

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 106 (1988)  
**Heft:** 26

**Artikel:** Die Stahlindustrie auf dem Weg zu CIM  
**Autor:** Rudolphi, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85761>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die Stahlindustrie auf dem Weg zu CIM

Fachtagung «Prozessnahe Automatisierung und Informationsverarbeitung» des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Fachbereich Anlagentechnik und Transport, vom 3. und 4. Dezember 1987 in Düsseldorf.

**Vordergründig scheint es für den Schweizer Ingenieur von geringem Interesse, in die Probleme der Automation und Prozessführung und -Kontrolle eines Industriezweiges Einblick zu nehmen, der in der rohstoffarmen Schweiz kaum vertreten ist. Doch die Fachtagung, von der hier berichtet werden kann, folgte einer Zielsetzung, welche die Automation in der Stahlindustrie nicht nur betriebsbezogen sehen wollte, sondern als interdisziplinäre Aufgabe auffasste und entsprechend auch fachübergreifend behandelte. Aus den Berichten zum Stand der Technik der Automation in der Stahl- und Halbzeugherstellung ergeben sich viele Analogieschlüsse und Erkenntnisse, die auch für andere Industrien nützlich sind. Deshalb werden zwei der gehaltenen Vorträge hier ausführlicher zusammengefasst. Die Gesamtheit der Referate wurde in einem Kongressband veröffentlicht [1].**

Die Eisen- und Stahlindustrie befindet sich in einer anhaltend kritischen Lage. Die einzelnen Unternehmungen sind weiterhin einem unverminderten Anpassungsdruck ausgesetzt. Gefordert werden organisatorische Straffung, kostengünstigere Erzeugung sowie eine Steigerung der spezifischen Anlagenleistungen. Im Mittelpunkt stehen die Verlagerung und Konzentration der Produktion auf strukturell geeignete Anlagen sowie verfahrenstechnische Massnahmen, die der weiteren Qualitätsverbesserung der Produkte, der Energieeinsparung, der Informationsverdichtung und der Kostensenkung dienen.

Zur Lösung dieser Aufgaben leisten die prozessnahe Automation und die Informationsverarbeitung in den Unternehmen inzwischen einen massgebenden Beitrag. Die dazu genutzten Techniken zeichnen sich durch umfangreiche Innovationen und hohe Zuwachsraten aus.

Bereits heute ist jede Art von Produktion ohne entsprechende integrierte Informationsverarbeitung kaum mehr denkbar. Gewachsene, in sich abgegrenzte Erzeugungsstrukturen werden ersetzt durch eine ganzheitliche Aufgabenstellung, in die Produktplanung, Fertigung, Kommunikationswesen, Qualitätssicherung und Logistik einbezogen sind. Bedingungen des Marktes, sich wandelnde Unternehmensstrukturen sowie die Notwendigkeit höherer Produktionsflexibilität zwingen dazu, Automatisierungsinselfen zu integrieren,

bisherige Schnittstellen zu verändern oder aufzuheben.

Das Ziel mag noch weit entfernt sein, aber der Weg zum «Computer Integrated Manufacturing (CIM)» ist vorgezeichnet.

## Prozessnahe Automatisierung und Informationsverarbeitung aus der Sicht der Unternehmensleitung

Am Beispiel einer im Bau befindlichen Elektrobändzurichtung erläuterte *Franz Josef Lenze*, Mitglied des Vorstandes der Stahlwerke Bochum AG, Bochum, in seinem Vortrag Bedingungen und Voraussetzungen des zugeordneten Automatisierungsprojektes. In unternehmerischer Betrachtungsweise stellte er dabei weniger den vorausgesetzten «Stand der Technik» ins Zentrum, als vielmehr Aspekte der Führungstechnik, der organisatorischen Konsequenzen, der Nutzenanalyse, der Evaluation der technischen Zukunft.

## Ziele der prozessnahen Automatisierung

Die Automatisierung von Prozessen und Abläufen und die damit verbundene Informationsverarbeitung sind kein Selbstzweck; es handelt sich meist um ergebnisorientierte, mehr oder weniger grosse Bestandteile investiver Massnahmen. Grundsätzlich definieren Wirt-

schaftlichkeitsrechnungen oder Kosten/Nutzen-Analysen häufig nur scheinbar heterogene Ziele. Wenigen Hauptzielen dieser Massnahmen stehen eine grosse Zahl von Nebenzielen gegenüber, die aber meistens den Hauptzielen zuordenbar sind.

Welche Haupt- und Nebenziele stehen dabei im Vordergrund?

Die Steigerung der Produktqualität, insbesondere im Hinblick auf die Homogenität und Reproduzierbarkeit wesentlicher Produkteigenschaften.

Wichtige Nebenziele dieser Aufgabenstellung sind

- die Verbesserung der Anlagen- und Prozessparameter
- die Minimierung manueller Funktionen mit Rationalisierungseffekten
- die Steigerung der Anlagenflexibilität
- die Reduzierung von Durchlaufzeiten
- die Realisierung von Just-in-time-Lieferungen
- die Reduzierung von spezifischen Fertigungskosten

## Verbesserung der Interanlagenlogistik

Nebenziele dieser Aufgabenstellung sind

- die Verbesserung der Produktionsprogramme
- die Verbesserung der Bestandstruktur für Umlauf- und Fertigbestände
- die Optimierung des auftragsbezogenen Materialeinsatzes
- die Verbesserung der markt- und kundengerechten Produktionssteuerung
- die Erkennung von terminwirksamen Störfällen und die Einleitung von Massnahmen zu deren (Teil) Kompensation
- die Kopplung von singulären Fertigungsstufen zu integralen flexiblen Fertigungssystemen
- die Reduzierung manueller Funktionen mit Rationalisierungseffekten in Fertigungsbereichen und fertigungsnahe Verwaltungsbereichen
- die Senkung der spezifischen Verarbeitungskosten

Gleichwertig zu den Hauptzielen mit ihren Nebenzielen gehört die Gesamtfixierung des wirtschaftlichen Nutzens als Vorbedingung für die Verfügbarkeit

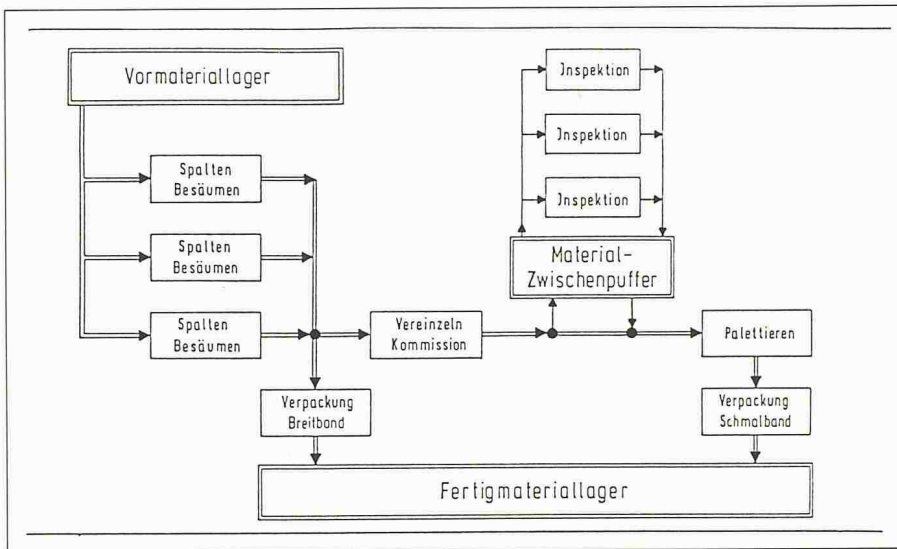


Bild 1. Strukturbild der Elektrobänd-Zurichtung. In der automatischen Zurichtung für Elektrobänd wird durchlaufgeglühtes bzw. isoliertes Breitbänd in den Stufen - Besäumen/Spalten - Vereinzeln - Zwischenpuffern/Sanieren - Palettieren - Verpacken - zu versandfähigem Schmalbänd verarbeitet. Zur logistischen Entkoppelung des Sanierens (Nacharbeiten) ist ein zusätzlicher Materialpuffer installiert

der notwendigen Mittel. Dabei muss insbesondere dem in der Regel hohen Software-Anteil nicht nur bei der Realisierung, sondern auch während der Nutzungszeit Rechnung getragen werden.

Die Realisierung von Automatisierungsaufgaben im Rahmen der genannten Haupt- und Nebenziele führt zu einer schrittweisen Umschichtung der Belegschaft mit gleichzeitiger Reduzierung von Arbeitsplätzen.

Der funktionale und wirtschaftliche Erfolg der Automatisierungsmassnahmen

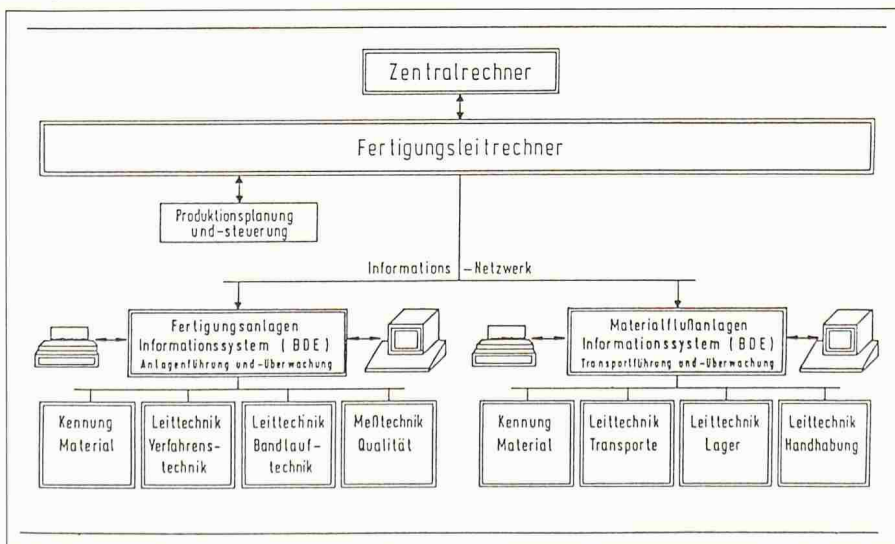
hängt entscheidend von der personellen und sozialen Lösung der damit gegebenen Probleme ab.

### Informationsverarbeitung und anlagenorientierte Automatisierungstechnik

#### Informationsverarbeitung

Auf der Basisfunktion «Bestandesführung und betriebliches Berichtswesen» bauen sich die Funktionen der produk-

Bild 2. Fertigungsleitsystem der Elektrobänd-Zurichtung. Mit dem Erstellen von Schneidprogrammen durch den Fertigungsleitreechner ist der eingespeiste Materialfluss fixiert. Er wird dann auftragsbezogen sortiert. Durch Qualitätskontrolle erkannte Materialsanierung ist einbezogen. Steuerung und Optimierung der Materialflüsse erfolgt zum Teil auch auf den unterlagerten BDE-Systemen. Einzelkomponenten der Zurichtung werden, an das überlagerte BDE-System gekoppelt, speicherprogrammiert gesteuert oder geregelt. Prozessdaten und Dialogfunktionen werden über dezentrale anlageorientierte Personalcomputer geführt



tionsnahen Informationsverarbeitung auf. Die Verarbeitungstiefe des Werkes - nicht nur der neuen Elektrobändzurichtung - mit der dabei stattfindenden Umformung der Materiallose und die sich damit ändernden Daten zur Material- und Qualitätsidentifizierung behaften diese Funktion mit Problemen, insbesondere, wenn Plausibilitätskontrollen durch Mischen manueller und automatischer Materialerfassung erschwert sind. Scheinbar kleine Fehleraten in dieser Basisfunktion führen zu schwerwiegenden betrieblichen Folgen. Der Betrieb muss logistisch konditioniert sein.

Die prozessnahe Informationsverarbeitung muss aber zukünftig stärker neben den verschiedenen logistischen Funktionen gleichberechtigt qualitätsbezogene Funktionen bearbeiten. Jede Fertigungsstufe führt qualitätsorientierte Freigaben durch, die sicherstellen, dass das jeweilige Zwischenprodukt im gegenwärtigen Zustand bei weiterhin korrekter Bearbeitung die Qualifikation des auftrags(kunden)bezogenen Endproduktes erreicht.

Materialflussoptimierungen mit unzureichenden Qualitätsdaten ergeben zusätzliche Risiken.

Schnelle Durchlaufzeiten, geringe Umlauf- und Fertigbestände und ein höherer Integrationsgrad der Produktionsanlagen dürfen daher nicht nur als datentechnische Aufgabenstellung verstanden werden, sondern benötigen als Voraussetzung auch entsprechende Massnahmen der Qualitätssicherung.

Das Fertigungsleitsystem für eine automatische Zurichtung für Elektrobänd (Bilder 1 und 2) ist ein Beispiel für die prozessnahe Informationsverarbeitung.

#### Anlagenlogistik

Unter Anlagenlogistik wird die materialorientierte Steuerung von Fertigungssystemen, ihren Subsystemen und Einzelkomponenten verstanden. Zu unterscheiden sind die Verarbeitung von los- oder auftragsorientierten Primärdaten durch das Automatisierungssystem der Produktionsanlagen (zur Errechnung von Prozessparametern) und den zu synchronisierenden Materialflussdaten.

Während die Koppelung von Prozessrechnersystemen an überlagerte Dispositionsrechner im Stand der Technik als gelöste betrachtet werden kann, ist die körperliche Materialidentifikation mit zugehörigen Plausibilitätskontrollen problematischer. Selbst in höchstautomatisierten Fertigungssystemen wird diese Schnittstelle häufig noch manuell gestützt.

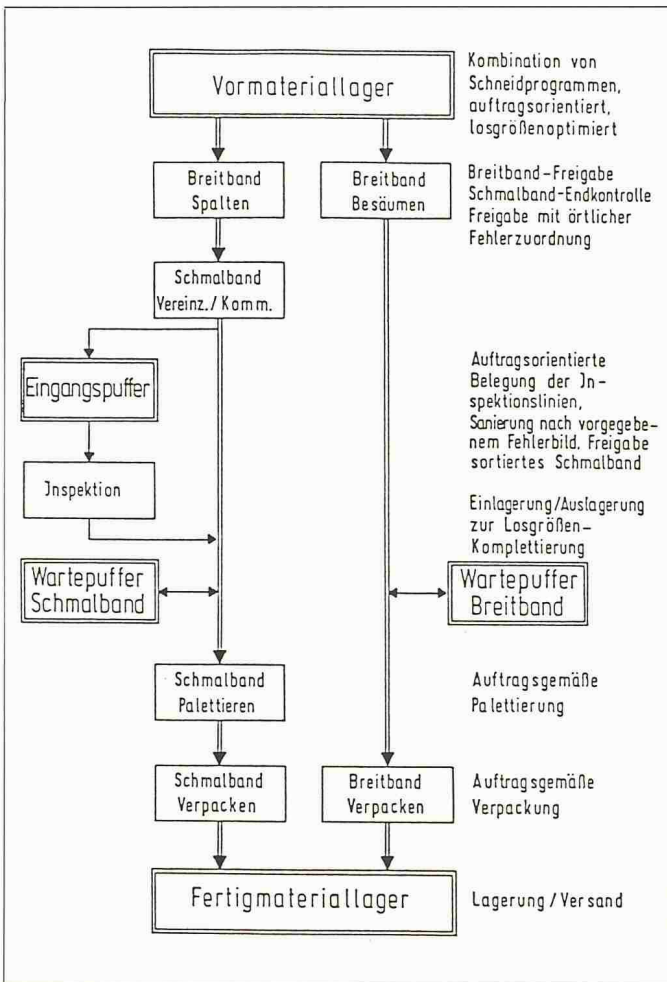


Bild 3. Automatisiertes Fertigungssystem der Elektroband-Zurichtung

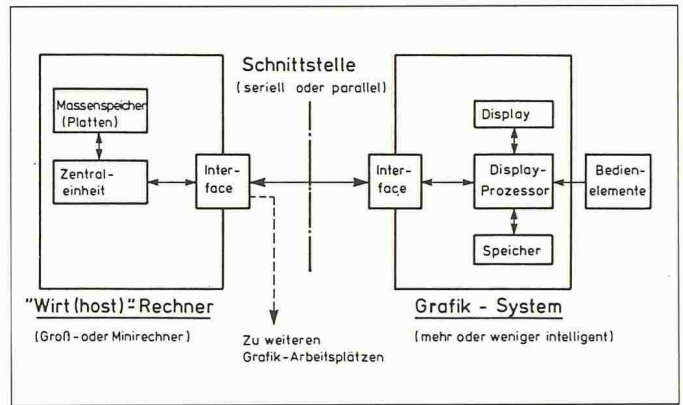


Bild 4. Komponenten eines interaktiven Farbgrafiksystems

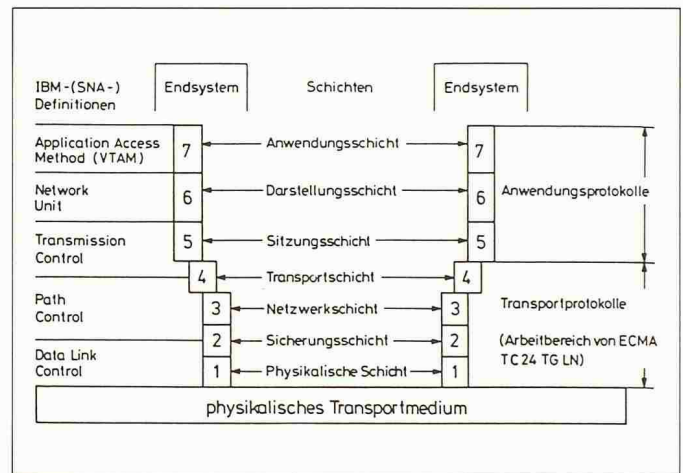


Bild 5. Das ISO/OSI-Modell

Dagegen ist die automatische Materialverfolgung im Fertigungssystem als zwar mitunter aufwendige Funktion mit sehr unterschiedlichen Genauigkeitsanforderungen generell als gelöst zu betrachten. Als Basisfunktion für die Anlagenautomatisierung ist sie möglichst redundant auszuführen.

Schwierig ist die Aufgabe der Losgrößenoptimierung, insbesondere bei Fertigmateriäl. Zur Kostensenkung und zur Steigerung der Qualitätssicherheit werden bisher sanierende Arbeiten (Nacharbeiten) als Verfahrensschritte in Vorstufen integriert. Um dies in wirtschaftlichen Erfolg umzusetzen, müssen integrierte Fertigungssysteme auftragsbezogen gesteuert sein. Bei der Fülle der Kundenwünsche und der Notwendigkeit einer gewissen Standardisierung der Fertiglöse in den Vorstufen ist dies eine komplizierte logistische Aufgabe, die in Einzelfällen gelöst ist, aber noch nicht generell beherrscht wird.

Im Beispiel der im Bau befindlichen Elektrobandzurichtung für eine automatische Anlagenlogistik (Bild 3) wird die gesamte Zurichtung als eine Anlage interpretiert. Das eingespeiste Material ist als Fertigmateriäl mit allen Krite-

rien freigegeben bzw. Fehlerorte für die Sanierung sind fixiert.

Dies verdeutlicht nicht nur den Anspruch an Automatisierungsprojekte im Logistikbereich, verglichen mit z.B. klassischen Zurichtungen, sondern auch die enge Kopplung mit Qualitätsdaten bei der Informationsverarbeitung, das heisst, die enge Verzahnung der Lösung logistischer Probleme mit der qualitativen Fertigungssicherheit.

### Verfahrenstechnik

Verfahrensautomatisierung hat in der Stahlindustrie relativ früh Eingang gefunden. Verfahrensmodelle der wesentlichen Verarbeitungsstufen liegen vor und garantieren ausreichend hohe Reproduzierbarkeit und Gleichmässigkeit der Produktgüte. Häufig decken aber Verfahrensmodelle nur Teilbereiche des Gesamtsystems ab. Ferner werden häufig empirische Verfahrensmodelle installiert, die sich auf Betreiber-Know-how abstützen, die nicht immer dem Stand des zu automatisierenden Verfahrenssystems entspricht.

Dies wirft die Frage nach der Definition von Leistungsfähigkeit überhaupt auf, denn nur daran können die Auto-

matisierungsergebnisse gespiegelt werden. Die verarbeitungsgerechte Produktqualität und deren Reproduzierbarkeit ist erklärtes Hauptziel. Erst als Nebenziele tauchen spezifische Leistungen, Kapazitätsoptimierungen, Verarbeitungskosten und ähnliches auf. Damit wird nicht einem mangelnden Kostenbewusstsein das Wort geredet; aber es kommt darauf an, die Kosten als Konsequenz z.B. einer gesteigerten Zielsicherheit zu senken. Dafür muss die Verfahrensautomatisierung ein wesentlicher Schlüssel sein. Dies erfordert ebenso eindeutige Festlegung der Ziele und ferner die Pflege der Verfahrensmodelle, weil der «Stand der Technik» eben keine Konstante ist, sondern sich über die Betriebszeit der Anlagen erheblich ändert. Diese für die Unternehmensleitung nicht immer einfache Erkenntnis bedeutet auch Aufbau, Pflege und Sicherung der notwendigen hochqualifizierten Ingenieurpotenz.

### Mensch/Maschine-Probleme

Die richtige Rollenverteilung zwischen Automatisierungssystem und den Menschen ist entscheidend für den Erfolg

prozessnaher Automatisierung. Manuelle Stellbefehle sind auf den vorgeordneten Normalfall reduziert, aber die Kontrollfunktionen des Menschen werden erheblich vergrössert. Die Qualifikation des Bedienungspersonals ist zunehmend nicht mehr gekennzeichnet durch die Normalität der Anlage, sondern durch manuelle Eingriffe bei Störfällen als Konsequenz einer qualifizierten aktiven Kontrollfunktion.

Allerdings entfällt bei konsequenter Einhaltung der Haupt- und Nebenziele der früher mögliche Status des Handbetriebes oder teilautomatisierten Betriebes.

Automatisierungssysteme sind entweder redundant auszuführen, oder sie lassen bei ihrem Ausfall die Produktionsanlage genauso stillstehen, wie bei einem mechanischen Schaden. Selbst die dezentrale Ausführung von Automatisierungssystemen z.B. in Form funktionsbezogener dezentraler Microrechnersysteme, führt bei Ausfall eines Moduls häufig zum Anlagenstillstand, weil die qualifizierte man-power für die manuelle Bedienung kurzfristig gar nicht zur Verfügung steht, und mit Fehlbedienungen würde die Gefahr der Einbusse an Produktqualität steigen. Es gilt zu akzeptieren, dass in modernen Anlagen das Automatisierungsproblem integraler Bestandteil des Fertigungssystems geworden ist.

### Anlagen- und verfahrenstechnische Voraussetzungen

Das Automatisierungssystem erkennt Momentanzustände des Fertigungssystems, verknüpft sie logisch und leitet daraus vorgedachte Stellbefehle für den neuen SOLL-Zustand ab, dessen Erreichen als IST-Zustand rückgemeldet wird.

Grundsätzlich sollen die dazu nötigen Peripheriegeräte und die eingesetzte Verfahrensmesstechnik Bestandteil der Anlagenkonstruktion sein und nicht der Eingebung des Montagepersonals auf der Baustelle unterliegen. Die von mechanischen und elektrischen Systemkomponenten geforderte Reproduzierbarkeit der Messdaten stellt im Langzeitbetrieb ein erhebliches Problem dar. Alterungserscheinungen, angefangen von mechanischem Verschleiss bis hin zu Kontaktproblemen elektrischer Bauteile führen zu nicht beabsichtigten Arbeitspunktveränderungen, die ihrerseits pragmatisches Verstärken von Anlagenkomponenten durch «Kontrolleingriffe» des Bedienungspersonals zur Folge haben können.

Jedes Automatisierungssystem kann also nur so gut sein wie seine Peripherie, aber auch im Bereich der Anlagenbedienung und der Instandhaltung muss im automatischen System wesentlich *funktionsorientierter aus Sicht des Produktes* gedacht werden. Hier sind ernstzunehmende betriebliche Defizite vorhanden, an deren Beseitigung verstärkt gearbeitet werden muss.

### Informationsverarbeitung in Fertigungssystemen

Einfache Materialflüsse, qualitäts- und betriebssichere Fertigungsverfahren, homogene und abgestimmte Anlagekapazitäten sind wesentliche Bedingungen für die Funktionsfähigkeit prozessnaher Datenverarbeitungssysteme. Diese selbst müssen in der Lage sein, meist in real-time-Verarbeitung der Produktion ausreichend schnell zu folgen, um z.B. bei kleinen Umlaufbeständen über ausreichend grosse disponible Bestände zu verfügen. Hier wird der Einfluss schneller Materialfreigaben, hoher qualitativer Treffsicherheit und einer korrekten Bestandsführung sichtbar. Selbstverständlich gehört dazu die Dialogfähigkeit, ein anwenderorientiertes Antwortzeitverhalten und eine hohe Eigenredundanz.

Bei prozessnaher Informationsverarbeitung werden Ausfälle und Störungen unmittelbar im Prozess wirksam. Hohe Betriebssicherheit der Hardware und sehr geringe Wahrscheinlichkeit von Fehlern der System- und Anwendersoftware ist oberstes Gebot. Eine Softwaresicherheit von 98 Prozent ist bei weitem nicht ausreichend, weil sie eben nicht zur Erfüllung von Haupt- und Nebenzielen ausreicht. Die damit verbundene Frage nach der effizienten Systempflege bedeutet nicht, dass diese Systeme pausenlos zu modifizieren sind, aber stets auf den Status höchstmöglicher Betriebssicherheit nachgeführt werden müssen.

### Management von Automatisierungsprojekten

Die Haupt- und Nebenziele von Automatisierungsaufgaben sind von den Anwendern zu formulieren und mit den angestrebten, quantifizierbaren Ergebnissen zu belegen. Es handelt sich fast immer um Investitionen, deren Wirtschaftlichkeit nachgewiesen werden muss. Das ist nur möglich, wenn über die Aufgabenstellung und die Zielvorgaben Konsens auf der Anwenderseite besteht.

Sehr wichtig ist die Festlegung zielführender Realisierungszeiten für die Systemanalyse, die Softwareproduktion, die Testphase und die Implementierung. Der Anspruch des Automatisierungssystems, integraler Bestandteil eines Fertigungssystems zu sein, darf sich nicht so äussern, dass Fertigungssysteme manuell angefahren werden. Neben den damit gegebenen anlage- und verfahrenstechnischen Problemen treten personelle Probleme, die vor allem unter Qualifikationsaspekten nicht mehr lösbar sind. Hier scheint es sinnvoller zu sein, im Zweifelsfall Haupt- und Nebenfunktionen zu definieren, die mit unterschiedlicher Priorität realisiert werden.

Insbesondere im Fall prozessnaher Informationsverarbeitung ist es zweckmässig, überschaubare und auf etwa ein Kalenderjahr Realisierungszeit begrenzte Aufgabenstellungen anzufassen. Dies setzt freilich das Vorhandensein eines EDV-Konzeptes voraus, das modulartig realisiert wird.

Von hoher Priorität ist die Anwenderakzeptanz, und zwar jener Anwender, die wirklich mit dem Fertigungssystemen leben. Die Akzeptanz der Erfinder ist sicherlich zuwenig. Neben der Mitarbeit während der Systemanalyse sind hier je nach Art des Projektes innerbetriebliche Schulungen notwendig, die ausreichende Systemkenntnisse vermitteln, damit der Mensch über die immer vorhandene Eingriffssysteme mit der Maschine arbeitet, aber nicht gegen sie.

### Betriebliche Erfahrungen

Bei Automatisierungsprojekten in Anlagenbereichen werden im Regelfall die personellen Rationalisierungsziele erreicht, wenn auch nicht immer in der vorgegebenen Zeit.

Der für die Kosten/Nutzen-Relation häufig wesentliche Aspekt der Steigerung der Produktqualität ist meist vorerst für das Unternehmen nur bedingt marktwirksam, es sei denn, der Qualitätsstand vor der Automatisierung entsprach bereits nicht mehr den Anforderungen des Marktes.

Ein negativer Aspekt für das Unternehmen ist dagegen, dass die Aufwandsreduzierung z.B. im Personalbereich bisher proportionalisierbar war, aber die zulaufenden Kosten für den Kapitaldienst, die Systempflege und höher qualifiziertes Personal deutlich Fixcharakter haben. Dadurch werden bei aller Notwendigkeit von Automatisierungsprojekten Hemmungen erzeugt. Die stetig steigenden Gemeinkosten der Dienstleistungsbereiche und die damit mangelhafte Kostendegression bei

Minderauslastung der Fertigungssysteme reduzieren die konjunkturelle Anpassungsfähigkeit der Unternehmen.

Ein weiterer, wesentlicher Punkt ist das Langzeitverhalten von Automatisierungssystemen. Hier ist eindeutig der mechanische Verschleiss ersetzt worden durch biologischen Verschleiss. Die ersten – vor etwa 15 bis 20 Jahren – eingesetzten Prozessrechner stehen heute zum Austausch an, nicht weil sie elektronisch «verschlissen» wären, sondern weil sie demnächst niemand mehr versteht. Das ist gleichbedeutend mit biologischem Verschleiss. Da die Entwicklungsgeschwindigkeit seither grösser geworden ist, ist zu vermuten, dass dieser Effekt zumindest nicht geringer wird.

In diesem Zusammenhang sind auch innerbetriebliche Humanaspekte zu nennen. Produktionsnahe Automatisierung heisst auch entsprechende Systempflege, heisst auch systemkomformes Verhalten in Verbindung mit aktiven, d.h. intelligenten Kontrollfunktionen. Hierfür sind qualifizierte Belegschaften erforderlich. Es gilt den Einsatz und die Entwicklung dieser technischen Systeme zu synchronisieren mit den qualifikatorischen Möglichkeiten.

Dies alles spricht nicht gegen den Einsatz prozessnaher Automatisierungssysteme. Es gibt dafür im Sinne der genannten Haupt- und Nebenziele keine Alternative. Es spricht aber alles für den kalkulierten Einsatz im Sinne einer intelligenten Entscheidung über Zeit und Umfang der Automatisierung oder Informationsverarbeitung. Die Automatisierung führt eben nicht zur menschenleeren Fabrik, sondern zur notwendigen Kooperation von vordenkenden Menschen mit den ihre Gedanken fortführenden Anwendern. Das geht aller betrieblichen Erfahrung nach nur gut, wenn beide ausreichend voneinander wissen, ohne dass sie sich mitunter jemals gesehen haben.

### Entwicklungstrends der Automatisierungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Heidepriem, Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal, behandelte ausgehend vom Stand der Technik bei den heute üblichen Mehrebenen-Automatonsystemen zunächst die mit steigender Komplexität dieser Systeme immer wichtiger werdenden Schnittstellen-Probleme. Bei den Regelalgorithmen vollzieht sich eine gewisse Renaissance der klassischen Regelkonzepte gegenüber den Zustandsraum-Reglern. Auf dem Gebiet der Rechnerarchitekturen steht mit dem Transputer jetzt ein Instrument zur Verfügung, mit dem leistungsfähige

Mehrprozessorsysteme aufgebaut und in einer Sprache programmiert werden können, die den Gegebenheiten der Parallelverarbeitung Rechnung trägt. Abschliessend werden die Bedeutung der Mustererkennung und der wissensbasierten Systeme behandelt, dabei werden insbesondere die möglichen Anwendungsgebiete angesprochen.

### Entwicklungstendenzen in Automationsystemen

Ausgangspunkt der Betrachtungen ist die Grundvorstellung, dass in den Werken praktisch aller Industriezweige heute mehrstufige Automationsysteme mit Computern als wesentliche Komponenten vorhanden sind. Für die vier Ebenen der Automationsysteme sind die Bezeichnungen

- Unternehmensleitebene,
- Produktionsleitebene,
- Prozessleitebene und
- Basisautomatisierung

üblich. Die Bezeichnung der eingesetzten Rechner orientiert sich an der Bezeichnung der zugeordneten Ebene des Automationsystems: Man spricht von Prozess-, Produktions- und Unternehmensleitrechnern. Der rein hierarchische Aufbau eines solchen Automationsystems hat sich keineswegs allein durchgesetzt: Es existieren daneben von der Prozessleitebene aufwärts auch Netz- und Ringstrukturen.

### Basisautomatisierung

Auf der Ebene der Basisautomatisierung kommen heute fast ausschliesslich speicherprogrammierte Steuerungen anstelle der früher üblichen verbindungsprogrammierten zum Einsatz; analoge Regler werden vielfach durch Mikrorechner verdrängt, die einen grösseren Komfort bei der Auswahl der Regelalgorithmen und der Reglerparameter bieten. Aus der Sicht dieses Berichtes kann der steuerungs- und regelungstechnische Teil der hier zum Einsatz kommenden Automatisierungsmittel als zum Stand der Technik gehörend gerechnet werden.

Dies gilt nicht für den Teil der eigentlichen Messwerterfassung, also der Sensorik: Hier werden immer wieder neue physikalische Effekte und/oder in der Labor-Physik erprobte Messverfahren herangezogen, um bisher nicht messbare Prozessgrössen nutzbar zu machen. In diesem Zusammenhang spielt die Aufbereitung der Messwerte durch Mikrorechner, die in das Messsystem «eingebettet» sind, eine immer grösser werdende Rolle.

### Prozessleitebene

Über fast ein Vierteljahrhundert dominierte auf der Prozessleitebene der «klassische» Prozessrechner mit einer Wortlänge von anfangs 12, 16, 18 oder 24 Bit, in den letzten anderthalb Jahrzehnten von ausschliesslich 16 Bit. Jetzt dringen aber hier preiswerte 32-Bit-Mikrorechner vor, deren Speicherkapazitäten und Rechengeschwindigkeiten denen der bisherigen Prozessrechner gleichkommen oder sie sogar noch übertreffen. Es beginnen sich einige Bussysteme für die Zusammenarbeit der Komponenten solcher Rechner und von mehreren solcher Rechner untereinander als Industriestandard durchzusetzen.

Auf der Prozessleitebene vollzieht sich weiter die Ablösung der konventionellen Anzeigegeräte und Schreiber auf den Steuerständen oder in den Leitwarten durch Farbgrafiksysteme. Sie dienen bisher überwiegend der Prozessvisualisierung, können aber auch interaktiv zur Prozesssteuerung eingesetzt werden. Bild 4 zeigt schematisch die Komponenten eines solchen Systems. – Da Speicherkapazität heute nur noch ein Bruchteil dessen kostet, was vor etwa einem Jahrzehnt hierfür aufzuwenden war, treten die speicheraufwendigen vollgrafischen Systeme an die Stelle der bisher überwiegend eingesetzten semi-grafischen. Hierdurch kann die Qualität der bildlichen Darstellungen verfeinert werden, da eine höhere Auflösung der Bilder auf dem Monitor möglich ist. Dies ist auch ein Beitrag zur besseren ergonomischen Gestaltung der Arbeitsplätze auf den Leitwarten.

Mit vollgrafischen Farbdisplaysystemen können auch zeitliche Verläufe interessierender Prozessgrössen auf dem Monitor sichtbar gemacht werden. – In diesem Zusammenhang kann man es sich heute auch leisten, weiter zurückliegende Vorgänge in einem Speicher mitzuführen, um sie bei Bedarf wieder aufzurufen und dann gegebenenfalls auch im Lupenmodus zeitlich höher aufzulösen.

Schliesslich gestatten Farbgrafiksysteme auch die Visualisierung von Prozessgrössen, die nicht messbar sind, sondern mit mathematischen Modellen oder mit Beobachtern mit Hilfe anderer, messbarer Prozessgrössen errechnet werden.

### Produktions- und Unternehmensleitebene

Auf diesen beiden Ebenen sind sehr viel grössere Datenmengen als auf den beiden unteren zu handhaben, die auf keinen Fall verlorengehen dürfen. Aus diesem Grunde finden sich hier viel-

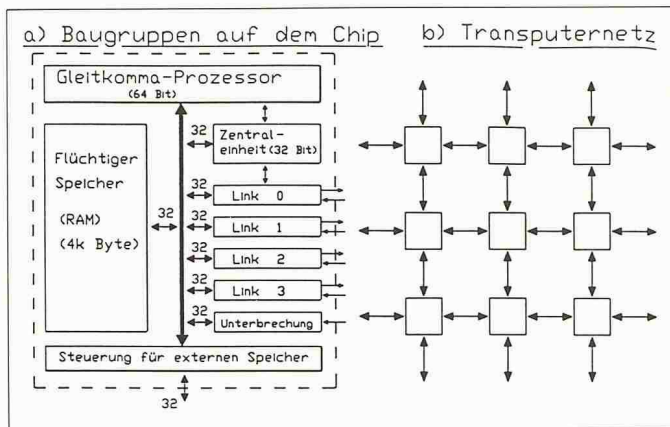


Bild 6. Transputer

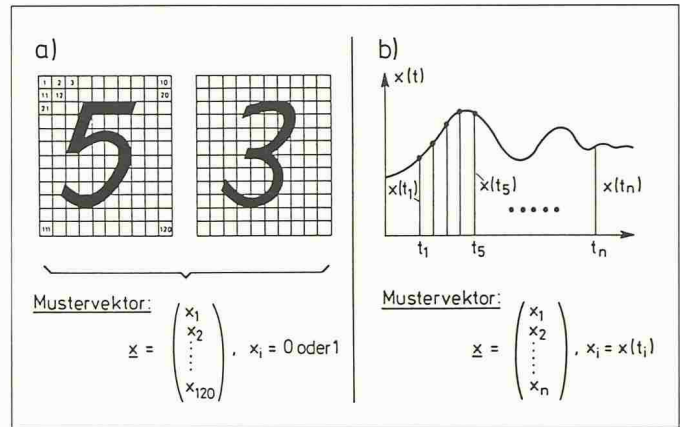


Bild 7. Beispiele für die Bildung von Musterverfahren

fach Doppelrechnersysteme mit redundanten Komponenten, insbesondere Speichern. Aus der Sicht der Informationstechnik treten hier Problemkreise der Datenbanktechnik in den Vordergrund. Während Reaktionen der Steuerungen, Regler und Rechner auf Meldungen aus dem Prozess im Bereich von Millisekunden bis Minuten erforderlich sind, können Datenflüsse auf den beiden oberen Ebenen im Bereich von Stunden oder Tagen geplant werden.

### Schnittstellen-Probleme

Mit der steigenden Komplexität der Automationssysteme stellen sich in erheblichem Masse Schnittstellen-Probleme. Solange man bei der Automatisierung und bei der Produktionssteuerung überwiegend mit einzelnen Systemen (Insellösungen) zu tun hat, kann man den Arbeitsaufwand, der mit der Kopplung zweier nicht kompatibler Rechner verbunden ist, noch tolerieren. Dies ändert sich aber, wenn man sich wie die Firma General Motors im Jahre 1980 vor der Situation sieht, in den verschiedenen Werken

- rund 20 000 speicherprogrammierte Steuerungen,
- etwa 2000 Roboter und
- über 4000 «intelligente» Geräte (vorgewisse Rechner)

zu einem integrierten Fertigungsleitsystem unter Einbeziehung einer zentralen Fertigungsdatenbank zusammenfassen zu wollen. Dabei stammten die einzubindenden Geräte und Anlagen von den unterschiedlichsten Herstellern, deren Hardware- und Software-Schnittstellen keineswegs kompatibel waren. - Diese Situation führte General Motors zur MAP-Initiative (MAP: Manufacturing Automation Protocol), bei der mehrere grosse US- (in der Zwischenzeit auch europäische) Firmen sich zusammenschlossen, um die

Schnittstellen auf allen sieben Ebenen des ISO/OSI-Modells zu normen, das die Kommunikation zwischen zwei informationsverarbeitenden Geräten beschreibt (Bild 5. ISO: International Standards Organization, OSI: Open Systems Interconnection). Auf den unteren Ebenen greift man dabei auf vorhandene Standards zurück, für die oberen Ebenen soll die Normung bis 1989 abgeschlossen sein.

Ob dieser Terminplan eingehalten wird und ob MAP sich tatsächlich weltweit durchsetzen kann, bleibt abzuwarten. Es laufen nämlich auch in anderen Gremien Bemühungen um die Normung der Kommunikation zwischen den Partnern in einem offenen oder in einem lokalen Netz.

### Regelalgorithmen

In den letzten 25 Jahren sind auf dem Gebiet der Regelungstechnik eine Fülle von wissenschaftlichen Publikationen erschienen, die sich mit Regelkonzepten befassen, die auf der Zustandsraumbeschreibung technischer Prozesse beruhen. Diese Konzepte dringen aber nur sehr langsam in die industrielle Praxis vor. Hierfür sind vor allem zwei Gründe massgebend:

- Der Entwurf eines solchen Reglers setzt die Kenntnis des mathematischen Modells des zu regelnden Prozesses voraus. Die Gewinnung eines solchen Modells erfordert aber bei nicht ganz einfachen Prozessen einen erheblichen theoretischen und experimentellen Aufwand, insbesondere, wenn die Prozesse nichtlinear sind. Deshalb unterbleiben hierauf gerichtete Arbeiten meist.
- Der eigentliche Reglerentwurf setzt eine eingehende Kenntnis des jeweiligen, vielfach unanschaulichen Entwurfsverfahrens und der dahinter stehenden Theorie voraus. Die Einarbeitung verlangt Zeit, die meist nur

an den Hochschulen zur Verfügung steht.

Hinzu kommt, dass es schwerfällt, die Vorteile nachzuweisen, die man durch den Einsatz von Zustandsraum-Regelkonzepten gegenüber konventionellen einschleifigen oder Kaskaden-Regelungen erhält.

### Innovative Rechnerarchitekturen

Auf dem Gebiet der Rechnerhardware dominierte bisher die von-Neumann-Architektur, bei der Programme und Daten gemeinsam in einem Speicher gehalten werden und die Befehle des Programms einer nach dem anderen in den eigentlichen Prozessor geholt und dort abgearbeitet werden. Seit einigen Jahren denkt man nun bei der Suche nach Möglichkeiten, die Rechnerleistungen noch weiter zu steigern, auch über alternative Rechnerarchitekturen nach. Genannt seien in diesem Zusammenhang die Vektorrechner, die Feldrechner und die Datenflussmaschinen.

Speziell für den Aufgabenkreis der Automatisierungstechnik erscheinen die in Grossbritannien entwickelten Transputer mit einer Wortlänge von 32 Bit interessant (Bild 6), insbesondere die der 2. Generation. Bei diesen Rechnern befindet sich nicht nur die eigentliche Zentraleinheit auf dem Chip, es sind weitere dort integriert.

- ein flüchtiger Speicher (RAM) mit einer Kapazität von 4 kByte,
- ein Gleitkommaprozessor für hochgenaue schnelle Rechnungen mit einer Wortlänge von 64 Bit sowie
- 4 Datenschnittstellen (Links), über die Daten mit der Benutzerperipherie oder aber - und dies ist entscheidend wesentlicher - mit anderen Transputern ausgetauscht werden können.

Durch das Vorhandensein dieser Links kann leicht ein Transputernetz aufge-

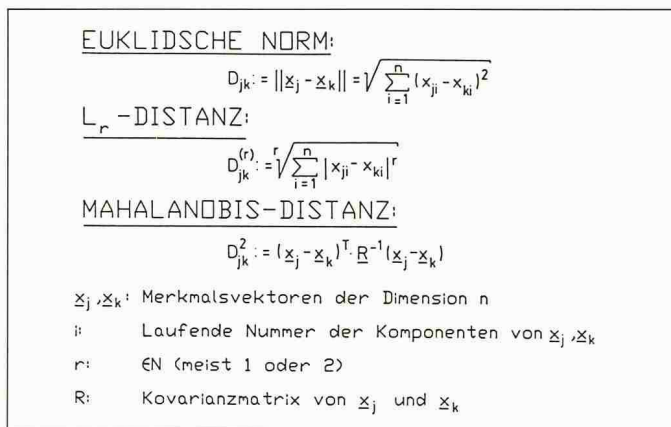


Bild 8. Mustererkennung: einige Abstandsmasse

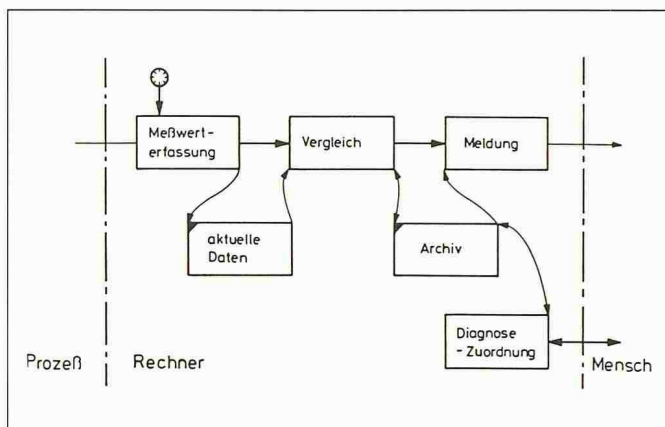


Bild 9. Komponenten eines adaptiven Anlagenüberwachungs-systems

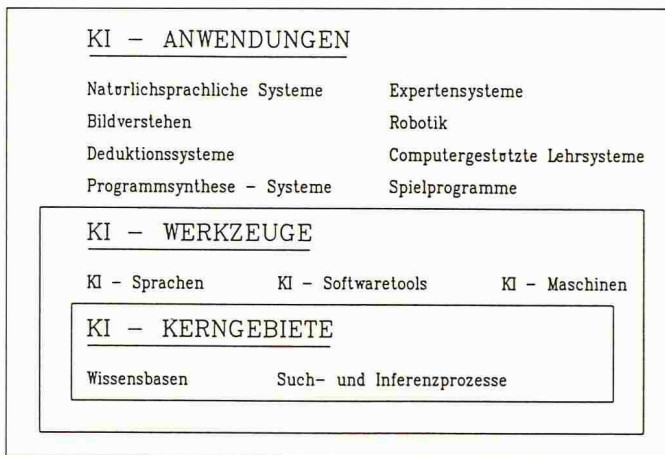


Bild 10. Aspekte der künstlichen Intelligenz

baut werden, wie es in Bild 3b dargestellt ist. Hier können auf den verschiedenen Transputern echt zeitlich parallel Programme abgearbeitet werden, wodurch sich eine wesentliche Steigerung der Verarbeitungsgeschwindigkeit ergibt.

Mit dem Aufkommen der Transputer bestehen für die Automatisierungstechnik folgende Chancen:

- Einerseits kann man jetzt daran denken, im Realzeitbetrieb Bildverarbeitung zu betreiben (also Bilder zu analysieren und auszuwerten, die von Fernsehkameras geliefert werden); dies ist im Zusammenhang mit fortgeschrittenen Konzepten der Robotersteuerung von Interesse.
- Andererseits können jetzt auch komplexere Prozessmodelle im Realzeitbetrieb gerechnet werden.

**Einsatz von Mustererkennungsverfahren**

In der Automatisierungstechnik haben weiter Verfahren der Mustererkennung eine steigende Bedeutung. Dies gilt vor allem für den Bereich der Bildverarbeitung im Zusammenhang mit der Steuerung von Robotern. Daneben können solche Verfahren aber auch zur rechnergestützten Anlagenüberwachung eingesetzt werden.

Numerische Verfahren der Mustererkennung beruhen auf dem Vergleich von sogenannten Mustervektoren mit Vektoren, die als Repräsentanten einer bestimmten Klasse aufgefasst werden. Wie Bild 7 zeigt, können solche Mustervektoren sowohl von bildlichen Darstellungen (im vorliegenden Fall von Zeichen) als auch von zeitlichen Verläufen einer Prozessgröße gebildet werden. Der Vergleich mit den Repräsentanten der Klassen vollzieht sich dann auf der Basis einer Abstandsberechnung: der Mustervektor wird derjenigen Klasse zugeordnet, zu der in n-dimensionalen Raum den geringsten Abstand hat (n: Dimension der Mustervektoren). Bild 8 zeigt einige in der Mustererkennung gebräuchlichen Abstandsmasse.

Wie Mustererkennungsverfahren bei der rechnergestützten Anlagenüberwachung eingesetzt werden können, soll am Beispiel einer Knüppelschere an einer Strangiessanlage dargestellt werden. Dort war ein Prozessrechner installiert, der während der Schnitte relevante Prozessgrößen wie Hydraulikdrücke und Positionen des Ober- und Untermessers erfasste. Die aktuellen Daten jedes Stiches bildeten einen Mustervektor und wurden mit den Vektoren der früherer Schnitte verglichen, die sich in einem «Archiv» befanden (Bild 9). Bestand Übereinstimmung mit einem Archiveintrag, so wurde der

neue Schnitt dessen Schnittklasse zugeordnet; es wurde also nur die Nummer dieser Schnittklasse gespeichert, nicht aber die Menge der gesamten Messwerte des neuen Schnittes. - Bestand keine Übereinstimmung, wurde im Archiv eine neue Schnittklasse eingerichtet und der Betriebsingenieur aufgefordert, den neuen Schnitt zu analysieren. Das Ergebnis dieser Diagnose wurde als Kommentar mit im Archiv gespeichert. War der neue Mustervektor durch eine Störung an der Schere hervorgerufen, wurde die Störungsursache und Massnahmen zu ihrer Behebung abgelegt.

Nach einer Anlaufphase stabilisierte sich der Archivumfang bei etwa 50 Einträgen. Jeder neu hinzukommende Mustervektor war dann auf einen bereits bekannten Typ von Schnitt zurückzuführen.

**Wissensbasierte Systeme**

Ein Gebiet, das in der Informatik in den letzten Jahren weltweit verstärkt bearbeitet wird, ist das der Künstlichen Intelligenz, in der sogenannte wissensbasierte Systeme zum Einsatz kommen. Bild 10 zeigt die Anwendungsgebiete, die Werkzeuge und die Kerngebiete der Künstlichen Intelligenz. Von den Anwendungsgebieten finden die Expertensysteme gegenwärtig das breiteste Interesse.



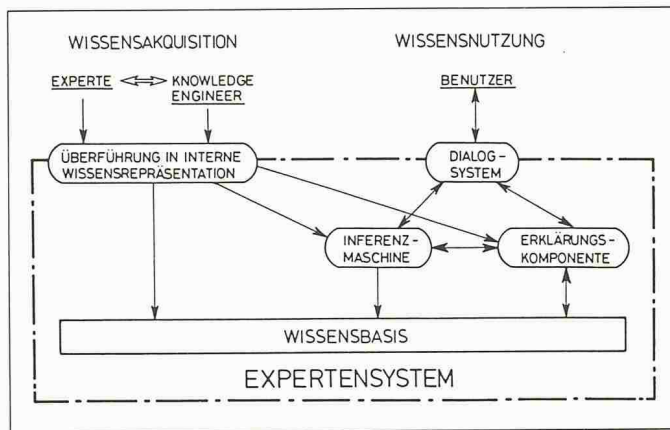


Bild 11. Komponenten eines Expertensystems

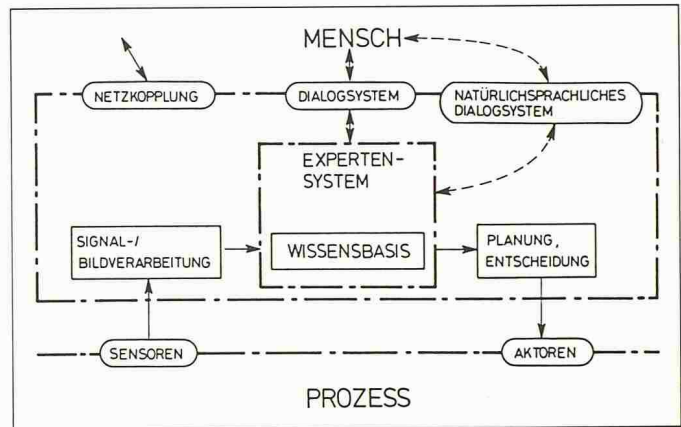


Bild 12. Einsatz eines Expertensystems bei der Prozesssteuerung

Ein Experte ist ein Spezialist für ein klar umgrenztes Wissensgebiet, der die auf diesem Gebiet bei seinen Partnern (Kunden, Patienten) auftretenden Problemen lösen und sie bei der Anwendung dieser Lösungen beraten kann. Er soll aus den Angaben des Partners präzise Problemstellungen formulieren können (Umsetzen in die Fachterminologie), soll diese Probleme korrekt und vollständig (das heisst nicht unbedingt eindeutig) lösen, soll den Antworten eine Form geben, die der Partner versteht und soll diesem bei Bedarf den Lösungsweg erklären. – Ein Expertensystem ist ein Rechensystem, das die vorstehend genannten Fähigkeiten eines Experten aufweist; der Dialog zwischen dem System und dem Nutzer (Partner) vollzieht sich dabei weitgehend in natürlicher Sprache.

Bild 11 zeigt die Komponenten eines Expertensystems. Als schwierigste Aufgabenkomplexe werden heute angesehen, einerseits das Wissen des Experten zu extrahieren und dem System mitzuteilen, andererseits die jeweils geeignetste Form der Wissensrepräsentation zu finden.

Expertensysteme werden heute vor allem bei der Diagnose gegebener Zustände (zum Beispiel in der Medizin) oder bei der Konfiguration komplexer Systeme aus Standard-Bausteinen in der Planungsphase eingesetzt. Bei diesen Einsatzfällen bestehen keine sehr strengen

Zeitbeschränkungen, innerhalb derer das System auf eine Eingabe des Nutzers antworten muss.

Es stellt sich die Frage, ob Expertensysteme auch unter den strengen Realzeitbedingungen der Automatisierungstechnik Anwendung finden können. Mit anderen Worten: Sind Systeme wie das in Bild 12 dargestellte zukünftig vorstellbar?

Bis diese Frage entschieden werden kann, sind noch einige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu leisten. Ein wesentlicher Aufgabenkomplex ist dabei die Einbindung des Expertensystems in die Multitasking-Umgebung der Prozessrechner. Da viele Aufgaben der Prozesssteuerung Vorrang vor der Arbeit des Expertensystems haben, muss dieses wie eine Task neben anderen unter dem Realzeit-Betriebssystem arbeiten. Die sich in diesem Zusammenhang stellenden Softwareprobleme befinden sich erst am Anfang der Bearbeitung.

Ein mögliches Anwendungsgebiet von Expertensystemen in einer Realzeitumgebung ist die rechnergestützte Anlagenüberwachung. Hier kann man an Diagnosesysteme denken, die entweder von sich aus oder auf Befragen in natürlicher Sprache Auskunft über die Ursache einer Störung und Hinweise auf die Schritte zu ihrer Behebung geben. Auch hier verbleibt die zeit- und arbeitsaufwendige Aufgabe, das Wissen

eines Experten, der die Anlage genau kennt, in die Wissensbasis dieses Diagnose- und Therapiesystems zu überführen.

Ein anderer Anwendungskreis bietet sich bei logistischen Aufgaben wie bei

- der Planung des Werktransports oder
- der Verwaltung von Lagern,

nämlich überall da, wo noch Handlungsspielräume bestehen. Dies ist bei der Prozesssteuerung im allgemeinen nicht mehr gegeben.

Berichtersteller: H. Rudolphi

#### [1] Tagungsband

Prozessnahe Automatisierung und Informationsverarbeitung – Die Stahlindustrie auf dem Weg zum CIM

Reprints der an der Fachtagung vom 3. und 4. Dezember 1987 in Düsseldorf gehaltenen Vorträge.

Herausgeber: Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEL), Düsseldorf

© 1987 Verlag Stahleisen mbH, Düsseldorf

ISBN 3-514-00398-x