Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *99(2008), 203-220*

Dietrich Balzer

Technische, ökonomische und soziale Probleme bei der Automatisierung von Produktionsprozessen

1 Einleitung

Die Produktionsprozesse sind durch eine ständige Erhöhung des Automatisierungsgrades gekennzeichnet. Das bedeutet, dass ständig mehr Produkte und Dienstleistungen pro Zeiteinheit und pro Teilnehmer am Produktionsprozess produziert werden. Vom Standpunkt der gesamten Volkswirtschaft bedeutet das: Mehr Arbeitsplätze im Bereich Information und Kommunikationstechnologie und weniger Arbeitsplätze im Bereich Produktionstechnologie. Dabei fallen mehr Arbeitsplätze im Bereich der Produktion weg als im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie neu entstehen.

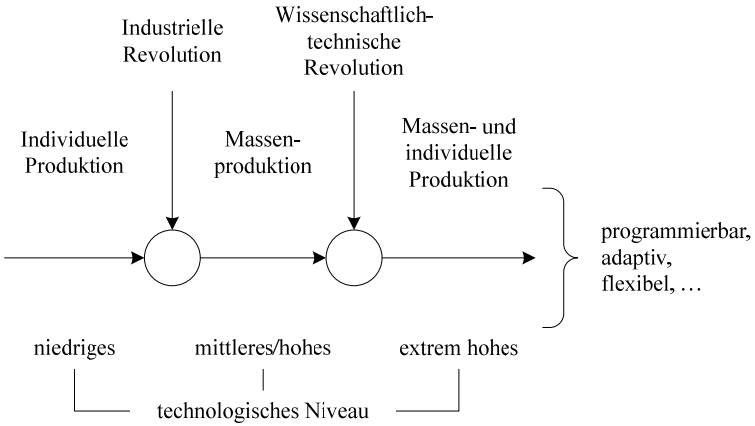
Im nachfolgenden Beitrag konzentrieren wir uns auf die Prozess- bzw. Verfahrensindustrie. Betrachtet wird die Überwachung und Steuerung verfahrenstechnischer Systeme. Im Sinne der Systemsverfahrenstechnik geht es also um eine Betrachtung der Systeme im Kurzzeitbereich (bis zu einigen Stunden oder Tagen). Die sich daraus ableitenden technischen, ökonomischen und sozialen Probleme sollen im Weiteren behandelt werden.

Zunächst eine kurze, geschichtliche Betrachtung.

Charakteristisch für die gegenwärtige Entwicklung der Produktionstechnik sind die Integration der Automatisierungstechnik, Mess- und Sensortechnik und Rechentechnik und die Herausbildung einer einheitlichen Informationstechnik. Besonders deutlich wird diese Tendenz bei der Steuerung komplexer Produktionsprozesse. Die Automatisierung von Produktionsprozessen wird in Zukunft im Wesentlichen eine wissensbasierte Prozessautomatisierung sein, die „Oberflächen“wissen (heuristische Modelle) und „Tiefen“wissen (mathematische Modelle)in sich vereinigt. Äußerlich kommt diese Tendenz darin zum Ausdruck, dass der Software-Anteil eines Automatisierungssystems wesentlich steigt und in der Gegenwart bereits 80% erreicht hat. Die Software ist heute für ein modernes Prozessleitsystem qua-

litäts- und kostenbestimmend. Wenn wir in diesem Zusammenhang die Geschichte der Technik betrachten, so ist eine Entwicklung zu verzeichnen von der vorindustriellen Periode, die durch eine individuelle und flexible Arbeitsweise der Manufaktur auf niedrigem technologischem Niveau charakterisiert wird, zur Massenproduktion der industriellen Revolution mit Unifizierungstendenzen. Die wissenschaftlich-technische Revolution, die durch den umfassenden Rechnereinsatz gekennzeichnet ist, führt zu einer Arbeitsweise, die wiederum durch die Attribute individuell, flexibel und adaptiv charakterisiert werden kann, nunmehr allerdings auf äußerst hohem technologischem Niveau. Abbildung 1 stellt diese Entwicklung schematisch dar.

Abbildung 1: Einfluss der Rechen- und Automatisierungstechnik auf die Entwicklung der Produktionstechnik



Quelle: Nach Balzer 1989, S. 5; 1992, S. 1

Als Folge des Integrationsprozesses von Automatisierung und Informatik verändern sich auch die Inhalte des Lebenszyklus eines technischen Produktes im Allgemeinen und des komplexen Produktionsprozesses, bestehend aus Prozessautomatisierungssystem und technologischem System, im Besonderen. So kommt es zu einer Integration der Phasen des Lebenszyklus; Vorbereiten, Herstellen, Betreiben und Entsorgen. Ausdruck dessen ist z. B. die Herausbildung eines neuen Wissensgebietes, der on-line-Projektierung oder des on-line-Engineering, bei der Teile der klassischen Projektierung nunmehr in die Etappe der Steuerung verlagert werden. Darüber hinaus ist

eine Integration von Stoff, Energie und Information innerhalb jeder Phase des Lebenszyklus zu verzeichnen. Diese Integrationstendenzen führen zu einer einheitlichen Modellierungsstrategie für alle Entwicklungsphasen des gesamten komplexen Produktionsprozesses. Es kommt in der Zukunft zu einer einheitlichen Betrachtung von stofflich-energetischer und Software-Technologie in Form einer allgemeinen Technologie, die die theoretische Basis für die Fabrik der Zukunft darstellen kann.

An dieser Stelle sollen die heutigen technischen Trends sowie die heutigen Marktanforderungen an die Automatisierung- und Verfahrenstechnik einerseits und an die Informations- und Kommunikationstechnik andererseits genannt werden. Für die Automatisierung- und Verfahrenstechnik gelten:

- erhöhte Anforderungen an die Sicherheit der Systeme und die Qualität der Produkte;
- das Prozessoptimum befindet sich in der Nähe der Stabilitätsgrenze;
- wenig oder keine Zwischenspeicher;
- geographisch verteilte Anlagen mittlerer Leistung neben Anlagen größerer Leistung;
- zentrale, dezentrale und hierarchische Strukturen.

In der Informations- und Kommunikationstechnik sind folgende Trends zu verzeichnen:

- Einsatz wissensbasierter Methoden;
- Anwendung der mobilen Breitbandkommunikation;
- Nutzung des Internet;
- Einsatz der Mikrosystemtechnik für die Informationsgewinnung.

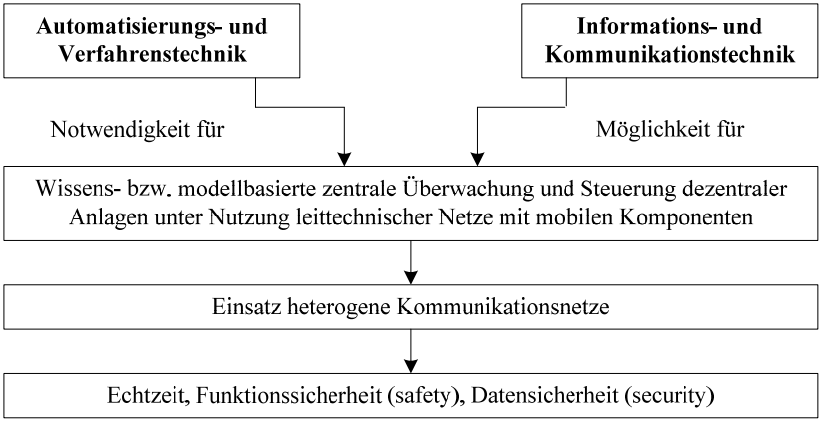
Abbildung 2 stellt in zusammenfassender Form die Schlussfolgerungen aus diesen Trends dar.

2 Modell- und wissensbasierte Prozessoptimierung, -sicherung und -stabilisierung

2.1 Mathematische Aspekte

Die Integration von Software für die modell- und wissensbasierte Überwachung und Steuerung verfahrenstechnischer Systeme ist ein bestimmendes technisches Problem bei der Automatisierung von Produktionsprozessen. In Tabelle 1 sind die geforderten Funktionen und Inhalte dieser Automatisierungsfunktionen zusammengestellt.

Abbildung 2: Schlussfolgerungen aus den technischen Trends und aus den Marktanforderungen



Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 1: Modell- und wissensbasierte Prozessoptimierung, -sicherung und -stabilisierung

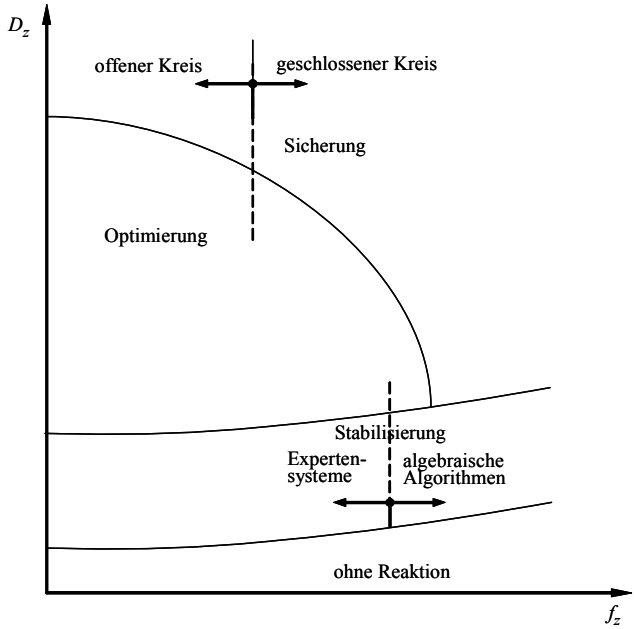
Funktion	*Verbale Erläuterung des Inhaltes*	*Typische technische Lösungen*
Prozess-sicherung	Alarmierung, Notabschaltung bei Gefahrenzuständen, Verwirklichung von Abwehrstrategien, Verhinderung von Fehlbedienungen	Sicherheits-/Schutzverriegelungssystem, Abfahrsteuerungen auf Basis schaltungsprogrammierter Steuerungstechnik, intelligente vorbeugende Prozesssicherung
Prozess-stabilisierung	Automatische Kompensation von Störungsauswirkungen, dynamische Entkopplung von Teilsystemen	Regelsysteme, intelligente Prozesskoordinierung
Prozess-optimierung	Bestimmung und Einstellung optimaler Betriebsregime (Arbeitspunkte), Bestimmung und Realisierung optimaler Übergangsvorgänge (Umstellen, Anfahren usw.)	Einsatz von Optimierungsalgorithmen

Quelle: Nach Balzer 1989, S. 91

Abbildung 3 zeigt, dass für jedes Automatisierungsobjekt mit seinen typischen statischen und dynamischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Amplitude und der Frequenz der bestimmenden Störgröße eine bestimmte Automatisierungsfunktion definiert werden kann (vgl. Balzer 1994a, b).

Bezogen auf die modell- und wissensbasierte Prozesssteuerung wenden wir uns nun der Algorithmisierung, das heißt der Spezifikation der Steuerungssoftware als Teil der Softwaretechnologie zu. Dabei geht es um Algorithmen der zentralen Steuerung dezentraler Anlagen. Das gesamte Steuerungsobjekt wird in Teilsysteme zerlegt, die später wiederum zu einem Gesamtsystem verbunden werden. Abbildung 4 stellt diese Vorgehensweise dar.

Abbildung 3: Ableitung von Automatisierungsfunktionen (Modell- und wissensbasierte Prozessoptimierung, -sicherung und -stabilisierung)



Ableitung der Steuerungsaufgaben

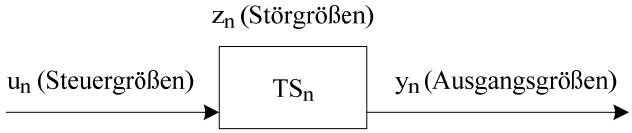
D_z – Amplitude der Störgröße

f_z – Frequenz der Störgröße

Quelle: Nach Balzer 1992, S. 77

Abbildung 4: Algorithmen der zentralen Steuerung dezentraler Anlagen

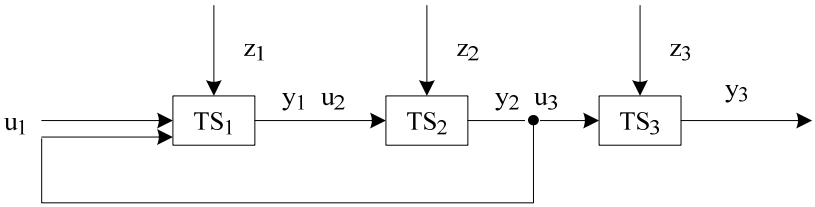
Teilsystem TS_n:



$n = 1, 2, \ldots, N$

$x_n = (u_n, z_n, y_n)$ – Vektor der Prozessparameter des n-ten Teilsystems

Beispiel eines gekoppelten Gesamtsystems



Quelle: Nach Balzer 1992, S. 151

Wir betrachten zuerst die mathematischen Methoden. Für die modellbasierte Prozessstabilisierung haben wir folgenden Algorithmus:

Für das mathematische Modell des Steuerungsobjektes gilt (siehe auch Abbildung 4):

$$\frac{dx}{dt} = f(x) \tag{1}$$

Es wird eine Ljapunov-Funktion definiert:

$$l(x) = \text{const.} > 0. \tag{2}$$

Das gesteuerte System ist stabil, wenn *x(t)* die Niveauhyperfläche (2) von außen nach innen durchstößt:

$$\frac{dl(x)}{dt} = p(x) \leq 0 \tag{3}$$

Die Berechnung von $\frac{dl(x)}{dt}$: erfolgt nach der Formel:

$$\frac{dl(x)}{dt} = \frac{\partial l}{\partial x} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{\partial l(x)}{\partial x} \cdot f(x) \tag{4}$$

Um auf der sicheren Seite zu sein, nehmen wir den ungünstigsten Fall an (minimaler Einzugsbereich). Das bedeutet, dass der Einzugsbereich durch folgende drei Gleichungen bestimmt ist:

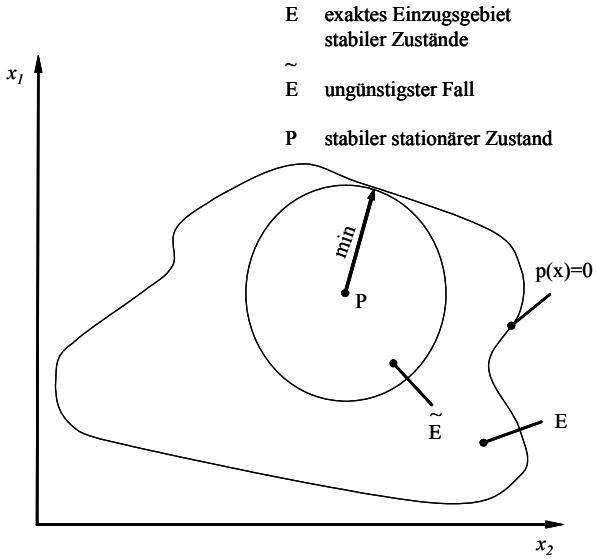
$$l(x) = \sum_{n-1}^{N} l_n(x_n) \rightarrow \min_x \tag{5}$$

$$p(x) = \sum_{n-1}^{N} p_n(x_n) = 0 \tag{6}$$

$$G(x) = \sum_{n-1}^{N} g_n(x_n) = 0 \qquad \text{(Koppelbeziehungen)} \tag{7}$$

Die Bestimmung des Einzugssystems stabiler Zustände ist in Abbildung 5 dargestellt.

Abbildung 5: Bestimmung des Einzugsgebietes stabiler Zustände am Fall des zweidimensionalen Falls



Quelle: Nach Balzer 1992, S. 159

Für die modellbasierte Prozesssicherung gilt folgender Algorithmus: Es geht um die Überführung, die Prozesspaarmeter in ein Gebiet, aus dem sie in einem begrenzten Zeitbereich durch die Anwendung der Abwehrstrategie keine gefährlichen Zustände erreichen (Quasistabilität). Auch nehmen wir wieder den ungünstigsten Fall an, bei dem die Aufweitung des Gebietes mit maximaler Geschwindigkeit erfolgt.

Wir gehen von einer Maximierung des Wertes

$\frac{dl(x)}{dt} = p$ aus.

Das bedeutet, dass der Einzugsbereich quasistabiler Lösung durch die folgenden drei Gleichungen bestimmt wird.

$$p(x) = \sum_{n-1}^{N} p_n(x_n) \to \max_x \tag{8}$$

$$l(x) = \sum_{n=1}^{N} l_n(x_n) = \text{const} \tag{9}$$

$$G(x) = \sum_{n=1}^{N} g_n(x_n) = 0 \quad \text{(Koppelbeziehungen)} \tag{10}$$

2.2 Softwaretechnologische Aspekte

Bei der Automatisierung muss der Mensch neben den oben betrachteten Methoden vor allem wissensbasierte Methoden verwenden.

Um die Möglichkeiten des Einsatzes wissensbasierter Systeme in der Automatisierungstechnik zu ermitteln, ist es notwendig, den Lebenszyklus einer Automatisierungsanlage unter dem Gesichtspunkt der schöpferischen Tätigkeit des Menschen zu analysieren. Dabei muss festgestellt werden, welche Tätigkeit des Menschen wissensbasiert durchgeführt werden können. Der Lebenszyklus technischer Produkte ändert sich generell unter dem Einfluss informationeller Techniken.

Besonders bezogen auf die Produktion von Software, die man als materialisiertes Wissen bezeichnen könnte, lassen sich wissensbasierte Methoden einsetzen. Es geht hierbei um die Verbesserung der Software-Technologie, die als eine wichtige Motivation für den Einsatz von Expertensystemen darstellt.

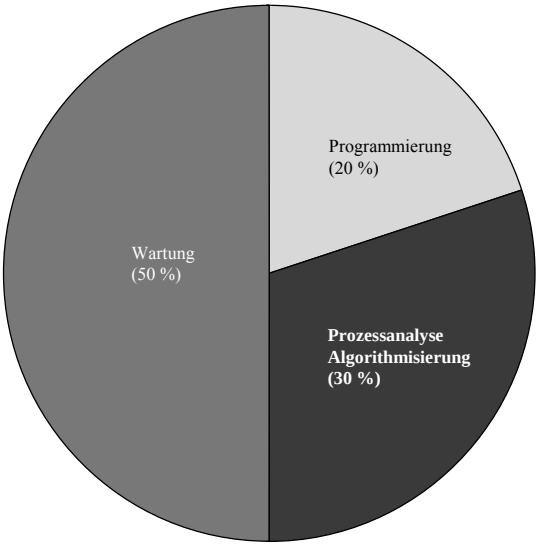
Unter Software-Technologie wird die Gesamtheit aller Methoden und Verfahren zur Lösung der wissenschaftlichen und wissenschaftsorganisatorischen Probleme bei der Herstellung und Anwendung der Software verstanden.

Die Software-Technologie besteht aus den Phasen

- Prozessanalyse,
- Algorithmisierung,
- Programmierung und
- Wartung.

Diese sind in Abbildung 6 dargestellt. Dabei sind auch die anteiligen Kosten der einzelnen Phasen genannt.

Abbildung 6: Etappen der Software-Technologie



Quelle: Nach Balzer 1992, S. 10

Die Software-Technologie ist so zu gestalten, dass neben der Lösung quantitativer Probleme der Software-Produktion (Erhöhung der Produktivität) vor allem auch folgende Qualitätsmerkmale der Software optimiert werden: Zuverlässigkeit, Sicherheit, Wiederverwendbarkeit, Nutzerfreundlichkeit,

Änderbarkeit, Testbarkeit. Der erreichte internationale Stand auf dem Gebiet der Software-Technologie kann z. B. durch folgende Zahlen charakterisiert werden:

- Die Menge an Software-Produktion steigt jährlich um 10 % bis 15 % bei einer Jährlichen Produktivitätssteigerung der Software-Entwicklung um nur 3 % bis 6 %.
- Die Produktivität der Software-Produktion ist stark qualifikationsabhängig (Schwankungen von 25:1), was auf große Reserven hinweist.
- Die Fehlerhäufigkeit beträgt 3 bis 5 Fehler pro 100 Befehle.
- Für die Qualitätssicherung der Software müssen 30 % bis 40 % der Herstellungskosten aufgewendet werden.

Die Software-Technologie kann nur dann optimal sein, wenn (ähnlich wie bei anderen technischen Produkten) industrielle Herstellungsverfahren für Software eingesetzt werden. Dabei ist natürlich zu beachten, dass es sich hier um informationelle bzw. geistige Produkte handelt, wobei Software selbst auch rechnergestützt produziert werden muss. Bezogen auf Software-Erstellung als industrielle Warenproduktion lässt sich die Darstellung in Abbildung 7 wie folgt interpretieren:

Für die Produktion und Anwendung von Software werden Software-Werkzeuge (Expertensystem-Shells, Programm für Simulation, Übersetzung, Prüfung, Grafik usw.) eingesetzt, die selber wieder durch Software-Werkzeuge produziert werden. Diese „Kette“ der Werkzeugproduktion kann im Prinzip beliebig fortgesetzt werden, ohne an Genauigkeitsgrenzen zu stoßen, wie sie für „klassische“ Werkzeuge, z. B. der Metallbearbeitung, typisch sind. Verallgemeinert können also vom Standpunkt des Software-Produktionsprozesses folgende Beziehungen hergestellt werden:

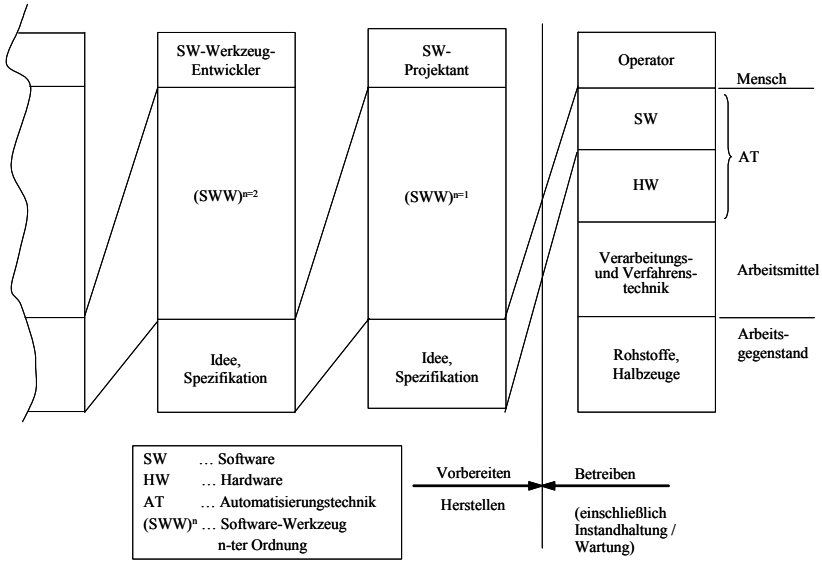
Arbeitskraft	= Software-Entwickler, Operator;
Arbeitsmittel	= Hardware- und Software-Werkzeuge, Verfahrenstechnik;
Arbeitsgegenstand	= Idee bzw. Spezifikation, die im Laufe des Bearbeitungsprozesses in konkrete Software überführt wird; Rohstoffe und Halbzeuge.

Wenn wir den kognitiven Prozess des Problemlösens (dieser Prozess wird oft als Expertise bezeichnet) bezogen auf den Lebenszyklus der Automatisierungstechnik im allgemeinen und auf die oben beschriebene automatisierungstechnische Software-Technologie im besonderen betrachten, so müssen

folgende spezifische Merkmale des Problemlösungsprozesses genannt werden:

- Expertise basiert auf hochdifferenziertem Wissen, komplexen Problemlösungsstrategien, fachspezifischen Heuristiken sowie vielfältigen subjektiven Erfahrungen aus entsprechenden früheren Problemfällen.
- Das für eine Expertise relevante Wissen hängt in entscheidendem Maße von konkret zu lösenden Problemen ab und ist deshalb unterschiedlich strukturiert.
- Insbesondere in neuen, unbekannten Situationen gelangt nicht nur fachspezifisches, sondern auch allgemeines Wissen („common sense") zur Anwendung.
- Komplexe Probleme werden auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus betrachtet und häufig über analog gelagerte Probleme gelöst.
- Die genutzten Problemlösungsstrategien sind ihrerseits in hohem Maße beeinfluss- bzw. steuerbar.

Abbildung 7: Grundkonzept der Software-Technologie und Software-Projektierung

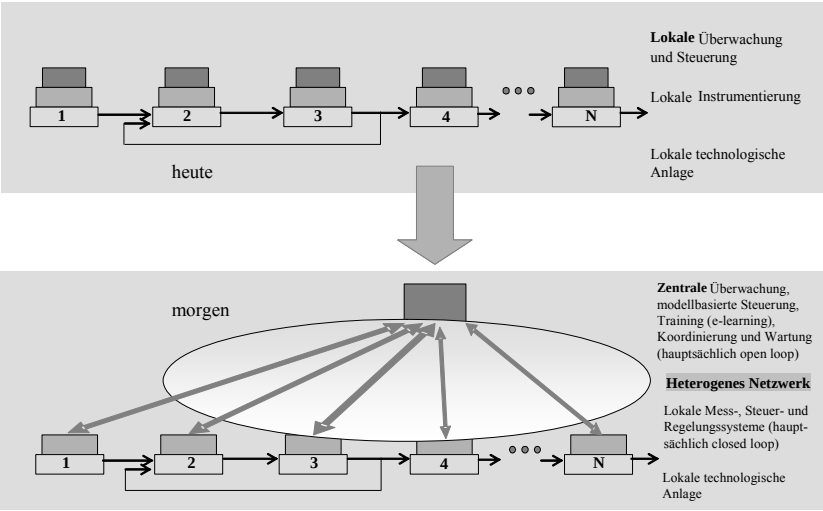


Quelle: Nach Balzer 1992, S. 11

3 Anwendung heterogener Kommunikationsnetze

In Abbildung 2 ist bereits zu erkennen, dass die moderne Automatisierung heterogene Kommunikationsnetze von privaten und öffentlichen Netzen sowie von Festnetzen und mobilen Netzen verwendet (vgl. Balzer et al. 2008). Abbildung 8 stellt diesen Trend dar.

Abbildung 8: Anwendung der heterogenen Kommunikationsnetze

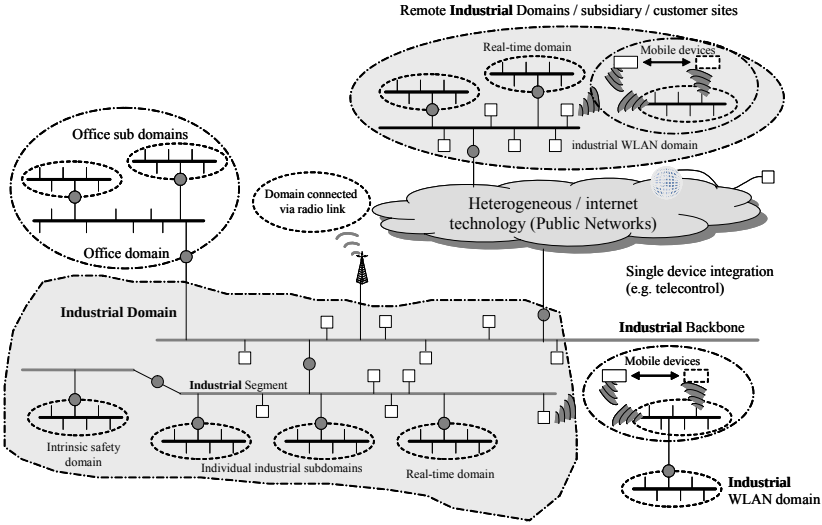


Quelle: Nach VAN consortium 2007, p. 11

Abbildung 9 zeigt technische Details dieser Netze. Hier sind vor allem automatisierungstechnische Probleme der Echtzeit, der Security und der Safety zu lösen (vgl. VAN consortium).

Ein konkretes Anwendungsbeispiel zeigt Abbildung 10. Der Begriff „VAN enabled“ bedeutet, dass diese Teile des Automatisierungssystems nur eingesetzt werden können, wenn die Probleme der Echtzeit und der Sicherheit (security und safety) gelöst werden.

Abbildung 9: Einsatz der heterogenen Kommunikationsnetze (Virtual Automation Networks) und des Internet



Quelle: Nach VAN consortium 2007, p. 12

4 Ökonomische Probleme der Automatisierung von Produktionsprozessen

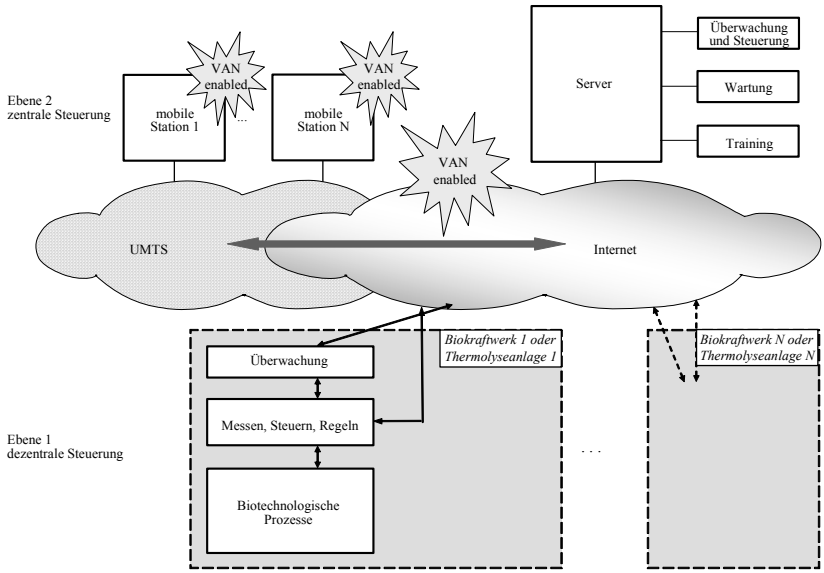
Eine Reihe von ökonomischen Problemen wurde bereits bei der Darstellung der Software-Technologie behandelt (siehe Abschnitt 2.2). Auch der Inhalt der Automatisierungsfunktionen ist eindeutig auf die Verbesserung der ökonomischen Kennziffern des Automatisierungsobjektes ausgerichtet (siehe Tabelle 1). Das betrifft vor allem die Prozessoptimierung, die das Ziel verfolgt, solche Größen wie Gewinn und Kosten zu maximieren bzw. zu minimieren. Ein ähnliches Ziel verfolgt die Prozesssicherung, bei der es um die Minimierung von ökonomischen Verlusten geht.

Aus den Abbildungen 8 und 10 leitet sich der zusätzliche wirtschaftliche Nutzen der zentralen Steuerung geografisch verteilter dezentraler Anlagen ab:

- Nutzung des Wissens *eines* Operators oder Wartungsingenieurs für *mehrere* Anlagen ohne Zeitverzögerung;

- nur *eine* zentrale Steuerung notwendig (Kostenreduzierung);
- Gewinnerhöhung um 30 %.

Abbildung 10: Zentrale Überwachung, Steuerung und Wartung von geografisch verteilten Biokraftwerken und Thermolyse-Anlagen unter Verwendung von Virtual Automation Networks (VAN)



Quelle: Nach VAN consortium 2007, p. 12

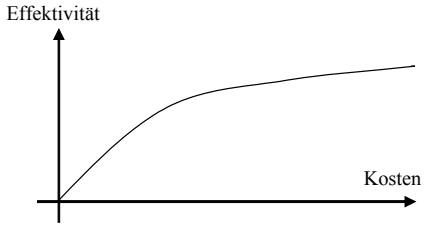
Dieser wirtschaftliche Nutzen ist auf die Anwendung heterogener Netzwerke zurückzuführen. Die Gewinnerhöhung um 30 % ist durch eine wissensbasierte Prozessführung möglich.

Weitere wichtige Aussagen zur Ökonomie der Automatisierung sind:

- Ein Wachstum der Wirtschaft wird durch wissens- und erfahrungsbasierte Automatisierungssysteme (Intelligenz) erreicht und nicht nur durch Erhöhung der Anzahl der Automatisierungssysteme, die ihrerseits zwangsläufig zu einem erhöhten Verbrauch von Rohstoffen, Energie und Umwelt führen.

- Der Automatisierungsgrad erreicht bezüglich Effektivität einen Sättigungsgrad (siehe Abbildung 11).

Abbildung 11: Verhältnis zwischen Effektivität und Kosten



Quelle: Eigene Darstellung

Die Aussage bezüglich Sättigungsgrads lässt sich sowohl in der Fertigungsindustrie als auch in der Prozessindustrie durch eine Vielzahl von Beispielen belegen.

5 Soziale Probleme der Automatisierung

Neben den ökonomischen Problemen leiten sich die sozialen Probleme unmittelbar aus der Zielstellung der Automatisierungstechnik ab. Es geht heute nicht mehr nur darum, den Menschen durch Automatisierungstechnik zu ersetzen sondern ihn in die Automatisierungssysteme einzubeziehen. Das ist sowohl eine ökonomische Forderung als auch eine soziale Forderung.

Zu den sozialen Problemen im weiteren Sinne sind folgende Aussagen zu machen:

- Die Automatisierung vernichtet heute noch mehr Arbeitsplätze als sie schafft. Dadurch ist eine sogenannte „Sockelarbeitslosigkeit“ entstanden.
- Das Zusammenwirken von Mensch und Prozess ist zu verbessern. Dabei ist zu beachten, dass zwischen Mensch und Prozess lediglich ein vermittelter Austausch von Informationen über Aktoren (Bedienelemente) und Sensoren (Anzeigen) erfolgt.

Die letzte Aussage führt dazu, dass in Kooperation zwischen den Ingenieurwissenschaften der „Mensch als Regler“ zu untersuchen ist. Bei der Prozessüberwachung treten z. B. folgende Phänomene auf:

- vermindertes oder fehlendes Situationsbewusstsein *(situation awareness)*;
- erlernte Sorglosigkeit *(complacency)*.

Dieses Problem versucht man durch die Verwendung kognitiver Bilder (optische und akustische Darstellungen) für die Beschreibung von Situationen in der Anlage (z. B. Weltkugel, Darstellung der Natur, Gesichtsausdruck) entgegen zu wirken.

Insgesamt kann man sagen, dass die Mensch-Prozess-Schnittstelle optimiert werden muss unter Beachtung folgender Prämissen:

- Nachbildung des menschlichen Problemlösungsprozesses (Wissensakquisition, -präsentation, -manipulation, -konsultation);
- Anpassung des Operator-Interface an die kognitiven und sensormotorischen Fähigkeiten des Menschen;
- Verwendung einer Multimedia-Schnittstelle ohne praktische technische Beschränkungen (hier: bimediale Schnittstelle, d. h. Sprache und Visualisierung);
- erforderlich ist eine Doppelstrategie: (1) der Mensch muss auf Maschinen trainiert werden und (2) die Maschine muss auf den Menschen eingestellt werden.

Zu den sozialen Problemen im weiteren Sinne gehören auch die Qualifizierungsanforderungen beim Einsatz der Automatisierungstechnik, die hier nur stichwortartig genannt werden sollen:

- zu lange Ausbildungszeiten (12 oder 13 Jahre Gymnasium und 5 Jahre Universität sind zu viel);
- es gibt mehr Studenten als Lehrlinge;
- Hochschulausbildung ist keine elitäre Ausbildung mehr;
- ständige Weiterbildung ist notwendig.

6 Schlussfolgerungen

Es lassen sich folgende allgemeine technische, ökonomische und soziale Schlussfolgerungen ziehen:

(1) Die Automatisierung von Produktionsprozessen folgt den Megatrends der Wirtschafts- und Arbeitswelt:

- weitgehende Automatisierung der Routinetätigkeiten;
- Flexibilisierung von Produkten und Diensten;
- Umkehr des bisherigen Trends zur Großtechnologie;
- Umkehr des bisherigen Trends zur innerbetrieblichen Arbeitsteilung;
- örtliche und zeitliche Entkoppelung von Mensch und Maschine (Arbeits- und Betriebsort, Arbeits- und Betriebszeit);
- Übergang zu individuellen Arbeitszeiten.

(2) Es vollzieht sich ein Strukturwandel, der mit dem Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft vergleichbar ist.

Vom Standpunkt der Automatisierung ergeben sich folgende neue Anforderungen an die Gestaltung von Arbeit und Technik (Leitbilder):

(1) „Attraktive“ Arbeit

- Nutzung von Erfahrungen;
- Mensch steht im Mittelpunkt;
- Integration von jüngeren und älteren Mitarbeitern.

(2) „Automatisierungstechnik als Werkzeug“:

- Unterstützung der menschlichen Tätigkeit;
- Nachholbedarf bei arbeitsunterstützender Software.

(3) „Durch Automatisierungstechnik sozial und ökologisch produzieren“:

- nicht nur Wertfrage, sondern Überlebensfrage;
- Betrachtung des gesamten Lebenszyklus (Kreislaufwirtschaft).

Damit sind einige wichtige gemeinsame Forschungsthemen von Natur- und Technikwissenschaften einerseits und Geistes- und Sozialwissenschaften andererseits genannt.

Literatur

Balzer, D. (1989): Wissensspeicher Prozeßrechentechnik. Leipzig

Balzer, D. (1990): Stabilität verfahrenstechnischer Systeme. Berlin

Balzer, D. (1992): Wissensbasierte Systeme in der Automatisierungstechnik. München/Wien

Balzer, D. (1994a): Process Control Engineering. New York a.o.

Balzer, D. (1994b): Prozeßleittechnik. 2. Aufl. München/Wien

Balzer, D.; Lomeyer, J.; Messerschmidt, R.; Werner, T. (2008): Public network and telecontrol concepts in Virtual Automation Networks. In: IFAC world conference 2008 (im Druck)

VAN consortium (2007): Deliverable D07.2-1 Architecture Specification. Version 1.4