

Automation und Kommunikation im Rückblick und in der Vorschau

Abstract:

Die Kybernetik ist seit den 1940er Jahren in ihrer gesellschaftlichen Bedeutung deutlich gewachsen. Die *Technische Kybernetik* hat als *Automation und Kommunikation* eine Breitenwirkung erlangt. Der Praxis liegt eine *integrierende Wissenschaftsdisziplin* zugrunde.

Bis in die 1960er Jahre *dominierte die Regelungstechnik*. Die Unterscheidung von Regelung als geschlossener Kreis (feedback) und Steuerung als offene Kette ist über Jahrzehnte einem *fundamentalen Irrtum* unterlegen, der zu korrigieren ist.

Die *Digitalisierung* bewirkte ab 1975 eine *neuartige Generation* von Automatisierungssystemen *mit dezentral verteilter Intelligenz* sowie deren *Vernetzung* durch digitale Bussysteme und eine *Revolution der Mensch-Maschine-Kommunikation*. Diese veränderten Systemstrukturen wurden vom Autor zusammen mit *H. Töpfer* und *K. Fuchs-Kittowski* zu einem neuen Denkansatz für Automatisierungs-Strukturebenen verallgemeinert.

Der Autor hat bereits 1979 ein *Langzeit-Zukunftsmodell* mit wiederum neuartigen Systemstrukturen vorgeschlagen: Einchip-Mikrorechner bewirken *dezentrale Intelligenz* innerhalb von direkt *vernetzbaaren Mess- und Stelleinrichtungen* (embedded systems). Diese bis heute gültige *Prognose* zeigt, dass – direkt vergleichbar mit den Naturwissenschaften - auch in den Technikwissenschaften *Modelle mit hoher Extrapolationsfähigkeit* möglich, nötig und nützlich sind. Weiterhin sind Verschiebungen im Verhältnis zwischen Naturwissenschaften, Technikwissenschaften und Philosophie zu konstatieren.

Das Lokale Netz (Local Area Network LAN) hat seit 1983 die Automation herausgefordert, und im Resultat wurde die „industrielle Kommunikation“ zu einem eigenständigen *Feldbusnetz mit Mehrebenenstruktur* entwickelt: *Field Area Network FAN*. Das bisherige LAN wurde zur *interdisziplinären Brücke* zwischen *Automatik* und *Informatik*. *Realisierungsschritte* zum FAN werden am Beispiel des Kommunikationssystems „AS-Interface“ gezeigt (Europa- und Weltnorm). Bisher wurden mehr als 100 Millionen Sensoren und Aktuatoren über dieses System vernetzt. Die weltweite *Zertifizierung* erfolgt in Leipzig unter Verantwortung des Autors.

Leipzig als *System-Erfahrungsträger* erbringt zugleich wissenschaftliche *Vorlaufarbeiten*, die nur noch *interdisziplinär* und *transdisziplinär* zu leisten sind (Uni Stuttgart, Uni Rostock). Ein zu erwartender *Innovationssprung* dürfte zu einem erneuten *Generationswechsel* in der industriellen Kommunikation führen.

Die weitere *Zukunft* der Automatisierung ist durch bereits bekannte Einflüsse getrieben: *Vernetzung, Internet der Dinge, industrielle Echtzeit-Bildverarbeitung, Cloud Computing, Cyber-Physical Production Systems (CPPS)* im Zukunftsmodell *Industrie 4.0*. Die Automation wird aber auch unkonventionelle Zukunftspotenziale aus der *Biokybernetik* nutzen, z. B. für die Mensch-Maschine-Kommunikation auf Basis von *Gedankensteuerung*, die zugleich eine industrielle Vorfeldforschung für *Avatare* der ersten Generation darstellt. Die *2045-Initiative* umfasst vier Generationen von Avataren (Mischwesen), die als Orientierung für weitere Zukunftsschritte interessant erscheinen.

Die moderne Automation und Kommunikation führt auch zu zahlreichen *sozialen Wirkungen*, worauf der Autor in seinem Vortrag im Juni-Plenum 2014 der Leibniz-Sozietät spezieller eingeht.

Inhaltsübersicht:

1. Kybernetik /Automation in den 1950er und 1960er Jahren – Dominanz der Regelungstechnik
2. Automation in den 1970er Jahren - Dezentralisierung
3. Automatisierungstechnik in den 1980er Jahren – Feldbusnetze (FAN)
4. Realisierungsschritte in den 1990er Jahren
5. Wissenschaftsentwicklung seit Anfang der 1970er Jahre - „Industrielle Kommunikation“ wird zum eigenständigen Fachgebiet

6. Modelle für Langzeit-Prognosen in Natur- und Technikwissenschaften sowie Verschiebungen zwischen den Wissenschaften
7. Breiten- und Masseneinsatz seit dem Jahr 2000
8. Vorschau bis zum Jahr 2045: „Industrie 4.0“ und „2045 Initiative“ (Avatare)

Vor 65 Jahren ist das weltbekannte Buch von Norbert Wiener zur Kybernetik erstmalig erschienen. Die Kybernetik ist seit den 1940er Jahren (*Norbert Wiener*, MIT Cambridge/USA und *Hermann Schmidt*, TH Berlin-Charlottenburg, erster deutschsprachiger Lehrstuhl für Regelungstechnik 1944) und auch seit den 1960er Jahren (*Georg Klaus*, Berlin) in ihrer gesellschaftlichen Bedeutung noch deutlich gewachsen; insbesondere hat sie sich *nicht als Modeerscheinung* erwiesen. Kybernetik basiert auf mehreren mathematisierten Theorien, als deren frühe Schöpfer besonders hervorzuheben sind: *Leibniz* (Infinitesimalrechnung, Logik, Dualzahlen, Rechenmaschine), *Laplace* (Laplace-Transformation von DGI), *Maxwell* (Regelkreisbeschreibung mittels DGI).

Die *Technische Kybernetik* hat als *Automation und Kommunikation* eine Breiten- und Massenwirkung erlangt. Deren mehrfacher Generationswechsel unter dem Aspekt zukünftiger Entwicklungsschritte wird als technikwissenschaftlicher Prozess unter *interdisziplinärer Sicht* (ganz im Sinne von Leibniz) über einen Zeitraum von 100 Jahren gezeigt, davon 70 Jahre Rückblick und 30 Jahre Vorschau.

Die moderne Automation und Kommunikation führt auch zu zahlreichen *sozialen Wirkungen*, worauf der Autor in seinem Vortrag im Juni-Plenum 2014 der Leibniz-Sozietät spezieller eingeht.

1. Kybernetik /Automation in den 1950er und 1960er Jahren – Dominanz der Regelungstechnik

Bis Anfang der 1950er Jahre wurden Automatisierungseinrichtungen überwiegend für die jeweilige Anwendung bzw. die Branche *speziell maßgeschneidert entwickelt, produziert und eingesetzt*. Die zu automatisierenden Objekte waren noch relativ klein und umfassten selten mehr als 100 Messstellen. Vorwiegend wurden damals elektromechanische Messwerkregler, hydraulische Strahlrohrregler, mechanische Regler ohne Hilfsenergie sowie elektromechanische Relais-Steuerungen verwendet. Die Automation bis in die 1960er Jahre war durch eine *Dominanz der Regelungstechnik* gekennzeichnet.

Auch die zahlreichen Bücher von *Georg Klaus* und weitere Bücher zum Thema „Kybernetik“ waren gleichfalls vom *Regelungsgedanken* fasziniert und dominiert. Dabei stützten sich die Autoren auf die übliche Unterscheidung von Regelung als geschlossener Kreis (feedback) und Steuerung als offene Kette entsprechend der DIN-Norm, die allerdings über Jahrzehnte einem *fundamentalen Irrtum* unterlegen war, der in Fachbüchern der Regelungstechnik teilweise sogar noch heute sichtbar ist.

Nicht die Struktur (Kreis, Kette) macht den Unterschied, *sondern die unterschiedliche Zielstellung* und insbesondere der unterschiedliche *Informationsverarbeitungs-Algorithmus*. Während Regelungen auf eine Stabilisierung von Prozessen zielen und in ihren Regelalgorithmen arithmetische Operationen benutzen (Multiplikation, Integration, Differentiation), zielen Steuerungen auf das Erzwingen von Abläufen, wobei die Steueralgorithmen durch Logikoperationen gekennzeichnet sind.

Generell ist jedoch seit Mitte der 1970er Jahre mit Einführung der Mikrorechner-technik für Regel- und Steuereinrichtungen eine schrittweise *Annäherung von Regelung und Steuerung* festzustellen. Insbesondere erlauben die Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPSen), neben den Steuerungsalgorithmen auch Regelungsalgorithmen per Software praxistauglich zu realisieren. Darüber hinaus ist es dem international bekannten Steuerungstechniker *Hans-Joachim Zander* (vormals AdW/ZKI, Bereich Dresden) gelungen, die Entwurfsverfahren für Steuerungen methodisch an diejenigen für Regelungen anzugleichen; hierzu hat er in den Jahren 2005 und 2007 Fachartikel publiziert, und er bereitet dazu eine Buchpublikation vor.

Fazit: Viele Aspekte von Kybernetik und Automation stellen sich also heute gänzlich anders dar als in ihrer Anfangszeit, insbesondere vor über 50 Jahren, als Georg Klaus seine Bücher hierüber schrieb.

Die wachsende Anwendungsbreite der *Automatisierung als Querschnittsdisziplin* für völlig unterschiedliche Bereiche der Volkswirtschaft führte zwangsläufig zu einer nicht beherrschbaren Vielfalt von Automatisierungsmitteln. Unter diesem Zwang entstanden in den 1960er Jahren typische *Systemlösungen für Automatisierungsgeräte und -anlagen*. Methodisch wurden die sehr verschiedenen Mess-, Steuerungs- und Regelungsaufgaben in eine begrenzte Anzahl wiederkehrender funktioneller Bestandteile zerlegt, die weitgehend frei kombinierbar sind zur Erfüllung möglichst vieler Anwendungsaufgaben. Hierzu mussten *Schnittstellen* (Interfaces) zwischen den abgegrenzten Einheiten gezielt geschaffen werden: Normung von Funktionen, Signalen und konstruktiven Parametern.

Das „ursamat“-System war in der DDR eine solche umfassende Systemlösung, die durchgängig nach zentralen technisch-wirtschaftlichen Vorgaben entworfen wurde. Ihre *technikwissenschaftliche Fundierung* ist auch heute noch sehr gut nachvollziehbar durch das „ursamat-Handbuch“ (1969). Hieraus wird auch deutlich, dass der Automatisierungspraxis eine *integrierende Wissenschaftsdisziplin mit hohem Theorieanteil* zugrunde liegt.

2. Automation in den 1970er Jahren - Dezentralisierung

Die zunehmende *Digitalisierung* und die Erfindung des Mikroprozessors als Technologiesprung in der Mikroelektronik (USA-Fa. Intel, 1971) bewirkten ab Mitte der *1970er Jahre* eine völlig *neuartige Generation von Automatisierungssystemen mit dezentral verteilter Intelligenz* (USA-Fa. Honeywell, System „TDC 2000“ von 1975, siehe Abb. 1 b; auf der Frühjahrsmesse 1976 in Leipzig gezeigt). Hiermit wurde zugleich eine *neuartige Philosophie in der Leittechnik* begründet, die im Unterschied zu konventionellen Strukturen mit zentralem Prozessrechner durch eine vollständig dezentrale Anordnung von Mikroprozessoren zur Messwerterfassung, Regelung und Steuerung sowie deren Verbindung durch bitserielle Prozessbusse (Sammelleitungen) gekennzeichnet ist. Gleichzeitig bedeutete dies eine *Revolution der Mensch-Maschine-Kommunikation* durch Bildschirme und Tastaturen.

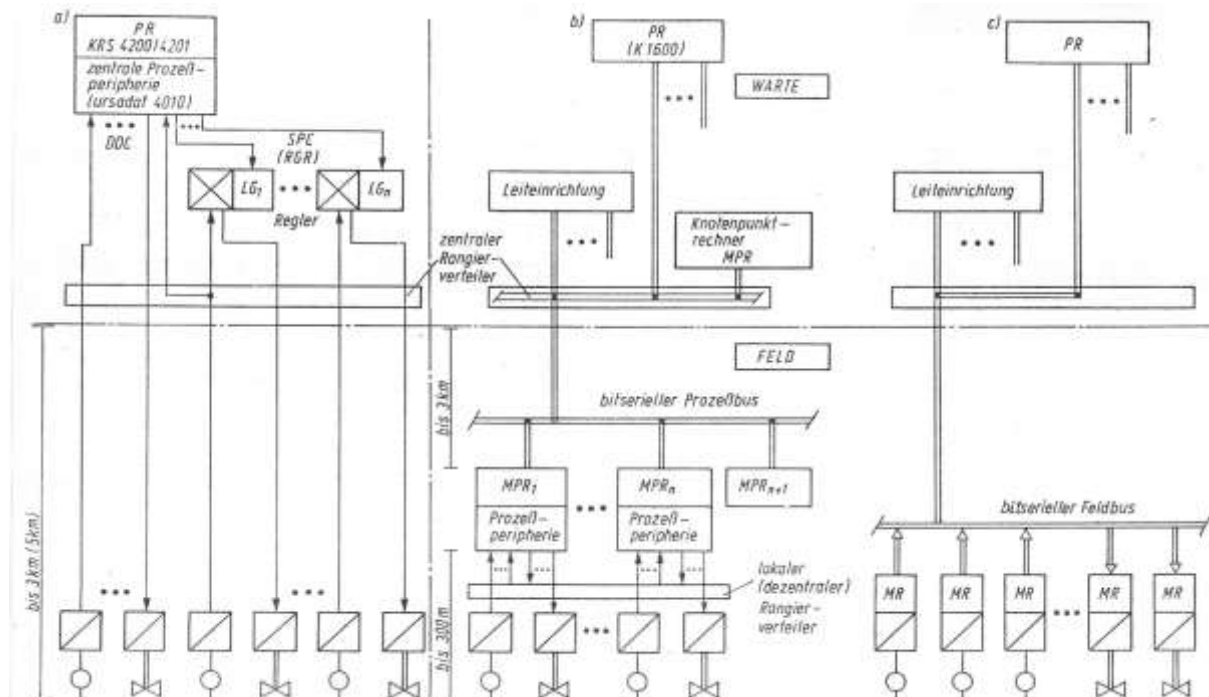


Abb. 1: Generationswechsel bei Automatisierungsanlagen

a) zentraler Prozessrechner PR (1960er Jahre)

b) Prozessbus und dezentrale Mikro-Prozessrechner (Fa. Honeywell 1975; VEB GRW Teltow 1984)

c) Feldbus und Einchip-Mikrorechner MR: intelligente, buskoppelbare Mess-, Stell- und Leiteinrichtungen (Zukunft: Prognosemodell des Autors von 1979)

Erforderlich wurden völlig neuartige Konzepte mit Strukturwandel bis in die Funktionseinheiten (Components & Instruments) und Schaltkreise (Circuits, Chips). Einen Koordinierungs-Rahmen im Umfeld des Forschungsrates bildete der Zentrale Arbeitskreis (ZAK) „Steuerungs- und Regelungstechnik“ beim Ministerium für Wissenschaft und Technik (MWT) im Zeitraum 1974 bis 1990 (Vorsitz: H. Töpfer, TH Magdeburg / TU Dresden, Sekretär: W. Kriesel, TH Magdeburg / TH Leipzig).

In den 1970er Jahren beginnt also eine **internationale Revolution** in der Automatisierungstechnik. Dieser gravierende Generationswechsel bewirkte geradezu einen Schock unter den Fachleuten in ganz Europa und auch in der DDR; er führte zugleich zu einer internationalen Aufholjagd.

Dagegen bewirkte in der Politik der 1971 in der DDR vollzogene Wechsel von Walter Ulbricht zu Erich Honecker eine *Bremswirkung* auf die Entwicklung von Kybernetik und Automation.

Mit den 1970er Jahren ändern sich auch die *Kybernetik-Auffassungen*, wie aus Kybernetik-Definitionen ersichtlich ist:

G. Klaus (60er Jahre): Kybernetik ist die Theorie des Zusammenhangs möglicher dynamischer selbst-regulierender Systeme mit ihren Teilsystemen.

P. Gudermuth / W. Kriesel (70er Jahre): Die Kybernetik ist die Wissenschaft, die allgemeine Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten der *Steuerung* in biologischen, bestimmten technischen, von Menschen geschaffenen und gesellschaftlichen Systemen untersucht. Sie hat also Systeme zum Gegenstand, die erst auf einer bestimmten, relativ hohen Entwicklungsstufe der Materie auftreten bzw. vom Menschen geschaffen werden.

Natürlich werden in jedem dieser Systeme Besonderheiten des Steuerungsvorganges auftreten. Die Kybernetik interessiert sich nicht für diese Besonderheiten, sondern für das in allen Systemen Gemeinsame der Steuerung.

Während *Klaus* also in den 1960er Jahren bestrebt sein musste, für die Kybernetik zunächst einen möglichst großen Einzugsbereich abzustecken und viele Wissensgebiete einzubeziehen, erfolgte in der Zeit danach eine stärkere Hinwendung auf das Allgemeine von Steuerungen. Das Ahnungsvermögen der Kybernetiker aus den 1960er Jahren wurde durch die mittel- und langfristig wirkende Technikentwicklung von Anfang der 1970er Jahre weit übertroffen.

3. Automatisierungstechnik in den 1980er Jahren – Feldbusnetze (FAN)

In den 1980er Jahren verändern *dezentrale Intelligenz* und *direkt vernetzbare Mess- und Stelleinrichtungen* erneut die Systemstrukturen: weitere Dezentralisierung der Informationsverarbeitung durch komplette Mikrorechner auf einem einzigem Chip (single-chip microcomputer, microcontroller). Dies ermöglichte „Intelligente“ Mess- und Stelleinrichtungen (embedded systems), gleichzeitig bitserielle Informationsübertragung (Vernetzung: dezentraler Feldbus), vgl. Abb. 1 c.

Die hierzu von uns entworfenen neuartigen Systemstrukturen spiegeln industrielle Systemerfahrungen wider, und sie wurden im Zusammenwirken mit *H. Töpfer* (TUD/KM der AdW) und *K. Fuchs-Kittowski* (HUB/MLS) zu einem neuen Denkansatz für Automatisierungs-Hierarchien verallgemeinert, der bis heute weitgehend aktuell geblieben ist (siehe Abb. 2). Hiernach steht insbesondere nicht die Steuerungs-Ebenen, sondern die *Ziel-Ebenen* im Vordergrund (insgesamt Mehrfach-Systeme mit bis zu 5 Ebenen).

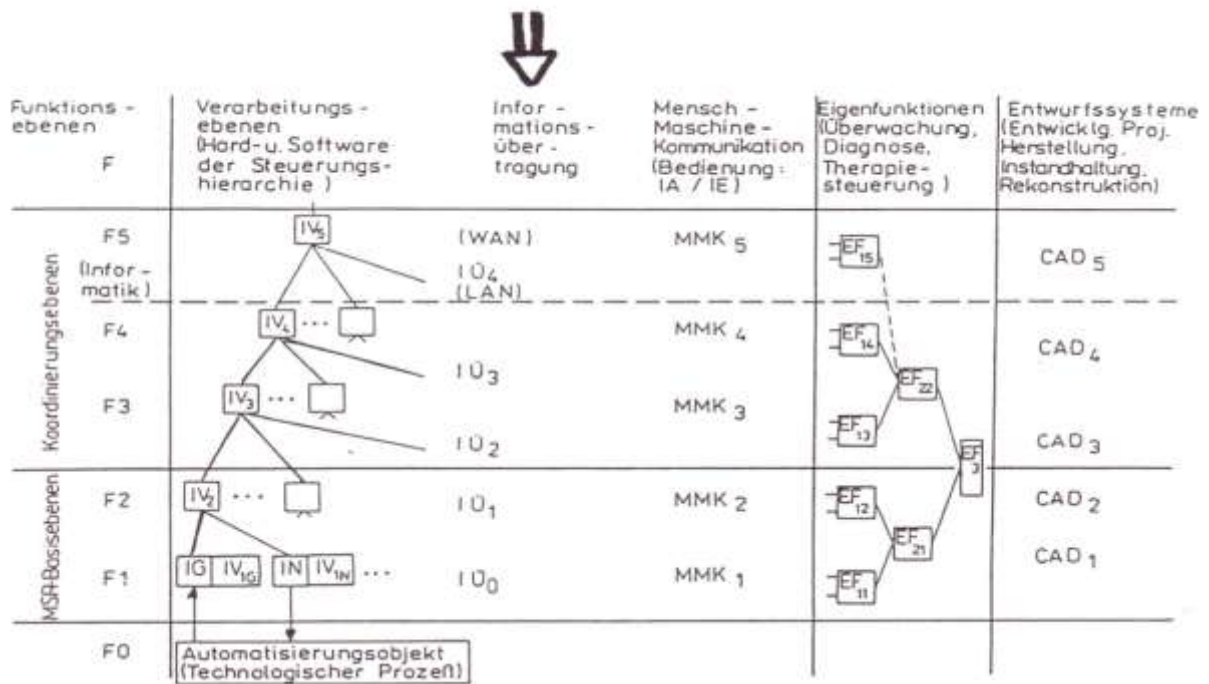


Abb. 2: Erweiterte Systemebenen

Die Einführung von Lokalen Netzen LAN stellte den nächsten Entwicklungsschritt bei industriellen Automatisierungssystemen dar (USA-Fa. Honeywell, 1983), wodurch der zentrale Prozessrechner in einen modularen Wartenrechner verwandelt wurde, der durch ein LAN verknüpft ist (siehe Abb. 3 a). Dieser Schritt war zugleich auch zukunftsweisend für unsere eigene Forschungsstrategie, die „industrielle Bustechnik“ zu einem *Feldbusnetz mit Mehrebenenstruktur* spezifisch für die Anforderungen der Automation weiterzuentwickeln (Field Area Network FAN, siehe Abb. 3 b).

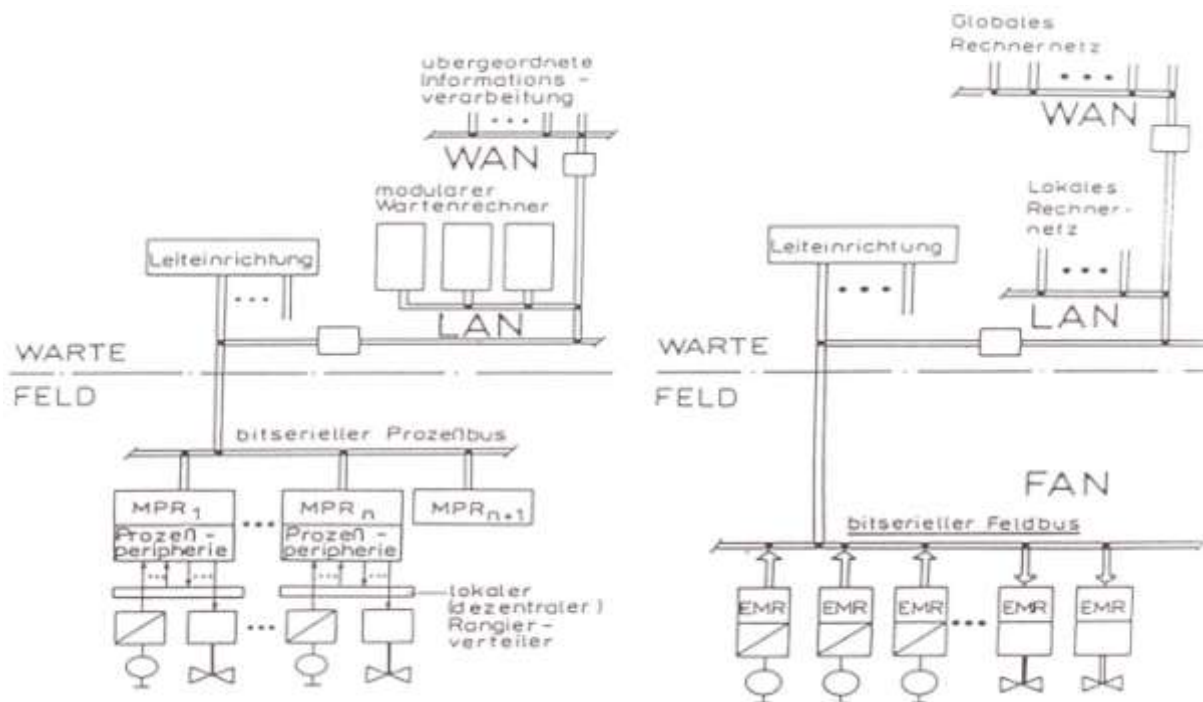


Abb. 3: Vernetzung in Automatisierungsanlagen

a) TDC 3000, Fa. Honeywell, seit 1983

b) Struktur mit Industrie-Kommunikation: FAN; Kopplung an LAN und WAN

Das vorhandene Lokale Netz (LAN) der Informatik haben wir hierbei von vornherein als *interdisziplinäre Brücke zwischen Automatik und Informatik* aufgefasst.

4. Realisierungsschritte eines Kommunikationssystems in den 1990er Jahren

Nachfolgend werden hierzu *wissenschafts-organisatorische Realisierungsschritte* zum FAN am industriellen Beispiel gezeigt für den Sensor-Aktuator-Bereich als unterste Vernetzungsebene: Das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) startete 1991 das Verbundprojekt „Aktuator-Sensor-Interface (ASI)“, um weltweit erstmals ein vereinheitlichtes Low-cost-Bussystem für binäre Sensoren und Aktuatoren zu schaffen. Der Lehrstuhl des Autors an der TH Leipzig wurde wegen seiner innovativen Vorlaufarbeiten in der DDR zur Mitarbeit im Projekt eingeladen, in dem 11 Industrieunternehmen zusammengeführt waren, die untereinander am Markt aber im Wettbewerb standen.

Projekt-Ergebnis: ein neuartiges, industrietaugliches Kommunikationssystem mit der Bezeichnung „ASI“ (später: „AS-Interface“), hierzu eine Europa-Norm und eine Weltnorm. Die Markteinführung erfolgte ab 1994: die inzwischen rund 100 produzierenden Industrieunternehmen entwickelten bisher nahezu 1.500 AS-Interface-Produktfamilien; deren *Zertifizierungsprüfung* erfolgt weltweit seither im *Steinbeis-Transferzentrum Stuttgart / Leipzig* unter Verantwortung des Autors.

Bisher wurden mehr als 100 Millionen Sensoren und Aktuatoren mit Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPSen) über dieses System vernetzt. Typische Einsatzfälle: *Fördertechnik* für die Logistik (vgl. Abb. 3), *Fertigungsautomation* für die Autoindustrie, *Prozessautomation* für die Schmierölmischung; dabei kann generell auf erhebliches *Einsparpotenzial* verwiesen werden (etwa 40 %).

Leipzig entwickelte sich seit Mitte der 1980er Jahre also zu einem *System-Erfahrungsträger für industrielle Kommunikation*. Daher erfolgen aktuell neben Querschnittsentwicklungen auch *technikwissenschaftliche Vorlaufarbeiten*, die bei wettbewerbsfähiger Innovationshöhe nur noch *interdisziplinär* zu erbringen sind, hier mit den Kooperationspartnern Universität Stuttgart (Nachrichtenkommunikation) und Universität Rostock (Mikroelektronik: Schaltungstechnik).

Mit dem dargestellten Sachverhalt wird generell auch die Wechselwirkung zwischen *Innovation und Nachhaltigkeit im technikwissenschaftlichen Bereich* verdeutlicht: die vor 25 Jahren erfolgte *revolutionäre Basis-Innovation* hat mit einer bereits 20 Jahre andauernden Marktperiode ihre *Nachhaltigkeit in der Praxis* sowohl technologisch als auch wirtschaftlich bewiesen. Hiermit und durch die inzwischen erfolgten evolutionären Weiterentwicklungen wurden die Voraussetzungen für die aktuelle *wissenschaftliche Vorbereitung eines nächsten Innovationssprunges* geschaffen, der mittelfristig zu einem *Generationswechsel* in der industriellen Kommunikationstechnologie führen dürfte.

Fazit: Deutschland ist heute *Weltmarktführer* in der „industriellen Kommunikation“; es existieren mehrere Ebenen mit abgestuften und spezialisierten Systemen. Die Automation musste sich also durch ein spezifisches Fachgebiet „Industrielle Kommunikation“ erweitern (echtzeitfähig, zuverlässig, sicher), das neben der drahtgebundenen zunehmend auch die drahtlose Kommunikation unter Echtzeit-Industriebedingungen umfasst (z. B. für Gebäudeautomation, aber auch für Prozessautomation in der Chemie sowie in der Lebensmittelindustrie wegen strenger Hygieneforderungen).

5. Wissenschaftsentwicklung seit Anfang der 1970er Jahre - „Industrielle Kommunikation“ wird zum eigenständigen Fachgebiet

Zusammenfassend soll hier die Wissenschaftsentwicklung zur Herausbildung eines eigenständigen Fachgebietes „Industrielle Kommunikation“ für die Automation dargestellt werden:

Seit 1975 wurde die Interface-/Bustechnik vom Autor für die *akademische Lehre und Forschung* systematisch aufbereitet (Buchbeiträge in „Funktionseinheiten der AT“ seit 1977, 5 Aufl.).

Etwa 1985 reifte unsere Ansicht, die „industrielle Bustechnik“ als ein *Feldbusnetz mit Mehrebenenstruktur* (Field Area Network FAN) zu entwickeln als einen eigenständigen Teil von Automatisierungssystemen. Dabei wurde das bereits vorhandene Local Area Network (LAN) als notwendige Brücke zur Informatik verstanden.

Nach 1990 sind in Deutschland die ersten *Fach-Bücher* zur industriellen Kommunikation entstanden, insbesondere zum PROFIBUS auf der Systemebene und zum ASI (AS-Interface) auf der prozessnahen Sensor-Aktuator-Ebene.

Im Jahre 1995 wird das *eigenständige Lehrfach* „*Industrielle Kommunikation*“ für Automatisierungsingenieure vom Autor bundesweit erstmalig eingeführt (Vorlesungen, Praktika). Zusätzlich werden entsprechende Weiterbildungs-Seminare unter Beteiligung des Autors für die Industrie durchgeführt (Haus der Technik Essen und München, 1995-2005).

Über die VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) wirkte der Autor als Bereichsleiter, Vorstandsmitglied und Stellv. Bundesvorsitzender mit einem speziellen Fachausschuss erfolgreich für die *bundesweite Einführung dieses Lehr- und Forschungsgebietes* an Hochschulen und Universitäten. Insbesondere wurden dort auch entsprechende Lehrstühle eingerichtet bzw. bestehende Lehrstühle für die Industrielle Kommunikation erweitert.

Der Gesamtprozess dieser Wissenschaftsentwicklung hat einen Zeitraum von rund *25 Jahren* in Anspruch genommen.

6. Modelle für Langzeit-Prognosen in Natur- und Technikwissenschaften sowie Verschiebungen zwischen den Wissenschaften

Hier zunächst einige Vorbemerkungen zur **allgemeinen Modellierung**:

Modelle besitzen bekanntlich 3 Grundeigenschaften, die jedoch nur hinsichtlich einer Zwecksetzung oder Zielstellung zu definieren sind:

- Ähnlichkeit (bzgl. Zielstellung)
- Abstraktion (bzgl. Zielstellung)
- Extrapolationsfähigkeit/Prognose (bzgl. Zielstellung)

Beispiel: *Wasser*

Zielstellung 1: Physikalisches Modell: Aggregatzustand (fest, flüssig, gas-/dampfförmig)

Zielstellung 2: Chemisches Modell: $H + H + O$; die Eigenschaften fest, flüssig, gasförmig sind hierbei ohne Belang, also kann man beim chemischen Modell von diesen abstrahieren.

Nachfolgend soll speziell die **Extrapolationsfähigkeit für Langzeit-Prognosen** vergleichend betrachtet werden:

• **Physik:**

- *Astronomie*: Zielstellung Prognosemodell für Himmelskörper („Propeller“ im Saturnring / vgl. Vortrag in der LS von Spahn, Uni Potsdam, 02.2014); Abstraktion auf 2D-Modell ist für diese Zielstellung ausreichend. Der Nachweis gelingt aber nur mittels eines extremen Technikeinsatzes.

- *Elementarteilchenphysik*: Prognosemodell für Higgs-Teilchen in den 1960er Jahren, Nachweis erst ab 2012 gelungen mittels gewaltiger Technik; Nobelpreis 2013.

• **Technikwissenschaft:**

- Aut. und Komm.: Prognose von Strukturen (Dezentralisierung, Kommunikation, 1979 und 1985)

Beispiel: AS-Interface, Markteinführung erst ab 1994

- *Schlussfolgerung*: *Nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern auch in den Technikwissenschaften sind Langzeit-Prognosen möglich, zweckmäßig und notwendig.*

- Kardinale Innovationen benötigen sehr viel Zeit (vgl. Energiewende; Elektromobilität)

Verschiebungen zwischen den Wissenschaften:

Traditionell:

- Naturwiss. → Technikwiss. → Industrie
- Naturwiss. → Wissenschafts-Philosophie
- Technikwiss. → Technik-Philosophie

Zukünftig verstärkt:

- Naturwiss. ↔ Technikwiss.
- Industrieprodukte → Voraussetzung für Naturwiss.
- Naturwiss. zusammen mit Technikwiss. → Philosophie

Die Technikwissenschaften entwickeln sich also immer stärker zu einer unumgänglichen Voraussetzung, um zu neuen Naturerkenntnissen in Physik, Chemie und Biologie bzw. weiteren Fortschritten in der Medizin zu gelangen. Diese Rückwirkung führt also zu einem Wechselwirkungszusammenhang zwischen den Wissenschaften, der künftig auch stärkere Beachtung in der philosophischen Debatte finden sollte.

7. Breiten- und Masseneinsatz seit dem Jahr 2000

Die Breitenautomatisierung spiegelt sich in einer Ausweitung der Anwendungsgebiete wider:

- **Prozessautomatisierung** (process automation): Fließgüter, z. B. Energie, Chemie, Gas, Öl (vgl. Abb. 5)
- **Fertigungsautomatisierung** (factory automation): Stückgüter, z. B. Autofabriken, Elektronikfabriken, Fördertechnik in Logistikeinrichtungen (vgl. Abb. 4).
- **Gebäudeautomation** (building automation): HLK, Sicherheit, Personenkontrolle
- **Aggregatautomatisierung** (automotiv-Bereich): Fahrzeuge, Maschinen, Geräte
- **Konsumgüter-Automatisierung** (consumer-Bereich; embedded systems): Reglerbügeleisen, Kühlschrank, Kaffeeautomat, Wasch-/ Spül-automat, Digital-TV, Videorecorder, Digital-Kamera (Handy, PC).

Der Masseneinsatz greift von den consumer- und automotiv-Bereichen zunehmend auch auf die anderen Anwendungsgebiete über.

Der starke Preisverfall bei Hardware-Komponenten seit 1990 rückte die Erstellungskosten für Anwender-Software in den Vordergrund. Die Weiterentwicklung zu *Kompakt-Leitsystemen* unter Nutzung von preiswerten und hochzuverlässigen Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPSen) und PC-Technologie einschließlich Windows-Technik für die Bedienung sowie von Feldbussen für die Vernetzung ging einher mit einer drastischen *Reduzierung des Engineering-Aufwandes*.

Diese weiterentwickelte Generation wurde in den letzten 15 Jahren verstärkt für die *Integration von Automatisierung mit produktionsrelevanten Geschäftsprozessen* ertüchtigt, insbesondere für Vertrieb, Logistik, aber auch für *Eigenfunktionen* wie Wartung, Instandhaltung und Eigendiagnose bis hin zur Therapiesteuerung zur Erreichung hoher Verfügbarkeiten.

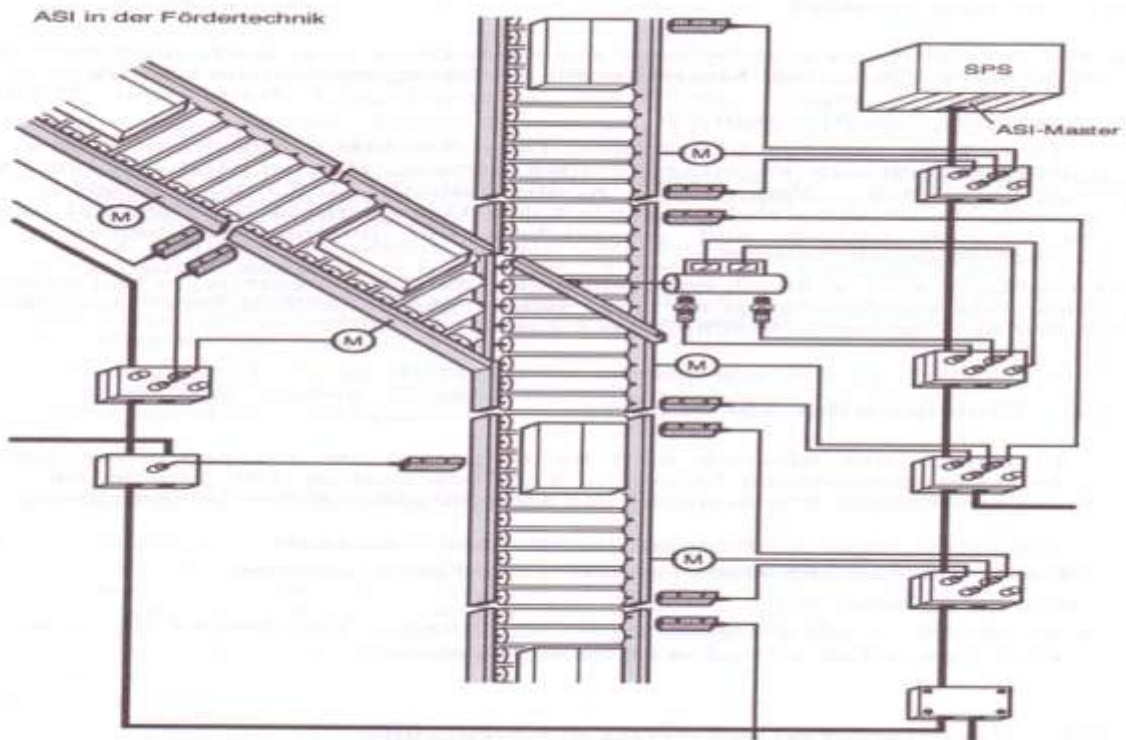


Abb. 4: Automatische Paketverteilung (DHL u. a.)

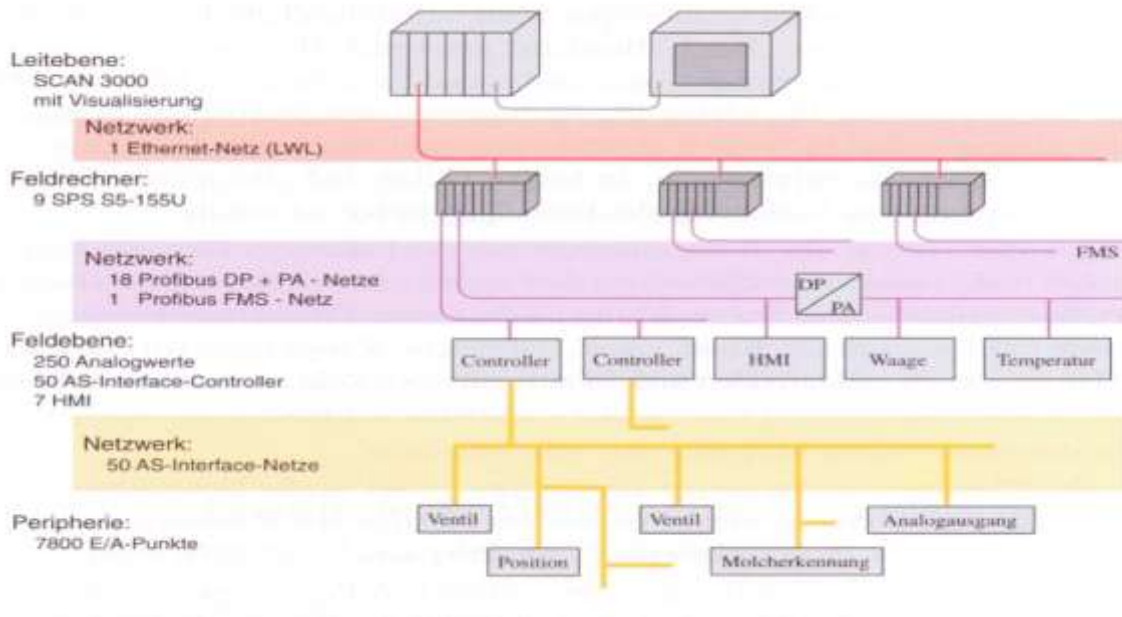


Abb. 5: Vernetzung einer Großanlage: Weltweit größte Schmierstoff-Mischanlage, Deutsche Shell AG Hamburg

50 AS-Interface-Netze für 7.800 Sensoren und Aktuatoren (nachgewiesene Einsparung rd. 50%)

8. Vorschau bis zum Jahr 2045: „Industrie 4.0“ und „2045-Initiative“ (Avatare)

8.1 Vorschau: Automation

- **Automation klassisch:** selbsttätige (automatische) Regelung und Steuerung
- **Vorschau für die Automation:** *selbständige (autonome)* Systeme (mobile Roboter, autonome Autos und Flugkörper)

These: Alle Bereiche menschlicher Tätigkeit sind im Prinzip automatisierbar!

- aber: dies ist nicht immer sinnvoll und wirtschaftlich
- dringend erforderlich: **automatisierungsgerechte Objekte schaffen** (Automation nicht auf vorhandene Objekte einfach aufpfropfen)

8.2 Vorschau: Bustechnologie

- Künftige Anforderungen aus **Industrie 4.0: Sensor/Aktuator-Felder** mit großen Teilnehmerzahlen (von heute ca. 250 auf über 1000 erhöhen):
 - daher auch größere Leitungslängen erforderlich (von min. 100 m auf min. 200 m),
 - Steuerungen (SPSen) werden schneller, also kürzere Zykluszeiten (von 10 ms auf ca. 1 ms)
- **Strukturwandel:**
 - Konventionelle Parallelverdrahtung: 250 Teilnehmer erfordern 1000 Leitungen
 - Bustechnik: nur 2 Leiter erforderlich (Signal einschl. Stromversorgung), digitale, serielle Abfrage, Zeitmultiplex-Betrieb
 - Erforderliche Geschwindigkeitssteigerung erreichbar durch *Parallelbetrieb*

Zukunft: Parallelabfrage aller Teilnehmer gleichzeitig

Prognose: Paradigmenwechsel in der Bustechnologie zu erwarten („Quantensprung“)

Die Zukunft der Automatisierung ist also zweifelsfrei getrieben durch die anhaltenden Fortschritte der Mikro- und Optoelektronik und die *interdisziplinären* Einflüsse (Informatik, Nachrichtenkommunikation) sowie durch ein großes *Anwenderinteresse*, bedingt durch ihren gravierenden Einfluss auf die Arbeitsproduktivitätssteigerung. Zu nennen sind hier im Einzelnen: *zunehmende Vernetzung, Internet der Dinge, industrielle Echtzeit-Bildverarbeitung, Cloud Computing, Cyber-Physical Production Systems (CPPS)* sowie das Projekt *Industrie 4.0*. Diese bereits verfügbaren informationstechnologischen Möglichkeiten zusammen mit dem innovativen Ideengut verändern die künftige Automation und Kommunikation jedoch nur dann grundlegend, wenn ihre Anpassung an die spezifischen Anforderungen der Automation gelingt (Echtzeitfähigkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit, EMV, Ex-Schutz u. a.).

8.3 Zukunftsmodell „Industrie 4.0“

Das Langzeit-Zukunftsmodell Industrie 4.0 nach Abb. 6 ist durch eine global verteilte Produktion gekennzeichnet, deren einzelne Produktionseinheiten über global vernetzte Mehrebenen-Kommunikationssysteme optimiert und koordiniert werden:

- Die Produktionseinheiten (PE) sind weltweit vernetzt und organisieren sich eigenständig (temporär) zu einem Fertigungsverbund, um einen konkreten Produktions-Auftrag durchzuführen
- Die Produktionseinheiten realisieren jeweils einzelne Fertigungsschritte (PE bilden somit auch die Grundlage für eine modulare Zerlegung in Fertigungsschritte)
- Das Produkt ist zusätzlich zur bisherigen Herstellungsdocumentation auch Träger der Informationen zur Bearbeitungskette im globalen Fertigungsverbund.

Die *zentrale Datenhaltung* ist bei Industrie 4.0 als größter Nutzen der „Cloud“ (Datenwolke) anzusehen, verbunden mit effizienter Nutzung von Speicher- und Rechenkapazitäten bei vereinfachter Softwarewartung. Das zentrale Speichern und der Zugriff auf Produkt- und Produktionsdaten mittels einer cloudbasierten Architektur stellen diese *Informationen auch mobil* zur Verfügung und erhöhen damit die Flexibilität für die Anwendungen, sofern die damit verbundenen Zuverlässigkeits- und Sicherheits-*Risiken* beherrscht werden.

Von Industrie 1.0 zu Industrie 4.0

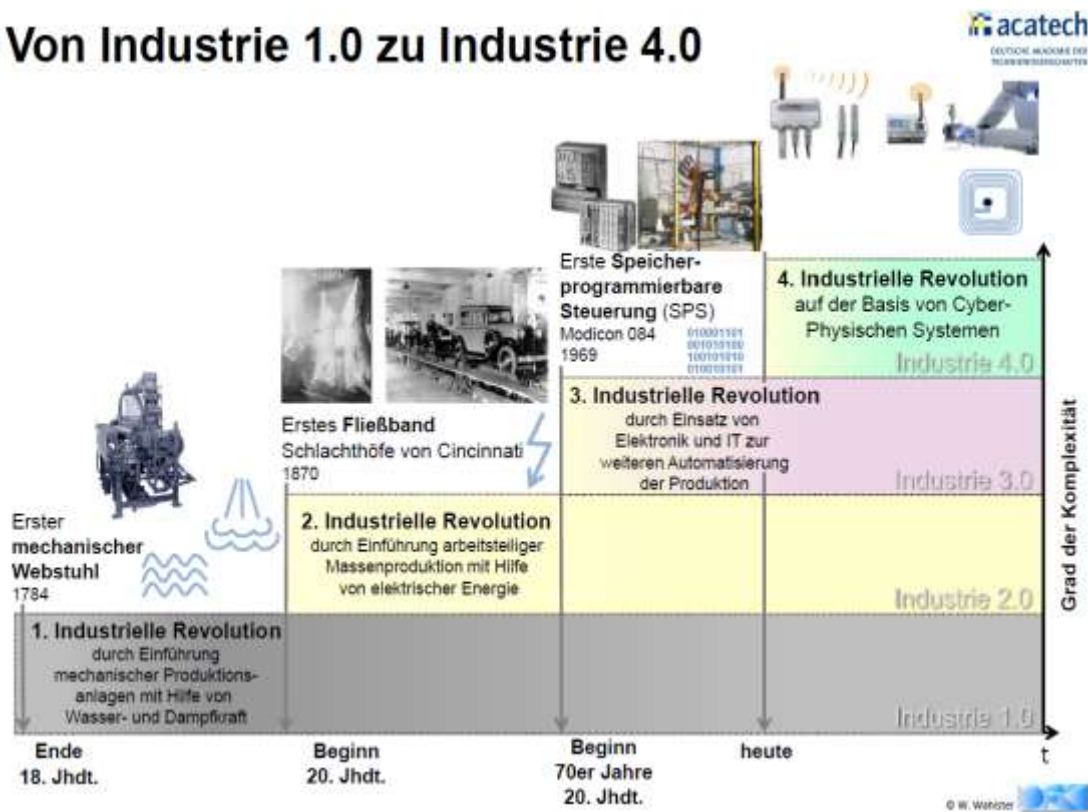


Abb. 6: Industrielle Revolutionen: Entwicklungsweg hin zu Industrie 4.0

8.4 Zukunftsmodell „2045 Initiative“ (Avatare)

Der schwerreiche russische Medienmogul *Dmitri Itskov* hat im Februar 2011 folgende Initiative mit einer Laufzeit von rd. 30 Jahren gestartet:

Grundlagenforschungen mit Schaffung von Technologien zur Übertragung der Persönlichkeit in nicht-biologische Träger, also „Lebensverlängerung“ bis zur Unsterblichkeit.

Itskov hat erst ein Alter von Anfang 30 und würde also zum Projektende gerade sein Ruhestandsalter erreichen. (vgl. hierzu auch Vortrag von MLS Horst KLINKMANN von Nov. 2013: Wollen wir alle 100 Jahre werden?)

Zielstellung: Langzeit-Modelle, insbesondere Schaffung von Avataren (Mischwesen) in vier Generationen:

- **Avatar A** (bis 2020): Roboter plus Gehirn-Computer-Schnittstelle [Fa. FESTO: 2012]
- **Avatar B** (bis 2025): Gehirn transplantieren (vergleichbar mit heutiger Transplantation von Niere [MLS Moritz MEBEL], Leber, Lunge, Herz)
- **Avatar C** (bis 2035): mit künstlichem Gehirn, in das die menschliche Persönlichkeit übertragen wird und hierdurch „Unsterblichkeit“ erlangt
- **Avatar D** (bis 2045): Hologramm-ähnlicher Avatar (optional).

Derartige Forschungsprojekte werfen Aspekte des *Transhumanismus* neu auf, wie sie von *Helga E. Hörz* und *MLS Herbert Hörz* aktuell diskutiert werden.

Von der Firma FESTO aus Esslingen bei Stuttgart wurden schon 2012 einige Ergebnisse aus der industriellen Vorfeldforschung vorgestellt, die bereits die erste Avatar-Generation als Roboter-Steuerung durch die Kraft der Gedanken realisieren.

Die Informationsmengen steigen generell deutlich an, sodass diese für die Entscheidungen des Menschen zu verdichten und neuartig aufzubereiten sind. Daher entwickelt sich die *Mensch-Maschine-Kommunikation* zu einem wichtigen Erfordernis der Zukunft. Die Automation hat auch hierzu noch sehr unkonventionelle Zukunftspotenziale: die *Biokybernetik*, z. B. industrielle Bedienkonzepte auf Basis von *Gedankensteuerung*.

In aktuellen Forschungen zu neuartigen Bedienkonzepten für die Mensch-Maschine-Kommunikation wird auch die Steuerung von Einrichtungen, Maschinen und Anlagen durch die Kraft der Gedanken untersucht, und es wurden ermunternde Ergebnisse erreicht (siehe Abb. 7).

Die *Informationssicherheit* wird hierbei und ganz generell zukünftig zu einem kritischen Erfolgsfaktor.

Prozessebene

Industrielle Bedienkonzepte auf Basis von Gedankensteuerung!?



Auf der Suche nach neuen Bedienkonzepten wird auch die Steuerung von Maschinen per Kraft der Gedanken diskutiert. Festo hatte im Frühjahr die Software Cogniware präsentiert – allerdings im Zusammenhang mit einer spielerischen Applikation, genannt Cognigame. Die Software wertet die über das Brain-Computer-Interface erfassten Signale aus und leitet sie an die Steuerung weiter. Elias Knubben, Leiter Corporate Bionic Projects bei Festo, beantwortet interessierende Fragen zum Thema. In seinem Team wurde Cognigame entwickelt.

Herr Knubben, bitte erläutern Sie kurz das Funktionsprinzip von Cognigame und Cogniware.

E. Knubben: Über die Elektroden am Brain-Computer-Interface werden die Signale aus dem Motor-Kortex erfasst und via Bluetooth an den Rechner gesendet. Dort erfolgt die Filterung, Verarbeitung und Klassifizierung dieser Signale. Das bedeutet, sie werden in Steuerungssignale umgewandelt. Diese Steuerungssignale werden dann an die Hardware weitergeleitet und die entsprechende Achse bewegt sich.

Bevor der Anwender aber spielen kann, muss er in einem Trainingsmodus seine Gedanken trainieren. In diesem Modus lernt die Software die speziellen Charakteristiken der Gedanken des Anwenders und der Anwender kann über einen Gedanken so stark wie möglich zu reproduzieren.

34 **Automation** 5/12

Sound Machines 3.0: minimalistisches Ensemble aus Nanorobotern



einen unstrukturierten Wästelgeflücht. Der Wästelgeflücht ist ein hochgradig intelligenter, aber aus dem bündigen Flugkörper an den Ecken heraus brecht, sich fortwährend umschließend lässt und dadurch unterschiedliche Formen annimmt.

Die Bewegung des sportlichen Flugkörpers erfolgt durch elektromechanisches Antriebs. Für die Umsetzung ist das Wechselverhältnis zwischen Ausdehnung und Zusammenziehen in synthetischer Folge verwirklicht. Das Material kompensiert die Schwerkraft der Gliederarbeit und ermöglicht so den Aufstieg des Flugkörpers. 3.363 1 Millimeter werden für etwa 23,34 g Aufbau benötigt, um das Objekt im Luftstrom fortzubewegen. Der Vortrieb wird durch die Umkehrung des Objekts erzeugt und kann somit als Inversentrieb bezeichnet werden.

Condition Monitoring sorgt für entsprechende Flugsicherheit. Während des

Flugs werden laufend Daten wie Batterieladestatus und Stromverbrauchs erfasst und in Echtzeit überprüft. Das Prinzip der permanenten Diagnostik ist für Festo ein Garant für Prozesssicherheit in der Automatisierungstechnik.

Steuerung per Kraft der Gedanken

Viel Scherben wurde durch das Coggle Game zerlegt. Dabei handelt es sich um eine Neuinterpretation eines bekannten Videospiels aus den 1970er-Jahren. Ähnlich wie beim Tetris-Spiel bewegten Spieler damals rote Blöcke eines Schichten auf und ab, um einen Ball abzuwehren und ihn zurück zum Kontrollanten zu spielen. Für Coggle Game haben die Entwickler von Festo das virtuelle Spielgeschehen auf ein reales Spielfeld übertragen, das aus Komponenten von Festo aufgebaut war:

Zwei Linienstrahlen zeigen Antriebe entlang der Grundlinien (rot links und rechts verfahren, bewegen die Schläger um den Ball abzuwehren und im Spiel zu halten).

Das Faszinierende: Der Spieler steuert seinen Schläger allein durch die Kraft seiner Gedanken per Brain-Computer-Interface (BCI). Dieses misst, was bei der Elektroenzephalografie (EEG), Spielzugswahrscheinlichkeiten auf der Kopfoberfläche über dafür angebrachte Elektroden, ihm gegenüber steht ein weiterer Spieler, der durch seine Muskelkraft einen Hebel betätigt, um seinen Schläger zu bewegen. Für das Spiel entwickelte Festo mit Coggle Ware eine Softwarelösung, die das Steuern des Schlägers mit Gedanken und Bioprozessen realisiert. Die BCI-UI von Neurotechnology verbindet Gehirn und Hardware frei, ohne dass der Anwender dabei mittels Sprache oder



Coggle Game: Steuern von Automatisierungskomponenten mit Gedankenkraft

www.spaerautomation.de

Abb. 7: Steuerung durch Kraft der Gedanken (Avatar der ersten Generation)

Fazit

Aus Anwendersicht sind eine weiter zunehmende *Breitenanwendung* und *Massenanwendung* der Automatisierung in absehbarer Zeit zu erwarten. Die Breitenanwendung bedeutet insbesondere das zusätzliche Vordringen von Automation für bislang weniger erschlossene Anwendungen in nichtindustriellen Bereichen wie Service- und Homebereiche, Laborbereiche u. a. Zukünftig werden also *alle Branchen* von Automation potenziell profitieren können. Die Massenanwendung drückt sich primär durch das Eindringen von Automatisierungskomponenten in Massenprodukte aus, z. B. in Wasch- und Geschirrspülautomaten, in Autos oder vielfältig in Verkaufsautomaten, im massenweisen Steuerungs-Einsatz usw.

Automation ist heute zu einem *bestimmenden Wachstumsfaktor für die Produktivität* der Arbeit und damit für gesellschaftlichen Fortschritt geworden – hier werden also die Früchte aus der frühen Kybernetikzeit geerntet, insbesondere durch eine *nachhaltige Arbeitsproduktivitätssteigerung*.

Die Jahrzehnte seit der Geburtsstunde der Kybernetik im Jahre 1948 sind in der *Wissenschaft* zugleich auch begleitet durch einen *Differenzierungsprozess* mit parallelen Entwicklungen auf vielen Gebieten der Informations-Wissenschaften im Unterschied zu den Stoff- und Energie-bezogenen Wissenschaften. Dazu sollte auch beim Thema *Emergente Systeme* weiter diskutiert werden.

Gleichzeitig vollziehen sich deutliche *Integrationsprozesse* zwischen den Naturwissenschaften einschließlich Medizin und den Technikwissenschaften. Hierauf wurde mit den verallgemeinernden Darstellungen zur *Modellierung* sowie zu den *Verschiebungen* zwischen den Wissenschaften hingewiesen.

Zurück zu den Wurzeln: *Norbert Wiener* hatte bereits 1948 sein prägendes Buch genannt: "Cybernetics, or *Control and Communication in the Animal and the Machine*". Ganz in diesem Sinne hat sich die Kybernetik tatsächlich entwickelt, wobei sie bei der Automation und industriellen Kommunikation das Ahnungsvermögen der frühen Kybernetiker jedoch weit übertroffen hat.

Die moderne Automation und Kommunikation führt auch zu zahlreichen *sozialen Wirkungen*, die hier nur angedeutet wurden, aber in einem gesonderten Vortrag des Autors im Juni-Plenum 2014 der LS näher behandelt werden.

Literatur

Wiener, N. (1948/1963): Kybernetik - Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine. Econ-Verlag, Düsseldorf ; Wien, 2. Aufl. 1963. (USA-Originalausgabe: *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*, 1948)

Klaus, G. (1961/1965): Kybernetik in philosophischer Sicht. Dietz Verlag, Berlin 1961, 4. Aufl. 1965

Haas, H.; Bernicke, E.; Fuchs, H.; Obenhaus, G. (Gesamtredaktion; 1969): ursamat-Handbuch, herausgegeben vom Institut für Regelungstechnik Berlin. Verlag Technik, Berlin

Reinisch, K. (1974): Kybernetische Grundlagen und Beschreibung kontinuierlicher Systeme. Verlag Technik, Berlin

Fuchs-Kittowski, K. (1969/1976): Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie - Tatsachen und Hypothesen über das Verhältnis des technischen Automaten zum lebenden Organismus. Mit einem Geleitwort von S. Rapoport und H. Ley. Fischer-Verlag, Jena 1969, 2. Auflage 1976

Töpfer, H.; Kriesel, W. (1976/1978): Kleinautomatisierung durch Geräte ohne Hilfsenergie. Band 173 der Reihe Automatisierungstechnik, Verlag Technik, Berlin 1976, 2. Auflage 1978

Gudermuth, P.; Kriesel, W. (1972/1973/1976): Kybernetik und Weltanschauung. Probleme, Streitfragen und Ergebnisse der modernen Kybernetik. Verlag Hubert Freistühler, Schwerte/Ruhr 1972. Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin 1973. Tschechische Übersetzung, Verlag Horizont, Praha 1976

Fuchs-Kittowski, K. (1976): Informatik und Automatisierung. Bd. 1: Theorie und Praxis der Struktur und Organisation der Informationsverarbeitung. Akademie-Verlag, Berlin

Töpfer, H.; Kriesel, W. (1977/1988): Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik - elektrisch, pneumatisch, hydraulisch. Verlag Technik, Berlin und VDI Verlag, Düsseldorf 1977, 5. Auflage 1988, [ISBN 3-341-00290-1](https://www.vdi-verlag.de/ISBN-3-341-00290-1)

Fuchs-Kittowski, K.; Gudermuth, P. (1978): Providing Data For The Management Of Public Health. In: E.N. Shigan (Editor): *Systems Modelling in Health Care*. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg / Wien, Austria

Kriesel, W. (1979/1982): Automatisierungsanlagenkonzepte mit Mikrorechnern und deren Konsequenzen für die Projektierung. In: Müller, R.: *Projektierung von Automatisierungsanlagen*. Verlag Technik, Berlin 1979; 2. Aufl. 1982

Töpfer, H.; Kriesel, W. (1982): *Automatisierungstechnik - Gegenwart und Zukunft*. Band 200 der Reihe *Automatisierungstechnik*, Verlag Technik, Berlin

Kriesel, W.; Banse, G. (1986): Funktion, Struktur und Formen der Modellmethode. In: Banse, G.; Wendt, H. (Hrsg.): Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Verlag Technik, Berlin, [ISBN 3-341-00043-7](#)

Kriesel, W.; Töpfer, H.; Günther, M. (1990): Gerätesysteme der Automatisierungstechnik und Prozeßrechnersysteme. In: Philippow, E. (Hrsg.): Taschenbuch Elektrotechnik in 6 Bänden, Bd. 4. Systeme der Informationstechnik. Verlag Technik, Berlin und Hanser Verlag, München, [ISBN 3-341-00204-9](#)

Bender, K. (Hrsg.; 1990/1992): PROFIBUS - der Feldbus für die Automation. Hanser Verlag, München; Wien 1990, 2. Aufl. 1992, [ISBN 3-446-17283-1](#)

Kriesel, W.; Madelung, O. W. (1994/1999): ASI - Das Aktuator-Sensor-Interface für die Automation. Hanser Verlag, München, Wien 1994. AS-Interface - Das Aktuator-Sensor-Interface für die Automation. 2. Auflage 1999, [ISBN 3-446-17825-2](#). Englisch: [ISBN 3-446-18265-9](#)

Kriesel, W.; Rohr, H.; Koch, A. (1995): Geschichte und Zukunft der Meß- und Automatisierungstechnik. VDI-Verlag, Düsseldorf, [ISBN 3-18-150047-X](#)

Kriesel, W.; Heimbold, T.; Telschow, D. (1998/2000): Bustechnologien für die Automation - Vernetzung, Auswahl und Anwendung von Kommunikationssystemen (mit CD-ROM). Hüthig Verlag, Heidelberg 1998, 2. Aufl. 2000, [ISBN 3-7785-2778-9](#)

Kriesel, W.; Sokollik, F.; Helm, P.; Seela, R. (2009): KNX / EIB für die Gebäudesystemtechnik in Wohn- und Zweckbau. Hüthig Jehle Rehm Verlag, Heidelberg, 5. Auflage, [ISBN 978-3-7785-4054-1](#)

Starke, L. (2009): Vom Hydraulischen Regler zum Prozessleitsystem. Die Erfolgsgeschichte der Askania-Werke Berlin und der Geräte- und Regler-Werke Teltow. 140 Jahre Industriegeschichte, Tradition und Zukunft. Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin, [ISBN 978-3-8305-1715-3](#)

Weller, W. (2013): Automatisierungstechnik im Wandel der Zeit – Entwicklungsgeschichte eines faszinierenden Fachgebiets. Verlag epubli GmbH Berlin, [ISBN 978-3-8442-5487-7](#) sowie als E-Book

Hans-Joachim Zander – Wikipedia (abgerufen am 16.04.2014)

Industrie 4.0 – Wikipedia (abgerufen am 16.04.2014)

Industrielle Bedienkonzepte auf Basis von Gedankensteuerung! (2012). FESTO open automation H. 6, S.27 und 34.

2045 Initiative - From Wikipedia, the free encyclopedia (abgerufen am 16.04.2014)

Hörz, H. E.; Hörz, H. (2014): Transhumanismus: Ist der zukünftige Mensch ein Avatar? (Manuskript)

C.V.:

Werner Kriesel ist Automatisierungsingenieur und Mitglied der Leibniz-Sozietät seit 2013. Nach seinem Studium der Regelungstechnik an der TH Magdeburg war er in der Automatisierungs-Großindustrie in Berlin von 1965-1971 mit Entwicklungen und Projektierungen von Automatisierungssystemen befasst; Promotion als Externer 1968 an der Humboldt-Universität zu Berlin. 1971-1979 Hochschuldozent für Regelungstechnik an der TH Magdeburg, dort von 1976–1979 Direktor für Forschung der Sektion Technische Kybernetik und Elektrotechnik. Habilitation 1978 an der HUB; danach von 1979-1995 ordentlicher Professor für Automatisierungstechnik an der TH Leipzig, hier von 1981–1990 Direktor für Forschung der Sektion Automatisierungsanlagen, bis 1992 Direktor des Instituts für Automatisierungssysteme. Von 1995–2006 Professor für Automatisierungstechnik in Merseburg. Seit 1994 Leiter des Steinbeis-Transferzentrums "Automatisierungs-, Informations- und Elektrosysteme" Stuttgart/Leipzig (u. a. Zertifizierung des Kommunikationssystems AS-Interface). Mehr als 200 Publikationen auf den Gebieten Automatisierungsgeräte und -anlagen sowie industrielle Kommunikationstechnik. Aus seinem akademischen Umfeld sind 6 Professoren hervorgegangen.