

junger

HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR SCHWINGUNGSFORSCHUNG
BERLIN-CHARLOTTENBURG

Technischer Bericht Nr. 27

Untersuchungen zur Entwicklung einer elektronischen Fern-
sprechvermittlungsanlage und Beschreibung der Ausführung

Teil I: Teilnehmeranschlußschaltung und Koppelfeld

Dipl.-Ing. W. BECKER

Technischer Bericht Nr. 27

Untersuchungen zur Entwicklung einer elektronischen Fernsprechvermittlungsanlage und Beschreibung der Ausführung

Teil 1: Teilnehmeranschlussschaltung und Koppelfeld

Zusammenfassung

Es wird zunächst die Frage der Koppelpunktsansteuerung in einem Koppelfeld behandelt und eine Lösung für zweidrätige Durchschaltung angegeben. Ein Verfahren zur zusätzlichen Uebermittlung von Schaltbefehlen über ein zweidrätiges Koppelfeld (Patentanmeldung vom 19.6.1958, bekanntgemacht unter Nr. 1055611 am 23.4.1959 beim Deutschen Patentamt München) und eine Auswahl-schaltung für freie Verbindungs-sätze, die es gestattet, 1000 Ausgänge in etwa 15 μ s ab-zusuchen, werden beschrieben und diskutiert. Die Sperrbedingungen innerhalb des Koppelfeldes werden aufgestellt und ihre Erfüllung durch die Schaltung anhand von Symbol-darstellungen erläutert. Eine Uebersetzung der Symbol-darstellungen in die praktische Einzelteilschaltung wird unter Beachtung der Aufwandsfrage vorgenommen. Zum Schluss werden die ausgeführten Schaltungen kurz erläutert.

Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung

Der Bearbeiter

gez: Winfried Becker

(Dipl.-Ing. W. Becker)

Der Abteilungsleiter

gez: Rothert

(Prof. Dr.-Ing. G. Rothert)

Der Institutsdirektor

gez: Gundlach

(Prof. Dr.-Ing. F.W. Gundlach)

Berlin-Charlottenburg, den 12.3.1959

Vorbemerkung:

Die der Entwicklung der am Institut gebauten, elektronischen Vermittlung zugrunde liegende Aufgabenstellung sah eine ausschliessliche Verwendung von Halbleiterelementen, also Dioden und Transistoren vor. Damit schied ein die Lösung der Aufgabe wesentlich vereinfachender Amtsaufbau mit gemischten Bauelementen von vornherein aus, wie wir ihn z.B. im DIAD-Versuchsaufbau der Bell Laboratories vorfinden; es wurden dort Magnetrommelspeicher, Reedrelays, Quecksilberkontaktrelais, Kaltkathodenröhren, Halbleiterdioden und -Transistoren verwendet.

Ausserdem sollte die Anlage mit den herkömmlichen Sprechstellen zusammenarbeiten können (s. Technischer Bericht Nr. 21 vom 5.8.1958), weil es zur Zeit der Aufgabenstellung in weit stärkerem Masse als gegenwärtig unmöglich war, eine neue, verbindliche Ausführungsform für die Sprechstellen vorauszusehen, auf die sich die Entwicklung der Anlage hätte beziehen können.

Es wurde ein System entwickelt, das mit Weg-Auswahl arbeitet, da eine Zeitvielfach-Anlage für wenige Teilnehmer zunächst als zu aufwendig erschien. Die Anlage besitzt ein einziges Koppelfeld, das sowohl als Vorwähler wie auch als Leitungswähler arbeitet (s. Bild 4). Der Vorteil dieser Anordnung z.B. gegenüber der Praxis des Amtsaufbaues in der ESK-Technik der Firma Siemens und Halske, die mit getrennten Eingangs- und Ausgangskoppelfeldern arbeitet, ist die Einsparung der Hälfte der Koppelpunkte, jedoch fällt dieser Vorteil gegenüber anderen Erwägungen nur dadurch ins Gewicht, dass die elektronischen Koppelpunkte ausserordentlich viel teurer sind, als die Kontakte der ESK-Koppelfelder.

Die nach dem Schema auf Bild 4 am Institut entwickelte Anlage arbeitet folgendermassen:

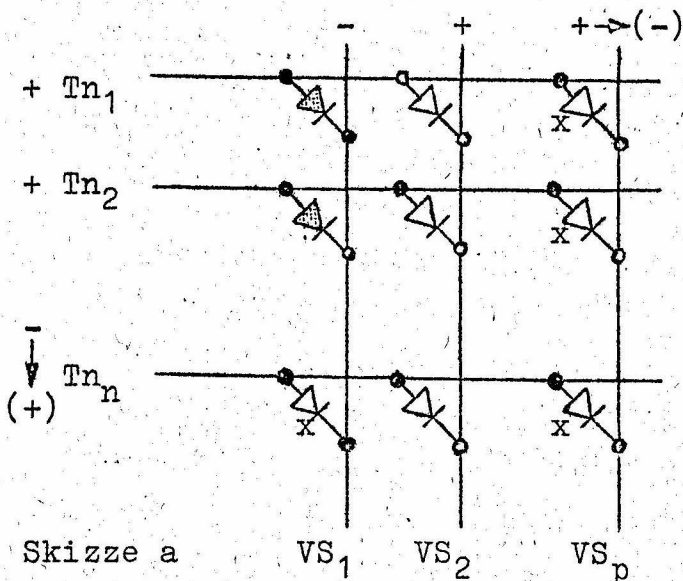
Beim Abheben des Handapparates eines Teilnehmers wird durch den für den betreffenden Teilnehmer zu Fliessen beginnenden Speisestrom in der Teilnehmer-Speiseschaltung ein Impuls erzeugt, der die Auswahl eines freien Verbindungssatzes bewirkt. Die Wahl wird dann über den durchgeschalteten Koppelpunkt in

das Zentrale Glied geleitet, wo sie gespeichert und ausgewertet wird. Das Zentrale Glied schaltet nach Feststellung des Wahrendes und erfolgter Auswertung den Koppelpunkt des gewünschten Teilnehmers auf dem gleichen Verbindungssatz durch, so dass die Sprechverbindung zwischen beiden Teilnehmern hergestellt ist. Die Auslösung geschieht vom Zentralen Glied her durch Trennen aller Koppelpunkte des betreffenden Verbindungssatzes. Sind für einen Verbindungsaufbau keine freien Verbindungssätze mehr vorhanden, so gelangt der Suchimpuls bis zum Besetzt-Koppelpunkt und löst für den Teilnehmer das Besetztzeichen aus.

Bei der Entwicklung der Versuchsanlage wurde den wirtschaftlichen Gesichtspunkten (Herstellungskosten) geringere Beachtung geschenkt, da das Ziel verfolgt wurde, überhaupt erst einmal Erfahrungen bei der Schaffung eines rein elektronischen Amtes mit Halbleitern zu sammeln.

1.) Grundsätzliche Art der zweidrähtigen Koppelpunktdurchschaltung

Die Ansteuerung der Koppelpunkte erfolgt bei der ausgeführten Anlage nicht über die Sprechadern. Eine Ansteuerung z.B. durch Potentialverschiebung einer Zeile und einer Spalte der Koppelpunktmatrix führt immer dann zu mehrdeutigen Koppelpunktmarkierungen, wenn die Zustandsspeicherung des Koppelpunktverhaltens nicht beim Koppelpunkt selbst sondern ausserhalb des eigentlichen Koppelfeldes vorgenommen wird (s. Skizze a).



Im gezeigten Beispiel, welches die Vorgänge am eindrähtigen Koppelfeld symbolisiert, sind immer die Koppelpunkte durchgeschaltet, deren positives Zeilenpotential mit einem negativen Spaltenpotential zusammentrifft. Sprechen Tn1 und Tn2 miteinander über Verbindungssatz 1, und will Tn n über Verbindungssatz p eine Verbindung aufbauen,

so werden sämtliche, mit einem x versehenen Koppelpunkte ebenfalls leitend, und alle sprechenden Teilnehmer sind untereinander verbunden. Bei Verwendung des gleichen Systems wäre ein ordnungsgemässes Arbeiten nur zu erreichen, wenn die Zustandsspeicherung in den einzelnen Koppelpunkt verlegt wird (z.B. Bell p-n-p-n-Diode) und eine Ansteuerung über einmalige, koinzidierende Impulse auf Zeile und Spalte erfolgt. Wegen des damit verbundenen technischen Aufwands wurde in der errichteten Anlage, obwohl die Zustandsspeicherung in den Koppelpunkten liegt, eine Ansteuerung über von den Sprechadern getrennte Befehlswege gewählt. Bei dem Stand der Technik und dem Angebot der Bauelemente führten die Voruntersuchungen zu den besten Schaltverhältnissen, wenn zur Durchschaltung zwei Schalttransistoren OC76 verwendet wurden. Dabei wurden an die Elektroden (Kollektor und Emitter) keine Betriebsspannungen angelegt, sondern beide auf Massepotential gehalten, während die Steuergrösse in die Basis eingeführt wurde (s. Bild 5). Ein Unterschied der Durchlassdämpfung in Abhängigkeit von der Richtung war nicht messbar. Die Differenz war damit kleiner als 2×10^{-3} N (ca. 2×10^{-2} dB). Die gemessene Gesprächsdämpfung im durchgeschalteten Zustand betrug 2×10^{-2} N (0,17 dB). Die Gesprächsdämpfung im sperrenden Zustand war mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht messbar, sie muss daher grösser sein als 11 N (95 dB).

2.) Uebermittlung der Schaltbefehle von der Teilnehmer- zur Auswerteschaltung

Wie im Technischen Bericht Nr. 21, Absatz 6 erwähnt, ist innerhalb der Vermittlungsanlage ein Uebertragungssystem notwendig, das die beiden Zustände des Speisestromes "vorhanden" bzw. "nicht vorhanden" über das Koppelfeld dem Zentralen Glied des Verbindungssatzes für die Auswertung zuleitet. Da wegen der hohen Kosten jedes elektronischen Koppelpunktkontaktes die Durchschaltung einer c-Ader nicht in Frage kam, wurden diese Befehlsströme ebenfalls über die a- und b-Adern geleitet. (Patentanmeldung vom 19.6.1958, bekanntgemacht unter Nr. 1055611 am 23.4.1959 beim Deutschen Patentamt München). Um die Verkopplungsgefahr mit den

Sprechwechselströmen zu verringern, wurde die zur Uebertragung der Befehle benutzte Wechselspannung auf die a- und b-Ader gleichphasig gegen Bezugserde eingespeist. Koppelpunktskontakte für die a- und b-Ader sind ohnehin vorhanden, da in der Aufgabenstellung eine zweidrähtige Durchschaltung verlangt wurde. Als zusätzliche Massnahme gegen die Beeinflussung der Sprechstromkreise und, um mit billigen Mitteln einen selektiven Empfang zu ermöglichen, wurde eine Frequenz von 50 kHz gewählt. Ein Nachteil durch Schaltkapazitäten oder Abstrahlung entsteht bei dieser Frequenz noch nicht, da sie nur auf relativ kleinen geometrischen Längen innerhalb der Vermittlung fortgeleitet zu werden braucht, und nur zwischen den beiden Zuständen "50 kHz-Spannung vorhanden" bzw. "nicht vorhanden" unterschieden wird. Andererseits sind Sperr- und Leitkreise für diese Frequenz schon sehr klein und einfach auszuführen. Um die für das Uebertragungssystem (s. Bild 6) erforderliche zusätzliche Leitungsverlegung möglichst wenig aufwendig zu gestalten, wurde ein zentraler Generator für die 50 kHz, der mit einem Transistor OC76 arbeitet, verwendet und über getrennte Vorwiderstände pro Verbindungssatz in die Mittellanzapfung der Verbindungssatz-Abschlusstransformator-Wicklung gegen Bezugserde eingespeist. Durch den Vorwiderstand ist der Pegel an der Einspeisungsstelle stark belastungsabhängig. Die durchgeschalteten oder auch getrennten Koppelpunkte belasten den 50 kHz-Stromkreis nur sehr geringfügig, so dass es möglich wird, durch Veränderung des Verbraucherwiderstandes für 50 kHz in der Teilnehmerschaltung, also durch Aenderung der Eigenschaften eines passiven Bauelementes, Befehle an das Zentrale Glied zu übermitteln. In der ausgeführten Schaltung wird als Verbraucher in der Teilnehmerschaltung ein Parallelkreis für 50 kHz verwendet, der eine zu vernachlässigende Belastung darstellt und überdies den Vorteil mit sich bringt, durch Verstimmen den Blindanteil der Uebertragungsleitungen bezüglich des Verhaltens der a- und b-Ader gegen Erde zu kompensieren. Soll nun die Belastung vergrössert werden, um ein Signal an das Zentrale Glied zu geben, so wird mittels eines elektronischen Schaltelementes (in der ausgeführten Anlage ein Transistor) der Resonanzkreis kurzgeschlossen. Solche Schaltelemente stellen z.B. Dioden und Transistoren dar. Es wäre aber auch möglich, diese Schalter gänzlich einzusparen und

durch einen Vormagnetisierungsstrom einfach die Spule des Resonanzkreises zu verstimmen. In diesem Fall wäre für das Befehlsübertragungssystem pro Teilnehmer nur noch eine Ferritkernspule und ein kleiner Kondensator notwendig. Der Steuerstrom kann vom Speisestrom für die Sprechstelle geliefert werden, da die 50 kHz-Signale nur die beiden Zustände "Teilnehmerschleife geschlossen" oder Teilnehmerschleife geöffnet" übertragen sollen.

Die Verwendung dieses Systems zur Befehlsübertragung über ein Koppelfeld innerhalb der elektronischen Vermittlungsanlage bietet einige Vorteile: Neben der schon erwähnten Möglichkeit der "dreiadrigen" Durchschaltung mit nur zwei Koppelpunktkontakten ist durch die simultane Einspeisung der Befehlswechselspannung eine Beeinflussung von der Teilnehmerleitung her über den zwischen-geschalteten Teilnehmerspeisetransformator durch auf die Teilnehmerleitung eingekoppelte Störimpulse oder auf ihr auftretende Paralleldämpfungen unmöglich geworden. Als zusätzliche Sicherung gegen Beeinflussung der Sprechwechselströme durch die Befehlsfrequenz ist der Schalter in der Teilnehmerspeiseschaltung so angeordnet, dass er bei fliessendem Speisestrom die 50 kHz-Spannung kurzschliesst. Ein weiterer, bereits implizit erwähnter Vorteil liegt darin, dass die Befehlsstelle aufwandsmässig sehr einfach gehalten werden kann, während die weit/aus teureren Bauelemente auf der Empfangsseite, auf der sich ja auch gleichzeitig der Generator befindet, verwendet werden müssen. Da aber bei der hier geschilderten Verwendung des Befehlsübermittlungssystems nur eine Empfangsstelle pro Zentrales Glied, dagegen aber soviele Befehlsstellen wie Teilnehmer vorhanden sind, ist der Gesamtaufwand relativ klein. Ein Charakteristikum dieses Systems ist, dass die Befehlsflussrichtung der Energieflussrichtung des die Befehle übertragenden Wechselstromes entgegengerichtet ist.

Schliesslich wäre noch zu erwähnen, dass die zu verwendende Frequenz prinzipiell an keinen Wert gebunden ist, Bestimmend für ihre Wahl sind lediglich Fragen der einfachsten, technischen Ausführbarkeit und der Vermeidung von unerwünschten Kopplungen.

3.) Auswahl eines freien Verbindungssatzes

Die Auswahl eines freien Verbindungssatzes für einen anrufenden Teilnehmer erfolgt immer nach dem Prinzip einer zeitlichen Aufeinanderfolge. Dies folgt logisch aus der gestellten Bedingung, dass nur ein Verbindungssatz gefunden werden darf. Diese Bedingung ist nur dann erfüllbar, wenn die Zeitpunkte des Gefundenwerdens der Verbindungssätze bei ungestörtem Ablauf differieren. Zur Zeit des ersten Findens tritt dann eine Störung ein, die den weiteren Suchvorgang beendet, bevor ein zweiter Verbindungssatz gefunden wird. Sämtliche Auswahlmethoden müssen nach diesem Prinzip vorgehen, auch wenn sie aus einer Vielzahl von gefundenen Verbindungssätzen nachträglich einen bevorzugten aussondern wollen, denn dann ist das Auswahlprinzip erst der zweite Schritt und folgt wiederum den gleichen Zeitgesetzen. Ob die Auswahl erfolgt, weil der bevorzugte Verbindungssatz am leichtesten oder am schnellsten anspricht, oder weil er eher von der Suchgrösse erreicht wird als die anderen, oder ob beides zusammenwirkt, ist für die Wahrung des Prinzips gleichgültig. Es ist somit nicht exakt, wenn J. D o m b u r g und W. S i x in der von ihnen im Maiheft 1954 "Philips' Technischen Rundschau" veröffentlichten Beschreibung einer elektronischen Versuchsanlage mit Kaltkathodenröhren behaupten, die Besetztprobe der einzelnen Verbindungssätze erfolge "gleichzeitig" im Gegensatz zum Nacheinander bei elektromechanischen Anlagen.

Es sind vielmehr die Auswahlverfahren danach aufzugliedern, ob die zeitliche Aufeinanderfolge einem vom Konstrukteur vorgefassten Plan entspricht, oder ob diese Aufeinanderfolge durch die zufällige, unterschiedliche Beschaffenheit der Verbindungssätze an sich oder in Abhängigkeit von der Zeit hervorgerufen wird. Im Falle des vorgefassten Planes gibt es hauptsächlich drei Möglichkeiten:

1. Nach einer festgelegten Reihenfolge jeweils von vorne mit dem Aufprüfverfahren anzufangen, bis der erste freie Ausgang gefunden ist.
2. Nach einer festgelegten Reihenfolge mit dem Aufprüfverfahren jeweils dort fortzufahren, wo das Verfahren beim

letzten Suchvorgang stillgesetzt wurde.

3. Nach einer festgelegten Reihenfolge ständig mit einem festgelegten Rhythmus die einzelnen Ausgänge zu prüfen, und dem anrufenden Teilnehmer den ersten für frei befundenen Verbindungssatz nach dem Zeitpunkt seines Anrufs zuzuteilen.

Nichtplanmässige Aufeinanderfolgen entstehen z.B. bei Kathodenröhren durch unterschiedliche Gasdrücke, Elektrodenabstände, Gas- und Elektrodenbeschaffenheiten und durch die verschiedene Anzahl vorhandener Ladungsträger zwischen den Elektroden sowie die günstigste, gerade auftretende, freie Weglänge und bei Transistoren durch die unterschiedlichen Reinheitsgrade der p- und n-Schichten, die differierende Dicke der Basisschichten und die eventuell verschiedenen Kristalltemperaturen.

In der am Institut ausgeführten Anlage wurde ein planmässiges Auswahlverfahren nach Ziffer 1 gewählt. Der dabei in der Fernmeldetechnik mit elektromagnetischen Bauelementen unter Umständen auftretende Nachteil, dass die ersten Kontakte häufiger benutzt werden als die späteren, fällt bei einem elektronischen Amt fort, da eine Abnutzung oder sonstige, bleibende Veränderung der Kontakte durch ihre Betätigung in fast allen Fällen praktisch nicht stattfindet.

Als Suchgrösse wird in diesem Fall ein negativer Impuls von ca. 7,5 Volt verwendet, der in der Teilnehmeranschlussleitung beim Abheben des Teilnehmerhandapparates erzeugt wird. Um diesen Impuls nach Amplitude und Flankensteilheit definiert zur Verfügung zu haben, wird der Potentialsprung, der durch den Spannungsabfall an den vom Speisestrom durchflossenen Widerständen auftritt, nicht direkt differenziert, da der Impuls sich dann je nach Länge und Beschaffenheit der Teilnehmeranschlussleitung verändern würde. Ausserdem könnten durch Prelungen des Gabelumschalterkontaktes im Teilnehmerapparat Mehrfachimpulse auftreten. Um alle diese Einflüsse auszuschalten, wird der durch den Speisestrom am 500 Ω -Widerstand (s. Bild 12) auftretende Spannungsabfall über ein Zeitkonstantenglied in einen Impulsformer geleitet, dessen Ausgangsspannung dann differenziert den definierten, einzelnen Impuls liefert. Die Ge-

danken, die zu dieser Anordnung geführt haben, sind im Technischen Bericht Nr. 21, Abschnitt 5 behandelt worden.

Der Impuls läuft nun über die sogenannte K-Leitung (oberste der 3 Befehlsleitungen im unteren Teil vom Bild 12 und Bild 13) im Bild von links nach rechts von Koppelpunkt zu Koppelpunkt derselben Zeile. Er passiert dabei so viele Diodenschalter, als Koppelpunkte zu bereits belegten Verbindungssätzen gehören. Trifft er auf den ersten zu einem freien Verbindungssatz gehörenden Koppelpunkt, so wird er durch den sperrenden Diodenschalter am Weiterlaufen gehindert (Abbruch des Suchvorganges) und findet über einen anderen, leitenden Schalter den Weg in den betreffenden Koppelpunkt hinein, um ihn in den durchgeschalteten Zustand zu kippen und damit gleichzeitig den zugehörigen Verbindungssatz zu belegen. Durch dieses Verfahren wird eine sehr hohe Abtastgeschwindigkeit der besetzten Ausgänge erzielt, da für die Absuchgeschwindigkeit der Verbindungssätze gilt:

$$\text{Zahl d. abgetast. V.S./s} = \frac{\text{Geschw. d. Imp. a. d. K-Ltg.} \frac{\text{cm}}{\text{s}}}{\text{Abstand d. V.S. untereinand.} \frac{\text{cm}}{\text{VS}}}$$

Zur Geschwindigkeit des Suchimpulses auf der K-Leitung ist zu erwähnen, dass die Geschwindigkeit in der Schaltung gegenüber der Fortpflanzungsgeschwindigkeit auf einem gestreckten Leiter durch verschiedene Einflüsse herabgesetzt wird. In der hier benutzten Schaltung ruft nur die Anstiegsflanke des Impulses eine Wirkung hervor. Es sei also auch nur ihre Fortpflanzung auf der K-Leitung näher betrachtet.

Durch vorübergehende Speicherung der Ladungsträger im Germanium stehen nicht genügend viele im Augenblick des Strombeginns zur Leitung zur Verfügung. Es erfolgt eine Verzögerung des Stromanstiegs. Gegenüber anderen in der gleichen Weise wirkenden Einflüssen ist diese Verzögerung jedoch sehr klein.

Die hauptsächlich messtechnisch erfasste Verzögerung hat andere Gründe: Aus dem Diagramm (Bild 7,b) ist ersichtlich, dass der statische Innenwiderstand einer Halbleiterdiode ausserordentlich stark mit der angelegten Durchlassspannung

bzw. dem fliessenden Durchlassstrom schwankt. Im Ruhezustand der Anlage ist die angelegte Spannung 0 Volt, d.h. die Dioden haben einen sehr grossen Durchlasswiderstand. Wird nun im Generator ein Rechteckimpuls erzeugt, so folgt bereits im Punkt 1 (Bild 7, c) der Spannungsverlauf wegen des Innenwiderstandes des Generators und der Schaltkapazität C_a einer steilen Ladekurve. Die Diode D_1 leitet also nicht plötzlich, sondern durchläuft in einer gewissen Zeit alle Innenwiderstandswerte von vielen $k\Omega$ herunter bis zu ca. 100Ω . Da hinter der Diode wieder eine ^{leit} Abschaltkapazität C_a liegt, ergibt diese zusammen mit der in den Durchschaltzustand übergehenden Diode ein zeitveränderliches Zeitkonstantenglied: Die Zeitkonstante ändert sich von einigen zehntel μ -Sekunden bis herab zu ca. 1 n-Sekunde. Der Spannungsverlauf erhält dadurch im Punkt 2 besonders am Anfang einen flacheren Charakter als derjenige der Steuerungsspannung am Punkt 1. Während Diode 1 noch nicht im technischen Durchlassbereich angelangt ist, beginnt Diode 2 nun im noch langsameren Ablauf ihren Widerstand zu verkleinern. Die grosse Zeitkonstante, die sich aus Diode 2 mit dem ihr nachfolgenden C_a ergibt, solange die Diode noch relativ hochohmig ist, wirkt also hier schon über eine längere Zeit. Diese Einflusszeit vergrössert sich nun von Diode zu Diode. Man darf aber die Einflüsse nicht einfach addieren, da die Vorgänge sich zeitlich überlappen. Verzögernd wirken sich noch folgende Vorgänge zusätzlich aus:

1. Je höher die Diodenordnungszahl, destomehr mittelmässig oder bereits gut leitende Dioden liegen in Reihe mit dem Diodenwiderstand der letzten Diode und vergrössern so die Zeitkonstante mit dem jeweils letzten C_a .
2. Die jeweils sich im Innenwiderstand verändernden Dioden öffnen von einem gewissen Zeitpunkt ihres Aenderungsverhaltens an bereits die nachfolgende Diode. Dadurch liegt für den Rest der Aenderungszeit über die nachfolgende Diode, ständig fester angekoppelt, ein weiteres C_a dem eigenen C_a parallel und vergrössert die Zeitkonstante.
3. Der Verbraucher besitzt ein höheres Eingangs-C als C_a und erzeugt daher am Ende der Diodenkette eine besonders grosse Verzögerung.

4. Durch die Restwiderstände der Dioden einerseits und den Verbraucherwiderstand und die hochohmigen Ableitwiderstände andererseits tritt eine Dämpfung des Impulses ein. Da die erwünschte Wirkung aber von einem bestimmten, erreichten absoluten Spannungspegel auf der Anstiegsflanke ausgelöst wird, verschiebt sich durch die Dämpfung der Einsatzzeitpunkt der Wirkung auf der Aufladekurve immer mehr in den gekrümmten Teil, wodurch über die Zeitkonstantenbetrachtung hinaus eine zusätzliche Verzögerung eintritt.

Als positiver Einfluss im Sinne einer Verringerung der Verzögerung wäre die Parallelkapazität zur Diodenstrecke zu nennen. Diese Kapazität besteht aus einem durch den konstruktiven Aufbau bedingten konstanten und einem mit der angelegten Spannung veränderlichen Anteil.

Es wird also deutlich, dass eine exakte Berechnung der auftretenden Verzögerung in Abhängigkeit von der Diodenzahl ausserordentlich schwierig ausfallen würde. Aus diesem Grunde wurde eine Versuchsanordnung (Bild 7,d) aufgebaut, die die Verhältnisse in einer Verbindungssatzauswahlschaltung mit 10 Verbindungssätzen möglichst weitgehend nachbildet, da eine Messung an der Anlage selbst, wegen der räumlichen Abmessungen und den dadurch notwendigen langen Verbindungsleitungen zwischen Messplatz und Messobjekt mit den zur Verfügung stehenden Mitteln keine exakten Ergebnisse erbracht hätte. Die Versuchsanordnung wurde so dimensioniert, dass sie sich bezüglich der auftretenden Verzögerungen auf jeden Fall ungünstiger verhalten muss als die Anlage selbst. Als auftretende Schaltkapazität pro Verbindungssatz wurden 10 pF angenommen und als Verbraucher eine Parallelschaltung von 1 k Ω mit 100 pF.

Als Augenblick des Wirkungseinsatzes wurde die steilste Stelle der Sprungfunktion definiert, da der Absolutpegel an dieser Stelle noch gross genug zur Wirkungsauslösung ist und die Spannung durch einen Kondensator annähernd differenziert wird. Bei 10 Volt Eingangssprunghöhe ergab sich eine Ausgangssprunghöhe von 4,4 Volt. Das Spannungsverhältnis betrug also 2,3 : 1 und damit die Dämpfung etwa 7 dB. Die Stelle höchster Steilheit der Ausgangssprungfunktion liegt

bei halber Höhe des erreichten Endwertes, also bei 2,2 Volt. Die gemessene Verzögerung zwischen halber Höhe des Eingangsimpulses (5V) und Auslösung der Wirkung im zehnten Verbindungssatz beträgt 0,15 μ -Sekunden. Da bei Auswahlstellungen mit wesentlich mehr Verbindungssätzen auch nur ein Verbraucher auftritt, liegt die Verzögerungszeit mit Sicherheit unter dem durch entsprechende Vervielfachung aus dieser Messung gewonnenen Wert. Man kann also schliessen, dass die Leistungsfähigkeit der Anlage besser als das Absuchen von 1000 Ausgängen in 15 μ -Sekunden oder von 67 Verbindungssätzen in 1 μ -Sekunde ist. Bei Anlagen mit grosser Verbindungssatzzahl wird man auf der Auswahlleitung je nach Ansprechempfindlichkeit der Schalter einen Impulsverstärker pro 10 oder 20 Verbindungssätzen einsetzen müssen.

4.) Die Sperreinrichtungen innerhalb der Koppelpunktmatrix

In der ausgeführten Anlage ist jeder Koppelpunkt des Koppelfeldes ausser seiner Funktion als Sprechwegverbinder auch noch Schnittpunkt eines senkrechten Befehlsweges zur Sperrung aller Koppelpunkte seiner Spalte gegen Doppelbelegungen und eines waagerechten Befehlsweges zur Sperrung aller Koppelpunkte seiner Zeile ebenfalls gegen Doppelbelegungen. Im einzelnen muss jeder belegte Koppelpunkt folgende Sperrungen gegen Doppelbelegungen veranlassen (s. Bild 4):

1. Sperrung aller Koppelpunkte seiner Zeile gegen Belegung vom Teilnehmer her. Hierdurch wird verhindert, dass a) die Wahlimpulse, die ebenfalls auf die K-Leitung gelangen, weitere Verbindungssätze belegen und b) der Teilnehmer im Falle des Angerufenwerdens beim Abheben des Handapparates einen weiteren Verbindungssatz belegt, da er ja auch in diesem Fall einen Suchimpuls auf die K-Leitung schickt.
2. Sperrung aller Koppelpunkte seiner Spalte gegen Belegungen des gleichen Verbindungssatzes durch einen anderen Teilnehmer. Von der Geschwindigkeit, mit der dieser Sperrvorgang voll wirksam wird, hängt im wesentlichen die Doppelprüfungsfahr für die Anlage ab.

3. Sperrung aller Koppelpunkte seiner Zeile gegen Belegungen vom Zentralen Glied her. Diese Sperrung charakterisiert den Zustand: "Teilnehmer besetzt"; dies ist solange der Fall, wie der betreffende Teilnehmer seinen Handapparat von der Gabel abgehoben hat, da er auch in jedem Fall während dieser ganzen Zeit einen Koppelpunkt belegt hat. Dies gilt auch für den Fall, dass der abhebende Teilnehmer keinen freien Verbindungssatz mehr vorgefunden hat. Sein Suchimpuls läuft dann auf den ihm zugeordneten Besetzt-koppelpunkt auf. Dieser leitet dann den Sperrvorgang ein. Dadurch wird erreicht, dass nicht plötzlich, während der Teilnehmer den Handapparat noch in der Hand hält und das Besetztzeichen des überlasteten Amtes entgegennimmt, ein ihn anrufender Teilnehmer die Sprechverbindung zu ihm durchgeschaltet erhält.

Aus allen drei Sperrvorgängen geht hervor, dass ein belegter Koppelpunkt nur noch eine Belegungsmöglichkeit für sein Zeilen-Spalten-Kreuz offenlässt. Es ist dies die Belegung aller Koppelpunkte seiner Spalte vom Zentralen Glied her. Diese Belegungsmöglichkeit muss erhalten bleiben, damit der gewünschte Teilnehmer auf dem gleichen Verbindungssatz nach der Auswertung der Wahl des Anrufenden durch das Zentrale Glied erreicht werden kann.

Da die Erklärung des Zustandekommens aller dieser Sperrfunktionen anhand der Einzelteilschaltung sehr unübersichtlich ausfallen würde, soll im Folgenden versucht werden, den Auswahlvorgang durch den Suchimpuls und die Wirkungsweise der Sperr-einrichtungen an Symboldarstellungen der Schaltung zu erläutern. Da die Darstellungsweise dieser Symbole in der Literatur voneinander abweicht, wird eine kurze Zusammenstellung der hier verwendeten Zeichen und der hauptsächlichen Aussagen über ihr Verhalten in Bild 1 gegeben. Häufig wird die Auffassung vertreten, zur Darstellung logischer Netzwerke benötigte man drei Symboltypen, nämlich das "Und"-Gatter, das "Oder"-Gatter und den Negator. Wie auf Bild 1 unten gezeigt wird, genügen aber auch zwei Symbole, wenn man Negatoren an der Austrittsstelle der Symbole zulässt. Ein an allen Eintritt- und Austritts-

stellen negiertes Und-Gatter ist identisch mit einem nirgends negierten Oder-Gatter, da ein negiertes Und-Gatter, also ein Und-Gatter für Nicht-Zeichen zu einem Oder-Gatter für Zeichen wird und umgekehrt. Man kommt dann mit dem Und-Gatter oder dem Oder-Gatter und dem Negator aus. Solche Symbolschaltungen lesen sich jedoch wegen der häufigen, gedanklich vorzunehmenden Negationen erheblich schwieriger, als die mit den drei Symboltypen aufgebauten Darstellungen. Deshalb wird auch hier das leichter zu interpretierende System verwendet.

Da in der Schalttechnik Negatoren meist nicht so einfach zu verwirklichen sind, wie es ihrem häufigen Vorkommen nach der Fall sein müsste, wird zunächst ein Symbolschaltbild des Koppelfeldes ohne Verwendung von Negatoren besprochen. Diese Darstellung ist der tatsächlichen Ausführung der Anlage sehr ähnlich (s. Bild 8).

Die mit "Durchschaltung" bezeichneten Rechtecke stellen elektronische Schalter ohne Speicherung dar, die das waagerechte, von der Teilnehmerschaltung kommende Adernpaar A, B mit dem senkrechten Verbindungssatzadernpaar VS verbinden können. Die mit Bistabiler Multivibrator (B.MV.) bezeichneten Rechtecke arbeiten als Zustandsspeicher für die Schalter und besitzen zwei Eingänge (unten) und zwei Ausgänge (oben). Wird an den rechten Eingang ein Zeichen geliefert, so kippt der rechte Ausgang in die Zeichenlage und umgekehrt. Die zu jedem Verbindungssatz gehörenden G- und H-Leitungen sind die Steuerleitungen für die Sperrbefehle der eigenen Spalte; sie sind für den ganzen Verbindungssatz durchgehend verlegt. Die ebenfalls nicht unterbrochenen, waagerecht verlaufenden J-Leitungen transportieren die Sperrbefehle für die eigene Zeile zu jedem ihrer Koppelpunkte. Auf den waagerechten K-Leitungen laufen die Suchimpulse für die Auswahl eines freien Verbindungssatzes von links nach rechts entlang. Die zu jedem Koppelpunkt getrennt geführten M-Leitungen kommen vom Zentralen Glied und dienen der Belegung des Koppelpunktes des angerufenen Teilnehmers.

Um die Wirkungsweise der Anlage zu erkennen, denke man sich alle Steuerleitungen in Ruhestellung (kein Verkehr). Dann gelten für die Zustände der Leitungen die eingetragenen Symbole (Zeichen: +; Null: o). Hebt z.B. Teilnehmer 1 ab, so entsteht

in seiner Teilnehmeranschaltung ein Zeichenimpuls ($0 + 0$), der links in die K-Leitung eingespeist wird. Da alle Verbindungssätze frei sind, muss dieser Impuls den ersten (=ersten, freien) Verbindungssatz belegen. Steuerleitung $G_{k,1}$ ist in Nullage, also wird der Suchimpuls am Weiterlaufen auf der K-Leitung gehindert, da er das im Leitungszuge liegende Und-Gatter nur passieren könnte, wenn von $G_{k,1}$ her ebenfalls Zeichen anliegen würden. Dagegen kann er durch das Und-Gatter mit den drei Eingängen gelangen, da sowohl die $J_{1,1}$ - als auch die $H_{k,1}$ -Leitung in Zeichenlage sind und an die beiden anderen Eingänge Zeichen legen. Ueber das Oder-Gatter gelangt der Zeichenimpuls nun in den Koppelpunktsspeicher (B.MV.) und kippt ihn um, so dass am linken Ausgang Zeichen steht. Dadurch wird der Sprechadern-Verbinder durchgeschaltet, und der Teilnehmer erhält über die beiden Sprechadern den direkten Zugang zum Zentralen Glied für die Weiterleitung der Wahlinformation. Gleichzeitig wird die $G_{k,1}$ Leitung über das Vielfach-Oder-Gatter in Zeichenlage gebracht, während der rechte Ausgang des B.MV. über die beiden Vielfach-Und-Gatter die $H_{k,1}$ -Leitung und $J_{1,1}$ - Leitung in Nullage bringt, da eine Und-Schaltung für Zeichen als Wirkelemente identisch ist mit einer Oder-Schaltung, für die man sich Null als wirkendes Element denkt: Hat also einer der Eingänge (rechte Koppelpunktsausgänge) Null, so hat auch der Ausgang (H- bzw. J-Leitung) Null. Nachdem der Koppelpunkt 1,1 belegt worden ist, haben also die beiden Leitungen $G_{k,1}$ und $H_{k,1}$ ihren Zustand vertauscht (Sperrbefehl für die Spalte) und die $J_{1,1}$ - Leitung ist von der Zeichenlage in die Nullage übergegangen (Sperrbefehl für die Zeile). Dass zwei Leitungen (H und G) verwendet werden, um den Spaltensperrbefehl weiterzuleiten, ist prinzipiell unnötig, da ja die zweite Leitung keine weitere Information gegenüber der ersten führt. Diese Ausführungsform ergab sich aus der Anfangsbedingung, keine Negatoren (ausser dem mit zwei gegenphasigen Ausgängen versehenen B.MV. selbst) zu verwenden. Auch in der technischen Ausführung der Anlage sind diese beiden Leitungen vorhanden.

Es sollen nun die Auswirkungen der Sperrbefehle verfolgt werden (s. Zusammenstellung der Sperrungen nach Ziffer 1, 2 und 3 am Anfang des Abschnittes 4).

1. Nach der erfolgten Verbindungssatzauswahl kann durch weitere, auf der K-Leitung derselben Zeile nachfolgende Impulse kein Koppelpunkt dieser Zeile mehr erreicht und damit zusätzlich belegt werden, weil die Nullage der J-Leitung die (3-Eingangs)-Und-Gatter jedes Koppelpunktes dieser Zeile für die Suchimpulse sperrt und damit die Ansteuerung der Speicher verhindert.
2. Andere Teilnehmer können auf den gleichen Verbindungssatz nicht mehr aufprüfen, weil durch die Nullage der H-Leitung die (3-Eingangs)-Und-Gatter jedes Koppelpunktes dieser Spalte für die Suchimpulse gesperrt sind. Dagegen öffnet die Zeichenlage der G-Leitung für die Zeichenimpulse auf den K-Leitungen anderer, abhebender Teilnehmer die im Verlauf ihrer K-Leitungen liegenden Und-Gatter, und die Suchimpulse fließen somit an diesem, für sie besetzten Verbindungssatz ohne Wirkungsauslösung vorbei, um den Prüfvorgang beim darauffolgenden Verbindungssatz zu wiederholen. Ist dieser ebenfalls belegt, so leitet auch sein K-Leitungsgatter den Suchimpuls weiter, während er selbst nicht ansteuerbar ist usw. Dadurch wird erreicht, dass der Suchimpuls den ersten, freien Verbindungssatz findet und ihn belegt.
3. Vom Zentralen Glied her, also über die getrennt zu jedem Koppelpunkt führenden M-Leitungen können andere Koppelpunkte derselben Zeile nicht erreicht werden, weil die J-Leitung mit ihrer Nullage das Durchtreten von Zeichenimpulsen durch die vor den M-Leitungen liegenden U-Gatter verhindert.

Es können aber weiterhin die anderen Koppelpunkte des belegten Verbindungssatzes über die M-Leitungen vom Zentralen Glied her umgesteuert werden, wenn der anzusteuernde (= angerufene) Teilnehmer nicht besetzt ist, d.h. seine J-Leitung in Zeichenlage (=Ruhestellung) ist.

Damit sind alle Sperrbedingungen innerhalb des Koppelfeldes erfüllt. Da die Koppelpunkte in ihrem Aufbau identisch untereinander sind, gelten die oben angestellten Betrachtungen für

jeden Koppelpunkt gleichermassen und ermöglichen, sinngemäss angewandt, die Kenntniss der Verhaltensweise des Koppelfeldes in Bezug auf eingegebene Steuergrössen für jeden seiner möglichen Zustände.

Die Auslösung aller Koppelpunkte eines Verbindungssatzes erfolgt vom Zentralen Glied her über die H-Leitung durch einen Zeichenimpuls.

Die in Bild 9 gezeigte Symboldarstellung ist in ihrer Wirkungsweise identisch mit der soeben besprochenen. Nur wurden hier Negatoren verwendet, die an den Eintrittsstellen der Gatter durch Punkte dargestellt werden. Es ist jetzt möglich, die beiden senkrechten Befehlsleitungen G und H zu einer Leitung zusammenzufassen. Diese Schaltung ist die Grundkonzeption für die Verwirklichung der an das Koppelfeld gestellten Forderungen, aus der dann die soeben besprochene Anordnung entwickelt wurde, weil für die technische Konstruktion möglichst keine Negatoren auftreten sollten. Wenn trotzdem nicht die ursprüngliche Form, sondern ihre Abwandlung ausführlich zuerst besprochen wurde, so geschah das deshalb, weil mit dem Verständnis ihrer Arbeitsweise die Entwicklung der endgültigen Schaltung aus der Abwandlung wesentlich leichter verfolgt werden kann. Aus diesem Grunde sei die Symboldarstellung mit Negatoren kürzer behandelt. Es kommt im Folgenden nur darauf an, die Wirkungsgleichheit mit der vorigen Schaltung zu skizzieren:

Teilnehmer 1 habe Verbindungssatz 1 belegt. Teilnehmer 2 hebt ab. Sein Suchimpuls kann nicht in Koppelpunkt 2,1 eindringen, da die $H_{k,1}$ -Leitung Zeichen hat als Folge der Belegung von Koppelpunkt 1,1 über das Vielfach-Oder-Gatter. Zeichen auf der $H_{k,1}$ -Leitung bedeutet aber Null nach Passieren der negierten (3-Eingangs)-Und-Gatter in allen Koppelpunkten $k,1$ ($=VS1$). Dagegen öffnet die Zeichenlage der $H_{k,1}$ -Leitung das Und-Gatter im Verlauf der K-Leitung für den Zeichenimpuls und dieser gelangt zum Koppelpunkt 2,2. Hier kann er in den Koppelpunktspeicher eindringen, da am (3-Eingangs)-Und-Gatter die negierten Nullagen der $H_{k,1}$ -Leitung und der $J_{2,1}$ -Leitung wirksam sind. Damit wird Koppelpunkt 2,2 belegt. Der Impuls wird am Weiterlaufen auf der K-Leitung durch die Nullage der

$H_{k,2}$ -Leitung gehindert. Man sieht, dass die gleichen Wirkungen auftreten wie im vorigen Symbolschaltbild. Dies gilt genauso für die anderen Sperrvorgänge, wovon man sich leicht anhand der beiden Darstellungen überzeugen kann.

Es entsteht nun die Aufgabe, die Symboldarstellungen in Einzelteilschaltungen umzuwandeln. Als Vorlage hierfür dient, wie bereits erwähnt, Bild 8. In der Zusammenstellung auf Bild 2 sind für die beiden Gattertypen "Und" und "Oder" Einzelteildarstellungsmöglichkeiten unter Verwendung von Dioden und Widerständen gezeigt. Diese Koinzidenzgatter arbeiten als Gatter für Zustände und koinzidierende Impulse, sowie eine Mischung von beiden. Will man aber Torschaltungen ausschliesslich für Impulse bauen und die Ansteuerung dieser Tore bezüglich ihres Leit- oder Sperrverhaltens durch Zustandsgrössen erfolgen lassen, für deren Auswirkung auf das Torverhalten eine Verzögerung zulässig ist, die gross gegen die Impulsdauer ist, so lassen sich andere Einzelteilschaltungen unter Verwendung von Dioden, Kondensatoren und Widerständen angeben, die aufwandsmässig Vorteile bringen. Eine Zusammenstellung einiger dieser Koinzidenzgatter als gesteuerte Tore für Impulse ist auf Bild 3 gegeben worden. Man sieht also, dass selbst kompliziertere Impulsgatter dieser Art schon mit einer Diode darstellbar sind, und dass Negationen der Steuergrössen keine zusätzlichen Dioden verlangen. Dem Nachteil der Verzögerung in der Befehlsauswirkung durch die auftretenden R-C-Glieder steht der Vorteil gegenüber, dass die Befehlsansteuerung fast leistungslos geschieht, wenn die Impulspolarität so gewählt wird, dass der Impuls während seines Durchtritts durch die Diode deren Querstrom ansteigen lässt, d.h. wenn er sich die Diode mit einem Bruchteil seiner eigenen Impulsenergie niederohmig macht. Dadurch ist es möglich, das Impulstor im durchlassbereiten Zustand im Nullpunkt des I-U-Koordinatensystem der Diodenkennlinie zu betreiben, d.h. ohne Ruhestrom, also auch ohne Dauerleistung. Würde man die Impulspolarität verändern, so müsste ein Dauerstrom von den Befehlseingängen aufgebracht werden, um die Diode ständig niederohmig zu erhalten, damit das Durchtreten des Impulses ermöglicht wird. Im Sperrzustand ist von den Befehlseingängen lediglich der

Reststrom aufzubringen, der meist in der Grössenordnung von $1\text{ }\mu\text{A}$ liegt. Damit beträgt die erforderliche Dauerleistung für den Sperrzustand etwa $10\text{ }\mu\text{W}$. Die Hauptenergie wird bei diesem Gatter für die Umladung der Kondensatoren bei Veränderung der Befehlszustände gebraucht. Damit diese Energie nicht in zu kurzen Zeitabschnitten zur Verfügung gestellt werden muss, was gleichbedeutend mit hohen Steuerströmen und damit niederohmigen Steuereingängen oder grossen Ansteuerungsspannungen ist, muss für die Ansteuerung eine grössere Zeitkonstante in Kauf genommen werden. Durch diese Eigenschaften sind diese Impulsgatter nicht für alle ihnen sonst zukommenden Schaltaufgaben geeignet. Es ergab sich jedoch, dass an sehr vielen Stellen der am Institut hergestellten Anlage ihre Vorteile voll zur Geltung kamen, während die eben besprochenen Nachteile wegen der jeweiligen Aufgabenstellung sich nicht auswirken konnten. Dies trifft besonders für das Zentrale Glied zu, das in einem weiteren Technischen Bericht behandelt werden wird.

Bild 10 stellt die direkte Uebertragung der Symboldarstellung von Bild 8 in die Einzelteildarstellung mittels des Schlüssels nach Bild 2 dar. In den schraffierten Feldern befindet sich jeweils die einem Symbol entsprechende Einzelteilschaltung in der gleichen, räumlichen Anordnung wie auf Bild 8. Alle im Bild 10 schwarz ausgefüllten Dioden treten pro Koppelpunkt auf. Nach dem erhaltenen Schaltbild werden also 12 Dioden pro Koppelpunkt für Auswahl- und Sperrvorrichtungen benötigt. Es sind nun Ueberlegungen anzustellen, ob sich diese Anordnung vereinfachen lässt. Die drei Gatter V, VI und VII sind reine Koinzidenzgatter für Zustände, sie sind also nicht abwandelbar und müssen in der ermittelten Form aufgebaut werden. Da aber sowohl auf der K-Leitung als auch auf der M-Leitung Impulse verwendet werden, lassen sich Gatter II, III und IV in Impulsgatter umwandeln (s. Bild 11), wodurch eine Einsparung an Dioden möglich ist. Das in ein Impulsgatter umgewandelte Gatter III müsste zwei Eingänge für die Befehlszustände der J- und H-Leitung und einen für den K-Leitungsimpuls erhalten. Da die J- und H-Befehle beide gleichzeitig notwendig und ausserdem gleichpolarisiert sind, lässt sich eine einfach aufgebaute, sicher arbeitende Schaltung für dieses Gatter

nicht angeben, da ein mit ohmschen Widerständen hergestellter Mischeingang für die beiden Befehlszustände deren Wirkamplitude auf die Hälfte herabsetzen würde. Aus diesem Grunde wurde die Schaltung so aufgegliedert, dass dem normalen Impulsgatter mit nur einem Befehlseingang (δ) ein Und-Gatter für zwei Befehlseingänge (γ) vorgeschaltet wurde. Die beiden Befehlseingänge liegen an der J- und H-Leitung, wie vorher zwei Eingänge des 3-teiligen Zustandsgatters. Das Gatter I kann ganz weggelassen werden, da die Belastung, die durch das jeweils parallelliegende zweite Impulsgatter auftritt, die Impulsamplitude wegen des Sperrzustandes der jeweils anderen Diode nur unbedeutend schwächt. Mit den skizzierten Abänderungen läge an sich die endgültige Schaltung schon fest. In der Schaltung ist jedoch aus anderen Gründen der Suchimpuls auf der K-Leitung negativ polarisiert, d.h. er entspricht in der Symboldarstellung einem Nullimpuls. Aus diesem Grunde sind die Impulsgatter etwas anders aufgebaut, wie unten in Bild 11 α , β erläutert wird. Diese Gatter lassen den negativen (=Null)-Impuls dann passieren, wenn an ihrem Befehls-Zustandseingang Plus (=Zeichen) liegt. Da die Steuerimpulse negativ sind, muss der andere Eingang des Speichers (B.MV.) verwendet werden. Das in der K-Leitung liegende Impulsgatter (δ) ist ebenfalls für die beschriebene Wirkungsweise gebaut, jedoch mussten bei diesem Gatter besondere Gesichtspunkte berücksichtigt werden, da es in grosser Zahl seriengeschaltet werden muss. Aus diesem Grunde sollten die Kondensatoren nicht in Reihe auftreten, um nicht zu gross gewählt werden zu müssen, und vor allem, damit nicht die Gefahr einer Summierung der unvollkommen stattfindenden, unerwünschten Differentiationen an den Einzelgliedern besteht. Die Kondensatoren wurden deshalb in die Abzweigungen zu den Koppelpunkten gelegt. Würde man ferner die Zustandsgrösse in der gewohnten Weise über Widerstände zuführen, so würde der über mehrere Gatter laufende Impuls durch die dadurch für ihn bestehende, starke Ableitung erheblich gedämpft werden. Um dies zu verhindern, wird die Zustandsgrösse über eine Diode zugeführt, die so in die Schaltung gefügt ist, dass der passierende Impuls auf der K-Leitung sie in den Sperrbereich steuert. Dadurch wird die Ableitung praktisch nur durch den Hochohmwiderstand

gebildet, der der Diode parallelgeschaltet ist, um definierte Potentialverhältnisse zu bekommen (es besteht sonst die Gefahr, dass sich über die Dioden des darauffolgenden Koppelpunktes ein unerwünschtes, von den jeweiligen Sperreigenschaften der verwendeten Dioden abhängiges Potential einstellt). Erst wenn der Befehl "Sperren" an das Gatter gelegt wird, wird die Diode leitend und bildet eine starke Ableitung, die aber nicht mehr schadet, sondern sogar den Sperrvorgang der im Zuge der K-Leitung liegenden Diode noch unterstützt. Ein Impulsgatter üblicher Bauart konnte an dieser Stelle auch noch aus dem Grunde nicht verwendet werden, weil es hier auf möglichst schnelle Reaktion des Gatters ankommt, um Fehlbelegungen zu unterbinden. Durch die niederohmige Zuführung des Sperrbefehls über die eben behandelte Diode wird verhindert, dass eventuell bei Belegen dieses Koppelpunktes auch noch die folgenden, freien Verbindungssätze angesteuert und belegt werden.

Nach diesen Abwandlungen liegt nun die Schaltung für die Auswahl- und Sperreinrichtungen des Koppelpunktes fest und kann praktisch aufgebaut werden, nach dem die Daten der Einzelteile errechnet bzw. in Messanordnungen ermittelt wurden. Es kommen also pro Koppelpunkt hierfür 9 Dioden zur Anwendung: Je 1 Diode in Gatter α , β , je 1 Diode pro Koppelpunkt in Gatter ϵ , ζ , η und je 2 Dioden in Gatter γ und δ . Auf der Einzelteilschaltung in Bild 13 sind diese Dioden zu erkennen, wobei die Diode aus Gatter α nicht mit auf dem Blatt erscheint, sondern aus darstellerischen Gründen auf dem Schaltungsblatt für das Zentrale Glied angeordnet ist. Die zur senkrechten F-Leitung führende Diode 9 ist dafür hier nicht behandelt worden, da sie der Befehlsgabe für den Teilnehmer-Besetztfall dient, und mit den bisherigen Betrachtungen nichts zu tun hat.

5.) Die praktische Ausführung der Teilnehmeranschlusschaltungen

In dieser Beschreibung sollen nur die wesentlichen Punkte des Schaltungsaufbaues herausgegriffen werden, da ein Eingehen auf alle Anordnungs- und Dimensionierungsfragen den Rahmen

des Berichtes überschreiten würde. Zur Information über grundlegende Gedanken und Messungen, die bei der Entwicklung dieser Schaltung eine Rolle spielten, sei erneut auf den Technischen Bericht Nr. 21 vom 5.8.1958 hingewiesen.

Wie aus Bild 12 ersichtlich, laufen die Sprechwechselströme von A,B über den Speisetransformator nach C,E zu den Koppelpunktsschaltern. Durch äussere Störeinflüsse sowie durch die Nummernwahl auftretende Spannungsspitzen auf den Teilnehmerleitungen werden durch die beiden Golddrahtdioden OA5 so stark begrenzt, dass sie im Koppelfeld keine unerwünschten Wirkungen mehr hervorrufen können. Auf der linken Transformatorseite erfolgt die Gleichstromspeisung über einen einstellbaren $1\text{ k}\Omega$ -Widerstand, mit dem der Teilnehmerspeisestrom auf 40 mA eingeregelt wird, und über einen festen $500\text{ }\Omega$ -Widerstand. Der $3,2\text{ }\mu\text{F}$ -Kondensator dient als Kurzschluss für den Sprechwechselstrom und als Teil eines Zeitkonstantengliedes, das die Flanken der Wahlimpulse abrundet, wenn man sie als Spannungsabfallschwankungen am $500\text{ }\Omega$ -Widerstand abgreift. Hierdurch werden Prellimpulse weitgehend geschwächt (s. Abschnitt 3 des Berichtes);

Beim Abheben des Handapparates des Teilnehmers bildet sich an diesem Widerstand ein Spannungsabfall von 20 V aus, der das Potential am rechten Ende des Widerstandes auf 0 V absinken lässt. Diese Potentialänderung wird in einen Impulsformer geleitet, der nach Art des Schmitt - Triggers geschaltet ist, und an dessen Ausgang definierte, von Prellerscheinungen der Sprechstellenkontakte freie Potentialsprünge zur Verfügung stehen. Der im Verhältnis $3 : 2$ abgeschwächte Ausgangssprung von jetzt ca. $7,5\text{ V}$ wird über einen 25 nF -Kondensator differenziert und liefert an F einen negativen Impuls. Dieser Impuls gelangt von F auf die K-Leitung und wählt als Suchimpuls in der in Abschnitt 4 beschriebenen Weise den ersten, freien Verbindungssatz aus. Während der Nummernwahl, sowie beim Auflegen des Handapparates gelangen ebenfalls Impulse auf die K-Leitung, die aber nicht verwendet werden sollen und deshalb durch die im Abschnitt 4

unter Ziffer 1 beschriebenen Sperrmassnahmen wirkungslos gemacht werden. In einer älteren Ausführung der Anlage wurden diese Impulse bereits in der Teilnehmerschaltung unterdrückt. Diese Massnahme ist jetzt überflüssig geworden. Am Eingang des Impulsformers befindet sich ein Netzwerk aus einem $5\text{ k}\Omega$ -, einem $20\text{ k}\Omega$ - und einem $30\text{ k}\Omega$ -Widerstand und aus einem durch Zusammenschaltung zweier Elektrolytkondensatoren gebildeten bipolaren $1,6\text{ }\mu\text{F}$ -Kondensator. (Der Kapazitätswert des Kondensators schwankt bei dieser Anordnung mit der angelegten Spannung; dieser Effekt ist hier an sich unerwünscht, beeinträchtigt aber die Funktion der Schaltung nicht. Ein genügend kleiner Papierkondensatortyp stand nicht zur Verfügung). Dieses Netzwerk stellt eine äussere Rückkopplung des Triggers mit einer Zeitkonstante dar und bewirkt hauptsächlich, dass der Impulsformer, einmal umgekippt, in dieser Lage einige ms verharret, ehe er zurückkippen kann. Dies war notwendig, um Kurzbelegungen, z.B. durch kurzzeitigen Leitungsschluss in den Teilnehmerleitungen oder durch extrem schnell aufeinanderfolgendes Abheben und Auflegen des Handapparates, unwirksam zu machen. Würde nämlich eine Belegung schon beendet, bevor die Durchschaltung zum Zentralen Glied erfolgt ist, und dieses den Zustand "Teilnehmer hat abgehoben" eingespeichert hat, so könnte das Zentrale Glied am Ende der Belegung nicht den Auslösebefehl an den Verbindungssatz geben, und der Koppelpunkt würde in diesem Fall nicht getrennt werden, d.h. der eine Verbindungssatz bliebe dauernd belegt und der Verkehrswert der Anlage würde sinken. Der durch die Rückkopplung erzielte Effekt lässt sich nicht durch ein vorgeschaltetes R-C-Glied erreichen, da damit der Fall eintreten kann, dass Belegungen, die nur etwas länger dauern, als die Verzögerungszeit durch das R-C -Glied beträgt, als wesentlich kürzere, und damit für das Verhalten der Anlage schädliche Belegungen am Impulsformer auftreten. Durch die beschriebene Massnahme wurden für die Anlage Störeinflüsse durch Kurzbelegungen völlig ausgeschaltet, wie auch durch experimentelle Nachahmungen aller möglichen Teilnehmerverhaltensweisen bezüglich der Belegungsdauer mittels eines Rechteckgenerators nachgewiesen werden konnte.

Der direkte Gleichstromausgang des Impulsformers steuert über einen $4\text{ k}\Omega$ -Widerstand den Schalter zur Dämpfung des 50 kHz -Resonanzkreises an, dessen Aufgabe im Abschnitt 2 besprochen wurde. Der Resonanzkreis ist über einen Transformator $3 : 1$ an das Sprechleitungssystem angekoppelt, um die auf den Leitungen gegen Masse auftretenden 50 kHz -Spannungen in der Grösse des Normalpegels zu halten, damit ein einwandfreies Sperren der Koppelpunkte garantiert ist.

6.) Die praktische Ausführung der Koppelpunktsschaltungen

Da das Grundsätzliche über die Durchschaltung der Sprechadern schon im Abschnitt 1 besprochen wurde und die Auswahl- und Sperrschaltung im Abschnitt 4 ausführlich behandelt wurde, mögen hier einige Erläuterungen genügen.

Die Durchschaltetransistoren werden, wie in Bild 13 ersichtlich, über einen Sperrkreis für 50 kHz angesteuert, da die mittellangezapfte Drossel wegen der gleichphasigen Ansteuerung ihrer beiden Enden für den 50 kHz -Strom niederohmig wird. Die Abstimmung dieser Sperrkreise hat sich im Betrieb als äusserst unkritisch erwiesen, so dass einfachste Sperrdrosseln wahrscheinlich genügen würden. Der Basisstrom für die Durchschaltung der beiden Transistoren wird über den $300\text{ }\Omega$ -Widerstand aus der -4 V Quelle bezogen. Soll der Koppelpunkt getrennt werden, so zieht der bistabile Multivibrator (=Speicher) den Ansteuerpunkt über den Spannungsteiler aus $500\text{ }\Omega$ und $300\text{ }\Omega$ auf positives Potential gegen Masse.

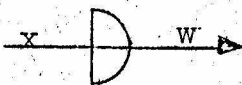
Der bistabile Multivibrator selbst weist in seiner Schaltung keine Besonderheiten auf, so dass auf eine Beschreibung verzichtet werden kann. Der 5 nF -Kondensator, der vom Fusspunkt des Sperrkreises nach P. geschaltet ist, verhindert ein Eindringen etwa noch auf den Sprechleitungen vorhandener Störspannungsspitzen in den Koppelpunktsspeicher.

Zum Abschluss sei noch die Zuordnung der einzelnen Dioden, Kondensatoren und Widerstände zu den verschiedenen Gattern der Symboldarstellung von Bild 11 angegeben: Gatter α wird

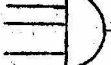
durch den 200 k Ω -Widerstand, den 2 nF-Kondensator und eine auf dem Bild nicht gezeigte Diode in der M-Leitung dargestellt. (Die Darstellung der Diode erfolgte, wie schon erwähnt, auf dem Blatt für das Zentrale Glied). Gatter β besteht aus Diode 5, 100 k Ω -Widerstand und dem 5 nF-Kondensator, Gatter γ aus den Dioden 2 und 3 und dem 100 k Ω -Widerstand parallel zu Diode 2, Gatter δ aus den Dioden 6 und 7, dem 1 M Ω -Widerstand und dem schon bei Gatter β erwähnten 5 nF-Kondensator jedoch des folgenden Koppelpunktes (über dessen Diode 5). Zu dem Vielfach-Oder-Gatter ϵ gehört die Diode 8, zum Vielfach-Und-Gatter ζ die Diode 1 und zum Vielfach-Und-Gatter η die Diode 4. Der zum Gatter η gehörende Widerstand ist der an der J-Leitung liegende, auf Bild 12 dargestellte 6 k Ω -Widerstand zwischen Punkt P und G. Die zu den Gattern ϵ und ζ gehörenden, entsprechenden Widerstände liegen im Zentralen Glied. Die Diode 9 dient, wie erwähnt, der Besetztzeichenauslösung im Fall "Teilnehmer besetzt" und wird erst in einem späteren Technischen Bericht besprochen. Die Grössen der Widerstände und Kondensatoren in den Impulsgattern richten sich nach der Amplitude und Flankensteilheit der zur Verfügung stehenden Impulse, der Ansprechempfindlichkeit des Speichers und der geforderten Mindestgeschwindigkeit, mit der sich die über die Widerstände eingespeisten Befehle auf das Torverhalten der Gatter auswirken sollen.

Koinzidenzgatter

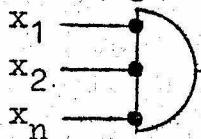
1.) o: kein Zeichen, Null; +: Zeichen

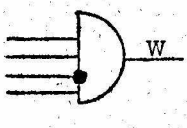
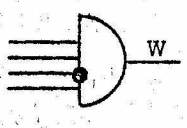
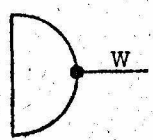
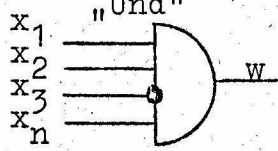
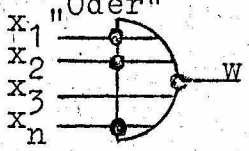
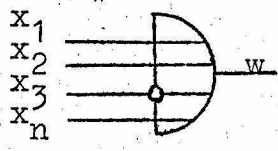
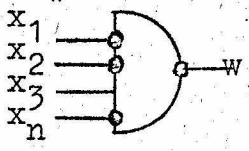
2.) Wirkrichtung: 

(Eine Rückwirkung von w auf x besteht nicht).

3.) Die Symbolbezeichnungen für  : „Und“-Gatter
sowie für  : „Oder“-Gatter

beziehen sich auf die Wirkung des Zeichens (+) nach dem Eintritt in das Symbol, also eventuell nach der beim Eintritt erfolgten Negation von o in +

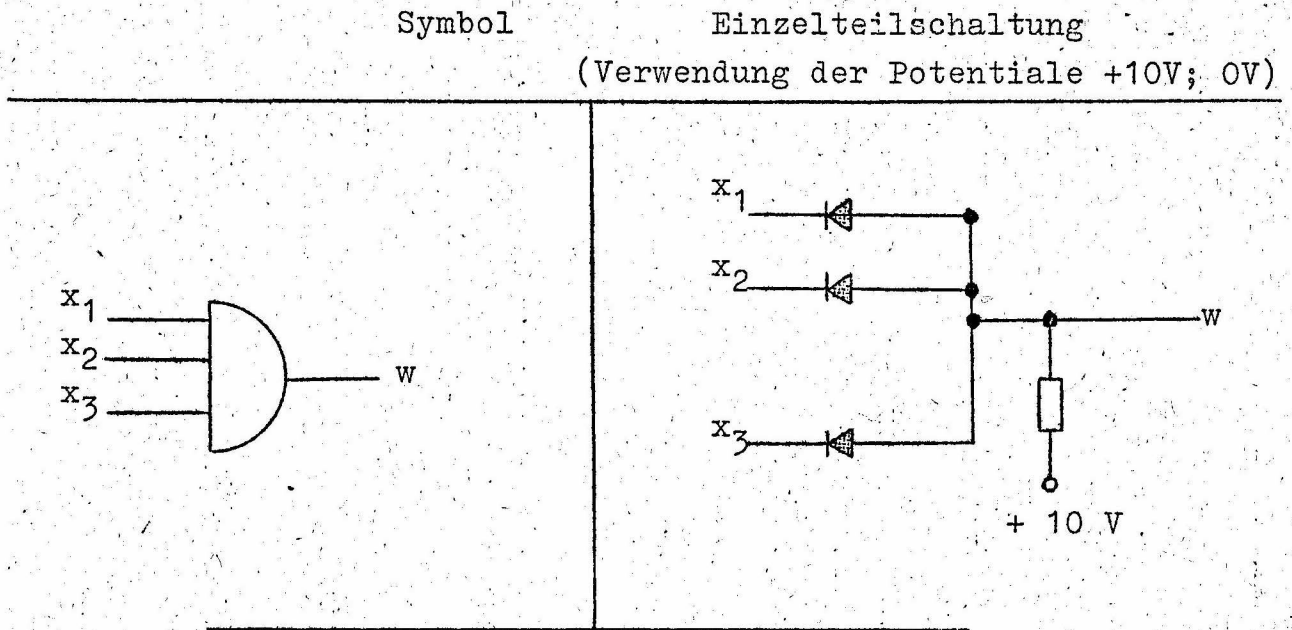
(z.B.:  : „Und“-Gatter für $\overset{o}{x}_1, \overset{o}{x}_2 \dots \overset{o}{x}_n$).

A) „Und“ 	„Und“ + + + w = x_1 und x_2 und o + x_3 und x_n	„Oder“ o o o w = x_1 oder x_2 oder + o x_3 oder x_n
B) „Oder“ 	„Oder“ + + + w = x_1 oder x_2 oder o + x_3 oder x_n	„Und“ o o o w = x_1 und x_2 und + o x_3 und x_n
Bei Zulassung von  wird nur noch ein Symboltyp, „Und“ oder „Oder“ benötigt:		
„Und“  $\equiv$ 		
„Oder“  $\equiv$ 		

4.) „Und“-Gatter für Zeichen (+) wird zu „Oder“-Gatter für Nicht-Zeichen (o) (bzw. umgekehrt).

5.) 2 Symbole haben Identität, wenn an allen Eintritts- und Austrittsstellen Punkte durch Nicht-Punkte ersetzt werden (bzw. umgekehrt), und ausserdem „Und“-Gatter gegen „Oder“-Gatter ausgetauscht wird (bzw. umgekehrt).

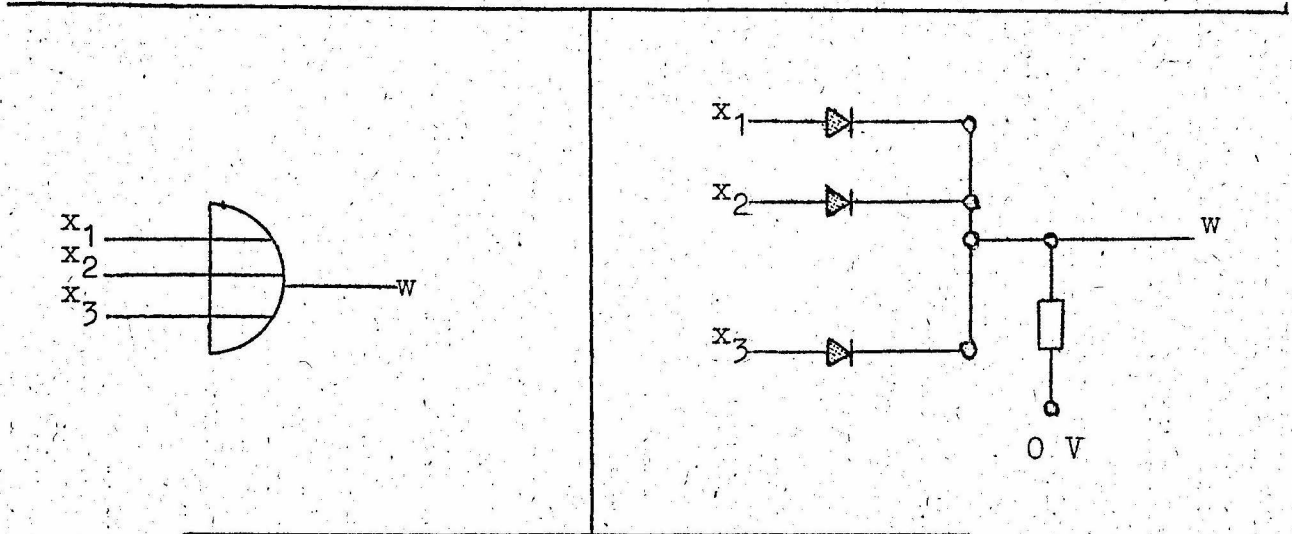
Zustands-Koinzidenzgatter (Auswahl)



Wirkungsweise:

$\begin{matrix} + & + & + & + \\ w = x_1 & \text{und} & x_2 & \text{und} & x_3 \end{matrix}$

$\begin{matrix} o & o & o & o \\ w = x_1 & \text{oder} & x_2 & \text{oder} & x_3 \end{matrix}$



Wirkungsweise:

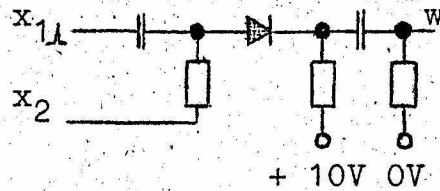
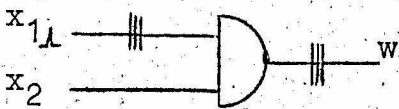
$\begin{matrix} + & + & + & + \\ w = x_1 & \text{oder} & x_2 & \text{oder} & x_3 \end{matrix}$

$\begin{matrix} o & o & o & o \\ w = x_1 & \text{und} & x_2 & \text{und} & x_3 \end{matrix}$

Impulsgatter (Auswahl) : Impulsleitung.

Symbol

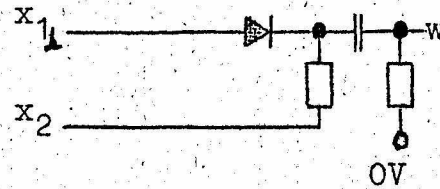
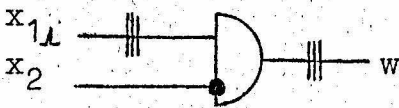
Einzelteilschaltung
(Verwendung der Potentiale +10V; 0V)



Wirkungsweise:

+ + +
w = x₁ und x₂
o + o
w = x₁ und x₂

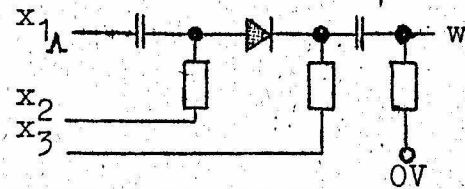
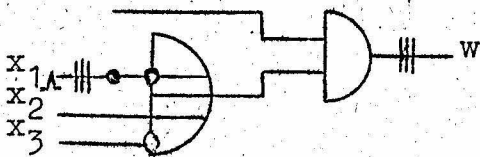
o o
w = x₁ und alle x₂
(kein Eingangsimpuls)



Wirkungsweise:

+ + o
w = x₁ und x₂
o + +
w = x₁ und x₂

o o
w = x₁ und alle x₂
(kein Eingangsimpuls)

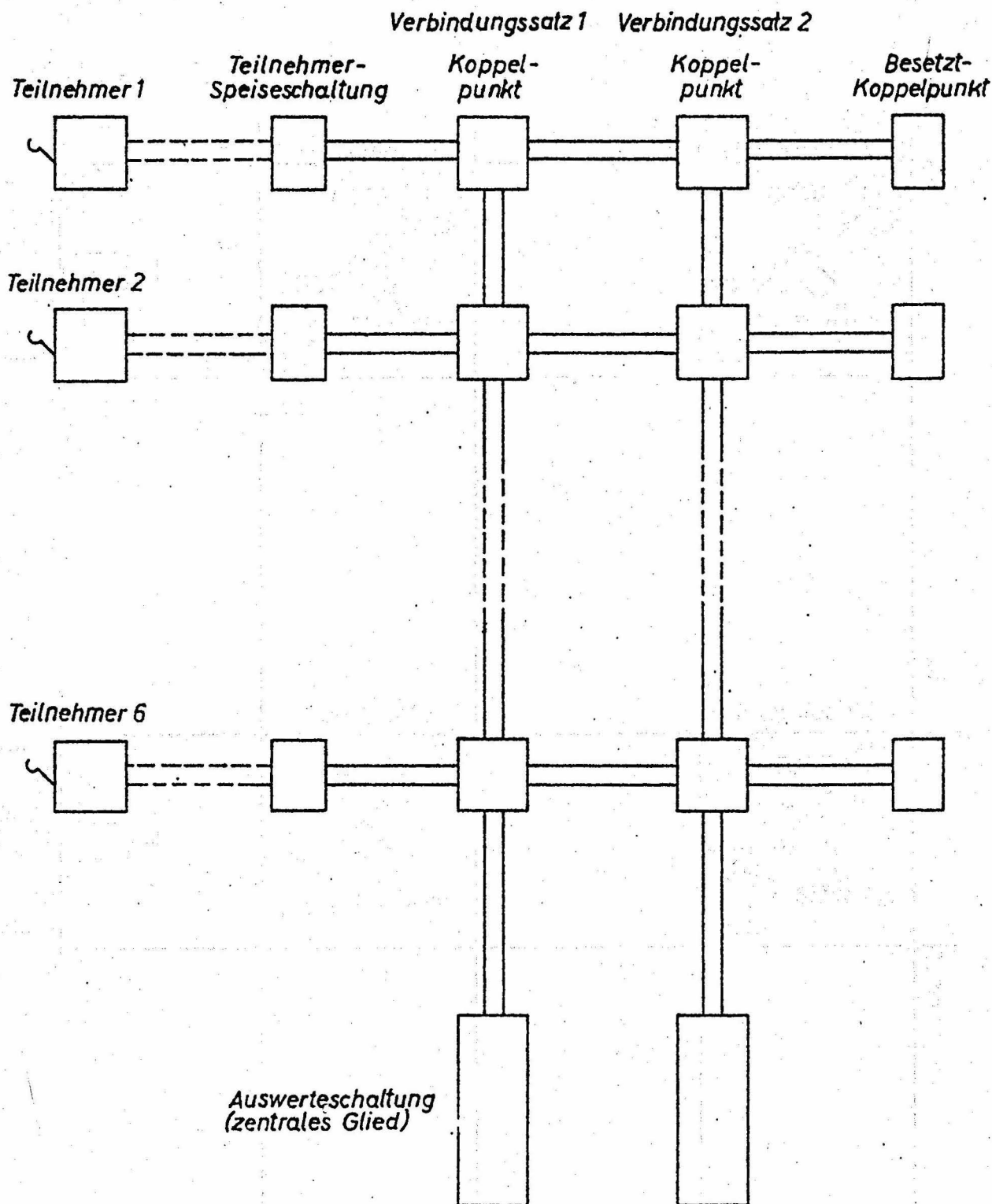


Wirkungsweise:

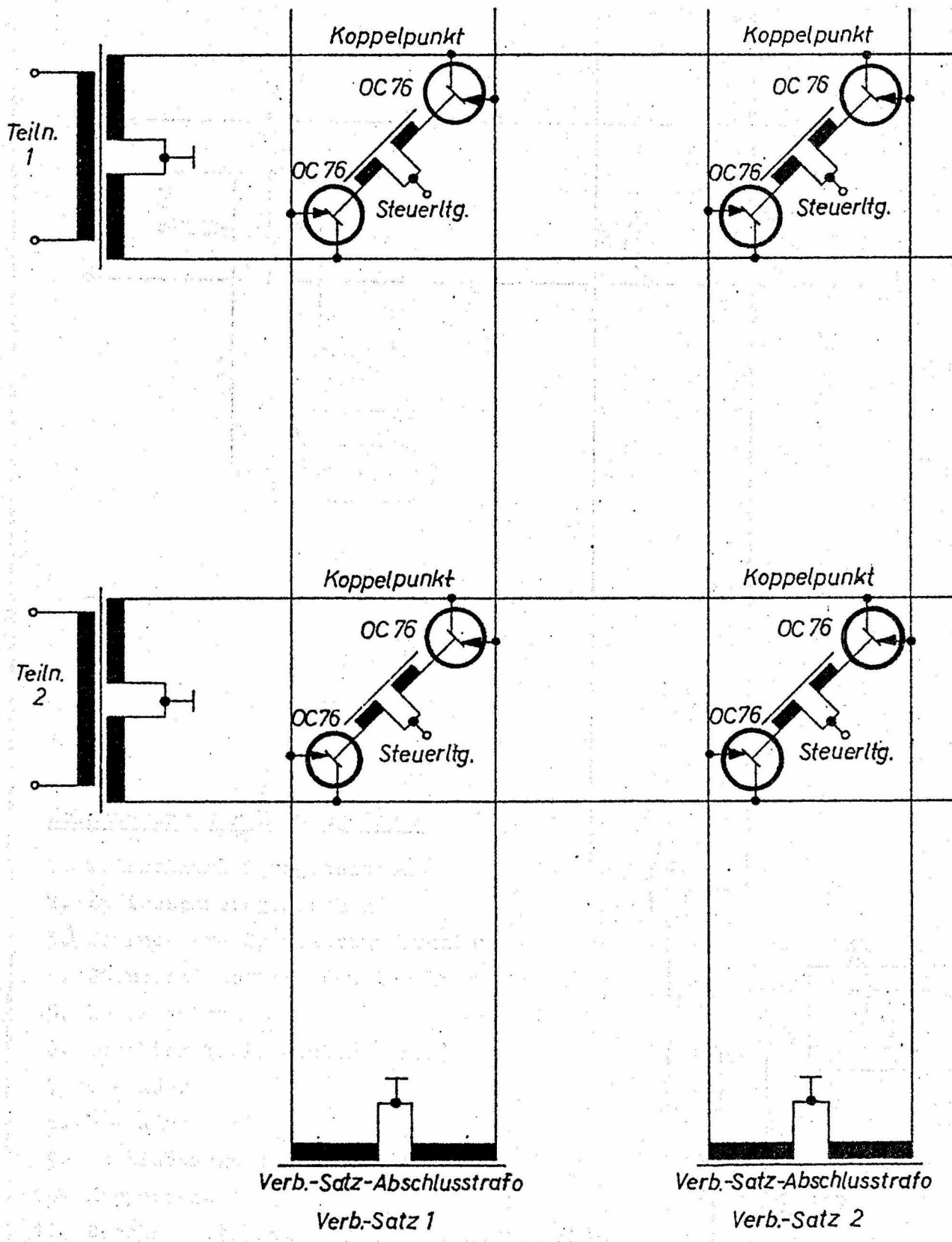
+ + o o
w = x₁ und x₂ und x₃
Imp. Durchl.
+ + + +
w = x₁ und x₂ und x₃
Imp. Durchl.
+ + + o
w = x₁ und x₂ und x₃
Imp. Durchl.

o + o +
w = x₁ und x₂ und x₃
Imp. Sperrung
o o
w = x₁ und alle 4 Kombinationen
x₂; x₃ (kein Eingangsimpuls)

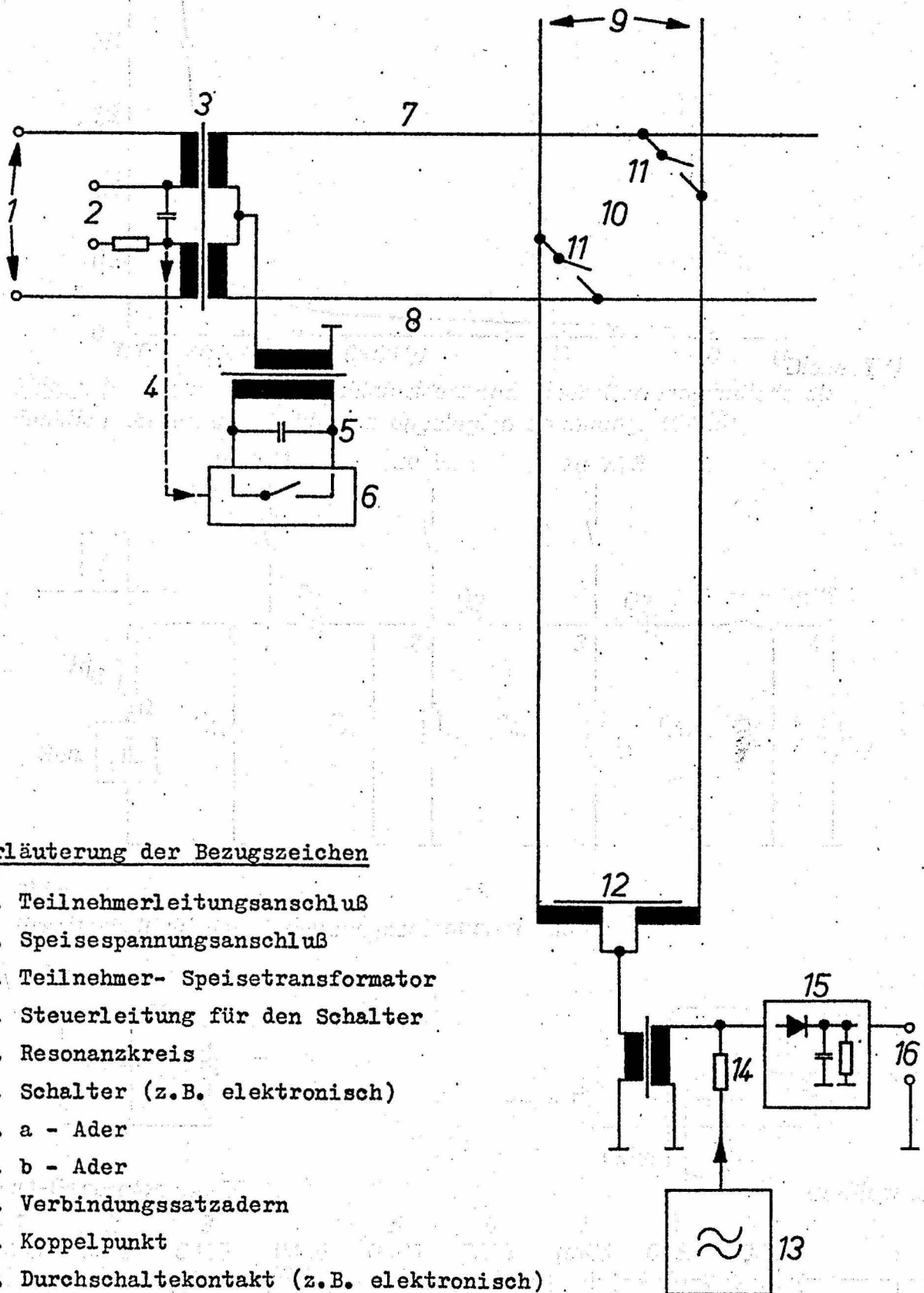
- 1.) Negatoren sind bei Impulsgattern ohne zusätzliche Dioden darstellbar! (2) und 3))
- 2.) Diese ausgeführten Impulsgatter sind bezüglich des negierten Impulses nicht rückwirkungsfrei!
- 3.) Vorteil dieser Impulsgatter: Die Steuerung durch x₂; x₃..x_n ist fast leistungslos (je nach τ).
- 4.) Nachteil dieser Impulsgatter gegenüber den Koinzidenzgattern für Zustände: Die Auswirkung der Schaltbefehle x₂; x₃..x_n ist mit einer grösseren Zeitkonstante τ verknüpft.



	Tag	Name	Grundstruktur der am Institut gebauten Elektronischen Vermittlung	Maßst.
Bearb.				Bild.
Gepr.	26.11.58	Joch		
Gez.	24.11.58	Jöhning		
Zchnng.			Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung	Abt. FM
Ersatz				

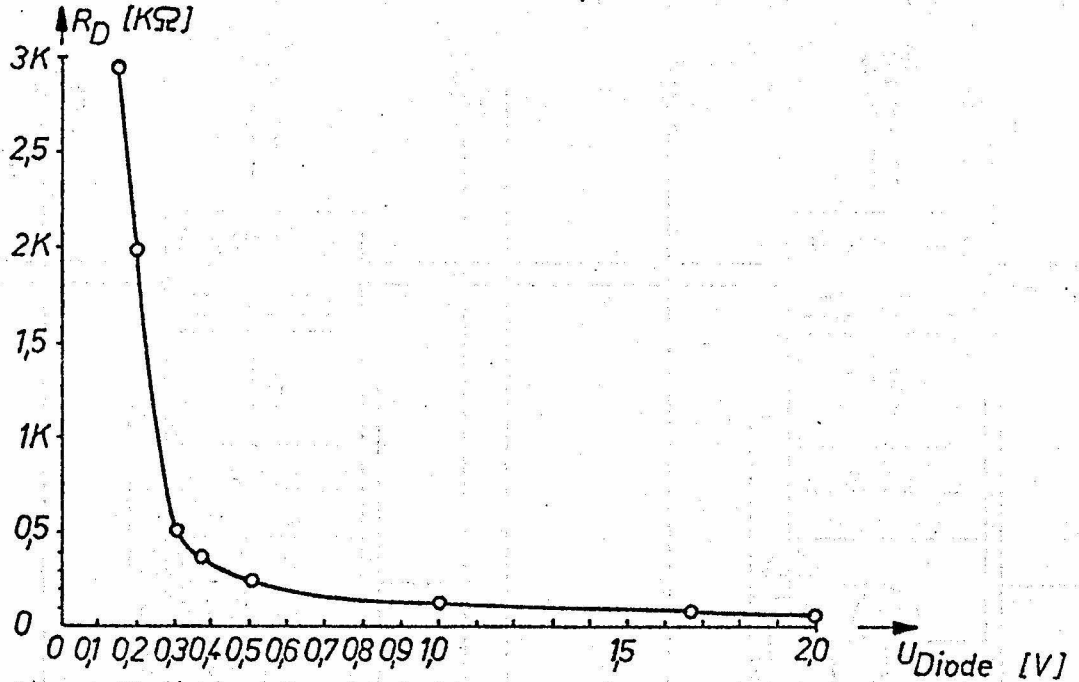


	Tag	Name	Prinzip der zweidrähtigen Durchschaltung in den Koppelpunkten	Maßst.
Bearb.				Bild:5
Gepr.	29.11.58	Baker		
Gez.	26.11.58	Jähniq		
Zchg.			Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung	Abt. FM

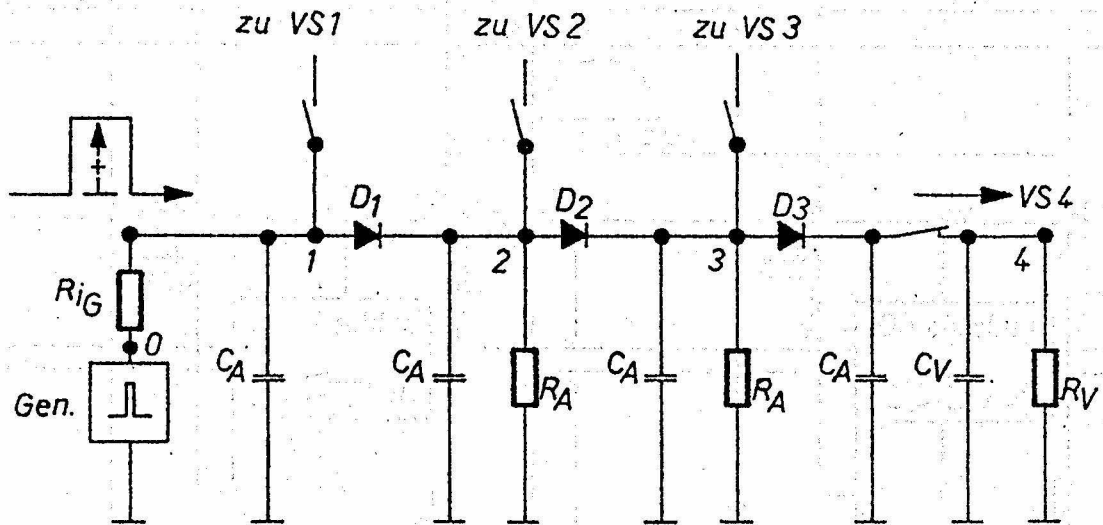


Erläuterung der Bezugszeichen

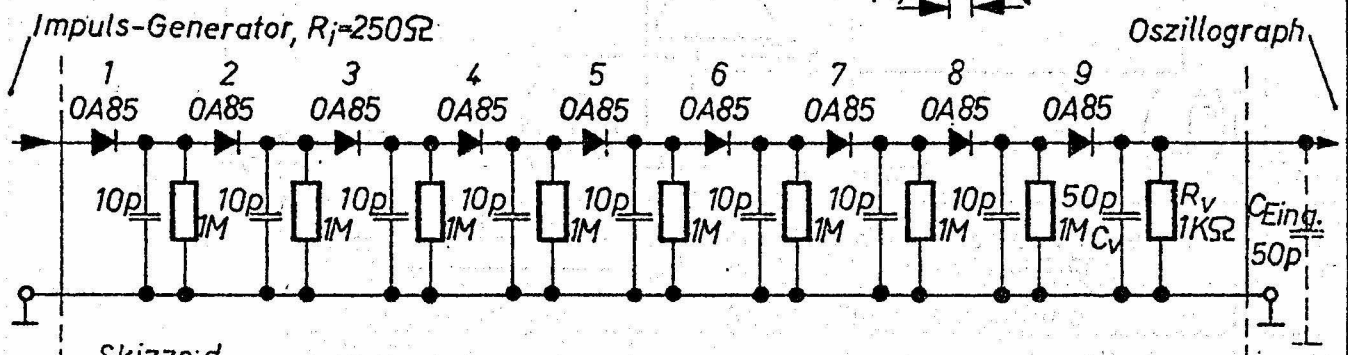
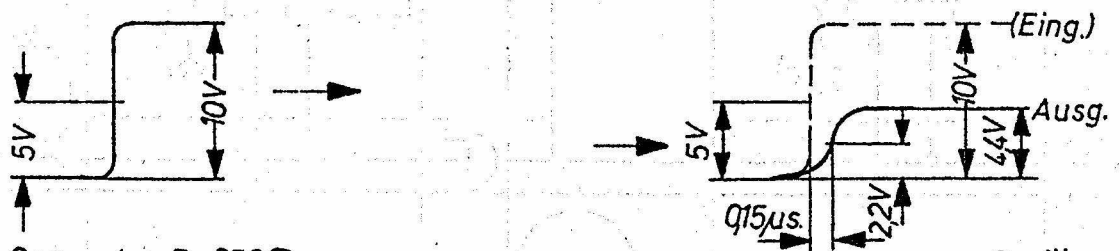
1. Teilnehmerleitungsanschluß
2. Speisespannungsanschluß
3. Teilnehmer- Speisetransformator
4. Steuerleitung für den Schalter
5. Resonanzkreis
6. Schalter (z.B. elektronisch)
7. a - Ader
8. b - Ader
9. Verbindungssatzadern
10. Koppelpunkt
11. Durchschaltekontakt (z.B. elektronisch)
12. Verbindungssatz - Abschlußtransformator
13. Wechselspannungsgenerator
14. Vorwiderstand
15. Demodulator
16. Gleichspannungspegel für die Auswertung



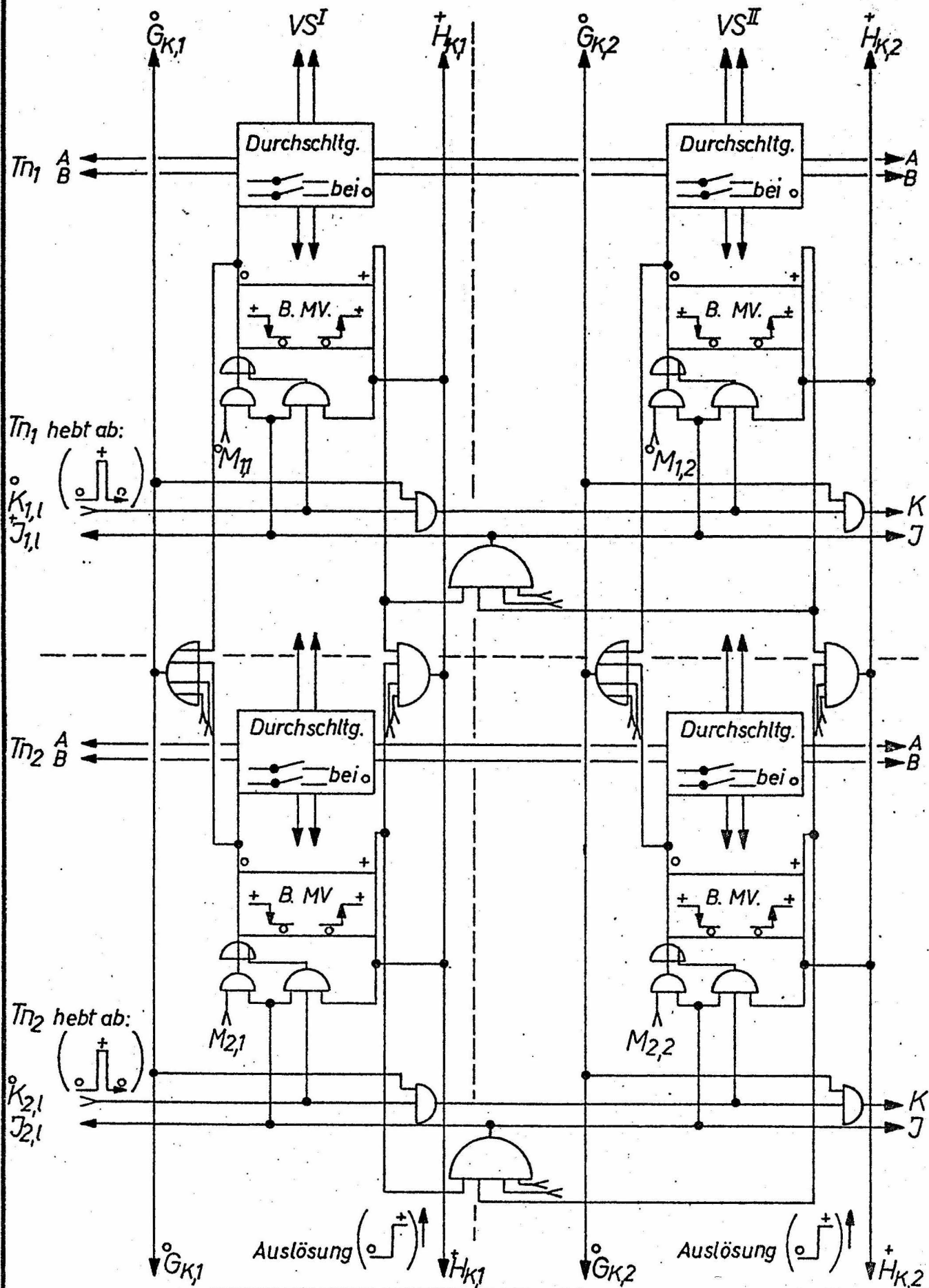
Skizze: b Statischer Durchlaßwiderstand einer Germaniumdiode als Funktion der an die Elektroden angelegten Spannung. (OA85)



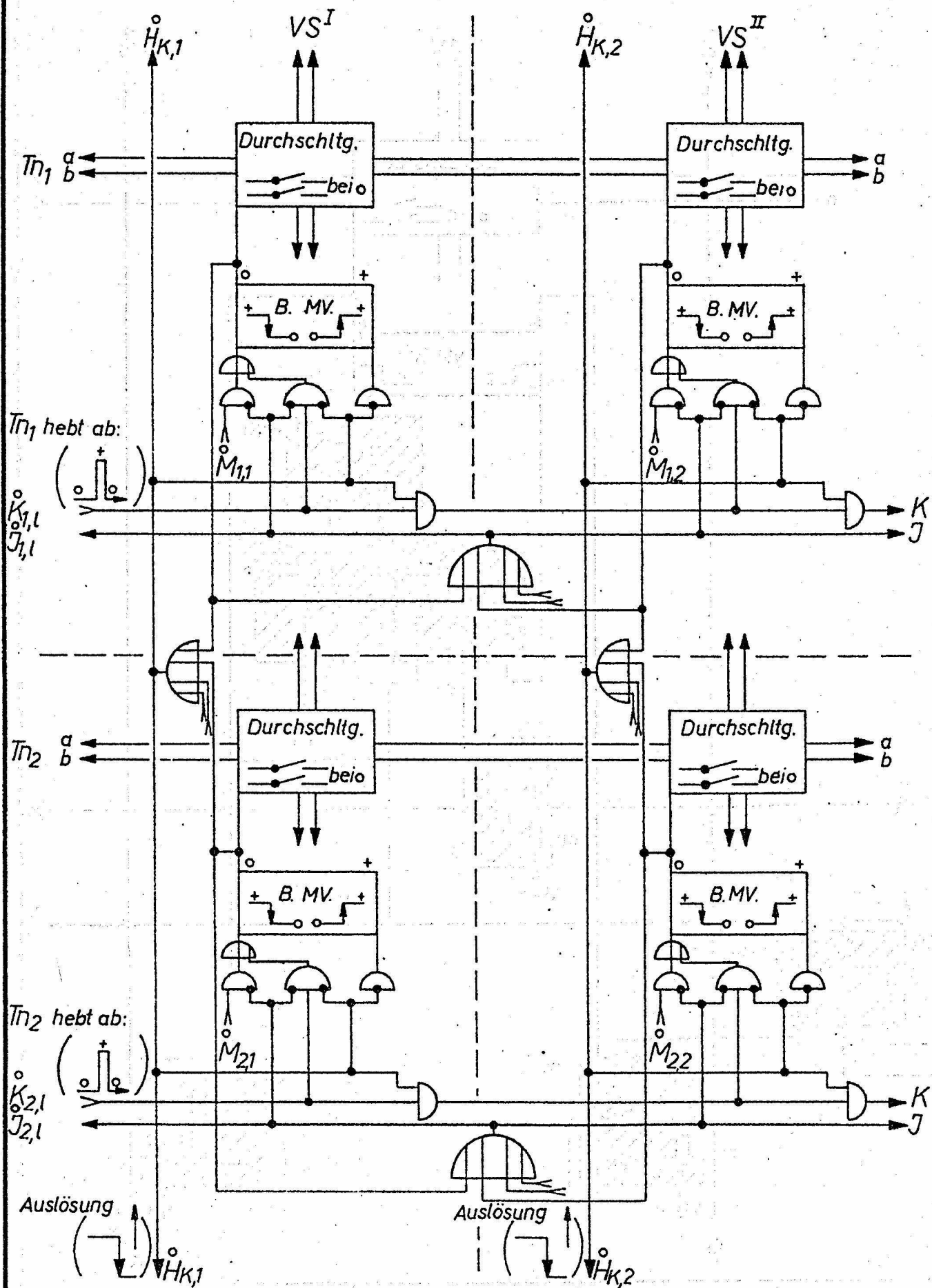
Skizze: c Ersatzschaltbild der Verbindungssatzauswahlleitung



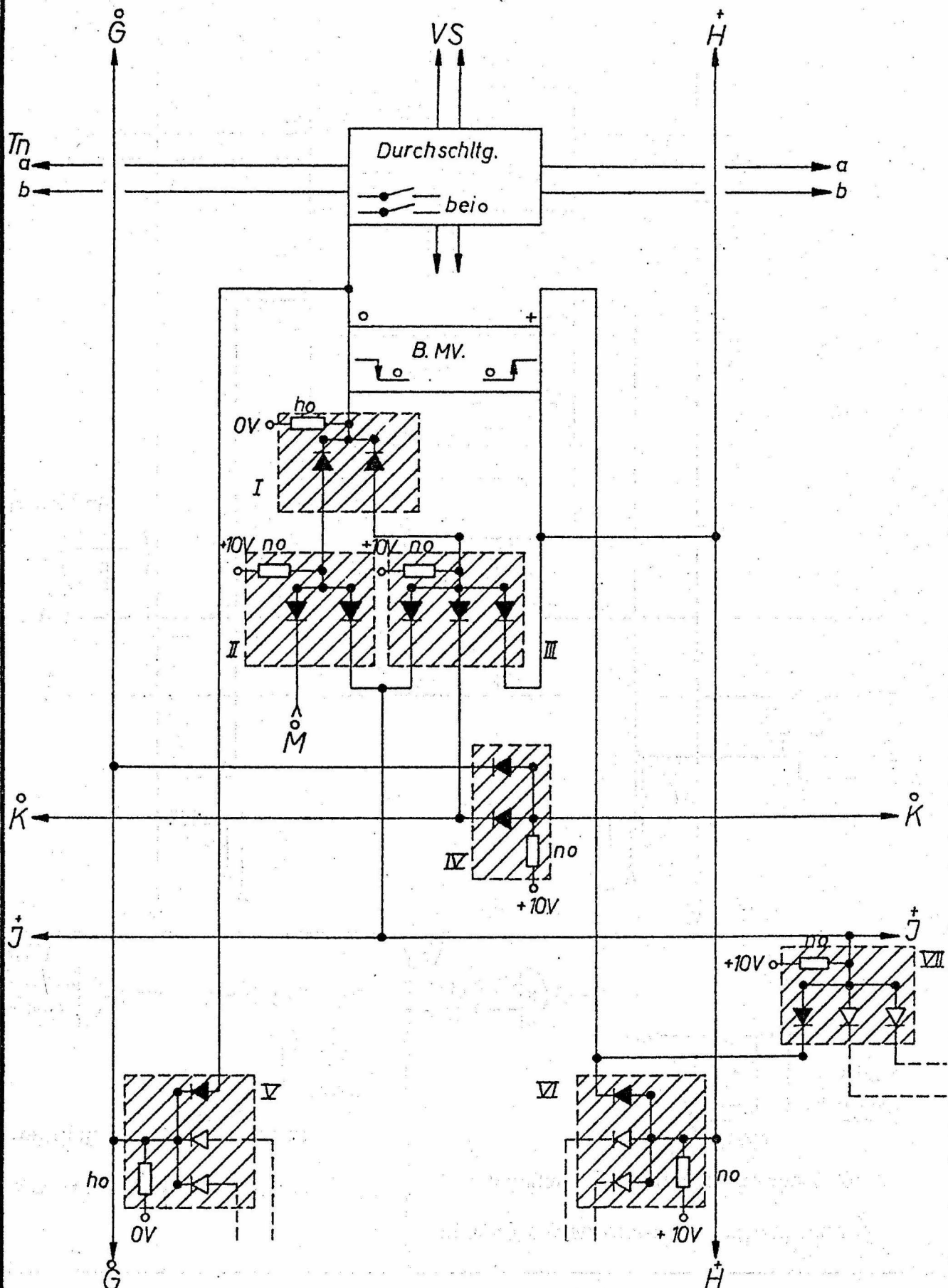
Skizze: d Meßanordnung für die Bestimmung der Laufzeit des Auswahlimpulses



	Tag	Name	Ausschnitt aus der Koppelpunktmatrix Darstellung ohne Negatoren Eingetragene + oder - entsprechen der Ruhestellung der Anlage	Maßstab:
Bearb.				Bild:8
Gepr.	11.1.53	Zurber		
Gez.	21.59	Jähmig		
Zchnng.				
Ersatz			Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung	Abt. FM



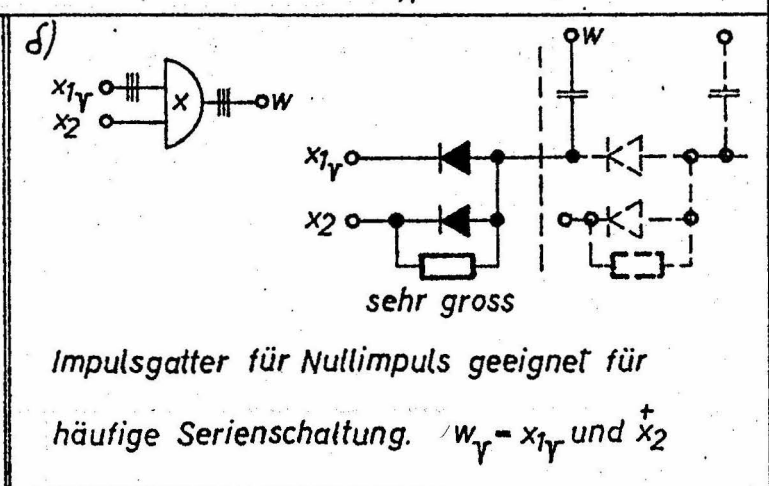
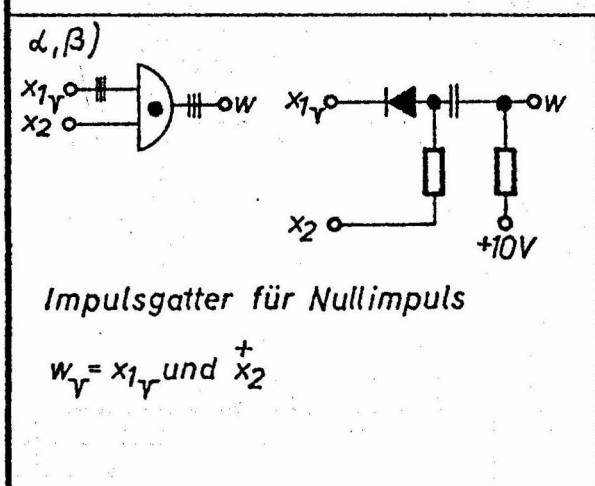
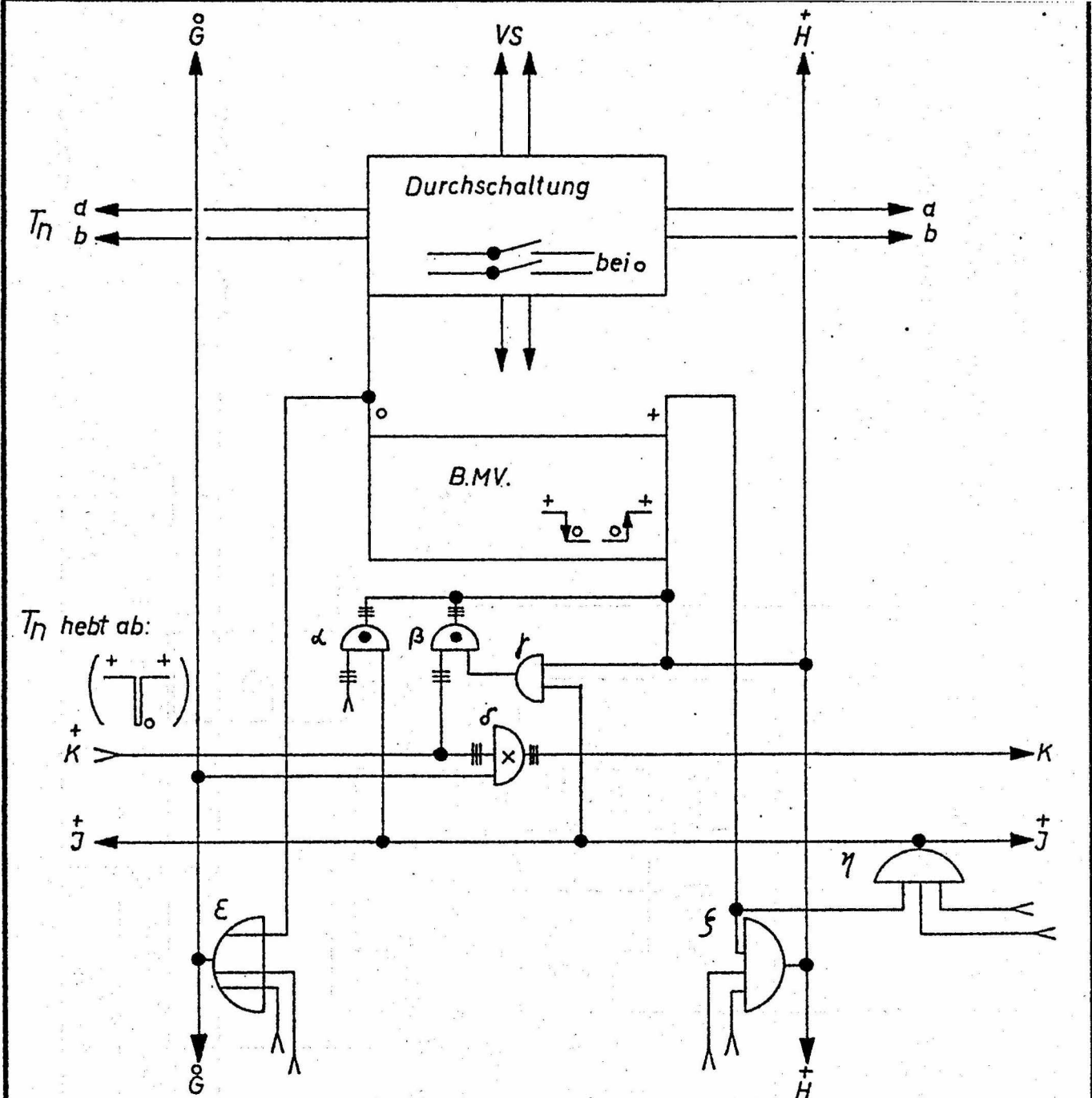
Tag	Name	Ausschnitt aus der Koppelpunktmatrix Darstellung mit Negatoren Eingetragene + oder o entsprechen der Ruhestellung der Anlage.	Maßstab: Bild: 9
Bearb.			
Gepr. 18.12.58	Becker		
Gez. 16.12.58	Jähmig		
Zchnng.			
Ersatz		Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung	Abt. FM



no: R ist klein

ho: R ist groß

	Tag	Name	Koppelpunkt Direkte Übertragung der Symbolschaltung ohne Negatoren in Einzelschltg. (12 Dioden)	Maßstab:
Bearb.				Bild: 10
Gepr.	20. 11. 88	Becker		
Gez.	61258	Jähmig		
Zchnng.				Abt. FM
Ersatz			Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung	



	Tag	Name
Bearb.		
Gepr.	12.3.53	Bach
Gez.	12359	Jähmig
Zchnng.		
Ersatz		

Symboldarstellung d. tatsächlichen Ausführung eines Koppelpunktes	Maßstab: Bild:11
Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung	Abt. FM

