

KFK-257

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

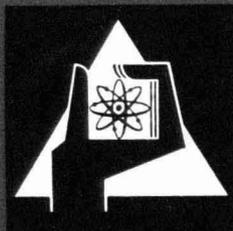
November 1964

KFK 257

Institut für Experimentelle Kernphysik

Schneller Vorverstärker 100 K-EKP

Joachim Kind



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

November 1964

KFK 257

Institut für
Experimentelle Kernphysik

Schneller Vorverstärker 100 K-EKP

J. Kind

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H.
Karlsruhe

Schneller Vorverstärker

100 K - EKP

Nachstehend wird ein schneller Vorverstärker beschrieben, der für spezielle Anwendungen in der Kernforschung, insbesondere für schnelle Signale von Halbleiterdetektoren, konstruiert wurde. Die Grundlagen wurden dem Artikel "The Review of Scientific Instruments", Vol. 35, Nr. 2, vom Februar 1964 von Charles J. Rush entnommen. Anzahl der Stufen, Impedanzen und Aufbauweise wurden geändert, die Anstiegszeit wurde verbessert, und der Verstärker wurde den für die Kernphysik gebräuchlichen Normen angepaßt.

Durch Messung ermittelte Daten:

Anstiegszeit:	2,8 Nanosekunden
Aussteuerbereich:	2,2 V an 50 Ohm Last
Verstärkungsfaktor:	50
Linearität:	besser als 1%
Temperaturkoeffizient der Verstärkung:	0,04%/°C.
Rauschen:	10µV eff.
Erholzeit:	150 nsek bei 100-facher Übersteuerung mit kurzem Puls.

Die Anstiegszeit von schnellen Verstärkern ist durch die Grenzfrequenz der zur Verwendung kommenden Transistoren gegeben. Bei Spannungsverstärkung kommen noch die Kapazitäten der Verdrahtung, der Bauelemente und die Kapazität der Transistoren selbst als nachteilig hinzu. Bei der Konstruktion des hier beschriebenen Verstärkers werden die Transistoren hauptsächlich in Basisgrundsaltung be-

trieben, die Impedanzen sind sehr niedrig gehalten und störende Kapazitäten weitgehend umgangen. Die Schaltung ist unkritisch, keine ausgesuchten Transistoren wurden verwendet; wegen der hohen Gegenkopplung bleiben Eigenschaften trotz weiterer Streuung der Transistoren erhalten. Der Verstärker besteht aus drei Stufen und wurde als gedruckte Schaltung aufgebaut (siehe Abbildung und Schalt-schema).

Das Signal wird über einen 39 Ohm Widerstand dem Emitter des 1. Transistors zugeführt. Der Eingang stellt somit eine konstante Stromquelle dar und der Eingangswiderstand des Transistors von etwa 10 Ohm ergibt mit dem Serienwiderstand von 39 Ohm die Anpassung an ein 50 Ohm Kabel. Der erste Transistor stellt gleichzeitig eine Trennstufe dar und ermöglicht die Anbringung der Gegenkopplung über Transistor 2 + 3, dargestellt durch die Widerstände 330 Ohm und 91 Ohm. Die zweite Stufe des Verstärkers ist der ersten identisch. Um die gewünschte Aussteuerbarkeit des Verstärkers zu erreichen, wurde in der 3. Stufe und in der Endstufe der Transistor 2N2368 verwendet. Ein Überschwingen wurde durch Parallelschaltung eines Trimmers von 2-3,5 pf über den Widerstand für die Gegenkopplung in der 3. Verstärkerstufe vermieden. Die Endstufe besteht aus einer einfachen Basisgrundschaltung mit Anpassung an ein 50 Ohm Kabel. Der 56 Ohm Widerstand ergibt Terminierung für reflektierte Signale. Bei Weglassen dieses Widerstandes erhöht sich die Verstärkung auf 100.

Für die Berechnung des Verstärkers kamen folgende Formeln zur Anwendung:

1. Die schnellstmögliche Anstiegszeit t_r ohne Über-

schwingen ergibt sich aus dem reziproken Wert der Grenzfrequenz f_t des 1. bzw. 2. Transistors in der Stufe.

$$t_r = \frac{1}{f_t}$$

Wird die typische Grenzfrequenz für den Transistor 2N709 mit 800 MHz eingesetzt, so ergibt sich für die Stufe 1 + 2 je eine Anstiegszeit von

$$t_r = \frac{1}{800 \cdot 10^6} = 1,25 \text{ n sek.}$$

Für die 3. Stufe und für die Endstufe ergibt sich bei einer typischen Grenzfrequenz von 650 MHz für den Transistor 2N2368 je eine Anstiegszeit von

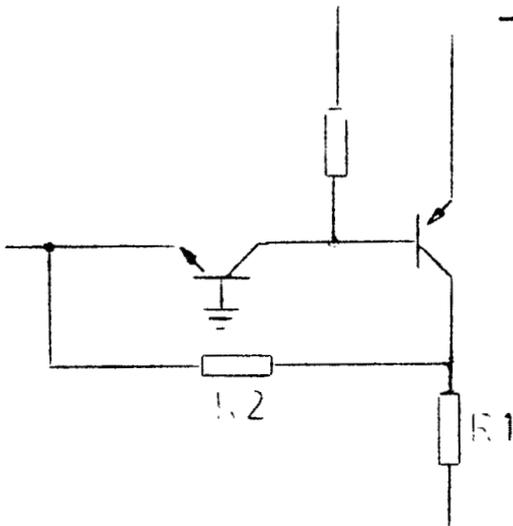
$$t_r = \frac{1}{650 \cdot 10^6} = 1,54 \text{ n sek.}$$

Für die 3 Stufen des Verstärkers und die Endstufe ist somit folgende Anstiegszeit zu erwarten:

$$tr_{\text{ges.}} = \sqrt{tr_1^2 + tr_2^2 + tr_3^2 + tr_E^2} =$$
$$\sqrt{1,25^2 + 1,25^2 + 1,54^2 + 1,54^2}$$

$$tr_{\text{ges.}} = 2,8 \text{ n sek.}$$

2. Die Verstärkung ist abhängig von der Gegenkopplung, diese ist bestimmt durch das Widerstandsverhältnis $R_2 : R_1$.



Für die Verstärkung gilt dann:

$$A = \frac{R_2}{R_1} + 1$$

Für die Stufe 1 bzw. 2 ist $R_1 = 91 \text{ Ohm}$, $R_2 = 330 \text{ Ohm}$,
damit ergibt sich eine Verstärkung pro Stufe

$$A = \frac{330}{91} + 1 = 4,6$$

Für die 3. Stufe ist $R_1 = 75 \text{ Ohm}$ und $R_2 = 330 \text{ Ohm}$

$$A = \frac{330}{75} + 1 = 5,4$$

Für die Endstufe gilt bei 50 Ohm Last

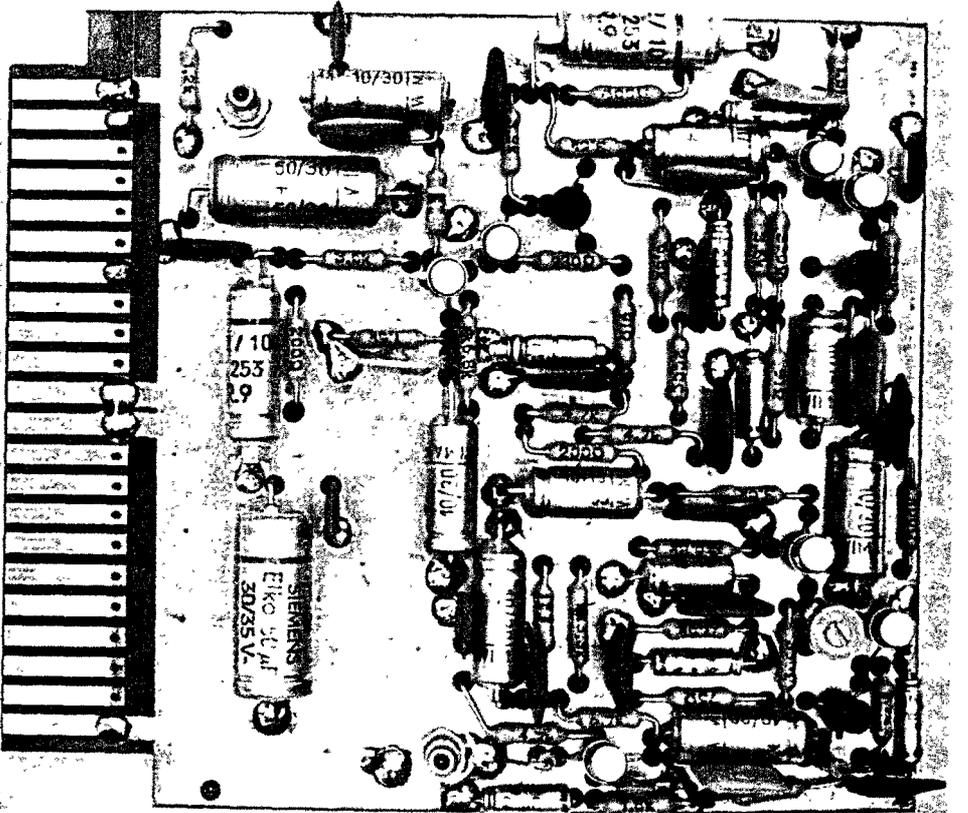
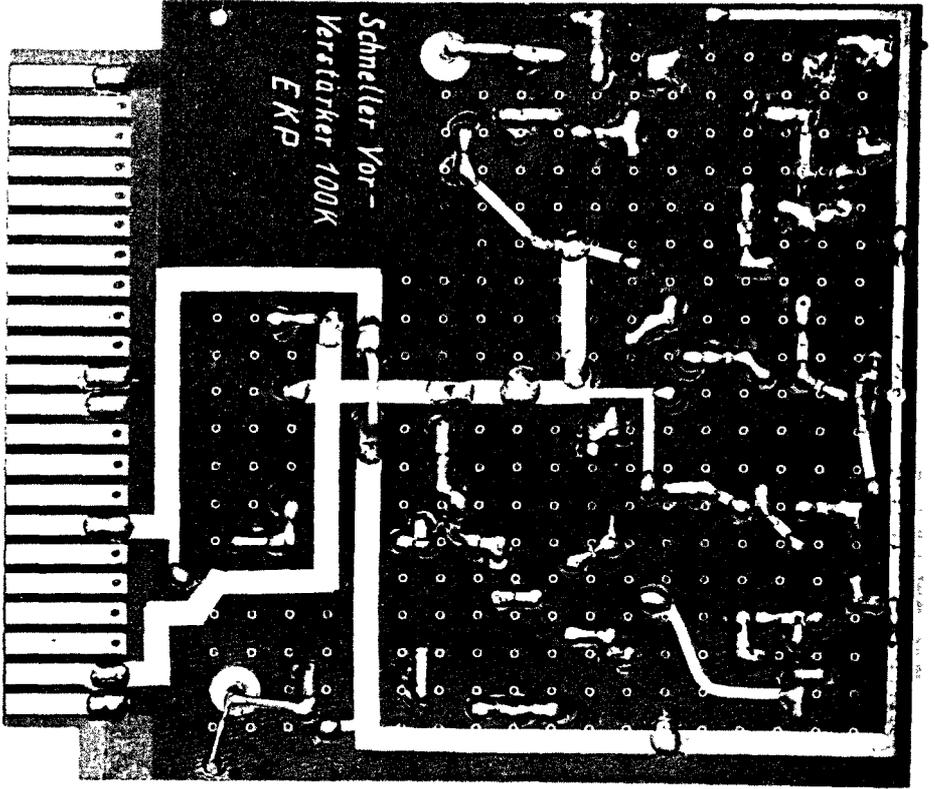
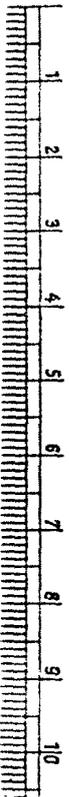
$$A = \frac{R_a \cdot R_L}{R_a + R_L} = 2,5$$

Unter Berücksichtigung der Untersetzung am Eingang der
ersten Stufe $\frac{39 + 10}{10}$ von etwa 5 : 1 ergibt sich eine
theoretische Gesamtverstärkung von

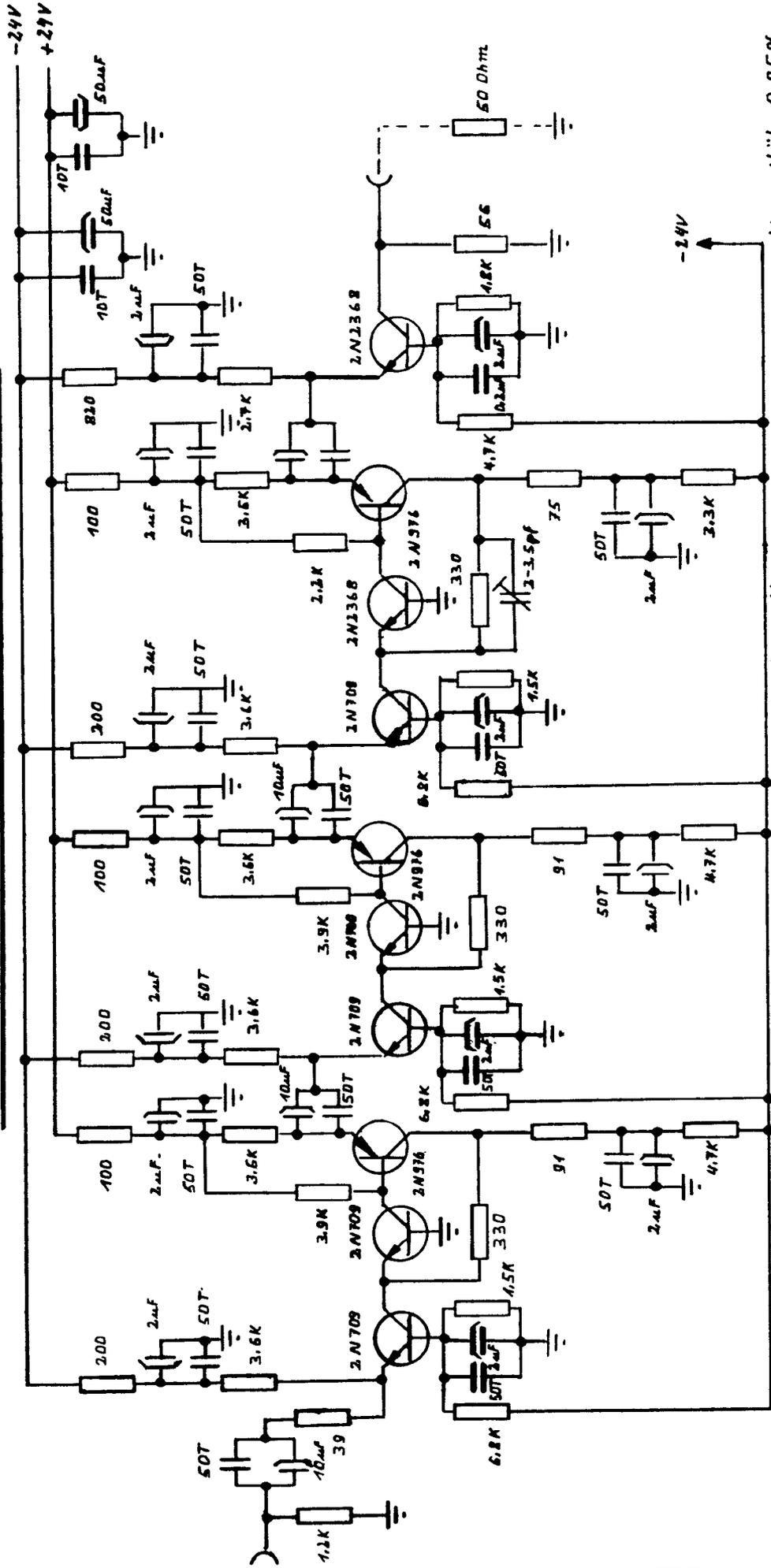
$$A_{\text{ges.}} = \frac{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot S_E}{5} = \frac{4,6 \cdot 4,6 \cdot 5,4 \cdot 2,5}{5} = 57$$

Ein Vergleich mit den durch Messung ermittelten Daten auf
Seite 1 zeigt nahe Übereinstimmung.

Linearitätsmessung: Vom Pulser über Helipot und Stretcher wurden die Eingangsimpulse einem Vielkanalanalysator zugeführt und ausgedruckt. Bei Messung der Ausgangsimpulse wurden zwischen Helipot und Stretcher der Verstärker und Untersetzer geschaltet. Der Untersetzer entspricht genau dem Verstärkungsfaktor des Verstärkers im mittleren Aussteuerbereich, so daß beim Auftragen von Eingang zu Ausgang eine 45° -Linie entsteht. Die maximale Abweichung von dieser 45° -Linie innerhalb des Aussteuerbereichs ergibt den Linearitätsfaktor.



Schneller Vorverstärker 100K-EKP



Anstiegszeit: 2,8 nsek.

Eingang: Negativ

Ausgang: Negativ

Aussteuerbereich: 2,2 V an 50 Ohm Last

Erholzeit: 150 nsek. bei 100facher Überst.

Verstärkungsfaktor: 4:50

Rauschen: 10µV eff.

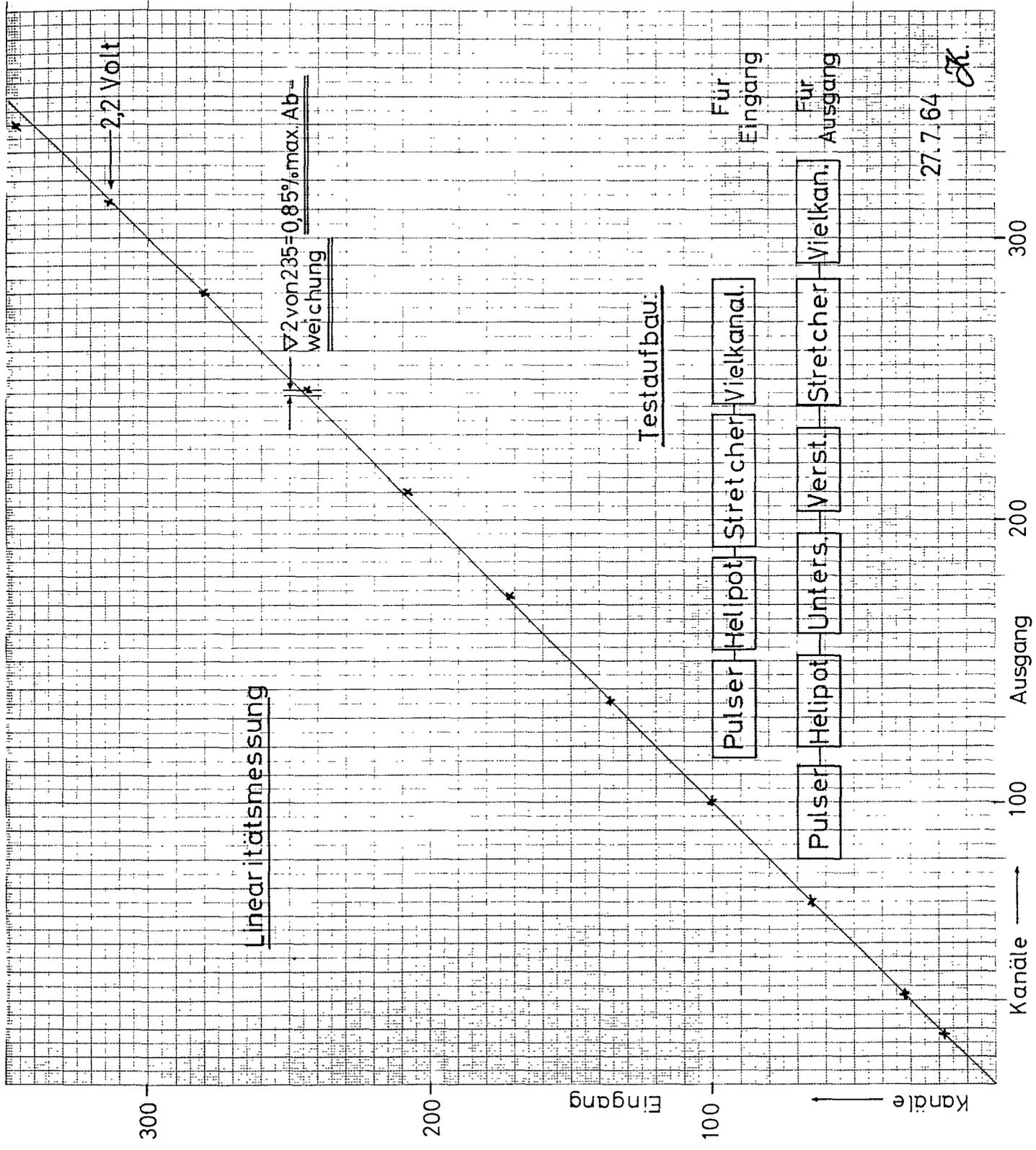
Linearität: 0,85%

Temp. Einfluss: 0,036%/°C

	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Emitter	-5,4V	-0,75V	+5,3V	-5,4V	-0,75V	+8V	-8V
Basis	-4,7V	—	+5,1V	-4,7V	—	+7,4V	-7,4V
Kollektor	-0,75V	+5,1V	-0,7V	-0,75V	+7,4V	-1,6V	-0,76V

9. Sept. 1964

SK



K.