

Zentralabteilung Strahlenschutz  
KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH  
des Landes Nordrhein-Westfalen

**Elektronisches Kurvenauswertegerät  
für Registrierstreifen**

von

M. Keller und W. Hofmann

**Jül - 154 - ST**

**November 1964**

**Berichte der Kernforschungsanlage Jülich – Nr. 154**

Zentralabteilung Strahlenschutz - Jül - 154 - ST

DOK.: RECORDING INSTRUMENTS  
GRAPHIC DATA PROCESSING MACHINE

DK.: 621.317.087.61 : 621.317.757

Zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich  
Jülich, Bundesrepublik Deutschland

Von M. Keller und W. Hofmann Aus der Kernforschungsanlage Jülich des Landes Nordrhein-Westfalen e. V.

In vielen Bereichen der Technik werden zur Überwachung der Betriebsvorgänge in zunehmendem Maße registrierende Meßverfahren eingesetzt, wobei die zu überwachenden Meßgrößen auf Registrierstreifen aufgezeichnet werden. Da die Registrierstreifen häufig infolge ihrer Länge keine direkte Übersicht ergeben und die Auswertung dieser Diagramme sehr zeitraubend ist, wurde von uns ein Kurvenauswertegerät entwickelt, dessen Aufgabe darin besteht, Mittelwerte über variable Abszissen-Abschnitte der vorliegenden Diagramme zu bilden und diese auf ein zur Dokumentation geeignetes Format umzuschreiben. Weiter sollen durch dieses Gerät bei der Auswertung der Registrierstreifen die Tages-, Wochen- und Monatsmittelwerte digital ausgedruckt werden. Durch diese Spezialisierung der Aufgabe ist es möglich, eine einfache und billige Apparatur zu bauen. Da auch an anderen Stellen Bedarf für ein derartiges Auswertegerät bestehen dürfte, soll dieses kurz beschrieben werden.

### 1. Aufgabenstellung

Anlaß zu dieser Entwicklung gaben die aus der Radioaktivitäts- und Strahlungsfeldüberwachung der Kernforschungsanlage Jülich in großer Anzahl anfallenden Registrierstreifen, welche zur Dokumentation als Monatsübersichten laufend umzuzeichnen und auszuwerten sind. Um zur Beweissicherung auch kurzzeitige Meßwertänderungen erfassen zu können, kann die Vorschubgeschwindigkeit der Original-Registrierstreifen nicht beliebig klein gewählt werden. Da eine Vorschubgeschwindigkeit von 10 mm/h als ausreichend zu betrachten ist, wurde dieser Wert für alle kontinuierlich arbeitenden Überwachungsstationen festgelegt, so daß sich für eine Registrierzeit von 30 Tagen eine Länge der Registrierstreifen von 7,20 m ergibt. Zur Gewinnung der Monatsübersichten sollen die Registrierstreifen z. B. auf ein Format DIN A 4 umgeschrieben werden. Durch auswechselbare Kurvenscheiben sollen weiter beliebige, auch nichtlineare Ordina-

tenmaßstäbe eingestellt werden können. Für symbolische Darstellungen sind auch mehrere Kurvenzüge in das selbe Diagramm einzuzichnen. Um die Abtastegeschwindigkeit und somit die Auswertzeit der auszuwertenden Kurvenform anpassen zu können, ist die Abtastegeschwindigkeit variabel auszuliegen.

Die zu integrierenden Kurvenzüge liegen u. a. als Punktfolgen eines Mehrfach-Punktschreibers vor, wobei sich die Kurvenzüge durch Farben und Zeichenformen unterscheiden. Eine vollautomatische Meßwerterfassung einer bestimmten Kurve ist darum ohne Aufwand nicht durchführbar [1]. Die Umwandlung der Meßgröße in eine systemeigene Größe des Auswertegerätes erfolgt daher zweckmäßig manuell und visuell durch Nachführen eines Stellzeigers entlang der jeweils auszuwertenden Kurve. Bei der Verarbeitung der systemeigenen Größe ist zu entscheiden, ob diese digital oder analog erfolgen soll. Da das Integrationsergebnis als Treppenkurve direkt geschrieben werden kann und eine Auswertegenauigkeit der Registrierstreifen von etwa 3% ausreicht, genügt eine analoge Verarbeitung der Meßgröße. Hierfür bietet sich der aus Zeitablenkgeräten und Analogrechnern bekannte Miller-Integrator [2] an, der sowohl zum Integrieren als auch zum Speichern verwendet werden kann.

### 2. Funktionsschreibung

Die Wirkungsweise des Gerätes sei anhand des Blockschaltbildes (Abb. 1) erläutert. Der auszuwertende Registrierstreifen wird in den Geber eingelegt und dort von einer Papiertransportvorrichtung mit variabler Vorschubgeschwindigkeit angetrieben. Dabei läuft der Streifen unter einem quer zur Transportrichtung beweglichen Stellzeiger Z vorbei. Durch das Nachführen des Stellzeigers entlang der ausgewählten Kurve bewegt sich der Schleifer eines als Spannungsteiler geschalteten Potentiometers P. An diesem entsteht so eine dem Kurvenverlauf analoge Spannung  $U_1$ ,

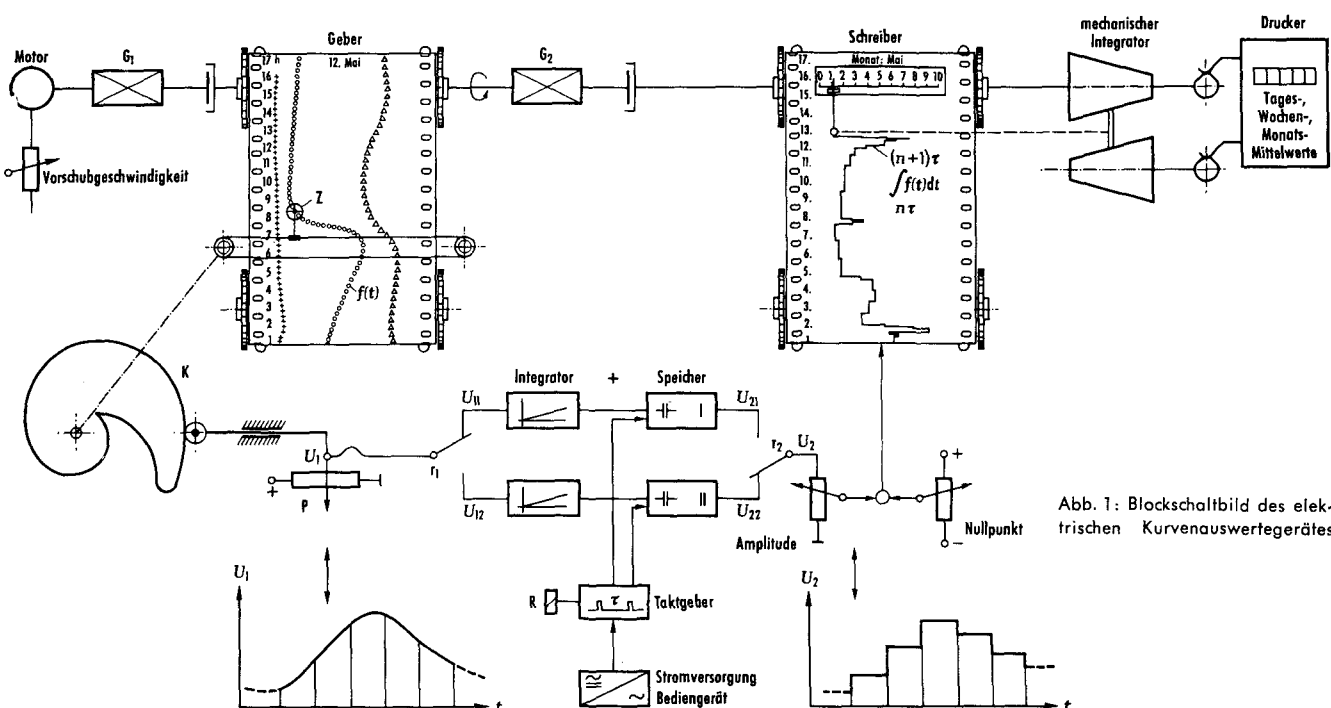


Abb. 1: Blockschaltbild des elektronischen Kurvenauswertegerätes

welche über den Kontakt  $r_1$  des Relais R einem der beiden Miller-Integratoren zugeführt wird.

Da die zur Messung benutzten Geräte in vielen Fällen nicht-lineare Skalenteilung, und somit die erhaltenen Registrierkurven nichtlineare Ordinaten-Maßstäbe aufweisen, ist zur Umwandlung des Maßstabes zwischen Stellzeiger Z und Potentiometer P vor den Integratoren eine auswechselbare Kurvenscheibe K vorgesehen. Je nach Form der eingelegten Kurvenscheibe erhält man für die auf die Vorlage zu übertragende Kurve einen z. B. linearen oder logarithmischen Ordinatenmaßstab.

Um eine fortlaufende Integration zu erhalten, sind zwei Miller-Integratoren, die abwechselnd als Integrator und Speicher betrieben werden, vorgesehen. Am Ende eines jeden Integrationsintervalls tritt am Ausgang des einen Integrators eine dem Integral  $\int_{n\tau}^{(n+1)\tau} f(t)dt$  entsprechende Spannung auf, welche für die Dauer des nächsten Intervalls gespeichert und geschrieben wird, während der andere Integrator das Integral  $\int_{(n+1)\tau}^{(n+2)\tau} f(t)dt$  bestimmt.

Ein von der Netzfrequenz gesteuerter Taktgeber liefert die Rückstellimpulse für die Speicher und das Umschaltsignal für das Relais R. Sollen durch die Integration Stundenmittelwerte gebildet werden, so ergibt sich bei einem Registrierstreifenmaßstab von 10 mm/h eine Integrations- und somit eine Taktzeit von 1 s für den Taktgeber. Am Kontakt  $r_2$  des Relais entsteht durch den Integrationsvorgang eine Treppenspannung  $U_2$ . Amplitude und Lage der auf der Vorlage aufzuzeichnenden Treppenkurve sind über zwei Potentiometer unabhängig voneinander einstellbar. Dadurch können der Aufgabenstellung entsprechend für synoptische Darstellungen durch Verschiebung der Lage des Nullpunktes weitere Kurvenzüge auf dasselbe Diagramm geschrieben werden.

Der Schreiberantrieb ist über ein Getriebe  $G_2$  mit dem Geberantrieb starr gekoppelt. Dieses auswechselbare Getriebe legt das Verhältnis der Zeitmaßstäbe zwischen Geber und Schreiber fest. Soll die Umschreibung des Registrierstreifens direkt auf ein Blatt im Format DIN A 4 vorgenommen werden, so ist bei einer Abszissenlänge von 240 mm auf der Vorlage zwischen Abtast- und Wiedergabetransport eine Untersezung von 30:1 vorzusehen. Damit ergibt sich ein Stundenabstand von  $\frac{1}{3}$  mm. Die feste zeitliche Zuordnung der Geber- und Schreibervorschübe über das Getriebe  $G_2$  bewirkt auf beiden Seiten die gleiche Zeitmaßstabverzerrung und hebt sich somit auf. Auf dem Schreiber erhält man darum einen in der Zeitkoordinatenlänge gekürzten planimetrierten Kurvenverlauf.

Eine von der Dauer des Integrationsintervalls unabhängige Vorschubgeschwindigkeit ermöglicht dem Auswerter, die Vorschubgeschwindigkeit so einzustellen, daß dieser den Schwankungen der Kurve gut folgen kann. Bereiche, in denen evtl. nur konstante Amplituden vorkommen, können darum schneller durchgefahren werden. Die Veränderung der Vorschubgeschwindigkeit bei konstanter Taktzeit hat zur Folge, daß die Potentiometerspannung  $U_1$  bei hoher Vorschubgeschwindigkeit (in quasi konstanten Amplitudenbereichen) über große Abszissenlängen, bei kleiner Vorschubgeschwindigkeit (in Bereichen starker Amplitudenänderung) über kleine Abszissenlängen durch die abwechselnd arbeitenden Integratoren I und II gemittelt wird. Am Ausgang der Speicher ergibt sich – im Rhythmus des Taktgebers – eine treppenförmige Integratorspannung  $U_2$ .

Aus Versuchen an vorliegenden Registrierstreifen ergab sich für die Auswertung eine zweckmäßige mittlere Vorschubgeschwindigkeit von 10 mm/s. Die Auswertezeit für einen Monatsstreifen von 7,2 m Länge beträgt damit nur etwa

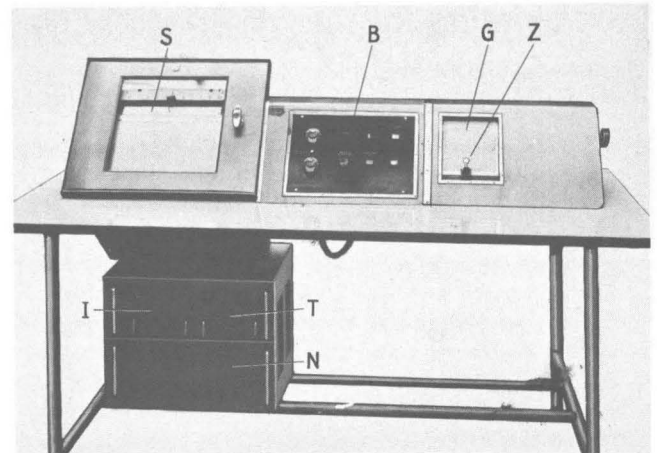


Abb. 2: Gesamtansicht des elektronischen Kurvenauswertegerätes: G Geber mit Original-Registrierstreifen, Z Stellzeiger, S Schreiber zur Aufzeichnung der Übersichtskurven, I Integratoren, T Taktgeber, N Netzteil, B Bedienungsteil

12 min, während ohne die Auswertehilfe hierfür viele Stunden benötigt werden. Die obere Grenze der Vorschubgeschwindigkeit ist durch den im Geberfenster übersehbaren Kurvenzug und die Reaktionszeit der Bedienungsperson zum Anpassen der Vorschubgeschwindigkeit an die Schwankungen der Kurve bedingt und liegt bei etwa 30 mm/s.

Sollen gleichzeitig neben den Stundenmittelwerten auch Tages-, Wochen- und Monatsmittelwerte bestimmt werden, so ist zusätzlich ein mechanischer Integrator vorzusehen, der wegen der notwendig festen zeitlichen Zuordnung starr mit dem Geberschreiberantrieb zu koppeln ist. Die bei einem Registrierstreifenablauf gleichzeitig erhaltenen Tages-, Wochen- und Monatsmittelwerte können durch einen Drucker ausgedruckt werden.

### 3. Technische Einzelheiten

Den Aufbau des erstellten Gerätes zeigt Abb. 2. Auf der rechten Seite befindet sich der Geber, in welchen der auszuwertende Registrierstreifen eingelegt und in dem durch den Stellzeiger eine auszuwählende Kurve abgetastet wird. Durch den Schreiber auf der linken Seite wird der über die Integratoren gemittelte Kurvenzug als Treppenkurve auf die gewünschte Vorlage umgezeichnet. Durch den Bedienungseinschub werden Vorschubgeschwindigkeit, Lage des Nullpunktes und Amplitude eingestellt.

#### Integrator

Eine einfache Möglichkeit zur analogen Integration bildet der Miller-Integrator [2]. Für die Schaltung nach Abb. 3 gilt

$$U_a = \frac{1}{RC} \int_{n\tau}^{(n+1)\tau} U_e(t) dt \cdot \frac{V}{1+V}, \text{ wenn } U_g \ll U_e.$$

Man erkennt, daß die Verstärkung  $V$  – falls  $V \gg 1$  – trotz eventueller Schwankungen keinen Einfluß auf den Zusammenhang  $U_a = f(U_e)$  hat. Der Integrator wirkt als Speicher

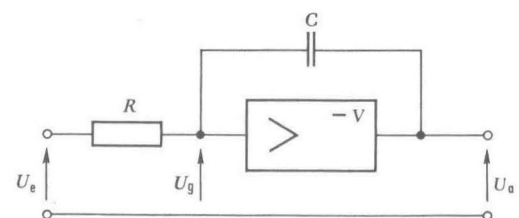


Abb. 3: Blockschaltbild des Miller-Integrators:  $U_e$  Eingangsspannung,  $U_g$  Gitterspannung,  $U_a$  Ausgangsspannung,  $V$  Verstärker

für  $U_a$ , solange  $U_e$  abgeschaltet ist, denn es muß immer  $U_a + U_c + U_g = 0$  gelten. Die Speicherdauer innerhalb vorgegebener Fehlergrenzen hängt im wesentlichen von  $V$  und den Ableitwiderständen ab. Bei der ausgeführten Schaltung wird eine Integrationsgenauigkeit von 0,5%, bezogen auf Vollausschlag, erreicht.

Durch die Entladung des Kondensators  $C$  wird die Ausgangsspannung  $U_a$  auf Null gestellt. Das geschieht hier über eine Diodenschaltung, die während der Dauer  $\tau_R$  des Rückstellimpulses leitet. Das Rückstellen erfolgt unmittelbar vor Beginn des neuen Integrationsintervalls, so daß keine Integrationsverluste entstehen. Die Einschwingkonstante  $\tau_s$  des Schreibers sollte groß gegenüber der Dauer des Rückstellimpulses  $\tau_R$  sein, damit dieser nicht auf die Kurvenunterbrechungen anspricht. Außerdem muß die Einschwingzeit  $\tau_s$  des Schreibers klein sein gegenüber der Integrations- bzw. Speicherzeit  $\tau$ , damit die Treppen durch das Einschwingen des Schreibers an den Vorderkanten nicht zu sehr abgerundet werden.

#### Taktgeber

Das hier angewendete Prinzip benötigt bei beliebiger Vorschubgeschwindigkeit des auszuwertenden Registrierstreifens eine feste Integrationszeit von 1 s. Der Takt wird durch Untersetzung der 50-Hz-Netzfrequenz in 2 dekadischen Teilern gewonnen. Von ihm werden das Umschaltrelais  $R$  (Abb. 1) gesteuert und die Rückstellimpulse abgeleitet.

#### Kurvenentzerrung

Die Umsetzung von einem nichtlinearen auf linearen bzw. logarithmischen Ordinatenmaßstab erfolgt mechanisch über eine Kurvenscheibe. In Abb. 4 ist der Gebereinschub mit Papiertransportvorrichtung und Kurvenentzerrung abgebildet. Die Bewegung des Zeigers über die volle Registrierstreifenbreite von 120 mm entspricht einer Drehung der Kurven-

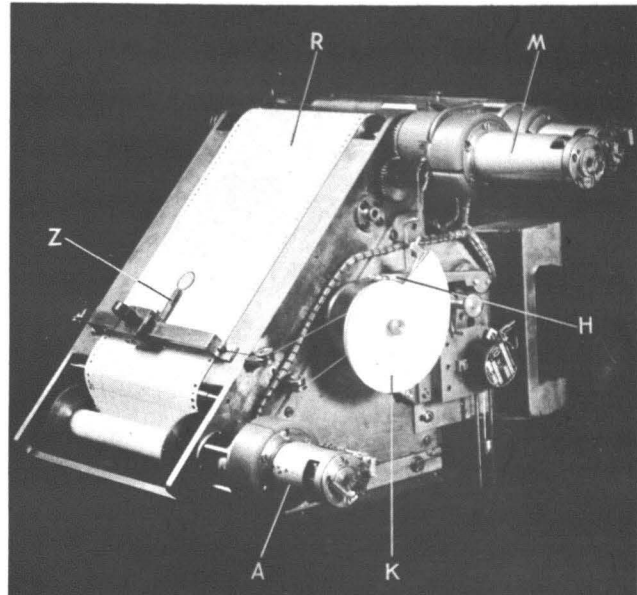


Abb. 4: Gebereinschub des elektronischen Kurvenauswertegerätes. R Original-Registrierstreifen, Z Stellzeiger mit Führung, K Kurvenscheibe zur Umwandlung des Ordinatenmaßstabes, H Abtasthebel, M Papierantriebsmotor, A Papieraufwickelmotor

scheibe von  $530^\circ$ . Über diesem Winkel  $\varphi$  ist der zu entzerrende und umzusetzende Maßstab als  $r = f(\varphi)$  aufgetragen. Da die Länge des Abtasthebels etwa das Doppelte der Höhendifferenz  $r_{\max} - r_{\min}$  beträgt und der Abtasthebel dabei um etwa  $25^\circ$  ausgelenkt wird, ist die Kurvenscheibe zusätzlich mit einer Sinuskorrektur versehen. Eine Zahnradübersetzung paßt die Drehung des Abtasthebels an die  $270^\circ$ -Schleiferbewegung des Präzisions-Drahtpotentiometers  $P$  an.

#### Literatur

- [1] Kürner, H.: Siemens-Zeitschrift **34**, 604 (1960)
- [2] Briggs, B. H.: Electronic Engineering **20**, 243 (1948)