



□ Dr. Stefan Hellfeld

(hellfeld@fzi.de)

ist seit 10 Jahren in der Forschung und Entwicklung intelligenter Lösungen der Informationstechnologie, die domänenübergreifend eingesetzt und vernetzt werden, tätig. In diesem Zusammenhang leitet er das FZI House of Living Labs, eine Forschungsumgebung des FZI Forschungszentrum Informatik und ist für den Aufbau des Digitalen Innovationszentrums im Land Baden-Württemberg verantwortlich.

## objektspektrum themenspecial: Internet der Dinge

### Das Internet der Dinge – technologische und gesellschaftliche Herausforderung in einem

Als im Jahre 1969 mehrere Forscher/innen im US-Verteidigungsministerium als Teil der ARPA (Advanced Research Project Agency) daran arbeiteten, Rechner effizient miteinander zu vernetzen, wurde Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore. Bereits beim Wort *ispum* haben Sie sich voraussichtlich gefragt, ob hier beim Erstellen des Beitrags etwas „schiefgelaufen“ ist. Ich kann Ihnen versichern, dass dies nicht der Fall ist und doch war eine Kommunikation mittels der oben genannten Zeichen nicht möglich. Die Zeichenkette „Lorem ipsum dolor ...“ hat keinen Sinn ergeben, da die Buchstaben in der jeweiligen Reihenfolge nicht den Regeln unserer Sprache folgten.

Um kommunizieren zu können, sind gesellschaftliche Konventionen, die von allen akzeptiert und angewandt werden, notwendig – Voraussetzung für die Weiterentwicklung einer Gemeinschaft. Diese Entwicklung einer gemeinsamen einheitlichen Syntax und Semantik bzw. der Zustimmung aller Beteiligten zu den Konventionen, vollzieht sich gerade im Rahmen der Entwicklung des Internet der Dinge (Internet of Things, IoT). Das Internet der Dinge hat leider noch keine finale Syntax und Semantik, obwohl die notwendigen technologischen Grundlagen bereits von sehr vorausschauenden Experten/innen geschaffen wurden.

So wollten die Forscherinnen und Forscher 1969 zunächst nur die Rechenkapazität

der einzelnen Rechner besser nutzen und vernetzten diese entsprechend. Damals dachte noch keiner daran, dass irgendwann jeder Bierdeckel übers Internet hinsichtlich des Behältnisses, welches auf ihm steht, abgefragt werden kann. Die Grundlage für eine solche Abfrage war aber mit dem ARPANET (dem Vorläufer des Internet) damals schon geschaffen und somit die Voraussetzung für das Internet der Dinge.

Ähnlich vorausschauend agierten die Experten/innen der Internet Engineering Task Force, die das Internet Protocol (IP) entwickelten. Bereits 1983 war hier die erste Version im ARPANET im Einsatz. Gegenwärtig können wir mit der vierten Version des Protokolls 4.294.967.296 „Dinge“

adressieren. Mit technologischen Tricks (einer Art Buchstabenkonverter) können wir diese Zahl noch erhöhen. Jedoch ist klar, dass eine Vernetzung aller Dinge der Welt weitaus mehr als 4.294.967.296 Adressen benötigt.

Auch dieser Umstand wurde von den Experten/innen bereits früh erkannt und 1988 wurde die Entwicklung von IPv6 (der sechsten Version des Internet Protocol) angestoßen, die gegenwärtig bereits von vielen Geräten unterstützt wird. Mit der sechsten Version ist es dann auch „endlich“ möglich, 128 Bit zur Adressierung zu verwenden. Dies sind ungefähr  $3,4 \cdot 10^{38}$  Adressen.

Entsprechend gäbe es dann die Möglichkeit, für jeden Quadratmillimeter auf der

Erde 665.570.793.348.866.944 Adressen zu vergeben. Man muss sich also keine Sorgen um den Bierdeckel und dem darauf befindlichen Getränk machen. Technologisch (in unserem Sprachenbeispiel die Auswahl des Alphabets betreffend) ist das Internet der Dinge also kein Problem mehr.

### Warum braucht das Internet der Dinge noch einen „Schubser“?

Warum ist das Internet der Dinge trotz hervorragender technologischer Grundlagen noch nicht überall angekommen? Es fehlt leider noch die Zustimmung aller zur entsprechenden Syntax und Semantik. Ähnlich wie bei der Entwicklung unserer Sprache oder auch der Entwicklung des ARPANET bedarf es einer gemeinsamen Basis bzw. einer Syntax und Semantik. Dabei muss diese gemeinsame Basis nicht unbedingt bedeuten, dass Standards entwickelt und von allen dann verwendet werden.

Sind alle Lösungen mit allen Lösungen kompatibel, dann wird auch nicht zwingend ein Standard benötigt. Dies würde aber voraussetzen, dass jeder Hard- und Softwarehersteller Schnittstellen in seine Lösungen einbaut, um mit allen anderen Lösungen kompatibel zu sein. Leider ist dies längst noch nicht der Fall. Ein schönes Beispiel für die Inkompatibilität einzelner Lösungen im Internet der Dinge sind Produkte im Smart-Home-Bereich – verschiedene Vernetzungsstandards und daraus ableitbare unterschiedliche Anforderungen an Hard- und Software.

Viele verschiedene Sprachen, die im Smart Home gesprochen werden, erlauben ein Vernetzen der Dinge erst, wenn alle Sprachen bekannt sind. Zentrale Steuerungseinheiten, die am Markt angeboten werden und eine Art Dolmetscher darstellen, der die verschiedenen Sprachen spricht und übersetzen kann, könnten die Lösung sein. Da sich ein

Smart Home aber häufig auf eine begrenzte Geräteanzahl beschränkt, kann diese Lösung nur sehr schwer auf das Internet der Dinge adaptiert werden.

### Die Komplexität der Herausforderungen im Internet der Dinge steigt weiter an

Eines ist jedoch sicher, die Herausforderungen des Internet der Dinge steigen in ihrer Komplexität weiter an. Längerfristig ist daher eine Einigung auf eine gemeinsame Syntax/Semantik bzw. die Zusammenarbeit der Experten/innen untereinander unerlässlich, damit die Komplexität des Internet der Dinge in seinen einzelnen Facetten adressiert werden kann. Welche Teilbereiche hier besonders wichtig sind, wird in verschiedenen Beiträgen im nachfolgenden Online-Themenspecial beleuchtet.

Zu Beginn gehen **Dominik Bial, Rolf Scheuch** und **Torsten Winterberg** auf den Einstieg in die Entwicklung von Lösungen für das Internet der Dinge ein und beschreiben, wie dieser mit der Methode des Retrofitting in Kombination mit Cloud Computing sehr viel einfacher ist als man sich dies vorstellen würde. Beschrieben an verschiedenen anschaulichen Beispielen zeigen die Autoren auf, welche Schritte notwendig sind, wenn existierende Lösungen sowie Geschäftsmodelle IoT-fähig gemacht werden sollen.

Dass die Komplexität von IoT-Lösungen nicht bedeuten muss, dass diese nicht mehr getestet werden können, beschreibt **Tom van de Ven** in seinem Beitrag. Er geht auf das Testen von IoT-Lösungen ein und beschreibt den Rollenwechsel des Testingenieurs hin zu einem Technologiemeteorologen. Dieser steuert in Zukunft die Nutzung von intelligenten Testfällen, um nicht nur die Vielzahl der möglichen Testfälle einer IoT-Lösung zu adressieren, sondern auch auf

die Komplexität der einzelnen Testfälle eingehen zu können.

Inwieweit das Testen in ein ganzheitliches Qualitätsmanagement von IoT-Lösungen eingebettet sein muss, beschreiben **Prof. Dr.-Ing. Ina Schieferdecker, Dr. Armin Metzger** und **Axel Rennoch** in ihrem Beitrag. Sie erläutern darüber hinaus wie sich verschiedene Experten/innen bereits zusammengefunden haben, um Methoden für das Quality Engineering von IoT-Lösungen gemeinsam zu definieren.

Den Abschluss macht **Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora**, der über die Entwicklung von emb::6 in seinem Beitrag berichtet, einem Open-Source-Protokollstapel, der explizit für Lösungen, die auf dem Internet Protocol in Version 6 aufsetzen, entwickelt wird. Der Autor geht dabei detailliert auf die emb::6-Protokollimplementierung auf den einzelnen Schichten wie der Anwendungs-, Netzwerk-, Transport-, Sicherungs- sowie der physischen Schicht ein.

In allen Beiträgen wird deutlich, dass bereits verstärkt an einer Syntax/Semantik für eine gemeinsame Sprache und die damit einhergehenden Konventionen für das Internet der Dinge gearbeitet wird. Das Ziel eines funktionierenden Internet der Dinge ist nur zu erreichen, wenn die Beteiligten kollaborativ an der Erreichung des Ziels arbeiten. Nur dann klappt es auch „mit dem Nachbarn“ (bzw. dem Ding in der Nachbarschaft) im Hinblick auf dessen Vernetzung und Kommunikation. ■

Entsprechend wünsche ich Ihnen viel Spaß beim Lesen dieses Online-Themenspecials.

Ihr

*Stefan Hellfeld*