- und Anlagenbau. Mit der Software „GRED“ können die Kosten und Speicheranforderungen für sogenannte Retain-Daten, die eine wichtige Rolle bei Automatisierungslösungen spielen, reduziert und größere Datenmengen in Echtzeit verarbeitet werden.
Skysense Inc.	Skysense Inc, mit Standorten in San Francisco und Berlin, ist auf die Entwicklung von Ladestationen für Drohnen sowie auf vollautomatisierte Inspektionsdienste, die von Drohnen ausgeführt werden, spezialisiert. Durch den Einsatz von Drohnen soll bspw. die Reparatur von Anlagen vereinfacht werden.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

20 Von Plate, M. (2015).

21 Kaufmann, T. (2015).

4.3.2 Logistik

Auch in der Logistikwirtschaft bietet das IoT zukunftsweisende Anwendungsmöglichkeiten. Optimierungspotenziale ergeben sich sowohl innerhalb des Werkgeländes als auch auf Transportwegen zu weiterverarbeitenden Betrieben oder Endkunden. Durch den Einsatz von Auto-ID-Verfahren (z. B. RFID-Chips) werden Ladungsträger, Fahrzeuge, Werkstücke und Waren eindeutig identifizierbar. Mit Hilfe von Telematik-Modulen lässt sich die Position dieser Gegenstände in Echtzeit überwachen. Materialflüsse innerhalb des Werkgeländes lassen sich so optimieren und unnötige Stillstandzeiten reduzieren bzw. vermeiden. Außerhalb des Werkgeländes lassen sich über die Echtzeit-Überwachung der Position von Fahrzeugen und Waren der Wareneingang sowie Fertigungs- und Transportaufträge von Herstellern genauer planen²².

Die Anwendungsmöglichkeiten von IoT-Diensten gehen weit über die passive Übermittlung des Ortes der Waren hinaus.

Für die Steuerung von logistischen Prozessen markiert das IoT den Übergang von einer zentralen Fremdsteuerung hin zu einer dezentralen Selbstorganisation von logistischen Netzen. So ist zukünftig denkbar, dass Waren und Güter ihren Weg im IoT gewissermaßen „selbstständig“ finden. An Knotenpunkten in intelligenten Logistiknetzen wird flexibel über den günstigsten Weg des Weitertransports entschieden. So können Waren, unter Hinzunahme von „Intelligenz“, Informationen erfassen und bei Komplikationen ihre Transportwege anpassen. Intelligente Produkte können zudem über den bevorstehenden Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums informieren und auf die Notwendigkeit einer Neubestellung hinweisen. Eine wesentliche Voraussetzung für selbststeuernde logistische Netze besteht darin, Objekte mit „Intelligenz“ bzw. mit Sensoren, Aktoren, Funkmodulen und Informationsverarbeitungskapazität auszustatten²³.

Tabelle 9

Ausgewählte Anbieter von IoT-Diensten in der Logistik

Unternehmen	Kurzbeschreibung
ESYS GmbH	Das Berliner Elektrotechnikunternehmen ESYS GmbH ist Anbieter von batteriebetriebenen Langzeit-Miniatur-Datenlogger/Sensoren für Temperatur, Feuchte, Bewegung, Beschleunigung, Schock und Lage sowie von Diensten zur mobilen Echtzeitüberwachung, Ortung und Navigation für und von Personen und Objekten innerhalb und außerhalb von Gebäuden (GPS-, WLAN und Funkbojentechnologie).
Handfleet	Das Berliner Startup Handfleet entwickelt Anwendungen zur Überwachung von Fahrzeugflotten, welche über den App Store und Play Store als mobile Anwendung bezogen werden können.
KoolZone Tracking Systems GmbH	KoolZone Tracking Systems GmbH, mit Unternehmenssitzen in Berlin und London, ist auf intelligente Überwachungsdienste für die Kühlung und Aufbewahrung von pharmazeutischen Produkten und Nahrungsmitteln spezialisiert. Auf der Grundlage von cloud-basierten und Echtzeit-Monitoring-Lösungen kann die Veränderung der Temperatur in Kühlungssystemen überwacht werden.
Slock.it UG	Slock.it ist Anbieter eines intelligenten Schlosses für die Sharing-Economy, welches eine Abrechnung auf Blockchain-Basis ermöglicht.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

²² Kaufmann, T. (2015).

²³ Brand et al. (2009).

4.3.3 Einzelhandel

IoT-Anwendungsgebiete lassen sich im Einzelhandel sowohl im stationären Einzelhandel als auch im Onlinehandel identifizieren. Im stationären Handel lassen sich Anwendungsszenarien in der Logistik, im Marketing und auf den Verkaufsflächen unterscheiden. RFID-Tags spielen zur Realisierung von IoT-Lösungen im Einzelhandel eine wichtige Rolle. So lassen sich RFID-Tags mit relativ wenig Aufwand in Containern oder Kleidung unterbringen. Beim Passieren eines Lesegeräts können relevante Informationen registriert bzw. abgelesen werden. Mittels Sensoren, die in Regalen und Etiketten eingesetzt werden, lassen sich in Echtzeit Informationen über Warenbestände ermitteln, auf mobilen Endgeräten anzeigen und entsprechende Maßnahmen treffen. IoT-Anwendungen können so zu Effizienzsteigerungen im Warenbestand beitragen und somit die Kundenzufriedenheit erhöhen. So kann z. B. gewährleistet werden, dass Produkte stets in der gewünschten Menge vorrätig sind. Aber auch das Finden von Waren innerhalb von Einkaufsläden kann mittels IoT-Anwendungen erleichtert und beschleunigt werden. Mit dem Einsatz von sensorbasierten Kontrollen, digitalen Schnittstellen, Cloud-Plattformen und geeigneten Analysemethoden lassen sich vielfältige weitere Anwendungen im Einzelhandel erschließen²⁴.

Sogenannte Beacons spielen eine wichtige Rolle bei der Umsetzung von IoT-Diensten im Einzelhandel. Beacons bezeichnen Minisender, die auf einer verbesserten Blue-Tooth Funktechnologie basieren. Dabei ist die Reichweite der Beacons bisher mit

10 bis 50 Meter relativ gering. Allerdings sind auch der Energieverbrauch sowie die Kosten des Datentransfers durch Beacons relativ niedrig. Für größere Datenmengen sind Beacons nicht konzipiert, da die Übertragungsraten zu niedrig sind. Die Übertragung erfolgt über Bluetooth Low Energy (BLE), wodurch eine Datenübermittlung und -abfrage ermöglicht werden. Beacons gelten vor allem im Einzelhandel als Katalysator für eine personalisierte und kontextualisierte Ansprache von Konsumenten. Mit Hilfe von Beacons sollen in Verkaufsläden lokalisierbare und ortsabhängige Angebote auf Smartphones oder Tablets gesendet werden. Durch Einsatz der Beacon-Technologie kann das Kaufverhalten von Kunden im stationären Einzelhandel besser nachvollzogen werden. Ein weiteres Anwendungsfeld stellt die Navigation innerhalb von Gebäuden dar.

Aber auch außerhalb der Ladenverkaufsverfläche bieten IoT-Technologien neue Anwendungsfelder für konventionelle Produkte. So können Kunden bereits in die Entstehung von Produkten eingebunden werden und auch während der Nutzung der Produkte über digitale Schnittstellen mit dem Anbieter verbunden werden. Die Analyse von Echtzeitdaten ermöglicht es den Einzelhändlern, lokationsbasierte und kundenindividuelle Produkte anzubieten sowie die Mitarbeitenden zielgerichteter einzusetzen, die richtigen Produkte an den relevantesten Plätzen einzusortieren oder Werbeanzeigen noch zielgerichteter zu platzieren²⁵.

Tabelle 10

Ausgewählte Anbieter von IoT-Diensten im Einzelhandel

Unternehmen	Kurzbeschreibung
BEACONinside GmbH	Das Berliner Gründungsunternehmen BEACONinside ist Technologieanbieter für maßgeschneiderte iBeacon Lösungen für Handel, Industrie und Dienstleistungsunternehmen. Neben Beacons umfasst das Leistungsangebot der Firma ein Beacon Management System.
MiNODES GmbH	Das Berliner Big-Data Startup MiNODES ist Anbieter einer Plattform für die Kunden- und Marketingdaten-Analyse im Einzelhandel. Mit Hilfe der Plattform sollen Ladenflächen und Marketingmaßnahmen optimiert werden.
Sensorberg GmbH	Das 2013 gegründete Berliner IoT-Startup Sensorberg GmbH ist auf das Management einer cloud-basierten Beacon Plattform sowie auf die Bereitstellung der Beacon-Infrastruktur spezialisiert. Eine Open Source Beacon Management Plattform wurde im Jahr 2015 veröffentlicht.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

²⁴ E-Commerce Magazin (2017); Schlüsener, K., Wester, M. (2016).

²⁵ E-Commerce Magazin (2017); Tellkamp, C., Kubach, U. (2005).

4.3.4 Gesundheit, Lifestyle und Wearables

Auch in der Gesundheitswirtschaft bieten sich für intelligente Produkte und Dienstleistungen vielfältige Anknüpfungspunkte²⁶. „Wearables“ bezeichnen elektronische Geräte, die in miniaturisierter Form in Kleidung, Armbanduhren und Schmuckstücke eingebaut und in den Alltag des Nutzers integriert werden. Diese Gadgets können in der Gesundheit und

Vorsorge (z. B. digitale Blutzucker- und Blutdruck-Messgeräte) sowie im Sport (in Form von Fitness-Armbändern zum Tracken der Bewegungen) Anwendung finden. Auf diese Weise entsteht eine zunehmende Verzahnung von Unternehmen aus den Bereichen Sport, Lifestyle, Medizin und Technologie²⁷.

Tabelle 11

Ausgewählte Anbieter von IoT-Diensten in der Gesundheitswirtschaft

Unternehmen	Kurzbeschreibung
Biotronik SE & Co. KG	Die Berliner Firma Biotronik bietet mit den Home Monitoring Services die Möglichkeit, Implantatpatienten (Herzschrittmacher) durch Ärzte fernzubetreuen. Informationen über den Herzzustand werden von einem Implantat an ein Patientengerät gesendet (CardioMessenger). Die Daten werden wiederum von dem CardioMessenger über das Mobilfunknetzwerk an das Home Monitoring Service Center (HMSC) weitergeleitet. Im HMSC werden die Daten ausgewertet und Ärzten über eine geschützte Website zur Verfügung gestellt. So wird eine kontinuierliche Überwachung des Gesundheitszustandes des Patienten ermöglicht. Bei einer Zustandsverschlechterung können entsprechende therapeutische Interventionen schneller eingeleitet werden.
GETEMED Medizin- und Informationstechnik AG	GETEMED ist Anbieter von Langzeit-EKG-Systemen und Home-Monitoring-Diensten. Das Leistungsportfolio umfasst u. a. tragbare Geräte. Unter der Bezeichnung VitaGuard werden Geräte angeboten, die die Herzfrequenz, Atmung und Sauerstoffsättigung überwachen können.
MCS Datalabs GmbH	MCS ist ein im Jahr 2012 gegründetes Berliner Technologieunternehmen mit Entwicklungsfokus auf Wearable Technologies, Internet of Things, IP-Based Communication, Software-Applikationen und Big Data Analytics insbesondere in der Gesundheitswirtschaft.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

²⁶ Jain, S.H. (2015); McKinsey Global Institute (2015).

²⁷ Steimel, S., Steinhaus, I. (2017).

4.3.5 Energie

Bei der Sicherung einer zukunftsfähigen Energieversorgung spielen moderne Informations- und Kommunikationstechnologien eine Schlüsselrolle. Die verstärkte elektronische Vernetzung von Komponenten und Nutzern im Energiesystem kann nicht nur in Wohnungen und Häusern erhebliche Effizienzsteigerungen bewirken (z. B. durch Smart Metering), der Einsatz von modernen Informations- und Kommunikationstechnologien stellt gleichzeitig die Grundlage für die Realisierung von intelligenten Netzen (Smart Grids) im „Internet der Energie“ dar. Die intelligente Vernetzung von Erzeugungsanlagen, Netzkomponenten, Verbrauchsgeräten und Nutzern ermöglicht den Informationsaustausch im Energiesystem und die selbstständige Koordinierung von Informations- und Energieflüssen. Mit der Realisierung des Internets der Energie wird das bisherige Energienetz mit passiven, informationsarmen Komponenten zu einem dezentral organisierten System weiterentwickelt, in

dem sich neue Chancen für Energie- und Optimierungsdienstleistungen ergeben. So kann der Einsatz von IoT-Technologien das Zusammenspiel von Energieangebot und Energienachfrage verbessern und zu einer verbesserten Systemstabilität und -qualität beitragen. Dabei erfordert die vermehrte - Schwankungen unterliegende - Energieerzeugung von erneuerbaren Energien intelligente Netze, die in der Lage sind, die Erzeugung, Verteilung und Speicherung von Energie zu koordinieren. Mit intelligenten Netzen kann die Energiezufuhr aus einer Vielzahl von dezentralen Quellen effektiv und bedarfsgerecht gesteuert werden. Gleichzeitig ergeben sich für Privatkunden, öffentliche Einrichtungen und Unternehmen durch den Einsatz von energetisch optimierender Hausautomation und Smart Metering Einsparungsmöglichkeiten im Energieverbrauch sowie die Möglichkeit, Engpasssituationen und Lastspitzen zu vermeiden²⁸.

Tabelle 12

Ausgewählte Anbieter von IoT-Diensten im Bereich Energie

Unternehmen	Kurzbeschreibung
Convia GmbH	Convia GmbH ist auf die Entwicklung von Hard- und Softwarelösungen im Bereich der Energieeffizienz und Energiemanagement spezialisiert.
Dr. Riedel Automatisierungstechnik GmbH	Dr. Riedel Automatisierungstechnik GmbH ist auf die Entwicklung von Energiemanagement-Lösungen und die Gebäudeautomatisierung spezialisiert.
KT-Elektronik GmbH	KT-Elektronik GmbH ist Anbieter von mikroprozessorengesteuerten Geräten, die in erster Linie in der Heizungstechnik und der Gebäudeautomation Verwendung finden.
Skytron Energy GmbH	Skytron Energy GmbH ist Anbieter von Steuerungs- und Überwachungssystemen von Photovoltaikanlagen.
SmartB Energy Management GmbH	SmartB Energy Management GmbH ist Anbieter einer intelligenten Echtzeit-Energiemetering und -monitoringlösung, die dazu geeignet ist, die kontinuierliche Analyse der gemessenen Stromdaten in Gewerbeimmobilien zu automatisieren.
Umetriq Metering Services GmbH	Umetric Metering Services GmbH ist Anbieter von intelligenten Messsystemen. Die 100-prozentige Tochtergesellschaft der GASAG Berliner Gaswerke AG ist auf die Erbringung von Messdienstleistungen für die Sparten Strom, Gas, Wasser und Wärme spezialisiert.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

4.3.6 Mobilität

Mit der verbesserten Überwachung von Verkehrsdaten, Verkehrsströmen und des Zustands von Verkehrsmitteln, wie Autos, Zügen oder Flugzeugen, können IoT-Technologien zu einer wesentlichen Verbesserung der Mobilität beitragen. So können Staus vermieden werden und es kann für mehr Sicherheit im Verkehr gesorgt werden. Gleichzeitig entstehen vielfältige Potenziale in der Entwicklung neuer Dienste auf Basis von Fahrzeugdaten. Hier ermöglichen IoT-Technologien sowohl eine Vernetzung zwischen Fahrzeugen untereinander als auch mit der Verkehrsinfrastruktur und anderen Mobilitäts- und Unterhaltungsanbietern. Unter dem Stichwort „vernetztes

Auto“ befinden sich derzeit unterschiedliche Plattformen, wie etwa von Unternehmen wie Alphabet/Google und BMW in der Entwicklung. Auf der Grundlage von Navigationsdaten und der Bereitstellung von Unterhaltungsangeboten erschließen diese Plattformen neue Geschäftschancen an der digitalen Kundenschnittstelle. Klassische Fahrzeuganbieter wie Daimler werden so zu Auto- und Mobilitätskonzernen mit neuen digitalen Angeboten²⁹. Darüber hinaus existieren zahlreiche Unternehmen, die IoT-ähnliche Dienste anbieten, bei denen entweder Smartphones als Sensor eingesetzt (ParkTAG, ally) oder betriebsinterne Daten (z. B. Fahrzeugstandorte) visualisiert werden (BVG, DB).

Tabelle 13

Ausgewählte Anbieter von IoT-Diensten im Bereich Mobilität

Unternehmen	Kurzbeschreibung
ATS Advanced Telematic Systems GmbH	ATS Advanced Telematic Systems ist ein Berliner Softwareunternehmen, das datenbasierte Lösungen rund um Connected Cars entwickelt. Mit der ATS Garage, die auf offenen Standards und einer Open Source-Technologie basiert, bietet das Unternehmen eine SaaS-Plattform speziell für die Anforderungen von Mobilitätsunternehmen an.
coModule GmbH	CoModule entwickelt IoT-Lösungen in Form von Hardware und Software für leichte elektrische Fahrzeuge. Die Hardware ermöglicht die Überwachung des Fahrzeugs und die Erfassung von Umweltdaten, die wiederum zurück auf ein Smartphone des Nutzers gesendet werden. Mit einer mobilen Anwendung können Nutzer Rückschlüsse über die Reichweite des Fahrzeugs und den Zustand der Batterien ziehen. Zur Verbesserung der Produktentwicklung durch Feedback vom Endkunden können die Daten des Fahrzeugs auch zum Hersteller des Fahrzeugs gesendet werden.
HERE Deutschland GmbH	Here, die ehemalige Tochter des finnischen Konzerns Nokia, die im Jahr 2015 von Audi, BMW und Daimler übernommen wurde, ist Anbieter eines Online-Kartendienstes und eines Navigationsprogrammes.
IAV GmbH	IAV ist Anbieter für Entwicklungsdienstleistungen für Fahrzeugsensorik und das vernetzte Fahrzeug.
Naventics GbR	Naventics GbR entwickelt Lösungen für die Steuerung und die Lokalisierung von Geräten oder Fahrzeugen aus der Distanz unter Einsatz eigener Sensor-Elektronik (u. a. Beschleunigungssensoren, Magnetfeldsensoren), Computer-Hardware und Visualisierungs-Software.
Ubitricity Gesellschaft für verteilte Energiesysteme mbH	Das Berliner Unternehmen ubitricity Gesellschaft für verteilte Energiesysteme mbH ist Anbieter von mobilen und intelligenten Stromzählern.
Vimcar GmbH	Vimcar ist Anbieter eines digitalen Fahrtenbuchs. Kernstück des Produktes ist eine Fahrbuchsoftware für iOS, Android oder Browser, mit welcher Fahrtdaten aus dem Auto eingelesen und weiterverarbeitet werden.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

²⁹ Siehe auch Forchert, C.E., Viebranz, T. (2016).

4.3.7 Smart Home

Smart Home ist ein Sammelbegriff für das IoT im Heimbereich. Unter Smart Home wird die Vernetzung von technischen Komponenten innerhalb des Hauses und der Wohnung verstanden, die dazu dienen, die Wohn- und Lebensqualität sowie die Sicherheit zu verbessern und die effiziente Energienutzung zu erhöhen. Von der Küche bis zum Garten und Wohnzimmer werden Alltagsgegenstände durch die digitale Aufrüstung intelligent und z. B. durch Smartphones steuerbar. Die mit Sensoren

ausgestatteten Haushaltsgeräte oder Audio- und Multimedia-player können hierbei von einer zentralen Stelle und aus der Ferne gesteuert werden. Haushaltsgeräte werden in die Lage versetzt, wichtige Informationen über ihren Status zum Smartphone oder Tablet-PC zu übermitteln. So können intelligente Thermostate dafür sorgen, dass nur geheizt wird, wenn der Bewohner auch zu Hause ist. Eine derartige Steuerung kann erhebliche Energiekosteneinsparungen bewirken³⁰.

Tabelle 14

Ausgewählte Anbieter von IoT-Diensten im Bereich Smart Home

Unternehmen	Kurzbeschreibung
AVM GmbH	Neben der FRITZ BOX, welche als Heimzentrale für DSL, Kabel und LTE eingesetzt werden kann, bietet AVM weitere Produkte für das Smart Home an. Hierzu gehört FRITZ! DECT zur Messung und Auswertung der Stromzufuhr angeschlossener Geräte.
Bird Home Automation GmbH	Die Berliner Firma Bird Home Automation GmbH ist Anbieter einer intelligenten Türklingel. Mit Hilfe von Gegensprechanlagen, die mit Videokamera und WLAN-Anschluss ausgestattet werden und mit Smartphones oder Tablets verbunden sind, lassen sich Haustüren auch aus der Ferne öffnen.
BuddyGuard UG	Das Berliner Startup BuddyGuard UG ist Anbieter eines Sicherheitssystems für das Smart Home.
Casenio AG	Casenio AG ist Anbieter eines Ambient-Assisted-Living Systems für Menschen mit Assistenzbedarf. Die von Sensoren registrierten Zustände in der Wohnung (z. B. Bewegung, Temperatur, Rauchbildung) werden in einer Hauszentrale gebündelt und über eine Internetverbindung im Rechenzentrum von der Casenio AG ausgewertet und interpretiert. So kann frühzeitig über Gefahren informiert werden.
Kiwi.ki GmbH	Mit der Zuhilfenahme von Funktechnik ermöglicht das System der Berliner Firma Kiwi.ki GmbH das schlüssel- und berührungslose Entriegeln von Türen. Ein Transponder, der über einen RFID-Chip verfügt, sendet ein Signal an eine Platine im Eingangsbereich, welche den Zugangscod prüft und ggf. einen Türöffner aktiviert. Eine Webanwendung ermöglicht zudem eine Entriegelung aus der Ferne.
ZP Zuhause Plattform GmbH	Das Berliner Unternehmen ZP Zuhause Plattform GmbH ist Anbieter unterschiedlicher Smart Home Dienste. In dem sogenannten ZP-EcoSystem werden verschiedene Funktionen, darunter insbesondere die intelligente Wärmesteuerung auf Raumbene, eine Wärmeabrechnung mit Echtzeit-Verbrauchsfeedback sowie eine Fernüberwachung der Heizungsanlage, vereint.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

30 Erbstößer, A.C. (2014).

4.3.8 Smart City

In Städten eröffnet die Einführung von IoT-Technologien neue Anwendungsmöglichkeiten in der Vernetzung von Infrastrukturen und Ressourcen³¹. Mit vernetzten Sensorsystemen können Echtzeit-Daten wie etwa zum CO₂-Ausstoß, zur Verkehrslage sowie zur Luft- und Wasserqualität erhoben und verfügbar gemacht werden. So können z. B. Verkehrsströme innerhalb von Städten durch intelligente Verkehrsleitssysteme und Fahrpläne optimiert werden. Mit dem Einsatz von sensorgestützter Zustandsüberwachung bei städtischen Infrastrukturen, wie der öffentlichen Beleuchtung und Lichtsignalanlagen, sind zudem erhebliche Einsparungspotenziale verbunden.

Die digitale Vernetzung innerhalb von Städten wird unter dem Sammelbegriff „Smart City“ zusammengefasst und im Rahmen der DKE/DIN Normungs-Roadmap definiert. Demnach bezeichnen Smart Cities „einen Siedlungsraum, in dem systemisch (ökologisch, sozial und ökonomisch) nachhaltige Produkte, Dienstleistungen, Technologien, Prozesse und Infrastrukturen eingesetzt werden, in der Regel unterstützt durch hochintegrierte und vernetzte Informations- und Kommunikationstechnologien“³². Aufgrund der zahlreichen Überschneidungen des Smart City Begriffs mit IoT-Anwendungsbereichen wie etwa Produktion, Mobilität, Logistik und Gesundheit, wurden Smart City Anwendungen bei den statistischen Auswertungen im Unterkapitel 4.1 nicht als eigenständige Kategorie ausgewiesen.

Tabelle 15

Ausgewählte Anbieter von Anwendungen im Bereich Smart City

Unternehmen	Kurzbeschreibung
Alliander AG	Alliander AG mit Sitz in Berlin ist eine hundertprozentige Tochter des niederländischen Netzbetreibers Alliander AV. Zu den Geschäftsfeldern des Unternehmens zählen der Betrieb von Strom- und Gasversorgungsnetzen, öffentlicher Beleuchtung und Lichtsignalanlagen sowie E-Mobilität, intelligente Energienetze und Smart Metering.
e*Message Wireless Information Services Deutschland GmbH	e*Message ist als Mobilfunknetzbetreiber auf sichere mobile Kommunikationslösungen spezialisiert. Je nach Anforderung werden unterschiedliche Meldeempfänger zum Empfang von e*Message-Diensten eingesetzt, darunter Numerikempfänger sowie explosionsgeschützte Modelle mit integrierten RFID-Chips bis hin zu Rauchwarnmeldern mit integrierten e*Warn-Modulen. Anwendungsbereiche umfassen z. B. die Alarmierung von Bereitschaftsdiensten und technischen Servicekräften, Benachrichtigungen im Hofmanagement sowie die Energieverbrauchs- und Erzeugungssteuerung.
ICE Gateway GmbH	ICE Gateway GmbH ist Anbieter von intelligenten LED-Beleuchtungen einschließlich Kommunikations- und Steuerungselektronik für städtische Infrastrukturen und Industrieanlagen.
Osram AG	Osram AG, mit Hauptsitz in München und einem Standort in Berlin, ist Hersteller von Leuchtmitteln und -systemen für Spezialanwendungen sowie halbleiterbasierter Lichtprodukte. Im Bereich Smart City entwickelt Osram intelligente Lichtmanagementsysteme und Serviceleistungen für intelligente Städte, darunter Außenleuchten mit Parksensoren sowie Sensor- und Steuerungsbaukästen für intelligente Lichtlösungen in Industrie- und Bürogebäuden.
Selux AG	Die Selux AG stellt unter anderem Außenleuchten für die Stadtbeleuchtung her. Mit der multifunktionalen Lichtstele Lif lanciert Selux eine neue Generation der Lichttechnik für die Stadtbeleuchtung, in die intelligente Funktionen wie WLAN, Kameras und Lautsprecher ebenso integrierbar sind wie Schadstoffsensoren, Notruffunktionen, Werbedisplays oder eine Ladestation.

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

³¹ Erbstößer, A.C. (2013).

³² VDE (2014).

Gastbeitrag: Open Data in Berlin

In Berlin werden jeden Tag große Datenmengen erzeugt und verarbeitet. Viele dieser Daten sind von öffentlichem Interesse. Sie können dabei helfen, die Stadt besser zu verstehen und neue Dienste für Bürgerinnen und Bürger zu entwickeln. Bislang werden urbane Daten jedoch nur selten effizient genutzt. Meist liegen sie in isolierten „Silos“ über die Stadt verteilt, sind unzureichend verknüpft, unstrukturiert und schwer zugänglich. Mit dem Internet der Dinge und seinen intelligenten Objekten wird sich die Zahl verfügbarer Datenquellen noch einmal vervielfachen. Städte brauchen Strategien, wie sie mit dieser Datenflut umgehen und ihre digitale Zukunft gestalten wollen.

Denn eines ist klar: Daten sind längst zu einem wichtigen Element sozialer und ökonomischer Wertschöpfung geworden. Ein kürzlich veröffentlichter OECD-Bericht schlägt deshalb vor, neben Breitband- und Mobilfunknetzen auch die Datenbestände selbst als essentiellen Bestandteil digitaler Infrastrukturen zu betrachten.³³ Tatsächlich ist eine Grundversorgung mit relevanten Daten längst für viele Menschen unerlässlich. Wer sich via Smartphone über das Wetter, die nächste ÖPNV-Verbindung oder die aktuelle Verkehrslage informiert, ist auf Daten angewiesen, die irgendwo erhoben, gespeichert und gepflegt werden müssen. Häufig übernehmen private Unternehmen diese Aufgabe, aber zunehmend stellt sich die Frage, welche Rolle die öffentliche Hand im Aufbau und Erhalt von Dateninfrastrukturen spielen kann und soll.

Schließlich ist Datenmanagement ein Kerngeschäft öffentlicher Verwaltungen. Die „Statistik“ verdankt sogar ihren Namen noch den Wurzeln in der Staatswissenschaft. Und bis heute gilt, dass wohl kaum jemand mehr Informationen über eine Stadt erhebt und verwaltet, als die Sachbearbeiter in den Rathäusern und Ministerien. Diese Arbeit des Datensammelns und -verwertens verändert sich im Digitalzeitalter in zweierlei Hinsicht: Erstens erlauben die vernetzten Sensorsysteme des Internet of Things einen Übergang von stichprobenartigen Erhebungen zum Real-Time-Management. Und zweitens wächst der Druck, die mit Steuergeldern erhobenen Daten auch öffentlich zugänglich machen, weil in ihnen ein enormes Innovationspotenzial schlummert.³⁴

Eine Vielzahl von Akteuren fordert heute Zugriff auf öffentliche Datenbestände: Wissenschaftseinrichtungen, die Daten

zu Forschungszwecken nutzen wollen; zivilgesellschaftliche Initiativen, die gesellschaftliche Herausforderungen angehen möchten und mehr Mitbestimmung einfordern; und natürlich IT-Startups, die neue datenbasierte Dienstleistungen entwickeln.³⁵ Der Aufbau und Erhalt einer effizienten Dateninfrastruktur wird so zu einem wichtigen Standortfaktor. Die digitalen Services, die das Herzstück einer „Smart City“ ausmachen, setzen in aller Regel eine qualitativ hochwertige und gut zugängliche Datenbasis vor Ort voraus.

Das Land Berlin hat die Zeichen der Zeit erkannt und verfolgt bereits seit 2011 eine „Open Data“-Strategie, der genau diese Idee zu Grunde liegt: Daten der öffentlichen Hand werden unter freier Lizenz zugänglich gemacht, um eine Weiternutzung zu fördern. Auch auf Bundesebene wurde kürzlich durch ein Open Data-Gesetz beschlossen, Rohdaten der Bundesverwaltung in maschinenlesbarer Form bereitzustellen. Im IoT-Kontext müssen wir dieses Vorgehen weiterdenken und von einer Praxis des bloßen Veröffentlichens bestehender Daten hin zu einer aktiven Gestaltung von Dateninfrastrukturen kommen. Wir müssen uns fragen, welche Daten wir zu welchen Zwecken erheben wollen, wie wir private Daten effektiv schützen und wie wir gleichzeitig möglichst vielen Bürgerinnen und Bürgern die Möglichkeit eröffnen, von öffentlichen Daten zu profitieren.

Wir können uns heute eine digitale Stadt vorstellen, in der IoT-Technologien von der öffentlichen Verwaltung genutzt werden, um mit passender Sensorik Echtzeit-Daten zu den Infrastrukturen und Ressourcen des städtischen Lebens zu erheben und verfügbar zu machen. Energieerzeugung und -verbrauch, CO₂-Ausstoß, Verkehrslage, Luft- und Wasserqualität – all das kann über entsprechende Schnittstellen sekundengenau abgefragt und für weitergehende Regelungen, Analysen und Prognosen verwendet werden. Aber wir müssen uns auch vor Augen halten, dass Transparenz, Mitbestimmung und Teilhabe mindestens ebenso wichtige Faktoren einer demokratischen Stadtgestaltung sind. Und eben dazu brauchen wir eine Berliner Dateninfrastruktur, die für alle Bürgerinnen und Bürger offen und anschlussfähig ist.

Dr. Benjamin Seibel

Data Driven Innovation
Technologiestiftung Berlin

³³ OECD (2015).

³⁴ Preische, J. (2014).

³⁵ Seibel, B. (2016).

4.4 Berliner Inkubatoren, Company Builder und Acceleratoren

Immer mehr DAX-Konzerne und ausländische Unternehmen engagieren sich in Inkubatoren oder Accelerator-Programmen in Berlin, um sich bereits frühzeitig den Zugriff auf Innovationen junger Firmen zu sichern³⁶. Auch im IoT-Bereich befinden sich deutschlandweit die meisten Inkubatoren und Accelerator-Programme in Berlin.

Tabelle 16

Ausgewählte Inkubatoren, Company Builder und Acceleratoren in Berlin

Inkubatoren, Company Builder und Acceleratoren
Atomleap
Berlin Hardware Accelerator
DB Accelerator Mindbox
Hub:raum
Microsoft Ventures Accelerator
Next Big Thing
OpenBerlin (Cisco Innovation Center)
ProSiebenSat.1 Accelerator
SAP Data Space
WattX

Quelle: IoT Analytics GmbH, eigene Darstellung

Die Inkubatoren der Deutschen Telekom (Hub:raum) sowie von SAP (Data Space) und der ProSiebenSat.1 Accelerator stellen entsprechende Angebote deutscher DAX-Konzerne dar. Aber auch multinationale Unternehmungen wie Cisco und Microsoft engagieren sich mit ihren Inkubatoren und Innovationszentren in Berlin. Die vergleichsweise hohe Gründungsaktivität im Berliner IoT-Umfeld wird durch diese Organisationen unterstützt.

Inkubatoren, Company Builder und Acceleratoren

Gegenüber dem klassischen Venture Capital stellen Inkubatoren, Company Builder und Acceleratoren umfangreichere Unterstützungsleistungen sowie Gewerberäume und technische Infrastrukturen für Startups zur Verfügung. Company Builder stellen eine besondere Form der Inkubationsfinanzierung dar, bei denen Startups ein rechtlich unselbstständiger Teil des Mutterkonzerns bleiben, bis sie über einen Exit verselbstständigt werden. Bei Acceleratoren wird die Unterstützungsleistung zeitlich stark begrenzt. Hier steht die Vermittlung von Grundlagen in einem fokussierten Training von wenigen Tagen oder Monaten im Mittelpunkt.

³⁶ Kahl, J., Scheuplein, C. (2016); Kawohl, J.M., Rack, O., Strnste, L. (2015).

5. Patentaktivitäten deutscher Unternehmen im internationalen Vergleich

Bei der Patentdatenanalyse deutscher Unternehmen sowie der in Deutschland ansässigen Unternehmen wurden neben der Anzahl der Patente mit IoT-Bezug unterschiedliche Indikatoren

verwendet, die in ein globales Ranking des IoT-Know-hows einfließen. Die in der Analyse verwendeten Indikatoren sind in Tabelle 16 beschrieben.

Tabelle 17

Indikatoren zur Bewertung des Patentaufkommens

Indikator	Beschreibung
Rang	Index aus den Indikatoren Technologie, Markt, Finanz, der ein globales Ranking des IoT-Know-how ermöglicht.
Technologie	Benchmark des technologischen Wertes einer Erfindung einer IoT-Organisation sowie dessen Einfluss auf globale Innovationsaktivitäten.
Markt	Ökonomische Tragweite einer Erfindung einer IoT-Organisation.
Finanz	Umfasst die gesamten Kosten, die mit dem Patentportfolio einer IoT-Organisation verbunden sind (z. B. in Form von Anmeldungs- und Wartungskosten).

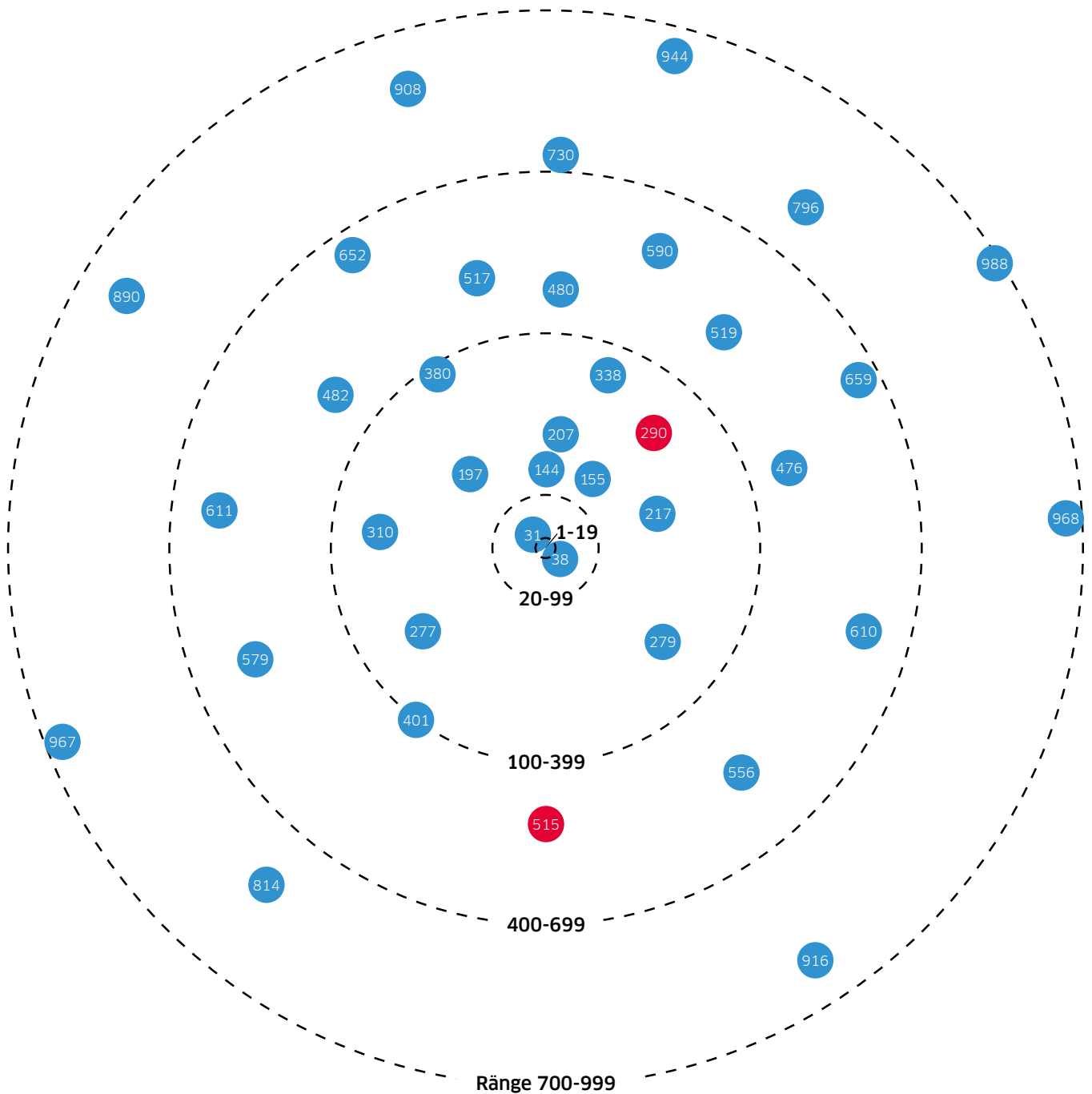
Quelle: Mapegy GmbH, eigene Darstellung

Die Auswertung der Patentaktivität zeigt, dass deutsche Firmen nicht zu den internationalen Vorreitern in der Entwicklung von IoT-Technologien gehören. Unter den 50 Unternehmen mit der weltweit höchsten Patentaktivität mit IoT-Bezug befinden sich mit Siemens und Robert Bosch lediglich zwei deutsche

Firmen. Unter den weltweit 1.000 patentstärksten Unternehmen sind es 37. Unter den zehn deutschen Unternehmen mit der höchsten Patentaktivität befindet sich lediglich ein Unternehmen aus Berlin; es überwiegen Anbieter aus Bayern und Baden-Württemberg.

Abbildung 7

Patentaktivitäten von IoT-Organisationen in ■ Berlin und ■ Deutschland im internationalen Vergleich (2016)



Quelle: Mapegy GmbH, eigene Darstellung

6. Hindernisse für die Verbreitung von IoT-Technologien

6.1 Innovatorenquote und Digitalisierungswellen

Zahlreiche Studien belegen das herausragende wirtschaftliche Potenzial, welches sich mit IoT-Technologien erschließen lässt. Relativ wenig ist hingegen über die aktuelle Verbreitung von IoT-Technologien in der Wirtschaft sowie über die Hemmnisse, die die Verbreitung von IoT-Technologien beeinträchtigen, bekannt.

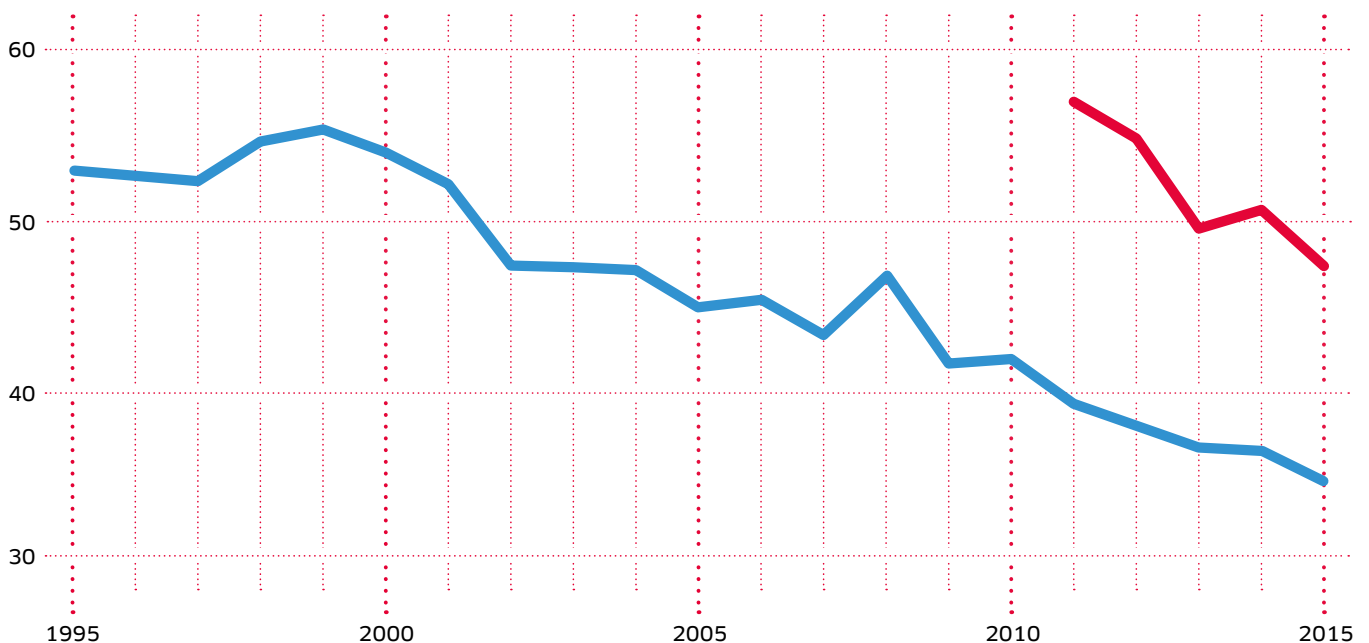
Um die Verbreitung von IoT-Technologien in der deutschen Wirtschaft insgesamt zu skizzieren, ist der Blick auf die Entwicklung der Innovatorenquote in den letzten zwei Jahrzehnten hilfreich. In Deutschland wie in Berlin ist die Innovatorenquote, d. h. der Anteil der Unternehmen, die in einem Referenzzeitraum von drei Jahren neue Produkte oder Prozesse eingeführt haben, seit mehreren Jahren rückläufig³⁷. Diesen Befund zeigen die Innovationserhebungen des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) und der Technologiestiftung Berlin

seit mehreren Jahren. Unter den Ursachen der rückläufigen Entwicklung der Innovatorenquote spielen unterschiedlich verlaufende Digitalisierungswellen eine wichtige Rolle.

In den Jahren 1996 bis 2001, die unter dem Begriff „New Economy“ zusammengefasst werden, wurde ein erster großer Digitalisierungsschub beobachtet, der eine Breitenwirkung in nahezu allen Branchen entfaltete. Sowohl in innovationsorientierten als auch in weniger innovationsorientierten Branchen eröffneten die Einführung von Internetauftritten, E-Commerce und elektronischer Kommunikation sowie die interne digitale Vernetzung vielfältige Möglichkeiten zur Entwicklung von neuen Produkten und Prozessen. Dabei waren das Risiko und die Kosten relativ gering³⁸.

Abbildung 8

Innovatorenquote in Berlin und Deutschland (1995-2015)



Quelle: ZEW, Technologiestiftung Berlin, eigene Darstellung

Ein vergleichbarer Technologieimpuls der gegenwärtigen Digitalisierungswelle, die vor allem mit IoT und Industrie 4.0 in Verbindung gebracht wird, lässt sich bisher noch nicht beobachten. Mit deutschlandweit weniger als 300 IoT-Organi-

sationen zeigen die Auswertungen dieses Berichts, dass die Mehrheit der deutschen Unternehmen noch nicht auf die Innovationsmöglichkeiten dieser Technologien zurückgreift³⁹.

³⁷ Rammer et al. (2017).

³⁸ Astor et al. (2016).

³⁹ Astor et al. (2016).

6.2 Datensicherheit und Datenschutz

In einer repräsentativen Befragung von über 1.600 Berliner Unternehmen zeigte die Berliner Innovationserhebung 2016, dass die Datensicherheit sowie der Datenschutz zu den größten Barrieren für die Verbreitung digitaler Technologien zählen⁴⁰. 26 % der Berliner Unternehmen sehen in der Datensicherheit eine große Barriere. Für 22 % der Berliner Unternehmen stellt der Datenschutz ein großes Hindernis bei der Digitalisierung dar. Aber auch bei Konsumenten stehen den großen Potenzialen von IoT-Technologien nachvollziehbare Bedenken beim Datenschutz gegenüber. So lassen sich zum Teil Sicherheits- und Datenschutzlücken bei den im Internet exponierten Geräten wie etwa Staubsaugern und Smart-TVs aufzeigen. Insbesondere

Embedded Systems erfahren selten oder nie Firmwareupdates, die wenigstens bekannt gewordene Sicherheitslücken schließen und unterliegen so ständig dem Risiko von Dritten als Teil von Botnetzen oder als Einfallstor in private Netze benutzt zu werden. Die Lösung dieser lange bekannten Herausforderungen durch die Hersteller sind mit einem erhöhten Aufwand in der Entwicklung solcher Geräte sowie im Kundendienst durch die Bereitstellung und idealerweise automatisierte Einspielung aktualisierter Firmware für ältere Geräte verbunden. Gleichzeitig lässt sich bei Nutzern keine Bereitschaft erkennen, zusätzliche Kosten für die Sicherung und Wartung der IoT-Geräte zu tragen.

6.3 Standards, Interoperabilität und Digitalisierungskompetenzen

In einem Fachworkshop mit Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft wurden die Herausforderungen und Hemmnisse, die die Verbreitung von IoT-Technologien beeinträchtigen, diskutiert. Eine wesentliche Herausforderung wurde von den teilnehmenden Unternehmen in dem relativ geringen Reifegrad von IoT-Basistechnologien gesehen. Gleichzeitig stellen die Unsicherheit über Standards und Schnittstellen wie auch die Interoperabilität von Geräten und Prozessen relevante Hemmnisse für die Verbreitung von IoT-Technologien dar. Zudem zeigten die Diskussionen in dem Fachworkshop, dass die Einführung von IoT-Technologien und Geschäftsmodellen

mit relativ hohen Kosten und einer relativ hohen Komplexität verbunden ist. Neben dem Aufbau von digitalen Infrastrukturen (Sensoren, Kundenschnittstellen, Cloud-Plattformen) müssen Unternehmen Kompetenzen im Bereich Softwareentwicklung, Datenvisualisierung und Datenanalyse entwickeln, um Wert aus Daten - dem Rohstoff der digitalen Geschäftsmodelle - zu extrahieren. Zudem erfordert die Entwicklung von IoT-Angeboten in vielen Fällen die Integration von Hardware und Software und damit eine Querschnittsorientierung, die bislang nur wenig verbreitet ist⁴¹.

⁴⁰ Kahl, J. (2017).

⁴¹ Westerlund et al. (2014).

7. Literatur

Andelfinger, V.P., Hänisch, T. (2015): Grundlagen: Das Internet der Dinge. In: Andelfinger, V.P., Hänisch, T. (Hrsg.): Internet der Dinge. Technik, Trends und Geschäftsmodelle, S. 9-75. Wiesbaden.

Astor, M., Rammer, C., Klaus, C., Klose, G. (2016): Innovativer Mittelstand 2025 – Herausforderungen, Trends, Handlungsempfehlungen für Wirtschaft und Politik. Basel, Mannheim.

A.T. Kearney (2016): The Internet of Things: A New Path to European Prosperity. Hamburg.

Atzori, L., Iera, A., Marabito, G. (2010): The Internet of Things: A Survey. In: Computer Networks, Vol. 54(15), 2787-2805.

BDI (2008): Internet der Energie. IKT für Energiemärkte der Zukunft. Berlin: BDI.

Bosch Software Innovations GmbH (2014): Connected World. White Paper Series. Part I: The Internet of Things Strategy. Berlin.

Boston Consulting Group (2017): Winning in IoT. It's all about the Business Process. Boston.

Brand, L., Hülser, T, Grimm, V., Zweck, A. (2009): Internet der Dinge – Perspektiven für die Logistik. Düsseldorf.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2007): European Policy Outlook RFID. Berlin.

Cisco Systems Inc. (2013): Internet of Everything (IoE) Value Index. How much Value are Private-Sector Firms Capturing from IoE in 2013? San Jose.

E-Commerce Magazin (2017). Internet der Dinge: Was bedeutet der Trend für den Einzelhandel? Online unter: <http://www.e-commerce-magazin.de/internet-der-dinge-was-bedeutet-der-trend-fuer-den-handel> (abgerufen am 1.11.2016).

Emmrich, V. et al. (2015): Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0. Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau: München, Stuttgart.

Erbstößer, A.C. (2013): Smart City. Urbane Technologien für Metropolen. Berlin.

Erbstößer, A.C. (2014): Smart Home Berlin. Von der Komfortzone zum Gesundheitsstandort. Berlin.

Expertenkommission Forschung und Innovation (2016): Gutachten 2016. Berlin.

Finkenzeller, K., Gebhart, M. (2012): RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC. München.

Forchert, C.E., Viebranz, T. (2016): Das Elektrofahrzeug als updatefähige Plattform. iVector Innovationsmanagement. Berlin.

Gartner (2016): Internet of Things. Online unter: <http://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/> (abgerufen am 02.12.16)

Giusto, D., Iera, A., Morabito, A., Atzori, L. (2010): The Internet of Things. Berlin.

Hellenschmidt, M., Wichert, R. (2007): Selbstorganisation: Dinge in eigenverantwortlicher Kooperation – eine Systemanalyse. In: Bullinger, H.J., Ten Hompel, M. (Hrsg.): Internet der Dinge, S. 91-106. Berlin, Heidelberg.

Internet Society (2015): The Internet of Things: An Overview. Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World. Reston.

Jain, S.H. (2015): How Pharma can offer more than pills. In: Harvard Business Review July 23, 2015.

- Kagermann, H. et al. (2014): Smart Service Welt. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Berlin.
- Kahl, J. (2017): Berliner Innovationserhebung 2016. Berlin.
- Kahl, J., Scheuplein, C. (2016): Berliner Venture Capital Report 2016. Impulse für die digitale Wirtschaft. Berlin.
- Kaufmann, T. (2015): Geschäftsmodelle in Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge. Der Weg vom Anspruch in die Wirklichkeit. Wiesbaden.
- Kawohl, J.M., Rack, O., Strnste, L. (2015): Status Quo Corporate Inkubatoren und Accelerator in Deutschland. Berlin.
- Mattern, F., Flörkemeier, C. (2010): Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge. In: Informatik-Spektrum, Vol. 33(2), S. 107-121.
- McKinsey Global Insitute (2015): The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype.
- OECD (2015): Data-driven Innovation for Growth and Well-being. What implications for Governments and Businesses? Online unter: <http://www.oecd.org/sti/ieconomy/PolicyNote-DDI.pdf> (abgerufen am 30.03.2017).
- Pinnow, C. (2015): Zukunft für den Mittelstand = Industrie 4.0 + Datensicherheit. In: Schäfer, S., Pinnow, C. (Hrsg.): Industrie 4.0. Grundlagen und Anwendungen. Branchentreff der Berliner Wissenschaft und Industrie, S. 125-136. Berlin.
- Preishe, J. (2014): Nutzen und Wertschöpfung durch Open Data für Berlin. Berlin.
- Rammer, C., Berger, M., Doherr, T., Hud, M., Hünermund, Y, Iferd, Y., Peter, B., Schubert T. (2017): Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2016. Mannheim.
- Seibel, B. (2016): Open Data in der Praxis. Bereitsteller und Anwender offener Daten in Berlin. Technologiestiftung Berlin.
- Schlüsener, K., Wester, M. (2016): Einfluss des Internet der Dinge auf den Einzelhandel. Essen.
- Schoch, T. (2005): Middleware für Ubiquitous-Computing-Anwendungen In: Fleisch, E., Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge. Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis, S. 119-140. Berlin.
- Steimel, B., Steinhaus, I. (2017): Neue Geschäftspotenziale mit Smart Services. Meerbusch: MIND.
- Tellkamp, C., Kubach, U. (2005): Automatische Produktidentifikation in der Supply Chain des Einzelhandels. In: Fleisch, E., Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge. Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis. Berlin, S. 225-250.
- Von Plate, M. (2015): Die Methodik für zustandsbasierte Restlebensdauerprognostik. In: Schäfer, S., Pinnow, C. (Hrsg.): Industrie 4.0. Grundlagen und Anwendungen. Branchentreff der Berliner Wissenschaft und Industrie, S. 137-148. Berlin.
- VDE - Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (Hrsg.) (2014): DKE/DIN ROADMAP Version 1.0. Die deutsche Normungs-Roadmap Smart City. Konzept. Frankfurt/Main,
- Vermesan, O., Harrison, M., Vogt, H., Kalaboukas, K., Tomasella, M., Wouters, K., et al. (2009). Internet of Things - Strategic Research Roadmap. Online Unter: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2011.pdf (abgerufen am 04.11.2016).
- Westerlund, M., Leminen, S., Rajahonka, M. (2014). Designing business models for the internet of things. Technology Innovation Management Review, 4(7), 5-14.

Die Technologiestiftung Berlin engagiert sich für die Entwicklung Berlins zur Hauptstadt der Digitalisierung. Sie macht die Chancen und Perspektiven deutlich, die mit dem technologischen Fortschritt verbunden sind und formuliert Handlungsempfehlungen. Außerdem unterstützt sie die Open Data-Strategie und setzt sich für eine smarte Infrastruktur ein.

Dr. Julian Kahl

Dr. Julian Kahl studierte Geographie und Politikwissenschaft an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster und an der Universität Autònoma de Barcelona. Von 2011 bis 2015 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Stadt- und Regionalökonomie des Geographischen Instituts an der Ruhr-Universität Bochum. Neben seiner Promotion über die Wachstumsdeterminanten von Hochtechnologiefirmen absolvierte er ein MBA-Postgraduiertenstudium. Seit September 2015 ist Herr Kahl als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Technologiestiftung Berlin beschäftigt. Sein Tätigkeitsgebiet bei der Technologiestiftung Berlin umfasst die Identifikation und Bewertung regionaler Innovationspotenziale und -leistungen der Berliner Wirtschaft.