

Auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution

Technologien und erkennbare Anwendungen

von Wolfgang Weller

1. Einführung

Ehe wir zum eigentlichen Thema kommen, sei ein kurzer Rückblick gestattet. Dazu wird daran erinnert, dass die Geschichte der Menschheit mehrere Umbrüche verzeichnet, die zu tiefgreifender Umgestaltung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Verhältnisse und damit auch der Lebensumstände der Menschen führten. Einer dieser bedeutsamen Wandel war beispielsweise der Übergang vom Nomadentum zur Sesshaftigkeit. Ein weiterer gravierender Umbruch von ähnlich weitreichender Bedeutung war der Wandel von der Agrar- zur Industriegesellschaft. Für diese Umgestaltung hat sich die Bezeichnung „Industrielle Revolution“ eingebürgert. Aus Sicht der Wirtschaftshistoriker und Sozialwissenschaftler lassen sich mehrere Etappen unterscheiden, an deren Beginn jeweils bahnbrechende innovative Technologien standen. Deren Ausarbeitung und fortschreitende Nutzung führen zu allgemeinem technischen Fortschritt, beschleunigter Entwicklung bestimmter technischer Disziplinen, Befruchtung der Wissenschaft, gewaltiger Steigerung der Produktivkraft und auch zu gesellschaftlichen Umwälzungen.

Der Beginn dieser Entwicklung, die heute als *1. Industrielle Revolution* bezeichnet wird, lässt sich auf das Ende des 18. Jahrhunderts festlegen und hatte den Schwerpunkt im 19. Jahrhundert. Die technische Revolution hatte ihren Ausgangspunkt in England und breitete sich dann rasch in Westeuropa, den USA und später auch in Japan und Asien aus. Kernstück dieser Phase bildete die Gewinnung und maschinelle Nutzung der Dampfkraft auf Basis des Energieträgers Kohle. Herausragende Entwicklungen dieser Zeit waren eine breit angelegte Industrialisierung sowie neuartige Verkehrssysteme in Gestalt von Eisenbahnen und Dampfschiffen. Im Zuge dieser technischen Entwicklung entstand das kapitalistische Wirtschaftssystem mit einer Differenzierung der Mitwirkenden in Besitzer von Produktionsmitteln und Proletariat.

Die *2. Industrielle Revolution* lässt sich grob dem 20. Jahrhundert zuordnen und ist weitgehend geprägt von motorischen Antrieben auf Basis der fossilen Energieträger Öl und Gas, der Einführung der Massenproduktion insbesondere im Automobil- und Maschinenbau sowie der weitgehenden Entwicklung der Elektrotechnik mit ihren vielseitigen Anwendungen vor allem in der Licht- und Antriebstechnik. Die technische wie gesellschaftliche Entwicklung dieser Epoche wurde durch zwei verheerende Weltkriege belastet. Dennoch entstand eine breiter werdende Mittelschicht, die zunehmend einen gewissen Wohlstand erlangte.

Die *3. Industrielle Revolution* ist hauptsächlich geprägt durch die enorme Entwicklung der Elektronik, insbesondere der Mikroelektronik, die Verfügbarkeit einer sowohl leitungsgebundenen als auch funkbasierten Kommunikationstechnologie, sowie der Rundfunk-, Fernseh-, Automatisierungs- und nicht zuletzt der Computertechnologie. Ihr Beginn lässt sich etwa auf die 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts datieren, so dass sich eine teilweise Überlagerung mit der *2. Industriellen Revolution* ergibt. In den letzten Jahrzehnten verringerte sich der Anteil der Energieerzeugung aus nuklearen und fossilen Quellen zugunsten der Verwendung regenerativer Energien. Außerdem verbreitete sich, gefördert durch die durchgängige Digitalisierung und Einführung des Internets, die Informationstechnologie in allen Arbeits- und Lebensbereichen.

Inzwischen wird immer mehr deutlich, dass wir an der Schwelle zu einer *4. Industriellen Revolution* stehen. Bisher, also in der *3. Industriellen Revolution*, war es üblich, die Informationstechnik isoliert einzusetzen, um Informationen über Objekte oder Prozesszustände auszutauschen bzw. darauf Einfluss

zu nehmen. Die behandelten Objekte waren sozusagen passiver Natur, die extern virtuell gehandhabt wurden.

Das Neue auf dieser 4. Entwicklungsstufe besteht nun darin, die reale Welt der Dinge mit der virtuellen Welt zu verknüpfen. Damit werden Gegenstände zu informationsgeladenen Einheiten, also gleichsam zu künstlichen Wesen, mit einer eigenen Identität. Die Objekte werden von Beginn ihrer Existenz an von aussagefähigen Daten begleitet, die in einem mitgeführten Datenspeicher enthalten sind. Die mit Daten versehenen Objekte können Auskunft über sich selbst oder auch bestehende Zusammenhänge geben. Dazu bedarf es der Kommunikation, welche der größeren Unabhängigkeit wegen auf funkttechnischem Weg erfolgen soll. Dabei können die Daten nicht nur gelesen, sondern in besonderen Fällen auch geändert und ersetzt werden.

Ein weiterer Schwerpunkt der 4. Industriellen Revolution ist die umfassende Vernetzung informationsbeladener Objekte mit der Möglichkeit der Verarbeitung der enthaltenen individuellen Daten. Dabei entstehen sog. „*Cyber-Physical-Systems*“ (CPS), welche intelligent und u. U. auch autonom agieren können. Dies eröffnet neuartige Möglichkeiten beispielsweise der Schaffung intelligenter Produktionssysteme, die sich selbst organisieren. Des Weiteren ermöglicht die hohe Flexibilität solcher Systeme eine rationelle Fertigung individualisierter Produkte bis zur Losgröße 1 (Unikate).

Der rechtzeitige Umstieg auf die neue Art der Produktionssysteme ist für den Wirtschaftsstandort Deutschland von eminenter Bedeutung. Dazu ist auch die Bundesregierung frühzeitig aktiv geworden. So bietet u. a. das BMBF Unterstützung im Rahmen der Innovationsallianz „*Semantisches Produktionsgedächtnis*“. Außerdem sind strategische Fördermaßnahmen im „*Internet der Dinge*“ bzw. „*Smart Factory*“ vorgesehen. Weiterhin sind verschiedene Gremien aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft mit dieser Problematik befasst [1].

Im Rahmen der vielschichtigen Problematik der Umsetzung des Vorhabens „*Industrie 4.0*“ soll mit den nachfolgenden Ausführungen ein Beitrag geleistet werden, indem die derzeit bestehenden Technologien zur Zusammenführung von Informationen und realen Objekten dargelegt und analysiert werden.

Die hier betrachteten, in aller Zurückhaltung als „intelligent“ bezeichneten Objekte machen nur Sinn, wenn man mit ihnen kommunizieren kann bzw. sie sich selbst untereinander verständigen können. Da die Objekte bzw. die Kommunikationspartner voneinander entfernt bzw. diese sogar mobil sein können, stehen für den Datenaustausch nur Übertragungskkanäle zur Diskussion, die eine berührungslose Kommunikation ermöglichen. Die größten Vorteile bieten hier die funkbasierten Kommunikationssysteme. Somit werden wir uns zunächst mit den für die hier betrachteten Zwecke besonders geeigneten Technologien der Funkkommunikation befassen.

2. Kommunikation mit Gegenständen unter Verwendung von Strichcodes

Eine der seit einiger Zeit genutzten Möglichkeiten zur Repräsentation von Informationen auf Gegenständen ist die Verwendung von *Strichcodes* (*Bar-*, *Streifencodes*). Die verbreitetste Repräsentationsform der Strichcodes ist der eindimensionale (1D-) Strichcode (Bild 1).



Bild 1 1D-Strichcode

Die Informationen werden durch Grafiken symbolisiert, die aus unterschiedlich breiten geraden Strichen (*bars*) und dazwischen liegenden Lücken (*spaces*) bestehen. Die Art der Abbildung ist inzwischen international genormt (ISO/IEC 15416) [2]. Die „Worte“ besitzen eine feste Länge, wobei sowohl der EAN-8- als auch der EAN-13-Barkode in Gebrauch sind. Der kodierte Information ist jeweils ein Startzeichen vor- und ein Stoppsymbol nachgestellt. Die Herstellung solcher Streifenmuster ist auf drucktechnischem Weg sehr einfach möglich, so dass die anfallenden Kosten sehr gering sind (< 1 Cent). Die

Verbindung der auf diese Weise erzeugten Strichmuster mit den zugehörigen Objekten ist ebenfalls problemlos. Handelt es sich bei diesen um papierene Produkte, wie Bücher oder Kartonagen, so können die Muster unmittelbar darauf gedruckt werden. Ansonsten werden die Codes auf selbstklebende Etiketten gedruckt, die mit den zugehörigen Objekten verbunden werden.

Die in Streifenmustern kodierten Informationen können optoelektronisch ausgelesen und auch maschinell weiterverarbeitet werden, wofür üblicher Weise Barcodeleser eingesetzt werden. Dazu müssen die bedruckten Gegenstände dicht an den Lesekopf der Geräte geführt werden, weshalb nur geringe Entfernungen überbrückbar sind. Außerdem dürfen die Informationslabel nicht verschmutzt oder zerkratzt sein. Die Strichmuster müssen beim Auslesen der Information die gleiche Orientierung wie das Lesegerät aufweisen. Zu den Eigenschaften der Strichkodetechnologie gehört weiterhin, dass nur vergleichsweise geringe Informationsmengen gespeichert werden und die Informationen nur gelesen werden können. Dennoch erfreut sich die Verwendung von Strichcodes – nicht zuletzt wegen ihrer geringen Kosten – einer weiten Verbreitung. Zu den Hauptanwendern zählen die Supermärkte, der Buchhandel und auch die Labors verschiedener Art.

In neuerer Zeit werden auch 2D- Codes benutzt, die ebenfalls optoelektronisch lesbar sind. Im Gegensatz zu den 1D-Kodes können die Informationen hier richtungsunabhängig ausgelesen werden. Ein Label dieser Art veranschaulicht Bild 2.



Bild 2 2D- (QR-) Kode

Diese auch QR- (Quick Response-) Kode genannte Repräsentationsform von Informationen ermöglicht die Benutzung allgemein verfügbarer Lesegeräte in Gestalt Smartphones und ähnlicher Endgeräte, deren integrierte Kameras zum Abfotografieren der Grafiken benutzbar sind. Nach dem Einlesen des Codes wird dann über den zumeist vorhandenen mobilen Internetanschluss dorthin eine Verbindung hergestellt, worauf auf dem Display detaillierte Informationen sowie auch Bilder und sogar kurze Videos präsentiert werden.

3. Kommunikation mit Gegenständen unter Verwendung von Transpondern

Der Begriff *Transponder* ist ein Kunstwort, gebildet aus den englischen Worten *Transmitter* und *Responder* [3]. Darunter versteht man eingebettete Informationssysteme, die ihrerseits auf funktechnisch zugeführte Signale antworten. Hierbei handelt es sich um elektronische Schaltungen, die einen Funk-sender und –empfänger mit einer zumeist spulenartigen Antenne, einen Schreib-Lese-Speicher sowie eine einfache Elektronik enthalten. Transponder sind somit in der Lage, auf funktechnischem Weg mit einer Schreib-Lese-Einheit zu kommunizieren, welche die empfangenen Daten dann dekodiert und weiterverarbeitet. Die hier verwendete Funkkommunikation bietet den für unsere Zwecke wesentlichen Vorteil, dass kein Sichtkontakt zwischen den informationsbeladenen Gegenständen und den Schreib-Lese-Geräten bestehen muss, woraus sich breitere Einsatzmöglichkeiten ergeben.

Von wesentlicher Bedeutung ist die Art der Energieversorgung der Transponder, welche zur Unterscheidung zweier Klassen von Transpondern führt. Die eine Art von Transpondern, welche *passive Transponder* genannt werden, kommt ohne eigene Stromversorgung aus. Wegen des Wegfalls einer eigenen Stromversorgung ergeben sich besonders kostengünstige Lösungen. Die die zur Funkübertragung und lokalen Informationsverarbeitung benötigte Energie wird diesem Fall aus dem Feld der Schreib-Lese-Einheit bezogen. Bei dieser elektromagnetischen Abfrage können bei der Datenübertragung dementsprechend nur geringe Entfernungen überbrückt werden.

Aktive Transponder besitzen dann erwartungsgemäß eine eigene Energiequelle, entweder in Gestalt einer integrierten Batterie oder einen Anschluss an eine externe Stromversorgung. Damit bieten sich weiter reichende Möglichkeiten, sowohl bezüglich der verfügbaren Speicherkapazität als auch der Möglichkeiten der internen Informationsverarbeitung. Wegen der erzeugbaren höheren Funkleistungen können außerdem auch größere Kommunikationsentfernungen überbrückt werden.

Transponder – passiver wie auch aktiver Art – finden in der Praxis eine weite Verbreitung für unterschiedlichste Zwecke. Dementsprechend gibt es die unterschiedlichsten Ausführungen, welche die Form von Funketiketten, Plastikkarten (Identifikations-, Schließsysteme, Gebührenabrechnung), Funkschlüsseln (Automobil), Balisen (Eisenbahnwesen), Radartranspondern (Flugwesen)u. a. aufweisen können.

Neben den genannten Anwendungen haben Transponder auch für die Informationszuweisung von Objekten eine herausragende Bedeutung erlangt. Diese Funkchips können große Datenmengen aufnehmen (mehrere 10 000 Zeichen). Die Inhalte dieser Daten werden durch den jeweiligen Einsatzfall bestimmt und variieren dementsprechend in weiten Bereichen. Zu den zugewiesenen Informationen kann auch eine Internetadresse gehören, über die bedarfsweise weitere Informationen erlangt werden oder auch Videos aufgerufen werden können.

Für den massenhaften Einsatz von Funkchips mit den Eigenschaften von Transpondern waren vor allem Entwicklungen auf dem Gebiet der *Radio Frequency Identification (RFID)* bedeutsam, weshalb wir hier speziell Realisierungen in dieser Technologie berücksichtigen wollen.

Eine weit verbreitete Kategorie von Transpondern auf Basis der RFID-Technologie sind die sog. *smart labels*. Darunter versteht man dünne in Plastik eingehüllte Funkchips mit lesbarem Speicher. Die bisherige Realisierung basierte auf der Silizium-Technologie. Wegen des damit verbundenen höheren Kostenniveaus wurden solche Labels bisher nur für größere Produkteinheiten (Paletten, Kartons) verwendet.

Für den Betrieb von RFID-Chips sind weltweit 13,56 MHz als Funkfrequenz zugelassen. Neuerdings ist der bisher nur militärischen Anwendungen vorbehaltenen Frequenzbereich von 865 – 868 MHz ebenfalls für RFID-Anwendungen nutzbar [4]. Eine weitere Vorgabe betrifft die abgebbare Strahlungsleistung. Diese wird durch gesetzliche Vorgaben auf 2 W beschränkt. In Verbindung mit den nutzbaren Funkfrequenzen liegen dann die maximalen Reichweiten zwischen 1 - 8 m.

Bezüglich der verwendbaren Technologien zur Realisierung von Funk-Labels hat die bisher benutzte Silizium-Technologie in jüngerer Zeit mit der sog. *Polytronik* einen ernsthaften Konkurrenten erhalten. Die technologische Basis bilden in diesem Fall elektrisch leitfähige Polymere (Kohlenwasserstoffkerne). Daraus können u. a. auch einfache Computerchips in Form sog. *smart labels* hergestellt werden [5]. Dabei handelt es sich um passive Transponder, die in Massenproduktion kostengünstig produziert werden können. Der technologische Prozess zur Realisierung von *smart labels* in Polymer-Elektronik erfordert eine Verflüssigung der Schaltungen, so dass diese mittels Offsetdruckmaschinen oder auch Tintenstrahldruckern auf Karton, selbstklebende Etiketten oder Folien übertragen werden können. Somit können solche Labels nicht nur extrem billig, sondern auch sehr anwendungsgerecht produziert werden. Ein Beispiel für die Ausführung solcher *smart labels* wird in Bild 3 wiedergegeben.

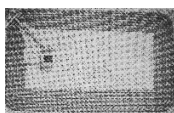


Bild 3 passiver Transponder in Form eines *smart labels* in RFID-Technologie

Die RFID-Technologie stellt gegenüber der Verwendung von Strichkode-Labels einen bedeutenden Fortschritt dar, welcher im Wesentlichen durch den Wechsel von der optoelektronischen zur funktechnischen Übertragung begründet ist. Zu den vorteilhaften Eigenschaften solcher Transponderlösungen zählen vor allem die Speichermöglichkeit größerer Datenmengen, der Wegfall des Sichtkontakts, die Lageunabhängigkeit der Auslesung, die Möglichkeit der Mehrfachauslesung sowie der Pulklesung und auch Überbrückung größerer Entfernungen. Nachdem mit den Polymerschaltungen auch das Kostenproblem weitgehend gelöst ist, steht dem Einsatz der Funk- und speziell der RFID-Technologie bei der

Markierung von realen Objekten eine große Zukunft offen. Davon werden nicht nur der Handel, sondern sicherlich auch viele neue Anwender regen Gebrauch machen. Die Verwendung von *smart labels* auf Verpackungen führt dazu, dass diese mit der Emballage später entsorgt werden. Es handelt sich hier somit um eine Wegwerf-Elektronik, was aber angesichts ihrer geringen Kosten in Kauf genommen wird.

Die für die Informationsbeladung von Objekten eingesetzten Transponder können je nach Einsatzfall auch in anderer Form realisiert sein. So werden diese etwa bei Werkstücken oder großen Werkzeugen direkt in das Material eingebettet. Im Bereich der Textilien werden die auf flexiblem Material aufgebrauchten Transponder bei Kleidungsstücken in den Kragen eingenäht bzw. bei Flachwäsche (Bettzüge, Handtücher, Bettlaken) quasi unsichtbar in der Kappnaht versteckt. Infolge der häufigen Reinigung der Wäsche müssen diese Transponder harten Einsatzbedingungen widerstehen können. Bei Anwendungen im Tierreich werden die Transponder entweder in die Halsbänder integriert oder auch in gekapselter Form als Glasampullen direkt in den Tierkörper implantiert.

Es sei noch auf derzeit laufende Bemühungen verwiesen, die Kommunikation mit den informationell ausgerüsteten Objekten auf *Sprachebene* durchzuführen [6]. Das Medium Funktechnik – also elektromagnetische Strahlung – wird in diesem Fall durch Luftschwingungen ersetzt. Der Funksender muss in diesem Fall mit einem Mikrofon ausgestattet sein und in der Lage sein, Sprache zu digitalisieren und den Ausdrücken eine Bedeutung zuzuweisen. Die Spracheingabe würde dann von Handbetätigung des Senders entlasten und besonders bei Serieneingaben, etwa von Artikelnummern, zu einer höheren Effektivität führen.

4. Kommunikation mit Gegenständen über das mobile Funknetz

So vielfältig die Einsatzmöglichkeiten der Strichcode- und insbesondere der Transponder in RFID-Technologie bei der Zusammenführung von Daten und realen Objekten auch sein mögen, oft erweisen sich die sehr kurzen bis kurzen überbrückbaren Kommunikationsentfernungen als hinderlich.

Einen erfolgversprechenden Ausweg bietet hingegen die Kommunikation über das inzwischen flächendeckend vorhandene Mobilfunknetz. Das Netz wurde zwar ursprünglich für die Bedürfnisse der Sprach- und SMS-Kommunikation eingerichtet, hat sich aber innerhalb kurzer Zeit unter fortwährender Steigerung der Übertragungsraten und beträchtlicher Weiterentwicklung der Endgeräte in Gestalt von iPhones, Smartphones und Tablet-PCs sowie zu einem hochleistungsfähigen Kommunikationssystem entwickelt. Zu den Leistungsmerkmalen gehört inzwischen auch der mobile Internetzugang und damit den Zugriff auf die breite Palette der dort angebotenen Dienste. Außerdem werden die Endgeräte durch eine ständig zunehmende Bereitstellung sog. *Apps* aufgerüstet, wobei ihnen ständig weitere Funktionen verliehen werden. Diese ermöglichen dann beispielsweise auch das gezielte Abrufen von Informationen, das Ordern und Bezahlen von Leistungen oder Diensten und anderes mehr.

Mit der Verfügbarkeit einer funkbasierten Infrastruktur und dem Vorhandensein darauf abgestimmter Endgeräte bestehen auf der Ein-Ausgabe-Seite bereits ziemlich umfassende technische Voraussetzungen, die als Teillösungen für die hier betrachtete weiträumige Kommunikation verteilter Objekte genutzt werden können. Offen blieb zunächst noch die entsprechende Ausrüstung auf der Objektseite. Solche Bindeglieder zwischen Funknetz und lokalen Objekten gibt es inzwischen für ausgewählte Anwendungen [7]. Diese technischen Lösungen werden z. T. in Form von Boxen angeboten. Diese stellen ein auf das mobile Funknetz ausgerichtetes Interface bereit, vermitteln die gewünschte Verbindung zwischen den jeweiligen Kommunikationspartnern und stellen den Anschluss an die anwendungsspezifische lokale Elektronik her. Diese Schaltungen enthalten hauptsächlich einen großen Datenspeicher sowie einen Computer hinreichender Leistungsfähigkeit. Außerdem besteht die Möglichkeit des Anschlusses weiterer Komponenten. Dazu können Sensoren gehören, mit denen Umgebungsdaten, beispielsweise Temperaturen, bei mobilen Objekten auch die aktuelle Position und Geschwindigkeit, erfasst und anschließend digitalisiert werden. Ebenso können auch Aktoren eingebunden werden, die zur Schaltung oder graduellen Veränderung von Energie- oder Stoffströmen benötigt werden. In Sonderfällen erstreckt sich

der Bedarf auch auf die Integration von Zeitgebern, wenn zeitabhängige Operationen benötigt werden. Für die Nutzung solcher Boxen wird der Abschluss eines Vertrags verlangt oder werden auf andere Art Gebühren erhoben.

Eine besondere Aufgabe stellt der Aufruf der im Funknetz angesiedelten Objekte dar. Hier kann man auf Erfahrungen aus der Einrichtung netzgekoppelter Mehrrechnersysteme zurückgreifen. Der Kern der Lösung besteht darin, den Objekten, seien es Autos, das eigene Heim, die darin befindliche Heizung, der Kühlschrank, die Waschmaschine, der Geschirrspüler oder was auch immer, eine eigene (Objekt-)Adresse zuzuordnen. Oder – um ein anderes Beispiel zu nennen – erhalten irgendwo installierte Webcam eine IP-Adresse, bei deren Aufruf über das Internet Videos aus dem Blick in Storchennester oder andere Tierbehausungen überspielt werden.

Somit lässt sich festzustellen, dass die hier benötigte Problemlösung in Form von Teillösungen weitgehend vorliegt. Auf einzelnen Anwendungsgebieten kann man sogar auf kommerziell verfügbare Produkte zurückgreifen. Damit bestehen bereits gute Voraussetzungen, um sowohl stationäre als auch mobile Objekte weitgehend beliebiger Art mit eigener Informationstechnik auszurüsten.

Problemlösungen auf der Basis der Mobilfunktechnologie verfügen über eine Reihe von Vorteilen. Sie bieten die Möglichkeit, mit ausgewählten Objekten jederzeit und von jedem Ort aus in Kontakt zu treten und miteinander zu kommunizieren. Dabei ist der Informationsaustausch sowohl zwischen stationären als auch mobilen Partnern möglich. Die Objekte können dank des ausgebauten Speichers größere Informationsmengen aufnehmen. Auch ermöglicht die objekteneigene computergestützte Elektronik eine weitgehende Informationsverarbeitung unter Einschluss externer Informationsquellen und –senken. Damit ergeben sich erweiterte Anwendungsmöglichkeiten, die auch die eigenständige Realisierung objektgesteuerter Abläufe betreffen können.

Anforderungen, die die Überbrückung extremer Kommunikationsentfernungen betreffen, überschreiten die Einsatzmöglichkeiten der mobilen Funktechnologie. Bei solchen Einsatzfällen gelangen dann spezielle Funktechnologien zum Einsatz. So werden beispielsweise in der Raumfahrt satellitengestützte Funkkommunikationssysteme verwendet. Auf derartige Kommunikationslösungen soll jedoch an dieser Stelle angesichts der hier behandelten Aufgabenstellung nicht näher eingegangen werden.

5. Anwendungen der funkbasierten Kommunikationstechnologie

Nach Vorstellung der wesentlichen Technologien soll nachfolgend ein Eindruck von den Anwendungsmöglichkeiten intelligenter, über Funk miteinander kommunizierender Objekte vermittelt werden. Hierbei kann es sich beim gegenwärtigen Entwicklungsstand nur um erste Beispiele handeln, die aber bereits bestimmte Trends aufzeigen.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden wir hier eine Aufteilung in zwei Gruppen vornehmen, die sich vor allem hinsichtlich der Kommunikationsentfernungen unterscheiden. Zum einen wird es sich um Einsatzbeispiele handeln, bei denen die Teilnehmer über kurze oder sogar sehr kurze Entfernungen per Funk miteinander kommunizieren. Hier wird vor allem die Transpondertechnologie zum Einsatz kommen (s. Abschn. 3). Die zweite Gruppe befasst sich mit Einsatzfällen unter Verwendung des vorhandenen Mobilfunknetzes und Smartphones als mobile Endgeräte entsprechend Abschn. 4.

5.1 Anwendungsbeispiele unter Nutzung von Transpondern

Die Einsatzfälle der Transpondertechnologie in Form der RFID-Labels haben ihre Schwerpunkte auf den Gebieten des (Groß- und Einzel-)Handels, der Produktion und Logistik. Die konkrete Ausprägung der Objekte sind daher einerseits Waren wie Lebensmittel, Gebrauchsgegenstände, Bücher, Wäsche, Medikamente, technische Artikel, Werkstücke, Werkzeuge etc.

Der Speicher der RFID-Labels enthält oft lediglich die individuelle Kennnummer des jeweiligen Objekts. Diese Kennung begleitet die Objekte ihr Leben lang und ermöglicht überall ihre Identifizierung. Sollen Objekte auch gegen Diebstahl gesichert werden, so wird der oft 16-stelligen Kennnummer auch eine löschbare Zusatzinformation beigelegt, welche angibt, ob die Ware bezahlt wurde oder nicht.

Die Kennnummer kann auch als Adresse aufgefasst werden, mit der eine Datei aufgerufen werden kann. Solche Dateien können im Lesegerät abgelegt, in einer Zentrale vorgehalten oder sogar im Internet hinterlegt sein. Diese Dateien enthalten Informationen über das Objekt, welche sich allerdings nach Art des jeweiligen Gegenstandes richten. Bei Lebensmitteln geben die Daten Auskünfte über die Art und Zusammensetzung der Ware, ihre Herkunft und ggfs. vorliegende Zertifizierung. Bei verderblichen Waren kann auch das Verfallsdatum enthalten sein. Die Dateiinhalte technischer Produkte entsprechen dem Typenschild, geben Auskunft über den Standort des Produkts und enthalten möglicher Weise auch das Protokoll der letzten Wartung. Die Dateien in der Tierproduktion informieren wiederum über den Namen und das Alter des betreffenden Tieres, seine Herkunft, Milchleistung und die verabreichten Antibiotika. Handelt es sich bei den Objekten hingegen um zu reinigende Kleidungsstücke, dann werden der Name des Besitzers, die Art des Gewebes und Pflegehinweise vermerkt. Bei sog. Flachwäsche, also Bett- und Tischwäsche, Handtücher etc., werden Angaben zur Art des Waschgutes, zum Besitzer sowie auch zur Anzahl der bereits erfolgten Waschungen gemacht.

Bei der Handhabung von Flüssigkeiten und Schüttgütern werden die Behälter als Objekte behandelt. Die Objektinformationen betreffen hier die Menge und Art des Inhalts, seine Zusammensetzung und ggfs. den Eigentümer des Behältnisses. In ähnlicher Weise lassen sich auch größere Einheiten, wie Paletten, Transportbehälter und Container als Objekte handhaben. Der Einsatz der RFID-Technologie hängt allerdings davon ab, ob das Problem des Lesens aus größerer Entfernung gelöst werden kann.

Der Umgang mit intelligenten Objekten kann zukünftig noch ausgeweitet werden, indem auch darauf bezogene finanzielle Transaktionen involviert werden. So ist wohl absehbar, dass es in nicht allzu ferner Zeit möglich sein wird, den Inhalt des Einkaufswagens an der Supermarktkasse, ohne dass die Waren einzeln aufs Band zu legen sind, per Pulkauslesung zu identifizieren, worauf der Warenwert berechnet und anschließend die Kaufsumme per Chipkarte beglichen wird.

Der Einsatz der RFID-Technologie scheint ebenfalls möglich, wenn die Objekte Prozesse durchlaufen. Zur Erläuterung betrachten wir beispielhaft den typischen Prozessablauf in Wäschereien [8]. Die bisher realisierten Anwendungen sehen bereits bei Anlieferung der in Containern befindlichen Schmutzwäsche eine Pulkauslesung des mit RFID-Labels versehenen Inhalts vor. Damit ist dann schon mal bekannt, was an Wäsche geliefert wurde. Der anschließende Waschprozess vollzieht sich dann wie bisher entlang einer Waschstraße, wobei zwischendurch mehrfach manuell umsortiert werden muss. Am Prozessende verlassen die Wäschestücke einzeln die Mangel und werden nochmals individuell gescannt. Damit ist nicht nur jedes Wäschestück identifiziert, sondern aus der zugehörigen Datei können auch die Wäscheart und der Besitzer bestimmt werden, dem nun zielgenau seine gereinigte und gebündelte Wäsche wieder geliefert werden kann. Soweit der heutige Stand.

Ein Blick in die Zukunft lässt die Möglichkeit erkennen, die gesamte Kette des Waschprozesses zu vollautomatisieren, wobei der Durchlauf allein durch die mit Daten versehenen Objekte gesteuert wird. Dazu müssten zunächst die bisher durch Menschen ausgeführten Sortiervorgänge von Robotern übernommen werden. Außerdem wäre es notwendig, die im Waschprozess tätigen Sortierroboter, Waschtrommeln, Mangeln und andere beteiligte Einrichtungen ebenfalls den Status von Objekten zuzuweisen und diese auch mit Lesegeräten auszustatten.

Die hier skizzierte Zukunftsvision sollte eine gewisse Vorstellung davon geben, wie Prozesse durch Objekte gesteuert werden können. Damit sollen Anregungen gegeben werden, wie auch andere Prozesse, sowohl technischer als auch nichttechnischer Art, nach diesem Konzept gesteuert werden könnten. Entsprechende Einsatzgebiete im Bereich der mechanischen Produktion wären vor allem Fertigungsprozesse in der Autoindustrie und Maschinenbau (Typ *Production and Monitoring*). Hier kann es

sich beispielsweise um die objektgesteuerte Beschickung von Montage- oder Prüfplätzen mit den benötigten Werkstücken, die Auswahl und möglicherweise auch den Versand teurer Werkzeuge oder die Kontrolle und automatische Ausführung periodischer Wartungsarbeiten handeln. Hier sind allerdings noch gewisse Probleme zu lösen. So wird die Realisierung offener Ketten vielfach durch das Fehlen firmenübergreifender Standards behindert. Probleme gibt es auch noch bei der Einbettung der RFID-Chips in metallische Objekte bzw. der Abdeckung informationstragender Waren beispielsweise durch Aluminiumfolien.

Ein weiterer potenzieller Anwendungskomplex der RFID-Technologie ist die Logistik. Hier bestehen vielfältige Aufgaben in den Bereichen Kommissionierung, Lagermanagement unter Einschluss der Ein- und Auslagerungsprozesse sowie der Verwaltung der Fahrzeugflotten. Bei der Umsetzung der objektorientierten Steuerung sind nicht nur Produkte, sondern auch Paletten, Container, Lagerplätze und Fahrzeuge, also Gabelstapler und LKWs, als Objekte einzurichten. Den Produkten bzw. ganzen Sendungen sind dann Versandunterlagen und ganze Lieferscheine und ggfs. auch Weginformationen beizufügen. Aufgaben ähnlicher Art bestehen auch bei der Gepäckverteilung auf Flughäfen.

Auch Handelsketten könnten von der Objektsteuerung profitieren. Denkbar wäre die zukünftige Realisierung objektgesteuerter Lieferketten, die von der Warenbestellung per Internet über den Transport per Minidrohne (s. Bild 4) bis zur Absetzung des Warenpakets vor der Haustür des Bestellers reichen.

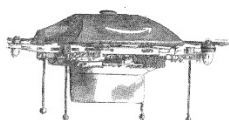


Bild 4 möglicher Einsatz von Minidrohnen für den Pakettransport [9]

Auch im Gesundheitswesen (Typ *Health and Care*) gibt es zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten für intelligente und miteinander vernetzte Objekte. Zum einen handelt es sich um die patientenspezifische Zuweisung medizinischer Daten und Anweisungen zur Medikamentierung.

In den Krankenhäusern und Apotheken stehen ähnliche Aufgaben wie in der Produktion und Logistik an, wobei es sich hier konkret um die Bettenbelegung, das Management der medizinischen Gerätetechnik, die Verwaltung und Beschaffung medizinischer Bedarfsgüter einschließlich von Medikamenten, die Organisation und Überwachung von Probenuntersuchungen in den Speziallabors u. a. handeln kann. Auf den Einsatz bei der Reinigung der Krankenhauswäsche wurde weiter oben bereits hingewiesen.

Ein weiterer Anwendungsschwerpunkt für intelligente Objekttechnologie lässt sich im Bereich der Warenkontrolle und Sicherheit (Typ *Safety and Security*) ausmachen. Hier profitiert vor allem der Handel von der Möglichkeit des Diebstahlschutzes durch den Gebrauch von mit den Waren verbundenen RFID-Labels. Weiterhin besteht die Möglichkeit der lückenlosen produktbegleiteten Überwachung. Lösbare Sicherheitsaufgaben andersartiger Art ergeben sich im Bereich der Zugangskontrolle. Speziell gesicherte Räume oder Gebäude können nur von speziell autorisierten Personen betreten werden, die zum Öffnen der Türen eine individuell programmierte Chipkarte benötigen. Für die Überwachung besonders sicherheitsgefährdeter Räume, wie Museen oder Banken, sind wegen der größeren Entfernungen hingegen andere Funktechnologien notwendig.

Eine weit umfassendere Übersicht über Projekte des Einsatzes der RFID-Technologie bietet eine Meta-studie des Forschungsinstituts für Rationalisierung an der RWTH Aachen [10]. Die Angaben stützen sich auf die Auswertung von mehr als 140 Fallstudien sowie diverser Fachbeiträge und Zeitschriftenaufsätze zu diesem Thema.

5.2 Anwendungsbeispiele unter Nutzung mobiler Funknetze

Bezüglich des Einsatzes des Mobilfunknetzes zur Kommunikation intelligenter Objekte lassen sich gegenwärtig zwei Einsatzschwerpunkte erkennen: die Haustechnik und der Automobilbereich [7]. Bei diesen Gebieten handelt es sich um den Einsatz sowohl stationärer als auch mobiler Objekte.

Beginnend mit der Haustechnik kann darauf verwiesen werden, dass führende Hersteller bereits technische Lösungen im Programm haben, die eine Fernkommunikation mit Wohnhäusern und sogar deren Interieur, wie Lichtanlage, Jalousien, Heizung und diverse Hausgeräte, ermöglichen, welche auf der verfügbaren Mobilfunk- und Smartphone-Technologie basieren. Damit lassen sich sog. *smart homes* gestalten, mit denen man von überall aus und zu jeder Zeit in Kontakt treten kann. Damit ist es beispielsweise möglich, sich überzeugen, ob vor der Abreise alle Fenster geschlossen, das Licht überall aus- und die Alarmanlage eingeschaltet wurde. Im Bedarfsfall können dann von ferne aus auch Korrekturen vorgenommen werden. Umgekehrt ist es während der Heimreise – ggf. sogar vom Auto aus – möglich, vorsorglich den Sollwert der Heizungsregelung hochzustellen und bei Annäherung das Garagentor zu öffnen.

Die Technologie erlaubt nicht nur die Fernabfrage von Zuständen und -eingabe von Befehlen, sondern bietet auch die Möglichkeit, dass sich ferne Objekte von sich aus melden. So könnte das *smart home* bei Feststellung eines Einbruchs, Brandes oder auch Wassereintritts eine Alarmmeldung ausgeben. Somit lassen sich auch Überwachungsfunktionen realisieren. Vielleicht könnten solche sich selbst meldenden Systeme eines Tages auch im Haushalt tätig sein. Denkbar wären beispielsweise sich selbständig meldende Kühlschränke, wenn deren Inhalt an Lebensmitteln zur Neigung geht. Der Phantasie sind also keine Grenzen gesetzt.

Ein weiteres bereits anwendungsträchtiges Gebiet für intelligente Objekte ist die Automobilbranche. Unsere heutigen Automobile wurden im Lauf der Zeit mit vielfältiger und hochleistungsfähiger Informationstechnik ausgerüstet. Zu den spezialisierten Automaten gehören neben vielerlei handbetätigten Steuerungen vor allem die auf Schadstoffausstoß und Kraftstoffeinsparung getrimmte Motorsteuerung, die Schaltautomatik und vor allem die mittlerweile zahlreichen Assistenzsysteme zur Unterstützung des Fahrbetriebs und Erhöhung der Insassensicherheit. Im Zuge der Weiterentwicklung wurden die verschiedenen Teilautomaten unter Einbeziehung zahlreicher Sensoren zur Erfassung vernetzt, wobei sich Synergieeffekte ergaben. Inzwischen besteht auch ein Mobilfunkanschluss mit Freisprechanlage sowie – zumindest in der automobilen Oberklasse – auch ein mobiler Internetanschluss. Damit avancierten unsere Automobile zu mobilen Datenbasen mit Zugang zum Mobilfunknetz und Internet.

Mit solcher Informationsfülle und technischer Ausstattung versehen lassen sich vom Automobil aus vielfältige Anwendungen realisieren. Zunächst ist es problemlos möglich, die zuvor erwähnten Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Bediener und entfernter Hausanlage auch vom gegebenenfalls fahrenden Auto aus in Anspruch zu nehmen. Außerdem könnten verschiedene Informationsdienste, etwa zur Verkehrsführung (Navigation), zu Hinweisen auf die nächste Tankstelle, Sehenswürdigkeiten oder Restaurants genutzt werden. Zukünftig könnten bei Anfragen auch der nächstliegende freie Parkplatz ermittelt und die dorthin führende Route angezeigt werden. Spezielle Angaben wären auch beim Gebrauch von E-Mobilen von Interesse. Dazu gehört eine Unterstützung bei der Suche der nächsten Ladestation, welche mit der Ergänzung des selbstständigen Andockens an die Stromquelle und Überwachung des Ladungsprozesses zu einer ganzen Handlungskette ausgebaut werden könnte.

Große Erfolgchancen werden auch beim Einsatz im *Car-Sharing* gesehen. Nach bestehenden Vorstellungen soll es eines Tages möglich sein, dass bei Anforderung eines Fahrzeuges per Handy das nächste freie Mobil selbsttätig ausgewählt wird, sich dieses in Richtung des Bedarfsträgers in Bewegung setzt und dort seine Ankunft meldet. Dieses Beispiel lässt sich verallgemeinern: das Konzept der intelligenten funkgekoppelten Objekte bietet offenbar eine elegante Möglichkeit zur Realisierung selbstständig agierender Systeme. Anordnungen mit dieser Eigenschaft werden als *Agentensysteme* bezeichnet. Systeme dieser Art sind in der Lage, ihnen übertragene Aufgaben durchaus wechselnder Art allein auf sich gestellt, also ohne menschliche Intervention, auszuführen. Nähere Ausführungen dazu finden sich in [11].

Auch im Automobilbereich soll es zukünftig Lösungen geben, bei denen sich das System selbständig meldet. Eine erste diesbezügliche Fahrzeuganwendung wird das von der EU-Kommission *vorgeschlagene eCall (emergency call)* sein. Bei Feststellung eines Unfalls wird automatisch ein Notruf an eine Zentrale unter Angabe des Orts, Zeitpunkts und Art des Unfalls gegeben. Die Notfallzentrale übernimmt dann die weitere Behandlung solcher Fälle bis zur Anforderung des Rettungsdienstes. Weitere selbstständig über Funk ausgegebene Meldungen könnten Hinweise über vorliegende Staus, Nebel oder Unfälle betreffen. Detailliertere Ausführungen zu den angegebenen Einsatzfällen mit weiteren Literaturangaben können bedarfsweise der Literaturstelle [7] entnommen werden.

Wie die vorstehenden Beispiele aus wenigen Branchen zeigen, tut sich hier ein weites Einsatzfeld für nützliche Anwendungen für per Funk kommunizierende intelligente Objekte auf, deren technische Umsetzbarkeit entweder schon gegeben ist oder zumindest als möglich erscheint.

6. Ergebnisse der Untersuchungen

Angeregt durch die Ankündigung einer 4. Industriellen Revolution befasst sich die vorliegende Arbeit mit der Vereinigung von Informationen und realen Objekten und deren funktechnischer Vernetzung und den sich daraus ergebenden Anwendungsmöglichkeiten.

Dazu wurden zunächst die dafür geeigneten und gegenwärtig verfügbaren Technologien erkundet. Als aussichtsreiche technische Lösungen wurden vor allem die Transpondertechnologie – in gewisser Weise der Nachfolger der Strichkodetechnologie – und das Konzept der Mobilfunktechnologie in Verbindung mit intelligenten Endgeräten und auf der Objektseite integrierten anwendungsspezifischen Elektronikschaltungen mit Mobilfunk-Interface bestimmt und näher erläutert. Beide Technologien besitzen spezifische Eigenschaften, die vorteilhafte Problemlösungen in unterschiedlichen Kategorien von Anwendungen ermöglichen. Entsprechend den unterschiedlichen Eigenschaften der Technologien erfolgt eine zweigeteilte Behandlung der Anwendungen. In beiden Fällen standen die aus heutiger Sicht erkennbaren Schwerpunkteinsätze im Vordergrund. Damit ist das bestehende Anwendungspotenzial keinesfalls vollständig umrissen. Dennoch wurde bereits deutlich, dass nicht nur zahlreiche Anwendungen in der Produktion 4.0 sich abzeichnen und das Transport- und Lagerwesen revolutionieren, sondern auch unseren Alltag, etwa beim Einkaufen, Autofahren, der Heimkontrolle sowie im Gesundheitswesen, wesentlich verändern.

Eine zunehmende Anzahl von Objekten wird nun womöglich von Beginn ihres Daseins bis zum Ende von Informationen in Form von Daten begleitet. Diese Daten sind von hoher Qualität, geben eine mehr oder weniger detaillierte Auskunft über die Objekte selbst und können auch zur Auswertung ihrer Eigenschaften genutzt werden. Der Datenaustausch über das Funknetz erfolgt vollautomatisch, wobei nicht nur ein Sende- sondern auch Empfangsbetrieb möglich ist. Die Objekte kommunizieren nicht nur untereinander sondern auch mit der Umgebung.

Derzeit ist noch offen, wieweit die Kennzeichnung von Objekten mit Daten reichen soll. Während Informationsmarkierung größerer Objekte sicherlich unstrittig ist, wird es trotz billiger RFID-Tags nach unten hin Grenzen geben. Es dürfte wohl kaum sinnvoll sein, jede Schraube, Tomate oder auch jeden Joghurtbecher mit einem eigenen Informationslabel zu versehen. Hier wird sich der Umfang der Informationskennzeichnung wohl erst in der Zukunft einpendeln.

Ein bedeutendes, noch weitgehend unausgeschöpftes Einsatzpotenzial für informationstragende Objekte wird in der Nutzung der Möglichkeit gesehen, ihren Durchlauf durch Netze selbst zu organisieren und zu lenken. Dieses Verhalten bewirken auf dem Speicher hinterlegte Daten, die auf andere Objekte verweisen. Daraus resultiert die Möglichkeit des objektgesteuerten Durchlaufs von Prozessen, ohne dass der Mensch diese Abläufe vorher planen, programmieren und kontrollieren muss. Während des selbstständigen Prozessdurchlaufs werden ganze Handlungsketten realisiert, bei denen die Aktivitäten von einem zum anderen Objekt weitergereicht werden.

Eine noch weiterreichende Vision betrifft die Realisierung von Handlungsabläufen, die auf Absprachen der intelligenten Objekte untereinander beruhen. Solche Abstimmungen können einerseits dazu dienen, Aufgaben, die die Fähigkeit eines einzelnen Objekts übersteigen, gemeinsam zu lösen. In diesem Fall verbünden sich Objekte zu selbstständigem kooperativem Handeln. Ein einfaches und plausibles Beispiel wäre die gemeinsame Müllbeseitigung nach Straßenfesten durch autonom agierende Reinigungsfahrzeuge.

Verabredungen zwischen Objekten können ebenfalls auch dazu genutzt werden, um Konflikte selbstständig zu lösen. Dazu ist es notwendig, dass die Objekte miteinander verhandeln. Eine typische Aufgabe dieser Art wäre die selbstorganisierte Vermeidung von Kollisionen an Straßenkreuzungen oder Einmündungen in Autobahnen. Die Objekte, im vorliegenden Fall autonom verkehrende Fahrzeuge, stimmen sich bei Annäherung an Verkehrsknotenpunkte per Mobilfunk untereinander ab und einigen sich auf die Reihenfolge der Einfahrten. Damit könnte eine häufige Unfallursache auf wesentlich elegantere Art als bisher beseitigt werden. Die zuletzt aufgezeigten Möglichkeiten der Selbststeuerung informationstragender Objekte sind zwar vorerst noch Visionen, weisen aber schon den Weg auf eine neue Qualitätsebene. Mit dem Aufzeigen solcher Möglichkeiten hofft der Autor, die Leser für eine Mitwirkung an dieser faszinierenden Entwicklung zu begeistern.

Die mit den intelligenten Objekten erzielbaren neuartigen Lösungen werden der Menschheit nicht nur weitere Fortschritte bringen, sondern auch eine problematische Seite haben. Die *Gefahren* lauern hier – wie prinzipiell bei jeglicher Nutzung der Informationstechnologie – vor allem im unbefugten Eindringen in den hier produktgebundenen Informationsschatz. Solche Daten sind beispielsweise für die Konkurrenz von großem Wert. Diese könnten dann Einblicke in Produktparameter, Produzenten, Preisgestaltung der Ware u. a. nehmen. Aus diesen Daten könnten wiederum Schlüsse auf die erzeugten und verkauften Produktmengen, die Verkaufsschwerpunkte sowie die Verteilung der Warenflüsse gezogen werden. Eine weitere missbräuchliche Nutzung würde in der Manipulation und womöglich Löschung von Datensätzen bestehen. Damit könnten Produkte fehlgeleitet oder sogar aus dem Beobachtungshorizont entfernt werden.

Allgemein betrachtet, führt die Zusammenführung von realen Objekten und Informationen zu verstärkter Transparenz. Somit werden wir es in Zukunft mit einer „gläsernen Objektwelt“, also gläsernen Waren, Werkstücken, Autos, Wohnungen etc., zu tun haben. Man wird daher auch hier lernen müssen, mit den daraus resultierenden Gefahren umzugehen. Daraus folgt, dass der Gewährleistung der Zugriffssicherheit eine hohe Bedeutung zukommt.

Mit den vorliegenden Darlegungen wird die aufgeworfene Problematik der intelligenten Objekte mit Sicherheit nicht umfassend behandelt. Dennoch hofft der Autor, auf eine zukünftig zu erwartende gravierende Entwicklung aufmerksam gemacht zu haben. Dazu wurden das Wesen dieses neuartigen Konzepts dargelegt, die zu seiner Umsetzung derzeit verfügbaren Technologien aufgeführt und zumindest einige erkennbare Einsatzschwerpunkte aufgezeigt.

Literatur

- [1] <http://bmbf.de.de/9072.php>
- [2] <http://de.wikipedia.org/wiki/Strichcode>
- [3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Transponder>
- [4] Mäder, A.: Der intelligente Strichcode lässt auf sich warten. Berliner Zeitung, Teil Wissenschaft, Nr. 285, 6. Dez. 2005
- [5] Burgard, O.: Biegsam und billig. Berliner Zeitung, Teil Wissenschaft, Nr. 283, 2. Dez. 2004
- [6] N. N.: Kein Stillstand in Sachen Auto-ID. Fabrik Automation 2000, S, 30

- [7] Weller, W.: Teleautomatisierung – ein neues Teilgebiet der Automatisierungstechnik. Automatisierungstechnische Praxis atp, (erscheint demnächst)
- [8] Ryll, F.: RFID In der Wäschereilogistik. IFFOCUS , Aus Forschung und Entwicklung, 2/2013, S. 32-35, ISSN 1862-5320
- [9] Rest, J.: Das fliegende Auge. Berliner Zeitung, Wissenschaft, Nr. 194, 20. Aug. 2012
- [10] Rhensius, T. Deindl, M.: Metastudie RFID. Forschungsinstitut für Rationalisierung an der RHTW Aachen, Bd.1, 3. Aufl., 2010
- [11] Weller, W.: Künstliche Agenten – eine Technologie mit großem Zukunftspotenzial. epubli GmbH Berlin, 2013, ISBN 978-3-8442-5642-0, www.epubli.de