Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 73 (1982)

Heft: 19

Artikel: Anlagenbau im Strukturwandel

Autor: Ungrad, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905019

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

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

Anlagenbau im Strukturwandel

H. Ungrad

621.31:

Die Elektronik ist in den letzten Jahren tief in das Gebiet der elektrischen Anlagen eingedrungen, und zwar sowohl auf der informationsverarbeitenden Seite als auch auf der Leistungsseite. Um die damit gegebenen, faszinierenden Möglichkeiten voll auszuschöpfen, ist eine enge Zusammenarbeit zwischen den früher eher getrennten schwachstromtechnischen und starkstromtechnischen Spezialisten, den Hardware-Entwicklern und den Software-Erzeugern, den Anlagenprojektierern und den Prozeßspezialisten nötig. Einige der dabei auftretenden Unterschiede in den Auffassungen sowie Probleme in der Ausbildung sind im folgenden aufgeführt und in ihrer geschichtlichen Entwicklung begründet. Es werden ferner einige Lösungsmöglichkeiten skizziert. Dies unter dem Gesichtspunkt, betriebssichere und optimale Anlagen zu erstellen, die die geforderte Qualität und Quantität des Prozesses mit einem Minimum an Mitteln materieller, personeller und finanzieller Art sicherstellen.

Ces dernières années, l'électronique a pénétré profondément dans le domaine des installations électriques, aussi bien pour le traitement de l'information qu'en ce qui concerne la puissance. Pour tirer pleinement profit des remarquables possibilités ainsi offertes, une étroite coopération est indispensable entre les spécialistes du courant faible et ceux du courant fort, les concepteurs du matériel et ceux du logiciel, les projeteurs d'installations et les spécialistes en processus. On montre quelques différences d'optique et des problèmes de la formation professionnelle, ainsi que son évolution. Quelques solutions sont esquissées en vue de l'aménagement d'installations fiables et optimales, assurant la qualité et la quantité du processus avec un minimum de moyens matériels, personnels et financiers.

1. Der Anfang des Anlagenbaues in der Elektrotechnik

Die Benützung jedes Mediums, also auch der Elektrotechnik, setzt Quellen (Generatoren), Senken (Verbraucher) und Verbindungen dazwischen voraus. Jede dieser Gruppen besteht aus der Kombination einer Anzahl von Produkten, die, entsprechend dem Verwendungszweck kombiniert, normalerweise eine Anlage ergeben. So entstanden die Anlagen der Erzeugung, der Übertragung und der Verteilung sowie des Verbrauches elektrischer Energie. Die Eigenschaften dieser Anlagen gehen über die Summe der Eigenschaften der einzelnen Produkte hinaus. Es ist die Kunst des Anlagenbauers, aus den vorhandenen Produkten eine Anlage zu erstellen, die den Betriebsanforderungen optimal angepasst ist, d.h. die geforderte Qualität und Quantität mit der verlangten Betriebssicherheit zu erreichen und dabei ein Minimum an materiellen (Energie, Material, Zeit, Verschleiss), personellen und finanziellen Mitteln einzusetzen. In Tabelle I sind einige Beispiele dieser Art aufgeführt.

Im folgenden sollen nur solche Anlagen behandelt werden, die individuell dem Prozess angepasst werden und daher einer Projektierungs- bzw. Engineeringtätigkeit bedürfen. Für repetitive Kombinationen, besonders wenn diese in grossen Stückzahlen hergestellt werden, wird diese Arbeit nur einmal geleistet, und es entsteht dann ein Produkt bzw. ein System, das lösungsinvariant ist und als solches entweder direkt eingesetzt werden kann oder ein Bestandteil einer grösseren Anlage wird. Man kann somit unterscheiden zwischen dem Beruf des Entwicklers von Produkten und Systemen und demjenigen des Anlagenbauers. Die Entwicklung des letzteren unter dem Einfluss von Technologieveränderungen in den letzten 100 Jahren soll im folgenden näher betrachtet werden.

Die technischen Daten elektrischer Verbraucher wurden frühzeitig normiert. Dadurch entstanden listenmässige Produkte. Auch die Stromerzeuger kleinerer Leistung, eingeschlossen Erregung und Regelung, wurden bald zu Standardeinrichtungen, d.h. zu Systemen. Viel schwieriger war die Vereinheitlichung bei den dazwischen liegenden Bindegliedern, den Schaltanlagen. Die Betriebsbedingungen waren zu verschieden; daher musste der Schaltanlagenbauer aus den vorhandenen Produkten, den Schaltern, den Zählern usw. Anlagen «maßschneidern». Die Anpassung an die Betriebsbedingungen wurde durch die entsprechende Kombination der Produkte und durch die zugehörige Wahl der technischen Daten (z.B. Stromwandlerübersetzung) bewerkstelligt. Dieser Typ von Anlagen ist heute noch weit verbreitet: Informationsübertragungen sind bescheiden und kurz (Leitungen der Wandler zu den Instrumenten, Auslöseleitung zur Leistungsschalterspule), Rückwirkungen vom Verbraucher auf den Erzeuger nur indirekt (Stromkompensation der Spannungsregler), und die Reaktionszeiten von Sekunden waren durch den Bedienenden beherrschbar. Ausnahme bildet der Schutz, der aus Zeitgründen von jeher unabhängig funktionierte (Sicherungen, einfache Relais).

Früh bildeten sich auf dem Niederspannungssektor für die Schaltanlagen Normlösungen, die heute als Baukastensysteme listenmässig erhältlich sind. Bei Mittel- und Hochspannungsschaltanlagen hingegen waren die Betriebsbedingungen derart verschieden (Parallelbetrieb, Umgehungsschiene usw.), dass erst mit der Einführung gekapselter und gasisolierter Anlagen ein Baukastensystem realisiert werden konnte.

Steuertafeln für Schaltanlagen aus der Jahrhundertwende geben mit ihren Marmorplatten, Gusseisenverzierungen usw. Zeugnis vom Geschmack der Gründerzeit und der Absicht des Anlagenbauers, nicht nur technische Werte zu berücksichtigen.

Mit Ausnahme der Schutzfunktionen wurden sämtliche Entscheidungen vom Bedienenden selbst getroffen, die geforderten Reaktionszeiten waren lang genug, und der Umfang der Daten lag noch in einem überblickbaren Ausmass. Auch die Projektierung der Anlage war von der Persönlichkeit des Anlagenbauers geprägt, seinem Berufsstolz, seiner Ausbildung – eine Erscheinung, die auch heute noch in englischsprachigen Ländern anzutreffen ist. Die Nachrichtentechnik hatte höchstens im Rahmen der Telefonie ihren meist bescheidenen Platz.

2. Strukturänderungen der Anlagen infolge erhöhter Anforderungen

Der starke Anstieg des elektrischen Energieverbrauches führte gezwungenermassen zu einer besseren Ausnützung

Beispiele von elektrotechnischen Anlagen

Tabelle I

	Leistungselektronik	Kommunikation	Leittechnik (Automation and Control)	Optimierung
Energieerzeugung	Erregung Start-Umformer		Steuerung thermischer Teil, hydraulischer Teil, elektrischer Teil, (Anlauf, Lastwechsel) Wärme u. Strom	Charakt. Überwachung (Schutz) η-Optimierung AGC**)
Energieübertragung	HGUe (lange Leitung, Kabel), Phasenschieber, Querregler, AC/AC-Kopplung, Frequenzumformer	Hochfrequenz-Übertragung über Hochspannungsleitungen	Sekundärblock Schutz Fehlerorter	PAS (economic load dispatch) security improvement
Energieverteilung	variable DC-Antriebe, variable AC-Antriebe (Drehofen)	Zählerstandsübertragung	Motorenregler Verteilnetzautomatisierung	Zählerübertragung Lastmanagement
		Netzkommando		
Industrie	Notstromgruppen ab Batterie, Stellglieder		Prozeßsteuerung Motorschutz	Schnittlängenoptimierung
Bahnen	Lokomotiven: AC/AC, AC/DC Trams: DC/DC		Signaltechnik Rangierbahnhof Stellwerk	
Diverse			Gebäudeautomatisierung (Sicherheit)	(Brennstoffoptimierung)
Planung			CAD, CAE, CAM, CAT*) Simulation	

*) CAD Computer aided design; CAE Computer aided engineering; CAM Computer aided manufacturing; CAT Computer aided testing.
**) Automatic Generation Control

der vorhandenen Installationen, später verstärkt durch zahlreiche Nebenbedingungen des Umweltschutzes, der Energiepolitik usw. Eine bessere Ausnützung bedeutet eine erhöhte Betriebssicherheit; es entsteht ein Trend zu höheren Einheitsleistungen und damit zu höheren Spannungen, zu dichteren Netzen und damit zu erhöhten Kurzschlussleistungen. Antriebe werden zu Antriebsstrassen zusammengeschaltet, geographisch verteilte Anlagenteile durch Fernsteuerung zusammengefasst. Damit steigen sprunghaft die Zahl der Informationen und die geforderte Verarbeitungsgeschwindigkeit. Im Detail ergeben sich für den Anlagenplaner folgende zusätzliche Bedingungen:

Erhöhte Einheitsleistung

Nennspannung, Nennstrom und damit Kurzschlussleistung steigen, Regelungen werden schneller, umfassen mehr Einflussgrössen und Fernvorgabe der Sollwerte; die Einflussnahme des Menschen wird auf die Vorgabe der Sollwerte reduziert. Infolge des erhöhten Wertes der Einheiten ist es notwendig, eventuelle Schäden zu begrenzen: der Schutz wird schneller, selektiver, arbeitet automatisch. Nur die Reaktion wird dem Menschen noch angezeigt. Repetitive Steuervorgänge werden in Ablaufsteuerungen realisiert, der Mensch entscheidet nur noch über Start und Ziel des gesamten Vorganges. Die Leittechnik übernimmt somit die Führung, die Regelung und den Schutz der Prozesse nach vorgegebenen Richtlinien und nach menschlichen Entscheidungen bei Alternativlösungen, funktioniert jedoch im übrigen automatisch und überbrückt somit die stets grösser werdende Diskrepanz zwischen den Anforderungen in zeitlicher und ablaufmässiger Hinsicht seitens des Prozesses und den menschlichen Fähigkeiten.

Zusammenschluss von Anlageteilen, besonders in der Industrie

Einzelantriebe werden zu Produktionsketten zusammengefasst (z.B. Papiermaschinen, Gummikalander), bei denen eine grosse Zahl von Antrieben nicht nur individuell geregelt, sondern ausserdem einer Zentralregelung unterstellt werden, die den Prozessbedingungen bei allen Geschwindigkeiten, Fabrikationsrichtungen usw. Sorge trägt. Damit werden Qualitäten des Prozesses erreicht (z.B. Papiergeschwindigkeiten einer Trockenpartie, Gleichmässigkeit bei Walzwerken und Gummikalandern), die bei individueller Regelung der Antriebe durch den Menschen nie erreichbar sind. Die Produktionsqualität wird unabhängig vom menschlichen Einfluss.

Für den Anlagenbauer ergibt sich die Notwendigkeit, die Spezialprodukte und Systeme, aber auch die Denkweise der Regeltechniker und Nachrichtentechniker in sein Konzept

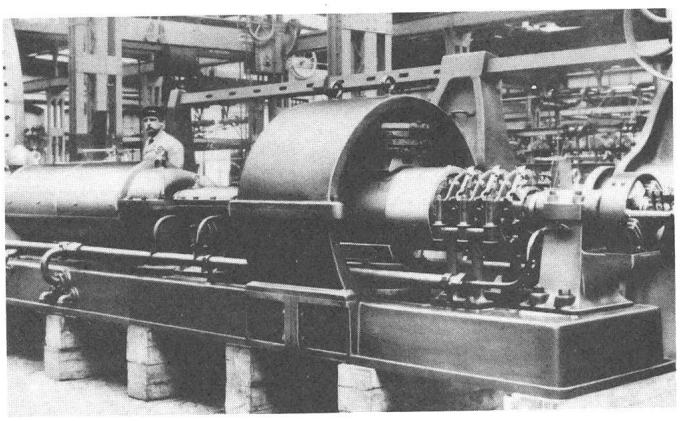

Fig. 1 Aus den Anfängen der Energieerzeugung

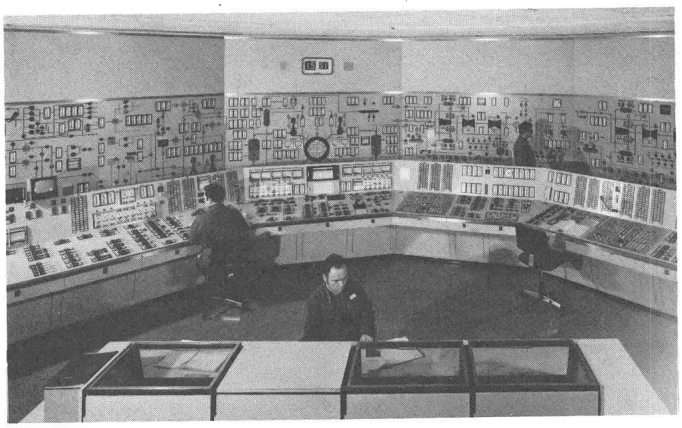

Fig.2 Konventionell ausgerüstete Steuerwarte eines Kernkraftwerkes (etwa 1970)

einzugliedern und diesen Spezialisten das Prozess-Know-how so zu präsentieren, dass gemeinsam Schwachstellen und Anforderungslücken erkannt werden.

Bessere Ausnützung der installierten Leistung

Die Forderung nach «mehr GWh aus den installierten MW» bedingt höhere Verfügbarkeit, und dies wieder bessere Übersicht des Betriebsführenden, mehr Daten an mehr Plätzen, jedoch konzentriert dargeboten, schnellere Reaktionszeiten. Die Datenüberschwemmung der Betriebsleitzentralen beginnt, Mammutschaltwände mit Instrumentenreihen können nicht mehr überblickt werden, die geforderten Reaktionsgeschwindigkeiten sind vom Bedienenden nicht aufzubringen, besonders wenn nach langen ruhigen Perioden eines Normalbetriebes plötzlich ein anormaler Zustand eintritt. Die Informationstechnik bietet die Möglichkeit, einerseits wesentlich mehr Daten zu übertragen und auch die Bedingungen der Umgebung zu erkennen, andererseits diese Daten so zu konzentrieren, dass sie vom Menschen beherrscht werden können. Dies bildet eine unabdingbare Voraussetzung für Verbundbetriebe, Produktionsketten, Steuerung von Kraftwerksketten und vieles andere.

Die Regel- und Schutzkreise werden immer mehr selbständig und vom Menschen nur mehr in der Einstellung beeinflusst bzw. in ihren Reaktionen wahrgenommen. Normierte Schnittstellen (z.B. zu den Stromwandlern) sorgen für eine nahtlose Verbindung zu den übrigen Anlageteilen. Leider ist diese Normierung langsamer als der technische Fortschritt und bringt den Anlagenbauern Legionen von Zwischenschützen, Zwischenwandlern usw. Diese verbrauchen zwar kostbare Zeit und Leistung, bringen aber wenigstens Potentialtrennung.

Diese Entwicklung führt eindeutig zur Dezentralisierung wesentlicher Funktionen (Regelung, Schutz usw.) und die Unterstellung unter eine gemeinsame Leitidee (Leittechnik).

Der Anlagenbauer koordiniert nun alle diese Systeme mit ihrer eigenen Gesetzmässigkeit untereinander und mit dem Prozess. Die Nachrichtentechnik gibt ihm die Mittel, die Eingabegrösse und die Ausgabewerte nicht nur lokal zu berücksichtigen.

3. Strukturwandel in den Produkten und Systemen

Einführung der Halbleiter in der Nachrichtenverarbeitung

Halbleiter und in der Folge integrierte Schaltkreise ermöglichen Produkte, deren Verarbeitungsgeschwindigkeit, Zahl der behandelten Informationen und Verknüpfungsmöglichkeiten um mehrere Grössenordnungen über dem bis dahin Bekannten liegt. Damit kann der Anlagenbauer die Datenflut verarbeiten, konzentrieren, in der gewünschten Geschwindigkeit auswerten, sogar protokollieren usw. und der menschlichen Auffassungsgabe anpassen. Er erkauft diese Vorteile mit einer höheren Empfindlichkeit gegen Störspannungen, Temperaturveränderungen usw, Probleme, die am Anfang unterschätzt wurden. Die erhoffte Miniaturisierung findet nicht immer statt, einerseits wegen der Sperrigkeit der Ein- und Ausgabeelemente, Speisegeräte usw., andererseits wegen der explodierenden Anzahl von Informationen.

Einführung der Halbleitertechnologie im Leistungssektor

Ungesteuerte Gleichrichter ermöglichten die Anwendung von Gleichstrommotoren mit ihren hervorragenden Regeleigenschaften für Walzwerke oder Papiermaschinen und zusammen mit statischen Reglern eine eminente Verbesserung der Produktequalität in den Prozessen. Wenn durch gesteuerte Ventile dieser Gleichstrom wieder in Wechselstrom variabler Frequenz und Spannung umgeformt wird, ergeben sich ungeahnte Möglichkeiten von Antrieben in Industrie und Traktion, aber auch in der Kopplung von Netzen verschiedener Frequenzen oder asynchronen Verhaltens.

Hochspannungs-Gleichstromübertragungen (HGUe) ermöglichen Übertragungsentfernungen, die mit Wechselstrom nicht mehr wirtschaftlich beherrscht werden können. Statische Phasenschieber können die Stabilität von Drehstrom-Übertragungsnetzen wesentlich verbessern. Es ist auch denkbar, grosse Einheiten von Wechselstromgeneratoren über AC/DC/AC-Kopplungen an grosse Netze anzuschliessen und damit bei den Maschinen völlig frei von Drehzahlen zu sein, die heute durch die Netzfrequenzen gegeben sind. Zahlreiche Vorteile für den Netzbetrieb ergeben sich durch alle diese Anwendungen.

Alle diese Geräte müssen jedoch den rauhen Betriebsbedingungen der Elektrizitätsversorgung gerecht werden. Temperaturprobleme, Alterungsprobleme und Drift der alten Röhrenregler sind heute überwunden, und die geforderten Störspannungsniveaus sind international genormt. Es bleibt jedoch in der Verantwortung des Anlagenbauers zu garantieren, dass diese Werte während der ganzen Betriebszeit der Anlage eingehalten werden. Dazu gehört eine genaue Kenntnis der Betriebsweise des Netzes, der Lokomotive, des Stahlwerkes usw. sowie der Gesetzmässigkeiten der Halbleitertechnologie, um eine betriebssichere Anlage zu konzipieren. Auf der anderen Seite erfordert es vom Halbleiterprodukte-Entwickler eine genügende Kenntnis der Anwendungsprozesse, da diese Bedingungen niemals 100%ig in einem Pflichtenheft festgelegt werden können.

Die damit zu erreichenden Ziele sind vom Betriebsstandpunkt aus zu überprüfen. So ist zum Beispiel die der Halbleitertechnik inhärente Wartungslosigkeit und Abnützungsfreiheit im gesamten zu sehen, d.h. Kontakte, Lüfter usw., die zum Betrieb dieser Geräte notwendig sind, benötigen trotzdem Wartung, allerdings vielleicht mit anderen Kadenzen und mit anderen Massnahmen.

Einsatz von Rechnern in Anlagen

Die Fähigkeit von Rechnern, grosse Mengen von Informationen schnell zu verarbeiten, führte zu deren ersten Anwendungen vor allem auf dem Gebiet der Datenerfassung und der Datenkonzentration. Die Datenflut wurde damit für den Bedienenden wieder überschaubar und beherrschbar. Die richtige Auswahl der Eingabe- und Anzeigegeräte, der Verbindungsstelle zwischen Menschen und Prozess, der sog. MMI (man machine interface), und damit auch die richtige Auswahl der anzuzeigenden Daten sowie der Präsentation gewinnen überragende Bedeutung für die Bedienbarkeit des Prozesses. Es ist heute möglich, dem Bedienenden abhängig von der jeweiligen Betriebslage Auswahllisten für richtige Handlungen zu präsentieren, wie dies beispielsweise bei den Energie-Management-Systemen geschieht.

Im Prinzip sind die Regel-, Schutz- und Steuervorgänge durch Algorithmen in einem Rechner nachbildbar. Die Versuchung war daher gross, einen möglichst grossen Zentralrechner vorzusehen und alle nur denkbaren Funktionen darin zu implementieren. Theoretisch ist dies durchaus möglich, besonders wenn man die Einwände gegen die Sicherheit der Rechner durch entsprechende Selbstüberwachung, Prüfprogramme, Doppeleinheiten usw. ausräumt. Betrieblich jedoch ist eine solche Konzentration sehr oft unerwünscht und widerspricht dem Prinzip einer Leithierarchie. Man ist daher bald zur «verteilten Intelligenz» übergegangen, bei der möglichst «intelligente» Aussenstationen von einem zentralen «Überwachungsrechner» geführt werden. Es ist unerheblich, ob man einen hoch entwickelten Regelungskreis oder Schutzkreis als Spezialrechner oder Unterstation betrachtet. Wichtig ist einzig und allein, dass die Schnittstellen so definiert werden, dass ein reibungsloses Zusammenarbeiten aller dieser intelligenten Unterstationen (oder speziellen Rechner) untereinander und mit dem Zentralrechner sichergestellt ist.

Berücksichtigt man, dass nur wenige Anlagen neu gebaut werden und dass die meisten Anlagenprojekte eine Erweiterung oder Ergänzung bestehender Anlagen sind, so wird diese Schnittstellenproblematik dominant, da auch die Forderung besteht, neue Geräte via solche Schnittstellen an alte Systeme und Anlagen anzuschliessen.

Auf alle Fälle wird bei Einzug dieser Technik vom Anlagenbauer die Adaptation der Anlage an den Prozess nicht mehr nur über die Kombination von Hardware, sondern hauptsächlich über die Ausgestaltung der Software vorgenommen. Dies bedeutet im Extremen eine völlig standardisierte Hardware mit standardisierten Software-Paketen, deren Kombination eine prozeßspezifische Anlage ergibt. Dieses Ziel ist heute noch nicht erreicht, einerseits sind die Schnittstellen noch nicht definiert und standardisiert, andererseits gibt es noch betriebliche Bedenken, wie z.B. Eichbarkeit von Zählerkreisen. Hier liegen bedeutende Entwicklungsarbeiten für die nächste Zeit, aber auch sehr grosse Möglichkeiten. Die zentrale Rolle der Leittechnik ist dabei unbestritten; diskutiert wird der Aufbau der dazu nötigen Baukastensysteme bei der Hardware und bei der Software und deren Schnittstellen bei neuen Anlagen und bei der Erweiterung vorhandener. Diese Tätigkeit erfordert vom Anlagenbauer profunde Kenntnisse des Prozesses, der Hardware und der Software, eine Aufgabe, die vom heutigen Ausbildungsprofil her schwer zu erfüllen ist.

4. Technologische Auswirkungen

Mit den geschilderten Technologieentwicklungen lassen sich auch Aufgaben bewältigen, die bisher als unlösbar galten. Typische Beispiele sind die Überprüfung von Messwerten durch «state estimation», die Vorhersage von Zuständen, die Optimierung von Abläufen im vorhinein oder Vorschläge für Aktionslisten im Notfall, abgestimmt auf den Momentanzustand. Auf der Leistungselektronikseite ergeben sich durch die Anwendung dieser Technologien, z.B. durch kontinuierliche Zugkraftvariationen in der Traktion

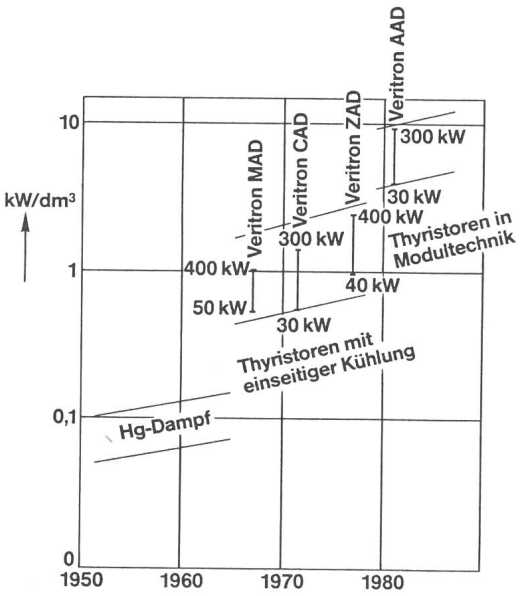

Fig. 3 Entwicklung der elektrischen Ausgangsleistung pro Volumeneinheit in BBC-Stromrichtern

oder durch robustere Motoren mit weitaus grösserem Regelbereich als bisher, wesentlich stabilere Energieübertragungen, Energieoptimierung auch in Gebäuden, automatische Rangierbahnhöfe mit Erfassung des Rollmaterials und viele andere Lösungen mehr.

Es ist nun Sache des Anlagenbauers, diese faszinierenden Möglichkeiten so zu realisieren, dass die damit verbundenen Restriktionen tragbar bleiben. Solche sind die Oberwellen im Netz, elektromagnetische Verträglichkeiten, Erdungsverhältnisse (besonders bei Auftreten von Kurzschlüssen), Überspannungen usw. Diese Probleme sind zwar teilweise alt. Die Anforderungen haben sich indessen verschärft, teils durch die neuen Technologien, teils durch die höhere Ausnützung des Materials.

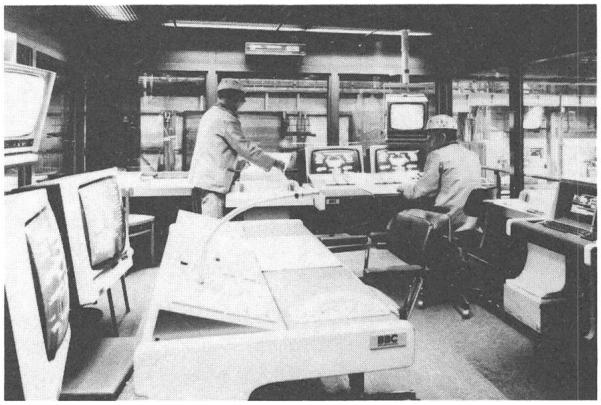

Fig. 4 Leitstand einer Stranggiessanlage mit Bildschirmbedienungsplätzen

5. Strukturwandel der Arbeitsmethoden

CAD (Computer Aided Design) und CAE (Computer Aided Engineering) sind Arbeitsmethoden, die die Routinearbeitsweise des Anlagenbauers durch programmierte Arbeitsabläufe ersetzen. So werden Schrankdispositionen, Verdrahtungslisten usw. heute schon weitgehend auf Rechnern erstellt. Damit wird der Routineteil der Offerterstellung, Bestellungsbehandlung usw. dem Anlagenbauer abgenommen. Allerdings geht dabei auch eine gewisse Flexibilität verloren, da man naturgemäss auf Standardlösungen abstellen muss.

Die Anpassung der Anlage an den Prozess durch Software- anstelle von Hardwarekombinationen ist ein Erziehungs- und Ausbildungsproblem. Meistens handelt es sich beim Softwareersteller und dem Anlagenbauer um verschiedene Personen, so dass ein interdisziplinärer Kontakt wesentlich ist und beide Seiten für das Arbeitsgebiet des anderen viel Verständnis und Kenntnis aufbringen müssen. Beide müssen die Probleme und Grenzen des Partners klar sehen und erkennen. Besonders wichtig ist, dass der Ersteller der Software genügend Kenntnisse des Prozesses und der Betriebsführung besitzt, um die Randbedingungen voll zu verstehen und andererseits die Erstellung der Software professionell durchführen zu können. Letzteres bedingt eine Aufteilung in wiederverwendbare Softwarepakete innerhalb eines Baukastensystems, so dass zur Anpassung an den Prozess nur mehr relativ geringe Softwareleistungen zu erbringen sind. Anlagenbauer und Softwareersteller müssen ein hierarchisch bewusstes Systemdenken auf allen Ebenen der Anlagenprojektierung beweisen. Da die prozentualen Kostenanteile der Softwarenentwicklung heute bei den meisten Anlagenprojektierungen sehr stark steigen, ist stets eine Gesamtkostenbetrachtung des Gesamtprojektes nötig, wobei auch Betriebs- und Amortisationskosten einzuschliessen sind.

Auch für die Arbeitsmethode des Betreibenden kann sich durch den Einsatz von moderner Leittechnik Wesentliches ändern. Um für Notfälle gerüstet zu sein, die nach lang anhaltenden Normalperioden plötzlich auftreten, werden heute Simulationen herangezogen, die analog zum Trainingssimulator der Piloten ein praxisnahes Training ermöglichen. Dieses findet auf der Grundlage einer tatsächlich vorhandenen Betriebssituation statt, die eingefroren wird und auf der eine Reihe von Notsituationen simuliert werden können. Es ist damit gewährleistet, dass es sich nicht um eine Trockenübung, sondern um eine wirklichkeitsnahe Simulation handelt. Selbstverständlich können mit dem gleichen Aufwand auch eine Planung und eine Vorhersage realisiert werden, alles basierend auf dem momentanen Stand des Prozesses.

6. Psychologische und soziologische Auswirkungen

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die markanteste Veränderung für den Anlagenbauer von heute durch den Einsatz der Leittechnik darin besteht, dass die Anpassung der Produkte und Systeme an den Prozess nicht mehr nur oder immer weniger durch Kombination der Hardware erfolgt, sondern in zunehmendem Masse durch die Software gegeben wird. Diese beiden Aufgaben sind nicht nur sehr verschieden in ihrem Anforderungsprofil, sie basieren auch auf verschiedenen Ausbildungen, benützen verschiedene Sprachen (Vokabularien) und sind heute selten in einer Person vereinigt. Es ist daher unbedingt notwendig, dass die verschiedenen Mitarbeiter, die an einem solchen Projekt arbeiten, die gleiche Sprache sprechen, alle vom Prozess soviel verstehen, dass sie dessen Begrenzungen und Anforderungen begreifen und erfüllen. Es ist eine besondere Aufgabe der Ingenieurausbildung, dieses interdisziplinäre Denken zu verbreiten. Sicher spielt dabei auch ein Generationsproblem eine Rolle, jedoch ebensosehr die Frage der Wartung, der Prüfung im Betrieb und vieles andere mehr.

Oft wird der heutige Technologiesprung mit dem letzten Sprung vom Übergang der mechanischen Geräte zur Elektronik verglichen. Vor ungefähr 15 Jahren wurde vorhergesagt, dass in sehr kurzer Zeit alle mechanischen Geräte von den statischen abgelöst würden. Dass dieser Vorgang wesentlich langsamer vor sich gegangen ist und sogar heute noch nicht abgeschlossen ist, ist vor allem auf betriebliche und psychologische Faktoren zurückzuführen. Es ist zu berücksichtigen, dass ein «Zwang» zum Übergang auf eine neue Technik für den Anwender meistens wesentlich geringer ist als für den Erzeuger.

Während es beim Erzeuger meistens Technologiesprünge der Komponenten sind, die einen Generationswechsel der Produkte auslösen, sind es für den Anwender meistens

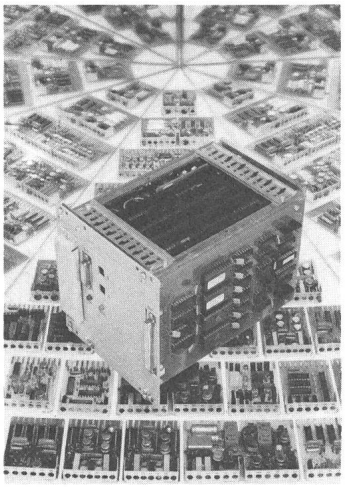

Fig. 5 Speicherprogrammierbares Steuergerät

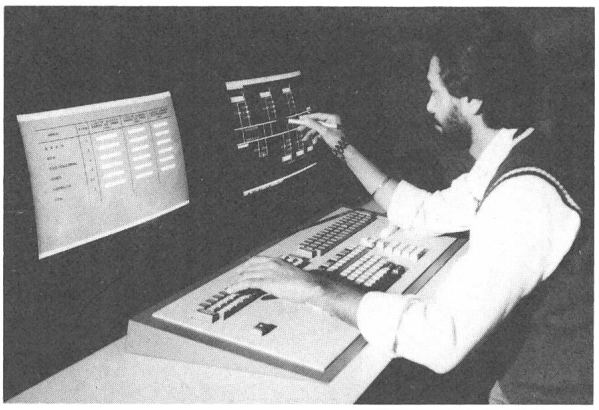

Fig. 6 Bedienungspult zu einem Leitsystem für die Steuerung und Überwachung von Elektrizitätsnetzen (Becontrol 40)

Zustände im Betrieb, die mit den vorhandenen Mitteln nicht mehr beherrscht werden können. Da die Leittechnik die Überbrückung zwischen den stets steigenden Prozessanforderungen und den Fähigkeiten des Menschen darstellt, wird ein immer grösser werdender Anteil der Leittechnik in den Anlagen nötig, je höher die Anforderungen des Prozesses in zeitlicher und datentechnischer Hinsicht liegen.

Je mehr der eigentliche Prozess aus der Hand des Menschen genommen wird, desto wichtiger wird die Verständigungsmöglichkeit des Menschen mit der leittechnischen Anlage, das sog. MMI. Die richtige, dem jeweiligen Prozess angepasste Aufbereitung der Daten, ihre signifikante Präsentation (z.B. farbige Diagramme auf den Bildschirmen) verhindert nicht nur Ermüdung, sondern erlaubt auch die richtige Reaktion im Störfall.

Einen weiteren sehr wichtigen und immer wieder diskutierten Problemkreis bildet die vermeintliche Arbeitsplatzgefährdung durch Automatikanlagen. Es ist evident, dass im Prozess selbst Arbeitsplätze durch Automatik frei werden, ob dies nun eine einfache Automatik, ein Roboter oder eine rechnergesteuerte Anlage ist. Es ist auch ersichtlich, dass durch heutige Automatisierungsanlagen weniger Bedienungspersonal nötig ist, man denke nur an einen automatischen Rangierbahnhof, eine Leitzentrale für Wasserkraftwerke usw. Allerdings werden hinter den Kulissen immer mehr Arbeitsplätze gebraucht, und zwar für die Projektierung der Anlagen, besonders für die Erstellung der Software, und für die Anpassung dieser Automatik an den sich ständig ändernden Betrieb. Obwohl sich zahlenmässig in der Summe der Arbeitsplätze nicht viel ändert, ist doch das Ausbildungsprofil dieser beiden Gruppen völlig verschieden. Es ist daher wieder eine Herausforderung an unser Bildungswesen, wobei damit nicht nur die Normalschulung junger Menschen, sondern auch die Erwachsenenbildung, die Umschulung angesprochen ist.

7. Wirtschaftliche Entwicklung

Der Trend zur Anpassung an den Prozess mittels Software bringt es mit sich, dass die Anlagenerstellung wesentlich weniger standortbezogen sein muss. Die Software kann in jedem Zimmer erstellt werden, der Rechner zum Erproben der Software kann gemietet werden. Doch ist zur professionellen Erstellung der Software eine ausgedehnte Infrastruktur nötig, was von Neulingen auf diesem Gebiet oft übersehen wird.

Die Ausbildung zum Softwarespezialisten ist attraktiv für junge Leute. Es ist damit leicht vorhersehbar, dass in Zukunft die Entwicklungsländer mehr und mehr Hard- aber auch Software selbst herstellen wollen, was den Lieferanteil der traditionellen Lieferländer auf spezielle Hardware und Grundsoftware reduziert. Meist wollen aber gerade die Entwicklungsländer das Risiko für die Gesamtanlage nicht tragen, womit für die Firmen aus den traditionellen Lieferländern ein starkes Ungleichgewicht zwischen steigenden Risiken und weiter abnehmenden Lieferanteilen besteht. Auch die zentrale Führung geographisch verteilter und teilweise weit entfernter Mitarbeiter, die sog. Personenleittechnik, stellt noch ein Problem dar, genau wie die Lizenzierung von Software. Aber Lösungen all dieser Probleme moderner Anlagenbearbeitung müssen gefunden werden und sind in Diskussion.

Literatur

[1] *W. Roos;* Leittechnik im Überblick. Bull. SEV/VSE 73(1982)9, S. 421...424.

Adresse des Autors

Dr. Helmut Ungrad, BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri, & Cie, Geschäftsbereich Anlagen der Stromwertung, 5401 Baden.