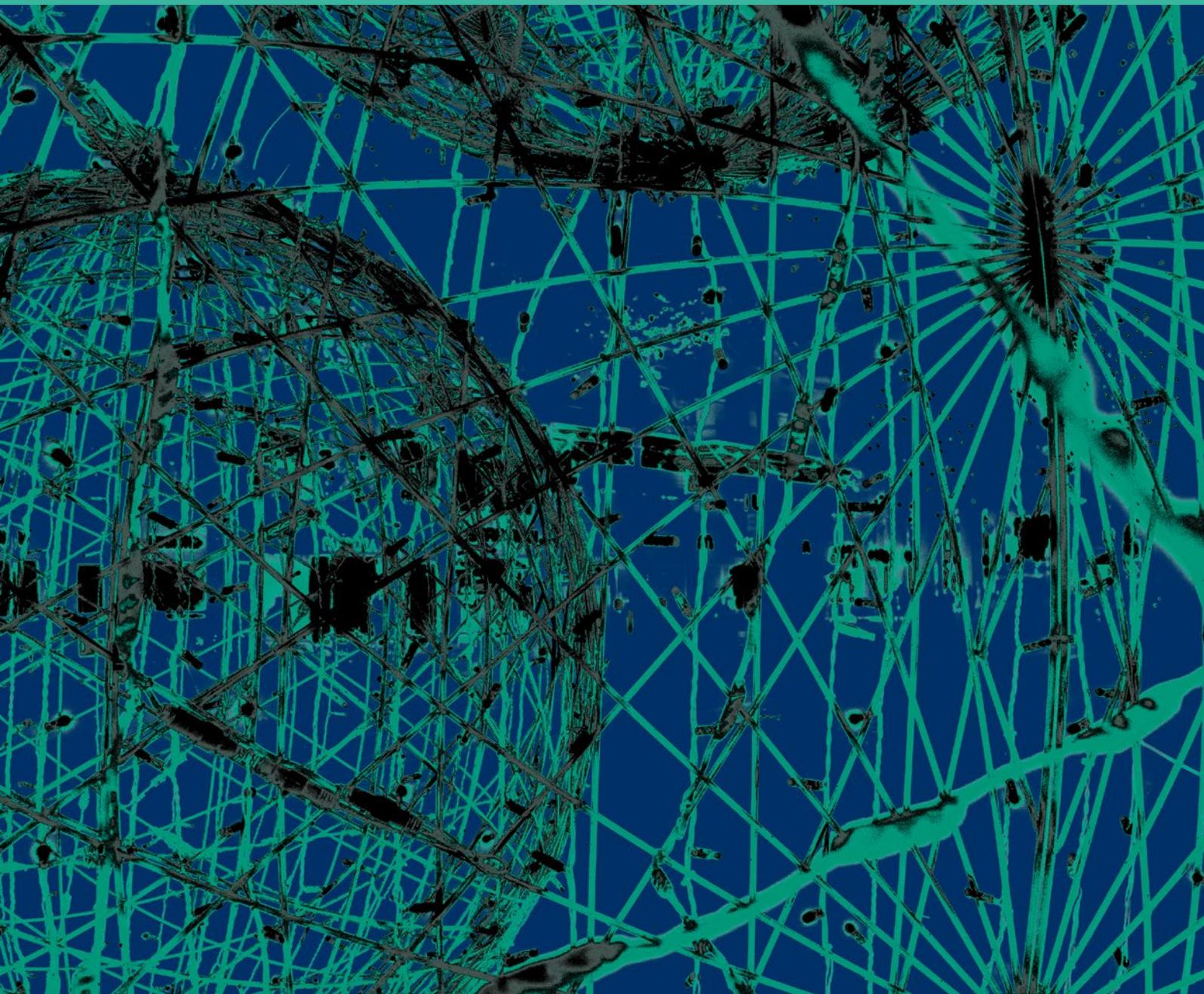


**FOKUS IM SPANNUNGSFELD DER
DIGITALEN VERNETZUNG
POSITIONIERUNG UND PERSPEKTIVEN**

Prof. Dr. Manfred Hauswirth, Prof. Dr. Ina Schieferdecker



FOKUS IM SPANNUNGSFELD DER DIGITALEN VERNETZUNG

Positionierung und Perspektiven

Prof. Dr. Manfred Hauswirth, Prof. Dr.-Ing. Ina Schieferdecker

**Dr.-Ing. Stefan Arbanowski, Dr. rer. nat. Jörg Caumanns, M. A. Jens Fromm,
Dr.-Ing. Matthias Flügge, Dr.-Ing. Thomas Luckenbach, Prof. Dr. Thomas Magedanz,
Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Meissen, Prof. Dr. rer. nat. Adrian Paschke, Dr.-Ing. Ilja Radusch,
Dr. rer. nat. Tom Ritter, Dipl.-Ing. Herbert Rüsseler, Dr.-Ing. Florian Schreiner,
Dipl.-Inf. Friedrich Schön, Dr.-Ing. Stephan Steglich, Dr.-Ing. Michael Stemmer,
Dr. rer. nat. Armin Wolf (Koautoren)**

Stand: 24. Oktober 2016

Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS, Berlin

Vorwort

»Digitale Vernetzung« bildet das Leitthema des Fraunhofer FOKUS unter seiner neuen Institutsleitung. Es bündelt die bestehenden Kompetenzen und wirkt richtungsweisend in deren zielgerichteter mittelfristiger Weiterentwicklung.

Mit digitaler Vernetzung bezeichnen wir die durchgehende und durchgängige Verknüpfung der realen Welt mit der digitalen Welt. Sie umfasst die digitale Erfassung, Abbildung und Modellierung der realen Welt, sowie die informationstechnische Vernetzung und Analyse dieser Informationen. Dies ermöglicht die zeitnahe und teilautomatisierte Beobachtung, Auswertung und Steuerung von Prozessen in der realen Welt. Basierend auf einer umfassend verfügbaren digitalen Infrastruktur ergeben sich technologische Möglichkeiten, die zu einer tiefgreifenden Umgestaltung aller Lebens- und Arbeitsbereiche führen.

Dieser durchgängige Änderungsprozess erfasst das breite Spektrum der unterschiedlichsten Anwendungsdomänen wie Automotive, Produktion, Energie und Ressourceneffizienz, Medien, Medizin, Öffentliche Verwaltung, Bildung oder Sicherheit, und zeigt sich in der öffentlichen Diskussion unter Schlagworten wie Elektromobilität, Autonomes Fahren, Industrie 4.0, Cyber-Physical Systems, Internet der Dinge, Smart Cities oder eGovernment.

Wichtiges Kennzeichen der damit einhergehenden digitalen Transformation sind Umfang, Komplexität und wechselseitige Interdependenzen der damit verbundenen Aufgaben. Dadurch ergibt sich die Forderung an Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft nach neuartigen Handlungsweisen mit einem höheren Maß an Kooperation aller beteiligten Akteure.

So stellt die erfolgreiche Bewältigung der digitalen Transformation in den kommenden Jahren eine der größten Herausforderungen an unsere gegenwärtige Gesellschaft dar. Fraunhofer FOKUS übernimmt durch seine Strategie die verantwortungsvolle Rolle, diesen Prozess aktiv mitzugestalten.

Durch seine Exzellenz in wichtigen horizontalen und vertikalen Themenbereichen der Digitalen Transformation befindet sich Fraunhofer FOKUS in einer herausragenden Ausgangsposition. Um das im Institut vorhandene Potential optimal zu mobilisieren, wurde hierzu im vergangenen Jahr ein umfassender Strategieprozess gestartet. Als übergreifende strategische Aufgabe steckt sich Fraunhofer FOKUS das ambitionierte Ziel: »Fraunhofer FOKUS ist die erste Adresse für Wirtschaft und öffentliche Hand für das Verstehen und Gestalten der digitalen Transformation.« Die Vision des Instituts ist, »die vernetzte Welt aktiv mitzugestalten und sie sicher, zuverlässig, skalierbar und vertrauenswürdig zu machen.«

Inhalt

1	Digitale Vernetzung	5
2	Anspruch der digitalen Vernetzung	7
2.1	Digitale Vernetzung ist häufig disruptiv	7
2.2	Digitale Vernetzung ist interdisziplinär	8
2.3	Digitale Vernetzung ist sicherheitskritisch	9
2.4	Digitale Vernetzung ist strategisch	10
2.5	Digitale Vernetzung ist nachhaltig	10
3	Unser Ansatz	11
4	Unsere Forschung und Entwicklung	13
4.1	Networking Services	13
4.2	Quality Services	14
4.3	Mobility Services	16
4.4	Media Services	17
4.5	Public Services	18
4.6	Safety Services	19
4.7	Visual Computing Services	20
4.8	Weitere Themenbereiche	21
4.8.1	Telehealth Technologies	21
4.8.2	Industrial IoT	22
4.8.3	Domain-specific Data Analytics	23
4.8.4	Smart Grids	23
5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	24

1 Digitale Vernetzung

Gebäude, Autos, Züge, Fabriken und die meisten Dinge unseres Lebensalltags werden in naher Zukunft mittels der überall verfügbaren digitalen Infrastruktur unserer zukünftigen Gigabit-Gesellschaft verbunden sein. Dies wird die Kommunikation und Interaktion in allen Lebens- und Arbeitsbereichen verändern, sei es im Gesundheitswesen, in Verkehr, Handel oder Produktion. Für diese durch die digitale Vernetzung getriebene Technologie- und Domänen-Konvergenz gibt es viele Begriffe: Internet of Things, Smart Cities, Smart Grid, Smart Production, Industrie 4.0, Smart Buildings, Internet of Systems Engineering, Cyber-Physical Systems oder Internet of Everything. Trotz unterschiedlicher Zielrichtungen und Anwendungsbereiche liegt all diesen Begriffen als Basiskonzept der allumfassende Austausch von Information zwischen technischen Systemen zu Grunde – eben die »Digitale Vernetzung«:

Mit Digitaler Vernetzung bezeichnen wir die durchgehende und durchgängige Verknüpfung der physischen Welt mit der digitalen Welt. Dazu gehören die digitale Erfassung, Abbildung und Modellierung der physischen Welt, sowie die Vernetzung der daraus entstehenden Informationen. Diese ermöglicht die zeitnahe und teilautomatisierte Beobachtung, Auswertung und Steuerung der physischen Welt.

Die digitale Vernetzung ermöglicht einen nahtlosen Informationsaustausch zwischen den digitalen Abbildern von Personen, Dingen, Systemen, Prozessen sowie Organisationen und baut ein weltweites Netz von Netzen – ein Inter-Net – auf, das weit über die Vision des ursprünglichen Internets hinausgeht. Bei dieser neuen Form der Vernetzung geht es aber nicht mehr nur um das Vernetzen an sich. Vielmehr werden einzelne Daten zu Informationen zusammengefasst, um weltweit vernetztes und vernetzbares Wissen aufzubauen.

Die Rechnerleistung verdoppelt sich alle 18 Monate.

Moore'sche Gesetz, 1965

Um anwendungs- und bereichsübergreifende Informationen verknüpfen zu können, werden Spezialnetze über ein Backbone miteinander verbunden, so dies nötig ist und gewünscht wird. Ähnlich dem menschlichen Körper mit seinen vielfältigen Organen für Spezialaufgaben und seinem Nervensystem zur dezentralen, lokalen Regulierung sowie Gehirn und Rückenmark zur zentralen Steuerung, muss dafür ein »Netz von Netzen« inklusive der Spezialnetze für Spezialaufgaben (z. B. Produktionsnetze, Energienetze, Informationsnetze) entwickelt werden.

Der Bandbreitenbedarf im Netz wächst jährlich um rund 50 Prozent.

Nielsens Gesetz, 1998

Das »Netz der Netze« wird verschiedene physikalische Kommunikationslösungen (drahtlos, drahtgebunden, für unsichere Umgebungen, schmalbandig, breitbandig, etc.) und gleichzeitig eine gemeinsame logische Ebene für die Vernetzung und Integration

bieten. Diese wiederum ermöglicht vielfältige höherwertige Kommunikationslösungen, bspw. für industrielle Steueraufgaben, Vernetzung im Verkehr, 3D-Echtzeit-Visualisierung, Warndienste oder Soziale Netzwerke. Darüber hinaus wird das »Netz der Netze« Informationen aus unterschiedlichen, privaten, öffentlichen und kommerziellen Quellen und für unterschiedliche Anwendungen und Domänen bereitstellen müssen. Nur so können Informationen ungehindert vernetzt werden und Wissen erzeugen, das unter Umständen noch gar nicht bekannt oder erkannt ist. Dafür müssen Standards etabliert werden, die dafür sorgen, dass Informationen für zukünftige Entwicklungen flexibel kombiniert und effizient maschinell verarbeitet werden können. Zudem werden zukünftig ins Netz integrierte innovative Dienste die Verarbeitung von Daten bereits am Ort der Entstehung und im Netz ermöglichen, was eine fortschreitende Verschmelzung von Kommunikations- und Informationstechnik impliziert.

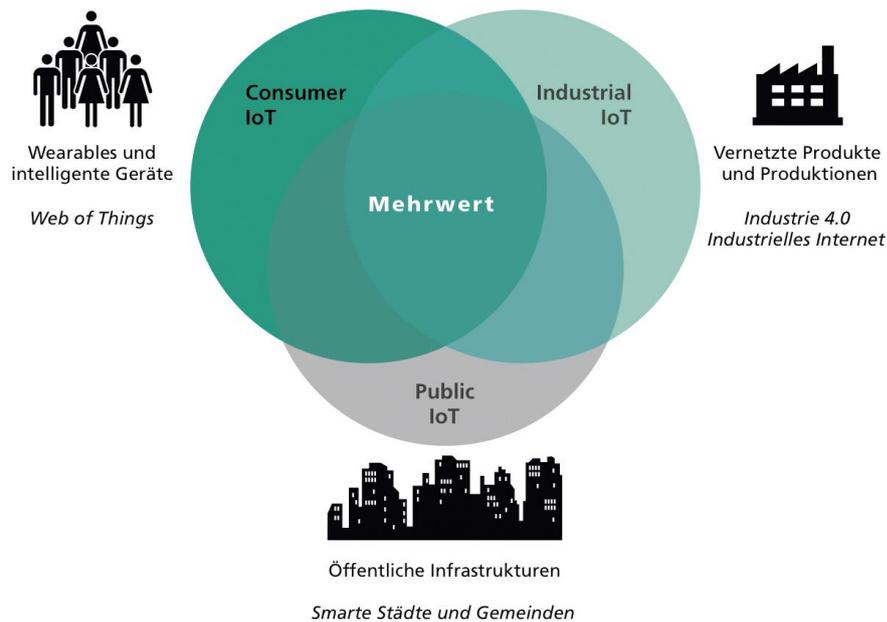
Die digitale Vernetzung wird durch eine Vielzahl von allgemeinen und konkreten Anforderungen vorangetrieben, wobei sich Anforderungen teilweise erst aus den Möglichkeiten ergeben, die durch die digitale Vernetzung entstehen. In Ergänzung zur politisch formulierten Charta der digitalen Vernetzung¹, die zum IT-Gipfel 2014 in Hamburg vorgestellt wurde, nehmen wir hier die Nutzerperspektive ein, um daraus die Anforderungen an wissenschaftlich-technische Lösungen herzuleiten und diese in den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Kontext zu stellen. Zu den allgemeinen Anforderungen zählen: Menschen sind soziale Wesen, d. h. die Digitalisierung der Vernetzung von Menschen muss sich deren persönlichen Umständen und Wünschen anpassen sowie dabei existierende Organisationseinheiten und ihre Beziehungen abbilden. Die dafür entwickelten Konzepte der I-Centric Communication² und der Human-Centric Communication³, bei denen die Vernetzung von Menschen im Vordergrund steht (Consumer IoT), sind sowohl um Konzepte der Society-Centric Communication zur Adressierung der Herausforderungen von Digitalisierung und Gesellschaft (Public IoT) als auch um Konzepte der Industry-Centric Communication für die digitalisierte Wirtschaft zu erweitern (Industrial IoT). Diese sind in Abb. 1 dargestellt. Sie konstituieren u. a. Datenräume mit unterschiedlichen Anforderungen an Leistungsfähigkeit, Sicherheit, Flexibilität und Qualität.

¹ Charta der digitalen Vernetzung, Hamburg, 21. Oktober 2014, <http://charta-digitale-vernetzung.de>, zugegriffen am 24. August 2016

² Stefan Arbanowski, Sven van der Meer, Stephan Steglich, Radu Popescu-Zeletin: The Human Communication Space: Towards I-centric Communications. *Personal and Ubiquitous Computing* 5(1): 34-37, 2001

³ TU Berlin: Innovationszentrum Human-Centric Communication, <http://www.h-c3.org/>, zugegriffen am 24. August 2016

Abbildung 1 Datenräume in der digitalen Welt



Im Zentrum der digitalen Vernetzung steht der gesellschaftliche und wirtschaftliche Mehrwert, der in diesen einzelnen Bereichen und an den Schnittstellen durch innovative technische und organisatorische Infrastrukturen und Standards erzielt werden kann. Darüber hinaus geht es um die Absicherung und Akzeptanz der entsprechenden Technologien, Systeme und Lösungen. Die digitale Vernetzung bietet enorme Potenziale, die jedoch gezielt entwickelt werden müssen. Dafür ist ein gesellschaftlicher Konsens über den organisatorischen, rechtlichen und regulatorischen Rahmen für das »Netz der Netze« zu entwickeln, der ein Gleichgewicht zwischen gesellschaftlichen, unternehmerischen und privaten Interessen, zwischen Flexibilität und Sicherheit, zwischen Zugang zu Daten und Datenhoheit/ Datenschutz herstellt. Die Untersuchung dieser und verwandter Fragestellungen wird u.a. Aufgabe des von der Bundesregierung geplanten Internet-Instituts sein, an dessen derzeit laufenden Ausschreibung auch FOKUS maßgeblich beteiligt ist.

2 Anspruch der digitalen Vernetzung

2.1 Digitale Vernetzung ist häufig disruptiv

Digitalisierung ermöglicht eine durch Software realisierte Verknüpfung von Dingen und Personen und damit die Digitalisierung von Prozessen. Finanzmärkte haben diesen Wandel bereits vollzogen, andere Anwendungsgebiete stehen erst am Anfang – beispielsweise die Industrie oder Städte und Kommunen. Verstärkt werden die Möglichkeiten der Digitalisierung durch die Vernetzung softwarebasierter Systeme, da damit nicht nur die Virtualisierung von Diensten und Prozessen (und der dahinter liegenden Dinge und Personen), sondern auch eine räumliche Unabhängigkeit, vielfältige Skalierungseffekte und holistische Ansätze ermöglicht werden, die vielfach weit über einzelne Dinge, Personen, Dienste und Prozesse hinausgehen.

Die Nützlichkeit großer Netzwerke steigt exponentiell mit ihrer Größe.

Drittes Reedsches Gesetz, 1998

Vernetzte digitale Abbilder, virtualisierte Steuerungen und softwaredefinierte Automatismen revolutionieren alle Bereiche der Gesellschaft und Wirtschaft und sind insbesondere disruptiv zu etablierten Geschäftsmodellen. So werden beispielsweise Mobilität (Multimodalität, kommunizierende Fahrzeuge, automatisierte Flotten) oder Energieversorgung (virtuelle Kraftwerke) neu er- und gedacht. Anstelle bzw. ergänzend zu einem physischen Produkt tritt zunehmend ein Dienst, bspw. wird nicht mehr ein Auto, sondern Mobilität gewünscht und verkauft. Technologisch sind dazu Software für die Interaktion mit der realen Welt (Cyber-Physikalische Systeme), die vertrauenswürdige Vernetzung der realen Welt mit der Cyber-Welt (Next Generation Internet, 5G) und nachvollziehbare, sichere und datenschutzkonforme Datenerfassung und Informationsaufbereitung (Datenanalytik) zu meistern.

2.2 Digitale Vernetzung ist interdisziplinär

In allen Bereichen, die sich mit dem Internet bzw. der Vernetzung beschäftigen, herrscht Konsens darüber, dass das Internet und die darauf aufsetzenden Netze wie das World-Wide Web, soziale Netzwerke und verteilte Informationssysteme kein rein technisches Konstrukt sind, sondern sozio-ökonomisch-technische Systeme mit vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Bereichen und Forschungsdisziplinen. Inzwischen spricht man häufig von »Web Science«, um dem fachübergreifenden Charakter dieses Netzes Rechnung zu tragen und in Richtung einer holistischen Betrachtungsweise zu gehen. In dieser holistischen Sicht wird explizit eine übergreifende wissenschaftliche Methodik und Analytik verfolgt.

If you have to insist that you've won an Internet argument, you've probably lost badly.

Gesetz von Danth, 2005 (auch als Parkers Gesetz bekannt)

Diese Betrachtungsweise ist nicht neu: Nokia betonte dies hervorragend mit seinem Slogan »Connecting People«, ebenso wie FOKUS mit seinem I-Centric Communication-Ansatz. E-Mail und in der Folge soziale Netzwerke bieten voll-digitale, globale Kommunikationsmedien. Sie stellen nicht die Technologie, sondern das Kommunikationsbedürfnis der Menschen ins Zentrum und haben dadurch die Gesellschaft und Wirtschaft nachhaltig verändert. Dazu gehört seit Jahrzehnten die enge Vernetzung mit Recht (z. B. Telekommunikationsgeheimnis), Wirtschaft (z. B. telefonische Bestellung, Telefonmarketing oder telefonischer Börsenhandel) und Sozialwissenschaften (z. B. die Veränderung menschlicher Beziehungen durch soziale Netzwerke, Demokratisierung von Informationsverteilung, etc.). Diese Verbindungen wurden jedoch erst mit der Zeit als zentraler Erfolgsfaktor erkannt.

Aktuelle und künftige Netze bewegen sich immer in einem Dreigestirn: Technologie/ Wissenschaft – Wirtschaft – Gesellschaft. Die kommende Welle der digitalen Vernetzung bildet hier keine Ausnahme und muss, um gesellschaftlich und wirtschaftlich positive Auswirkungen hervorzubringen, ganzheitlich unter all diesen Gesichtspunkten betrachtet werden.

2.3 Digitale Vernetzung ist sicherheitskritisch

Jedes mit dem Internet verbundene Gerät und System ist ein potenzielles Angriffsziel. Diese Aussage, die durch viele sicherheitskritische Vorfälle aus dem »traditionellen« Internet belegt wird, wird durch die digitale Vernetzung weiter verstärkt: Potenzielle Angriffsvektoren steigen an. Es gilt daher, die Stärken und Schwächen von vernetzten und zentralisierten Systemen gegeneinander abzuwägen, um gegen Angriffe bzw. Fehlfunktionen »gehärtete« Systeme zu entwickeln: Eine Stärke von zentralisierten Systemen ist es, dass sie besser überwacht werden können. Gleichzeitig ist dies ihre größte Schwäche, denn sie haben einen »Single-Point-of-Failure«: Ist die Zentrale kompromittiert, ist das gesamte System betroffen. Ebenso hängen die Entscheidungen der Zentrale direkt von den verfügbaren Informationen ab. Wenn der Informationsfluss zur Zentrale gekappt oder kompromittiert wurde, sind die dezentralen Teile des Systems ebenfalls schutzlos bzw. kompromittiert.

Ein System, welches ein anderes steuert, kann umso mehr Störungen in dem Steuerungsprozess ausgleichen, je größer seine Handlungsvarietät ist.

Ashbysches Gesetz, 1956

In vernetzten autonomen Systemen können diese Nachteile vermieden werden, d. h. es gibt keinen »Single-Point-of-Failure« und das Kompromittieren eines Teilsystems bedeutet bei geeignetem Design nicht notwendigerweise, dass das Gesamtsystem kompromittiert wurde. Mit zunehmendem Verteilungsgrad wird es in einem vernetzten System jedoch schwieriger, sich zu jedem Zeitpunkt einen konsistenten Gesamtüberblick zu verschaffen bzw. steuernd einzugreifen.

Neben direkten Angriffen sind auf Grund der Vernetzung von Systemen auch komplexere, verteilte Attacken möglich: So können beispielsweise Versorgungs- und Katastrophenschutzsysteme für kritische Infrastrukturen lahmgelegt werden, ohne diese selbst anzugreifen. Beispielsweise könnte der Wasserversorger eines Wärmekraftwerks angegriffen werden, um den Kühlwasserkreislauf des Kraftwerks zu stören und so größtmöglichen Schaden anzurichten. Dadurch wird zum einen die kritische Infrastruktur selbst gestört, zum anderen kann durch den Ausfall von Notfall- und Rettungssystemen im Kraftwerk großer Schaden für Bevölkerung und Umwelt entstehen. Die potenziellen Angriffsmöglichkeiten und -szenarien sind leider nur durch ihre kombinatorische Vielfalt und die Kreativität der Angreifer beschränkt.

Digitale Vernetzung ist aber nicht nur ein Angriffsziel und somit ein potenzieller Unsicherheitsfaktor – sie kann auch maßgeblich dazu beitragen, dass kritische Infrastrukturen robuster und angriffssicherer werden: Indem Systeme verteilt organisiert und digital vernetzt werden, können nur noch Teilsysteme attackiert und lahmgelegt werden und nicht mehr ein Gesamtsystem durch einen einzigen Angriff.

Eine optimale Sicherheitsarchitektur muss diesen Problemen daher Rechnung tragen. Bei ihrer Entwicklung muss man Kosten und Nutzen gegeneinander abwägen. Für die digitale Vernetzung bedeutet dies, dass die Aspekte Zentralisierung (Kontrolle), Autonomie (Robustheit) und Applikationsanforderungen (Domäne) genau analysiert und gegeneinander abgewogen werden müssen. Häufig führt das zu einer hybriden Sicherheitsarchitektur als bester Lösung.

2.4 Digitale Vernetzung ist strategisch

»Wer nicht digitalisiert, hat keine Zukunft«⁴ ist eine inzwischen weithin akzeptierte These. Dabei müssen sowohl die Digitalisierung als auch die Vernetzung strategisch angegangen werden: Es geht nicht mehr nur um die inkrementelle Verbesserung der Betriebsführung durch Unternehmens-IT, sondern die Revolutionierung des Hauptgeschäfts durch IT und Netze. Wie Drucker eine Liberalisierung der Druckindustrie, das Web eine Demokratisierung der Medienindustrie oder das Internet eine Öffnung vielfältiger Bereiche wie des Einzelhandels oder des Bankenwesens mit sich gebracht haben, wird eine umfassende digitale Vernetzung die potenzielle Liberalisierung aller Geschäftsbereiche mit sich bringen. Wie damit umzugehen ist – ist sie in vollem Ausmaß gewollt oder wird sie begrenzt und gesteuert – wird durch die Politik und die Märkte maßgeblich entschieden werden. Es kann jedoch, wie bereits in einigen Bereichen geschehen, zur Übertragung von existierenden Marktmodellen in neue Bereiche kommen. Beispielsweise können in vormals geschlossenen Bereichen Komponenten unabhängig von den Herstellern zu Produkten zusammengeführt werden, d. h. wenn früher Produkte von Integratoren zu Gesamtlösungen gemacht wurden, kann dies nun durch die Hersteller selbst geschehen, wodurch der Anteil an Firmen, deren Geschäft in der Integration bestand, kleiner wird. Diese Zusammenführung kann lokal, national oder weltweit und nach verschiedenen Kriterien (Zeit, Kosten, Transport, Qualität, etc.) auch kurzfristig optimierte Einzellos- oder Serienprodukte ermöglichen.

Unternehmen in traditionellen Branchen, wie der Schwerindustrie, dem Werkzeug- und Maschinenbau oder der Automobilindustrie, haben dies erkannt und Strategieteams für die systematische Weiterentwicklung ihres Kerngeschäfts in der digital vernetzten Welt eingesetzt. Diese Strategie wird derzeit eindrücklich von Unternehmen wie Trumpf, Thyssen-Krupp oder Bosch umgesetzt. Es werden – oft komplementär zum Kerngeschäft – völlig neue Geschäftsmodelle entwickelt und getestet. Dazu gehört bspw. der Verkauf von Diensten auf Basis der im Kerngeschäft produzierten Produkte anstelle oder zusätzlich zum eigentlichen Verkauf der Produkte.

2.5 Digitale Vernetzung ist nachhaltig

Die digitale Vernetzung verkürzt Wege und Reaktionszeiten und der Zugriff auf eine Vielfalt verteilter Daten ermöglicht die Analyse und Steuerung von Prozessen bzw. die Wartung von Geräten und Systemen auch über große Distanzen hinweg. Sie durchdringt dabei nicht nur alle Bereiche von Technik, Wirtschaft und Gesellschaft, sie zeigt auch nachhaltige Wirkung.

Einerseits handelt es sich nicht um einen kurzfristigen Hype, sondern um eine im ursprünglichen Wortsinne nachhaltige Entwicklung, d. h. »sich auf längere Zeit stark auswirkend«. Die digitale Vernetzung eröffnet fundamental neue Möglichkeiten, erlaubt erhebliche Produktivitätssprünge und löst gravierende wirtschaftliche und gesellschaftliche Umwälzungen aus. Die damit verbundene digitale Revolution ist von ihrem Umfang und ihrer Bedeutung mit der industriellen Revolution vergleichbar und führt

⁴ Karl-Heinz Streibich: Softwareindustrie im Umbruch: Das digitale Unternehmen der Zukunft, Springer, 2015, http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-43782-7_4, zugegriffen am 24. August 2016

wie diese zu einer umfassenden und bleibenden Transformation des Zusammenlebens und der Wirtschaft.

Wenn eine Ressource effizienter genutzt wird – das heißt die Kosten der Nutzung gesenkt werden – steigt die Nachfrage nach dieser Ressource. Je effizienter man eine Ressource nutzt, desto größer wird also die Nachfrage danach.

Jevons Paradoxon, 1865

Andererseits ist die digitale Vernetzung auch ein wesentlicher Treiber für das gesellschaftspolitische Nachhaltigkeitsprinzip – im Sinne der »Enkelgerechtigkeit« –, das auf die verträgliche und bewahrende Nutzung sozialer, ökonomischer und ökologischer Ressourcen abzielt, um die Perspektiven und Chancen nachfolgender Generationen zu erhalten. Die digitale Vernetzung hat das Potenzial Ressourcen zu schonen, indem sie physische, sprich manuelle und hardware-basierte und damit material- und energie-verzehrende Prozesse und Produkte durch virtuelle, software-basierte Prozesse und Produkte ablöst. Ein Beispiel sind »Smart Cities«, in denen wesentliche, bislang isolierte Funktionen in der Stadt mit Hilfe digitaler Technologien intelligent vernetzt werden, um die Nachhaltigkeitsziele effektiver und effizienter erreichen zu können.

Der Nutzen eines Kommunikationssystems ist proportional zur Anzahl der möglichen Verbindungen zwischen den Teilnehmern, während die Kosten proportional zur Teilnehmerzahl stehen. So wächst der Nutzen quadratisch, die Kosten wachsen nur linear.

Metcalfesches Gesetz, 1980

3 Unser Ansatz

Unser Konzept einer gesellschafts- und wirtschaftszentrierten digitalen Vernetzungsinfrastruktur ist bereits vielfach durch das existierende Internet in einfachen Ausprägungen verfügbar. Jedoch bedarf es signifikanter weiterer Spezialisierungen, um den bereits aufgezeigten besonderen Anforderungen Rechnung zu tragen. Eine grobe Klassifikation zur Klärung der Forschungs- und Entwicklungsfelder kann folgendermaßen gemacht werden:

	personenzentrierte digitale Vernetzung	gesellschaftszentrierte digitale Vernetzung	unternehmenszentrierte digitale Vernetzung	Netz der Netze
Im Vordergrund stehen...	digitale Vernetzung zwischen Personen, auch in sozialen Gruppen	digitale Vernetzung zwischen Staat und Bevölkerung	digitale Vernetzung innerhalb und entlang der Wertschöpfungsketten	nahtlose digitale Vernetzung zwischen den Netzen und Sicherung der erforderlichen Dienstgüte
Die Kommunikation ist vor allem...	ereignisgetrieben	ereignis- und prozessgetrieben	prozessgetrieben	N/A
Das Internet bietet...	personalisierte Multimedia-Kommunikation für diverse Endgeräte	Informations- und Partizipations-Plattformen	Informations- und Steuerungsplattformen	differenzierbare Dienste
F&E ist beispielsweise nötig für...	vertrauenswürdige Identitäten und Interaktionen	Transparenz- und Beteiligungsplattformen, Open Data	sichere vernetzte Produkte und Produktion (Industrie 4.0)	Sicherheit und Resilienz der IKT-basierten Infrastrukturen, Analytik & Big Data

Die digitale Vernetzung wird durch die eingangs genannten Trendthemen wie Internet of Things, Smart Cities, Smart Grid, Smart Production, Industrie 4.0, Smart Buildings, Internet of Systems Engineering, Cyber-Physical Systems, etc. vorangetrieben. Jeder dieser Bereiche bringt eigene Sichten auf und Herausforderungen an die digitale Vernetzung hervor. Im Kern gehören dazu:

- **Internet of Things:**
hochskalierbare und hochflexible Sensorik- und Kommunikationsnetze mit integrierter Informationstechnik
- **Smart Cities, Smart Districts und Smart Buildings:**
sicherheitskritische und domänenübergreifende Infrastrukturen und Netze
- **Smart Grids und Smart Energy:**
offene Daten- und Dienstplattformen
- **Smart Production und Industrie 4.0:**
zuverlässige und sichere Echtzeitkommunikation
- **Internet of Systems Engineering:**
kooperative verteilte und virtualisierte Entwicklungsumgebungen
- **Cyber-Physical Systems:**
Stromdaten und kontinuierliche/ hybride Systeme
- **Big Data, Smart Data und Open Data:**
Datenqualität, Datensemantik und hochskalare Filter, Aggregationen und Mash-Ups

In all diesen Bereichen arbeitet Fraunhofer FOKUS – das Forschungsinstitut für Offene Kommunikationssysteme in Berlin – seit über 25 Jahren mit knapp 450 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus 30 Ländern und einem jährlichen Budget von ca. 30 Millionen Euro an Herausforderungen der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in einer zunehmend digital vernetzten Welt. Als größtes IKT-Institut der Fraunhofer-Gesellschaft hat FOKUS wesentliche Beiträge zur Entwicklung der heutigen Telekommunikation, Mobilkommunikation und des Internets und darauf aufbauender Lösungen in Automobil- und Medizintechnik, öffentlicher Sicherheit und der öffentlichen Verwaltung geleistet. FOKUS ist »das Vernetzungsinstitut« innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft.

Unsere Vision ist es, die vernetzte Welt aktiv mitzugestalten und sie sicher, zuverlässig, skalierbar und vertrauenswürdig zu machen. Dazu bieten wir Konzepte, Technologien, Werkzeuge und Lösungen für die digitale Vernetzung an.

Um dies zu ermöglichen:

- bietet Fraunhofer FOKUS anwendungsorientierte Lösungen, um die digitale Transformation, insbesondere in der Telekommunikation, der öffentlichen Verwaltung und der öffentlichen IT, der öffentlichen Sicherheit, im Automotive-Umfeld, für Automatisierung und Medien, zu gestalten,
- entwickelt Fraunhofer FOKUS neue Technologien, betreibt deren Qualitätssicherung, unterstützt bei der organisatorischen und regulatorischen Umsetzung und nutzt diese Technologien für innovative Lösungen zur anwendungsorientierten Umsetzung,
- ist Fraunhofer FOKUS der technologie- und anbieterunabhängige Mittler zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und der öffentlichen Hand, der Erfahrungen aus verschiedenen Branchen zu optimalen Lösungen für seine Kunden kombinieren kann,
- bietet Fraunhofer FOKUS Forschung und Entwicklung (F&E) basierend auf langjähriger wissenschaftlicher Expertise, weltweiten Kooperationen und umfassender Erfahrung in der nationalen und internationalen Standardisierung und Zertifizierung und
- ist Fraunhofer FOKUS ein zuverlässiger Partner, der in nationalen und internationalen Projekten IKT-basierte Lösungen erarbeitet und sie bis zur Marktreife begleitet.

Fraunhofer FOKUS wird auch weiterhin den Prozess der digitalen Vernetzung in den verschiedenen Anwendungsfeldern und seine Einbettung in die Gesellschaft aktiv mitgestalten. Gemeinsam mit Partnern aus Forschung und Industrie entwickelt Fraunhofer FOKUS den Standort Berlin zum herausragenden Zentrum für die digitale Vernetzung. Im Folgenden stellen wir aktuelle Forschungsfragen näher dar.

4 Unsere Forschung und Entwicklung

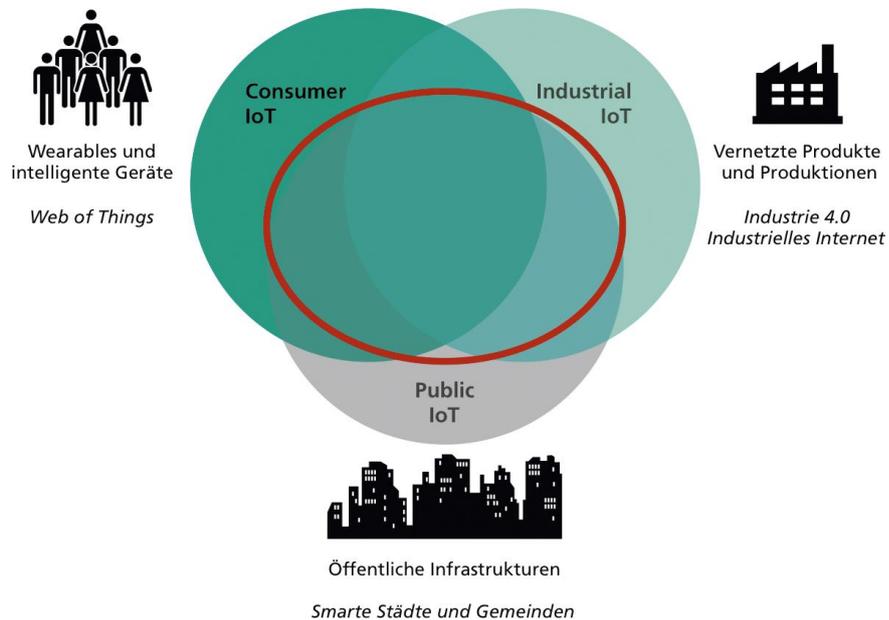
4.1 Networking Services

Die Entwicklung der Kommunikationsnetze in den vergangenen Jahren war im Wesentlichen geprägt durch die Konvergenz von Internet und Telekommunikationsnetzen, der Konvergenz von Festnetz und Mobilfunk (Fixed Mobile Convergence - FMC), sowie der stark ansteigenden Vernetzung von Maschinen (Machine-to-Machine - M2M) im Kontext des aufkommenden Internet of Things (IoT). Zusätzlich beschreibt seit Beginn dieser Dekade der Begriff der Software-basierten Netze (Software-defined Networks - SDN) und die fortschreitende Virtualisierung von Netzen (Network Function Virtualization - NFV) eine extreme Flexibilisierung und Dynamisierung bei der Realisierung von Netzen und Kontrollplattformen mit Blick auf die effiziente Unterstützung zeitkritischer und sicherheitsrelevanter Anwendungen in der entstehenden Gigabit-Gesellschaft (Industrie 4.0, Automotive, Healthcare, Public Safety, etc.).

Die 5. Generation des Mobilfunks (5G), die sich derzeit in der Standardisierung befindet und deren kommerzieller Einsatz ab 2020 weltweit geplant ist, markiert aktuell die globale Sicht der Industrie und Akademia auf eine konvergente software-basierte Zielnetzarchitektur für eine digital vernetzte Welt. In dieser sind mittels »Network Slicing« anwendungsspezifische Spezialnetze realisierbar, die der wachsenden Vielfalt vernetzter

Anwendungen und deren sehr unterschiedlichen Anforderungen an Datenrate, Antwortzeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Skalierbarkeit und Elastizität Rechnung tragen.

Abbildung 2 Software-defined Networking: Grundlage aller Netze



Fraunhofer FOKUS ist in diesem Umfeld seit vielen Jahren mit großer Sichtbarkeit an der Forschung und Technologieentwicklung beteiligt und bietet eine Reihe von »Proof-of-Concept«-Lösungen für eine schnelle Prototypen-Entwicklung und den Test von Funktionen und Komponenten in einer flexibel konfigurierbaren Infrastruktur an. Dieses Angebot umfasst eine Reihe von kombinierbaren Software Toolkits wie OpenMTC⁵, OpenIoTfog⁶, Open5Gcore⁷, OpenSDNCore⁸ und Open Baton⁹ sowie den Betrieb und die Bereitstellung eigener Testbeds (»Playgrounds«) unter Verwendung dieser Toolkits und State-of-the-Art Cloud-Technologien. Der aktuelle 5G Playground als Teil des »5G Berlin«-Testbeds¹⁰ markiert dabei ein Referenztestbed für die nationale und internationale 5G-Forschung, insbesondere in Berlin, aber auch in Europa in diversen 5GPPP Testbeds, sowie in den 5G Pilotländern Korea und Japan. Dieses Angebot wird kontinuierlich weiterentwickelt, um auch die Anforderungsprofile »vertikaler« Märkte und ihre spezifischen Anwendungen gezielt unterstützen zu können, bspw. Healthcare, Smart Cities, Automotive und Industrie 4.0.

4.2 Quality Services

»Quality and Security by Design« müssen zur Leitlinie jeder Lösung in der digitalen Vernetzung werden, weil bei der Entwicklung eines Produkts bzw. einer Lösung die Grund-

⁵ Fraunhofer FOKUS OpenMTC, www.open-mtc.org, Januar 2014, zugegriffen am 24. August 2016

⁶ Fraunhofer FOKUS OpenIoTfog, www.openiotfog.org, Oktober 2016, zugegriffen am 10. Oktober 2016

⁷ Fraunhofer FOKUS Open5Gcore, www.Open5GCore.net, August 2014, zugegriffen am 24. August 2016

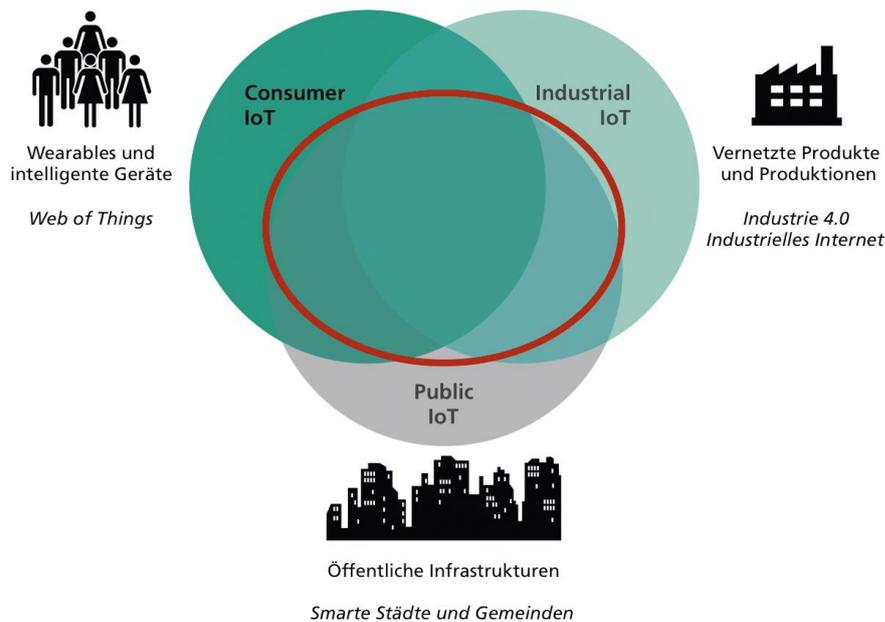
⁸ Fraunhofer FOKUS OpenSDNCore, www.opensdncore.org, August 2014, zugegriffen am 24. August 2016

⁹ OpenBaton NFV Orchestrator: www.openbaton.org, zugegriffen am 24. August 2016

¹⁰ 5G Berlin Testbed: www.5G-Berlin.org, zugegriffen am 24. August 2016

lagen für ein einwandfreies und langlebiges Angebot gelegt werden, welches Mehrwert und Kundenzufriedenheit schafft. Für zuverlässige und vertrauenswürdige Lösungen sind eine technisch hochwertige Infrastruktur und hochwertige, kundenorientierte Anwendungsfunktionen notwendig. Qualität, Robustheit, Widerstandsfähigkeit und Sicherheit von Infrastrukturen und Systemen sind in einer vernetzten, digitalen Welt von enormer Bedeutung, da die Abhängigkeit von Systemen und die Wechselwirkungen zwischen diesen Systemen weiter stark wachsen.

Abbildung 3 Qualität sichert die Mehrwerte



Qualität wird bei FOKUS mit einem ganzheitlichen Blick betrachtet: »System Quality Engineering« stellt dabei analytische und konstruktive Ansätze gleichberechtigt nebeneinander und erlaubt deren Kombination als Teil einer Gesamtstrategie bei der Entwicklung von innovativen Produkten und Lösungen. FOKUS bietet für das System Quality Engineering eine breite Palette an Methoden, Lösungen und Werkzeugen an und hilft seinen Kunden durch einen hohen Automatisierungsgrad, sich die nötigen Freiräume für die eigene Innovationsleistung zu schaffen.

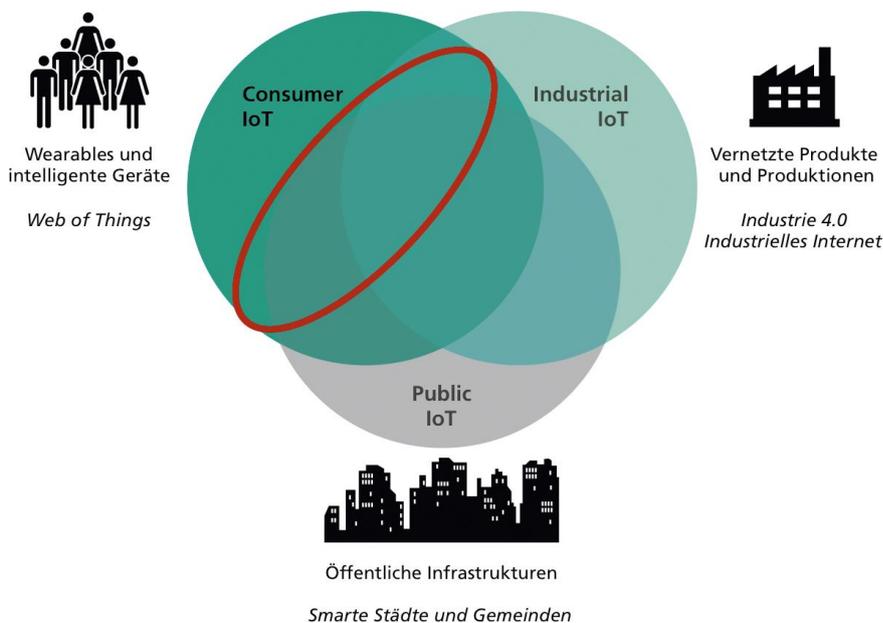
Arbeitsschwerpunkte bilden dabei die System-Architekturen und die Entwicklungs- und Qualitätssicherungsprozesse, die in einer zunehmend digitalisierten Welt starken Veränderungen unterliegen. Für FOKUS stellen innovative Techniken der modellgetriebenen Softwareentwicklung häufig die Grundlage von Verbesserungsansätzen dar. Neben einzelnen Techniken (z. B. Architekturanalyse, Risikomodellierung, Sicherheitstesten), die die Effektivität von Entwicklungsingenieuren unterstützen und somit die Effizienz verbessern, arbeitet FOKUS an der Automatisierung der Prozesse selbst. Durchgängige Software-Werkzeugketten werden passgenau für die Kunden erarbeitet und tragen so auch zur Umsetzung der Vision des »Internet of Systems Engineering« bei, die eine Vernetzung der Modelle, der Software, der Geräte, der realen Welt und der Ingenieure erschafft.

4.3 Mobility Services

Bei der Digitalisierung der Automobilbranche setzt die stabile aber geringe Anzahl von Wettbewerbern in Kombination mit nur wenigen neu erschließbaren Märkten alle Marktteilnehmer unter enormen Kostendruck. Ebenso groß ist der Innovationsdruck, der durch Kundennachfragen, neue gesetzliche Auflagen und neue Marktteilnehmer verstärkt wird. Der Bereich der Fahrerassistenzsysteme ist Stammdomäne der Automobilhersteller und -zulieferer und ist damit geeignet, die Vorteile der digitalen Vernetzung in Wertschöpfung innerhalb der Automobilindustrie umzusetzen. Bis zum Jahr 2025 wird sich das Volumen der Wertschöpfung in diesem Bereich allein in Deutschland um den Faktor 16 auf knapp 9 Mrd. Euro steigern.¹¹ Dabei wird über die Hälfte der Wertschöpfung dem Bereich des hochautomatisierten Fahrens zuzuordnen sein. Aktuelle Entwicklungen, wie die Bereitstellung neuer »Advanced Driver Assistance System« (ADAS) Funktionen mittels Over-the-Air (OTA) Update, zeigen zudem, dass die Wertschöpfung der ADAS-Systeme zum Großteil mit Software und der Auswertung der durch die Fahrzeuge erhobenen Daten erfolgen wird.

Abbildung 4

Datenraum der Mobilitätsdienste



Um den Bereich der Mobility Services zu unterstützen hat Fraunhofer FOKUS eine Reihe von Werkzeugen wie die Simulationsumgebung VSimRTI+PHABMACS sowie die Analyseplattform für Mobilitätsdaten ITEF entwickelt, die sowohl für die Abarbeitung von Projekten genutzt als auch Partnern zur Verfügung gestellt werden können. Weitere Expertise und Technologiekomponenten stehen im Bereich Lokalisierung und Parken, Security, Karten/ Navigation und Kartengenerierung sowie der Entwicklung von An-

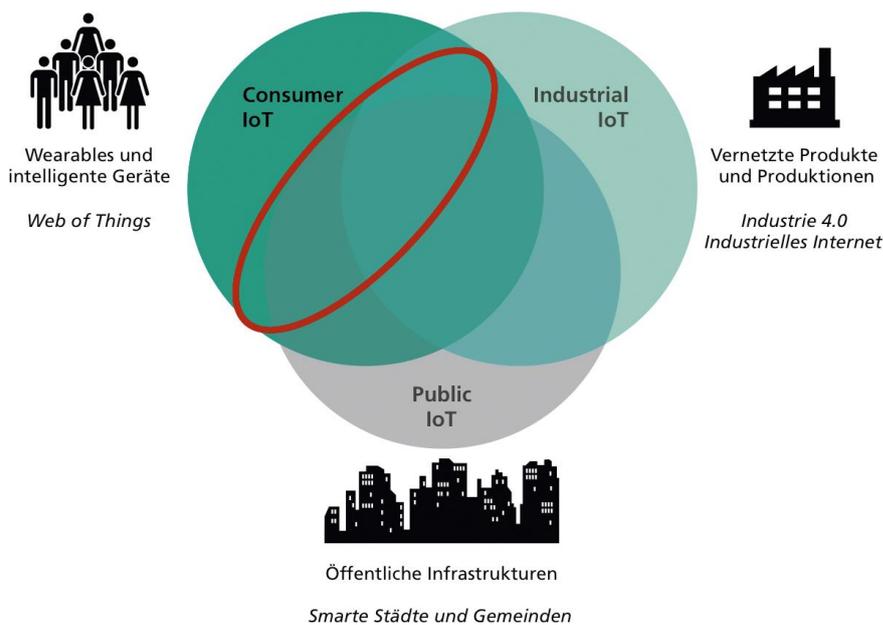
¹¹ Fraunhofer IAO in Zusammenarbeit mit Fraunhofer FOKUS, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi): »Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen – Industriepolitische Schlussfolgerungen«: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/H/hochautomatisiertes-fahren-auf-autobahnen,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, zugegriffen am 30. August 2016

wendungen und Funktionen im Fahrzeug, in der Straßeninfrastruktur, im Backend und in mobilen Geräten zur Verfügung.

4.4 Media Services

Nirgendwo zeigen sich die Auswirkungen der digitalen Revolution und Vernetzung derzeit so radikal und massiv wie im Bereich der Medien. Ursprünglich durch technologisch getrennte Auslieferungsketten – TV, Radio, Telefon, Print – gekennzeichnet, blieb die klassische Medienindustrie anfänglich von den Auswirkungen des Internets und des World-Wide Web (WWW) unberührt, um nun, getreu dem Motto »Content is king, TV is dead!«, umso stärker, wenn nicht sogar radikal, von diesen Auswirkungen betroffen zu sein. Das World-Wide Web wurde zu einem riesigen Content-Netz mit mannigfaltigen Angeboten, die den Zeitgeist der vor allem jungen Generation aufgegriffen hat und entwickelte sich von einer Begleiterscheinung mit Ergänzungsangeboten zu einem ernstesten, kommerziell mächtigen Konkurrenten und alternativen Kanal klassischer Inhalte-Anbieter. Neue webbasierte Technologien und leicht zugängliche globale Verteilungsinfrastrukturen, für die Fraunhofer FOKUS entscheidende Bausteine beisteuert, erleichtern die Markteinführung von globalen Medienangeboten.

Abbildung 5 Datenraum der Mediendienste



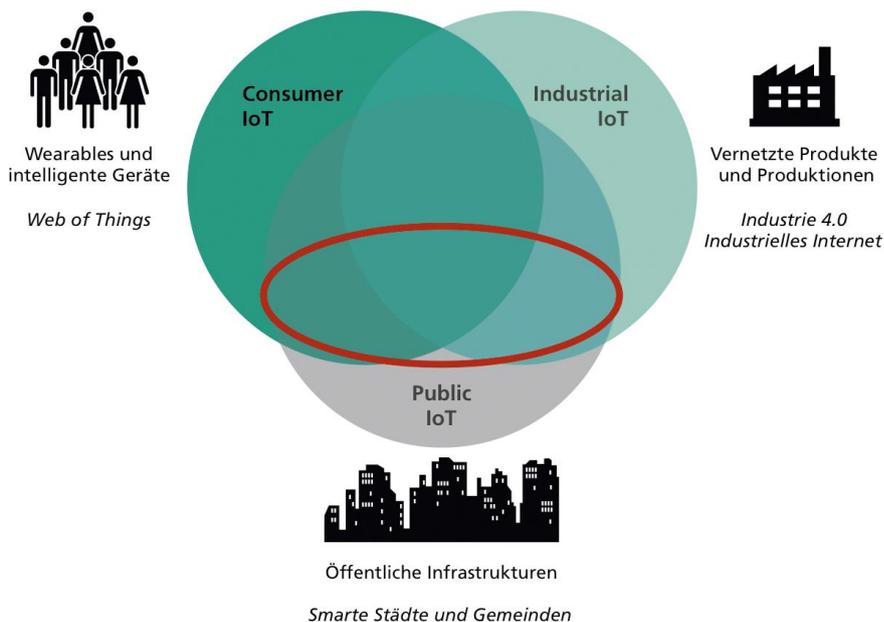
Dieses sich so schnell entwickelnde Spannungsfeld bietet Raum für Innovationen und hat großen Bedarf an innovativen technischen Lösungen. Fraunhofer FOKUS treibt als Mitglied in den entsprechenden Standardisierungsgremien, wie beispielsweise dem World-Wide Web Consortium (W3C), der Hybrid Broadcasting Broadband TV (HbbTV)-Association und dem DASH Industry Forum (DASH-IF), aktiv die Entwicklung und Standardisierung. Neueste Trends und Standards werden von FOKUS sehr zeitnah prototypisch umgesetzt und in Produkte von Kunden integriert. Darüber hinaus werden Kunden Dienstleistungen (Testbeds, Interoperability Tests und Verifikation, Unterstützung bei der Entwicklung von Anwendungen) angeboten, die in diesem »Future Media Web« ihre neuen Dienste realisieren wollen. So kann auf einen erfolgreichen Technologietransfer der vergangenen Jahre in den Bereichen SmartTV, Medienstreaming und

Webtechnologien zurückgeblickt werden, der für eine nachhaltige Entwicklung als Basis dient.

4.5 Public Services

In nahezu allen Bereichen des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens übernimmt die öffentliche Hand fundamentale Aufgaben und Funktionen. Eine funktionierende und effiziente Verwaltung ist das »Betriebssystem« unserer Gesellschaft. Der Geschäftsbereich Digital Public Services unterstützt aktiv die digitale Transformation der öffentlichen Verwaltung und im öffentlichen Raum. Er positioniert sich dabei als vertrauenswürdiger Mediator zwischen Verwaltung, Wirtschaft und Politik. Das FOKUS eGovernment-Labor entwickelt gemeinsam mit seinen zahlreichen Partnern aus der IKT-Wirtschaft mit mehr als 60 Partnern praktische Szenarien, Demonstratoren und Lösungen für ein prozessorientiertes, sicheres und interoperables eGovernment. Politik und öffentliche Verwaltung erleben im eGovernment-Labor wie zukunftsgerichtetes eGovernment aussieht und bringen ihre Anforderungen ein. Mit seiner umfassenden Domänenexpertise gepaart mit der praktischen Kenntnis des Marktes unterstützt Fraunhofer FOKUS öffentliche Stellen von der Konzeption über die Ausschreibung bis hin zur Umsetzung moderner IKT-basierter Lösungen für eine effiziente Verwaltung. Dabei rückt auch das Thema Informationssicherheit zunehmend in den Vordergrund: Mit seinem akkreditierten CertLab übernimmt der Geschäftsbereich Digital Public Services im Auftrag des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) einen wichtigen Teil im Prozess der Sicherheitsüberprüfung und -bewertung von IT-Produkten. Das Themenfeld Public Services geht über die Kernverwaltung hinaus und reicht bis in den öffentlichen Raum hinein, in dem der Staat immer häufiger dafür in der Gewährleistungsverantwortung gesehen wird, dass IT-Infrastrukturen das reibungslose Zusammenspiel von Zivilgesellschaft, Wirtschaft und öffentlicher Hand angemessen unterstützen. Zu dieser Fragestellung entwickelt das Kompetenzzentrum Öffentliche IT als Denkfabrik für das Bundesministerium des Innern (BMI) seit mehreren Jahren praktikable Konzepte und Anwendungen.

Abbildung 6 Datenraum der IT-Dienste für den öffentlichen Raum



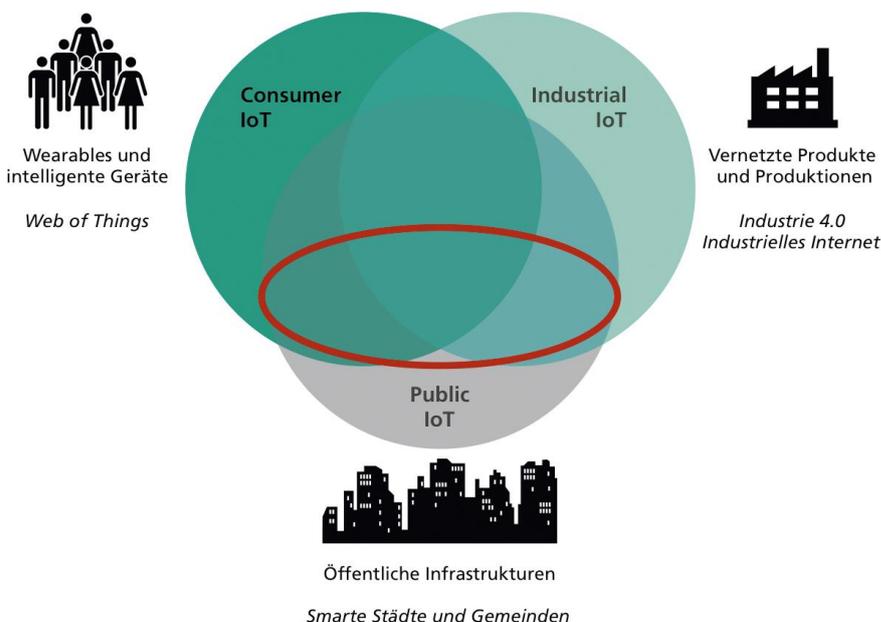
Die Digitalisierung im öffentlichen Sektor wird zukünftig durch eine noch engere Vernetzung von öffentlichen Stellen, Politik, Bürgern und Unternehmen geprägt sein. Elektronische Dienste müssen noch deutlich konsequenter von der Seite der Bedarfsträger aus gedacht werden. Zudem wird sich die öffentliche Verwaltung zunehmend vom Lösungsanbieter zum Plattformanbieter weiterentwickeln: Durch die Bereitstellung von Daten und Diensten über offene Schnittstellen wird gezielt die Innovationskraft und das Engagement Dritter eingebunden. Das Internet of Things (IoT) bietet für viele zentrale Bereiche des öffentlichen Sektors ein hohes Nutzungs- und Effizienzpotenzial, das bislang noch nicht annähernd erschlossen ist. Der Geschäftsbereich Digital Public Services wird diese und weitere zentrale Entwicklungen auch zukünftig gemeinsam in enger Zusammenarbeit mit Verwaltung, Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft begleiten und aktiv mitgestalten.

4.6 Safety Services

Seit einigen Jahren nimmt die Bedrohung für die zivile Sicherheit deutlich zu und es ist damit zu rechnen, dass dieser Trend anhält. Bedrohungslagen wie Pandemien, flächendeckende oder lang anhaltende Stromausfälle, Terrorangriffe oder Extremwetter und ihre kaskadierenden Effekte erfordern neue Ansätze im Bereich der Gefahrenabwehr. Die Erhöhung der Resilienz gegen solche Bedrohungen macht die gezielte und effiziente Interaktion verschiedener Akteure in allen Phasen des Krisenmanagements nötig – von zuständigen Behörden auf allen relevanten Ebenen über Hilfsorganisationen und Firmen bis zu einzelnen Bürgern. Neue Technologien eröffnen dabei Möglichkeiten einer vernetzten Sicherheit im Sinne einer intelligent koordinierten Zusammenarbeit aller relevanten Akteure. Die Vernetzung dieser Akteure ist eine der zentralen Herausforderungen für die nächsten Jahre, für die bisher nur singuläre Lösungsansätze gefunden wurden.

Abbildung 7

Datenraum der Safety Services



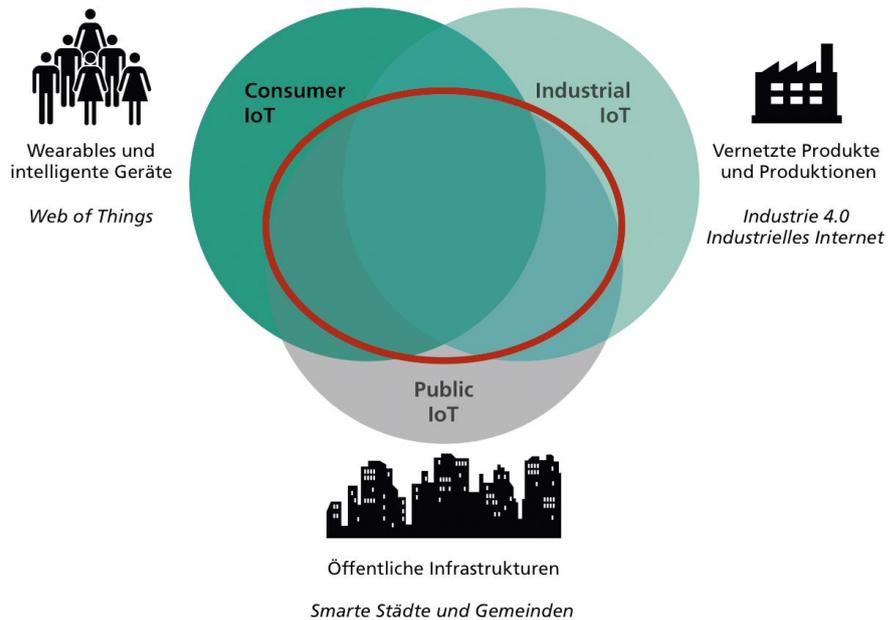
Der Geschäftsbereich Vernetzte Sicherheit entwickelt für dieses Zukunftsfeld als Pionier und Trendsetter ganzheitliche methodische Ansätze, Best Practices und unmittelbar nutzbare Technologien, um die kommenden Herausforderungen der Vernetzung von

Behörden, Einsatzkräften, Infrastrukturbetreibern, Industrie und Bevölkerung zu bewältigen. Dabei kommen neueste technologische Entwicklungen aus den Forschungsfeldern Informationslogistik, Complex Event Processing, Situation-Awareness, Fog Sensing und Semantic Technologies zum Einsatz, die mit unseren anwendungsorientierten Kernkompetenzen im Bereich Dienste und Plattformen, Digital Governance sowie Interoperabilität die optimalen Grundlagen für innovative Lösungen in diesem Zukunftsmarkt bieten. Mit erfolgreichen Systemen wie KATWARN bietet FOKUS schon heute konkret nutzbare Antworten auf die Frage, wie sich unsere Gesellschaft, Wirtschaft und jeder Einzelne künftig vor immer komplexeren Bedrohungslagen in einer vernetzten Welt besser schützen kann. Derartige Systeme sind aber nur ein erster Schritt in Richtung unserer Vision für künftige Lösungen der vernetzten Sicherheit.

4.7 Visual Computing Services

Der Geschäftsbereich Visual Computing nutzt digitale Optik, indem er mit Methoden der Bildverarbeitung und des maschinellen Sehens Verständnis über Eigenschaften und Verhalten beobachteter Objekte gewinnt und dieses formalisiert für die weitere semantische Verarbeitung bereitstellt. Darstellungsseitig übernehmen Visual Computing Services Ergebnisdaten von Anwendungsdiensten in der Regel am Netzwerk-Rand (Edge) und transformieren sie in verständliche visuelle Informationen für den Menschen. Mikro- und nano-optisch strukturierte Bauelemente der digitalen Optik liefern breitbandige Datenströme, sogenannte Large Data. Für Fragestellungen eines konkreten Dienstes enthalten sie in der Regel wenig Nutzinformation. Daher ist es aus technischer, ökonomischer, aber auch aus datenschutzrechtlicher Sicht sinnvoll, die Datenverarbeitung vor Ort (am Ort der Entstehung) durchzuführen und möglichst nur die aggregierten und semantisch interpretierbaren *Smarten Daten* an die anfragenden Dienste weiterzuschicken. Bildverarbeitende Systeme werden zu bildverarbeitenden Diensten. In letzter Konsequenz führt diese Entwicklung von losen ans Netz angekoppelten Spezialsystemen zu im Netz eingebetteten Architekturen. Die Kommunikationsstandards und damit die darunterliegenden Technologiekomponenten werden aus der Netzwelt kommen, angereichert um spezielle Ausprägungen wie OPC UA und TSN für die robuste zuverlässige Kommunikation und Verarbeitung.

Abbildung 8 Datenanalyse und Visualisierung machen Daten aus allen Netzen zu nützlichen Informationen



Der FOKUS-Geschäftsbereich Visual Computing konzentriert sich auf visualisierende Dienste an der Schnittstelle zwischen digitaler und physischer Welt. Auf Seite der Bildgebung sind dies bspw. Dienste für großformatige Präsentation visueller Medien und für die visuelle Anreicherung der physischen Welt durch digitale Informationen. Auf Seite der digital-optischen Erfassung steht die Gewinnung von Information, sogenannten »Smart Data« aus Rohdaten an der Edge und ihre Aufbereitung für kundenspezifische Dienste im Vordergrund. Unsere Kompetenz in eingebetteten Realzeit-Architekturen und intelligenten Algorithmen für die Verarbeitung digital-optischer Informationen am Ort der Erfassung, kombiniert mit moderner Netzwerktechnik, stellt das Fundament unserer Arbeiten dar, die die Grundlage für viele Anwendungen im Bereich der Analyse bilden.

4.8 Weitere Themenbereiche

Als anwendungsorientiertes Forschungsinstitut muss sich Fraunhofer FOKUS kontinuierlich neu erfinden. Dies bedeutet, dass Bereiche an Bedeutung gewinnen oder verlieren können, sich aber auch neue Forschungsfelder herausbilden, in denen wir als Forschungsinstitut auf Grund eingehender Analysen und Marktbeobachtungen die für Fraunhofer FOKUS größten Entwicklungspotenziale und Marktchancen sehen. Vier aktuelle Forschungsfelder von Fraunhofer FOKUS werden im Folgenden vorgestellt.

4.8.1 Telehealth Technologies

Mit einem jährlichen Umsatz von 320 Mrd. Euro und 5,2 Mio. Beschäftigten ist das Gesundheitswesen eine der wichtigsten Branchen des Wirtschaftsstandorts Deutschland. Die hier angesiedelten Marktsegmente Pharma, Medizintechnik und Biotechnik zählen zu den innovationsstärksten in Deutschland. Beispielsweise sind 7% aller in Deutschland angemeldeten Patente der Medizintechnik zuzuordnen.

Mit der Gründung der Gruppe »Telehealth Technologies« trägt das Fraunhofer FOKUS der Tatsache Rechnung, dass die Vernetzung des Gesundheitswesens zukünftig weniger aus den bestehenden Softwaresystemen, sondern vorrangig von den medizinischen Geräten am Patienten, im Haushalt und im Krankenhaus entlang der Paradigmen eines »Internet of Things« getrieben wird. Die Schwerpunkte liegen dabei auf Plattformen für einen sicheren Austausch von Daten sowie innovativen Verfahren der Bewegungsanalyse anhand von Video- und Sensordaten. Von der Entwicklung ganzheitlicher Lösungen bis zur Beratung von Kunden bei der Einführung von kommerziellen Produkten deckt die Gruppe »Telehealth Technologies« alle technologischen Aspekte des Einsatzes von Kommunikationstechnologien und Telemedizin im Gesundheitswesen ab.

4.8.2 Industrial IoT

Die »intelligente Fabrik« der Zukunft zeichnet sich durch eine große Wandlungsfähigkeit, deutliche Effizienzsteigerung und eine einfache und umfassende Integration von Kunden und Geschäftspartnern in Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse aus. Industrial IoT (IIoT) Technologien stellen wesentliche Treiber für die vierte industrielle Revolution (Industrie 4.0) dar. Weltweit lag der Umsatz an IIoT-Produkten 2015 bei ca. 244 Mrd. US-Dollar (Deutschland: 7,1 Mrd. US-Dollar) und soll bis 2025 auf 2,2 Bio. US-Dollar (Deutschland: 54 Mrd. US-Dollar) wachsen.¹²

Aufbauend auf seiner langjährigen und weltweit sichtbaren Expertise im Bereich der Maschine-zu-Maschine (M2M)-Kommunikation¹³, M2M-Plattformen¹⁴, des Internet der Dinge (IoT)¹⁵, Cloud Computing¹⁶ und Datenanalysetechniken entwickelt die IIoT-Forschungsgruppe leistungsstarke, standard-basierte^{17, 18} IIoT-Lösungen für die Produktion und Logistik von morgen. FOKUS befähigt industrielle Cyber-physische Systeme (CPS) mittels »Fog Computing«¹⁹-Technologien (Gateways und Plattformen) eigenständig verteilte Sensor-/Maschinendaten zu analysieren, auszutauschen, Aktionen auszulösen und sich gegenseitig selbstständig zu steuern. Mit seinen Software Toolkits^{20, 21}, portierbaren Testinfrastrukturen und seinem »IKT für Industrie 4.0 Zentrum«²² bietet FOKUS seinen Kunden und Partnern die Möglichkeit, industrielle IKT-Technologien in unterschiedlichen industriellen Anwendungsfeldern zu erleben, neue Lösungen zu erproben und eigene Lösungen in standardbasierte Umgebungen zu integrieren und darin zu testen.

¹² Visiongain Marketreport, »Industrial Internet Market Report 2015-2025: The Future for Machine to Machine (M2M), Smart Connected Devices, Big Data Analytics & Internet of Things (IoT)«, Publication date: 11/06/2015

¹³ Open5GMTC Toolkit: www.open5gmtc.org

¹⁴ OpenMTC M2M Plattform: www.open-mtc.org

¹⁵ OpenIoT, IoT Middleware, <https://github.com/OpenIoT/OpenIoT>, OpenIoT Projekt: www.openiot.eu

¹⁶ OpenBaton NFV Orchestrator: www.openbaton.org

¹⁷ Industrial Internet Consortium, »Industrial internet reference architecture«, Tech. Rep., June, 2015

¹⁸ Statusreport, V. D. I. Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0), 2015

¹⁹ OpenIoTfog – Industrielle Fog Computing Gateways und Plattformen: <http://www.openiotfog.org>

²⁰ OpenMTC – Open Machine Type Communication - M2M Plattform: www.open-mtc.org

²¹ OpenIoTfog – Industrielle Fog Computing Gateways und Plattformen: <http://www.openiotfog.org>

²² Das IKT für Industrie 4.0 Zentrum beim Fraunhofer FOKUS: <http://www.ikt4zentrum.org>

4.8.3 Domain-specific Data Analytics

Datenanalytik stellt einen der vielversprechendsten Wachstumsmärkte für die nächsten Jahre dar. Laut Vorhersagen von IDC²³ hat der Big Data & Analytics Markt bereits 2015 ein Volumen von 125 Mrd. US-Dollar erreicht. Dabei werden echtzeitnahe Analysen von Daten, durch die Einbeziehung von Daten aus dem Internet der Dinge, eine jährliche Wachstumsrate von 30% über die nächsten fünf Jahre haben.

Das Data Analytics Center²⁴ am Fraunhofer FOKUS bietet spezialisierte Kompetenzen und Forschung zur wissensbasierten Verarbeitung und Analyse großer Datenmengen (Big Data Analytics) in verschiedenen Domänen an. Dafür entwickelt es (verteilte) Algorithmen für die maschinelle Extraktion, Fusion, Lernen, Analyse und (semantische) Interpretation aus unstrukturierten und strukturierten Datenbeständen und Echtzeitdatenströmen (Fast Data/ Streaming Data), die auch verteilt, dezentralisiert und online auf den produzierenden Geräten (»at the edge«/ »edge analytics«) bzw. auf Zwischenknoten im Netzwerk zum Einsatz kommen können. Dies sorgt für die nötige Intelligenz bei der Auswertung und digitalen Kuratierung von Inhalten (Smart Content) und unterstützt deren Nutzung in verschiedenen Analytik- und Künstliche Intelligenz-Anwendungen.

4.8.4 Smart Grids

Laut einer Marktanalyse²⁵ wächst der Energiedienstleistungsmarkt in Deutschland jährlich um 4% bei einer Marktgröße von 16,7 Mrd. Euro im Jahr 2014 auf eine Größe von 22,2 Mrd. Euro im Jahr 2020. Bedingt durch notwendige Modernisierungen ist davon auszugehen, dass der Bedarf an Smart-Grid-Technologien bis 2017 jährlich um 26,6% wächst.²⁶

Fraunhofer FOKUS bietet F&E-Leistungen zur Auswahl, Definition und Umsetzung von Datenformaten und Protokollen im Smart Grid unter Berücksichtigung erforderlicher Sicherheitskriterien. Fraunhofer FOKUS unterstützt die weitere Standardisierung von VHPready, einem offenen, weithin akzeptierten, qualitätsgesicherten Industriestandard zur Fernsteuerung von dezentralen Energieanlagen, entwickelt Konzepte für Prüf- und Zertifizierungsverfahren und unterstützt die Realisierung von Steuerboxen zur kommunikationstechnischen Anbindung von Energieanlagen. Fraunhofer FOKUS bietet Optimierungslösungen zur ressourcenschonenden und nachhaltig wirtschaftlichen Projektierung und Betriebsführung von Energieanlagen in Gebäuden und berät seine Kunden bei der Auswahl geeigneter IKT-Standards und -Technologien im Energiesektor.

²³ IDC Predictions 2015: Acceleration Innovation – and Growth – on the 3rd Platform (IDC #252700): »IDC predicts the global Big Data and Analytics market will reach \$125B in hardware, software and services revenue this year. The professional services-to-technology ratio will also increase 25% this year, due to increasingly complex system configurations and enterprise-wide solutions. IDC also predicts the Internet of Things (IoT) analytics market will also attain a 30% CAGR in the next five years.«

²⁴ Data Analytics Center (DANA): <http://www.data-analytics-center.org/>, zugegriffen am 24. August 2016

²⁵ »Wachstumschancen Energiedienstleistungen« – Entwicklung des deutschen Energiedienstleistungsmarktes bis 2020, Arthur D. Little-Studie in Zusammenarbeit mit dem Verband für Wärmelieferung e.V., Januar 2015

²⁶ »Global Smart Grid Market«, N856-14. Frost & Sullivan, 2011

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Digitale Vernetzung passiert – überall und unaufhaltsam. Es wird zukünftig keinen Bereich in unserem Leben, der Wirtschaft und allen gesellschaftlichen Bereichen geben, der nicht davon betroffen und dadurch geformt werden wird. Es ist daher essenziell notwendig, aktiv Technologien zu entwickeln, deren Einfluss und Folgen abzuschätzen und sie zielgerichtet einzusetzen, um unser Leben zu verbessern, ihre Wechselwirkung mit gesellschaftlichen und ökonomischen Prozessen zu verstehen, Nachhaltigkeit zu gewährleisten und wirtschaftliche Wertschöpfung für Deutschland und Europa zu generieren. Dies wird nur möglich sein, wenn wir früh in den Technologieentwicklungsprozess einsteigen, ihn aktiv treiben und aus gesellschaftlicher Sicht begleiten.

Unsere zentralen Schlussfolgerungen sind:

- 1 **Digitale Vernetzung ist revolutionär**, da sie die durch Software realisierte Verknüpfung von Dingen und Personen ermöglicht und damit die vollständige, holistische Digitalisierung von Prozessen in cyber-physischen Systemen in allen Bereichen vorantreibt.
- 2 **Digitale Vernetzung ist interdisziplinär**, da sie kein rein technisches Konstrukt ist, sondern ein sozio-ökonomisch-technisches System mit vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Bereichen und Forschungsdisziplinen.
- 3 **Digitale Vernetzung ist sicherheitskritisch**, da über das Netz verbundene Geräte und Systeme potenzielle Angriffsziele sind. Die potenziellen Angriffsvektoren steigen durch die digitale Vernetzung exponentiell an. Sie müssen entsprechend analysiert und abgewehrt werden.
- 4 **Digitale Vernetzung ist strategisch**. Auch Branchen, für die die digitale Vernetzung bisher kein vorrangiges Thema war, müssen sich der Herausforderung stellen und die systematische Weiterentwicklung ihres Kerngeschäfts in der digital vernetzten Welt vorantreiben, um nicht vom Markt zu verschwinden.
- 5 **Digitale Vernetzung ist nachhaltig**, da eine durchgängige digitale Vernetzung Wirtschaftsabläufe und Lebensqualität nachhaltig verbessern und vereinfachen kann.

Im Umfeld der digitalen Vernetzung sehen wir den Bereich des »Internet of Things« in seinen Ausprägungen als »Public IoT«, »Consumer IoT« und »Industrial IoT« als zentralen neuen Wachstums- und Technologietreiber. Einige der für die digitale Vernetzung notwendigen Basistechnologien werden von Fraunhofer FOKUS entwickelt und als Plattformen und Anwendungen in verschiedene Domänen unter Berücksichtigung ihrer speziellen Anforderungen eingebracht und an sie angepasst. Die Verfügbarkeit neuer Technologien, Methoden und Lösungen der digitalen Vernetzung wird die Nachfrage und Entwicklung – wie in anderen Bereichen bereits vielfach geschehen – weiter befeuern. Diese Nachfrage entlang der oben angeführten Thesen mitzugestalten, um die digitale Vernetzung zielgerichtet »für den Menschen« weiterzuentwickeln, ist die zentrale Aufgabe von FOKUS.