



Müller · Projektierung von Automatisierungsanlagen

TP230.2
M1

8065870

Projektierung von Automatisierungs- anlagen

Autoren

Doz. Dr.-Ing. Horst Birnstiel
(Abschnitt 5.)

Prof. Dr. sc. phil. Werner Kriesel
(Abschnitt 15.)

Prof. Dr. sc. techn. Rainer Müller
(Abschnitte 1. bis 8.; 11.; 13.; 14.)

Dr.-Ing. Hans Podszuweit
(Abschnitte 6.; 9.; 12.)

Doz. Dr.-Ing. Heinz Wolf
(Abschnitt 10.)

Gesamtleitung

Prof. Dr. sc. techn. Rainer Müller



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

175 Bilder

1. Auflage

© VEB Verlag Technik, Berlin, 1979

Lizenz 201 · 370/51/80

DK 007.5.001.1 : 62 - 50 + 65.011.56 · LSV 3044 · VT 3/5446-1

Lektor: Jürgen Reichenbach

Schutzumschlag: Kurt Beckert

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: Offizin Andersen Nexö

Bestellnummer: 5527375

DDR 24,- M

Vorwort

Eine umfassende Rationalisierung ist ohne Automatisierung nicht denkbar. Dabei wird hier unter Automatisierung die Ausrüstung von Produktionsanlagen mit BMSR-Technik verstanden. Jede Realisierung eines Automatisierungsvorhabens muß durch Projektierung gründlich vorbereitet werden. Mit dem steigenden Umfang der Automatisierung in der Volkswirtschaft steigt auch der Bedarf an qualifizierten Projektierungsingenieuren.

Bisher gab es kaum eine Ausbildung für Projektierungsingenieure. Seit einigen Jahren haben wir uns bemüht, unsere Absolventen so mit Grundlagen der Projektierung vertraut zu machen, daß sie sich in der Praxis kurzfristig in die Projektierung von Automatisierungsanlagen einarbeiten konnten. Als Ergebnis unserer Lehrveranstaltungen und teilweise der damit zusammenhängenden Forschung ist dieses Lehrbuch entstanden. In diesem Lehrbuch haben wir versucht, für die Projektierung und für die vorangehenden Etappen der Investitionsvorbereitung einen Leitfaden zu geben. Als Leser stellen wir uns Studierende an Technischen Hochschulen und Ingenieurschulen vor, die bereits Grundkenntnisse der Regelungstechnik erworben haben. Auf eine Wiederholung dieser Grundlagen haben wir verzichtet. Eine Ausnahme bilden die Mehrgrößensysteme, da wir auch mit Lesern rechnen, die bereits seit einigen Jahren in der Praxis tätig sind und keine Gelegenheit hatten, sich während ihrer Ausbildung mit diesem Teilgebiet vertraut zu machen.

Entsprechend der wachsenden Bedeutung der Projektierung von Automatisierungsanlagen entstehen in gewissem Umfang dazu neue Methoden – man könnte vielleicht vom Beginn einer Projektierungstheorie sprechen. In diesem Buch wird versucht, diese Entwicklung zusammenzufassen und darzustellen. Dabei wird besonderer Wert auf die Behandlung der Verflechtung der Automatisierungstechnik mit anderen Wissensgebieten gelegt.

Die Bearbeitungsetappen, die vor dem Instrumentierungsprojekt liegen, werden besonders betont. Einmal haben diese zur Aufgabenstellung für die Instrumentierung führenden Arbeiten für die Effektivität des automatisierten Produktionsprozesses meist um eine Größenordnung höhere Bedeutung, zum anderen sind für die Erarbeitung des Instrumentierungsprojektes Katalogwerke des VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow – Zentraler Anlagenbau der BMSR-Technik – verbindlich, so daß das, was dort verbindlich ausgesagt wird, hier nicht in vollem Umfange dargelegt werden muß.

Es war das Anliegen der Autoren, ein praxisbezogenes Lehrbuch zu schaffen. Inwieweit es gelungen ist, mögen die Leser beurteilen. Für ergänzende und kritische Hinweise sind wir dankbar.

Am Gelingen dieses Lehrbuches hat NPT Prof. Dr.-Ing. *Heinz Töpfer* durch eine Vielzahl von Hinweisen, sowohl zur Konzeption wie auch zu Details der Darstellung, ganz wesentlichen Anteil. Dafür sei ihm an dieser Stelle ganz besonders gedankt. Weiterhin gebührt Dank Herrn Prof. Dr.sc.techn. *Wolfgang Teichmann* und dem Lektor, Herrn Dipl.-Ing. *Jürgen Reichenbach*, für Unterstützung und wertvolle Hinweise sowie für die gute und entgegenkommende Zusammenarbeit.

Rainer Müller



Formelzeichenverzeichnis	12
1. Einleitung	14
1.1. Volkswirtschaftliche Bedeutung der Projektierung von Automatisierungsanlagen	14
1.2. Typische Beispiele	15
1.3. Begriffe und Definitionen	16
1.4. Zur Darstellung von BMSR-Aufgaben und -Lösungen	18
1.5. Typische Anforderungsklassen hinsichtlich der Betriebssicherheit	22
1.5.1. Automatik als Notwendigkeit	22
1.5.2. Kontinuität des Betriebs als Notwendigkeit	23
1.5.3. Anlagen mit zulässigen Betriebsunterbrechungen	24
1.5.4. Komplexanlagen	24
1.6. Grundlegende Standards	25
1.7. Ziele der Automatisierung	26
1.8. Aufgabenstellung für die Automatisierung	27
1.8.1. Klassifizierung der Automatisierungsaufgaben	27
1.8.2. Klassifizierung der Störungen	28
2. Umfang der Automatisierungsausrüstung	30
2.1. Örtlich installierte Einzelautomatisierung	31
2.2. Zusammengefaßte Bedienungseinrichtungen	33
2.2.1. Dezentrale Überwachungseinrichtung	34
2.2.2. Zentrale Meßwarten	36
3. Projektierungsprozeß	40
3.1. Quasiiterativer Ablauf der Projektierung	40
3.2. Freiheitsgrade der Projektierung	43
3.3. Probleme der Kluft zwischen Theorie und Praxis in der Regelungstechnik unter dem Gesichtspunkt der Projektierung	44
3.3.1. Voraussetzungen der Regelungstechnik	44
3.3.2. Klassifizierung der Regelungsaufgaben	48
3.3.3. Anpassung	49
3.3.4. Prozeßmodellierung und Störgrößenanalyse	51
3.4. Vielfalt zu beachtender Probleme bei der Projektierung	53
4. Automatisierungsgerechte Anlagengestaltung	57
4.1. Freiheitsgrade der Apparatekonstruktion	57
4.2. Freiheitsgrade beim Entwurf der Konfiguration und Verknüpfung technologischer Anlagen	58

4.3.	Bewertung der „Regelbarkeit“	60
4.4.	Quantifizierung der aus der Regelstreckendynamik resultierenden Schwierigkeit einer Regelaufgabe	62
4.5.	Aussondern der bei Eingrößenregelungen nicht im Zuge der Routineprojektierung zu bearbeitenden Teilaufgaben	66
4.6.	Fernhalten schwieriger Störungen von empfindlichen Apparaten	69
4.7.	Zusammenfassung der Überlegungen zur automatisierungsgerechten Anlagengestaltung	70
5.	Entwurf der Automatikstruktur	71
5.1.	Technologische Kriterien für die Automatikstruktur	73
5.1.1.	Koordinierung von Teilsystemen eines Prozesses durch Regelungen	73
5.1.2.	Bedingungen bei Regimewechsel	78
5.2.	Zuordnung der Meß- und Stellgrößen zu Regelkreisen in Mehrgrößenregelungen	78
5.2.1.	Einige Grundlagen von Mehrgrößenregelungen	79
5.2.2.	Zur Projektierung von Mehrgrößenregelungen	88
5.3.	Zusammenfassung der Kriterien zum Strukturentwurf	102
6.	Instrumentierung	103
6.1.	Gerätesysteme	103
6.1.1.	Notwendige Variantenvielfalt bei BMSR-Geräten	103
6.1.2.	Gerätesysteme mit Einheitssignal	108
6.1.3.	Gliederung der BMSR-Gerätetechnik	109
6.2.	Erarbeitung der Bauglied- bzw. Funktionsschaltpläne	110
6.3.	Erarbeitung der Ausrüstungsliste	116
6.4.	Erarbeitung der Ausführungsunterlagen	118
7.	Qualitätskriterien für Automatisierungsanlagen	121
7.1.	Gliederung der Qualitätsmerkmale für Automatisierungsanlagen	122
7.1.1.	Technisch-ökonomische Merkmale, die Eigenschaften der Automatisierungsanlage darstellen	122
7.1.2.	Qualitätseigenschaften der Automatisierungsanlage, die vom Hersteller abhängen	123
7.1.3.	Eigenschaften der Automatisierungsanlage, die vom Betreiber abhängen	123
7.1.4.	Wechselwirkungen zwischen technologischer Anlage und Automatisierungsausrüstung	123
7.2.	Behandlung der einzelnen Qualitätsmerkmale	124
7.2.1.	Grundkosten der Ausrüstung	124
7.2.2.	Zuverlässigkeit	125
7.2.3.	Kompatibilität der Geräte	127
7.2.4.	Platzbedarf	128
7.2.5.	Genauigkeit	128
7.2.6.	Lebensdauer	130
7.2.7.	Bedienungskomfort im Interesse der Betriebssicherheit	131
7.2.8.	Bedarf an Wartung und Instandhaltung	131
7.2.9.	Servicefreundlichkeit	134
7.2.10.	Anforderungen an die Qualität der Wartung	135
7.2.11.	Komfort für Verfeinerung der Arbeitsweise	135
7.2.12.	Belästigung der Umgebung	136

7.3. Zusammenfassung der Qualitätskriterien für Automatisierungsanlagen	137
7.4. Subjektive Kriterien	139
8. Hilfsenergieversorgung	141
8.1. Hydraulik	141
8.2. Pneumatik	144
8.3. Elektrik	147
8.4. Vor- und Nachteile verschiedener Hilfsenergieformen	148
8.5. Garantiebedingungen	148
8.6. Begleitheizungen	150
9. Hinweise zur Arbeitsplatzgestaltung in zentralen Überwachungseinrichtungen	151
9.1. Aufgaben und Fähigkeiten des Menschen	152
9.1.1. Arbeitsplatzgestaltung	155
9.2. Verhütung von Fehlbedienung	174
9.2.1. Sicherung gegen unbeabsichtigtes Verstellen	176
9.2.2. Sicherung gegen Verwechsellern	176
9.2.3. Sicherung gegen unzulässiges oder unqualifiziertes Verstellen	177
9.2.4. Verriegelungsschaltungen	179
10. Zuverlässigkeit von Automatisierungsanlagen	180
10.1. Zielstellung der Zuverlässigkeitsarbeit	181
10.2. Vereinfachende Annahmen für die Berechnung von Zuverlässigkeitsangaben	182
10.2.1. Ausfallrate	183
10.2.2. Ausfalldauer	189
10.2.3. Folgeschaden	191
10.3. Typische Zuverlässigkeitsangaben und -strukturen	192
10.3.1. Werte für die Ausfallrate	192
10.3.2. Werte für Ausfall- und Reparaturdauer	194
10.3.3. Zuverlässigkeitsstrukturen	195
10.4. Maßnahmen zum Erhöhen der Zuverlässigkeit	197
10.4.1. Reduzieren des Aufwands	198
10.4.2. Redundanz bei der Informationsgewinnung	198
10.4.3. Redundanz bei der Informationsnutzung	203
10.4.4. Redundanz der Hilfsenergiebereitstellung	208
10.4.5. Redundanz der Signalverarbeitung	208
10.5. Probleme der Datenrückmeldung	209
11. Ökonomischer Nutzen der Automatisierung	212
11.1. Typische Beispiele für den Zusammenhang zwischen Regelgröße und Ökonomie des Betriebs	212
11.1.1. Vernachlässigbarer Einfluß der Regelgröße auf die Ökonomie	212
11.1.2. Annäherung an Grenzwerte	213
11.1.3. Optimale Betriebsparameter	214
11.1.4. Unsymmetrischer Einfluß der Streuung der Regelgröße auf die Lebensdauer der Apparate	214
11.1.5. Konstanz der Prozeßgrößen	215

11.2. Einige Bemerkungen zu speziellen Problemen	215
11.2.1. Notwendigkeit der Automatisierung	215
11.2.2. Verminderung des Risikos	216
11.2.3. Einsparung von Bedienungspersonal	217
11.2.4. Zum Zusammenhang zwischen Meßgenauigkeit und Produktwert	217
11.2.5. Beeinträchtigung des Prozesses durch die Automatik	218
11.2.6. Erfassung des Automatisierungsgrads	218
11.2.7. Konsequenzen der Leistungssteigerung	218
11.3. Nutzeffektsberechnungen	219
12. Schutzgüte von Automatisierungsanlagen	220
12.1. Allgemeine Schützgüte	220
12.1.1. Gefährdungen	220
12.1.2. Maßnahmen zur Minderung von Gefährdungen	221
12.1.3. Erschwernisse	222
12.2. Elektrotechnische Schutzmaßnahmen in Automatisierungsanlagen	222
12.3. Automatisierungsanlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten	227
12.3.1. Erläuterungen zur Eigensicherheit	230
12.3.2. Prüfung eigensicherer Stromkreise	233
13. Bearbeitungsablauf der Projektierung einer Automatisierungsanlage	234
13.1. Allgemeines Vorgehen	234
13.2. Verständnis der Wirkungsweise des zu automatisierenden Prozesses	234
13.3. Konzeption der Automatik	235
13.4. Instrumentierung	235
13.5. Räumliche Konzeption	236
14. Rationalisierungsmittel für die Projektierung	237
14.1. Projektierungsalgorithmus	238
14.2. Katalog Basisautomatisierung	238
14.3. Katalogwerke für die Projektierung der Instrumentierung	245
14.4. Rechnergestützte Erarbeitung der Ausrüstungsliste	246
15. Automatisierungsanlagenkonzepte mit Mikrorechnern und Konsequenzen für ihre Projektierung	247
15.1. Basis der neuartigen Konzepte	247
15.1.1. Eigenschaften der Mikrorechner für die Automatisierung	247
15.1.2. Aufbau und Anwendungseigenschaften von Mikrorechnern aus der Sicht ihrer Projektierung	249
15.2. Struktur von Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnern	255
15.2.1. Mikroprozeßrechner für Industriesteuerungen	255
15.2.2. Mikroprozeßrechner als Regler	257
15.2.3. Mikrorechner als Basis einer neuartigen Generation von Automatisierungsanlagen	258
15.3. Erweiterung der Automatisierungsziele durch Mikrorechnereinsatz	261
15.4. Zu weiteren Auswirkungen auf die Projektierung von Automatisierungsanlagen	265
15.4.1. Umfang der Automatisierungsausrüstung	265

15.4.2. Projektierungsprozeß	265
15.4.3. Entwurf der Automatikstruktur	267
15.4.4. Instrumentierung	268
15.4.5. Qualitätskriterien für Automatisierungsanlagen	269
15.4.6. Kommunikation Mensch–Automatisierungseinrichtung (Wartengestaltung) ..	270
15.4.7. Zuverlässigkeit, Selbstüberwachung, Diagnose	270
15.4.8. Rationalisierungsmittel für die Projektierung	272
Literaturverzeichnis	274
Sachwörterverzeichnis	281

Formelzeichenverzeichnis

Großbuchstaben

- A* einmaliger Aufwand; Fläche
- B* Zellenbreite
- F* Ausfallwahrscheinlichkeit; Frequenzgang; Zwischenprodukt
- G* Gütewert; Übertragungsfunktion
- H* Heizwert
- K* Packungsdichte; Verstärkung
- L* Länge
- MF* Massestrom
- N* Anzahl der beanspruchten bzw. beobachteten Elemente (Geräte); einmaliger Nutzen
- P* Bewertungsgröße; Geräteplatz
- Q* Qualitätsmerkmal
- R* Überlebenswahrscheinlichkeit; Rückflußdauer
- S* Schwierigkeit einer Regelaufgabe; Zwischensumme
- T* Zeitkonstante; Summenzeitkonstante; Tiefe
- T_A* mittlere Ausfalldauer
- X* Regelgröße
- X²* Bezeichnung bei spezieller Verteilungsfunktion
- V* Variantenvielfalt
- VF* Volumenstrom

Kleinbuchstaben

- a* Anzahl; Gewichtskoeffizient; Koeffizient
- b* Anzahl; Breite; Dimensionskoeffizient; jährlicher Aufwand; Reduzierung der Abweichung durch die Regelung
- c* Anzahl
- d* Durchmesser
- k* Anzahl
- l* Länge
- m* Anzahl der notwendigen Elemente
- n* Anzahl der eingesetzten Elemente; jährlicher Nutzen
- p* Anzahl; Laplace-Operator
- q* Anzahl
- r* Anzahl der ausgefallenen Elemente
- t* Beanspruchungs- bzw. Beobachtungsdauer; Zeit
- x* Regelgröße
- y* Stellgröße
- z* Störgröße; Anzahl

Griechische Buchstaben

- α Irrtumswahrscheinlichkeit; Winkel
- ε Koeffizient für die Überdeckung; Ausbeute
- η Wirkungsgrad
- λ Ausfallrate
- ϱ Regelbarkeit
- τ bezogene Totzeit

Indizes

- a Anlaufzeit; bei Ausfallwahrscheinlichkeit: Ausfall durch Verbindung zwischen Ein- und Ausgang, z. B. Kurzschluß
- b bei Ausfallwahrscheinlichkeit: Ausfall durch Unterbrechung zwischen Ein- und Ausgang
- e Element
- erf zur Erfüllung der Forderungen notwendig
- g Gesamt- (bei Reihenstruktur)
- G Gesamt
- Gr zulässiger Grenzwert
- H Handbetrieb
- i Zählvariable
- j Zählvariable
- K Sollwert
- krit zur Stabilitätsgrenze gehörend
- LV Verbrennungsluft
- p Gesamt- (bei Parallelstruktur)
- RG Rauchgas
- S Gesamt- (bei Systemen)
- SP Gesamt- (bei Systemen in Parallelanordnung)
- SR Gesamt- (bei Systemen in Reihenanordnung)
- SV Gesamt- (bei Systemen in Vierfachanordnung)
- SQ Gesamt- (bei Systemen in Quadredundanz)
- t Totzeit
- u Verzugszeit
- y Stellgröße
- z Störung
- o Regelkreis; Toleranzbereich

1. Einleitung

Die Automatisierungstechnik hat heutzutage schon fast alle Bereiche von Industrie und Wirtschaft erfaßt und weitet sich ständig aus. In den verschiedenen Industriezweigen kommen ihr dabei recht unterschiedliche Aufgaben zu.

Einen sehr großen Teil macht die Anlagenautomatisierung aus, die über ein Projekt vorbereitet wird. Dabei ist das wesentliche Problem, daß man wenig probieren und nicht alles berechnen kann. Bei der Geräteentwicklung kann man notfalls viele Funktionsmuster bauen, bis man den gewünschten Effekt erreicht. Entsprechend ist es bei der Aggregatautomatisierung möglich, durch Erprobung von Versuchsmustern die Lösung zu entwickeln. Die Probleme beim Entwurf einer Anlage sind der Konstruktion einer Brücke bis zu einem gewissem Grad vergleichbar. Will man eine Brücke bauen, muß vorher auf dem Papier alles klar sein. Selbstverständlich wird die Brücke nach Fertigstellung benutzt, d. h., es gibt kein Funktionsmuster. Ähnlich ist es bei der Vorbereitung großer Anlagen und ihrer Automatisierung. Die erste und ggf. einzige Anlage, die nach einem Projekt errichtet wird, soll voll produzieren.

Im Anlagenbau ist die Anpassung, d. h. die Korrektur der ausgeführten Anlage nach Vorliegen von Erprobungsergebnissen, auf seltene Fälle und kleine Anteile zu beschränken. Das hat entscheidende Auswirkungen hinsichtlich der bei der Synthese des Automatisierungssystems anwendbaren Methoden. Diese Synthese ohne Erprobungsmöglichkeit wollen wir als Projektierung bezeichnen.

In diesem Lehrbuch wird die Projektierung vom Standpunkt des Automatisierungstechnikers mit Blickrichtung auf die Automatisierung verfahrenstechnischer Fließgutprozesse behandelt.

1.1. Volkswirtschaftliche Bedeutung der Projektierung von Automatisierungsanlagen

Bei modernen Anlagen der Grundstoffindustrie macht die Automatisierungsausrüstung meist einen Anteil an den Investitionskosten in der Größenordnung von 6 bis 10% aus. Die Automatisierung dient nicht nur der Rationalisierung der Prozeßführung, sondern häufig ist sie untrennbarer Bestandteil des Prozesses, weil rationellere Technologien nur durch die Automatisierung ermöglicht werden. Weitere Bedürfnisse nach Automatisierung ergeben sich aus der Notwendigkeit des Umweltschutzes, aus dem Streben nach Verbesserung der Produktqualität und ggf. aus Beschränkungen der verfügbaren Zahl von Arbeitskräften.

Im Zuge der technischen Entwicklung steigt der Automatisierungsgrad; daraus resultiert, daß sich für den Bedarf an Automatisierungsanlagen höhere Zuwachsraten in der Volkswirtschaft ergeben als für die anderen produktionsmittelerzeugenden Bereiche. Die Qualität der Projekte beeinflußt nicht nur die Kosten der Automatisierungsanlage, häufig auch ganz wesentlich die Betriebskosten des automatisierten Prozesses. Dabei ist der obengenannte Investkostenanteil für den Aufwand an ingenieurtechnischer Vorberei-

tung keineswegs repräsentativ. Beispielsweise Automatisierung durch Regelung beinhaltet die funktionelle Beherrschung von Regelstrecke und Regler.¹⁾ Die Vorbereitung der Automatisierung erfordert deshalb meist auch ein gedankliches Durchdringen des technologischen Prozesses; demzufolge ist der Anteil an Vorbereitungsarbeit wesentlich größer als der Investkostenanteil der Automatisierungsausrüstung. Aus alledem resultiert ein steigender Bedarf an Projektingenieuren für Automatisierungsanlagen und steigende Anforderungen an deren Qualifikation.

1.2. Typische Beispiele

Betrachtet man beispielsweise einen *Dampfkraftwerksblock* größerer Leistung, so ergibt sich etwa folgender Umfang der BMSR-Anlage:

- 300 bis 900 Meßwerte ($\frac{1}{3}$ davon binär)
- 50 bis 100 Regelkreise
- 300 bis 400 Dualanzeiger
- 50 bis 100 Fernbetätigungen.

Ein anderes typisches Beispiel ist eine *Destillationsanlage* in der chemischen Verfahrenstechnik. Man kann dafür ansetzen

- 18 bis 20 Regelkreise je Rektifikationskolonne einschließlich zugehöriger Nebenanlagen
- 3 bis 10 Kolonnen je Anlagenstrang.

Das ergibt etwa 200 Regelkreise je Anlagenkomplex einschließlich zentraler Nebenanlagen.

Durch den Übergang zur industriemäßigen Produktion in der *Landwirtschaft* hat sich dort ein Anwendungszwang für umfangreiche Automatisierungsausrüstungen ergeben. Beispielsweise die intensive Tierhaltung oder große Gewächshauskomplexe erfordern in solchem Umfang Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik, daß nennenswerte Automatisierungsmaßnahmen notwendig sind. Gerade derartige Klimaobjekte sind regelungstechnisch schwierig, so daß sich dabei regelungstheoretisch anspruchsvolle Aufgaben ergeben. Insbesondere bei der intensiven Tierhaltung birgt ein unvorhergesehener Ausfall der HLK-Anlagen eine solche große Gefahr für das Leben der Tiere in sich, daß sich hier auch besonders hohe Zuverlässigkeitsanforderungen ergeben.

Ein nicht zu unterschätzender Anteil an Automatisierungsausrüstungen ergibt sich bei der *Automatisierung moderner Gebäude*. Selbstverständlich dominiert dabei wieder die Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik. Daneben sind jedoch Maßnahmen zur Verhinderung von Energiespitzen, z. B. Verhinderung des gleichzeitigen Betriebs mehrerer Aufzüge, Heizungsumwälzpumpen und Lüftungsanlagen von Bedeutung. Bei Automatisierungsausrüstungen zur Begrenzung der Energiespitzen geht es häufig nur um die optimale Ausnutzung der tariflich vorgegebenen Möglichkeiten zur Beeinflussung des Leistungspreises ohne eine echte technische Notwendigkeit. Zur Gebäudeautomatisierung gehört natürlich auch die Fernsteuerung der Bühnentechnik.

Ein weiteres Anwendungsgebiet für Automatisierungsanlagen ist der *Straßenverkehr*. Man rechnet mit Investitionseinsparungen bis zu 20% im Straßenbau durch den Einsatz von Verkehrsleitrechnern.

¹⁾ Neuentwurf der TGL 14591 sieht für die Gesamtheit aus Meßeinrichtung, Regler und Stelleinrichtung den Begriff „Steuer-einrichtung“ vor. Entsprechend wird die Regelstrecke als „Steuerstrecke in einer Regelung“ bezeichnet.

Bild 1.1 zeigt den Anteil der BMSR-Technik an den Investitionskosten für verschiedene Industriebereiche, **Bild 1.2** eine Untersuchung über die Häufigkeitsverteilung der Prozeßmeßgrößen.

	1965	1970	1975	1980
	%	%	%	%
Grundstoffindustrie	2,5	4	6,5	10,5
Erzbergbau, Metallurgie	2,2	4,5	7,5	12,5
Chemie	8	12	15	21
Elektrotechnik/Elektronik	0,7	2,5	7,5	10,5
Schwermaschinen-Anlagenbau	0,8	3,5	7	9
Verarbeitungsmaschinen-Fahrzeugbau	1,8	9,5	10	14
Verarbeitungsmaschinenbau				
Leichtindustrie	0,5	2,0	3,5	6,5
Lebensmittelindustrie	0,5	2,0	4,5	8
Landwirtschaft	0,05	1,0	2,9	6
Verkehrswesen	0,02	0,15	1	3
Bauwesen	0,3	2,6	4,9	7,6
Werkzeugmaschinenbau	0,5	8		20
davon				
numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen	25	38		60

Bild 1.1. Anteil der Automatisierungsausrüstungen an den Investitionskosten

Prozeßmeßgröße	Anteil an der Anzahl der Meßstellen	Anteil an den Kosten der Meßtechnik in %
Temperatur	44,15	4,10
Druck	25,46	13,42
Durchfluß	13,39	34,84
Niveau	9,25	11,69
Analyse		
thermische Meßverfahren	0,29	0,06
optische Meßverfahren	0,15	1,92
elektrische Meßverfahren	2,47	30,65
Elektrische und magnetische Meßgrößen	0,73	0,05
Nukleare Meßgrößen	0,07	0,12
Feuchte	0,36	0,03
Wärmemenge	0,19	0,08
Viskosität	0,19	2,39
Dichte	0,07	0,10
Anzahl, Länge, Dicke, Winkel	0,04	0,06
Drehzahl	1,56	0,17
Masse	0,04	0,31
Sonstige	1,59	0,12

Bild 1.2. Anteil der einzelnen Prozeßgrößen an der Gesamtsumme der Meßstellen

1.3. Begriffe und Definitionen

Die technische Ausrüstung zur Anlagenautomatisierung wird im allgemeinen unter dem Begriff BMSR-Technik zusammengefaßt. Der Buchstabe B sagt dabei aus, daß beispielsweise das Messen unter Betriebsbedingungen erfolgt, d. h. ohne Unterbrechung der Pro-