# Anwendung der Nanosekunden-Impulstechnik in der Neutronenspektroskopie

Autor(en): **Graf, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **55 (1964)**

Heft 10

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-916715

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

Setzen wir die verwendeten Abkürzungen ein, so erhalten wir aus Gl. (13) folgende verhältnismässig einfache Beziehung:

$$T_a = \frac{\sqrt{\pi}\, R\, C\, S_0\, R_b}{\beta} \left(1 + \frac{R_E}{R_b}\right) \sqrt{1 - \frac{1 - (R_E/R_b)^2}{8}} \qquad (15)$$

$S_0$ siehe Gl. (9), $\beta$ Stromverstärkung

Wie bereits erwähnt, wurde in dieser Rechnung die Rückwirkung durch die Kollektor-Basis-Kapazität $C_{bc}$ vernachlässigt. Ihr Einfluss ist indessen merklich, lässt sich aber näherungsweise nachträglich berücksichtigen indem in Gl. (15) die Grösse $C$ durch $C'$ ersetzt wird (vergl. Fig. 12):

$$C' \approx C + C_{bc}\, S\, R_L \qquad (16)$$

Sorgfältige Messungen zeigen, dass das stark vereinfachte Ersatzschema von Figur 10 auch bei sehr hohen Frequenzen von > 100 MHz eine brauchbare Berechnung und Dimensionierung solcher Verstärkerstufen gestattet. Für einen ausführlicheren Vergleich zwischen Theorie und Rechnung sei auf eine Arbeit in der ZAMP verwiesen [5].

### 7. Mehrstufige Verstärker

Die Messungen an den Grundschaltungen zeigen eine allen Stufen gemeinsame Eigenschaft: Die besten Anstiegszeiten

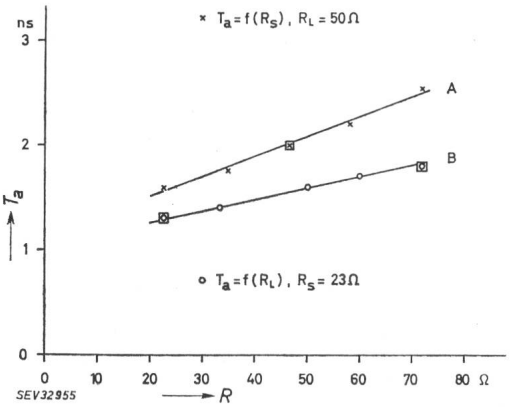



Fig. 12

**Messungen an einer Emitterpeakingstufe**

Transistor 2N 976; $I_c$ = 10 mA; $U_c$ = —6 V; $R_E$ = 22 Ω; $R_b'$ = 55 Ω; $C_{bc}$ = 1,6 pF

*A* Anstiegszeit = *f* (Quellenwiderstand $R_s$). Aus Gl. (15) folgt in 1. Näherung $T_a \approx$ konst. $(R_b' + R_s)$

*B* Anstiegszeit = *f* (Lastwiderstand $R_L$). Aus Gl. (15) und (16) folgt in 1. Näherung $T_a \approx$ konst. $(C + C_{bc} S R_L)$

$T_a$ Anstiegszeit; *R* Abszisse, Lastwiderstand [A] bzw. Quellenwiderstand [B]

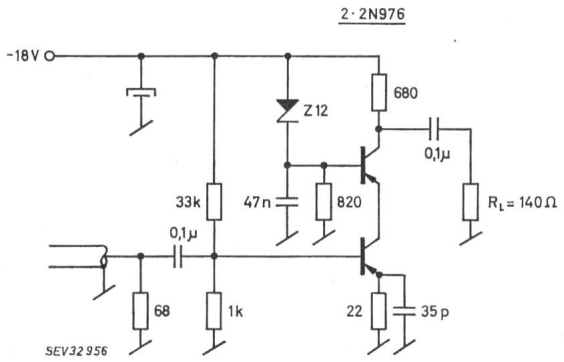



Fig. 13

**Breitbandverstärker**

Eingang angepasst an 70 Ω; $R_L$ = 140 Ω; Anstiegszeit 1,7 ns; Überschwingen ≦ 5 %; Spannungsverstärkung 4,75

erhält man, wenn die Impedanzen der Stufen nicht aneinander angepasst sind (mismatch), d. h. Stufen mit hochohmiger Eingangsimpedenz sollen niederohmig gespeist werden und umgekehrt, Stufen mit hochohmiger Ausgangsimpedanz sollen niederohmig belastet werden (z. B. Emitterpeaking) und umgekehrt. Für die Kombination dieser Grundschaltungen zu mehrstufigen Verstärkern müssen diese Impedanzbedingungen zwischen den Stufen und am Ein- und Ausgang des Verstärkers beachtet werden, was die Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten einschränkt. Ferner ist für die Endstufe das Verhalten bei grossen Signalamplituden zu beachten.

Fig. 13 zeigt ein Beispiel eines 2-stufigen Verstärkers, bei welchem eine Emitterpeakingstufe einen Transistor mit geerdeter Basis steuert.

### Literatur


[1] *R. E. Bell, R. L. Graham* and *H. E. Petsch,* Canad. Journ. Phys. ***30*** 35 (1952).

[2] *J. L. Moll, S. Krakauer* and *R. Shen,* «P-N Junction Charge-Storage-Diodes». Proc. IRE *50* 43 (1962).

[3] *W. C. Elmore,* J. Appl. Phys. *19* 55 (1948).
*E. Baldinger,* «Kurzzeitmessungen in der Kernphysik». Physikertagung Hamburg 1954 (Physik Verlag — Mosbach/Baden).

[4] *H. W. Bode,* «Network Analysis and Feedback Amplifier Design». D. van Nostrand (1946).

[5] *E. Baldinger* und *A. Simmen,* ZAMP *15* 71 (1964).

[6] *H. Verweij,* Nuclear Instruments and Methods *24* 39 (1963).



**Adresse des Autors:**

Prof. Dr. *E. Baldinger,* Vorstand des Institutes für angewandte Physik der Universität Basel, Klingelbergstrasse 82, Basel.


# Anwendung der Nanosekunden-Impulstechnik in der Neutronenspektroskopie

Kurzvortrag, gehalten an der 27. Hochfrequenztagung des SEV vom 24. Oktober 1963 in Neuenburg,


von *E. Graf,* Neuenburg



621.374 : 539.1.074.8



*Es werden 2 Apparaturen beschrieben, die mit Hilfe von Flugzeitmessungen und verzögerter Koinzidenzschaltungen die Bestimmung der Energien schneller Neutronen erlauben.*

*Description de deux appareillages permettant de déterminer les énergies de neutrons rapides par des mesures de la durée de vol et par des circuits de coïncidence à retardement.*


Durch die Anwendung schneller Szintillatoren in Verbindung mit Photoelektronenvervielfachern, deren Laufzeitvariationen kleiner ist als 1 ns, wurde es möglich, die Energie schneller Neutronen nicht nur durch die Bestimmung ihrer entsprechenden Impulshöhe, sondern auch durch das Messen ihrer Flugzeit zwischen zwei Fixpunkten *A* und *B* zu ermitteln. In der Messanordnung (Fig. 1) beträgt der Abstand zwischen diesen Punkten 0,60 m. Mit Hilfe der Gleichungen:

$$\frac{m v^2}{2} = E \quad \text{und} \quad v = \frac{a}{\Delta t}$$

lässt sich bei bekannter Flugzeit die Energie berechnen; z. B. einem $\Delta t$ von 21,7 ns entsprechen 4 MeV.

32'645-648

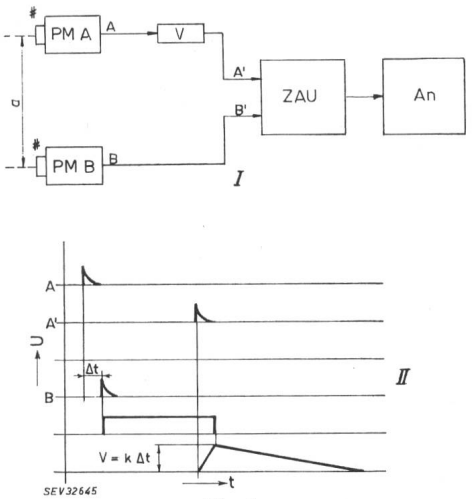



Fig. 1
**Spektrometer**

*I Prinzipschema*
*a* Basisstrecke; ♯ Szintillator; *PM* Photoelektronen-Vervielfacher; *V* Verzögerung; *ZAU* Zeit-Amplituden-Umformung; *An* Impulshöhen-Analysator; *A, B* Ausgangsimpulse *PM; A', B'* Ausgangsimpulse *PM* nach Verzögerung
II Impulsschema
*U* Amplitude; *t* Zeit; *k* Konstante

Da die Amplitude langsamer Impulse (Anstiegszeit 0,2 μs, Abfallzeit ca. 10 μs) mit Vielkanal-Impulshöhenanalysatoren sehr genau gemessen und gespeichert werden kann, ist es nun

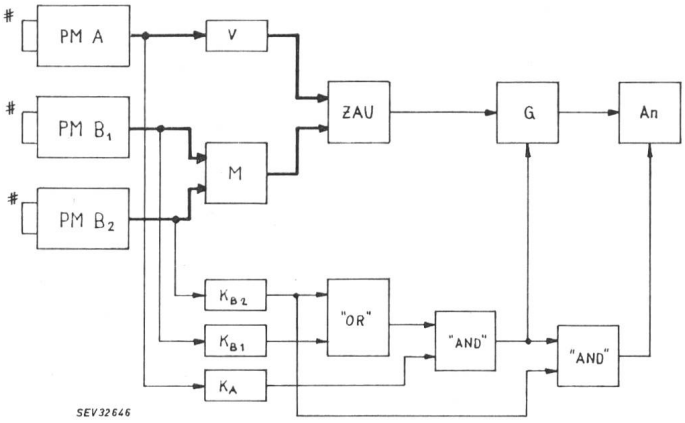



Fig. 2
**Vollständiges Blockschema des Spektrometers in Fig. 1**
*G* Lineares Gate; *K* Einkanalimpulshöhen-Diskriminator; *M* Misch-Stufe
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

zweckmässig, diese Zeitunterschiede proportional in Impulsamplituden umzuwandeln. Am einfachsten geschieht das durch lineare Aufladung einer Kapazität während der Überlagerung zweier Rechteckimpulse, deren Positionen auf der Zeitachse durch die Photoelektronenvervielfacher-Impulse gegeben sind.

Weil in der Kernphysik die Impulshöhen am Ausgang der Photovervielfacher ein ganzes Spektrum bilden (in diesem Fall 0...20 V), besteht eine Hauptschwierigkeit darin, die Rechteckimpulse amplitudenmässig von dieser Statistik unabhängig zu machen, ohne dadurch eine zeitliche Ungenauigkeit einzuführen. Eine Messung der Auflösung bei konstantem Eingangssignal und bei statistisch verteilten Eingangsamplituden ergibt 0,1 ns einerseits, 0,6 ns anderseits.

Eine Methode, diese Abhängigkeit zu verkleinern, besteht nun darin, dass die langsamen Ausgangsimpulse der Zeit-Amplitudenumwandlung ein lineares Gate passieren müssen, welches nur dann geöffnet wird, wenn die Photoelektronenvervielfacher-Impulse bestimmten Amplitudenforderungen entsprechen. Das vollständige Blockschema (Fig. 2) zeigt daher noch in Koinzidenz geschaltete Einkanalanalysatoren zur Eliminierung zu kleiner oder zu grosser Impulse; es enthält ferner einen zweiten Kanal symmetrisch zum ersten sowie eine Steuerung des Vielkanalanalysators zur Aufteilung seines Speichers in zwei Hälften, je nachdem ein Neutron zwischen *A* und *B*1 oder *B*2 gemessen wird.

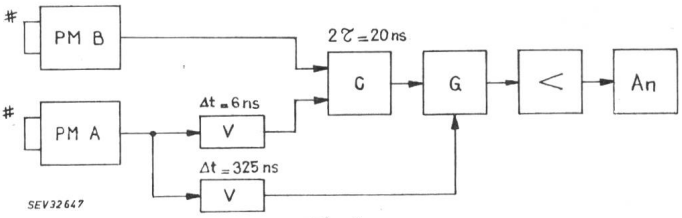



Fig. 3
**Elektronisches Prinzipschema eines anderen Spektrometers**
*C* Koinzidenz-Schaltung
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

In einem zweiten Spektrometer (Fig. 3) wird die Flugzeit der von einem zentralen (*A*) in einen ringförmigen (*B*) Szintillator zurückgestreuten Neutronen dazu verwendet, einen interessierenden Teil des Spektrums mittels einer künstlichen Verzögerung und einer Koinzidenzschaltung auszuwählen. Der Ausgang der Koinzidenzstufe öffnet ein lineares Gate, um die entsprechenden Impulse zur Amplitudenmessung in den Vielkanal-Analysator zu geben.

Das Schaltschema (Fig. 4) der Koinzidenz und des Gate zeigt einige für die Nanosekunden-Impulstechnik charakteristische Elemente. Es besteht aus drei gleichen Impulsformern (nur einer gezeichnet), einem Diskriminator, der ein lineares Gate steuert, und einer Integrier- und Verstärkerstufe. Die

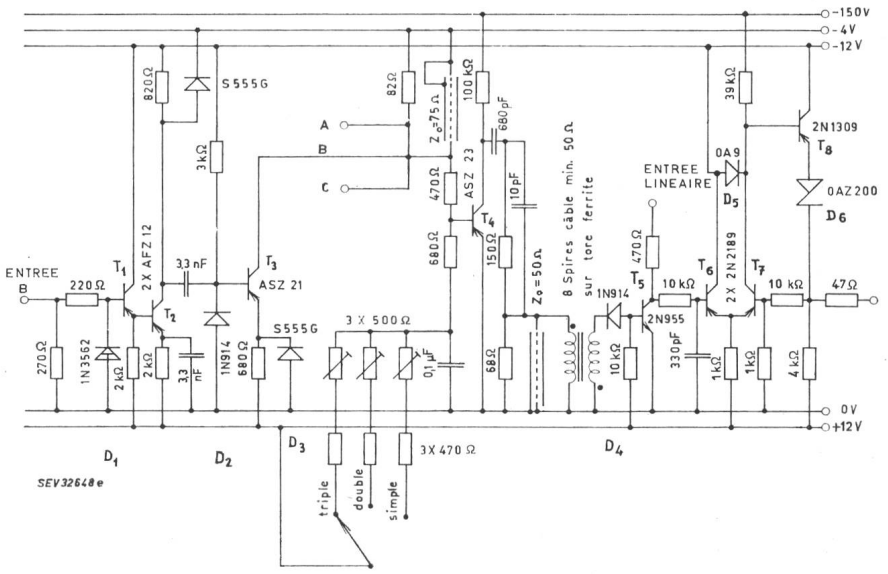



Fig. 4
**Schaltbild der Koinzidenz-Stufe**
*A, B, C* Eingang nach Formung; $D_1 ... D_6$ Dioden; $T_1 ... T_7$ Transistoren

wieder statistischen Eingangsimpulse werden durch eine Tunneldiode $D_1$ begrenzt, nach einer Verstärkung bringen sie einen Transistor $T_3$, dessen Strom durch einen relativ grossen Widerstand im Emitter gegeben ist, in den Sperrzustand. Durch ein kurzgeschlossenes Koaxialkabel werden die nun amplitudenmässig standardisierten Impulse zeitlich begrenzt und mit denjenigen der andern Impulsformer addiert. Der nachfolgende Lawinentransistor $T_4$ dient als Diskriminator und gibt den Steuerimpuls für das Gate, und zwar nur dann, wenn sich die Impulse an verschiedenen Eingängen (im Fall einer einfachen Koinzidenz 2) innerhalb der doppelten Laufzeit des Kabels folgen. Zwischen dem Diskriminator, dessen Ausgangsimpulse ebenfalls mit Hilfe der Reflexion in einem kurzgeschlossenen Kabel geformt werden, und dem Gate befindet sich ein Umkehrtransformator, aufgebaut aus einem Ferrit-Ringkern und 6 Windungen Koaxialkabel, wobei der Innenleiter die Primärseite, der Aussenleiter die Sekundärseite darstellt. Das Gate wurde mit einem Transistor $T_5$, der zwischen Sättigung und Sperrzustand ausgesteuert wird, realisiert. Die nachfolgende Verstärkerstufe gehört zum Gebiet der µs-Elektronik.

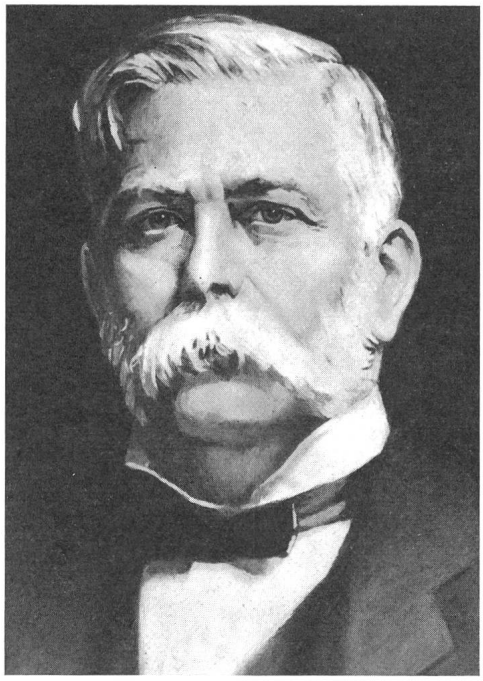
Messresultate: Die Auflösungskurve der Koinzidenz hat Flanken von 4 ns, gemessen zwischen 10 und 90 %, und ein Plateau von 20 ns. Die Impulshöhe nach dem Gate in Abhängigkeit der Verzögerung zwischen linearem Eingang und Steuerimpuls bleibt in einem Bereich von 40 ns konstant bei gleicher Eingangsamplitude, um dann innerhalb von 3 ns auf einige % abzufallen.

Abschliessend sei auch an dieser Stelle Prof. *J. Rossel* für seine tatkräftige Unterstützung dieser Arbeiten gedankt.

**Adresse des Autors:**
*E. Graf*, ingénieur, Institut de Physique de l'Université Neuchâtel, Neuchâtel.

# GEORGE WESTINGHOUSE

## 1846—1914



Der am 6. Oktober 1846 in Central Bridge geborene George Westinghouse hat auf zwei verschiedenen Gebieten Pionierarbeit geleistet.

Da die ersten Eisenbahnen lediglich mit Handbremsen ausgerüstet waren, ereigneten sich oft Unfälle. Als 19jähriger erlebte er selber ein Eisenbahnunglück, was ihn, wie viele seiner Zeitgenossen, von der Notwendigkeit einer durchgehenden Bremse überzeugte. Nach misslungenen Versuchen mit Dampf — dieser kondensierte! — kam er auf Grund von Berichten über die Anwendung von Druckluft beim Bohren des Mont-Cenis-Tunnels auf den Gedanken, es mit Druckluft zu versuchen.

1867 erhielt er sein erstes Patent und gründete in Pittsburgh die Westinghouse Air-Brake Company. Stets auf Verbesserungen bedacht, gelang ihm eine bei Zugstrennung automatisch wirkende Bremse und um 1872 die Schnellbremse. Er legte grosses Gewicht auf die Normung, was wesentlich zur raschen Verbreitung seiner Bremsen beitrug, umsomehr, als bei jeder Neuerung darauf geachtet wurde, dass neue und alte Teile nebeneinander verwendet werden konnten.

Westinghouse war aber auch ein grosser Elektriker, der die grosse Zukunft der damals neuen Energieform erkannte. Da er aber sah, dass Gleichstrom, wie er seinerzeit allgemein verwendet wurde, nur auf kurze Entfernungen übertragen werden konnte, interessierte er sich vor allem für den Wechselstrom. 1885 kaufte er für 50000 $ die Patente von *Gaulard* und *Gibbs* für Transformatoren. Im folgenden Jahr gründete er in Pittsburgh die Westinghouse Electric Corporation, in der zunächst Lampen und kleine Dynamomaschinen fabriziert wurden. Alsdann berief er *Nicola Tesla* nach Pittsburgh und erwarb auch seine Patente.

*Tesla* entwickelte dann, unabhängig von den Arbeiten anderer in Europa wie zum Beispiel *Bláthy, Déri, Zipornowsky, Brown* und *Dolivo Dobrowolsky,* brauchbare Transformatoren und im Auftrag Westinghouses auch einen Wechselstrommotor. Damit war er mächtig genug, um gegen die von *Edison* gegründete General Electric, die ganz auf Gleichstrom eingestellt war, aufzutreten. Er konnte sich für grosse Kraftwerke und Fernübertragungen einsetzen und baute die zehn ersten Zweiphasen-Generatoren des Niagarakraftwerkes.

Westinghouse verfocht auch die Verwendung von hochgespanntem Wechselstrom für Bahnen und sicherte sich die Parson-Patente über Dampfturbinen.

Er gründete in seinem Leben etwa 100 Gesellschaften. Die wichtigsten davon sind die erwähnte Westinghouse Air Brake Company (WABCO) und die Westinghouse Electric Corporation. Diese beiden unabhängigen Organisationen beschäftigen heute zusammen ca. 150000 Personen.

H. W.