

**AEG**



# **DATENVERARBEITUNG**

---

**Perspektivische Darstellung  
von Rechenergebnissen  
mit Hilfe eines Analogrechners**



## PERSPEKTIVISCHE DARSTELLUNG VON RECHENERGEBNISSEN MIT HILFE EINES ANALOGRECHNERS

In allen Bereichen der Technik und Naturwissenschaft werden Ergebnisse einer Rechnung oder Messung in der Form  $u = f(t)$  als Kurvenzug aufgezeichnet. Diese Darstellung zeigt anschaulich die gegenseitige Abhängigkeit von zwei Variablen. Will man in einem einzigen Diagramm eine weitere Größe  $v = f(t)$  berücksichtigen, so muß man die gegenseitige Abhängigkeit der Variablen  $u, v, t$  in einem dreidimensionalen Koordinatensystem räumlich oder perspektivisch darstellen. Die räumliche Darstellung scheidet im allgemeinen an einem zu großen technischen Aufwand. Auch auf die perspektivische Aufzeichnung wird meist wegen des damit verbundenen Rechenaufwands verzichtet. Man gibt sich deshalb meist mit mehreren zweidimensionalen Aufzeichnungen zufrieden, obwohl sich mit einem Analogrechner mit geringem Aufwand eine Rechenschaltung realisieren läßt, die eine Kurve  $y = f(x)$  für eine perspektivische Darstellung errechnet, wenn die drei Variablen  $u, v, t$  in diese Schaltung als Eingangsgrößen gegeben werden.

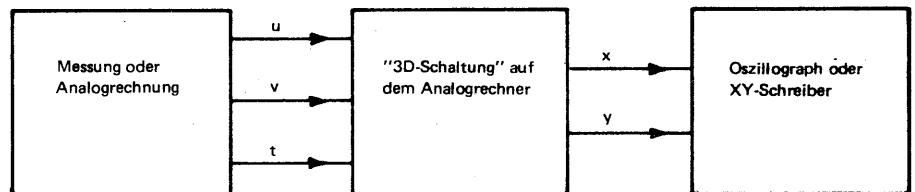


Abb. 1: Blockschaltbild der perspektivischen Darstellung von drei Variablen

Die einfachste "3D-Schaltung" läßt sich durch folgende Gleichungen beschreiben:

$$\begin{aligned} x &= u \cos \varphi + t \sin \varphi \\ y &= v \end{aligned}$$

Hierbei kann die perspektivische Abbildung um den Winkel  $\varphi$  um die  $v$ -Achse gedreht werden.

Es gibt verschiedene Realisierungsmöglichkeiten dieser 3D-Schaltung mit einem Freiheitsgrad zur Drehung:

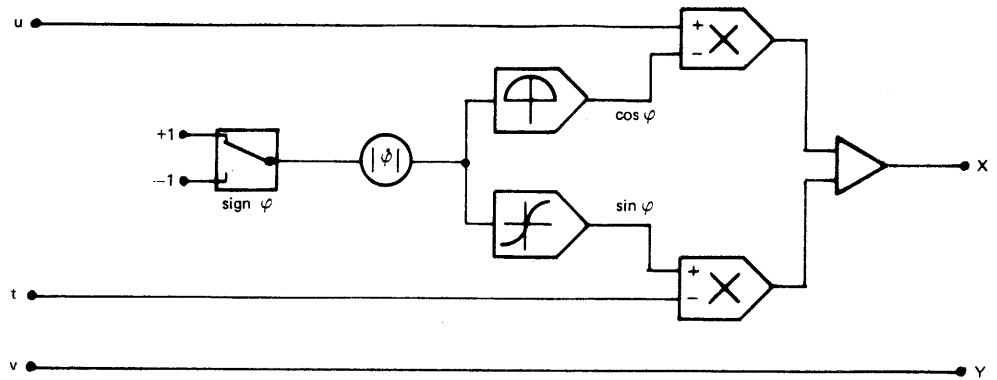


Abb. 2: 3 D-Schaltung mit am Potentiometer einstellbarem Winkel

In den folgenden Schaltungen (Abb. 3-5) kann sich der Drehwinkel  $\varphi$  von selbst stetig ändern, so daß man auf einem Oszillographen den Eindruck eines sich drehenden räumlichen Gebildes erhält.

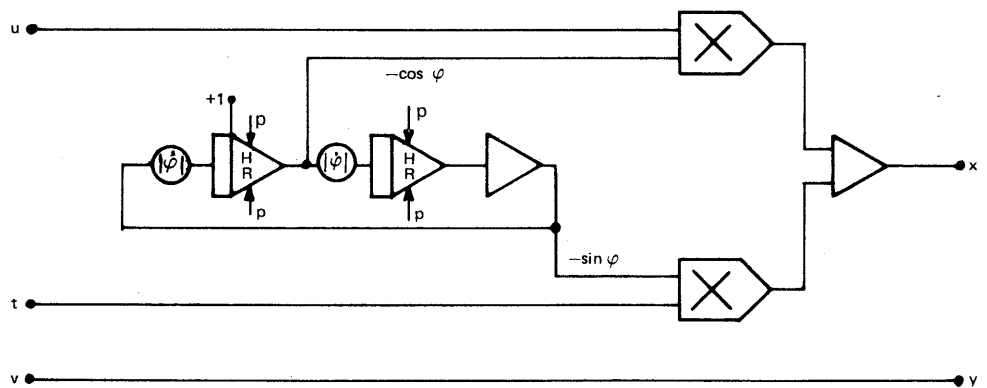


Abb. 3: 3 D-Schaltung mit sich zeitlich änderndem Winkel  $\varphi$

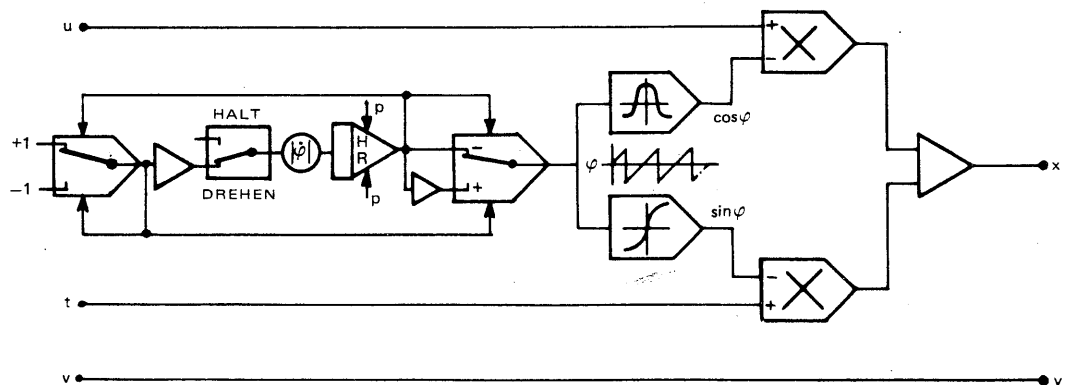


Abb. 4: 3 D-Schaltung mit sich zeitlich änderndem Winkel  $\varphi$  (Die Drehung kann angehalten werden)

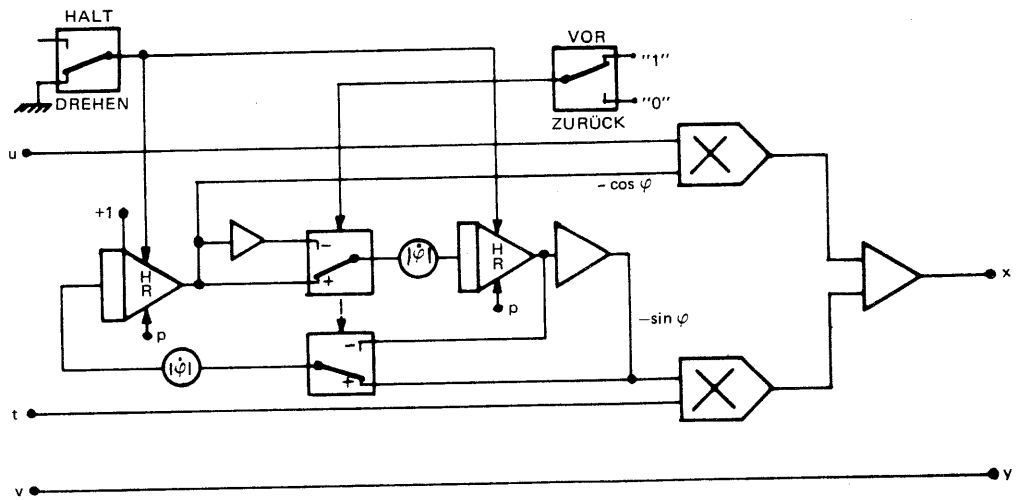


Abb. 5: 3 D-Schaltung mit sich zeitlich änderndem Winkel  $\varphi$   
 (Die Drehung kann angehalten und umgekehrt werden)

In ähnlicher Weise lassen sich etwas kompliziertere Gleichungen und Schaltungen aufstellen, bei denen die Drehung der Abbildung um zwei oder drei Achsen erfolgen kann. Im allgemeinen reichen die obigen Schaltungen aus, um einen räumlichen Eindruck des Kurvenverlaufs zu gewinnen.

Einfaches Beispiel einer räumlichen Kurve der 3 Variablen u, v, t:

Gegeben sei folgendes Differentialgleichungssystem:

$$\frac{du}{dt} = -du - cv \quad (1)$$

$$\frac{dv}{dt} = u \quad (2)$$

mit den Anfangsbedingungen  $u(0) = a$ ;  $v(0) = 0$ ;

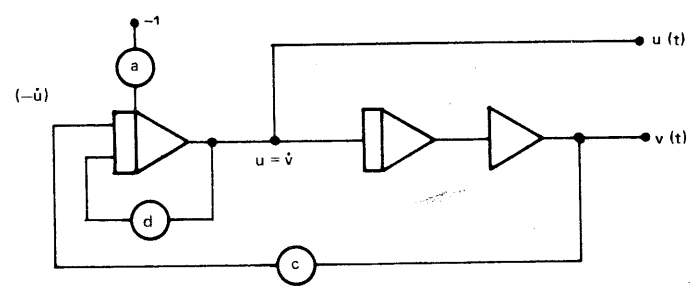


Abb. 6: Analogschaltung zu obigen Differentialgleichungen

Die Lösungen der Differentialgleichungen lauten:

$$v = \frac{a}{\omega} \cdot \sin \omega t \cdot e^{-d/2 \cdot t}$$

$$u = a \sqrt{1 + \frac{d^2}{4\omega^2}} \cdot \cos(\omega t - \alpha) \cdot e^{-d/2 \cdot t}$$

mit  $\omega = \sqrt{c - d^2/4}$ ,  $\alpha = \arctan \frac{d}{2\omega}$

In der perspektivischen Darstellung ergeben sich für  $\varphi = 0^\circ$  bzw.  $\varphi = 90^\circ$  die Sonderfälle der zweidimensionalen Darstellung (vgl. Abb. 7).

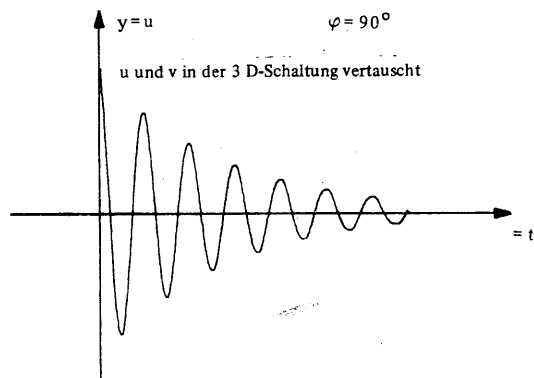
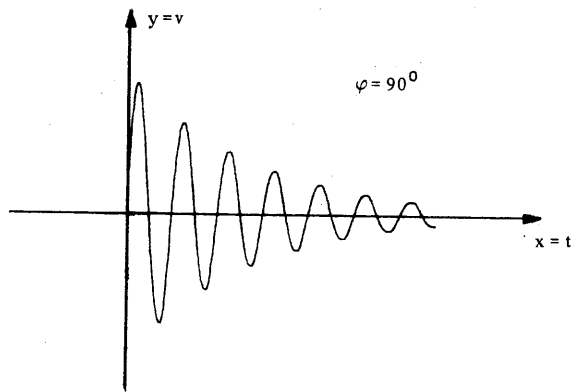
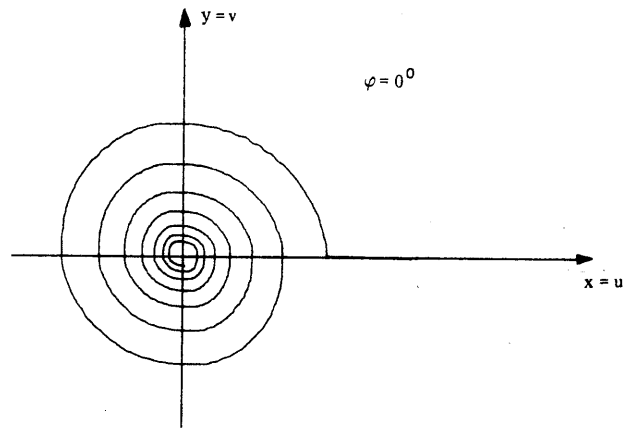


Abb. 7: Zweidimensionale Darstellungen als Sonderfälle der perspektivischen Darstellung einer räumlichen Spirale

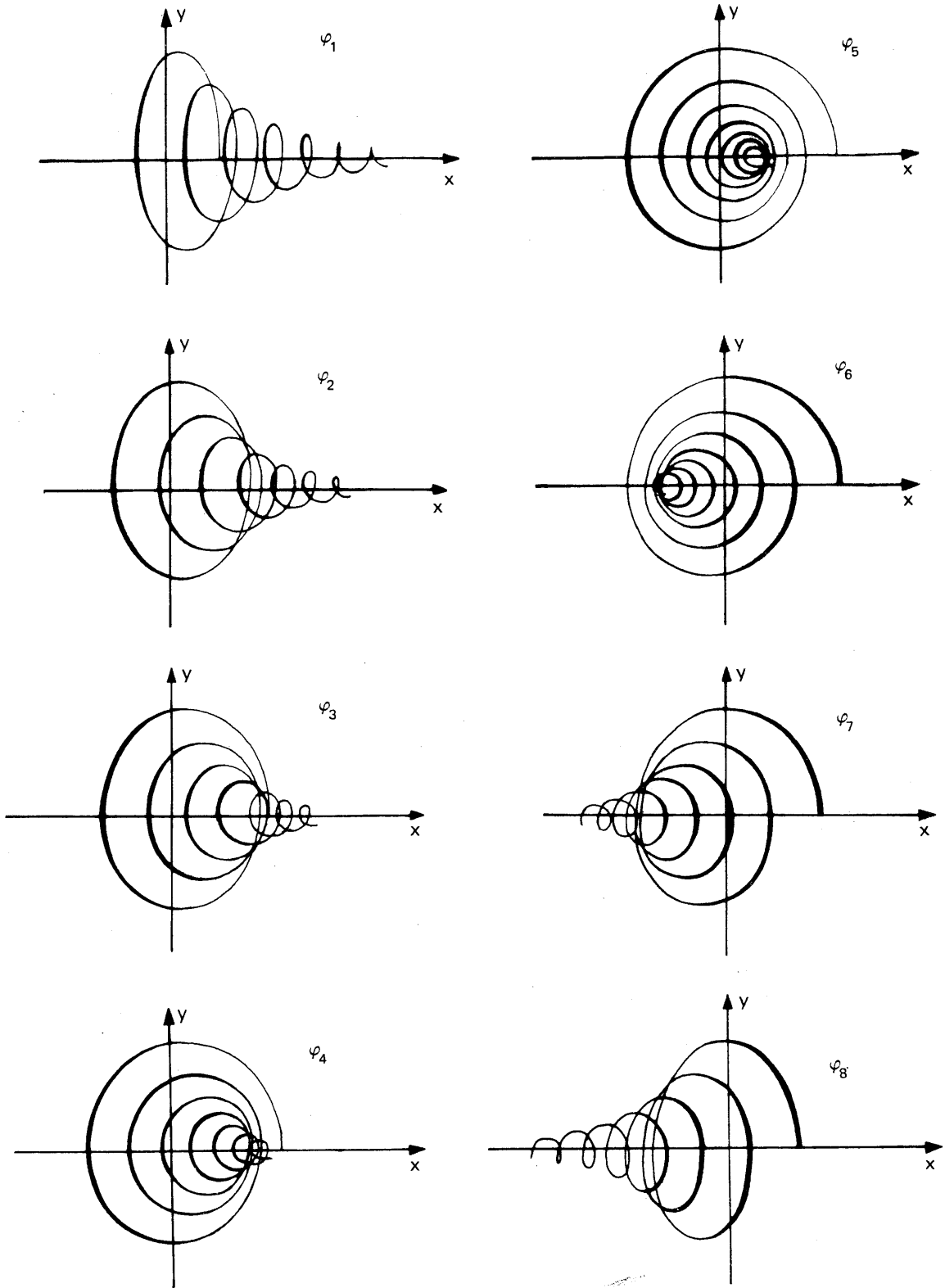


Abb. 8: Perspektivische Darstellung einer räumlichen Spirale bei verschiedenen Drehwinkeln  $\varphi_i$  mit  $\varphi_{i+1} > \varphi_i$