

Volker P. Andelfinger und Till Hänisch

Den lieb ich, der Unmögliches begehrt.  
Johann Wolfgang von Goethe

Es ist ein gewaltiges Netz, das sich da gerade aufbaut. Das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) wird in wenigen Jahren nach Schätzungen von Experten des IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), der internationalen Organisation, die sich um die Schaffung von Normen und Standards in der Internet-Technologie kümmert, über 50 Mrd. Dinge miteinander verbinden. Das wird nicht das Ende der Entwicklung sein. Bis 2020 soll es schon rund 100 Mrd. vernetzte Gegenstände geben. Verbunden sind darüber aber auch Menschen, die Technologie nutzen, allen voran Smartphones. Dinge, die vernetzt werden, sind Maschinen, Fahrzeuge, Haustechnik, mithin also Beleuchtung, Rollläden, Fernseher, PCs, Kühlschränke, Warenverpackungen, Sensoren aller Art, Kameras, so ziemlich alles, was Sie sich vorstellen können.

## **100 Mrd. vernetzte Dinge – oder mehr**

Die Miniaturisierung von elektronischen Bauteilen, die besonders durch die Entwicklung der Smartphones vorangetrieben wurde, macht es möglich, alle Gegenstände, die vernetzt werden sollen, mit Sensoren und kleinsten Computerbauteilen und beispielsweise WLAN-Antennen oder auch nur mit RFID-Tags auszustatten.

Die Kommunikation zwischen den Dingen, zwischen Maschinen zum Beispiel, kann dabei automatisch erfolgen. Auch das Einkaufen kann sich damit verändern. Wenn alle

---

V. P. Andelfinger (✉)  
Berwartsteinstraße 21, 76855 Annweiler, Deutschland  
E-Mail: volker.p.andelfinger@googlemail.com

T. Hänisch  
Ziegelstrasse 17, 89518 Heidenheim, Deutschland  
E-Mail: haenisch@dhbw-heidenheim.de

Waren mit RFID-Tags ausgestattet sind, kann die – dann wohl von Menschen unbesetzte – Kasse am Ausgang des Supermarktes den Warenkorb automatisch auslesen. Die Bezahlung erfolgt dann ebenfalls automatisch über das Smartphone. Near Field Communication (NFC) oder andere technische Ansätze machen das möglich.

### **Milliardenschwerer Markt IoT**

Das Internet der Dinge wird von Experten als milliardenschwerer Markt gesehen. Rob Lloyd von Cisco beziffert die Geschäftsmöglichkeiten im Internet der Dinge bis zum Jahr 2020 auf 14 Billionen \$. Wie auch immer diese Zahl zustande gekommen ist, der Markt wird gigantisch sein. Professor Henning Kagermann, vormals Vorstandsvorsitzender der SAP, sagte: „Das Internet der Dinge ist Treiber der vierten industriellen Revolution.“ Und bereits 2009 war in einer Resolution des EU-Parlaments zu lesen, dass die Entwicklung des Internets der Dinge in den kommenden Jahren bedeutenden Einfluss auf das tägliche Leben nehmen und in breitem Umfang zu wirtschaftlichen und sozialen Veränderungen führen wird.

Bereits heute nutzen sogar Versicherer das Internet der Dinge. Oft ist dies den Beteiligten gar nicht so sehr bewusst. Die Kfz-Versicherung nach dem Pay-As-You-Drive-Modell ist ein Beispiel. Aber auch auf Großbaustellen in besonders diebstahlgefährdeten Gebieten kommt das Internet der Dinge zum Einsatz: zur Überwachung von Baumaschinen, als Prävention gegen Diebstahl – oder um sie wieder aufzufinden.

Bevor wir zu weiteren Einsatzmöglichkeiten kommen, werden wir nun das Internet der Dinge und seine Vorläufer Schritt für Schritt erklären und mit Beispielen transparent machen. Wir werden anschließend auch und insbesondere die technischen Grundlagen und Aspekte erläutern. Die ausgewählten Beispiele, die anschließend dargestellt werden, sind ein kleiner Ausschnitt aus den Möglichkeiten und dienen nicht nur der Erläuterung des IoT, sondern sehr gerne auch der Inspiration.

---

## **2.1 Die Evolution des Internets**

Zwanzig Jahre nachdem das WWW isolierte Server durch Links zu einem Netzwerk verbunden hat, zehn Jahre nachdem durch WLAN der Zugriff auf dieses Netz mobil geworden ist und fünf Jahre nachdem Smartphones das WWW in den Zug, den Biergarten und an den Baggersee gebracht haben, stellt sich die Frage, was als nächstes passiert.

### **iPhone pusht die Zahlen**

Vor dem Start des WWW enthielt das Internet etwa eine Million<sup>1</sup> Rechner (1992), zehn Jahre später waren es etwa 100 Mio.; als 2007 das iPhone auf den Markt kam, waren es etwa 500 Mio., heute sind es über eine Milliarde<sup>2</sup>. In einigen Jahren werden vermutlich die

---

<sup>1</sup> Das Internet gab's schon lange vorher, siehe etwa [http://www.computerhistory.org/internet\\_history](http://www.computerhistory.org/internet_history).

<sup>2</sup> Das kommt aber stark darauf an, wie man zählt. Die Zahlen stammen vom Internet Systems Consortium, <http://www.isc.org/services/survey/>, dort werden Domains im DNS gezählt. Davon gibt es

meisten der derzeit etwa 5 Mrd. Mobiltelefone Smartphones sein, sodass man damit eine vernünftige Obergrenze der Zahl der Computer erhält. Soll das Internet weiter wachsen, dann jedenfalls nicht so.

Aber warum sollen nur Menschen ins Internet? Auch die Welt um uns herum hat viele Informationen zu bieten. Schätzungen gehen davon aus, dass im Jahr 2020 zwischen 30 und 100 Mrd. Dinge eine Verbindung zum Internet haben werden. Aber warum?

### **Unerwartet interessante Ergebnisse**

Eine große Zahl von Sensoren liefert manchmal unerwartet interessante Ergebnisse, wie beispielsweise die Untersuchung von [2] zeigt: Opensignal.com misst die Signalstärke mobiler Netze, um die Abdeckung der verschiedenen Anbieter deutlich zu machen. Nebenbei wird mit der entsprechenden Android-App der Status der Batterie (unter anderem deren Temperatur) überwacht. Wertet man die Temperaturdaten zahlreicher Nutzer aus, zeigt sich eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit den offiziellen Wetterdaten, umgekehrt bedeutet dies, dass man durch die Messung der Temperatur der Smartphone-Batterien quasi nebenbei flächendeckende, hochgenaue Temperaturdaten erhalten kann. Eine Untersuchung von Microsoft Research [3] zeigt, wie durch Smartphones detaillierte Verkehrsdaten gewonnen werden können und so weiter und so weiter.

Die Entwicklung hin zum Internet der Dinge, also zahlreichen Sensoren, die ihre Daten ins Internet einspeisen, stellt keine Revolution, also einen Bruch mit dem Bisherigen, sondern eine Evolution, also eine kontinuierliche Weiterentwicklung dar. Um dies zu verstehen, betrachten wir kurz die Entwicklung des Internets.

## **Wie alles begann**

Zunächst war das Internet die technische Möglichkeit, ein paar Supercomputer miteinander zu verbinden, um Wissenschaftlern landesweit den Zugang zu Rechenleistung zu ermöglichen. Hier spielten Dienste wie Telnet und FTP, die den Zugang zu anderen Rechnern und den Transfer von Dateien möglich machten, aber vor allem auch E-Mail die wesentliche Rolle.

### **Exklusiver Start des Internets**

Die Erstellung und Verbreitung von Informationen waren in der Prä-Internet-Zeit in der Hand weniger Unternehmen und Institutionen. Die Erstellung von Informationen war auf

---

dank virtueller HTTP-Server oder gar virtueller Maschinen sehr viel mehr als Computer (siehe dazu etwa [1]). Andererseits werden hier hauptsächlich die Server gezählt, also Computer, die fest mit dem Internet verbunden sind und Daten oder Dienste anbieten. Eine verlässliche Aussage über die Zahl der Computer im Internet lässt sich nur schwer treffen. Nimmt man als Anhaltspunkt die Zahl der Smartphones – heute etwas mehr als eine Milliarde –, addiert die Zahl der verkauften PCs der letzten fünf Jahre – etwa 1,7 Mrd. – und nimmt noch ein paar Server dazu, dann kommt man auf etwa 3 Milliarden.

eine vergleichsweise kleine Zahl von Autoren und Redakteuren, ihre Verbreitung im Wesentlichen auf Verlage und Sender beschränkt. Mit der Entwicklung des WWW entstand für eine große Zahl von Menschen die Möglichkeit, ihre Sicht der Dinge zu publizieren. Durch die Notwendigkeit, HTML-Seiten zu erzeugen, blieb dies allerdings auf einen Kreis von technisch versierten Anwendern beschränkt. Anbieter von Informationen waren deshalb zunächst hauptsächlich Unternehmen – zur Werbung – und Teilnehmer aus dem akademischen Umfeld. Mit dem wachsenden Angebot an Informationen und Produkten im WWW wurde diese Möglichkeit des Einkaufs immer interessanter, der E-Commerce entwickelte sich. Diese sich selbst verstärkende Entwicklung – mehr Nutzer bedingen mehr Angebote und umgekehrt – führte Ende der 1990er-Jahre zu einem dramatischen Wachstum der Anzahl der Nutzer.

Gegen Ende der 1990er-Jahre bestand das WWW hauptsächlich aus einer Vielzahl von Websites mit Informations-, Shopping- und Unterhaltungsangeboten aller Art und Portalen, die das Auffinden der gewünschten Ziele ermöglichen. Die populärsten Sites dieser Zeit waren große Portale wie etwa Yahoo oder T-Online. Aber es zeichnete sich bereits ab, dass durch die wachsende Leistungsfähigkeit der Suchmaschinen (damals Yahoo und AltaVista, Google war zur damaligen Zeit noch ein Forschungsprojekt) kleinere Anbieter einen höheren Stellenwert erhalten würden: Nicht mehr der aussagekräftige Domain-Name, den der Nutzer manuell eingibt, sondern die tatsächlichen Themen würden Besucher anziehen.

### **Die Abwesenheit der Zensur?**

Diese Entwicklung greift eine der grundlegenden Ideen des WWW auf, die Abwesenheit jeder Art von Zensur: Da es im WWW keinen „Root-Server“ gibt, bei dem sich andere Webserver registrieren müssen, kann jeder einen Webserver betreiben, ohne irgendeine Art von Genehmigung zu brauchen; Links können ohne Nachfrage auf jede beliebige Seite gesetzt werden. In der Realität reicht es aber nicht aus, einen Webserver zu betreiben, er muss auch gefunden werden. Portale erzeugen hier eine faktische Zensur, nur wer in Portalen aufgeführt ist, wird auch gefunden. Suchmaschinen demokratisieren dieses System – natürlich nur dann, wenn die Suchmaschine selbst keine Zensur ausübt.

Kann jede Site durch eine Suchmaschine gefunden werden, steigt der Anreiz für Autoren, Inhalte auch abseits des Mainstream zu veröffentlichen. Der Aufwand, einen eigenen Webserver zu betreiben, eine Domain zu registrieren usw. ist allerdings für die meisten Privatleute zu hoch. Aber diese Marktlücke wurde schnell geschlossen, die meisten Autoren wollen gar keinen eigenen Server betreiben, sondern nur ihre Inhalte veröffentlichen. Angebote vom Homepage-Baukasten bis zum bereits formatierten Standard-Blog entstanden überall und wurden genutzt.

Dadurch wurde die Reichweite des WWW erheblich erhöht, plötzlich war jeder, der über einen Internetzugang verfügte, in der Lage, zu publizieren – die Phase des sozialen Webs begann.

## Das soziale Web

Bereits in den Anfangszeiten des Internets entwickelten sich jenseits von E-Mail Anwendungen, die eine Kommunikation untereinander ermöglichten, die Kultur der Mailboxen und des Usenet – eine frühe Form der heutigen Diskussionsforen – prägte eine ganze Generation von Studenten und Hobbyisten. Allerdings war die Nutzung dieser Dienste auf einen kleinen Kreis beschränkt, denn erstens waren technische Kenntnisse erforderlich, und zweitens waren die Kosten für Privatleute erheblich, da der gesamte Datenaustausch über langsame Telefon-Modems erfolgte. Wollte man auf interessante Foren etwa in den USA zugreifen, konnte das ganz erhebliche Kosten verursachen. Zwei Wege waren üblich, um diese Einschränkung zu umgehen, erstens das Hacking von Telefonanlagen und damit die – allerdings illegale – Vermeidung der Kosten und zweitens der Zugang über eine Universität.

### Blogs sind auf Kommentare der Leser angewiesen

So blieb diese an sich nichttechnische Kommunikation lange Zeit in der Öffentlichkeit quasi unsichtbar<sup>3</sup>. Das änderte sich mit den Blogs, zunächst eine Art Online-Tagebuch, später dann die erste einer breiten Schicht von Nutzern zugängliche Diskussions- und Kommunikationsplattform im Internet. Entscheidend bei einem Blog sind natürlich die Artikel, aber wesentlich für den Erfolg sind die Kommentare der Leser. Hier entsteht die eigentliche, direkte und spontane Kommunikation zwischen Autor und Leser, die das Internet von einer Zeitung unterscheidet.

Als Weiterentwicklung der Blogs kann man deren Reduktion auf Statusmeldungen ansehen. Es werden keine längeren Texte, sondern kurze aktuelle Meldungen veröffentlicht, sei es in Textform (Twitter), als Bild (Instagram), als bildlastiger Blog (Tumblr, Pinterest), als persönliche öffentliche Pinwand (Facebook) oder als Lebenslauf (Xing). Jede dieser Varianten bietet eine Möglichkeit, seine Beziehungen zu anderen Mitgliedern zu organisieren, sei es durch (Interessen-) Gruppen oder direkte Beziehungen, welcher Art auch immer, daher die Bezeichnung soziale Netze.

Dieses Social Web bringt zwei entscheidende Neuerungen mit sich: Erstens ist jetzt tatsächlich jeder in der Lage, seinen eigenen Auftritt im Web zu gestalten, ohne sich zunächst mit technischen Fragestellungen mühen zu müssen. Und zweitens – und viel wichtiger – rücken das Web und die reale Welt viel näher zusammen.

Das zeigt sich öffentlichkeitswirksam bei Facebook-Partys, die hessische Polizei hat inzwischen eine „Preisliste“ für Einsätze bei diesen Veranstaltungen. „Einsätze wegen einer (schuldhaft herbeigeführten) öffentlichen Ansammlung aufgrund eines Aufrufes oder dessen Weiterverbreitung in einem Sozialen Netzwerk“ sind inzwischen vom Einladenden zu tragen [5].

---

<sup>3</sup> Interessanterweise ist eines der einflussreichsten Diskussionsforen – The Well – immer noch aktiv, allerdings auch heute noch praktisch unter Ausschluss der Öffentlichkeit, da kostenpflichtig. Zur Geschichte dieser vermutlich einflussreichsten Online-Plattform siehe [4].

### **I share therefore I am**

Aber die eigentlich wichtigen Effekte sind weniger offensichtlich, dabei aber viel weitreichender. Durch die Kombination mit Smartphones, die „always on and always on us“ [6] sind, verliert die reale Welt an Bedeutung für die soziale Interaktion, die Grenze zwischen realer und virtueller Welt verschwindet, „I share therefore I am“.

Wenn wir unseren realen Status – wo wir sind, was wir tun, was wir sehen, mit wem wir uns treffen – in die virtuelle Welt bringen, scheint es nur natürlich, dasselbe mit Informationen über den eigenen Körper zu tun, etwa mit Fitness-Trackern wie Nike Fuel oder FitbitOne.

Der Fitbit-Tracker ([www.fitbit.com](http://www.fitbit.com)) ist ein kleiner Bewegungssensor, der am Arm oder am Gürtel getragen wird und die gelaufenen Schritte sowie Zusatzinformationen wie die Anzahl der erstiegenen Stockwerke aufzeichnet, verbrauchte Kalorien berechnet und mit einem Webdienst synchronisiert. Dort kann man sich dann sein persönliches Profil anschauen und vor allem mit anderen vergleichen. Der Trick dabei: Es funktioniert. Nach eigenen Angaben gehen Fitbit-Benutzer 43 % mehr Schritte (<http://www.fitbit.com/de/company>), der Autor kann diesen Effekt aus eigener Erfahrung bestätigen.

### **Kühles Bier gibt's nur nach fleißigem Laufen**

Besonders interessant werden solche Sensoren, wenn sie Rückwirkungen auf die reale Welt haben, so wie das in [7] beschriebene System, das die Daten des Fitbit-Trackers des Autors auswertet und bei zu wenig Aktivität den Strom des Kühlschranks abschaltet – kühles Bier gibt's nur nach fleißigem Laufen.

Neben diesen Lifestyle-orientierten Produkten gibt es im Bereich des Personal Health Monitoring auch ernsthafte medizinische Anwendungen zur Überwachung des eigenen Gesundheitszustands. Durch die Anbindung an das Internet können die Informationen etwa durch den Hausarzt ausgewertet oder bei einer akuten Krise ein Rettungsdienst alarmiert werden.

Das World Wide Web beinhaltet also nicht mehr nur rein virtuelle Daten und Welten, sondern erhält einen immer engeren Bezug zur realen, physikalischen Welt.

## **Das physikalische Web**

Der Übergang vom „virtuellen“ zum physikalischen Web ist fließend: Der Weg von der Frage „Wie sieht es denn da aus, wo ich morgen hinfahren will“ (Google Earth) über „Wie warm ist es denn da“ (Online-Wetterdienst, Webcams) zu „Wie warm ist es denn zu Hause in meinem Wohnzimmer“ oder „Wie feucht ist es in meinem Keller“ oder „Ooops, bei mir zu Hause ist grade eine Wasserleitung geplatzt“ (private, mit dem Internet verbundene Sensoren wie ElectricImp oder Twine<sup>4</sup>) ist zumindest technologisch nicht weit.

---

<sup>4</sup> <http://electricimp.com/> und <http://supermechanical.com/> sind einfache Sensorplattformen, die es auch dem Laien erlauben, Daten aus der Umgebung zu erfassen und ins Internet zu bringen.

### Jedes Ding mit eigener Internetverbindung

Heute hat jeder Anwender zumindest einen eigenen Computer. In Zukunft wird jedes „Ding“ einen eigenen Computer mit Verbindung zum Internet haben. Fernseher, DVD-Rekorder, Stereoanlagen, Wecker, Armbanduhr oder Mobiltelefone enthalten heute bereits leistungsfähige Computer auf einem Chip, sogenannte Microcontroller. Der Preis eines Microcontrollers liegt heute bereits in einem Bereich<sup>5</sup>, der die Integration in praktisch alle Gerätschaften des täglichen Lebens erlaubt. Zukünftig werden alle Haushaltsgeräte (der berühmte Internet-Kühlschrank), Lichtschalter, Leuchten usw. solche Computer enthalten. Nicht (nur), weil diese Gadgets cool sind [8], sondern weil dies die billigste, effizienteste Weise zur Umsetzung ihrer Funktion ist.

Jedes dieser Geräte mit allen denkbaren Funktionen und Verbindungen zu versehen, ist kaum sinnvoll. Stattdessen werden alle untereinander vernetzt und können gegenseitig angebotene Dienste nutzen. Enthält beispielsweise jeder Schlüssel einen Microcontroller, gehört der verlorene Schlüsselbund der Vergangenheit an. Natürlich enthält der Schlüssel keinen GPS-Empfänger, sondern kommuniziert mit den anderen Sensoren in dem Raum, in dem er liegt, und erfährt so, wo er sich befindet. Diese Information kann er dann an andere weitergeben, die letztlich dann beim – suchenden – Anwender landen [9]. Die dazu notwendigen Technologien und Netzwerkprotokolle wurden für Sensornetze für technische und wissenschaftliche Anwendungen entwickelt und sind prinzipiell verfügbar, es fehlt allerdings noch an der Killer-Anwendung und an übergreifenden Standards zum Austausch dieser Daten.

Die Standards werden zurzeit entwickelt (siehe etwa [10]), Kandidaten für Anwendungen, die dieses Internet der Dinge ökonomisch interessant und damit für die Masse der Nutzer relevant machen werden, zeichnen sich ab: das Smart-Grid, das Industrial Internet und das bereits angesprochene Personal Health Monitoring, eine Spezialform des QuantifiedSelf [11].

### Wann lohnt sich die Investition?

Die Frage ist allerdings, ob und – wenn ja – unter welchen Bedingungen sich die Investition in die dafür notwendige Infrastruktur lohnt. Im Allgemeinen wird dies dann der Fall sein, wenn ein Objekt, wenn es mit dem Internet verbunden ist, dauerhaft Daten liefert und auf dieser Basis eine Dienstleistung, einen Service ermöglichen kann.

Simon Cook, Chef einer Londoner Venture-Capital-Firma, beschreibt den Mehrwert der ständigen Verbindung mit dem Internet so: „Now imagine an Internet-of-Things-enabled mousetrap. That is no longer a product, that is a service. Instead of someone going to look to see if a mouse has been caught, they will know once it fires. Then you take that data and you start to track where the mice are and you can solve the mouse problem. That is how you go from a product, via Big Data, to an entirely new service“ [12].

---

Twine, das komfortablere, aber mit einem Preis von etwa US\$ 200 auch erheblich teurere System, kann etwa den Besitzer per iPhone-App vor einem Wasserschaden warnen, sobald die Feuchtigkeit im Keller steigt.

<sup>5</sup> Je nach Leistungsfähigkeit und Stückzahl zwischen unter einem und etwa US\$ 10.



Genau genommen ist es heute schon so, dass eine Vielzahl von Daten über uns und unsere Umgebung gesammelt und verarbeitet wird, man denke etwa an die Positionsdaten der Smartphones, entweder vom GPS-Empfänger des Telefons selbst erfasst und zur Verwendung durch Lokations-sensitive Anwendungen gespeichert, oder in mal größerem, mal kleinerem Umfang durch die Telekommunikationsprovider, zu welchem Zweck auch immer. In einer drahtlos dauerhaft vernetzten Welt ist jeder praktisch ständig zu lokalisieren, zumindest nachträglich, wie das Beispiel der Londoner Mülltonnen anschaulich zeigt<sup>6</sup>.

### **Die Grenzen der Privatsphäre**

Hier stellt sich bereits heute oft die Frage nach der Grenze zwischen sinnvoller Nutzung (und damit Akzeptanz durch die Anwender) und der Verletzung der Privatsphäre. So ist beispielsweise (gerade) noch verständlich, wenn eine Wörterbuch-App den Standort des Nutzers dazu verwendet, populäre Suchbegriffe von anderen, in der Nähe befindlichen Nutzern anzuzeigen, warum die Brightest-Flashlight-App den Standort auswertet, bleibt mysteriös [13].

Es ist zwar zurzeit populär, gegen jede Art der Datenerhebung zu wettern, aber letztlich wird das nicht weiterhelfen: Das Internet der Dinge wird kommen, die Frage ist, wie man die Weitergabe und Nutzung der Daten regelt und die Privatsphäre schützt, also den Datenschutz regelt. Aber auch die anderen Aspekte der Datensicherheit sind hier mindestens genau so wichtig wie bei finanziellen Transaktionen: Immer wenn die virtuelle Welt die reale Welt trifft, sei es das Geld auf dem eigenen Konto oder die Steuerung der eigenen Heizung oder des eigenen Autos, muss ein erheblich höherer Sicherheitsstandard bezüglich Vertraulichkeit, aber auch Verbindlichkeit, Integrität und Verfügbarkeit angelegt werden.

Heise Online berichtete etwa über eine Sicherheitslücke in einem Mikro-Blockheizkraftwerk, die bei entsprechender Nutzung zu realen Schäden führen kann. Der Hersteller empfahl laut Heise den betroffenen Kunden, das Gerät vom Stromnetz zu trennen [15]. Gut, dass diese Lücke nicht im Winter entdeckt wurde.

Seit Stuxnet [16] ist die Tatsache, dass IT-Sicherheitsprobleme zu realen Schäden, unter Umständen auch zu Personenschäden führen können, zwar einer breiteren Öffentlichkeit bewusst geworden, dass dies aber spätestens in naher Zukunft auch für den eigenen privaten Bereich und nicht nur für Industrieanlagen gilt, ist anscheinend noch nicht so ganz verstanden worden.

---

<sup>6</sup> Das Unternehmen Renew stellte im Frühling 2012 etwa 200 intelligente Mülltonnen in der Londoner City auf, die auf einem Display Nachrichten oder Werbung anzeigen können. Diese können auch über WLAN auf in der Nähe befindliche Smartphones gestreamt werden. Dazu wurden die MAC-Adressen der in Reichweite befindlichen Smartphones aufgezeichnet, um etwa wiederkehrende Passanten zu erkennen. Nachdem dies bekannt geworden war, wurde die Speicherfunktion abgeschaltet [14]. Für viel Aufregung sorgte auch die Speicherung von Informationen über WLAN-Netze durch die Kamerawagen von Google zwischen 2008 und 2010.



## Smart Grid

Regenerative Energiequellen lassen sich nur sinnvoll nutzen, wenn der Stromverbrauch an die momentane Stromerzeugung angepasst werden kann: Die Verbraucher müssen abhängig von der gerade verfügbaren Strommenge gesteuert werden. Dazu muss zunächst einmal die Information darüber, ob gerade viel oder wenig Strom zur Verfügung steht, zu den Verbrauchern gebracht werden. Dies leisten intelligente Stromzähler.

Es ist für die Funktion eines Gefrierschranks nicht entscheidend, ob der Kompressor ein paar Minuten früher oder später eingeschaltet wird. Dieser Bedarf kann durch gezielte Steuerung von einem Spitzenlastbereich in einen weniger kritischen Bereich verschoben werden, dadurch können Lastspitzen verringert und damit konventionelle Kraftwerke eingespart werden.

### Smart Metering wird Pflicht

Deshalb schreibt die EU den Mitgliedsländern vor, dass bis zum Jahr 2020 in 80 % der Haushalte ein intelligenter Zähler installiert werden muss, aber nur, falls dies ökonomisch sinnvoll ist. Eine Studie des Wirtschaftsministeriums [17] bestätigt nun genau dies. Damit wird in naher Zukunft eine flächendeckende Infrastruktur von Sensoren und Aktoren in den meisten Haushalten etabliert werden.

## Industrial Internet

Industrielle Produktionsanlagen enthalten eine Vielzahl von Sensoren, deren Informationen zur Steuerung der Produktion und Logistik verwendet werden. Typischerweise werden diese Daten durch spezielle, abgeschlossene Systeme gesammelt und ausgewertet. Werden erstens diese Daten für alle Zwecke (des Unternehmens) zur Verfügung gestellt und wird zweitens die Anzahl der Sensoren drastisch erhöht, kann eine erhebliche Optimierung des Produktionsprozesses realisiert werden. General Electric investiert eine Milliarde US-Dollar in diese Technologien, das weltweite Einsparpotenzial wird auf US\$ 150 Mrd. geschätzt [18].

Oftmals werden industrielle Produktionsanlagen zwar etwa in Bezug auf Energieverbrauch optimiert, aber nicht ständig den sich ändernden Produktionsbedingungen angepasst. Dazu wäre eine kontinuierliche Überwachung aller Prozessparameter nötig, die in den wenigsten Anlagen realisiert ist.

### Großes Sparpotenzial

Ein Bereich, in dem hohe Einsparungen realisierbar sind, ist die kontinuierliche Überwachung des Anlagenzustands. Es gibt etwa Papiermaschinen, die in jedem Antrieb und jedem Walzenlager einen Sensor zur Vibrationsmessung integriert haben, dies ist aber selbst beim Bau einer neuen Anlage sehr aufwendig, eine Nachrüstung existierender Anlagen mit einem solchen Machine Health Monitoring System ist extrem aufwendig. Nicht wegen der

Kosten der eigentlichen Sensoren<sup>7</sup>, sondern wegen der Kosten der notwendigen Verkabelung für Stromversorgung und Datenübertragung, die ein Vielfaches dieses Betrags ausmachen. Verwendet man hier stattdessen Sensornetze, die ohne Stromanschluss auskommen und die Daten drahtlos übertragen, können hohe Einsparpotenziale realisiert werden, da Probleme umgehend erkannt<sup>8</sup> und andererseits Wartungszyklen verlängert werden können.

Insbesondere bei der Optimierung des Energieverbrauchs können flexible Sensornetze mit einer großen Menge von Daten unterstützen, da die Optimierung der Anlage auf die aktuellen Betriebszustände kontinuierlich durchgeführt werden kann, siehe etwa [20].

## Ein Netz von Sensoren

Die Ideen zum Internet der Dinge sind nicht neu, der Begriff wurde 1999 von Kevin Ashton geprägt [21]: Heute werden Informationen von Menschen in Computersysteme wie das WWW eingegeben (und von Menschen abgerufen). Zukünftig wird das größtenteils (zumindest was die Menge angeht) nicht mehr so sein, die Daten kommen von Dingen, die ihren eigenen Zustand oder den ihrer Umgebung weiterleiten.

Netze von Sensoren werden immer mehr Informationen aufzeichnen und weitergeben. Die andere Richtung, also dass Informationen aus dem Netz durch Aktoren zu einer Veränderung in der Realität führen, ist zwar mindestens genauso wichtig, abgesehen von Industrie und Haustechnik sind hier die realen Anwendungen jedoch weniger klar zu erkennen, weswegen wir uns hier auf Sensoren beschränken.

## Sensoren

Ein Sensor ist ein Bauteil, das bestimmte physikalische Eigenschaften (etwa Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Helligkeit, Bewegung und so weiter) erfasst und in eine elektrische Spannung umsetzt. Insbesondere durch die Technik, die in Notebooks und Mobiltelefonen eingesetzt wird, sind leistungsfähige Sensoren in den letzten Jahren extrem miniaturisiert und zu niedrigen Preisen verfügbar. Der Aufwand, etwa einen halbwegs genauen Temperatursensor mit der Technologie von vor zehn Jahren zu bauen und an einen Computer

---

<sup>7</sup> Es gibt etwa von Analog Devices einen kompletten Sensor mit Auswertungs-Intelligenz, der Anomalien automatisch erkennen kann, für etwa US\$ 200 siehe [19].

<sup>8</sup> Ich besichtigte vor einigen Jahren eine Papiermaschine (das ist eine beeindruckende, etwa fußballfeldgroße Maschine, die hauptsächlich aus etwa ein bis 2 m dicken und 10 Meter langen Walzen besteht, die sich schnell drehen. Auf meine Frage, was denn passieren würde, wenn eines der Lager einer solchen Walze „frisst“, erhielt ich die Antwort eines Fachmanns, dass das nicht vorkommen würde. Am selben Nachmittag – ich war schon wieder auf dem Rückweg – ist genau das passiert, Teile der Maschine wurden von der defekten Walze aus den Fundamenten gerissen, der Schaden betrug mehrere Millionen. Glücklicherweise befand sich gerade niemand an der Anlage, deshalb kam es nicht zu Personenschäden. Seitdem ist das Thema Machine Health Monitoring für mich persönlich erheblich interessanter geworden.

Internet der Dinge

Technik, Trends und Geschäftsmodelle

Andelfinger, V.P.; Hänisch, T. (Hrsg.)

2015, XIII, 175 S., Hardcover

ISBN: 978-3-658-06728-1