

EUR 4715 d

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

**KORRELATIONSMETHODEN
UND ADAPTIVE SYSTEME**

(Vergleich, Tendenzen und Anwendung bei Kernkraftwerken)

von

K. DITTERICH

1971



**Gemeinsame Kernforschungsstelle
Forschungsanstalt Ispra – Italien**

HINWEIS

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen des Forschungsprogramms der Kommission der Europäischen Gemeinschaften ausgearbeitet worden.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, ihre Vertragspartner und die in deren Namen handelnden Personen:

keine Gewähr dafür übernehmen, daß die in diesem Dokument enthaltenen Informationen richtig und vollständig sind, oder daß die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden und Verfahren nicht gegen gewerbliche Schutzrechte verstößt;

keine Haftung für die Schäden übernehmen, die infolge der Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden oder Verfahren entstehen könnten.

Dieser Bericht wird in den auf der vierten Umschlagseite genannten Vertriebsstellen

zum Preise von DM 3,—	FF 4,45	FB 40,—	Lit. 500	Fl. 3,—
-----------------------	---------	---------	----------	---------

verkauft.

Es wird gebeten, bei Bestellungen die EUR-Nummer und den Titel anzugeben, die auf dem Umschlag jedes Berichts aufgeführt sind.

Gedruckt von Ceuterick, Löwen
Luxemburg, Oktober 1971

Das vorliegende Dokument wurde an Hand des besten Abdruckes vervielfältigt, der zur Verfügung stand.

EUR 4715 d

KORRELATIONSMETHODEN UND ADAPTIVE SYSTEME
(Vergleich, Tendenzen und Anwendung bei Kernkraftwerken) von K. DITTERICH

Kommission der Europäischen Gemeinschaften
Gemeinsame Kernforschungsstelle — Forschungsanstalt Ispra (Italien)
Luxemburg, Oktober 1971 — 20 Seiten — 2 Abbildungen — FB 40,-

Es wird ein Vergleich gegeben über die grundsätzlichen Vor- und Nachteile bei der Systemanalyse zwischen Korrelationsmethoden und der üblichen Methode mittels Differenzialgleichungssystemen.

Bei der praktischen Anwendung hat die Korrelationstechnik Vorteile, insbesondere im Hinblick auf die in automatischen Prozessen notwendigen adaptiven Regelkreisen.

Ein Schema zeigt die mögliche Anwendung von Korrelationsmessungen zur Prozessüberwachung und -Steuerung beim Kernkraftwerk.

EUR 4715 d

CORRELATION METHODS AND ADAPTIVE CONTROL SYSTEM
(Comparison, tendencies and application in nuclear power plants)
by K. DITTERICH

Commission of the European Communities
Joint Nuclear Research Centre — Ispra Establishment (Italy)
Luxembourg, October 1971 — 20 Pages — 2 Figures — B.Fr. 20.-

For system analysis two different methods are possible in general, the correlation of stochastic in- and output functions, and the "classic" method by means of differential equations. In practice the correlation technique has some advantages especially in view of automatic processes and adaptive control systems.

A rough sketch shows the use of correlation measurements for the process control of a nuclear power plant.

EUR 4715 d

CORRELATION METHODS AND ADAPTIVE CONTROL SYSTEM
(Comparison, tendencies and application in nuclear power plants)
by K. DITTERICH

Commission of the European Communities
Joint Nuclear Research Centre — Ispra Establishment (Italy)
Luxembourg, October 1971 — 20 Pages — 2 Figures — B.Fr. 20.-

For system analysis two different methods are possible in general, the correlation of stochastic in- and output functions, and the "classic" method by means of differential equations. In practice the correlation technique has some advantages especially in view of automatic processes and adaptive control systems.

A rough sketch shows the use of correlation measurements for the process control of a nuclear power plant.

EUR 4715 d

CORRELATION METHODS AND ADAPTIVE CONTROL SYSTEM
(Comparison, tendencies and application in nuclear power plants)
by K. DITTERICH

Commission of the European Communities
Joint Nuclear Research Centre — Ispra Establishment (Italy)
Luxembourg, October 1971 — 20 Pages — 2 Figures — B.Fr. 20.-

For system analysis two different methods are possible in general, the correlation of stochastic in- and output functions, and the "classic" method by means of differential equations. In practice the correlation technique has some advantages especially in view of automatic processes and adaptive control systems.

A rough sketch shows the use of correlation measurements for the process control of a nuclear power plant.

EUR 4715 d

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

KORRELATIONSMETHODEN UND ADAPTIVE SYSTEME

(Vergleich, Tendenzen und Anwendung bei Kernkraftwerken)

von

K. DITTERICH

1971



Gemeinsame Kernforschungsstelle
Forschungsanstalt Ispra – Italien

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird ein Vergleich gegeben über die grundsätzlichen Vor- und Nachteile bei der Systemanalyse zwischen Korrelationsmethoden und der üblichen Methode mittels Differentialgleichungssystemen.

Bei der praktischen Anwendung hat die Korrelationstechnik Vorteile, insbesondere im Hinblick auf die in automatischen Prozessen notwendigen adaptiven Regelkreisen.

Ein Schema zeigt die mögliche Anwendung von Korrelationsmessungen zur Prozessüberwachung und -Steuerung beim Kernkraftwerk.

SCHLAGWÖRTER

POWER PLANTS
POWER REACTORS
CYBERNETICS
TRANSFER FUNCTIONS
DIFFERENTIAL EQUATIONS
CROSS CORRELATION
CORRELATION FUNCTION
STOCHASTIC PROCESSES

KORRELATIONSMETHODEN UND ADAPTIVE SYSTEME *)

(Vergleich, Tendenzen und Anwendung bei Kernkraftwerken)

I. Bei der Bestimmung des Systemverhaltens eines Prozesses hat man es im allgemeinen mit 3 Grössen zu tun:

die System-Eingangsgrösse(n)	$x(t)$
das Übertragungsverhalten	(G)
die Systemausgangsgrösse(n)	$y(t)$

wobei die Ein- und Ausgangsgrössen meist komplexe, zeitabhängige Funktionen sind ($x, y = f(t)$).

Aus den bekannten Grössen lässt sich mit Hilfe der Zustandsgleichung

$$(1) \quad x(t) \cdot G = y(t)$$

die Unbekannte (meist Ausgangsgrösse, "Ergebnis eines Prozesses") ermitteln. Voraussetzung ist, dass bei der "klassischen Methode" sowohl die Eingangsfunktion, als auch das Übertragungsverhalten des Prozesses mit Hilfe der aus der Dynamik her bekannten Methode mathematisch formulierbar sind. Dies ist aber nur dann der Fall, wenn die Systeme linear oder quasilinear sind, und wenn sie zeitinvariant sind: d.h.:

$$(2) \quad (G \neq f(t))$$

In der Praxis weicht aber jeder technologische Prozess von diesen idealen Voraussetzungen ab und zwar aus folgenden Gründen:

I.1. Die Annahme, dass ein System sich linear verhält, trifft streng genommen nie zu, da jedes technische System mehr oder minder nicht-linear ist.

*) Manuskript erhalten am 12. Juli 1971

I.2 Die Übertragungsfunktion eines jeden technischen Systems ist immer zeitabhängig, wobei man 2 Fälle zu unterscheiden hat:

I.2.1 Alterungserscheinungen von Komponenten (Abnutzung) bewirkt eine gleitende Zeitvarianz.

I.2.2 Störungen im System
Komponenten und Systemteile verändern ihre vorbestimmte Funktion; stochastische oder abrupte Zeitvarianz (Ausfall).

II. Vergleichende Gegenüberstellung der Methoden zur Systemidentifikation*)

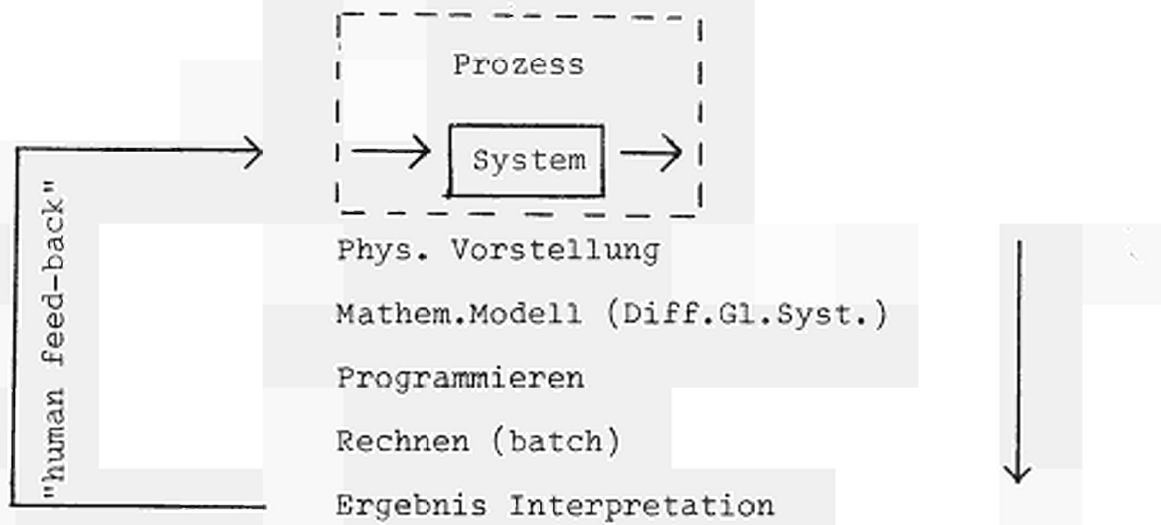
II.1 Bei der "klassischen" Methode wird das System durch einen Satz von Differentialgleichungen beschrieben. Voraussetzung ist somit, dass man die physikalischen Vorgänge des Prozessablaufes kennt und sie mathematisch formulieren kann (noch, bei umfangreichen Systemen!). Auch die Eingangsfunktionen müssen mathematisch formulierbar sein (periodische oder step-Funktionen).

$$(3) \quad G = f(F) \quad \text{und} \quad y(t) = f(t)$$

Ergebnis: man erhält mathematisch exakte (von der Rechengenauigkeit abhängige) Funktionen des Prozessausganges; jedoch eines idealisierten und technisch nicht realisierbaren Systems (Punkte I.2.1 und 2.2 !) mit ebenfalls idealisierten Eingangsfunktionen.

*) Bezieht sich nur auf lineare oder quasilineare Systeme. Inwieweit nicht-lineare Systeme wie quasilineare behandelt werden können, siehe [14]

Zeichnung 1

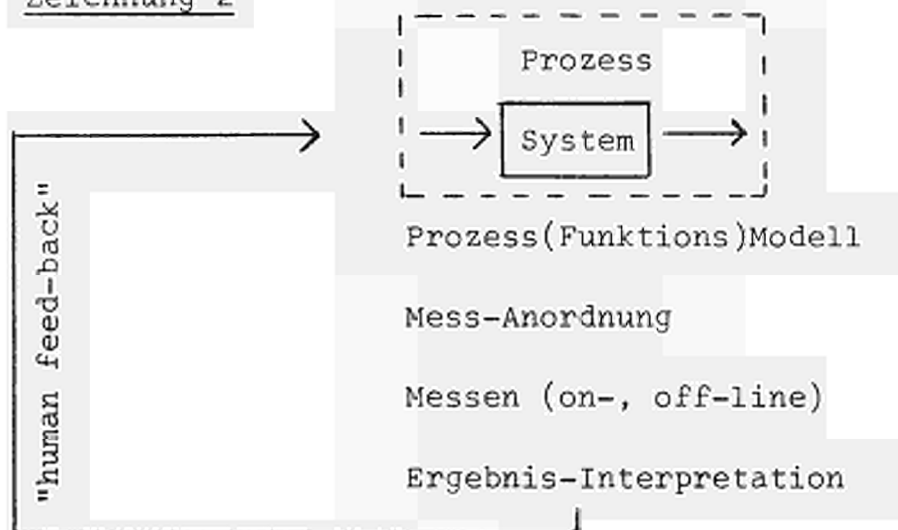


II.2 Bei der Systemidentifikation mittels Korrelationsmethoden verzichtet man auf die mathematische Formulierung des Übertragungsverhaltens eines Systems vollständig (black box), ebenso der stochastischen Eingangsfunktionen

(4) $G = f(?)$ und $y(t) = \text{stoch.}$

Durch die Korrelation der Prozess-Eingangs- und Ausgangsgrößen erhält man nur noch statistische Kenngrößen, jedoch des tatsächlichen technischen Prozesses bzw. Modells.

Zeichnung 2



Vergleich nach II.1 und II.2 ergibt:

	Differentialgleichungs- system	Korrelationsmethode
1 Genauigkeit (Ergebnis)	absolut (im Rahmen der Rechengenauigkeit)	im Rahmen der Statistik
2 Eingangsfunktionen	periodisch (aperiodisch) step, rampe (mathem.formulierbar)	stochastisch nicht mathem. formulierbar
3 Modellvorstellung des Systems	exakte physikalische Modellvorstellung notwendig	ungefähre physikal. technische Vorstel- lung genügt
4 Mathematische Formulierung	exakte mathem. For- mulierbarkeit ist Vor- aussetzung (Differentialgleichungs- system)	Korrelationsformeln
5 Formfehler	Formfehler im Gleichungs- system oder bei der Aus- rechnung gehen voll ins Ergebnis ein	Formfehler wegen 1, 2, 4 im mathem. Sinne nicht möglich: dagegen Mess- genauigkeit, Messfehl- interpretation
6 Philosophie	exakte Mathematik grosser theoretischer Aufwand "Das Ganze setzt sich mosaikartig aus exakten Details zusammen"	Modellvorstellung "Funktionsdenken"; beim Prozess "Blick aufs Ganze ohne Rücksicht auf Details"
7 Grenzen a) vom Aufwand her	Prozess muss physik.über- schaubar und mathem.for- mulierbar sein. Bei komplexen Prozessen sehr schwierig	(Modell-)und Messauf- wand muss in ökonomi- schen Grenzen bleiben. Von der Grösse und Kom- plexität des Systems her grundsätzlich keine Be- schränkung

Differentialsystem

Korrelationsmethode

b) nach der Entwicklung hin

Adaptive Systeme und automatische Prozessabläufe sind mit "klassischen" Methoden kaum mehr behandelbar. Analysen der "Resultate" dieser Prozesse sind im Hinblick auf

- Wirtschaftlichkeit
- Zuverlässigkeit
- Sicherheit

nicht mehr möglich.

Modellvorstellung und Funktionsdenken erleichtern den Übergang zu adaptiven und automatischen Systemen. Korrelationsmethoden können grundsätzlich auch in Prozessen mit multivariablen in- und outputs verwendet werden. Im Modell programmierbare Zeitinvarianz ermöglicht Untersuchung von:

- Wirtschaftlichkeit
- Zuverlässigkeit
- Sicherheit

des Prozesses.

III. Zusammenfassung

Die Systemanalyse mittels Korrelationsmethoden ist praxisnäher. Insbesondere bei grossen Systemen mit komplexen Funktionsabläufen, die schwierig oder garnicht mehr mathematisch formulierbar sind, bietet sie wesentliche Vorteile. Für Prozesse mit multivariablen in- und outputs sowie zeitvarianten Systemen ist die klassische Methode im allgemeinen nicht mehr anwendbar; mit Korrelationsmethoden findet man aber auch in diesen Fällen noch grundsätzliche Lösungen, [1, 2], wenn auch die Theorie hierzu noch nicht vollständig formuliert ist [3].

Die Korrelationsmethode verlangt den Übergang von der physikalisch-mathematischen Modellvorstellung zur technisch-funktionalen Modellvorstellung (real model thinking). Diese "Denkmethode" ist ganz allgemein bei der Betrachtung und Beschreibung komplizierter, komplexer Systeme und Prozessabläufe erforderlich [4]

Sie ist insbesondere bei der Analyse und beim Entwurf komplexer automatischer Prozesse mit adaptivem Verhalten notwendig. Bei der "klassischen" Methode müssen hier Vereinfachungen gemacht werden (um das Gleichungssystem noch formulieren zu können). Der dadurch bedingte Informationsverlust besonders im Hinblick auf das Übergangsverhalten des Prozesses (Übergangsfunktionen) ist nicht mehr zweifelsfrei feststellbar. Damit werden die Rechenergebnisse, selbst wenn die Rechnungen richtig durchgeführt und "exakte" Resultate vorliegen, mehr oder minder unglaubwürdig und somit als Aussage unbrauchbar.

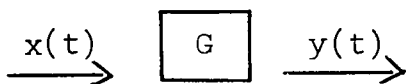
Das Umdenken in die funktionale Modellvorstellung hat ein Analogon im system design. Beim Entwurf von Systemen geht man von dem bisher als Grundlage verwendeten Strukturbild der Anlage über zu den Funktionsschemata [5]. Man kann dies vergleichsweise so darstellen:

Strukturbild der Anlage \implies Funktionsschemata des Prozesses

"mathem. Struktur" \implies funktions interactions
(Differentialgleichungss.) (Korrelation)

IV. Methoden und Entwicklungstendenzen

1) Allgemeine Systemidentifikation



1.1 mit einer System-Eingangs- und Ausgangsfunktion:

Bestimmung des Systemverhaltens "kompakter" technischer Systeme mit stochastischen in- und outputs.

- Anwendung:

Analyse von mechanischen und hydraulischen Schwingungsvorgängen: Flüssigkeits- und Gasströmungen in Rohren (Frequenzen, Maxima und Minima); z.B. Flüssigkeitsströmungen in Reaktor-Kühlmittel-Führungsrohren.

Einfluss verschiedener Parameter (Temperatur, Durchfluss, Druck) auf das Reaktivitätsverhalten bei Reaktoren.

Vermutlich spielen Korrelationsmethoden auch bei der Raumfahrt eine grosse Rolle: zeitliche Abweichung der tatsächlichen Raumkoordinaten von den idealen (berechneten, Korrelation des zeitlich-räumlichen Fehlerdrifts, statische Eingenbewegung der Raumfahrzeuge, Korrelation der Querschwingungen an Spitze und Heck → stochastische Schwerpunktspendelungen usw.

- Zukunftsaussichten:

Labormessungen (off- and on-line) werden bereits durchgeführt [6, 7].

Es ist zu erwarten, dass in absehbarer Zeit korrelierte Messwerte in das Datenverarbeitungssystem von technologischen Prozessen aufgenommen und für die laufende Betriebsführung ausgewertet werden, da sie grosse Vorteile haben: Tendenzverlauf integrierter Prozessfunktionen mit zwar nicht mathematisch exakten, aber für die Betriebsführung praktisch genauen Resultaten.

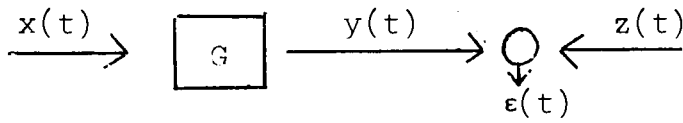
- Folge:

Entwicklung von einfachen Korrelationsmesseinrichtungen für die Betriebsmessung.

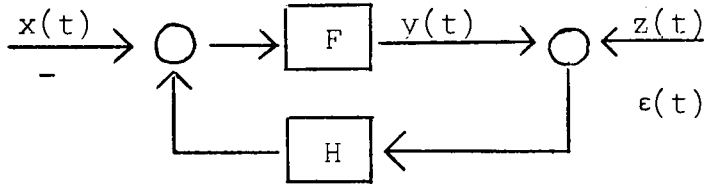
Bei Reaktoren: kontinuierliche Tendenzmessung des fuel burn-out sowie diverser feed-back Parameter [8, 9].

kontinuierliche Überwachung von Schwingungsvorgängen (Core-Gitter, Rohrleitungen, Pumpen, etc.)

2) Systemidentifikation in geregelten Systemen

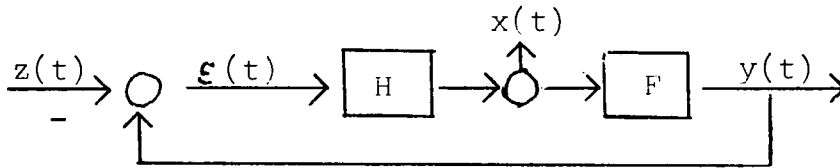


Bei Regelungen wird das Differenzsignal $\epsilon(t)$ zurückgeführt:



Das Differenzsignal $\epsilon(t)$ soll möglichst klein werden :
 $\overline{\epsilon(t)} \rightarrow \min.$

Eine Umstellung des Schaltschemas ergibt:



Nunmehr kann man $x(t)$ als Störgrösse betrachten, die ihre statistischen Eigenschaften ändern kann, ohne dass damit das Ausgangssignal $y(t)$ wesentlich beeinflusst wird.

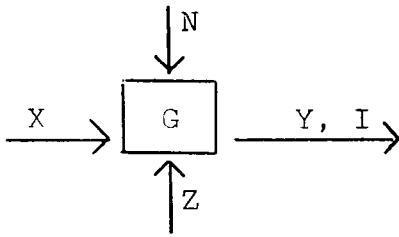
Die Korrelationswerte φ_{zy} und φ_{zx} geben Aussagen über das Verhalten des geregelten Systems [4, 10] und Möglichkeiten zum Optimieren.

- Anwendung:

Systemidentifikation von Systemen mit Störeinflüssen (noise analysis), Verhalten geregelter Prozesse mit stochastischen Eingängen, Optimieren von geregelten Systemen, Systemverhalten von zwei sich gegenseitig beeinflussenden gekoppelten Systemen, Kopplungsfaktoren zweier Systeme.

V. Adaptive Systeme

1) Allgemeine Darstellung eines adaptiven Systems [11]



\dot{X} = Bereich der Eingangsfunktionen
 \dot{Y} = Bereich der Ausgangsfunktionen
 \dot{Z} = Bereich der Eingangsparameter, die über die Regelung oder die Automatik auf den Prozess einwirken

N = Bereich der unkontrollierten Einflüsse, die zu einer zeitabhängigen Varianz von G führen; z.B. Alterung, Störungen, allgemeine System-Funktionsabweichungen, etc.

I = Index des Wirkungsgrades der Anlage

Beispiele für N :

Änderung der Moderator-Reaktivitätskonstante infolge Bestrahlung oder durch chemische Vorgänge im Reinigungssystem. Änderung des Durchflusses infolge Ablagerungen in Rohrleitungen, Abnützung der Pumpen, Zeitvarianz in den Kennlinien von Regelventilen, etc. Stromausfall infolge äußerer Einwirkungen.

In I enthalten sind z.B.:

Preis pro Kern, Verfügbarkeitsfaktor der elektrischen Abgabeleistung; aber auch Kosten für Wartung, Reparatur, Versicherung, etc.

Es gelten folgende allgemeine Beziehungen:

$$(5) \quad Y, I = F(X, N, Z)$$

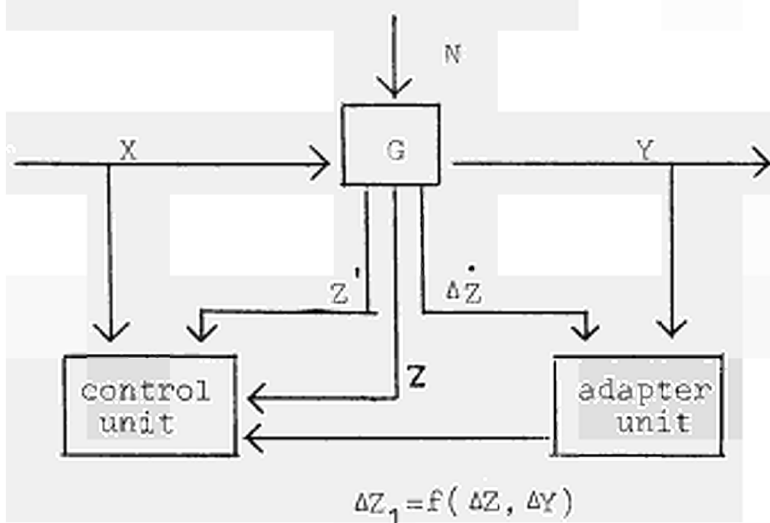
$$(6) \quad I = F(Y, X)$$

$$(7) \quad I \in y(t)$$

$$(8) \quad G = \text{Zeitvariant für } N > 0$$

$$(9) \quad Z_{\text{contr.adapt.}} = F(X, Y, N)$$

Ein System mit adaptiver Steuerung kann wie folgt grundsätzlich dargestellt werden:



$$(10) \quad (I \in Y), Y = f(X, N, Z)$$

Für einen genügend kleinen Zeitbereich ($\tau \leq \epsilon$) kann das Regelsystem als im Gleichgewichtszustand betrachtet werden, so dass die Änderung des outputs $\Delta y_{\tau(t)}$ nur noch eine Funktion der Störung ΔN ist:

$$(11) \quad \Delta y_{\tau} = f(\Delta y)_{\tau}$$

Aus den beiden Werten $(\delta y)_{\tau}$ und $(\Delta z)_{\tau}$ kann die Adaptereinheit eine neue Funktion errechnen:

$$(12) \quad z_{1\tau} = f(\Delta z, \Delta y)_{\tau}$$

die die Parameter des Reglers korrigiert.

Für alle Z_i folgt:

$$(13) \quad z_{it} = \sum_{j=1}^m b_{ij} \prod_{k=1}^n \Delta Y_k^{\alpha_{jk}}$$
[12]

Während man es beim normalen geregelten Prozess ohne adaptivem Verhalten mit 3 variablen Funktionsgrößen zu tun hat (siehe Seite 8), kommt bei adaptiv gesteuerten Prozessen noch eine vierte hinzu.

Das Korrelationsschema geregelter Prozesse mit adaptivem Verhalten ist dann:

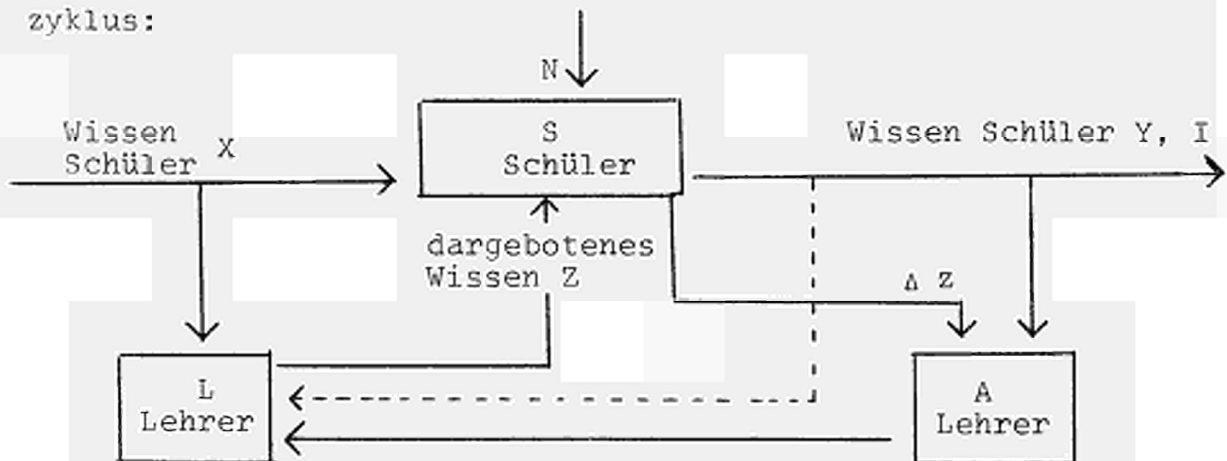
$$(14) \quad f(x)_t, f(y)_t, f(z)_t \quad \text{corr.} \quad f(I \text{ \& } Y)_t$$

$$(15) \quad f \left\{ f(y), f(\Delta z) \right\}_t \text{ \& } \Delta Z_1 \quad \text{corr.} \quad f(z)_t$$

$$(16) \quad f \left\{ f(x)_t, f(z')_t, f(\Delta z_1) \right\}_t \quad \text{corr.} \quad f(\Delta Z_1)_{\text{adapt.}}$$

VI. Adaptive Systeme und Kybernetik

Ein Beispiel aus dem Bereich der Informatik, das der vorhergegangenen grundsätzlich theoretischen Betrachtung adaptiver Systeme gut entspricht, ist der Lehrer - Schüler - Lernzyklus:



Der Schüler stellt die "Übergangsfunktion" (S) dar, die das ihm dargebotene Wissen (Z) mit einem entsprechenden Wirkungsgrad (I) verarbeitet und als output (Y) kenntlich darstellt, (im Gegensatz zu jedem industriellen Prozess, wo immer $I_{\max} \leq 1$ ist, kann hier $I_{\max} \Rightarrow 1$ sein, infolge der kreativen Fähigkeit des Menschen!).

Im nicht-adaptiven Zustand vermittelt der Lehrer Wissen (Grösse Z) an das "System" Schüler (S) als Funktion des vorhandenen Wissens (Grösse X) und eines gewünschten Ergebnisses (Wissensstand Y, Wirkungsgrad I, $I \in Y$). Es handelt sich hier um ein input - output Regelkreis!).

Im adaptiven Zustand modifiziert der Lehrer seine Lehrmethoden durch Vergleich der Grössen X, Y und ΣI sowie der spontanen Rückäusserungen des Schülers (ΔZ) auf den "Z-input".

(N) ist dabei eine vom Lehrer nicht vorhersehbare "Störeinkwirkung", die das "übertragungssystem" Schüler : $X \text{ corr. } Y$, $I \in Y$ entweder gleitend zeitvariant (z.B. durch Unaufmerksamkeit, variables Interesse für diverse Fächer etc.) oder abrupt zeitvariant (z.B. Krankheit) verändert.

Das Beispiel zeigt, wie weit die Analyse adaptiver Prozesse in das Gebiet der Kybernetik reicht.

Man kann daraus folgen, dass man sich letztlich von den klassischen analytischen Lösungsansätzen und überhaupt von der klassischen Denkweise lösen muss, um das Verhalten adaptiver Systeme in komplexen Prozessen sinnvoll beschreiben zu können [13].

VII. Anwendung adaptiver Systeme beim Betrieb von Reaktoren

Beschreibung des Schemas nach Blatt 1:

Es erscheint zweckmässig, die laufende Korrektur der control-loops (im wesentlichen des $\rho - \phi$ Regelkreises) durch zwei Adaptiv-Systeme vorzunehmen. Das eine System korrigiert die Reaktivitätsdrift (Zeitvariable von ρ), die im wesentlichen vom Abbrand der Brennelemente $\rho = F(A)_t$ und der Änderung der Moderator-Reaktivitätskonstante $k_{\phi m} = F(\phi, t)$ herrührt. Hierzu ist ein Abbrandrechner erforderlich, dessen Signale in die Adaptereinheit I einwirken. (Bei Reaktoren mit kontinuierlicher Umsetzung der BE wird von diesem Rechner auch das Umsetzprogramm geliefert bzw. korrigiert). Ein weiteres Signal erhält die Adaptereinheit vom Neutronenfluss aus:

$$\begin{array}{l} n_R \longleftrightarrow \phi \\ n_{R \text{ stat}} \implies \max \end{array}$$

Hier werden also im wesentlichen physikalisch bedingte gleitend zeitvariante Parameter berücksichtigt mit dem Ziel:

$$\Sigma n_R \implies \max$$

Die Adaptereinheit II verwertet die korrelierten Signale von ρ und ϕ sowie $n = F(\phi)$ und stellt die Divergenz von der idealen $\rho - \phi$ Korrelationsfunktion mit der tatsächlich gemessenen fest. Daraus lassen sich technisch bedingte gleitende oder abrupte Zeitvarianzen von Komponenten oder Systemgruppen eliminieren.

(Störeinflüsse ΣN).

Diese Zeitvarianzen werden durch Alterung, Abnützung der Komponenten, Ablagerungen (etwa in Hydraulikkreisläufen), Änderung der Regelcharakteristik, oder durch Ausfall verursacht.

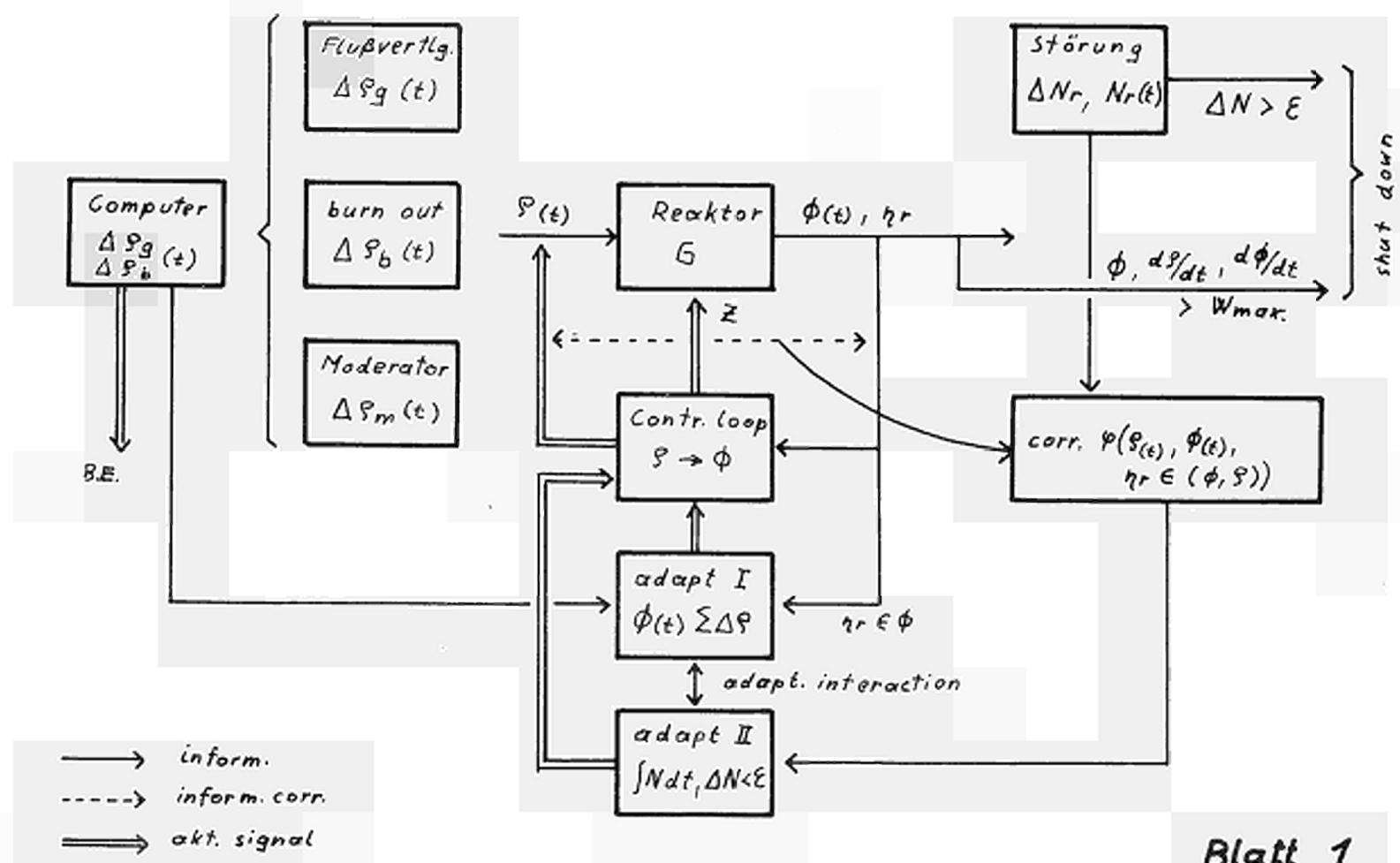
Zwischen den Adapterkreisen I und II müssen "functions-interactions" bestehen, da die erwähnten Zeitvarianzen gegenseitige Rückwirkungen haben könnten.

Beschreibung zu Blatt 2:

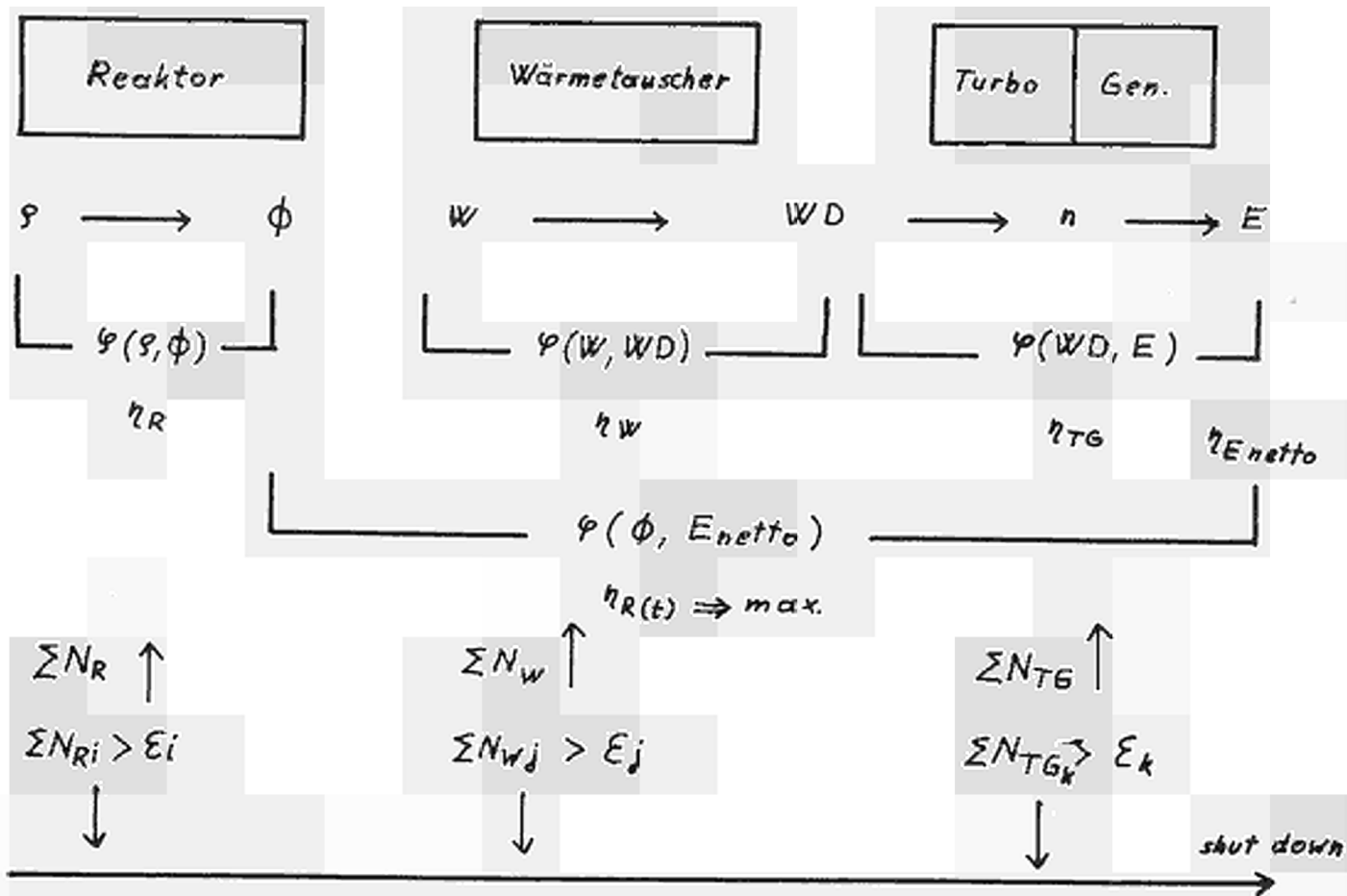
In Blatt 2 ist das grundsätzliche Korrelationsschema eines gesamten Kernkraftwerkes aufgezeichnet. Hierzu ist zu sagen, dass Möglichkeiten und zweckmässige Anwendung von korrelierten Werten bei den Funktionsgruppen Wärmetauscher und Turbo-Generator im einzelnen noch nicht erforscht sind. Es liegt hier noch ein weites Feld an Entwicklungsmöglichkeiten vor, das, im Hinblick auf kommende vollautomatische Kraftwerkseinheiten, baldigst bearbeitet werden sollte.

Literaturverzeichnis

- [1] A.V.BALAKRISHNAN, "Identification of Control Systems from Input-Output Data"
IFAC Symposium, Prague (1967)
- [2] Y.M. LEE, "Statistical Theory of Communication"
John Wiley and Sons, N.Y.
- [3] P.M.E.M.VAN DER GRINTEN "Stochastische Prozesse in der Mess- und Regelungstechnik"
R. Oldenburg, München (1965)
- [4] H.SCHLITT, "Stochastische Vorgänge in linearen und nichtlinearen Regelkreisen"
F.Vieweg und Sohn, Braunschweig (1968)
- [5] K.DITTERICH, "Zur Sicherheitsanalyse von Kernkraftwerken"
Atomwirtschaft - Atomtechnik, 3, März 1970
- [6] E.B.DAHLIN, B.D.BREWSTER, "Process Identification for Control Systems"
Design and Tuning
Control Engineering, April 1969
- [7] A.GARONI, A.C.LUCIA, "Identificazione di sistemi controeazionati mediante rilievi della matrice spettrale"
EUR 4458.i (1970)
- [8] W.BASTL, "Korrelationsverfahren in der Kernreaktor-messtechnik"
Regelungstechnik, Heft 2 (1966)
- [9] K.DITTERICH, "Identification of Systems with Feedback by Use of Correlation Methods"
ISP 1438 (April 1970)
- [10] K.J.ASTRÖM, "Introduction to Stochastic Control Theory"
Academic Press, N.Y. (1970)
- [11] Ya.Z.TSYPKIN, "Adaption, Learning and Selflearning in Control Systems"
Survey paper of 3. IFAC congress, London (1966)
- [12] V.A.VENIKOV, L.V.TSUKERNIK, "Working out a Method for the Cybernetic Control of Integrated Electric Power Systems"
2. IFAC Congress, Basel (1963)
- [13] M.PESCHEL, "Kybernetik und Automatisierung"
Reihe Automatisierungstechnik, Band 30
Vieweg und Sohn, Braunschweig (1969)
- [14] D. SCHWALM, "Der Einfluss von Störungen auf das zeitliche Verhalten von Kernreaktoren unter Verwendung eines Mehrgruppen- und Mehrpunktmodells bei Berücksichtigung von Rückkopplungseffekten"
EUR 4270 (1969)



Blatt 1



AN UNSERE LESER

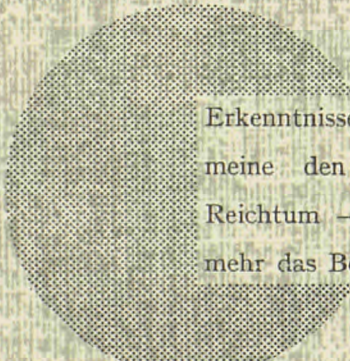
Alle von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften veröffentlichten wissenschaftlichen und technischen Berichte werden in der Monatszeitschrift „euro-abstracts“ angezeigt.

Abonnements (1 Jahr : DM 60,- Bfrs 820,-) und Probehefte sind erhältlich bei :

Handelsblatt GmbH
„euro-abstracts“
D-4 Düsseldorf 1
Postfach 1102
Deutschland

oder

Amt für öffentliche Veröffentlichungen
der Europäischen Gemeinschaften
Postfach 1003 - Luxemburg 1



Erkenntnisse verbreiten ist soviel wie Wohlstand verbreiten — ich meine den allgemeinen Wohlstand, nicht den individuellen Reichtum — denn mit dem Wohlstand verschwindet mehr und mehr das Böse, das uns aus dunkler Zeit vererbt ist.

Alfred Nobel

VERTRIEBSSTELLEN

Alle von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften veröffentlichten Berichte sind bei folgenden Stellen zu den auf der ersten Rückseite des Umschlags angegebenen Preisen erhältlich. Bei schriftlicher Bestellung bitte die EUR-Nummer und den Titel, die beide auf der ersten Umschlagseite jedes Berichts stehen, deutlich angeben.

AMT FÜR ÄMTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

Postfach 1003 - Luxemburg 1
Compte chèque postal N° 191-90

BELGIQUE — BELGIË

MONITEUR BELGE
Rue de Louvain, 40-42 - B-1000 Bruxelles
BELGISCH STAATSBAD
Leuvenseweg 40-42 - B-1000 Brussel

LUXEMBOURG

OFFICE DES
PUBLICATIONS OFFICIELLES DES
COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES
Case Postale 1003 - Luxembourg 1

DEUTSCHLAND

VERLAG BUNDESANZEIGER
Postfach 108 006 - D-5 Köln 1

NEDERLAND

STAATSDRUKKERIJ
en UITGEVERIJBEDRIJF
Christoffel Plantijnstraat - Den Haag

FRANCE

SERVICE DE VENTE EN FRANCE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES
rue Desaix, 26 - F-75 Paris 15^e

ITALIA

LIBRERIA DELLO STATO
Piazza G. Verdi, 10 - I-00198 Roma

UNITED KINGDOM

H. M. STATIONERY OFFICE
P.O. Box 569 - London S.E.1

Kommission der
Europäischen Gemeinschaften
G.D. XIII - C.I.D.
29, rue Aldringen
L u x e m b o u r g

CDNA04715DEC