

HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR SCHWINGUNGSFORSCHUNG
BERLIN-CHARLOTTENBURG

Technischer Bericht Nr. 128

Eine Untersuchung über die Möglichkeiten, durch Messung
der Niederfrequenzsignale auf der Fernsprechleitung
Hörtöne und Gesprächsbeginn zu erkennen

von

Dipl.-Ing. Rolf Evers und Dipl.-Ing. Eike Meyenberg



Berlin

1 9 7 0

Eine Untersuchung über die Möglichkeiten, durch Messung der
Niederfrequenzsignale auf der Fernsprechleitung Höröne und
Gesprächsbeginn zu erkennen.

Zusammenfassung

Für eine Reihe von Messungen im Fernsprechverkehr ist es notwendig, Höröne und Gesprächsbeginn durch Messung der Niederfrequenzsignale auf der Leitung zu erkennen.

Im ersten Teil dieses Berichtes wird ein Überblick über charakteristische Eigenschaften von Hörönen und Sprachsignalen gegeben, deren Auswertung eine Erkennung ermöglichen könnte. Danach wird kurz auf einige Filterverfahren eingegangen, die experimentell untersucht wurden und die sich als nicht gut geeignet für die vorliegende Aufgabe erwiesen.

Im zweiten Teil wird über die Ergebnisse einer Messung berichtet, die die Erkennung von Hörönen und Sprache durch Bewertung der Nulldurchgangsabstände und durch Vergleich der Spitzenwerte aufeinanderfolgender Halbwellen des Signals untersucht. Es wird gezeigt, daß beide Verfahren geeignet sind, Höröne und Sprache mit guter Sicherheit zu unterscheiden und auch bei starken Störungen (z.B. Überlagerung durch Sprache) noch das Vorhandensein eines Höröns zu erkennen. Das Nulldurchgangsverfahren erweist sich gegenüber den Spitzenwertverfahren als leistungsfähiger, störunempfindlicher und einfacher im Aufbau.

Im letzten Teil des Berichtes wird ein für eine Verkehrsmeßeinrichtung entwickelter Hörön- und Gesprächsbeginnauswerter, der nach dem Nulldurchgangsverfahren arbeitet, anhand des Funktionsplans beschrieben.

Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung

Die Bearbeiter



(Dipl.-Ing. R. Evers)



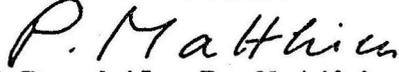
(Dipl.-Ing. E. Meyenberg)

Der Abteilungsleiter



(Prof.Dr.-Ing. E.R. Berger)

Der Institutsdirektor



(Prof.Dr.phil. P. Matthieu)

Berlin-Charlottenburg, den 23. November 1970

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	1
2. Untersuchung der Eigenschaften des zu messenden Signals.	1
2.1 Hörtöne	1
2.1.1 Orts- und Fernamtsbereich: Empfehlungen und Richtwerte	1
2.1.2 Nebenstellenanlagen mit Durchwahl: Empfehlungen und Richtwerte	3
2.1.3 Messungen der Frequenz, der Sende- und Pausenzeiten und der Amplitude der Hörtöne	3
2.2 Sprache	5
2.2.1 Frequenz- und Phasenverhalten von Sprach- signalen	5
2.2.2 Amplitudenverhalten von Sprachsignalen	7
2.3 Folgerungen aus der Betrachtung der zu messenden Signale	8
3. Untersuchte Schaltungen	9
3.1 Einstellbares Filter	9
3.1.1 Allgemeine Vorbemerkungen	9
3.1.2 Aufbau und Eigenschaften des einstellbaren Filters	10
3.1.3 Einstellung des Filters auf die gesuchte Frequenz	11
3.1.3.1 Einstellung des Filters durch Steuerung nach dem Spannungsmaximum.	11
3.1.3.2 Einstellung des Filters durch Steuerung nach der Phase	12
3.1.3.3 Einstellung des Filters durch einen Frequenz-Spannungswandler	12
3.1.4 Eignung des einstellbaren Filters für die Erkennung von Hörtönen und Sprache	13

3.2	Hörton- und Spracherkennungseinrichtung mit vier Filtern, festem Durchlaßbereich und Sprachkompensation	13
3.2.1	Beschreibung der aufgebauten Schaltung . . .	13
3.2.2	Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Gerätes	16
3.2.3	Folgerungen aus den mit der beschriebenen Schaltung gemachten Erfahrungen	16
3.3	Hörton- und Spracherkennung durch Messung der Nulldurchgangsabstände	17
3.3.1	Allgemeine Bemerkungen	17
3.4	Hörton- und Spracherkennung durch Vergleich aufeinanderfolgender Amplitudenwerte . . .	20
4.	Eine Messung zur Bestimmung der Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der Nulldurchgangsanalyse und des Spitzenwertvergleichs	22
4.1	Zusammenstellung der Fragen, die durch die Messung geklärt werden müssen	22
4.2	Beschreibung der aufgebauten Meßschaltung .	23
4.2.1	Erläuterung zum Entwurf der Meßschaltung .	23
4.2.1.1	Durchführung des Spitzenwertvergleichs . .	23
4.2.1.2	Durchführung der Messung der Nulldurchgangsabstände	24
4.2.2	Beschreibung der Arbeitsweise der Meßschaltung anhand des Funktionsplans in Bild 8 .	25
4.2.2.1	Arbeitsweise der Eingangsstufe	25
4.2.2.2	Arbeitsweise der Speicherstufe	25
4.2.2.3	Arbeitsweise der Differenzstufe	27
4.2.2.4	Arbeitsweise der Amplitudenvergleichsstufe .	27
4.2.2.5	Arbeitsweise der Speichersteuerstufe . . .	28
4.2.2.6	Arbeitsweise der Nulldurchgangserkennungsstufe	29
4.2.2.7	Arbeitsweise der Nulldurchgangsfiltersstufe .	29

5.2.4	Vorgänge in der UBG "Integrierer" der BG "Erkennung"70
5.2.5	Vorgänge in der UBG "Hörton" der BG "Auswertung".71
5.2.5.1	Auswertung des Wähltons der Nebenstellen- anlage	71
5.2.5.2	Auswertung des Besetzttons der Nebenstel- lenanlage vor Wahlbeginn	72
5.2.5.3	Auswertung des Freitons	74
5.2.5.4	Auswertung des Besetzttons nach Wahlbeginn.	75
5.2.5.5	Auswertung des Wähltons der Ortsvermitt- lungsstelle75
5.2.6	Beschreibung der UBG "Sprache" der BG "Auswertung"76
5.2.6.1	Aufgaben der UBG "Sprache"	76
5.2.6.2	Beschreibung der Vorgänge in der UBG "Sprache" während einer Belegung	77
5.2.7	Beschreibung der UBG "Eingangssteuerung". der BG "Steuerung"	81
5.2.7.1	Aufgaben der UBG "Eingangssteuerung"	81
5.2.7.2	Vorgänge in der UBG "Eingangssteuerung" während einer Belegung	82
5.2.8	Beschreibung der UBG "Zusatzsteuerung" der BG "Steuerung"	85
5.2.8.1	Aufgabe der UBG "Zusatzsteuerung"85
5.2.8.2	Vorgänge in der UBG "Zusatzsteuerung" während und am Ende der Beobachtung einer Belegung	86
5.2.8.2.1	Steuerung des Ablochvorganges	86
5.2.8.2.2	Bestimmung der Länge der Hörtonsendepausen	87
5.2.9	Beschreibung der UBG "Lochersteuerung" der BG "Lochung"	89

	Seite
5.2.9.1 Aufgabe der UBG "Lochersteuerung"	89
5.2.9.2 Vorgänge in der UBG "Lochersteuerung" während und am Ende der Beobachtung einer Belegung	89
5.2.10 Beschreibung der UBG "Relais I" und "Relais II"	92
5.3 Beschreibung der Einzelschaltungen	102
5.3.1 Beschreibung der synchronisierten und unsynchronisierten Monoflops	102
5.3.2 Beschreibung der verwendeten Integrierer .	104
6. Literatur	106

Verzeichnis der Bilder

	Seite
Bild 1:	Typische Wellenform eines Sprachsignals (nach /4/) 6
Bild 2:	Verteilung der Periodendaueränderungen von Sprachsignalen, Parameter : Periodendauer (nach /4/) 7
Bild 3:	Prinzipschaltbild eines INIC 10
Bild 4:	Prinzipschaltbild eines Regelfilters 10
Bild 5:	Hörton- und Spracherkennungseinrichtung mit 4 passiven Filtern und Sprachkompensation . . 14
Bild 6:	Dämpfungsverlauf der für die in Bild 5 gezeigte Einrichtung gebauten Filter 14
Bild 7:	Verschiebung der Nulldurchgangsabstände eines 500 Hz-Signals durch ein überlager- tes 100 Hz-Signal 19
Bild 8:	Funktionsplan der Meßschaltung 26
Bild 9:	Schaltungsaufbau der Meßschaltung, Teil 1. . 35
Bild 10:	Schaltungsaufbau der Meßschaltung, Teil 2. . 36
Bild 11:	Blockschaltbild des Hörton- und Gesprächs- beginnauswerters 64
Bild 12:	Funktionsplan des Hörton- und Gesprächs- beginnauswerters, Blatt 1 66 Blatt 2 67
Bild 13:	Auswertung der Hörtöne durch Messung der Pausenzeiten 73
Bild 14:	Schaltplan der Unterbaugruppe "Sieb" 94
Bild 15:	Schaltplan der Unterbaugruppen "Zeit", "Filter" und "Integrierer" 95
Bild 16:	Schaltplan der Unterbaugruppe "Hörton" . . . 96
Bild 17:	Schaltplan der Unterbaugruppe "Sprache" . . . 97
Bild 18:	Schaltplan der Unterbaugruppe "Eingangs- steuerung" 98

	Seite
Bild 19:	Schaltplan der Unterbaugruppe "Zusatzsteuerung" 99
Bild 20:	Schaltplan der Unterbaugruppe "Lochersteuerung" 100
Bild 21:	Schaltplan der Unterbaugruppen "Relais I" und "Relais II" 101
Bild 22:	Schaltplan des synchronisierbaren Monoflops mit Synchronisationsnetzwerk 102
Bild 23:	Schaltplan eines Integrierers, der seine Ladung bei Verschwinden des Integrations- potentials hält 104
Bild 24:	Schaltplan eines Integrierers, der sich bei Verschwinden des Integrationspotentials entlädt 105

Verzeichnis der Diagramme

	Seite
Diagramm 1:	Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halb- wellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und B_{NDA} Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern 47
Diagramm 2:	Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halb- wellen mit N_{ND} konstanten Nulldurchgangsab- ständen, abhängig von N_{ND} und B_{NDA} Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern 47
Diagramm 3:	Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halb- wellen mit N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und T_A Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern 49

- Diagramm 4: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und T_A
Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern 50
- Diagramm 5: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und T_A
Gemessenes Signal: Besetztton, Meßreihe mit 3 Meßabschnitten 53
- Diagramm 6: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und T_A
Gemessenes Signal: Besetztton, Meßreihe mit 3 Meßabschnitten 53
- Diagramm 7: Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halbwellen mit N_{ND} konstanten Nulldurchgangsabständen, abhängig von N_{ND} und B_{NDA}
Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern 55
- Diagramm 8: Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halbwellen mit N_{ND} konstanten Nulldurchgangsabständen, abhängig von N_{ND} und B_{NDA}
Gemessenes Signal: Besetztton, Meßreihe mit 3 Meßabschnitten 55
- Diagramm 9: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und B
Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern 56

- Diagramm 10: Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halbwellen mit N_{ND} konstanten Nulldurchgangsabständen, abhängig von N_{ND} und B
Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern 56
- Diagramm 11: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und $(N_A - k_A)$ konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und k_A
Gemessenes Signal: (1,2,3) Besetztton, von Sprache überlagert, (4,5,6) Sprache.
Meßreihe mit 19 Sprechern 58
- Diagramm 12: Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halbwellen mit $(N_{ND} - k_{ND})$ Nulldurchgängen im Abstand B_{NDA} , abhängig von N_{ND} und k_{ND}
Gemessenes Signal: (1,2,3) Besetztton, von Sprache überlagert, (4,5,6) Sprache
Meßreihe mit 19 Sprechern 60
- Diagramm 13: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und Spannungsverhältnis P
Gemessenes Signal: Besetztton, von Sprache überlagert, Meßreihe mit 19 Sprechern 62
- Diagramm 14: Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halbwellen mit N_{ND} konstanten Nulldurchgangsabständen, abhängig von N_{ND} und Spannungsverhältnis P
Gemessenes Signal: Besetztton, von Sprache überlagert, Meßreihe mit 19 Sprechern 62

Verzeichnis der Tabellen

	Seite
Tabelle 1 : Verzeichnis der Sprechabschnitte	38

Tabelle 2	: Zusammenstellung der in der Messung verwendeten Parameterwerte	41
Tabelle 3	: Verteilung der Nulldurchgangsabstände von Sprachsignalen auf verschiedene Bereiche, berechnet aus den Ergebnissen einer Meßreihe mit 19 Sprechern	46

1. Einleitung

Bei einer Untersuchung des Verhaltens von Fernsprechteilnehmern nach erfolglosen Anrufversuchen muß festgestellt werden, ob und gegebenenfalls aus welchem Grunde ein Anruf nicht zu einem Gespräch geführt hat /1/, /2/. Das Verhalten des Teilnehmers nach dem Auflegen kann nur an der Teilnehmerleitung beobachtet werden, da im heutigen System der Deutschen Bundespost nirgends anders seine Adresse zur Verfügung steht. Andererseits können an dieser Stelle keine Schaltkennzeichen ausgewertet werden (außer dem Meldezählimpuls bei der automatischen Landesfernwahl). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, aus den Tonfrequenzsignalen die notwendigen Informationen zu erhalten. Vor Beginn der Wahl, zwischen den Wählserien und nach Beendigung der Wahl können folgende Zustände beobachtet werden:

- a) keine Hörtöne, keine Sprache
- b) Hörtöne
- c) Sprache
- d) Hörtöne und Sprache

Da auch vor Beginn eines Gesprächs Sprachsignale auf die Leitung gelangen können (z.B. durch den Teilnehmer selbst oder durch Unterhaltung anderer Personen im gleichen Zimmer), ist es wünschenswert, auch bei gleichzeitigem Auftreten von Sprachsignalen Hörtöne zu erkennen.

Eine Erkennungseinrichtung für Hörtöne und Gesprächsbeginn muß demnach folgende Aufgaben erfüllen:

- (1) Erkennung und Identifizierung von Hörtönen
- (2) Erkennung des Gesprächsbeginns.

Aus der Tatsache, daß ein angerufener Teilnehmer schon während des ersten Rufs abheben kann, ergibt sich die Forderung nach möglichst rascher Auswertung der Signale.

2. Untersuchung der Eigenschaften der zu messenden Signale

2.1. Hörtöne

2.1.1 Orts- und Fernamtsbereich: Empfehlungen und Richtwerte

Die Hörtöne sind getastete Wechselspannungssignale, für deren

Frequenz, Pegel und Takt Empfehlungen und Zulassungen der 11. Studienkommission des CCITT bestehen /3/. Die Empfehlungen sind für Neueinrichtungen bindend, für bereits vorhandene Anlagen gelten die Zulassungen.

Frequenz: Sie ist für alle Hörtöne (abgesehen vom Hinweiszeichen) gleich. Empfohlen sind 400 - 450 Hz, zugelassen 340 - 475 Hz. Die zur Zeit im deutschen Netz eingesetzten Ruf- und Signalmaschinen sollen 450 Hz \pm 8 %, d.h. 414 - 486 Hz erzeugen.

Pegel: Am Eingang des Empfangskreises, bestehend aus Teilnehmerapparat, Amtsleitung und Verbindungsweg der Vermittlungsstelle (VStW), soll für alle Hörtöne folgender absoluter Pegelbereich eingehalten werden:

$$\begin{aligned} - 2,95 N_p \leq P \leq - 0,25 N_p & \quad \text{oder} \\ 40 \text{ mV} \leq U \leq 600 \text{ mV} \end{aligned}$$

Takt: Bei gleicher Frequenz unterscheiden sich die verschiedenen Hörtöne durch die Taktfrequenz, mit der die Wechselspannung getastet wird, und durch das Tastverhältnis.

Nach CCITT ist beim Freiton

	Sendezeit	Pausenzeit
empfohlen:	670 - 1500 ms	3000 - 5000 ms
zugelassen:	670 - 2500 ms	3000 - 6000 ms

beim Besetztton

	Sendezeit	Pausenzeit	Periode
empfohlen:	122 - 660 ms	120 - 660 ms	300 - 1100 ms
zugelassen:	100 - 660 ms	120 - 800 ms	300 - 1100 ms

Im Bereich der Deutschen Bundespost ist zum Teil noch der 10"-Ruf mit einer Sendezeit von 1000 ms und einer Pausenzeit von 9000 ms üblich.

Für den Wählton gibt es keine Empfehlungen des CCITT, da er sich international nicht auswirkt; die Richtlinien der Bundespost sehen ein Morse - a vor.

	Sendezeit	Pausenzeit
1. Periode	200 ms	300 ms
2. Periode	700 ms	800 ms

2.1.2. Nebenstellenanlagen mit Durchwahl: Empfehlungen und Richtwerte

In Nebenstellenanlagen mit Durchwahl gelten für Frei- und Besetztton die gleichen Empfehlungen wie für den Orts- und Fernverkehr. In der Anlage der Technischen Universität Berlin (TUB), in der die Meßeinrichtung zunächst eingesetzt worden ist, wird als Wählton das von der Bundespost empfohlene Morse-s verwendet. Für die Frequenz gilt auch in Nebenstellenanlagen der Richtwert von 450 Hz.

2.1.3. Messungen der Frequenz, der Sende- und Pausenzeiten und der Amplitude der Hörtöne

Die Hörtöne wurden, soweit sie für einen Teilnehmer der TUB-Nebenstelle und damit für die Meßeinrichtung von Bedeutung sind, gemessen. Im folgenden werden die Ergebnisse zusammengestellt:

1. Ortsnetz Berlin

Hörton	Frequenz Hz	Sendezeit ms	Pausenzeit ms	Amplitude mV
Freiton	441 - 517	800 - 1100	7600 - 8900 3850 - 3900	110 - 760
Besetztton	441 - 517	70 - 185	330 - 530	110 - 760
Wählton	455 - 464	183 - 191 622 - 648	309 - 323 788 - 846	385

Der Wählton bezieht sich natürlich nur auf die VStW 31, zu der der Teilnehmer der TUB-Nebenstelle Zugang hat.

Die Messung der im TUB-Bereich vorkommenden Hörtöne wurden zum Teil tags, zum Teil nachts durchgeführt, um die Schwankungen infolge unterschiedlicher Belastung der Ruf- und Signalmaschinen zu erfassen.

Frequenzbereich: 405 - 519 Hz

Takt und Amplitude

	Sendezeit ms	Pausenzeit ms	Amplitude mV
Freiton	915 - 1020	3474 - 4329	460 - 590
Besetztton	127 - 156 [*]	497 - 524 [*]	510 - 610
	190 - 203 ^{**}	341 - 354 ^{**}	
Wählton	163 - 205	317 - 355 ^{***}	425
		825 - 855 ^{****}	

* Ruf- und Signalmaschine für amtsberechtigte Sprechstellen

** Ruf- und Signalmaschine für nichtamtsberechtigte Sprechstellen

*** kurze Pause innerhalb des Morse-s

**** lange Pause zwischen zwei Morse-s

Die Frequenzmessungen im Ortsamts- und im Nebenstellenbereich zeigen Abweichungen von den nach CCITT empfohlenen oder zugelassenen Werten. Für die aufgebaute Meßeinrichtung wurde ein Bereich von 380 bis 520 Hz zugrundegelegt.

Als weitere Ergebnisse sind zu nennen: Während einer Sendezeit sind die Frequenzschwankungen $\pm 2\%$. Auch zwischen zwei Sendezeiten ergeben sich keine größeren Abweichungen. Die Amplitude ist während der Sendezeit konstant; von Sendezeit zu Sendezeit beträgt die maximale Schwankung $\pm 10\%$. Die Sendezeit kann bei einer Ruf- und Signalmaschine um etwa $\pm 8\%$ schwanken.

2.2 Sprache

2.2.1. Frequenz- und Phasenverhalten von Sprachsignalen

In diesem Abschnitt sollen kurz einige Eigenschaften der menschlichen Sprache erörtert werden, soweit sie von Bedeutung sind für die Unterscheidung von den Hör-tönen.

Der menschliche Stimmapparat besteht im wesentlichen aus Energieerzeuger (Lunge), Schallerzeuger und Ansatzrohr mit verschiedenen Hohlräumen (Mund, Nasen- und Rachenhöhle). Bei stimmhaften Lauten, insbesondere bei Vokalen, werden durch den in der Stimmritze erzeugten Schall in den Hohlräumen des Ansatzrohres je nach Formung der Hohlräume Eigenschwingungen angeregt. Das Sprachsignal enthält also eine Grundfrequenz, die durch die periodisch wiederholte Öffnung der Stimmritze entsteht, und aus einer Reihe von Harmonischen. Diese lassen sich je nach Formung der Hohlräume zu bestimmten charakteristischen Tonbereichen zusammenfassen (Formantbereiche), deren Amplitude u.a. davon abhängt, ob die Resonanzfrequenz genau einer Harmonischen der Grundwelle entspricht oder nicht. Die Hohlräume werden zu gedämpften Schwingungen angeregt.

Bei stimmhaften Konsonanten (N, M, R, L) tritt neben der Klangerzeugung in der Stimmritze noch eine andere in Erscheinung, nämlich durch Anblasen von Hohlräumen und durch Wirbelbildung.

An der Erzeugung der stimmlosen Laute sind die Stimmbänder nur unwesentlich oder gar nicht beteiligt. Die Laute (z.B. P, T, K) entstehen durch die plötzliche Freigabe der Luftströmung, wodurch die Hohlräume angeregt werden. Diese Laute können nicht kontinuierlich erzeugt werden. Für die Unterscheidbarkeit der Sprachlaute von den Hör-tönen ist das Frequenzband zwischen 380 und 520 Hz von Bedeutung, da die Hör-töne nur in diesem Bereich auftreten können.

Zunächst stellt sich also die Frage der Frequenzverteilung.

Die Grundfrequenz liegt sowohl bei männlichen als auch bei weiblichen Sprechern im allgemeinen unterhalb der 380 Hz-Grenze. Jedoch gilt das nicht für sehr hohes Sprechen (Kreischen, Schreien) oder Singen, und man muß bei Messungen an der Fernsprechleitung auch außergewöhnliche Stimmlagen berücksichtigen.

Im allgemeinen überdeckt der Bereich des ersten Formanten das Frequenzband der Hörtöne. Betrachtet man nach dem Visible-Sprech-Verfahren aufgezeichnete Sprache, so sieht man, daß von kurzen Unterbrechungen abgesehen, ständig ein erheblicher Anteil der Sprachfrequenzen in den Hörtonbereich fällt.

Die zweite Frage ist die nach der Frequenzkonstanz. Frequenzänderungen ergeben sich einmal durch die Sprachmelodie, d.h. die Verschiebung der Tonhöhe, wodurch auch die in den Hörtonbereich fallenden Harmonischen verschoben werden, zum anderen durch die Änderung der Hohlräume des Ansatzrohres.

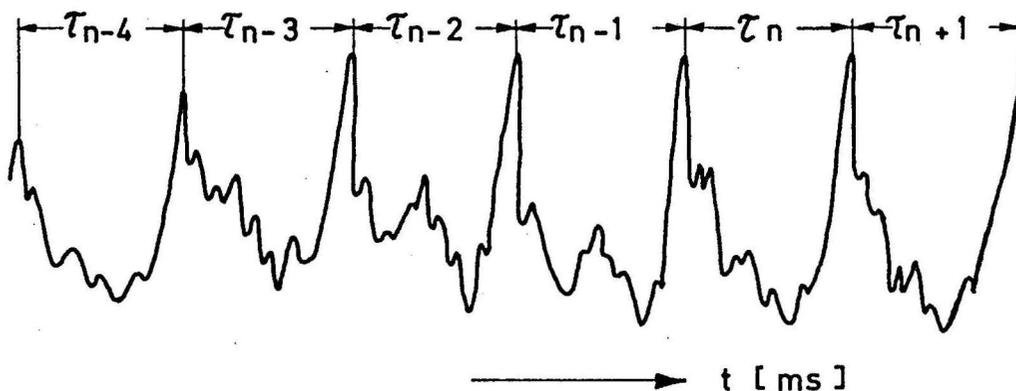


Bild 1: Typische Wellenform eines Sprachsignals
(nach /4/)

In /4/ wird über eine Messung der Dauer aufeinanderfolgender Perioden der Sprechertonhöhe berichtet. Bild 1 zeigt eine typische Signalform der Sprache. Die Periodendaueränderung $\Delta \tau = \tau_{n-1} - \tau_n$ ist nach /4/ in Bild 2 für verschiedene Gruppen von Sprechergrundfrequenzen aufgetragen.

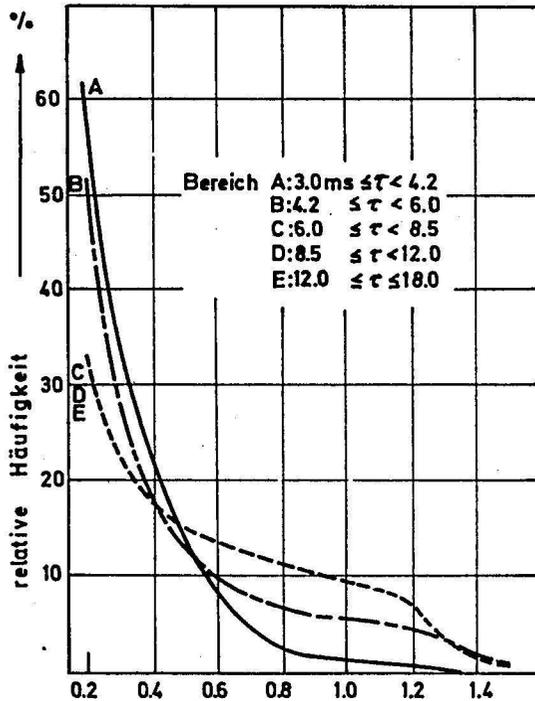


Bild 2: Verteilung der Periodendaueränderungen von Sprachsignalen. Parameter: Periodendauer (nach /4/)

Das Phasenverhalten ist für den menschlichen Zuhörer von geringer Bedeutung; dem Ohr genügen zur Auswertung Frequenz und Amplitude. Betrachtet man den Sprechapparat als aus Anregungsquelle und Übertragungsweg bestehend, so ist dem Übertragungsweg ein Phasengang zugeordnet. Die Harmonischen werden also gegenüber der Grundwelle phasenverschoben sein, wobei sich beim Sprechen durch Formänderung des Ansatzrohres laufend Verschiebungen ergeben.

2.2.2. Amplitudenverhalten von Sprachsignalen

Die Lautstärke schwankt entsprechend den Sprechereigenschaften und der Dämpfung des Übertragungsweges außerordentlich stark. Man kann an der Teilnehmerschaltung in etwa mit dem gleichen Bereich rechnen, in dem sich der Hörzeichenpegel bewegt, d.h. etwa 40 mV bis 600 mV. Aus dem Vergleich der Amplitudenwerte läßt sich sicher kein Unterscheidungskriterium gewinnen.

An Bild 1 sieht man aber, daß aufeinanderfolgende Amplitudenwerte der Sprachsignale schwanken, während ein Hörton während einer Sendezeit in bezug auf seinen Pegel als konstant anzusehen ist (siehe 2.1.3.). Die Amplitude verschiebt

sich einmal durch Lautstärkeänderung der Sprecher, dann aber auch durch die Überlagerung gegeneinander und zur Grundwelle phasenverschobener Harmonischer.

2.3. Folgerungen aus der Betrachtung der zu messenden Signale

Für die Unterscheidung von Hörttönen und Sprache läßt sich zunächst folgendes aus dem vorhergehenden erkennen:

- a. Eine Aufteilung in Frequenzbereiche, in denen nur Sprache und solche, in denen nur Hörttöne vorkommen, ist nicht möglich.
- b. Als Kriterium herangezogen werden kann die Tatsache, daß bei Auftreten von Sprache mehrere Frequenzen gemessen werden, während Hörttöne nur eine Frequenz haben (durch Verzerrungen entstandene Oberwellen der Ruf- und Signalmaschine fallen nicht in den betrachteten Frequenzbereich von 380 - 520 Hz).
- c. Ein weiteres Kriterium ist die Frequenzkonstanz. Während der Hörton in einer Sendezeit seine Frequenz um maximal $\pm 2\%$ ändert, kann man bei Sprachsignalen davon ausgehen, daß sich innerhalb weniger aufeinanderfolgender Perioden die Frequenz verschiebt.
- d. Eine Unterscheidung nach dem Pegel ist nicht möglich, da beide Signale etwa gleich laut an der Teilnehmerschaltung auftreten und auch im selben Bereich schwanken können.
- e. Als Kriterium kommt dagegen die Amplitudenkonstanz der Hörttöne in Betracht. Durch Bewertung der Differenzen zwischen aufeinanderfolgenden Amplituden (oder der Steigung der Hüllkurve) kann man Sprachsignale von Hörttönen unterscheiden.

Im folgenden wird über eine Reihe von Schaltungen berichtet, die die genannten Kriterien auswerten, und ihre Brauchbarkeit diskutiert.

3. Untersuchte Schaltungen

3.1. Einstellbares Filter

3.1.1. Allgemeine Vorbemerkungen

Durch die Verwendung eines einstellbaren Filters soll die unterschiedliche Frequenz der verschiedenen Ruf- und Signalmaschinen berücksichtigt werden; die Schaltung soll sich auf den Hörton einstellen, wobei das Sprachsignal, wenn es nicht genau auf der Frequenz des Hörtons liegt, durch die schmale Bandbreite der Schaltung so stark gedämpft wird, daß es nicht stören kann. Es muß dabei dafür gesorgt werden, daß das Filter, nachdem es einmal eingestellt ist, für die Aussendezeit nicht mehr verändert werden kann. Kriterium für ein Hörzeichen ist dann das Vorhandensein einer bestimmten Frequenz für die Mindestsendezeit von 70 ms. Es wird angenommen, daß Sprache nicht über einen solchen Zeitraum mit unveränderter Frequenz vorkommt.

Man kann eine derartige selektive Schaltung nach zwei Prinzipien aufbauen:

- a) Suchtonverfahren: Die Zeitfunktion wird in einen Modulator auf einen Träger mit der verschiebbaren Frequenz Ω moduliert und auf ein Filter gegeben. Verschiebt man Ω , so gerät das Signal in den Durchlaßbereich des Filters, wenn Ω gleich einer Teilfrequenz ω_i der Zeitfunktion ist. Da Mittenfrequenz und Bandbreite konstant bleiben, kann das Filter beliebig kompliziert aufgebaut werden.
- b) Einstellbares Filter: Bei dieser Schaltung wird die Bandmittenfrequenz innerhalb des zu untersuchenden Bereiches verschoben, während die Bandbreite konstant bleibt. Man spart Oszillator und Modulator, dafür kann man nur ein einfaches Filter verwenden, denn bei kompliziertem Aufbau wird es sehr schwierig, Bandbreite und Dämpfung bei verschiedenen Mittenfrequenzen konstant zu halten.

3.1.2. Aufbau und Eigenschaften des einstellbaren Filters

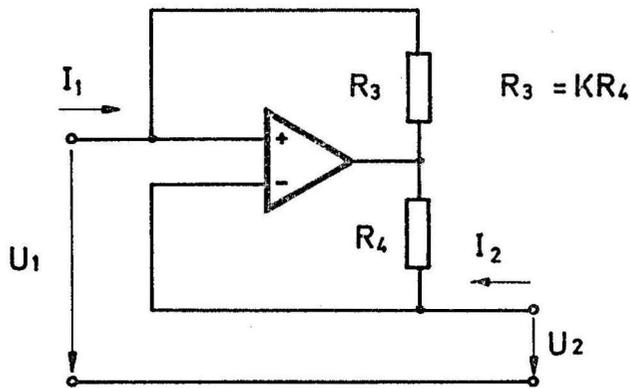


Bild 3: Prinzipschaltbild eines INIC

Die Schaltung enthält einen invertierenden Stromübertrager (INIC = ideal current inversion negative impedance converter) (Bild 3), der durch die Gleichungen $U_1 = U_2$ und $I_1 = k \cdot I_2$ charakterisiert ist.

Bild 4 zeigt das gesamte Filter. Es hat folgende Eigenschaften:

1. Die Bandmittenfrequenz wird durch die Änderung von $R_1 = R_2 = R$ verschoben.
2. Bei konstanter Güte ist die relative Bandbreite konstant.
3. Eine Änderung der Güte hat keinen Einfluß auf die Bandmittenfrequenz.
4. Die Güte läßt sich durch R_3 verändern, wodurch auch die Spannungsverstärkung beeinflußt wird.

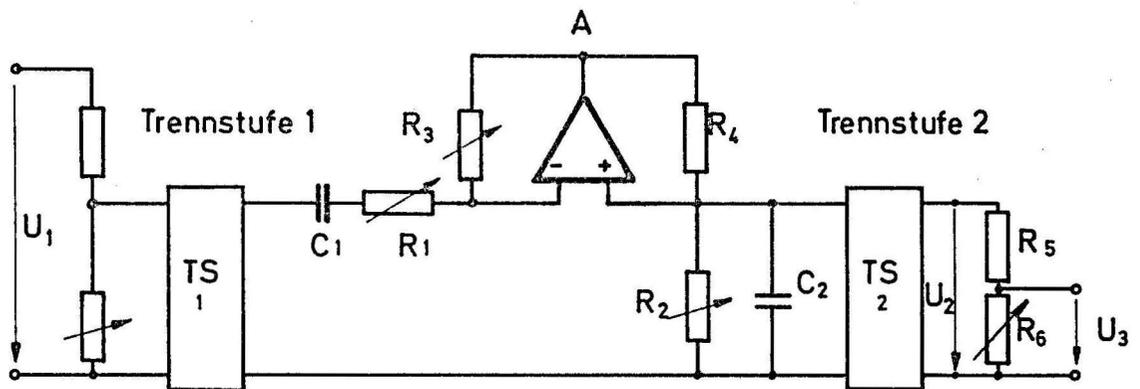


Bild 4: Prinzipschaltbild eines Regelfilters

Gefordert wird eine Steuerung der Bandmittenfrequenz des Filters über den gesamten Hörtonbereich bei konstanter Bandbreite und konstanter Spannungsverstärkung. Dazu ist es erforderlich, $R_1 = R_2 = R$, R_3 und R_6 zu steuern. Die Widerstände werden daher durch Feldeffekttransistoren ersetzt. Insgesamt wurde mit einer aufgebauten Versuchsschaltung beim Durchsteuern des Hörtonbereichs ($\sim 340 - 540$ Hz) eine Spannungskonstanz von $2,5\%$ bei einer Bandbreite von $15,5 \pm 0,5$ Hz erreicht.

3.1.3. Einstellung des Filters auf die gesuchte Frequenz

Zur Einstellung des Filters auf die Frequenz des Hörzeichens wurden mehrere Steuerverfahren untersucht.

3.1.3.1. Einstellung des Filters durch Steuerung nach dem Spannungsmaximum

Die kürzeste Zeichendauer beträgt 70 ms (siehe 2.1.3.), der abzufragende Bereich 200 Hz. Spätestens nach 70 ms muß also das Filter auf die gesuchte Frequenz eingestellt sein. Einer hohen Durchlaufgeschwindigkeit der Mittenfrequenz steht die Bedingung gegenüber, daß das Hörzeichen, während das Filter über seine Frequenz läuft, einschwingen muß, damit die Signalamplitude als Steuergröße zur Verfügung steht. Der Fall der längsten Suchzeit ist gegeben, wenn das Filter bei Eintreffen eines Hörtones gerade dessen Frequenz erreicht und vor Ende des Einschwingvorganges weitergelaufen ist, so daß es einmal den ganzen Hörtonbereich von 200 Hz und anschließend den eigenen Durchlaßbereich durchlaufen muß, bevor das Signal eingeschwungen ist. Damit errechnet sich die Bandbreite wie folgt:

Maximale Einstellzeit	$t_e = 70$ ms
Hörtonbereich	$B_H = 200$ Hz
Bandbreite des Filters	B_F
Einschwingzeit des Filters	$\tau = \frac{1}{B_F}$

Zeit, in der das Filter mit seinem Durchlaßbereich die Signalfrequenz überläuft:

$$t_F = \frac{t_e}{B_H + B_F} \cdot B_F$$

Bedingung für die Erzeugung der Einstellgröße: $\tau = t_{Fe} \rightarrow t_{Fe} = \frac{1}{B_F}$

$$\frac{1}{B_F} = \frac{t_e}{B_H + B_F} \cdot B_F \quad \text{und nach Umformung}$$

$$B_F^2 - \frac{B_F}{t_e} - \frac{B_H}{t_e} = 0$$

Durch Einsetzen der Zahlenwerte ergibt sich für das ideale Filter mit unendlicher Flankensteilheit $B_F = 61 \text{ Hz}$ und damit eine Einschwingzeit von 16 ms. Das aufgebaute Filter wurde auf eine Einschwingzeit von 15 ms abgestimmt, Die Einstellzeit betrug zwischen 15 und 70 ms. Die Selektivität war aber so schlecht, daß die Tonhöenschwankungen der menschlichen Sprache nicht ausreichten, um das Filter am Einschwingen zu hindern, so daß praktisch jedes Sprachsignal, das länger als 70 ms war, als Hörton gedeutet wurde.

3.1.3.2. Einstellung des Filters durch Steuerung nach der Phase

Ein besseres Ergebnis erbrachte die Ausnutzung des Vorzeichenwechsels der Phase. Bei einer Bandbreite von 25 Hz wurde im ungünstigsten Fall eine Durchlaufzeit von 35 ms für den 200 Hz-Hörtonbereich und damit eine Einstellung auf die Frequenz des anliegenden Signals erreicht.

3.1.3.3. Einstellung des Filters durch einen Frequenz-Spannungswandler

Als beste Lösung erwies sich die Verwendung eines Frequenz-Spannungswandlers, der im Bereich zwischen 340 und 540 Hz linear eine Steuerspannung für die Feldeffekttransistoren

des Filters erzeugt. Mit dieser Schaltung läßt sich die Einrichtung in 10 ms auf die Hörtonfrequenz einstellen, so daß auch bei 70 ms Zeichendauer und beliebiger Bandbreite eine einigermaßen genaue Zeitmessung möglich ist.

3.1.4. Eignung des einstellbaren Filters für die Erkennung von Hörönen und Sprache

Bei Verwendung eines geeigneten Steuermechanismus kann man mit dem einstellbaren Filter Höröne zwischen 340 Hz und 540 Hz erkennen und die Sendezeit bestimmen. Da Sprachabschnitte auch bei Messung mit einem schmalbandigen Bandpass häufig länger als 70 ms dauern, ist aber eine Fehlinterpretation von Sprachsignalen als Hörzeichen nicht auszuschließen. Läuft das Sprachsignal aus dem Durchlaßbereich hinaus, so sucht das Filter, bis das gleiche oder ein anderes Signal gefunden ist. Wollte man Hörzeichen und Sprache einigermaßen zuverlässig unterscheiden, so müßte man die Zeitabschnitte, in denen die Schaltung bei feststehender Frequenz ein Signal empfängt und solche, in denen es einem Signal veränderlicher Frequenz folgt, ausmessen und zur Unterscheidung von Hörton und Sprache heranziehen. Wie im folgenden gezeigt wird, sind für derartige logische Auswertekriterien andere Schaltungen besser geeignet.

3.2. Hörton- und Spracherkennungseinrichtung mit vier Filtern, festem Durchlaßbereich und mit Sprachkompensation

3.2.1. Beschreibung der aufgebauten Schaltung

Die in diesem Abschnitt beschriebene Einrichtung nutzt zwei Unterschiede zwischen Hörönen und Sprache aus:

- (1) Ein Hörton tritt im beobachteten Bereich zwischen 340 und 540 Hz mit nur einer Frequenz auf. Sprache besteht dagegen aus einer ganzen Anzahl von Frequenzen,
- (2) Ein Hörton hält während der Sendezeit eines Zeichens seine Frequenz konstant, während die Sprachsignale kurzzeitig Schwankungen aufweisen.

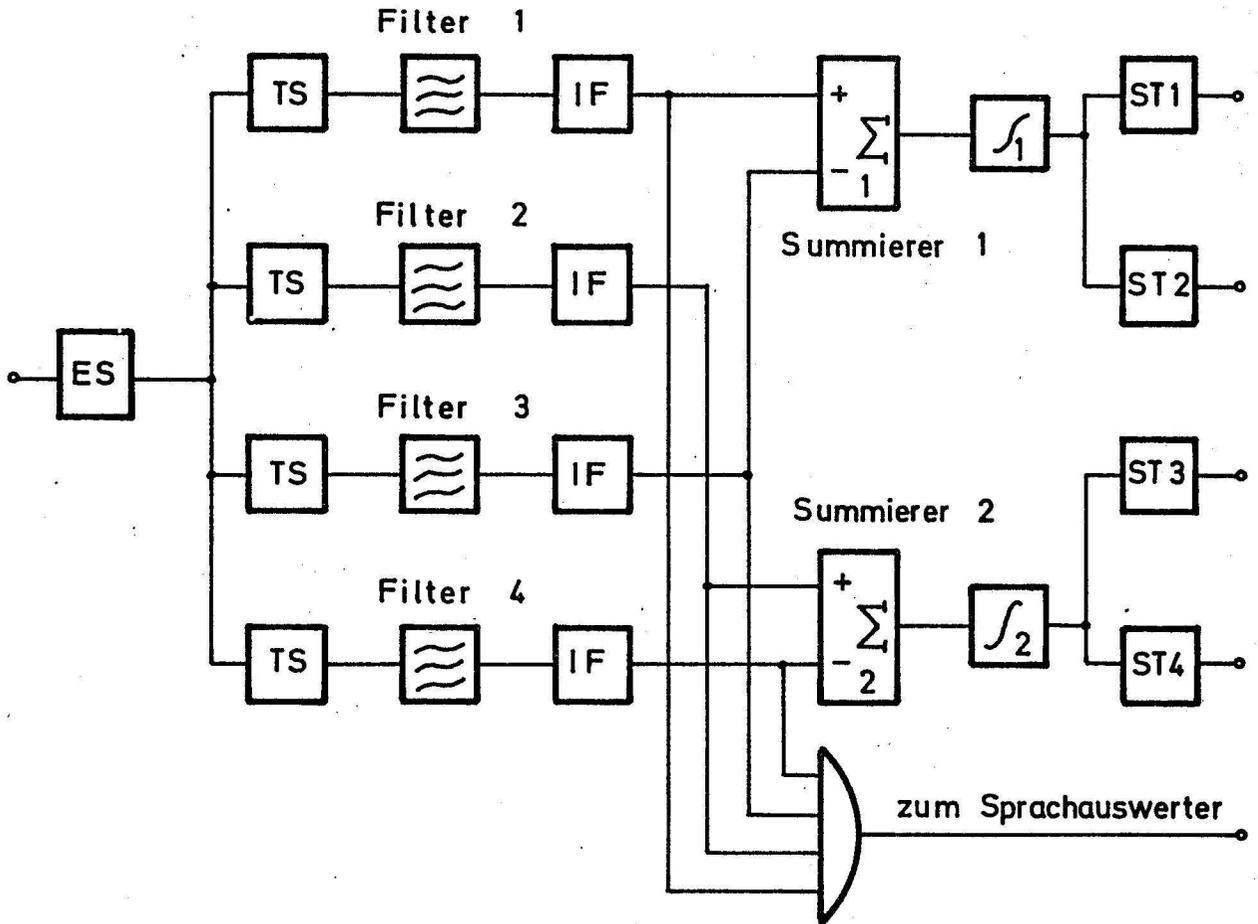


Bild 5: Hörton - und Spracherkennungseinrichtung mit 4 passiven Filtern und Sprachkompensation

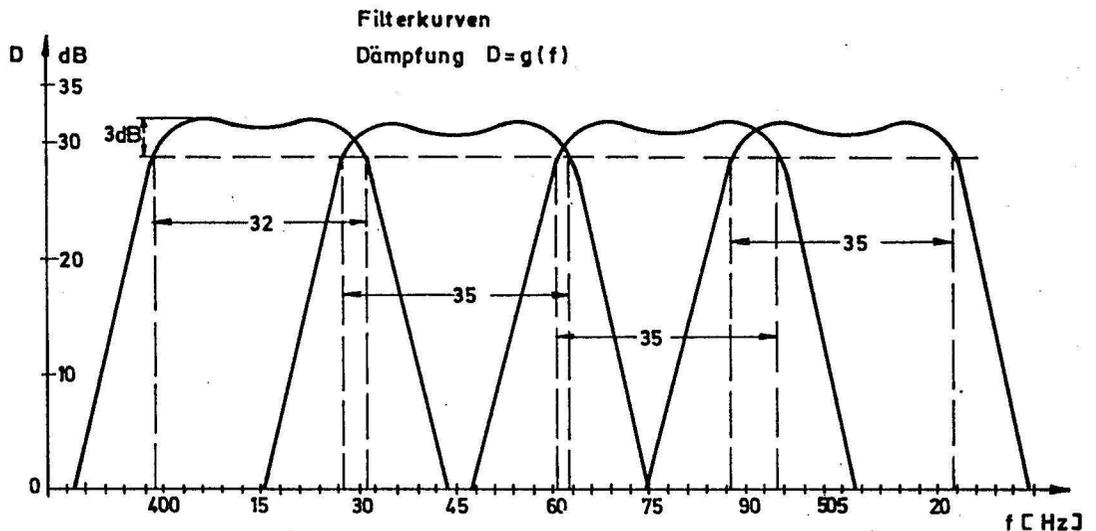


Bild 6: Dämpfungsverlauf der für die in Bild 5 gezeigte Einrichtung gebauten Filter

Bild 5 zeigt die aufgebaute Schaltung im Blockschaltbild. Der Hörtonbereich wurde für die Laboruntersuchung auf 400 bis 520 Hz eingeschränkt und in vier Abschnitte unterteilt. Die vier Filter sind als passive LC-Filter 4. Grades ausgeführt; die gemessenen Filterkurven sind in Bild 6 dargestellt. Im folgenden soll die Wirkungsweise der Erkennungseinrichtung beschrieben werden: Das Signal gelangt über die hochohmige Eingangsstufe ES und vier Trennstufen TS auf die vier LC-Filter. Die Trennstufen dienen der gegenseitigen Entkopplung der Filter. Die vier nachgeschalteten Impulsformer IF erzeugen am Ausgang Rechteckspannungen gleicher Amplitude, wenn Signale $> 20 \text{ mV}$ an ihren Eingang gelangen. Die Ausgangssignale der Kanäle 1 und 3 und die der Kanäle 2 und 4 werden auf die Eingänge zweier Summierer S_1 und S_2 gegeben. An dieser Stelle wird nicht mehr die Amplitude ausgewertet, sondern nur noch die Tatsache, daß ein Signal bestimmter Frequenz anliegt. Die Integrierer I_1 und I_2 dienen der Zeitmessung. Liegt an I_1 oder I_2 länger als 70 ms (kürzeste Hörtonlänge) ein Signal, so sprechen die Schmitttrigger ST 1.....ST4 an. Je nachdem, ob am Eingang eines Summierers, etwa S_1 , die Summe der Signale positiv oder negativ ist, spricht einer der beiden Schmitttrigger, entweder ST1 oder ST2, an. Werden auf allen vier Kanälen gleichzeitig Signale empfangen, so schaltet das Undgatter U.

Damit ergeben sich folgende Zustände und ihre Auswertung:

- (1) Ein Hörton liegt in der Mitte eines Filterbereiches.
Ein Summierer gibt ein positives oder negatives Signal, ein Schmitttrigger spricht an. U bleibt gesperrt.
- (2) Ein Hörton liegt auf dem Schnittpunkt der Durchlaßkurven zweier benachbarter Filter. Beide Summierer geben ein Signal ab, zwei Schmitttrigger sprechen an. U bleibt gesperrt.
- (3) Sprache liegt an der Eingangsschaltung. Da die Tonhöhe sich laufend ändert und im Verlauf von 70 ms fast immer mehrere Frequenzen vorhanden sind, erscheint während des Auswertzeitraums häufig kein Signal am Ausgang der

Summierer. Dadurch entladen sich die Integrierer wieder mit einer Zeitkonstante $\tau = 70 \text{ ms}$, so daß die Schmitttrigger nicht ansprechen. U gibt ein Signal an eine Zeitmeßschaltung ab, die nach 500 ms Sprache anzeigt.

- (4) Eine Störung liegt an der Eingangsschaltung, Die Schaltung reagiert wie in (3), aber es ist unwahrscheinlich, daß an U das Signal 500 ms lang ununterbrochen ansteht. Die Zeitmeßeinrichtung hinter U zeigt daher nicht das Vorhandensein von Sprache an.

3.2.2. Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Gerätes

Die Hörton- und Spracherkennungseinrichtung arbeitet zuverlässig, solange nicht Höröne und Sprache oder Störungen gleichzeitig auftreten. Fehler können auftreten bei sehr eintönigen Stimmen, d.h. durch Fehlen der bei üblichen Sprechern auftretenden Schwankungen der Sprachmelodie, bei Pfeifen im Hörtonbereich, d.h. bei künstlichen Nachbildungen der Höröne, und bei sehr langgezogenen Vokalen. In diesen Fällen wird ein Hörton ausgewertet, obwohl keiner vorliegt. Sind auf der anderen Seite während der Sendezeit eines Hörtons zusätzlich Sprache oder Störungen auf der Leitung, so daß die Einrichtung nicht 70 ms lang ungestört auswerten kann, so wird der Hörton nicht erkannt.

3.2.3. Folgerungen aus den mit der beschriebenen Schaltung gemachten Erfahrungen

Die Schaltung ließe sich durch Erhöhung des Aufwandes verbessern. Vergrößert man die Anzahl der Filter und entsprechend auch der nachgeschalteten Auswertebausteine, so werden geringere Schwankungen der Sprachmelodie bei monotonen Stimmen, beim Pfeifen oder bei langgezogenen Vokalen erkannt und nicht mehr als Hörzeichen registriert. Eine Grenze für das Verfeinern der Filterung ist einmal durch die Frequenzschwankungen des Hörzeichens, zum anderen durch die verlängerte Einschwingzeit der Filter gegeben: Für $f_{\text{Hörton}} = 520 \text{ Hz}$ und $\pm 2 \%$ Frequenzschwankung ergibt sich die minimale Filterbreite $\Delta f = 10,4 \text{ Hz}$; die Einschwingzeit $\tau = \frac{1}{\Delta f}$ wird damit 96 ms. Durch die Bedingung, daß ein Signal noch innerhalb

der minimalen Hörtonzeit (70 ms) voll einschwingen muß, ergibt sich als Mindestbandbreite $\Delta f = \frac{1}{\tau_{\min}} = 14,2 \text{ Hz}$ d.h. für den gesamten Bereich von 380 Hz - 520 Hz braucht man 10 Filter. Nicht ändern läßt sich dagegen der Nachteil der Meßeinrichtung, daß jedes Sprachsignal und jede Störung die Erkennung des Hörtons verhindert. Da Störungen auf Fernsprechleitungen sowie Sprachsignale und Raumgeräusche, die von der Sprechstelle des rufenden Teilnehmers auch vor Gesprächsbeginn aufgenommen werden, häufig vollkommen, ist es von Vorteil, eine Einrichtung zu haben, die zunächst einmal in kurzer Zeit nur feststellt, daß ein Hörton vorhanden ist. Diese Tatsache kann, selbst wenn die Messung der Sendezeit des Hörtons gestört wird, als Information dafür dienen, daß die Rufzeit noch nicht beendet ist, daß also noch kein Gespräch über die Leitung begonnen hat. Dafür ist eine kurze Auswertzeit erforderlich. Bei der Frequenzmessung ist durch die Unschärferelation eine nicht unterschreitbare Grenze gesetzt; bei 10 ms Auswertzeit wird die Analysierschärfe 100 Hz und umfaßt damit bereits fast den gesamten Bereich der Höröne. Die Frequenzanalyse ist daher zur Erkennung von Hörönen und Sprache auf der Leitung nicht gut geeignet.

Korrelationsverfahren wurden im Rahmen dieser Untersuchung nicht auf ihre Eignung hin geprüft. Sie würden eine Möglichkeit bieten, die Erkennung von Hörönen bei Auftreten von Störungen zu verbessern. Andererseits steht zumindest dem einfachen Aufbau eines Korrelators im Wege, daß aus dem Frequenzgemisch Sprache innerhalb von 70 ms ein Signal herausgesucht werden muß, dessen Frequenz zwar konstant ist, aber zwischen 380 und 520 Hz liegen kann. Damit ein solches Gerät zuverlässig funktioniert, müßte sichergestellt sein, daß Sprachsignale im Hörtonbereich keine Anteile konstanter Frequenz für eine Dauer von 70 ms enthalten.

3.3. Hörton- und Spracherkennung durch Messung der Null- durchgangsabstände

3.3.1. Allgemeine Bemerkungen

Neben der Frequenzanalyse (Formantanalyse) und der Auto-

korrelationsanalyse wird Sprache durch die Verteilung seiner Nulldurchgangsabstände (NDA) beschrieben /5/, /6/. Im folgenden wird die Möglichkeit untersucht, mit der Messung der NDA die hier vorliegende Aufgabe zu lösen.

Zunächst soll einiges Grundsätzliche zur Meßmethode gesagt werden. Ein Hörton ist dadurch charakterisiert, daß seine Frequenz zwischen 380 und 520 Hz liegt. Wenn Obertöne auftreten, so sind sie in Phase mit der Grundwelle. Die NDA sind also konstant und liegen zwischen 0,96 ms und 1,31 ms. Eine beliebig feine Unterteilung des Bereichs in einzelne Abschnitte ist möglich - abgesehen von den Grenzen, die durch die technische Realisierung gesetzt sind. Da ein Hörton aber während seiner Sendezeit um $\pm 2\%$ in seiner Frequenz schwanken kann, ist es sinnlos, eine Analysierbreite von 80 μ sec zu unterschreiten.

Ein wesentlicher Vorteil der Messung der NDA liegt darin, daß keine Filterung des Signals vorgenommen wird, daß also kein Einschwingvorgang es notwendig macht, einen Kompromiß zwischen Auswertzeit und Analysierschärfe zu schließen. Um die Frage nach der Wirksamkeit des Verfahrens zu prüfen, muß untersucht werden, wie die NDA der Sprachsignale verteilt sind. Dazu sei an Abschnitt 2.2.1. erinnert. Folgende Eigenschaften der Sprache lassen es unwahrscheinlich erscheinen, daß mehrere NDA nacheinander gleich sind:

- (1) Bei stimmhaften Lauten bewirkt die Grundwelle, die durchweg unterhalb des Bereichs der Höröne liegt, daß die im Hörtonbereich liegenden Sprachschwingungen (Frequenzen des 1. Formanten) gegen die Nulllinie verschoben werden (Bild 7).
- (2) Wenn bei extremer Tonhöhe (Singen, Schreien) die Grundfrequenz in den Hörtonbereich fällt, verschieben die nicht gleichphasigen Oberwellen die NDA.
- (3) Die Tonhöhe schwankt beim Sprechen; die n-te Oberwelle macht diese Schwankungen n-fach verstärkt mit.

- (4) Bei stimmlosen Lauten, an deren Erzeugung die Stimmbänder einen sehr geringen oder gar keinen Anteil haben, können Schwingungen im 1. Formantbereich mit höheren Frequenzen (2. Formant) so überlagert werden, daß durch Phasenverschiebungen die NDA verschoben werden.

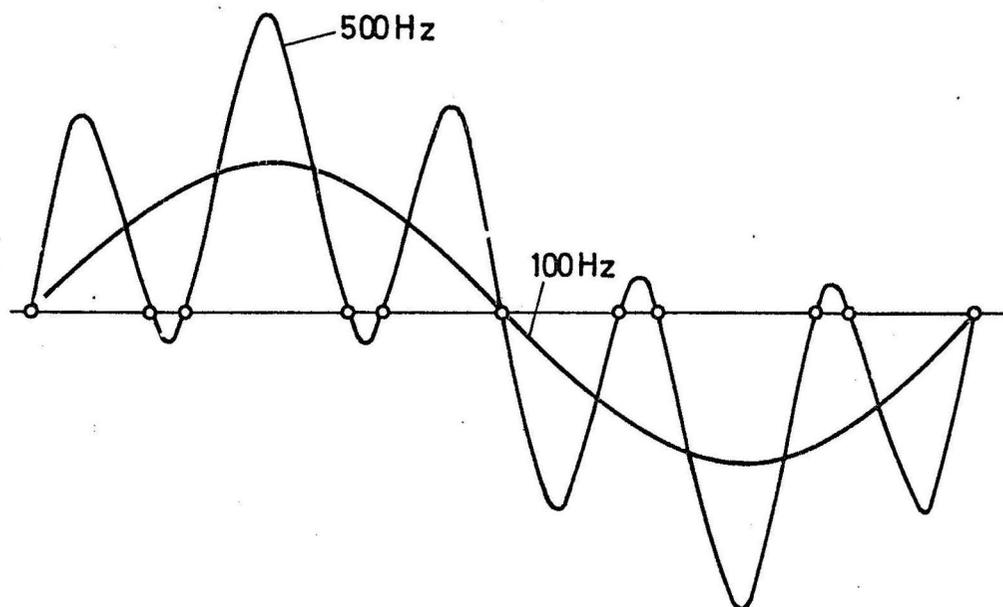


Bild 7: Verschiebung der Nulldurchgangsabstände eines 500 Hz-Signals durch ein überlagertes 100 Hz-Signal

Aus dem bisher Gesagten geht der entscheidende Unterschied zwischen dem Filterverfahren und der ND-Analyse hervor: Ein Filter zerlegt das Sprachsignal in seine Bestandteile, so daß, wenn Teilschwingungen über längere Zeit konstante Frequenz behalten, sie als Hörtöne fehlinterpretiert werden. Die Wirksamkeit der ND-Analyse beruht gerade darauf, daß sie das Sprachsignal als ganzes bewertet. Daraus ergibt sich, daß eine Bandbegrenzung des Signals (etwa mit einem Tiefpaß mit $f_0 = 700$ Hz) sich nur nachteilig auswirkt, da die höheren Frequenzanteile notwendig sind, um die Konstanz der NDA beim Sprachsignal zu stören.

3.4. Hörton- und Spracherkennung durch Vergleich aufeinanderfolgender Amplitudenwerte

Wie in 2.3. erwähnt, besteht eine Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Hörönen und Sprache durch Vergleich der Amplitudenkonstanz. Dabei kann man von folgenden Voraussetzungen ausgehen:

1. Während der Sendezeit eines einzelnen Hörtons ist die Amplitudenkonstanz sehr gut.
2. Veränderungen der Amplitudenwerte können durch Rauschen, Störimpulse etc. verursacht werden.
3. Je nachdem, von welcher Stelle des Fernsprechsystems aus der Hörton empfangen wird, kann die Amplitude zwischen 110 mV und 760 mV liegen (Messungen im Ortsnetz und in der Nebenstellenanlage der Technischen Universität siehe 2.1.3.). Nach den Richtlinien des CCITT soll die Amplitude zwischen 40 und 600 mV liegen (siehe 2.1.1.).
4. Sprachsignale des ~~gerufenen~~ Teilnehmers liegen beim Empfang an der Teilnehmerleitung etwa im gleichen Pegelbereich wie Höröne, allerdings kann die Stimme des beobachteten Teilnehmers bis 2,5 V Spannung erzeugen.
5. Aufgrund der Art der Spracherzeugung (siehe 2.2.2.) ist es unwahrscheinlich, daß die Amplitude eines Sprachsignals über mehrere Perioden konstant ist.
6. Die Frequenz der Höröne kann zwischen 380 und 520 Hz liegen.

Daraus ergibt sich folgendes:

1. Eine Unterscheidung von Hörönen und Sprache durch Vergleich der Amplitudenkonstanz muß im gesamten Pegelbereich möglich sein. Nicht die absoluten, sondern die relativen Änderungen müssen bestimmt werden.
2. Die Messung der Konstanz kann auf zwei Arten erfolgen:
 - a. Es wird eine Hüllkurve erzeugt und in regelmäßigen

Zeitabständen abgetastet. Die aufeinanderfolgenden abgetasteten Werte werden miteinander verglichen. Die Zeitkonstante der Hüllkurve muß so gewählt werden, daß sie bei 380 Hz, der niedrigsten Hörtonfrequenz, innerhalb einer Halbperiode nicht unter eine vorgegebene Toleranzgrenze fällt, nachdem der Spitzenpunkt der Signalkurve erreicht ist. Dann verhindert aber die Trägheit der Hüllkurve, daß bei Sprachsignalen durch höhere Formantfrequenzen hervorgerufene schnelle Änderungen der Signalkurve berücksichtigt werden.

- b. Es wird der Spitzenwert jeder Halbwelle gemessen und mit dem der vorhergehenden verglichen. Dieses Verfahren ist frequenzunabhängig und berücksichtigt die Amplitudenschwankungen der Sprache infolge der höheren Formantfrequenzen. Nachteilig ist, daß bei Messung von Hörönen auch sehr schmale Störimpulse die Konstanz der Spitzenwerte stören und die Erkennung des Signals verhindern.

Allgemein läßt sich folgendes sagen: Das Verfahren unter a) ist weniger störanfällig, und Höröne werden besser erkannt; aber es ist langsamer, und durch die geringere Empfindlichkeit bei hohen Frequenzen wird Sprache leichter als Hörton fehlinterpretiert. Das Verfahren unter b) berücksichtigt alle Sprachfrequenzen; die Wahrscheinlichkeit einer Fehlinterpretation von Sprache als Hörton ist wesentlich geringer. Dafür ist es empfindlicher gegen impulsartige Störungen, und daher werden Höröne schlechter erkannt.

Da eine häufige Fehlinterpretation von Sprache als Hörton bei Verfahren a) nicht zu verhindern ist und andererseits Verfahren b) durch Zulassen eines oder mehrerer Spitzenwerte außerhalb einer vorgegebenen Toleranzgrenze in einer Folge gleicher Spitzenwerte sicherer gegen Störimpulse gemacht werden kann, ist dem Verfahren b) der Vorzug zu geben.

4. Eine Messung zur Bestimmung der Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der Nulldurchgangsanalyse und des Spitzenwertvergleichs

4.1. Zusammenstellung der Fragen, die durch die Messung geklärt werden müssen

Durch eine Messung von Sprache und Hörtonen mit einer Schaltung, die Nulldurchgangsabstände (NDA) und Konstanz der Spitzenwerte (SW) bewertet, müssen folgende Fragen geklärt werden:

- (1) Wie hängt die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der beiden Verfahren von verschiedenen Toleranzen (maximale Abweichung des gemessenen NDA vom vorangegangenen bzw. maximale relative Änderung des aufgenommenen SW vom vorangegangenen) ab.
- (2) Wieviele NDA bzw. SW müssen in ununterbrochener Folge konstant sein, um mit Wahrscheinlichkeit $p = 1$ auszuschließen, daß ein Sprachsignal anliegt.
- (3) Wie verhalten sich die Schaltungen bei Störungen auf der Fernsprechleitung.
- (4) Wie groß muß der Pegel von Sprachsignalen oder Störungen sein, um die NDA bzw. SW eines gleichzeitig gesendeten Hörtons so zu verändern, daß eine Erkennung nicht möglich ist.
- (5) Wie wirken sich analoge Bandbegrenzungen auf die beiden Verfahren aus.
- (6) Wie verhalten sich die Verfahren, wenn man als Bedingung für die Erkennung eines Hörtons vorschreibt, daß in einer Folge von N gemessenen NDA bzw. SW ($N - K$) gleich sein müssen und K außerhalb der Toleranzgrenze liegen dürfen.

(7) Kann eine Verbesserung durch Kombination der beiden Verfahren erreicht werden.

4.2. Beschreibung der aufgebauten Meßschaltung

4.2.1. Erläuterungen zum Entwurf der Meßschaltung

4.2.1.1. Durchführung des Spitzenwertvergleichs

Um von jeder Halbwelle den Spitzenwert (SW) messen zu können, wird der Absolutbetrag des Signals gebildet und Anfang und Ende jeder Halbwelle durch Erkennung der Nulldurchgänge festgelegt. Der Vergleich aufeinanderfolgender SW muß unabhängig vom Absolutbetrag der Signalspannung (40 mV - 2,5 V) sein; es muß also dafür gesorgt werden, daß gleiche relative Amplitudenänderungen gleich bewertet werden. Das läßt sich durch Division der aufeinanderfolgenden Werte erreichen. Die Quotientenbildung ist in der notwendigen Schnelligkeit und im gesamten geforderten Spannungsbereich jedoch nur mit grossem Aufwand zu erreichen. Daher wird ein anderer Weg beschritten: Man logarithmiert das Signal, tastet die SW zweier aufeinanderfolgender Halbwellen ab, speichert sie und subtrahiert sie voneinander.

Es gibt $\Delta F = F(t_1) - F(t_2)$

t_1 1. Abtastzeitpunkt

t_2 2. Abtastzeitpunkt

F abgetasteter Spitzenwert
des Signals nach der Betrags-
bildung

Logarithmiert man $\Delta F(t)$, so ergibt sich

$$(\lg \Delta F) = \lg F(t_1) - \lg F(t_2)$$

Das zu bewertende Signal am Ausgang des Differenzbilders ist

$$A = |(\lg \Delta F)| = \left| \lg \frac{F(t_1)}{F(t_2)} \right|$$

A ist unabhängig von der absoluten Größe der SW , denn mit $G(t) = AF(t)$ gilt

$$A(t_2) = \left| \lg \frac{G(t_1)}{G(t_2)} \right| = \left| \lg \frac{AF(t_1)}{AF(t_2)} \right| = \left| \lg \frac{F(t_1)}{F(t_2)} \right|$$

Überschreitet A zu den Zeitpunkten t_i ($i = 2, 3, 4 \dots$) nicht eine vorgegebene Toleranz T_A , so wird das Signal als amplitudenkonstant (Hörton) betrachtet:

$$A(t_i) = \left| \lg \frac{F(t_{i-1})}{F(t_i)} \right| < T_A \quad i = 2, 3, 4 \dots$$

Mit dieser Anordnung wird ein Fehler nicht vermieden, wenn ein Sprachsignal (z.B. durch Nachhall) sehr langsam abklingt. Wird bei keinem einzelnen der Vergleichsvorgänge T_A überschritten, erkennt die Schaltung ein amplitudenkonstantes Signal.

Daher ist folgende Änderung notwendig:

Ist $A(t_i) = \left| \lg F(t_{i-1}) - \lg F(t_i) \right| < T_A$, dann folgt während der nächsten Halbwelle der Vergleich

$$A^*(t_{i+1}) = \left| \lg F(t_{i-1}) - \lg F(t_{i+1}) \right|.$$

Ist auch $A^*(t_{i+1}) < T_A$, so folgt als nächster Vergleich:

$$A^*(t_{i+2}) = \left| \lg F(t_{i-1}) - \lg F(t_{i+2}) \right| \text{ usw.}$$

Nach einer bestimmten Anzahl von Schritten wird bei einem abklingenden Signal $A^* > T_A$, und die Anordnung erkennt, daß kein Hörton vorliegt. Als neuer Vergleichswert wird der letzte abgetastete SW gespeichert.

4.2.1.2. Durchführung der Messung der Nulldurchgangsabstände

Das Verfahren zur Anzeige der Nulldurchgänge (ND) ist sehr einfach, es soll daher nur kurz erläutert werden. Das empfangene Signal wird zunächst so verstärkt und begrenzt, daß eine Rechteckspannung entsteht (Clippen). Diese Spannung wird differenziert und anschließend der Betrag von der erzeugten Impulsfolge

gebildet. Die Impulse werden daraufhin untersucht, ob sie mit einer bestimmten Toleranz einen vorgeschriebenen Abstand einhalten. Toleranz und Abstand sind in weiten Grenzen einstellbar. Am Ausgang der Schaltung erscheint die Folge derjenigen Impulse, die im vorgeschriebenen Abstand vom vorhergehenden eintreffen.

Die Folge aller ND-Impulse wird außerdem zur Steuerung der gesamten Einrichtung verwendet.

4.2.2. Beschreibung der Arbeitsweise der Meßschaltung anhand des Funktionsplans in Bild 8

4.2.2.1. Arbeitsweise der Eingangsstufe

Über Eingang a/b und Eingangsschaltung ES werden die Hörtöne hochohmig ($R_{\text{EIN}} > 50 \text{ k}\Omega$) und potentialfrei von der Fernsprechleitung übernommen. ES trennt mit seinem Übertrager die Leitung von der Meßschaltung und arbeitet außerdem als Hochpass mit $f_{\text{U}} \approx 50 \text{ Hz}$. Über Eingang s gelangt die auf Tonband aufgenommene Sprache zum Summenpunkt des Summierers SU1, zu dem auch die Hörtonspannung geführt wird. Das Summensignal $f(t)$ am Ausgang von SU1 läuft über das einstellbare elektronische Filter F (Krohn-Hite Band-Pass-Filter Model 3103) zu dem verstärkenden Doppelweggleichrichter B1. B1 bildet den Betrag des Signals und verstärkt um den Faktor 2. Der logarithmische Verstärker Lg (logarithmische Kennlinie, $U_{\text{EIN}} = 1 \text{ mV}$ bis 10 V , $U_{\text{AUS}} = +10 \text{ V}$ bis -10 V) bildet $f^*(t) = \lg(2|f(t)|)$. Der nachgeschaltete, einstellbare Trennverstärker V1 ist der niederohmige Ausgang der Eingangsstufe. Er legt $f^{\text{XX}}(t)$ an den Eingang der Speicherstufe.

4.2.2.2. Arbeitsweise der Speicherstufe

S1 und S2 sind analoge Speicher, die der Signalspannung bis zum Spitzenwert folgen und diesen Wert halten. Sie können gelöscht und am Eingang gesperrt werden.

Zu Beginn der Messung haben S1 und S2 beliebige Werte, und einer von ihnen, z.B. S1, ist von der Steuerstufe geöffnet.

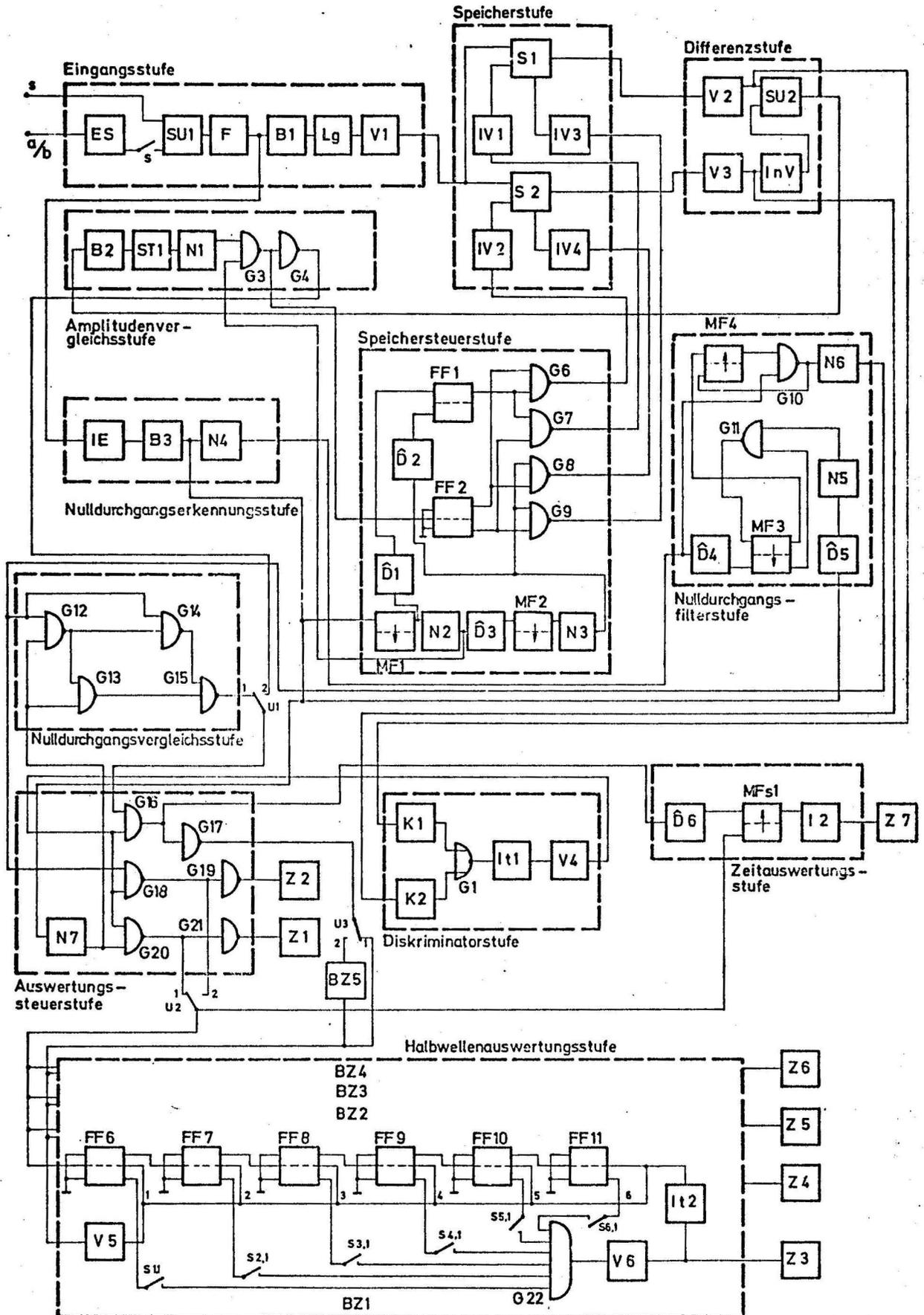


Bild 8: Funktionsplan der Meßschaltung

Wird das Signal $f^{XX}(t)$ empfangen, so steigt die Spannung an S1 bis zum Spitzenwert (SW) und hält sich, wenn $f^{XX}(t)$ wieder fällt. Beim folgenden Nulldurchgang (ND) wird der Wert von S1 mit dem von S2 verglichen. Wenn die Differenz zwischen den Werten von S1 und S2 $D_{1,2} = W_1 < T_A$ (zugelassene Toleranz) ist, sperrt die Steuerstufe für die nächste Halbperiode S1, löscht S2 und öffnet ihn. S2 folgt $f^{XX}(t)$ bis zum SW, und beim nächsten ND wiederholt sich der Vergleich. Ist $D_{1,2}$ wiederum $< T_A$, wird S2 abermals gelöscht und wieder geöffnet, während S1 gesperrt bleibt. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, bis $D_{1,2} > T_A$ wird. Beim nächsten ND wird S1 gelöscht, sein Eingang geöffnet und der von S2 gesperrt.

4.2.2.3. Arbeitsweise der Differenzstufe

Am Eingang der Differenzstufe übernehmen die beiden Verstärker V2 und V3 die Ausgangsspannungen von S1 und S2. V2 und V3 dienen dazu, S1 und S2 so hochohmig abzufragen, daß die eingespeicherten Werte sich nicht ändern; sie passen außerdem die Potentiale an die nachfolgenden Stufen an. Verstärker InV invertiert die Ausgangsspannung von V3, so daß im Summierer SU2 $D_{1,2}$ gebildet werden kann. An SU2 kann durch Änderung der Verstärkung T_A eingestellt werden.

4.2.2.4. Arbeitsweise der Amplitudenvergleichsstufe

Die Amplitudenvergleichsstufe übernimmt von der Differenzstufe $D_{1,2}$ und bildet mit B2 durch Doppelweggleichrichtung $|D_{1,2}|$. Der nachfolgende Schmitttrigger ST1 schaltet, solange $|D_{1,2}|$ seine Ansprechschwelle (T_A) überschreitet. N1 negiert die Ausgangsspannung von ST1 und legt sie an G3. G3 wird von der Steuerstufe bei jedem Nulldurchgang geöffnet und gibt, wenn $|D_{1,2}| > T_A$, einen durch G4 invertierten und einen nicht invertierten Impuls an die nachfolgenden Stufen ab.

4.2.2.5. Arbeitsweise der Speichersteuerstufe

Die Speichersteuerstufe steuert die Sperrung und Löschung von S1 und S2 in der Speicherstufe entsprechend dem Ergebnis des Vergleichs.

Bei Signalanfang legt die Nulldurchgangserkennungsstufe einen EINS-Impuls an MF1, dessen Laufzeit $1/\mu\text{s}$ beträgt. Die Vorderflanke des Impulses am Ausgang von MF1 setzt, von \hat{D}_1 differenziert, FF1, das an G6 und G7 EINS legt. Die NAND-Glieder gehen am Ausgang auf NULL und sperren über IV1 und IV2 S1 und S2 in der Speicherstufe. Damit wird eine Änderung der abzufragenden Werte während des Vergleichs verhindert. MF1 öffnet außerdem über Negierer N2 G3 in der Amplitudenvergleichsstufe und veranlaßt dadurch die Ausgabe des Vergleichsergebnisses. Ist $|D_{1,2}| > T_A$, dann wird über G ein Impuls abgegeben, der FF2 umschaltet.

Mit dem Rückfall von MF1 wird über \hat{D}_3 MF2 angestoßen, das $1/\mu\text{s}$ läuft. MF2 öffnet über Negierer N3 eines der beiden NAND-Glieder G8 und G9. FF2 möge so stehen, daß es eine NULL an G9 und eine EINS an G8 legt; dann bleibt am Ausgang von G8 NULL, während am Ausgang von G9 EINS erscheint. Durch die EINS wird in der Speicherstufe über IV3 S1 gelöscht. Nach dem Rückfall von MF2 sperrt G9 wieder, und über Differenzierer D2 wird FF1 rückgesetzt; an seinem Ausgang liegt NULL. Von FF2 her liegt an G6 eine EINS und an G7 eine NULL. Damit bleibt am Ausgang von G6 die NULL, so daß die Sperrung von S2 aufrechterhalten wird, während der Ausgang von G7 auf EINS geht und dadurch S1 am Eingang geöffnet wird.

Beim nächsten Nulldurchgang (ND) werden wieder S1 und S2 über FF1, G6 und G7 für $2/\mu\text{s}$ gesperrt. Ist $|D_{1,2}| < T_A$, bleibt FF2 in seiner Lage, über G9 wird S1 gelöscht und nach dem Rückfall von MF2 über G7 geöffnet. S1 speichert den Spitzenwert der nächsten Halbwelle ein. Ist beim nächsten ND $|D_{1,2}| > T_A$, wird FF2 geschaltet. Über G8 erfolgt die Löschung von S2, anschließend über G6 die Öffnung seines Eingangs, während der Wert von S1

erhalten bleibt.

4.2.2.6. Arbeitsweise der Nulldurchgangserkennungsstufe

Der Impulserzeuger IE verstärkt das von der Eingangsstufe empfangene Signal, begrenzt es und differenziert die so erzeugte Rechteckspannung. Betragbilder B3 verwandelt die negativen Impulse (von den Rückflanken der Rechteckspannung) in positive. Die Folge der positiven Nulldurchgangs-Impulse wird negiert an die Nulldurchgangsfiterstufe und nicht negiert an Speichersteuerstufe, Nulldurchgangsfiterstufe und Auswertungssteuerstufe gegeben.

4.2.2.7. Arbeitsweise der Nulldurchgangsfiterstufe

Die Nulldurchgangsfiterstufe stellt fest, ob die Nulldurchgänge (ND) des empfangenen Signals einen vorgegebenen Abstand voneinander im Bereich B_{NDA} haben.

Der 1. ND-Impuls stößt mit seiner Rückflanke über \hat{D}_4 MF3 an, das G11 vorbereitet. Kommt vor dem Zurückfallen von MF3 ein weiterer ND-Impuls, so setzt seine Vorderflanke über \hat{D}_5 , N5 und G11 MF3 zurück und erregt es mit seiner Rückflanke erneut. Kommt während der Laufzeit von MF3 kein weiterer ND-Impuls, stößt MF3 am Ende seiner Laufzeit MF4 an, das G10 vorbereitet. Ein ND-Impuls, der vor dem Rückfall von MF4 eintrifft, kann G10 passieren, setzt MF4 wieder zurück und wird über N6 zu den nachfolgenden Stufen geleitet. Fällt MF4 zurück, dann ist G10 wieder gesperrt; ein später eintreffender ND-Impuls wird nicht mehr durchgelassen. Damit ist die Schaltung wieder in Ausgangsstellung. Jeder eintreffende ND-Impuls startet erneut MF3. Über G10 und N6 verlassen nur diejenigen Impulse die Schaltung, die einen vorgegebenen Abstand zum vorhergehenden haben.

B_{NDA} kann durch Einstellung der Laufzeit von MF3 und MF4 verändert werden.

4.2.2.8. Arbeitsweise der Nulldurchgangsvergleichsstufe

Die Nulldurchgangsvergleichsstufe besteht aus den NAND-Gliedern

G12 , G13 , G14 und G15 und bildet ein negierendes Exklusiv-ODER-GLIED. Zur Erläuterung der Funktion ist die Wahrheitstabelle angegeben:

Wahrheitstabelle des negierenden Exklusiv-ODER-Gliedes

Zustand	E1	E2	A
1	0	0	1
2	1	0	0
3	0	1	0
4	1	1	1

Zustand 1 stellt den Ruhezustand dar. Wenn ein Nulldurchgang in den vorgeschriebenen Bereich fällt, also G10 passiert, gilt Zustand 4 . Fällt er nicht in den Bereich B_{NDA} , gilt Zustand 3 . Die Stufe gibt also nur dann einen Ausgangsimpuls ab, wenn ein NDA nicht im Bereich B_{NDA} liegt.

4.2.2.9. Arbeitsweise der Diskriminatorstufe

Die Diskriminatorstufe hat die Aufgabe, bei Signalspitzenwerten < 20 mV die Auswertung zu verhindern. Ohne diese Maßnahme würde das Leitungsrauschen die Meßergebnisse verfälschen. Die Komparatoren K1 und K2 vergleichen die in S1 und S2 gespeicherten Spitzenwerte des Signals mit einer Referenzspannung. Wenn keiner der beiden Werte > 20 mV ist, wird über G1 , It1 und den nicht invertierenden Verstärker V4 die Auswertung in der Auswertungssteuerstufe verhindert. Integrierer It1 verhindert die Sperrung der Auswertungssteuerstufe in folgendem Fall: Einer der Speicher, z.B. S1 , hält einen SW > 20 mV . Bis zur nächsten Abfrage ist das Signal unter 20 mV gesunken, und in S2 steht ein Wert < 20 mV . $|D_{1,2}|$ überschreitet T_A ; S1 wird daher gelöscht und der Inhalt von S2 gehalten. Nach dem Löschimpuls ist keiner der Speicherwerte > 20 mV . Da aber das Absinken der Signalspannung auf Null angezeigt werden soll, muß die Sperrung in der Diskriminatorstufe solange verzögert werden, bis die Auswertung erfolgt ist. Erst wenn die

Signalspannung bis zur nächsten Abfrage $< 20 \text{ mV}$ geblieben ist, wird die Auswertung verhindert.

4.2.2.10. Arbeitsweise der Auswertungssteuerstufe

Die Auswertungssteuerstufe wertet den Sperrbefehl der Diskriminatorstufe aus. Ist der gemessene Spitzenwert (SW) $< 20 \text{ mV}$, dann liegt an G16, G18 und G20 EINS-Potential und sperrt die Auswertung. Ist der SW $> 20 \text{ mV}$, sind G16, G18 und G20 vorbereitet, und jeder ND-Impuls gelangt über N7, G20 und G21 an Zähler Z1.

Z1 zeigt also die Anzahl der während der Messung vorkommenden Nulldurchgänge (ND) und damit die der Signalhalbwellen an.

Steht Schalter U2 in Stellung 1 (SW-Vergleich), gibt jeder ND-Impuls außerdem einen Zählimpuls an die beiden nachfolgenden Auswertestufen. Jeder im vorgegebenen Abstand eintreffende ND-Impuls passiert G18 und schaltet über G19 Zähler Z2.

Z2 zeigt also die Anzahl der während einer Messung vorkommenden ND-Impulse, die einen vorgegebenen Abstand im Bereich B_{NDA} haben.

Steht Schalter U2 in Stellung 2 (ND-Analyse), gelangt jeder ND-Impuls mit vorgegebenem ND-Abstand an die Setzeingänge der Auswertestufen. Steht Schalter U1 in Stellung 1, wird bei jedem ND-Impuls, der nicht den vorgegebenen Abstand zum vorhergehenden hat, die Zeitauswertungsstufe über G16 und die Halbwellenauswertungsstufe über G17 zurückgesetzt. In Stellung 2 des Schalters U2 leitet jeder SW, der vom vorhergehenden um mehr als T_A abweicht, die Rücksetzung der Auswertestufen ein.

4.2.2.11. Arbeitsweise der Zeitauswertungsstufe

Mit der Zeitauswertungsstufe wird gemessen, wie oft ein Signal für eine bestimmte Zeit konstante Spitzenwerte (SW) bzw. konstante Nulldurchgangsabstände (NDA) hat.

Beim Amplitudenvergleich (U1 in Stellung 2 , U2 in Stellung 1) gelangt jeder ND-Impuls über U2 an den Setzeingang des synchronisierten Monoflops MFs1 (Beschreibung des MFs siehe 5.3.1.) MFs1 wird dadurch zurückgesetzt und sofort wieder gestartet. Jedesmal, wenn die Amplitudenvergleichsstufe $|D_{1,2}| > T_A$ feststellt, gelangt über U1 , G16 und D6 ein Impuls an den Rücksetzeingang von MFs1 . MFs1 bleibt in Ruhestellung, bis der nächste ND-Impuls eintrifft. Integrierer I2 wird durch MFs1 geladen (Beschreibung siehe 5.3.2.). Sind ausreichend lange konstante SW hintereinander vorhanden, erreicht I2 seine Schwellspannung, entlädt sich und gibt an Zähler Z7 einen Impuls ab. Bei jeder Rücksetzung von MFs1 durch die Amplitudenvergleichsstufe wird I2 entladen.

Bei der ND-Analyse (U1 in Stellung 1 , U2 in Stellung 2) gelangen die ND mit vorgeschriebenem Abstand über U2 an den Setzeingang, diejenigen mit einem NDA außerhalb B_{NDA} über U1 an den Rücksetzeingang des MFs1 .

Trifft innerhalb der Laufzeit von MFs1 kein neuer ND-Impuls ein, entlädt MFs1 mit seinem Rückfall I2 .

Bei Kombination der ND-Analyse und des SW-Vergleiches (U1 und U2 in Stellung 2) gelangen nur ND-Impulse mit vorgeschriebenem Abstand an den Setzeingang von MFs1 . Wenn diese ausbleiben, wird I2 durch das Zurückfallen von MFs1 entladen; ist $|D_{1,2}| > T_A$, wird I2 durch das Zurücksetzen von MFs1 entladen. Zähler Z7 zählt also je nach Schalterstellung von U1 und U2 die Anzahl der Ereignisse, die dadurch gekennzeichnet sind, daß für eine vorgegebene Zeit

- a. die SW um weniger als T_A voneinander abweichen,
- b. die NDA im Bereich B_{NDA} liegen,
- c. die SW um weniger als T_A voneinander abweichen und die NDA im Bereich B_{NDA} liegen.

4.2.2.12. Arbeitsweise der Halbwellenauswertungsstufe

Bei der ND-Analyse hat die Halbwellenauswertungsstufe die Aufgabe, zu messen, wie oft eine vorgegebene Anzahl von ND mit vorgeschriebenem Abstand hintereinander vorkommen.

Beim SW-Vergleich hat sie die Aufgabe, zu messen, wie oft eine vorgegebene Anzahl von ND erreicht wird, ohne daß die SW um mehr als T_A voneinander abweichen.

Bei der Kombination beider Verfahren hat sie die Aufgabe, zu messen, wie oft eine vorgegebene Anzahl von ND mit konstantem Abstand untereinander vorkommt, ohne daß die SW um mehr als T_A voneinander abweichen.

Jeder über U2 kommende Impuls schaltet die Binärzähler BZ1...4 um einen Schritt weiter. Die Stellung der Zähler ist aus der Wahrheitstabelle zu ersehen.

Wahrheitstabelle der Zähler BZ1...4

Stellung des Zählers	Ausgang					
	1	2	3	4	5	6
0	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1	1
3	0	0	1	1	1	1
4	1	1	0	1	1	1
5	0	1	0	1	1	1
6	1	0	0	1	1	1
:	:	:	:	:	:	:

Die Stellung der Schalter $S_{1,i} \dots S_{6,i}$ $i = 1 \dots 4$ hängt von der Anzahl der ND-Impulse ab, die eintreffen müssen, bevor die Zähler $Z_{1,i} \dots Z_{6,i}$ um einen Schritt weitergeschaltet werden. Ihre Stellung ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen:

Stellung der Schalter S1,i...S6,i

Anzahl der für eine Messung vor- gegebenen ND-Impulse	Stellung der Schalter (1 geschlossen, 0 offen)					
	1	2	3	4	5	6
1	1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0
3	1	1	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0
5	1	0	1	0	0	0
6	0	1	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0
8	0	0	0	1	0	0
:	:	:	:	:	:	:

Erreicht einer der Binärzähler (z.B. BZ1) die durch S1,1...S6,1 eingestellte Zahl, liegen alle Eingänge von G22 auf NULL, und der Ausgang geht auf EINS. Über den nicht invertierenden Verstärker V6 wird Zähler Z3 geschaltet und, um die Integrationszeit von It2 verzögert, BZ1 zurückgesetzt.

Die Zähler BZ1...BZ4 und Z3,i...Z6,i werden parallel mit unterschiedlicher Stellung der Schalter S1,i...S6,i betrieben. Auf diese Weise können gleichzeitig verschiedene Anzahlen von Halbwellen vorgegeben werden, über die die SW bzw. die NDA bzw. SW und NDA konstant sein müssen, damit die Zähler Z3...Z6 ein Ereignis registrieren.

Kommt über U1 die Meldung, daß ein ND-Impuls außerhalb des vorgeschriebenen Abstands liegt oder ein SW um mehr als T_A vom vorherigen abweicht, werden alle Zähler BZ1...BZ4 zurückgesetzt, ohne daß einer der Zähler Z3...Z6 einen Impuls erhält. Für diese Betriebsart ist Voraussetzung, daß Schalter U3 in Stellung 1 steht. In Stellung 2 von U3 schalten die Rücksetzimpulse den Binärzähler BZ5, der je nach Stellung der Schalter S1,5...S6,5 nur jeden 2. bis 63. Rücksetzimpuls an BZ1...BZ4 weitergibt. Mit U3 in Stellung 2 kann die in 4.1. (6) gestellte Frage beantwortet werden.

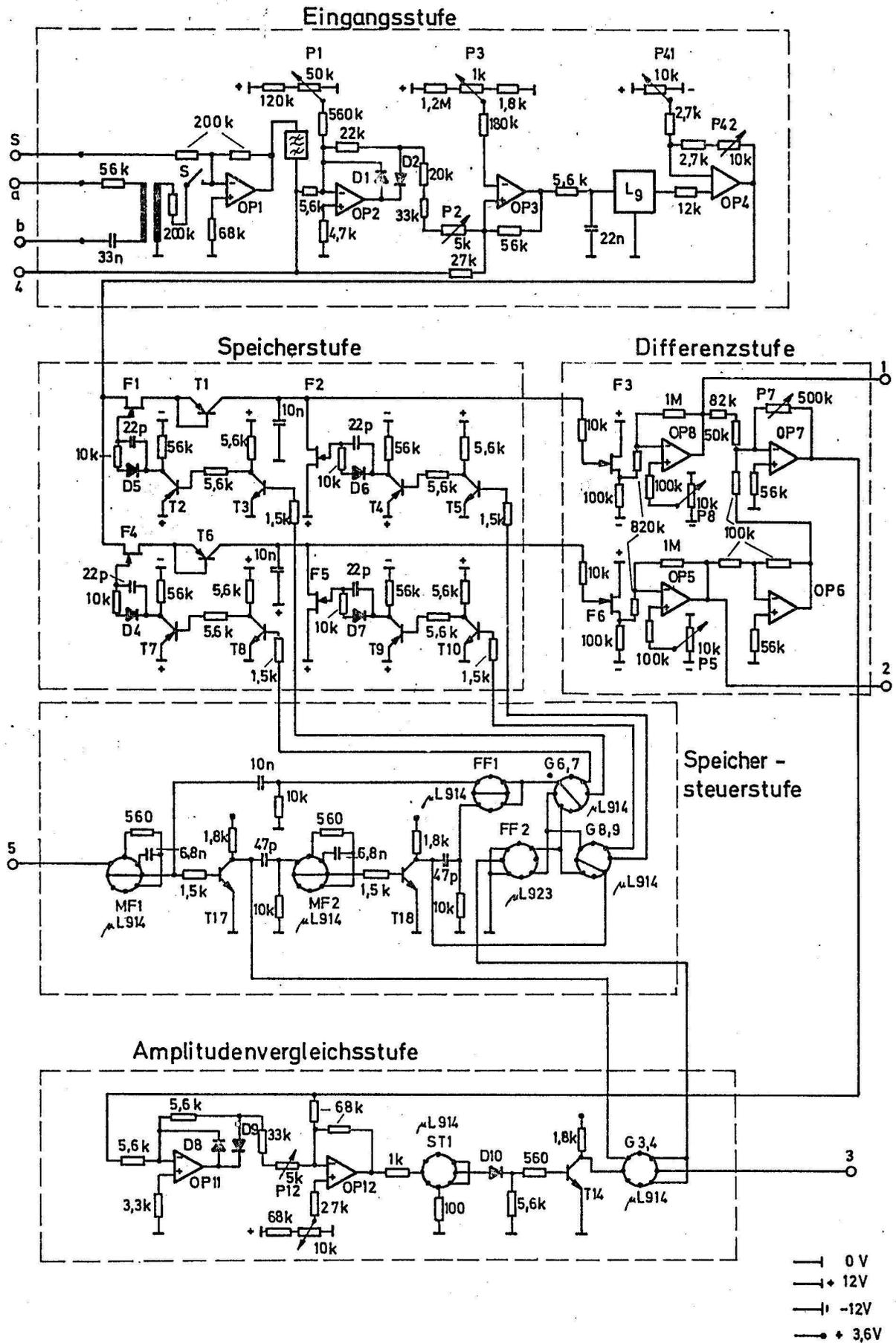


Bild 9: Schaltungsaufbau der Meßschaltung. Teil 1

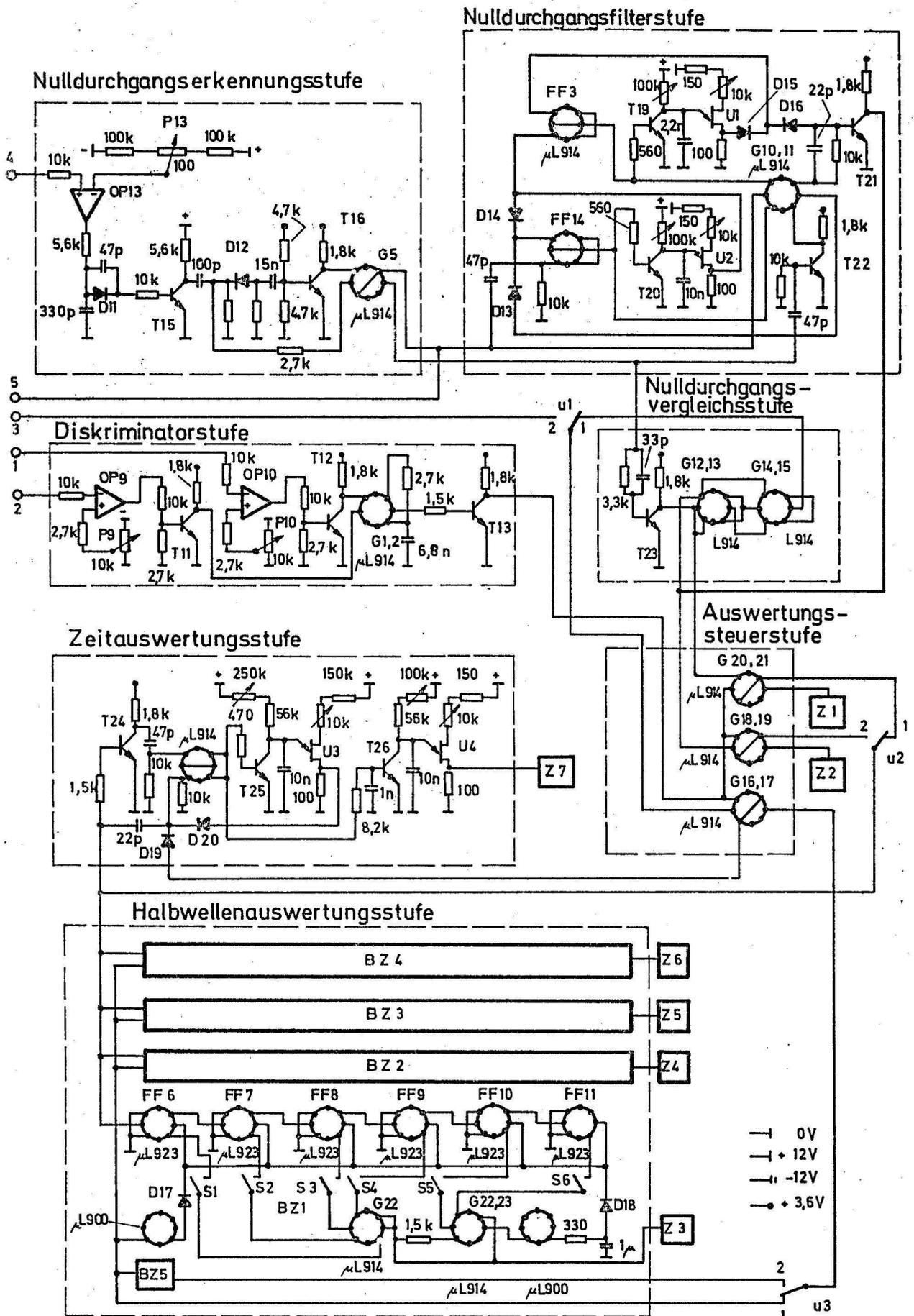


Bild 10: Schaltungsaufbau der Meßschaltung. Teil 2

4.2.3. Erläuterungen zum Aufbau der Meßschaltung

Der Schaltungsaufbau der in 4.2.2. beschriebenen Einrichtung ist aus den Bildern 9 und 10 zu ersehen. Es sei darauf hingewiesen, daß die Schaltung nur zur Verwendung in einer einmal durchzuführenden Meßreihe entwickelt wurde, und daher auf optimale Auslegung kein Wert gelegt worden ist.

4.3. Durchführung der Messung

4.3.1. Aufnahme der zu untersuchenden Signale

Zweck der Untersuchung ist es, festzustellen, ob durch Messung der Nulldurchgangsabstände und der Spitzenwerte eine Unterscheidung zwischen Hörönen und Sprache möglich ist. Zusätzlich ist zu klären, ob eine Erkennung der Hörönen auch möglich ist, wenn diese von Sprachsignalen überlagert sind.

Um zu gewährleisten, daß die Ergebnisse nicht nur für einen Sprecher und für einzelne Wörter gelten, wurden 19 Sprecher, 10 weibliche und 9 männliche, in die Untersuchung einbezogen. Sie sprachen jeder einen eigenen Text nach schriftlicher Vorlage, und von jedem Sprecher wurde ein Sprechabschnitt von 30 s Dauer über eine Fernsprechleitung auf ein Tonband aufgenommen. Bei zweien der Sprechabschnitte handelt es sich um Aufzeichnungen, die vom Teilnehmer nach Wahl einer Sondernummer empfangen werden.

Die Aufnahmen wurden mit einem Tonbandgerät Typ Revox G36 mit 19 cm/s Bandgeschwindigkeit gemacht. In Tabelle 1 sind sie zusammengestellt.

Für die Untersuchung der Hörönerkennung wurde der Besetztton verwendet. Da dieser (nach Wahl der eigenen Teilnehmernummer) beliebig lange zur Verfügung steht, wurde er während der Messung direkt an den a/b-Eingang der Meßschaltung gelegt.

Bei den Untersuchungen der Hörönerkennung mit überlagelter Sprache war das Tonbandgerät mit Eingang s und die Fernsprechleitung mit Eingang a/b verbunden. Schalter s in der

Tabelle 1: Verzeichnis der Sprechabschnitte

Sprechabschnitt	Sprecher	Verbindung	Bemerkung
	m = männlich	N = Nebenstelle	
	w = weiblich	O = Ortsnetz	
1	m	O	Sprache klirrt
2	w	O	Sprache klirrt
3	w	O	Starkes Leitungs- rauschen, Störungen
4	w	O	
5	w	O	
6	m	N	
7	w	N	
8	m	N	
9	w	N	
10	w	O	
11	m	O	Gleiche Verbindung wie 3
12	w	O	Starke Störungen
13	m	N	
14	w	O	Kinoansage von Band
15	w	O	Kinoansage von Band
16	m	O	
17	m	O	
18	m	O	
19	m	N	

Bei allen Sprechabschnitten handelt es sich um abgelesene Texte.

Eingangsstufe, der die Hörtonerkennung unterbricht, wurde bei Beginn eines Sprechabschnitts geschlossen.

Während der Messung stellte sich heraus, daß die Erkennung der Höröne sehr stark von ihrer zeitlichen Zuordnung zu den Sprechabschnitten abhängt. In besonders günstigen Fällen beeinflusst die Sprache die Erkennung überhaupt nicht, da die Höröne in die Sprechpausen fallen. Wenn sich ein ungewöhnlich günstiges Ergebnis bei einer Messung zeigte, wurde sie mit einer geänderten zeitlichen Zuordnung wiederholt.

4.3.2. Definition und Festlegung der Meßparameter

4.3.2.1. Definition der Meßparameter

Als Meßparameter wurden folgende Größen verwendet:

1. Bandbreite der Eingangsstufe: $B = (f_o - f_u)$ [Hz]

Mit dem in die Eingangsstufe eingefügten Bandpassfilter wird der Einfluß der Bandbegrenzung des Signals auf die Wirksamkeit des Meßverfahrens untersucht (siehe 4.1., (5) und 4,2.2.1.).

2. Toleranz des Spitzenwertvergleichs: $T_A = \frac{SW1 + SW2}{SW1} \cdot 100 \%$

T_A ist der Bereich, innerhalb dessen die Spitzenwerte der Halbwellen des Signals noch als gleich angesehen werden. Die Einstellung von T_A wird vor Beginn jeder Messung mit einer regelbaren Vergleichsspannung vorgenommen.

3. Bereich der Nulldurchgangsabstände: B_{NDA} [ms]

Die Nulldurchgänge müssen Abstände im Bereich B_{NDA} haben, damit sie als zu einem frequenzkonstanten Signal gehörig betrachtet werden.

4. Anzahl der Halbwellen mit konstantem Spitzenwert: N_A

N_A ist die Anzahl aufeinanderfolgender Halbwellen, nach deren Aufnahme ein amplitudenkonstantes Signal (Hörton) erkannt wird, wenn sich $(N_A - k_A)$ Spitzenwerte um weniger als T_A unterscheiden.

5. Anzahl der Halbwellen mit konstantem Nulldurchgangsabstand: N_{ND}

N_{ND} ist die Anzahl aufeinanderfolgender Halbwellen, nach deren Aufnahme ein frequenzkonstantes Signal (Hörton) erkannt wird, wenn $(N_{ND} - k_{ND})$ Nulldurchgangsabstände im Bereich B_{NDA} liegen.

6. Anzahl der Spitzenwerte außerhalb der Toleranz $T_A : k_A$.

k_A ist die Anzahl der Spitzenwerte eines Signals außerhalb der Toleranz T_A , die in einer Folge von N_A Halbwellen vorkommen dürfen, ohne daß die Erkennung eines amplitudenkonstanten Signals verhindert wird.

7. Anzahl der Nulldurchgangsabstände außerhalb des Bereichs

$B_{NDA} : k_{ND}$.

k_{ND} ist die Anzahl der Nulldurchgangsabstände außerhalb des Bereichs B_{NDA} , die in einer Folge von N_{ND} Halbwellen vorkommen dürfen, ohne daß die Erkennung eines frequenzkonstanten Signals verhindert wird.

8. Spannungsverhältnis $P = \frac{H_{\text{mittel, Sprache}}}{H_{\text{Hörton}}}$

P ist der Mittelwert der Hüllkurve der Sprachsignale, geteilt durch den (konstanten) Wert der Hörtonhüllkurve!

4.3.2.2. Festlegung der Meßparameter

Die verwendeten Parameterwerte sind in Tabelle 2 angegeben.

Zur Festlegung der Parameter ist folgendes zu sagen:

Als niedrigste Frequenz für B wurde 50 Hz gewählt, da bei Unterschreitung dieses Wertes die auf der Leitung vorhandene Brummspannung eine Erkennung der Hörtöne durch ND-Analyse unmöglich macht.

Zur Auswahl der T_A -Werte ist zu bemerken, daß eine Toleranz $< 5 \%$ die Erkennung von Hörtönen geringer Amplitude verhindert, da die überlagerte Rauschspannung die Spitzenwerte zu stark schwanken läßt.

Tabelle 2 : Zusammenstellung der in der Messung
verwendeten Parameter

1. B	Hz	:	1. 50 - 10 k
			2. 50 - 3,4 k
			3. 50 - 1 k
			4. 300 - 3,4 k
			5. 300 - 700
2. T _A	%	:	1. 5
			2. 10
			3. 20
			4. 40
3. B _{NDA}	ms	:	1. 1,667 - 3,333
			2. 0,933 - 1,667
			3. 0,500 - 0,933
			4. 0,250 - 0,500
			5. 0,125 - 0,250
			6. 0,063 - 0,125
			7. 1,111 - 1,429
			8. 1,149 - 1,299
			9. 1,190 - 1,250
			10. 1,020 - 1,064
			11. 0,892 - 0,925
4. N _A		:	263
5. N _{ND}		:	263
6. k _A		:	1. 0
			2. 1
			3. 3
7. k _{ND}		:	1. 0
			2. 1
			3. 3
8. P		:	1. 2
			2. 1

B_{NDA} wurde wie angegeben gewählt, damit einmal der eigentliche Hörtonbereich untersucht werden konnte (2. und 7. ...11.); die anderen Werte wurden verwendet, um festzustellen, in welchen Bereichen die Nulldurchgänge der Sprachsignale hauptsächlich liegen.

Die Werte für N_A und N_{ND} wurden zwischen 2 und 63 während der Messung danach festgelegt, wie schnell sich die Häufigkeit der Meldung "Hörtonerkennung" mit der Änderung von N_A und N_{ND} änderte (Meldung "Hörtonerkennung" $\hat{=}$ "amplitudenkonstantes Signal" (4.3.2.1, 4.) bzw. "frequenzkonstantes Signal" (4.3.2.1,5))

k_A und k_{ND} waren bei den meisten Messungen 0, d.h. es wurde keine Abweichung von der Toleranz zugelassen. Der Wert 3 wurde in keinem Fall überschritten, da bei $k_A > 3$ die Zuverlässigkeit des Verfahrens stark zurückgeht.

Das Spannungsverhältnis ist bei den Messungen sehr ungünstig gewählt; im allgemeinen sind Sprachsignale, die während der Rufanhörzeit auf die Leitung gelangen, in der Amplitude höchstens gleich den Hörtonen.

4.3.3. Meßablauf

Vor Beginn einer Meßreihe, bestehend aus 19 Sprechabschnitten, wird die Zuverlässigkeit der Anordnung dadurch überprüft, daß vom Tonbandgerät aus eine Sinusspannung an Eingang s der Meßschaltung gelegt wird.

Meßsignal: $f = 400 \text{ Hz}$, $U = 200 \text{ mV}$, Sendedauer 30 s

Parametereinstellung:

a. Spitzenwertvergleich: $T_A = 5 \%$, $B = 50 \text{ Hz} - 10 \text{ kHz}$

b. Nulldurchgangsanalyse: $B_{NDA} = 1,190 - 1,250 \text{ ms}$,
 $B = 50 \text{ Hz} - 10 \text{ kHz}$

c. Kombiniertes Verfahren: $T_A = 5 \%$, $B_{NDA} = 1,111 - 1,429 \text{ ms}$,
 $B = 50 \text{ Hz} - 10 \text{ kHz}$

Für jedes Verfahren wird die Anzahl N der Halbwellen gezählt, deren Spitzenwerte (SW) bzw. Nulldurchgangsabstände (NDA) nicht die vorgegebene Toleranz T_A bzw. den vorgegebenen Bereich B_{NDA} einhalten. Ist $N > 3$, wird die Anordnung auf Fehler hin untersucht.

Darüber hinaus finden folgende Kontrollen statt:

1. Für jeden Meßabschnitt (30 s) wird die Anzahl der Nulldurchgänge (ND) gezählt. Sie muß für alle Parameterwerte gleich sein.
2. Beim ND-Verfahren und beim kombinierten Verfahren wird für jeden Meßabschnitt die Anzahl der ND gezählt, die im Bereich B_{NDA} liegen. Sie muß für ein bestimmtes B_{NDA} bei allen Werten der übrigen Parameter gleich sein.
3. An jedem Tag während des Meßzeitraums von 3 Wochen wird je eine Meßreihe des ND-Verfahrens und des SW-Vergleichs wiederholt und die Übereinstimmung der gewonnenen Ergebnisse geprüft.

Zu Beginn eines Meßzeitraums werden die Parameterwerte eingestellt und alle Zähler auf Null gesetzt. Danach werden die zu untersuchenden Signale an die Eingangstufe geschaltet. Mit den Zählern Z3...Z6 können in einem Durchlauf gleichzeitig 4 Messungen mit 4 verschiedenen Parameterwerten N_A bzw. N_{ND} gemacht werden. Nach jedem Meßabschnitt (30 s) erfolgt die Ablesung und Rücksetzung der Zähler.

4.3.4. Umfang der Messung

Da sich schon bei den Vorversuchen herausstellte, daß Messungen mit der Zeitauswertungsstufe (siehe 4.2.2.11) die gleichen Ergebnisse erbrachten wie Messungen mit der Halbwellenauswertungsstufe (siehe 4.2.2.12.), wurden nur die letzteren durchgeführt und ausgewertet.

Insgesamt umfaßte die Messung 94 Meßreihen, bestehend aus 19 Sprechabschnitten von 30 s Dauer bzw. 3 Meßabschnitten von

30 s Dauer bei Untersuchung der Hörtöne.

Die 58 Meßreihen zur Untersuchung der Sprache gliedern sich wie folgt:

Spitzenwertvergleich	:	14
Nulldurchgangsverfahren	:	19
Kombination beider Verfahren:		25

Bei 47 Meßreihen wurde keine Abweichung von der Toleranz zugelassen, d.h. k_A bzw. $k_{ND} = 0$

Die analoge Bandbreite $B = 50 \text{ Hz} - 10 \text{ kHz}$ wurde bei 36 Meßreihen verwendet.

Die 25 Meßreihen mit Sprache und überlagerten Hörtönen gliedern sich wie folgt:

Spitzenwertvergleich	:	5
Nulldurchgangsverfahren	:	9
Kombination beider Verfahren:		11

Bei 15 Meßreihen wurde keine Abweichung von der Toleranz zugelassen, d.h. k_A bzw. $k_{ND} = 0$.

In 22 Meßreihen war das Spannungsverhältnis Sprache/Hörton $P = 2$; in den restlichen 3 war $P = 1$.

Die 11 Meßreihen zur Untersuchung der Hörtöne allein gliedern sich wie folgt:

Spitzenwertvergleich	:	4
Nulldurchgangsverfahren	:	4
Kombination beider Verfahren:		3

Abweichungen von der Toleranz wurden überhaupt nicht zugelassen.

4.4. Meßergebnisse

4.4.1. Definition der für die Darstellung der Ergebnisse benötigten Größen

Für die Darstellung der in der Messung gewonnenen Ergebnisse

werden die folgenden Größen benötigt:

n : Menge der Halbwellen und damit der Nulldurchgänge (ND) während eines Meßabschnitts (gemessen von Zähler Z1)

n_{ND} : Teilmenge der ND während eines Meßabschnitts, die im Bereich B_{NDA} liegen (gemessen von Zähler Z2)

$h_{ND} = \frac{n_{ND}}{n}$: relative Häufigkeit, daß die während eines Meßabschnitts aufgenommenen ND im Bereich B_{NDA} liegen.

Spitzenwertverfahren:

E_{SW} : Ereignis, das dadurch definiert ist, daß von N_A aufeinanderfolgenden Halbwellen sich $(N_A - k_A)$ Spitzenwerte (SW) um weniger als T_A unterscheiden. E_{SW} kann in einem Meßabschnitt $H_{SW \max} = n/N_A$ mal auftreten.

H_{SW} : absolute Häufigkeit des Auftretens von E_{SW} in einem Meßabschnitt (gemessen durch Zähler Z3...Z6)

$h_{SW} = H_{SW}/H_{SW, \max}$: relative Häufigkeit des Auftretens von E_{SW} in einem Meßabschnitt

\bar{h}_{SW} : relative Häufigkeit des Auftretens von E_{SW} in einer Meßreihe (gemittelt über 19 Meßabschnitte bei Sprache bzw. über 3 Meßabschnitte bei Hörtonen)

Nulldurchgangsverfahren

E_{ND} : Ereignis, das dadurch definiert ist, daß bei N_{ND} aufeinanderfolgender Halbwellen $(N_{ND} - k_{ND})$ ND-Abstände (NDA) in den Bereich B_{NDA} fallen. E_{ND} kann in einem Meßabschnitt $H_{ND \max} = n/N_{ND}$ mal auftreten.

H_{ND} : absolute Häufigkeit des Auftretens von E_{ND} in einem Meßabschnitt (gemessen durch Zähler Z3...Z6)

$h_{ND} = \frac{H_{ND}}{H_{ND \max}}$: relative Häufigkeit des Auftretens von E_{ND} in einem Meßabschnitt

\bar{h}_{ND} : relative Häufigkeit des Auftretens von E_{ND} in einer Meßreihe.

Kombiniertes Verfahren

$E_{SW,ND}$: Ereignis, das dadurch definiert ist, daß von den in einem Meßabschnitt auftretenden Halbwellen mit N_{DA} im Bereich B_{NDA} N_A aufeinanderfolgende Halbwellen vorkommen, von deren SW sich $(N_A - k_A)$ um weniger als T_A voneinander unterscheiden. $E_{SW,ND}$ kann in einem Meßabschnitt $H_{SW,ND \max} = n_{ND}/N_A$ mal auftreten.

$H_{SW,ND}$: absolute Häufigkeit des Auftretens von $E_{SW,ND}$ in einem Meßabschnitt (gemessen durch Zähler Z3...Z6)

$\bar{h}_{SW,ND}$ = relative Häufigkeit des Auftretens von $E_{ND,SW}$ in einer Meßreihe

4.4.2. Darstellung und Diskussion der Meßergebnisse

Die Ergebnisse der Messung sind in Tabelle 3 und in den Diagrammen 1 bis 14 dargestellt. Tabelle 3 zeigt die Verteilung der Nulldurchgänge (ND) von Sprachsignalen auf verschiedene Abstandsbereiche, die den Werten des Parameters B_{NDA} entsprechen.

Tabelle 3 : Verteilung der Nulldurchgangsabstände von Sprachsignalen auf verschiedene Bereiche, berechnet aus den Ergebnissen einer Meßreihe mit 19 Sprechern

B_{NDA} [ms]	Frequenzlage eines Sinus-signals mit N_{DA} im Bereich B_{NDA} [Hz]	Anteil der ND im Bereich B_{NDA} [%]	Anteil der ND im Bereich B_{NDA} , bezogen auf 100 Bereichsbreite /us [%]
1. 1,667-3,333	150 - 300	6,84	0,41
2. 0,933-1,667	300 - 600	22,22	3,04
3. 0,500-0,993	600 - 1k	11,10	2,56
4. 0,250-0,500	1k - 2k	29,90	11,95
5. 0,125-0,250	2k - 4k	23,10	18,50
6. 0,063-0,125	4k - 8k	6,84	10,80

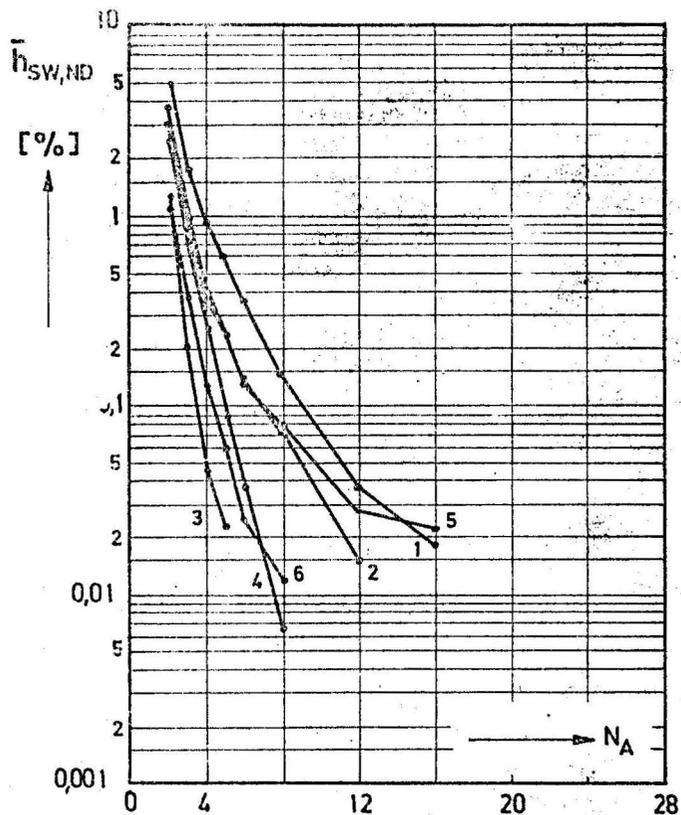


Diagramm 1: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und B_{NDA}
 Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern

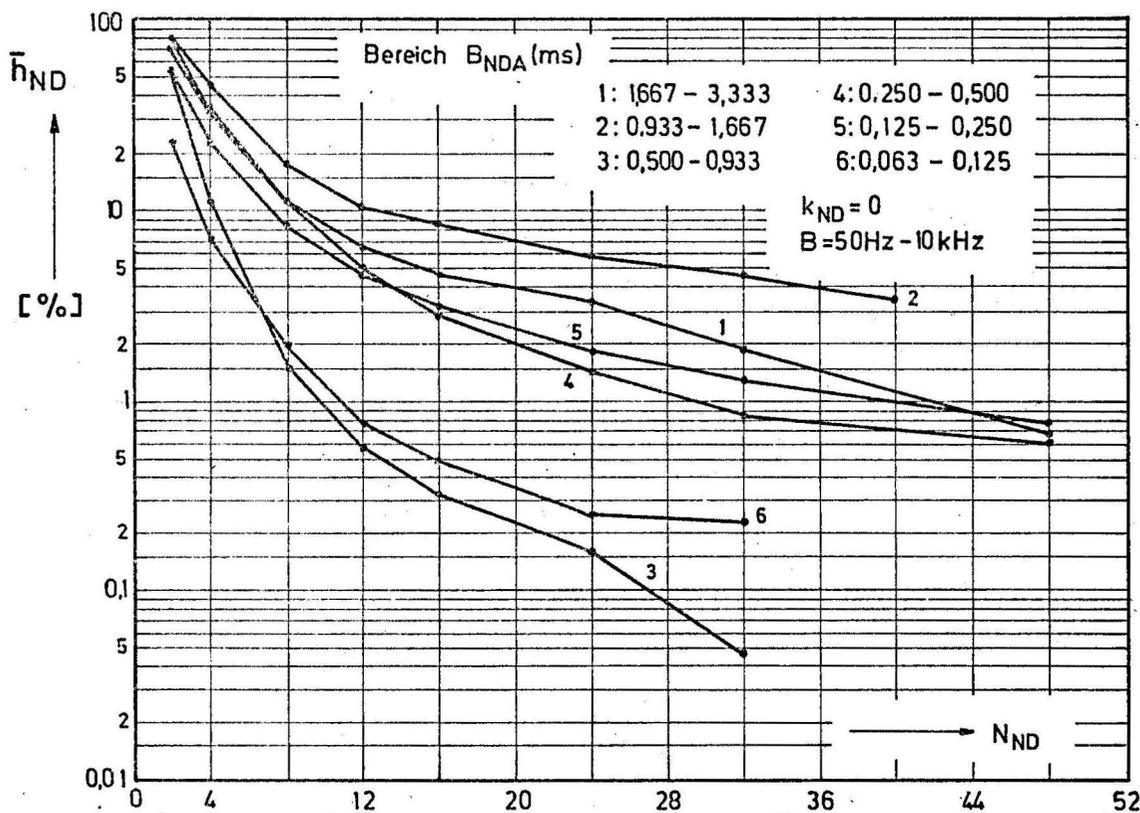


Diagramm 2: Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halbwellen mit N_{ND} konstanten Nulldurchgangsabständen, abhängig von N_{ND} und B_{NDA}
 Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern

Wie man aus Zeile 2 ersieht, liegen im Bereich der Hörtöne (300 - 600 Hz) 22,22 % aller Nulldurchgänge des Sprachsignals. Eine Unterscheidung zwischen Hörtönen und Sprache ließe sich also nach dem ND-Verfahren leichter durchführen, wenn der HT-Bereich nach oben (600 Hz - 1 kHz) verschoben würde. Aus Zeile 4 und 5 geht hervor, daß der größte Teil der ND des Sprachsignals im Bereich 0,125 - 0,5 ms (\cong 1kHz - 4kHz bei einem Sinussignal) liegt.

Die hier untersuchten Meßverfahren gehen davon aus, daß ein Hörton durch eine Folge von Halbwellen charakterisiert ist, deren Spitzenwerte (SW) sich um weniger als Toleranz T_A unterscheiden (SW-Verfahren), bzw. deren ND voneinander einen der Hörtonfrequenz entsprechenden Abstand mit Toleranz B_{NDA} einhalten (ND-Verfahren). Voraussetzung für die Anwendbarkeit der SW- und der ND-Messung ist, daß Sprache keine derartigen Halbwellenfolgen hat.

Um die Wirksamkeit der untersuchten Meßverfahren zu zeigen, ist in den Diagrammen 1 bis 14 die Häufigkeit des Auftretens solcher Folgen für Hörton und Sprache und für verschiedene Parameterwerte (siehe 4.3.2.) dargestellt.

Diagramm 1 zeigt, wie häufig Folgen von Halbwellen mit konstanten SW bei Sprache vorkommen, wenn nur Halbwellen mit bestimmten NDA im Bereich B_{NDA} berücksichtigt werden. Die Häufigkeit ist in den Abstandsbereichen 1 (entsprechend dem Frequenzbereich 150 - 300 Hz eines Sinustons) und im Bereich 5 (2 kHz - 4 kHz) am größten. Bereich 2 (300 - 600 Hz), in dem die Hörtöne liegen, ist nur wenig günstiger. Am seltensten wurden konstante Halbwellenfolgen im Bereich 3 (600 Hz - 1 kHz) gemessen.

Diagramm 2 zeigt, wie häufig Folgen von Halbwellen mit konstanten NDA bei Sprache vorkommen. Wie man sieht, sind die Werte im Bereich 2 (300 - 600 Hz, Hörtöne) am höchsten, während ebenso wie beim SW-Verfahren Bereich 3 am günstigsten ist. Insgesamt liegen die Kurven sehr hoch, d.h. für eine Unterscheidung von Sprache und Hörtönen muß der Bereich B_{NDA} schmaler gemacht werden.

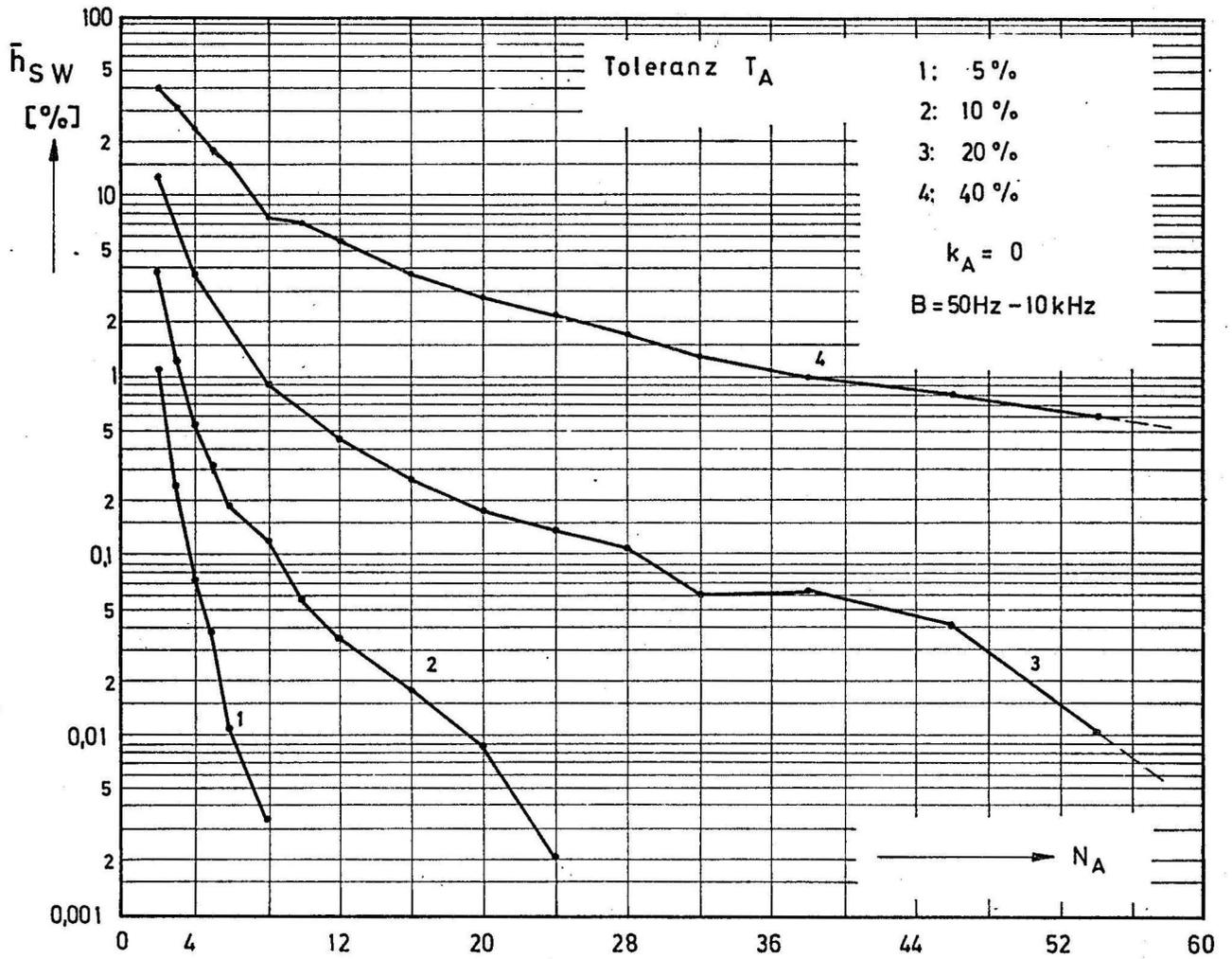


Diagramm 3: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und T_A
Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern

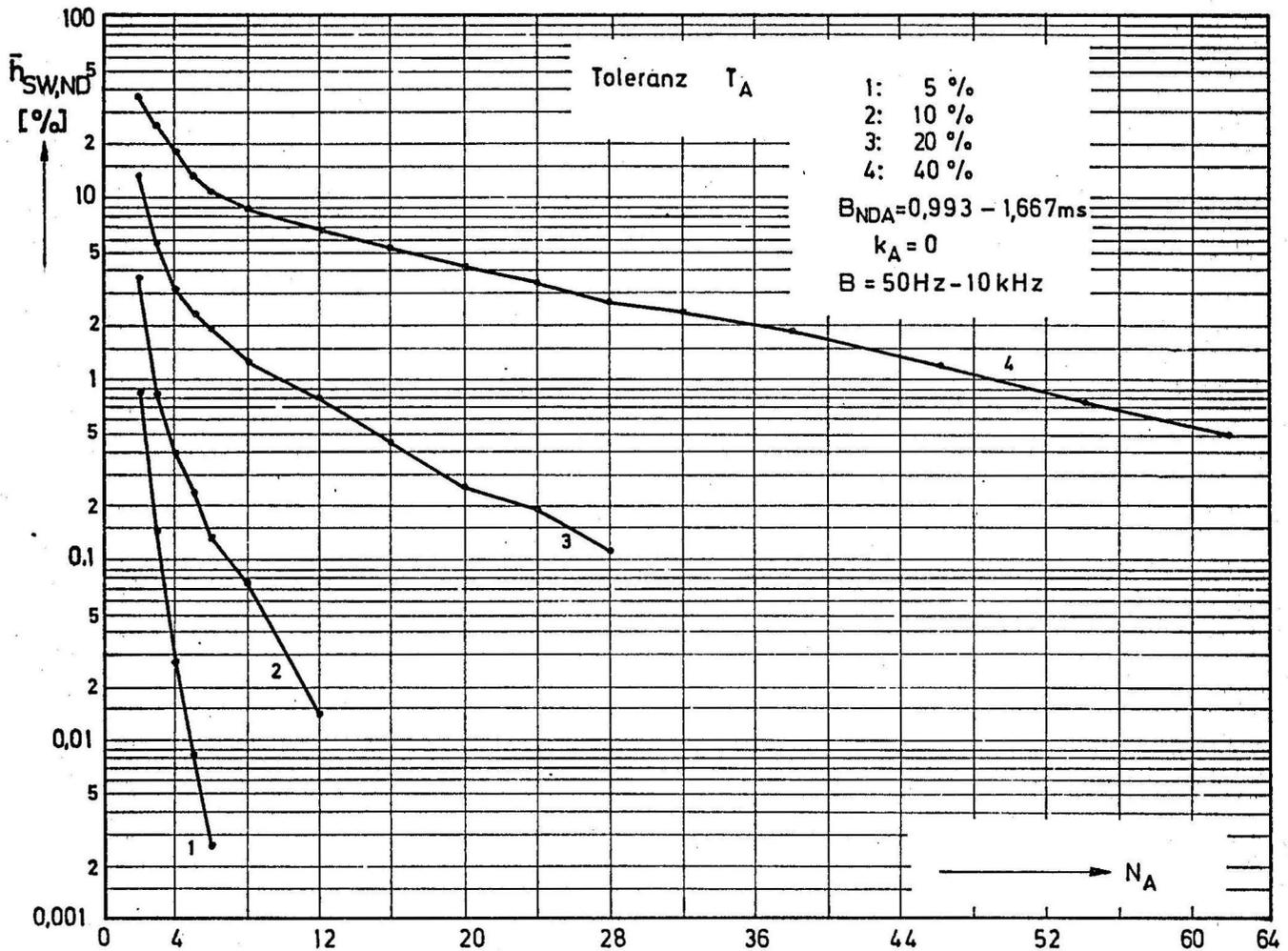


Diagramm 4: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und T_A
 Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern

In Diagramm 3 sind die Häufigkeiten von Halbwellenfolgen mit konstanten SW bei Sprache für verschiedene Toleranzen T_A dargestellt. Die Kurven liegen umso niedriger, je enger die Toleranz ist. Will man eine Häufigkeit von 0,01 % zulassen, so benötigt man bei $T_A = 5\%$ 6 Halbwellen, bei $T_A = 10\%$ 19 Halbwellen. Für die Bewertung der Sprachsignale ist also eine möglichst kleine Toleranz günstig. Die Grenze wird dadurch gesetzt, daß die SW eines Hörtons trotz Störungen mit hoher Wahrscheinlichkeit als konstant erkannt werden müssen.

Diagramm 4 zeigt die für Sprache geltenden Häufigkeiten von Halbwellenfolgen mit konstanten SW, wenn nur Halbwellen mit NDA im Bereich der Höröne ($0,933 - 1,667$ ms $\hat{=}$ 300 - 600 Hz) berücksichtigt werden. Die Abhängigkeit von der Toleranz T_A ist die gleiche wie in Diagramm 3. Ein Vergleich der beiden Diagramme zeigt, daß eine Beschränkung auf die Auswertung von Halbwellen mit NDA im Hörtonbereich umso günstiger ist, je enger die Toleranz T_A gewählt wird. Dabei muß berücksichtigt werden, daß sich die Häufigkeiten in Diagramm 3 auf alle vorkommenden Halbwellen, die in Diagramm 4 nur auf die mit NDA im Bereich 0,933 - 1,667 ms beziehen. Auf die Zeiteinheit bezogen ist also die Wahrscheinlichkeit, daß bei Sprache mehrere Halbwellen mit konstanten SW gemessen werden, bei Beschränkung auf den NDA-Bereich der Höröne noch erheblich geringer, da nach Tabelle 3 überhaupt nur 22 % aller Halbwellen bewertet werden.

Diagramm 5 zeigt die Häufigkeit der Halbwellenfolgen mit konstanten SW für Höröne. Obwohl die Darstellung im logarithmischen Maßstab ungünstig ist, wurde sie gewählt, um den Vergleich mit den entsprechenden Kurven für Sprache zu erleichtern. Damit die Kurven untereinander verglichen werden können, ist außer der relativen Häufigkeit \bar{h} auch $h' = 1 - \bar{h}$ dargestellt.

Bei der Betrachtung der Kurven in Diagramm 5 fällt auf, daß sie von $N_A = 40$ nach $N_A = 48$ wieder ansteigen. Das ist durch die kurze Sendedauer (150 ms) des gemessenen Besetzttons bedingt. Die in 4.4.1. definierte größtmögliche absolute

Häufigkeit $H_{SW \max} = n/N_A$ gilt exakt nur für $G = \frac{n}{N}$; G ganze Zahl, N Anzahl der Halbwellen in der Sendezeit eines Hörtons. Ist G keine ganze Zahl, gilt $H_{SW \max} \approx n/N_A$ nur, wenn $n \gg N$, was bei einem 30 s-Sprechabschnitt der Fall ist. Während der Sendezeit eines Besetzttons kann das Ereignis E_{SW} G -mal auftreten; $G \leq N/N_A$, ganze Zahl. Ist $H_{SW \max} = n/N_A$ keine ganze Zahl, so wird sie zu groß angegeben. Damit ist auch $H_{SW \max} = k \cdot H_{SW \max}^*$ (k Anzahl der Besetztöne im Meßbereich) zu groß und die relative Häufigkeit $h_{SW} = H_{SW} / H_{SW \max}$ zu klein errechnet. Für die Messung wäre ein Dauerton geeigneter gewesen, stand aber am Meßort nicht zur Verfügung.

Wie man aus Kurve 1' ($h' = 1 - \bar{h}$) sieht, ist für kleine N_A die Toleranz $T_A = 5\%$ deutlich ungünstiger als die größeren Toleranzen: Für $N_A = 12$ ist die Häufigkeit eine Folge konstanter SW bei $T_A = 5\%$ 87%, bei $T_A = 10 \dots 40\%$ 95 - 96%. Die den Hörönen überlagerten Störimpulse (Knackstörungen) sind also offenbar so groß, daß für das SW-Verfahren die Grenze von $T_A = 10\%$ nicht unterschritten werden sollte. Vergleicht man die Kurven 2 ($T_A = 10\%$) in den Diagrammen 3 und 5 miteinander, so liest man für $N_A = 20$ bei Sprache die Häufigkeit 0,009% und bei Hörton 86% ab. Das Verfahren bietet also eine gute Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Sprache und Hörönen.

Diagramm 6 zeigt für Hörönen die Häufigkeit der Halbwellenfolgen mit konstanten SW, wenn nur Halbwellen mit NDA im Bereich $B_{NDA} = 0,933 - 1,667$ ms bewertet werden. Da schon Diagramm 5 zeigte, daß eine Toleranz $T_A = 5\%$ für eine sichere Erkennung der Hörönen zu eng ist, wurden nur die Häufigkeiten mit $T_A = 10 \dots 40\%$ gemessen. Der Vergleich zwischen Diagramm 5 und 6 zeigt praktisch keine Unterschiede, d.h. die Wahrscheinlichkeit, daß bei Hörönen NDA außerhalb des Bereichs $0,933 - 1,667$ ms $\approx 300 - 600$ Hz vorkommen, ist sehr gering. Der Vergleich der Kurven 2 ($T_A = 10\%$) in Diagramm 4 und 6 ergibt für $N_A = 13$ bei Sprache die Häufigkeit 0,01% und bei Hörönen 91%. Die Beschränkung auf NDA im Bereich $0,933 - 1,667$ ms ergibt also bei gleicher Unterscheidungsfähigkeit eine kürzere notwendige Auswertzeit.

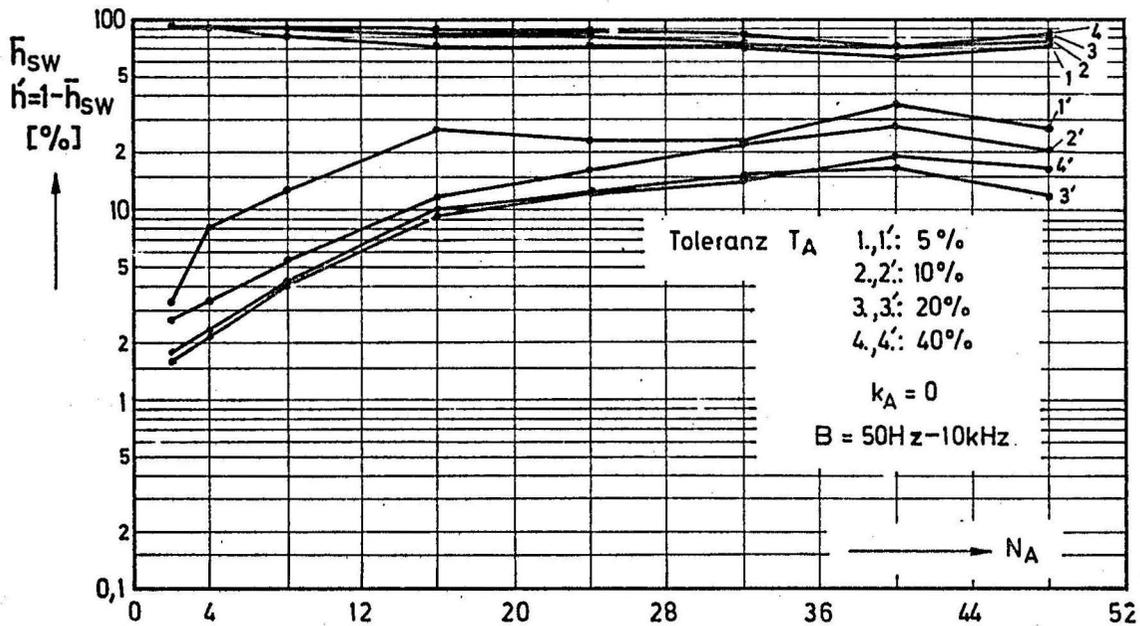


Diagramm 5: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und T_A
 Gemessenes Signal: Besetztton, Meßreihe mit 3 Meßabschnitten

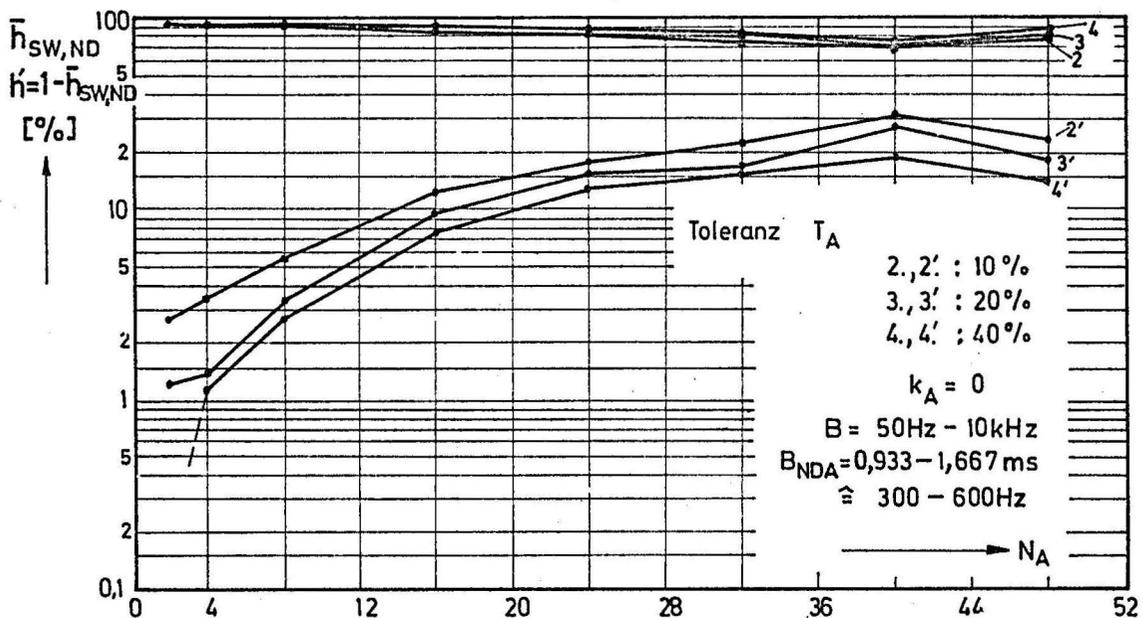


Diagramm 6: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und T_A
 Gemessenes Signal: Besetztton, Meßreihe mit 3 Meßabschnitten

Diagramm 7 zeigt, wie häufig bei Sprache Halbwellenfolgen mit konstanten NDA vorkommen. Die Häufigkeit nimmt mit Verringerung des Intervalls B_{NDA} , innerhalb dessen die Abstände liegen dürfen, stark ab. Bei sehr schmalen Intervallen wurden schon für $N_{ND} > 4$ (Kurve 4, $B_{NDA} = 1,190 - 1,250$ ms) bzw. für $N_{ND} > 2$ (Kurven 5 und 6, $B_{NDA} = 1,020 - 1,064$ ms und $0,892 - 0,925$ ms) während der gesamten Meßreihe keine Folgen mit konstantem Abstand mehr festgestellt.

Diagramm 8 zeigt für Höröne die Häufigkeit von Halbwellenfolgen mit konstanten NDA bei verschiedenen Bereichen B_{NDA} . Für $N_{ND} = 4$ erhält man im ungünstigsten Fall eine Häufigkeit von 98,5 %, für $N_{ND} = 16$ 94 %. Aus dem Vergleich der Diagramme 4 und 6 mit 7 und 8 ergibt sich die Überlegenheit des ND-Verfahrens sowohl in Bezug auf die Fähigkeit, Höröne zu erkennen als auch in Bezug auf die Sicherheit dagegen, Sprache als Hörön zu deuten. Der Grund für die Überlegenheit ist darin zu sehen, daß das ND-Verfahren weniger empfindlich gegen Störimpulse ist als das SW-Verfahren. Tritt auf der Fernsprechleitung ein Nadelimpuls mit einer Amplitude auf, die die des Nutzsymbols überschreitet, so stört er die Konstanz der SW in jedem Fall, während er die Konstanz der ND nur stört, wenn er innerhalb des Bereiches B_{NDA} auftritt und so breit ist, daß der ND aus dem Bereich geschoben wird.

In den Diagrammen 9 und 10 wird der Einfluß der analogen Bandbreite B auf die Wirksamkeit der beiden Verfahren untersucht. Diagramm 9 zeigt das Ergebnis der Untersuchung des SW-Verfahrens bei Beschränkung auf Halbwellenfolgen mit NDA von $0,933 - 1,667$ ms. Es ist leicht zu erkennen, daß jede analoge Bandbegrenzung nachteilig ist, daß sich aber die Beschneidung des oberen und unteren Frequenzbandes unterschiedlich auswirkt. Die Einschaltung eines Tiefpasses mit $f_0 = 3,4$ kHz hat wenig Einfluß (Kurve 2); die Begrenzung auf $f_0 = 1$ kHz (Kurve 3) und $f_u = 300$ Hz (Kurve 4) wirken sich etwa gleich nachteilig aus. Drückt man die obere Grenzfrequenz noch weiter bis 700 Hz herunter (Kurve 5), steigt die Wahrscheinlichkeit von Halbwellenfolgen mit konstanten SW um ein Mehrfaches.

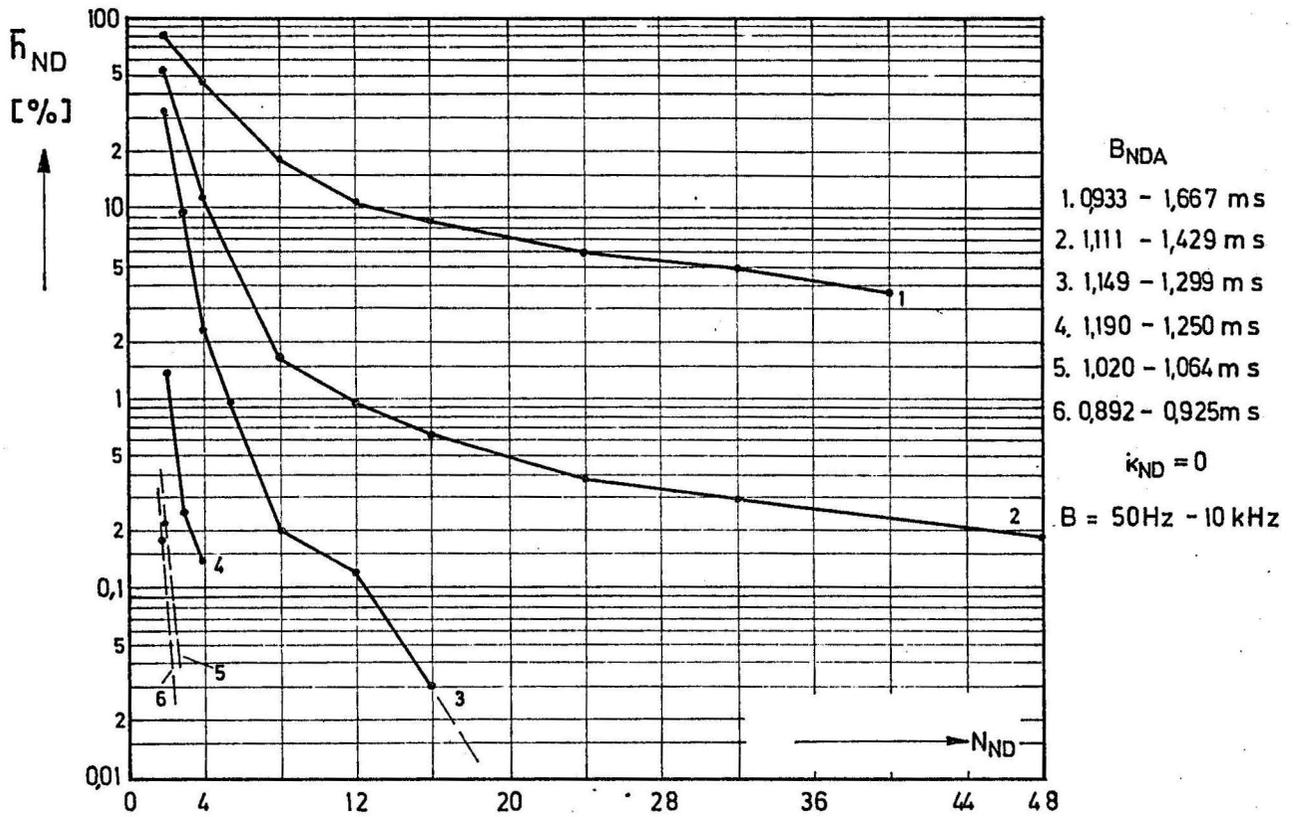


Diagramm 7: Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halbwellen mit N_{ND} konstanten Nulldurchgangsabständen, abhängig von N_{ND} und B_{NDA}
 Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern

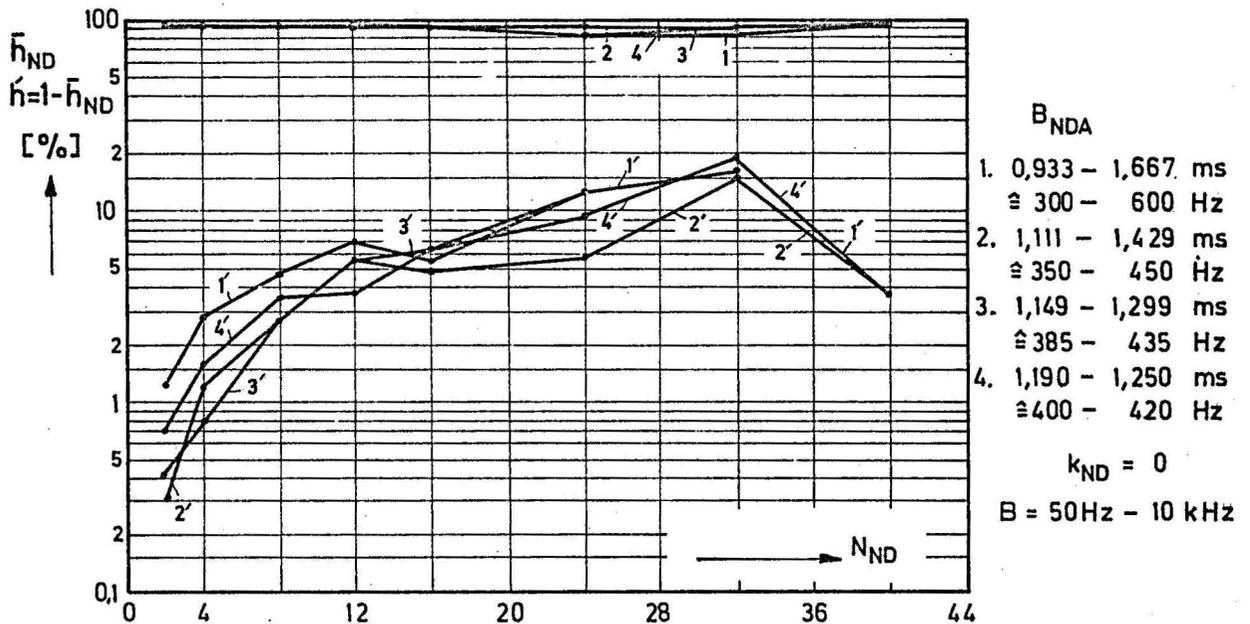
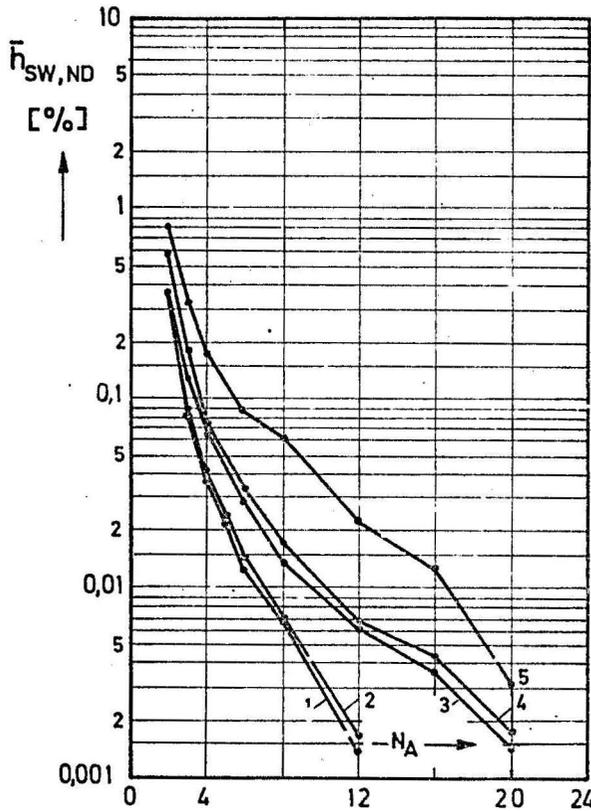


Diagramm 8: Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halbwellen mit N_{ND} konstanten Nulldurchgangsabständen, abhängig von N_{ND} und B_{NDA}
 Gemessenes Signal: Besetztton, Meßreihe mit 3 Meßabschnitten

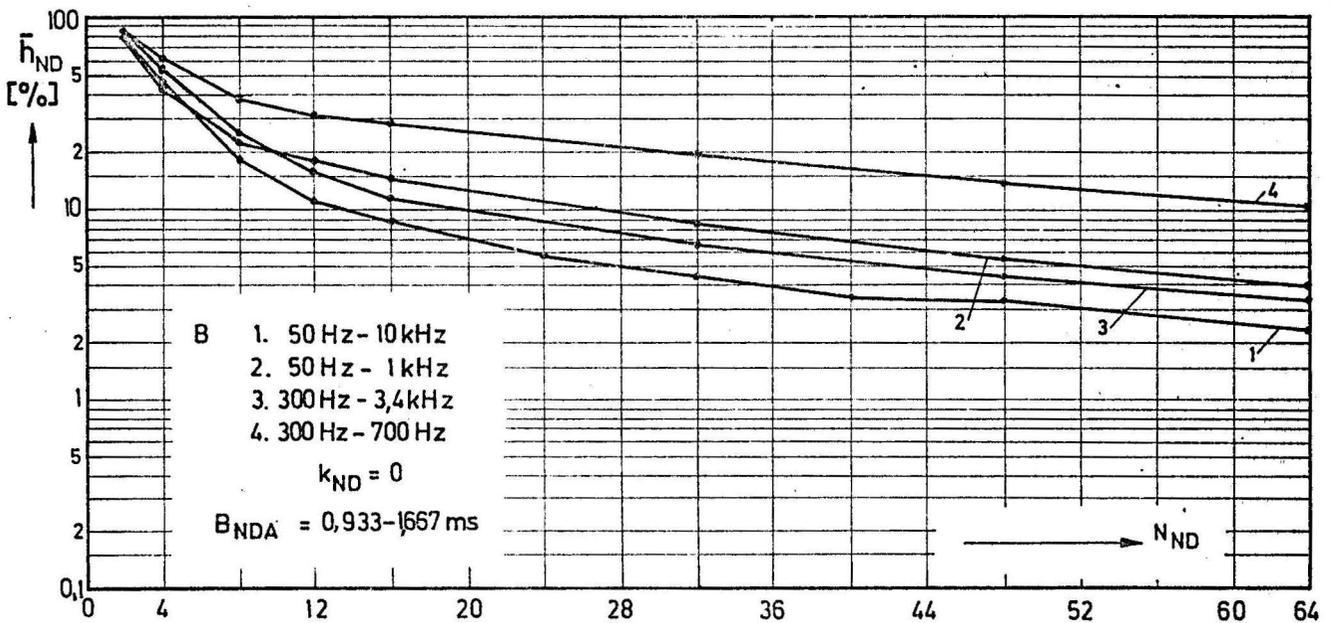


B

1. 50Hz - 10kHz
2. 50Hz - 3,4kHz
3. 50Hz - 1kHz
4. 300Hz - 3,4kHz
5. 300Hz - 700Hz

$k_A = 0$
 $B_{NDA} = 0,933 - 1,667 \text{ ms}$
 $T_A = 10 \%$

Diagramm 9: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und B
 Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern



B

1. 50 Hz - 10 kHz
2. 50 Hz - 1 kHz
3. 300 Hz - 3,4 kHz
4. 300 Hz - 700 Hz

$k_{ND} = 0$
 $B_{NDA} = 0,933 - 1,667 \text{ ms}$

Diagramm 10: Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halbwellen mit N_{ND} konstanten Nulldurchgangsabständen, abhängig von N_{ND} und B
 Gemessenes Signal: Sprache, Meßreihe mit 19 Sprechern

Diagramm 10 zeigt den Einfluß der analogen Bandbegrenzung auf das ND-Verfahren. Da der Bereich B_{NDA} mit $0,933 - 1,667$ ms sehr breit gewählt ist, liegen die absoluten Werte sehr ungünstig. Es kommt hier aber nur auf den Vergleich der Kurven untereinander an. Wie man sieht, wirkt sich die Beschneidung des oberen und unteren Frequenzbandes bei beiden Verfahren etwa gleich nachteilig aus.

In Diagramm 11 ist dargestellt, wie häufig Halbwellenfolgen mit konstanten SW gemessen werden, wenn Höröne von Sprache überlagert sind. Dabei werden nur Halbwellen ausgewertet, deren NDA im Bereich $0,933 - 1,667$ ms liegen. Das mittlere Spannungsverhältnis P der beiden Signale ist ungünstiger gewählt, als es in der Praxis im allgemeinen auftritt. Außerdem wird gezeigt, welchen Einfluß es hat, wenn man als Bedingung der Konstanz nicht fordert, daß in einer Folge von N_A Halbwellen N_A SW gleich sein müssen, sondern nur $N_A - k_A$.

In Diagramm 11a ist die Toleranz $T_A = 5\%$. Der Vergleich von Kurve 4 (Sprache, $k_A = 0$) mit Kurve 1 (Hörton, von Sprache überlagert, $k_A = 0$) ergibt, daß für $N_A = 6$ die Häufigkeit der Halbwellenfolgen $0,0025\%$ bei Sprache und 3% bei Hörton mit Sprache beträgt.

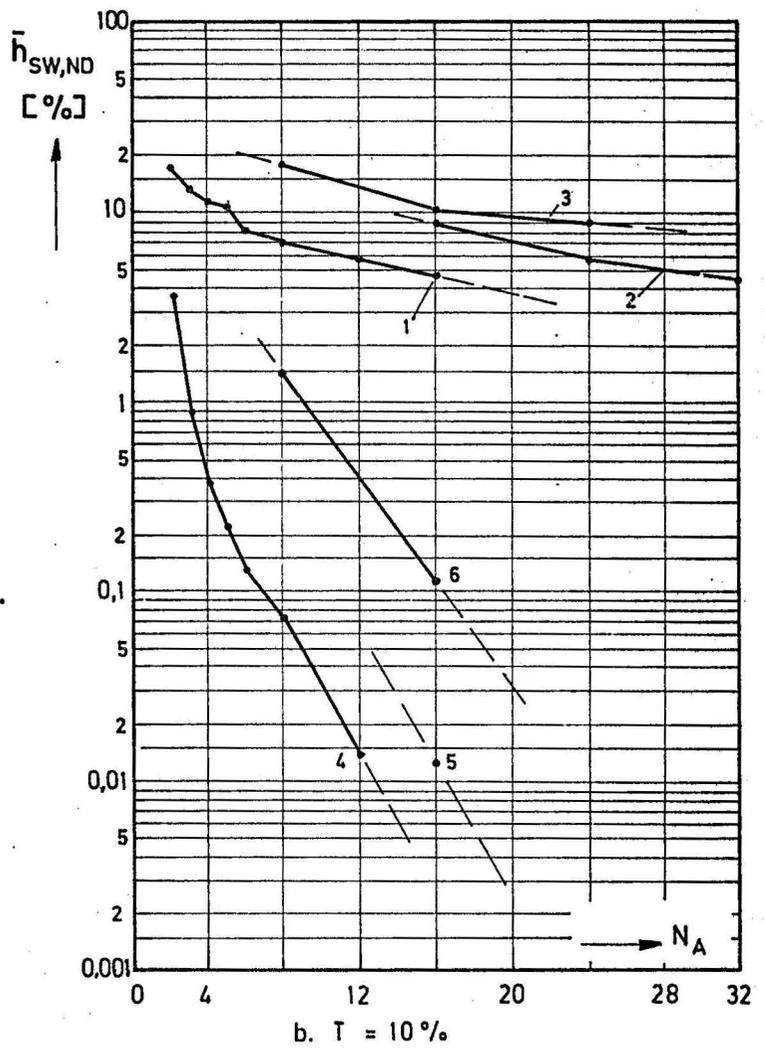
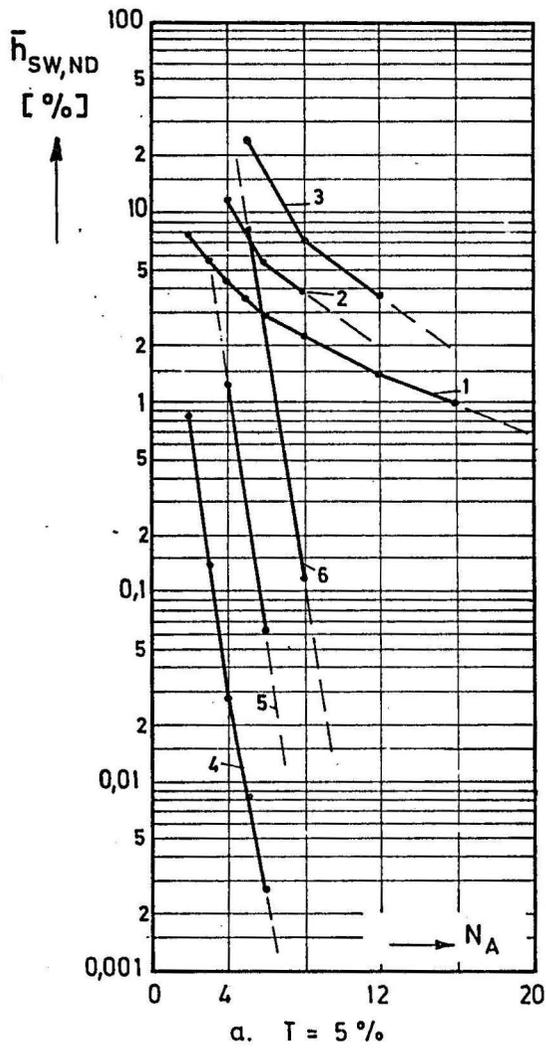
Diagramm 11b zeigt die Ergebnisse der Messung mit $T_A = 10\%$. Für $N_A = 8$ ergibt sich bei Sprache und $k_A = 0$ $\bar{h}_{SW,ND} = 0,07\%$, bei $k_A = 3$ $1,4\%$; bei Hörton und Sprache ändert sich $\bar{h}_{SW,ND}$ von 7% auf 17% . Die Änderung von $k_A = 0$ auf $k_A = 3$ führt also zu einer Verbesserung der Hörtonerkennung, gleichzeitig aber zu einer erheblich höheren Wahrscheinlichkeit, daß Sprache als Hörton fehlinterpretiert wird. Ein Vergleich der Kurven 5 und 2 in Diagramm 11a mit 4 und 1 in Diagramm 11b bringt folgende Werte:

Sprache: $T_A = 5\%$, $k_A = 1$, $N_A = 6$: $\bar{h}_{SW,ND} = 0,6\%$

$T_A = 10\%$, $k_A = 0$, $N_A = 6$: $\bar{h}_{SW,ND} = 0,7\%$

Hörton und Sprache: $T_A = 5\%$, $k_A = 1$, $N_A = 6$: $\bar{h}_{SW,ND} = 5,5\%$

$T_A = 10\%$, $k_A = 0$, $N_A = 6$: $\bar{h}_{SW,ND} \approx 8\%$



- 1., 4. : $k_A = 0$
- 2., 5. : $k_A = 1$
- 3., 6. : $k_A = 3$

$B = 50 \text{ Hz} - 10 \text{ kHz}$

$B_{NDA} = 0,933 - 1,667 \text{ ms}$

$P = 2$

Diagramm 11: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und $(N_A - k_A)$ konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und k_A

Gemessenes Signal: (1,2,3) Besetztton, von Sprache überlagert

(4,5,6) Sprache

Meßreihe mit 19 Sprechern

Die Änderung von $k_A = 0$ nach $k_A = 1$ ergibt also etwa das gleiche Ergebnis wie die Änderung der Toleranz T_A von 5 % nach 10 %. Eine Verbesserung erbringt die Erhöhung von k_A nicht für das SW-Verfahren.

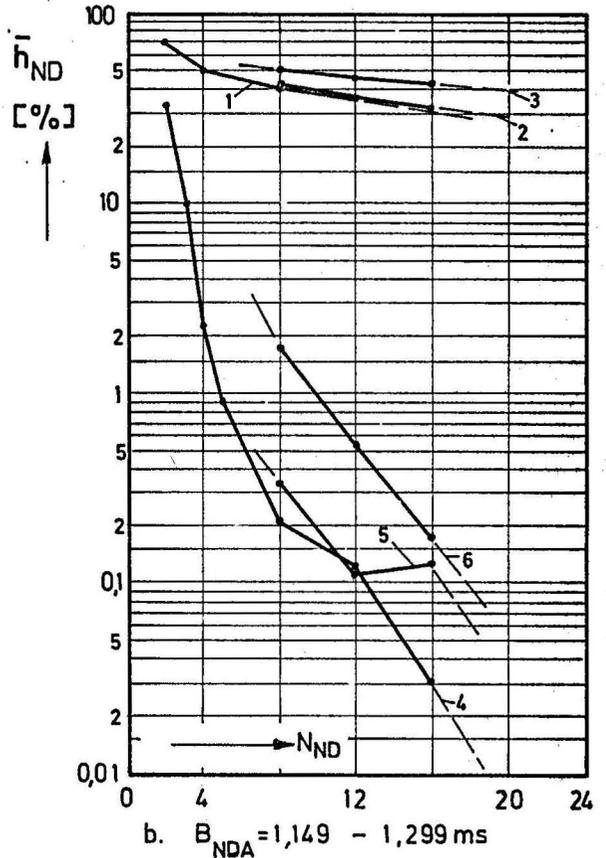
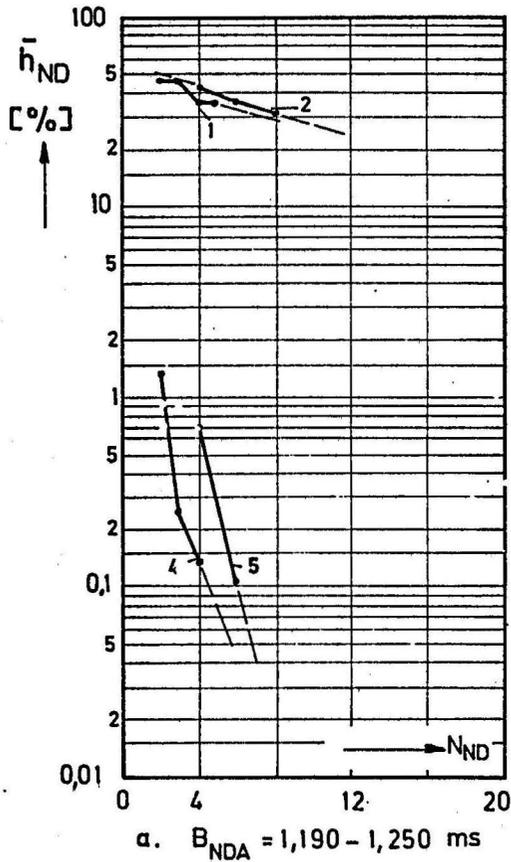
In Diagramm 12 ist dargestellt, wie häufig Halbwellenfolgen mit konstanten NDA gemessen werden, wenn Höröne von Sprache überlagert sind. Wie in Diagramm 11 ist das mittlere Spannungsverhältnis P ungünstiger gewählt, als es in der Praxis im allgemeinen vorkommt. Zusätzlich wird auch hier gezeigt, welchen Einfluß es hat, wenn man als Bedingung der Konstanz nicht fordert, daß in einer Folge von N_{ND} Halbwellen N_{ND} NDA konstant sein müssen, sondern nur $(N_{ND} - k_{ND})$.

In Diagramm 12a beträgt das Intervall, in das die NDA fallen müssen, 60 μ s. Der Vergleich der Kurve 3 (Sprache, $k_{ND} = 0$) mit Kurve 1 (Hörton, von Sprache überlagert, $k_{ND} = 0$) ergibt für $N_{ND} = 6$ eine Häufigkeit konstanter Halbwellenfolgen von 0,0048 % bei Sprache und 33 % bei Hörton mit Sprache.

In Diagramm 12b beträgt das NDA-Intervall 150 μ s. Für $N_{ND} = 8$ ergibt sich bei Sprache und $k_{ND} = 6$ $\bar{h}_{ND} = 0,22$ %, bei $k_{ND} = 3$ 1,7 %; bei Hörton und Sprache ändert sich \bar{h}_{ND} von 41 auf 51 %. Ebenso wie beim SW-Verfahren führt also die Änderung von $k_A = 0$ auf $k_A = 3$ zu einer Verbesserung der Hörtonerkennung, aber auch zu einer höheren Wahrscheinlichkeit der Fehlinterpretation von Sprache.

Ein Vergleich der Kurven 4 und 2 in Diagramm 12a mit 4 und 1 in Diagramm 12b zeigt folgende Werte:

Sprache	$B_{NDA} = 1,190 - 1,250$ ms,	$k_{ND} = 1, N_{ND} = 6$: $\bar{h}_{ND} = 0,1$ %
	$B_{NDA} = 1,149 - 1,299$ ms,	$k_{ND} = 0, N_{ND} = 6$: $\bar{h}_{ND} = 0,59$ %
Hörton	$B_{NDA} = 1,190 - 1,250$ ms,	$k_{ND} = 1, N_{ND} = 6$: $\bar{h}_{ND} = 35$ %
und Sprache	$B_{NDA} = 1,149 - 1,299$ ms,	$k_{ND} = 0, N_{ND} = 6$: $\bar{h}_{ND} = 46$ %



- 1., 4. : $k_{ND} = 0$
- 2., 5. : $k_{ND} = 1$
- 3., 6. : $k_{ND} = 3$

$B = 50 \text{ Hz} - 10 \text{ kHz}$

$P = 2$

Diagramm 12 : Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halbwellen mit $(N_{ND} - k_{ND})$ Nulldurchgängen im Abstand B_{NDA} , abhängig von N_{ND} und k_{ND}

Gemessenes Signal : (1,2,3) Besetztton, von Sprache überlagert

(4,5,6) Sprache

Meßreihe mit 19 Sprechern

Man sieht, daß auch beim ND-Verfahren die Erhöhung des k_{ND} -Wertes keine Verbesserung bringt. Ein Vergleich der Diagramme 11 und 12 zeigt aber, daß das ND-Verfahren besser geeignet ist als das SW-Verfahren, Hörtöne bei Überlagerung durch Sprache zu erkennen.

In den Diagrammen 13 und 14 wird dargestellt, wie sich die Erkennung der Hörtöne, die von Sprache überlagert sind, verbessert, wenn das Spannungsverhältnis P der beiden Signale von 2 auf 1 geändert wird.

Diagramm 13 zeigt das SW-Verfahren bei einer Toleranz $T = 5\%$, wenn nur Halbwellen mit NDA im Bereich $B_{NDA} = 0,933 - 1,667$ ms bewertet werden. Bei Änderung des Wertes P von 2 nach 1 ändert sich für $N_A = 4$ die Häufigkeit konstanter Halbwellen von 4 auf 25% .

Diagramm 14 zeigt das ND-Verfahren bei einer Intervallbreite für die Abstände $B_{NDA} = 150$ μ s . Für $N_{ND} = 4$ ändert sich, wenn P von 2 auf 1 verkleinert wird, die Häufigkeit konstanter Halbwellenfolgen von 50% auf 70% .

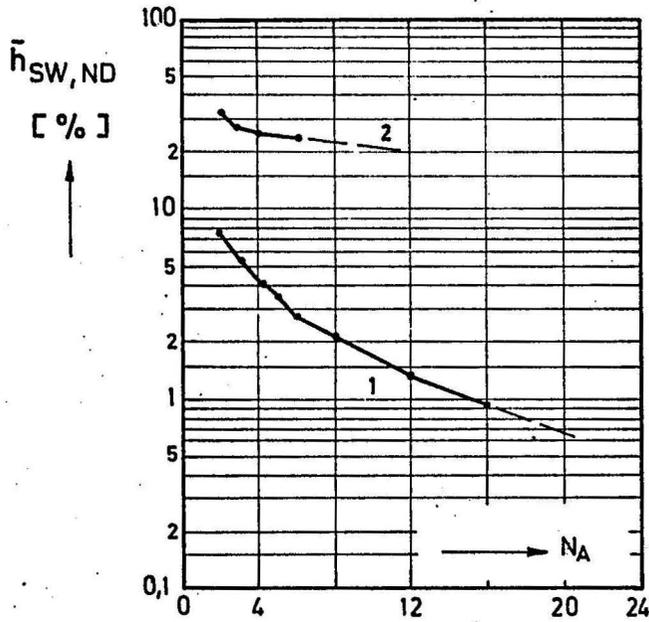
4.4.3. Zusammenfassung der Ergebnisse

Der Vergleich des Spitzenwertverfahrens mit dem Nulldurchgangsverfahren fällt zugunsten des letzteren aus, weil

- (1) das ND-Verfahren gegen Störungen auf der Fernsprechleitung sicherer ist,
- (2) weil es Hörtöne, auch wenn sie von Sprachsignalen überlagert sind, besser erkennen kann und dabei gleichzeitig Sprache seltener als Hörton fehlinterpretiert,
- (3) weil der Aufbau einer Schaltung zur Messung der ND-Abstände einfacher ist als der zum SW-Vergleich notwendige.

Aus der Variation der Parameter ergibt sich:

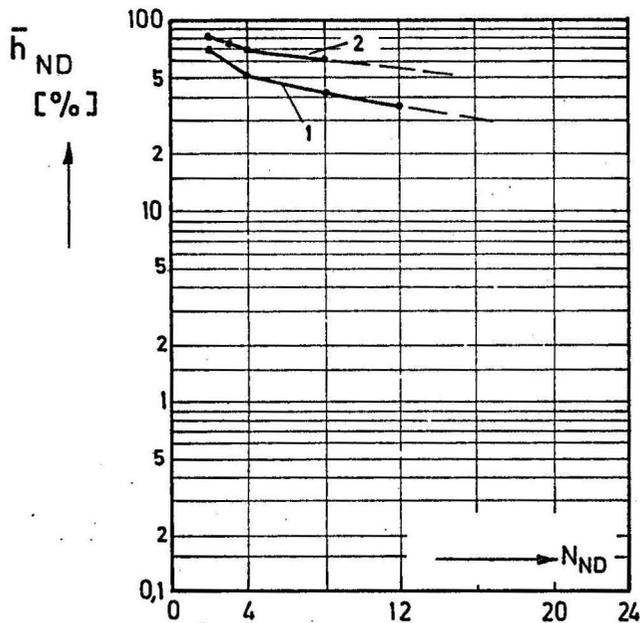
- (1) Eine analoge Bandbegrenzung wirkt sich auf beide Verfahren ungünstig aus.



1. $P = 2$
 2. $P = 1$
 $B = 50 \text{ Hz} - 10 \text{ kHz}$
 $T = 5 \%$
 $B_{NDA} = 0,933 - 1,667 \text{ ms}$

Diagramm 13: Relative Häufigkeit einer Folge von N_A Halbwellen mit Nulldurchgangsabstand B_{NDA} und N_A konstanten Spitzenwerten, abhängig von N_A und Spannungsverhältnis P

Gemessenes Signal: Besetztton, von Sprache überlagert
 Meßreihe mit 19 Sprechern



1. $P = 2$
 2. $P = 1$
 $B = 50 \text{ Hz} - 10 \text{ kHz}$
 $B_{NDA} = 1,149 - 1,299 \text{ ms}$

Diagramm 14: Relative Häufigkeit einer Folge von N_{ND} Halbwellen mit N_{ND} konstanten Nulldurchgangsabständen, abhängig von N_{ND} und Spannungsverhältnis P

Gemessenes Signal: Besetztton, von Sprache überlagert
 Meßreihe mit 19 Sprechern

- (2) Eine Einengung der Toleranzen (T_A , B_{NDA}) führt zu einer Verschlechterung der Hörtonerkennung und zu einer größeren Sicherheit gegen Fehldeutung der Sprachsignale als Höröne; die Wahl der Toleranz erfordert also einen Kompromiß zwischen entgegengesetzten Forderungen.
- (3) Je geringer der Pegel der überlagerten Sprache ist, desto zuverlässiger werden Höröne erkannt.
- (4) Die Zuverlässigkeit der Erkennung der Signale und ihrer Unterscheidung kann größer gemacht werden durch Vergrößerung der Anzahl der Halbwellenfolgen, deren Konstanz gefordert wird, bei gleichzeitiger Erhöhung der Toleranz. Die Auswertzeit verlängert sich dadurch.

Nach beiden untersuchten Verfahren läßt sich eine Schaltung aufbauen, die mit hoher Zuverlässigkeit Sprache nicht als Hörton fehldeutet, die im gestörten Fall mit hoher Wahrscheinlichkeit erkennt, daß ein Hörton vorhanden ist, und die im ungestörten Fall einen Hörton so sicher erkennt, daß eine Messung seiner Sende- und Pausenzeiten möglich ist.

5. Beschreibung des für die Verkehrsmeßeinrichtung (VME, siehe / 2 /) aufgebauten Hörton- und Gesprächsbeginnwerters (HTGA)
-

5.1. Beschreibung des Blockschaltbildes

In Bild 11 ist das aufgebaute Gerät im Blockschaltbild dargestellt. Es besteht aus den folgenden Baugruppen (BG):

- (1) BG "Erkennung", die entscheidet, ob es sich bei dem einlaufenden Signal um einen Hörton oder Sprache handelt,
- (2) BG "Auswertung", die zwischen Besetztton (BT) und Nichtbesetztton (\overline{BT}) (Wähl- oder Freiton) unterscheidet und den Gesprächsbeginn feststellt,
- (3) BG "Lochung", die die ausgewerteten Zustände speichert und an den Streifenlocher der VME weitergibt,

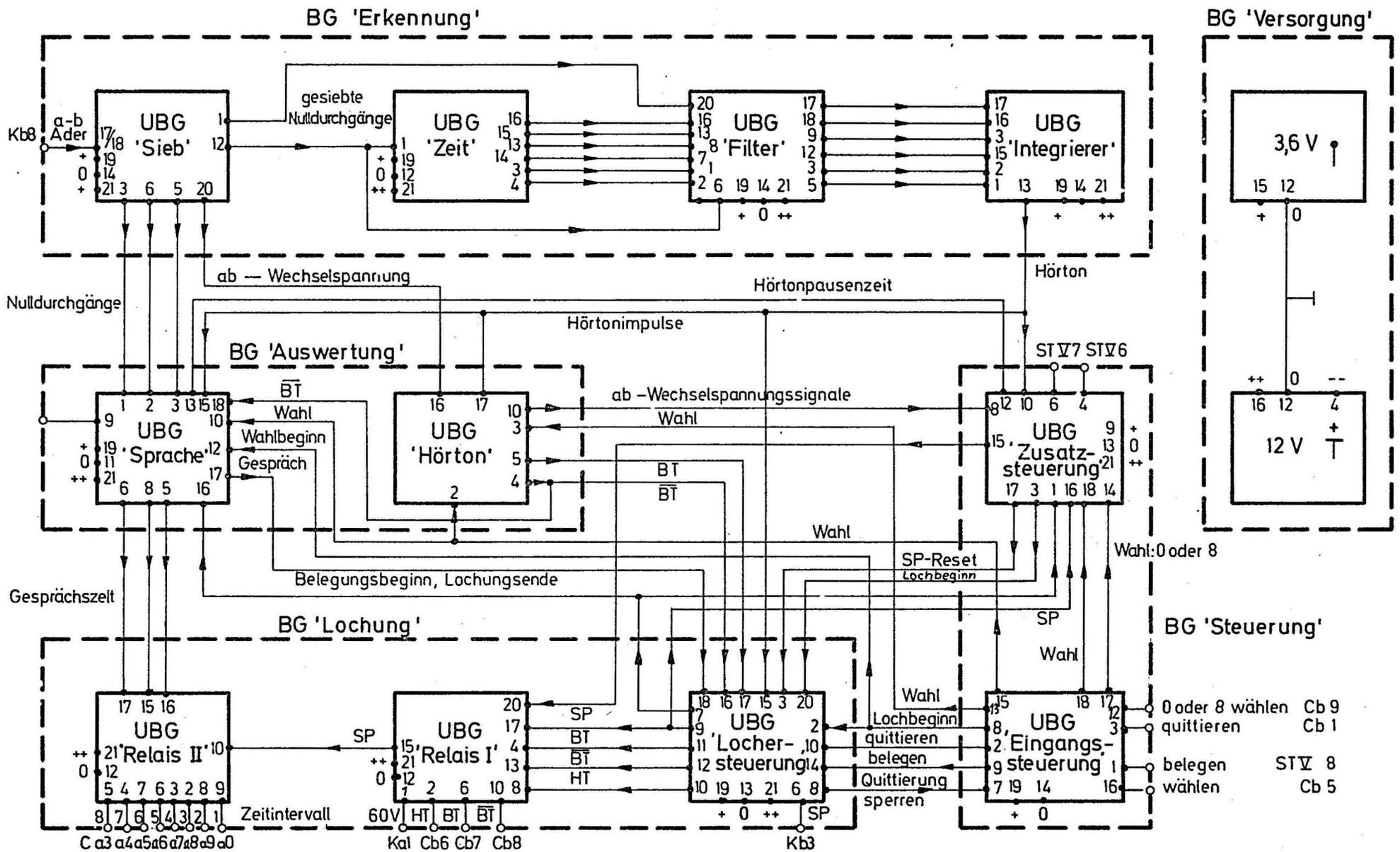


Bild 11: Blockschaltbild des Hörton - und Gesprächsbeginnauswerters

- (4) BG "Steuerung, die von der VME die Informationen "Abheben", "Beobachtungsende", "Wahl" und "Verbindungsaufbau zu einem Teilnehmer außerhalb der Nebenstelle" übernimmt und entsprechend die Vorgänge in den anderen Baugruppen steuert,
- (5) BG "Versorgung".

5.2. Beschreibung der Vorgänge im HTGA anhand des Funktionsplans

Im folgenden werden die Vorgänge bei der Beobachtung einer Belegung anhand des Funktionsplans in Bild 12 beschrieben.

5.2.1. Vorgänge in der Unterbaugruppe (UBG) "Sieb" der BG "Erkennung"

Das einlaufende Signal gelangt in UBG "Sieb" der BG "Erkennung" und wird von der Eingangsschaltung ES ($R_{\text{EIN}} > 56 \text{ k}\Omega$) aufgenommen. Von ES wird über Steckpunkt (SP) 20 die Information "Signal" an die UBG "Hörton" gegeben. Ferner läuft das Signal über Verstärker $V1$, der daraus eine Rechteckspannung erzeugt, Differenzierer $D1$, der bei jedem Nulldurchgang (ND) einen Impuls erzeugt, und Verstärker $V2$, der die erzeugten Impulse unterdrückt, wenn die Signalamplitude $< 20 \text{ mV}$ ist. Bei empfindlicherer Einstellung würde auch das Leitungsrauschen ND erzeugen.

Hinter Invertierer $IV1$ und Gatter $G2$ haben alle ND-Impulse gleiche Polarität. Über $D2$ wird Monoflop $MF1$ mit der Rückflanke jedes ND-Impulses angestoßen. Für den weiteren Ablauf gibt es 3 Möglichkeiten:

- (1) Der nächste ND-Impuls kommt innerhalb $0,96 \text{ ms}$, was einer Signalfrequenz $> 520 \text{ Hz}$ entspricht. Die Schaltung soll daraus erkennen, daß es sich bei dem Signal nicht um einen Hörton handelt. Die Vorderflanke des Impulses setzt daher über $G1$, $D3$, $N1$ und $G4$ $MF1$ zurück, und $MF2$ wird nicht von $MF1$ angestoßen (Beschreibung der Monoflops siehe 5.3.1.). Die Rückflanke des ND-Impulses setzt erneut $MF1$, und die Prüfung der NDA beginnt von neuem.

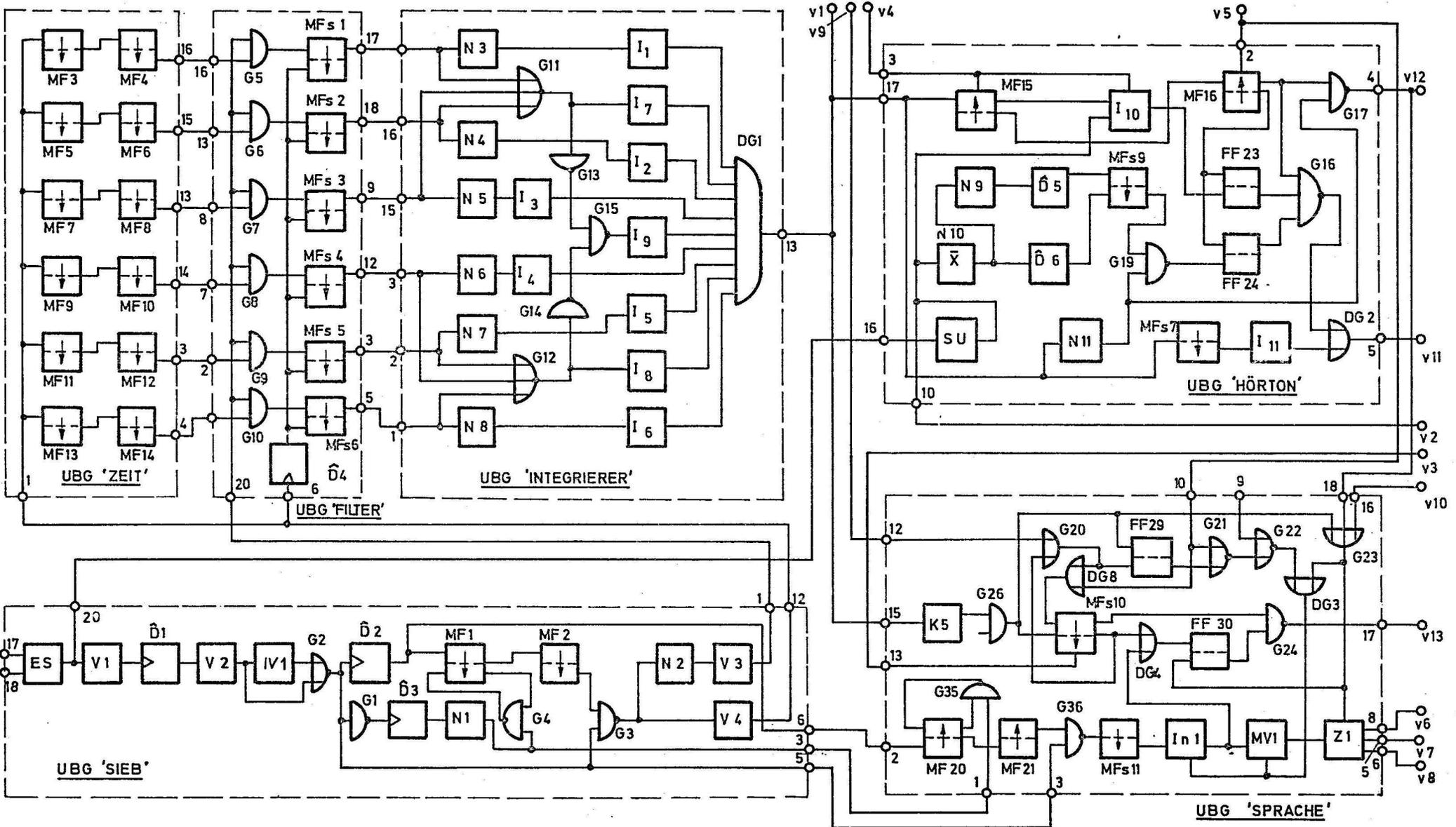


Bild 12: Funktionsplan des Hörtön -und Gesprächsbeginnsauswerters, Blatt 1

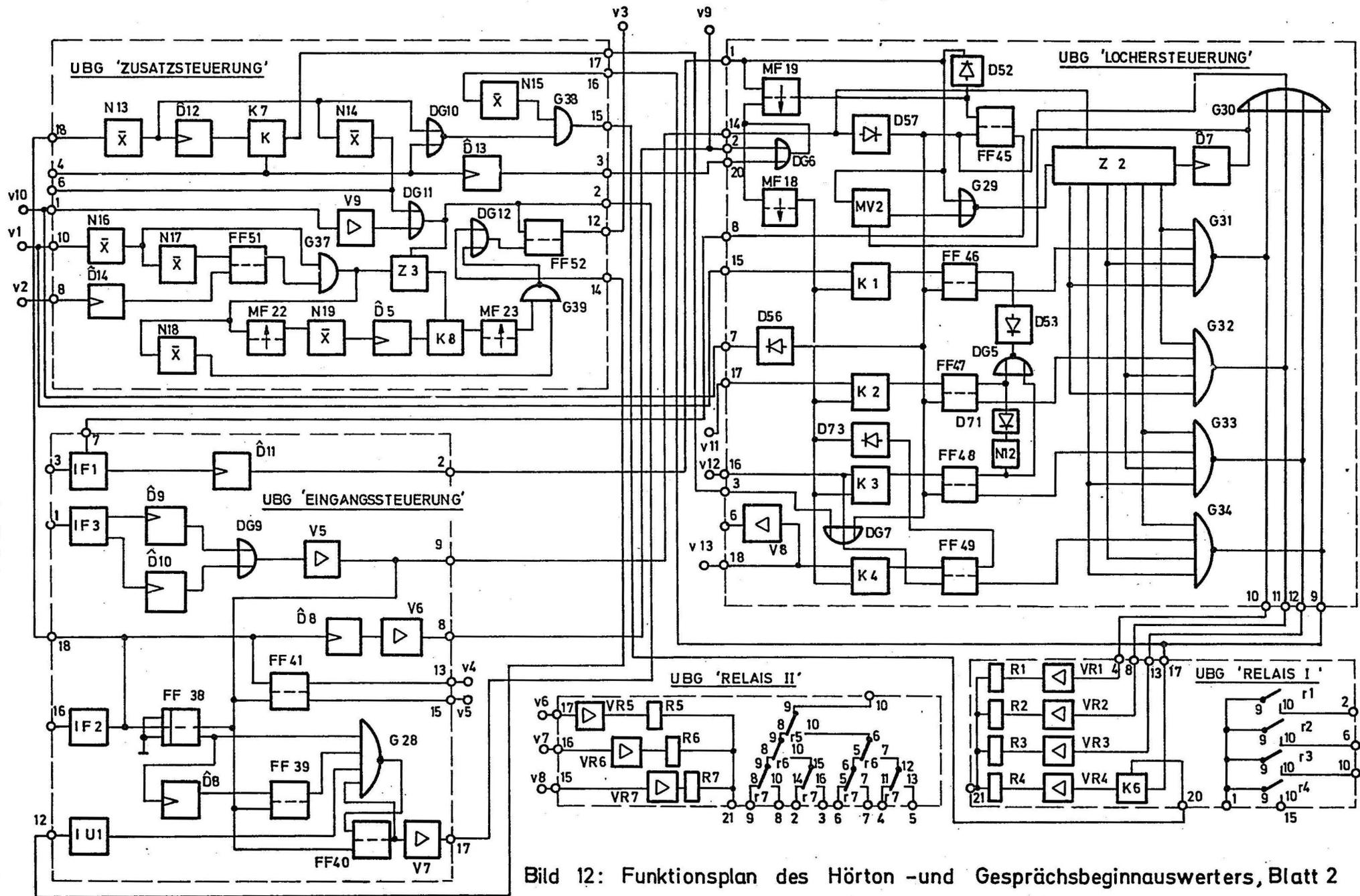


Bild 12: Funktionsplan des Hörton- und Gesprächsbeginnsauswerters, Blatt 2

- (2) Der nächste ND-Impuls kommt später als 0,96 ms , aber innerhalb 1,32 ms , was einer Signalfrequenz von 380 bis 520 Hz entspricht. Die Schaltung soll einen Hörton erkennen. MF1 fällt nach 0,96 ms zurück, stößt MF2 an, das G3 öffnet. Die Vorderflanke des ND-Impulses kann G4 nicht durchlaufen, da MF1 im Ruhezustand G4 sperrt; durch G3 gelangt der ND-Impuls, von V4 verstärkt, bzw. von V2 und V3 negiert und verstärkt, über die SP 1 und 12 zu den UBG "Zeit" und "Filter". Die Rückflanke des ND-Impulses setzt erneut MF1 .
- (3) Der nächste ND-Impuls kommt später als 1,32 ms . Das entspricht einer Signalfrequenz < 380 Hz . Es kann sich also nicht um einen Hörton handeln. Der Impuls kann weder G3 noch G4 passieren, da MF1 und MF2 bereits zurückgefallen sind, und bleibt daher unwirksam; die Rückflanke setzt erneut MF1 . Zur Erkennung der Sprachsignale wird jeder ND-Impuls an die UBG "Sprache" weitergegeben. Über SP 5 läuft der ganze ND-Impuls, über SP 3 seine Vorderflanke und über SP6 seine Rückflanke.

5.2.2 Vorgänge in der UBG "Zeit" der BG "Erkennung"

Vom SP12 der UBG "Sieb" gelangen die ND-Impulse, die zwischen 0,96 ms und 1,32 ms Abstand haben, also im Hörtonbereich liegen, zur UBG "Zeit". Diese teilt den genannten Bereich in 6 Unterabschnitte, die sich gegenseitig überlappen:

Unterbereich	Breite des Unterbereichs [ms]	Laufzeit der Monoflops [ms]	äquivalenter Frequenzbereich [Hz]
1	1,32 - 1,19	MF3: 1,19 MF4: 0,13	380 - 420
2	1,25 - 1,14	MF5: 1,14 MF6: 0,11	400 - 440
3	1,19 - 1,09	MF7: 1,09 MF8: 0,10	420 - 460
4	1,14 - 1,04	MF9: 1,04 MF10: 0,10	440 - 480
5	1,09 - 1,00	MF11: 1,00 MF12: 0,09	460 - 500
6	1,04 - 0,96	MF13: 0,96 MF14: 0,08	480 - 520

Die Vorgänge lassen sich am besten an einem einzelnen Unterbereich erläutern (MF3, MF4):

Ein eintreffender ND-Impuls kippt alle an SP1 liegenden MF . MF3 hat eine Laufzeit von 1,19 ms . Nach seinem Rückkippen stößt es MF4 an, das für 0,13 ms NULL an SP16 legt. Ebenso legen die anderen MF für die Dauer der übrigen Unterbereiche NULL an die Eingänge der UBG "Filter".

5.2.3. Vorgänge in der UBG "Filter" der BG "Erkennung"

An den Eingängen (SP16, 13, 8, 7, 2, 1) der UBG "Filter" liegen die Undglieder G5 bis G10 (negative Logik). Sie sind nach Eintreffen eines ND-Impulses für die in obiger Tabelle angegebenen Zeitdauern vorbereitet. Der nächste von der UBG "Sieb" (von SP1 - "Sieb" an SP20 - "Filter") kommende ND-Impuls kann mit seiner Rückflanke eines oder (wegen der Überlappung) 2 benachbarte Undglieder passieren. Die synchronisierten Monoflops MFs1 bis 6 werden mit der Vorderflanke jedes Impulses rückgesetzt und mit seiner Rückflanke erneut angestoßen (Beschreibung siehe 5.3.1.) Die Laufzeit eines MFs ist etwas größer als der maximale Abstand zweier ND-Impulse, die von dem zugehörigen Unterbereich aufgenommen werden.

	Laufzeit
MFs 1	1,4 ms
2	1,3 ms
3	1,25 ms
4	1,2 ms
5	1,14 ms
6	1,08 ms

Kommt daher eine Folge von ND-Impulsen gleichen Abstands, so wird das MFs des betreffenden Bereichs über die gesamte Dauer der Folge ständig angeregt und ist immer nur für jeweils eine Impulsbreite rückgesetzt. Fehlt ein Impuls, so setzt sich das MFs am Ende seiner Laufzeit selbst zurück.

Die Rücksetzung der MFs durch die Vorderflanke eines einlaufenden ND-Impulses geschieht gemeinsam über Differenzierer \hat{D} 4 (SP 6) .

5.2.4. Vorgänge in der UBG "Integrierer" der BG "Erkennung"

Die an den Eingängen der UBG "Integrierer" liegenden Negierer N3 bis N8 dienen nur der Anpassung der von der UBG "Filter" kommenden Potentiale. Aufgabe der Integrierer I1 bis I9 ist es, festzustellen, ob die Dauer der anliegenden Potentiale eine festgesetzte Zeit überschreitet. In 5.3.2. ist ihre Arbeitsweise beschrieben. Die Schwelle der I1 bis I6 ist auf 13 ms eingestellt. Das entspricht einer Folge von 10 bis 16 ND-Impulsen je nach Signalfrequenz. Wird also ein Hörton empfangen und treten keine Verschiebungen der ND durch Störungen auf, so erreicht einer der I1 bis I6 nach 13 ms seine Schwelle und gibt über DG1 einen Impuls auf den Ausgang SP13. Dabei wird der Kondensator im Eingang des Integrierers entladen. Treffen weitere ND-Impulse im gleichen Abstand ein, d.h. bleibt das zu dem Integrierer gehörende MFs der UBG "Filter" weiter erregt, so beginnt die Integration von neuem. Bei ungestörten Hörtonen erscheinen also alle 13 ms Impulse am Ausgang SP13.

Fällt dagegen ein ND-Impuls nicht in den betrachteten Unterbereich, so wird der Kondensator im Eingang des Integrierers kurzgeschlossen, es wird kein Impuls an den Ausgang SP13 gegeben, und die erneute Integration beginnt erst mit dem nächsten Kippen des zugehörigen MFs.

Wäre die Schaltung auf das bisher Gesagte beschränkt, so würde der Hörtonerkenner bei ungestörtem Empfang von Hörtonen die beiden gestellten Forderungen erfüllen, auf Sprachsignale nicht zu reagieren, und bei Auftreten von Hörtonen Impulse abzugeben. Bei Verschiebung der NDA durch gleichzeitiges Auftreten von Sprache oder Störungen wäre aber eine Erkennung unmöglich. Daher sind zusätzlich die Unterbereiche 1 bis 3 und 4 bis 6 zu 2 übergeordneten Bereichen zusammengefaßt. I7 mißt die Zeit, während der die NDA im Bereich 1,09 ms bis 1,32 ms liegen; I8 arbeitet bei NDA von 0,96 ms bis 1,14 ms. Endlich ist der gesamte Hörtonbereich (0,96 ms bis 1,32 ms) mit Hilfe des I9 zusammengefaßt. Um mit den I7, I8 und I9 trotz größerer zugelassener Schwankung der NDA die gleiche Sicherheit gegen die Fehlinter-

pretation von Sprache zu haben wie mit den I1 bis I6 , sind die Integrationszeiten länger. I7 und I8 sind auf 35 ms , I9 ist auf 65 ms eingestellt. Der letztere Wert liegt noch unter der kleinsten Sendezeit eines Hörtons (siehe 2.1.3.).

5.2.5 Vorgänge in der UBG "Hörton" der BG "Auswertung"

Die UBG "Hörton" wertet Sendezeit und zum Teil auch Pausenzeit der Hörttöne aus und bestimmt danach, ob ein Besetztton (BT) oder ein Frei (FT)- bzw. Wählton (WT) empfangen wird. Im letzteren Falle wird die Meldung \overline{BT} (Nicht-Besetztton) abgegeben. Je nach auszuwertendem Signal gelten unterschiedliche Entscheidungskriterien:

(1) WT der Nebenstellenanlage (vor Wählbeginn):

Sendezeit > 163 ms (siehe 2.1.3.).

(2) BT der Nebenstellenanlage (vor Wählbeginn):

Sendezeit < 156 ms (siehe 2,1.3, es werden keine nicht-
amtsberechtigten Sprechstellen beobachtet) oder

Pausenzeit < 788 ms (siehe 2.1.3).

(3) FT (nach Wählbeginn):

Sendezeit > 203 ms (länger als der längste gemessene
Besetztton (siehe 2.1.3))

(4) BT (nach Wählbeginn):

Sendezeit < 203 ms (kürzer als der längste gemessene
Besetztton (siehe 2.1.3))

Pausenzeit < 788 ms (siehe 2.1.3)

Im folgenden sollen die Vorgänge in der UBG "Hörton" für die angegebenen Fälle beschrieben werden.

5.2.5.1. Auswertung des Wähltons der Nebenstellenanlage

Der erste Hörton (HT)-Impuls gelangt frühestens 13 ms nach

Beginn der Sendezeit des WT von SP13 der UBG "Integrierer" an SP 17 der UBG "Hörton" . MF 15 wird erregt und fällt nach 147 ms zurück. Dadurch wird MF16 angestoßen und läuft 350 ms . MF16 hebt die Sperrung von G17 auf, so daß ein HT-Impuls, der frühestens 147 ms und spätestens 497 ms nach dem 1. HT-Impuls eintrifft, über N11 G17 passieren kann. Bei Empfang eines BT können Impulse entweder vom ersten Ton spätestens nach weniger als 143 ms (längste Sendezeit vermindert um die minimale Erkennungszeit der UBG "Integrierer") oder vom folgenden Ton frühestens nach 510 ms (kleinste Pausenzeit zuzüglich minimale Erkennungszeit der UBG "Integrierer") eintreffen. Nur bei Empfang eines WT gelangt also mindestens ein HT-Impuls von SP 17 über Negierer N11 und G17 an Ausgang SP4 und meldet das Vorhandensein eines BT .

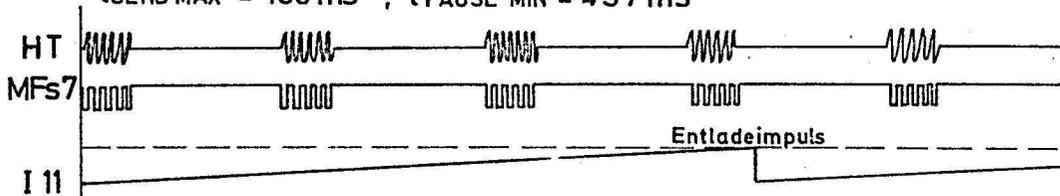
5.2.5.2 Auswertung des Besetzttons der Nebenstellenanlage vor Wählbeginn

Der BT ist nur 6 ms kürzer als der WT , daher erfolgt eine Auswertung nur, wenn der erste HT-Impuls innerhalb von 18 ms nach Signalbeginn eintrifft. An SP16 liegt von der UBG "Sieb" - SP20 her das Signal an. Signalumformer SU erzeugt aus der NF-Spannung ein Dauerpotential und legt es an den Eingang des Integrierers I10 , an den Eingang des Negierers N10 und außerdem über Ausgang SP10 an SP8 der UBG "Zusatzsteuerung". Von N10 aus wird bei Signalbeginn über N9 und D5 MFs9 erregt, das G19 vorbereitet. Nach 18 ms fällt MFs9 zurück und sperrt G19 wieder. Kommt während der Laufzeit von MFs9 ein HT-Impuls über SP17 und N11 an den Eingang von G19 , so wird FF24 gesetzt und damit G16 vorbereitet. Damit nicht jede kurze auftretende Störung für 18 ms die Auswertung eines BT verhindert, wird bei Signalende MFs9 über D6 zurückgesetzt und damit die Schaltung ohne Verzögerung auf den Empfang des nächsten Signals vorbereitet.

Frühestens 13 ms nach Signalanfang wird I10 von MF15 geöffnet. Ist der empfangene HT kein BT , erreicht I10 nach 146 ms seine Entladespannung, setzt FF23 , sperrt dadurch G16 und verhindert die Anzeige eines BT .

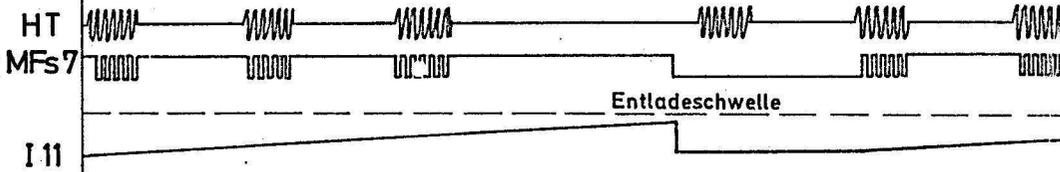
A: BT-Nebenstelle vor Wählbeginn:

$t_{SEND\ MAX} = 156\ ms$, $t_{PAUSE\ MIN} = 497\ ms$



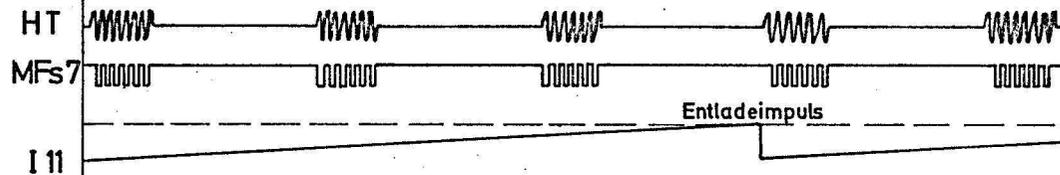
B: WT-Nebenstelle:

$t_{SEND\ MIN} = 163\ ms$, $t_{PAUSE\ 1\ MAX} = 355\ ms$, $t_{PAUSE\ 2\ MIN} = 825\ ms$



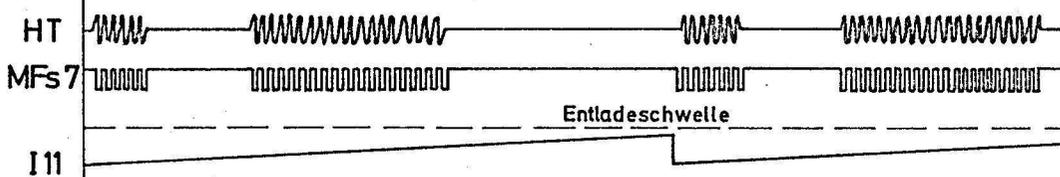
C: BT-Nebenstelle nach Wählbeginn:

$t_{SEND\ MAX} = 203\ ms$, $t_{PAUSE\ MAX} = 530\ ms$



D: WT-Ortsamt : $t_{SEND\ 1\ MAX} = 191\ ms$, $t_{SEND\ 2\ MAX} = 648\ ms$

$t_{PAUSE\ 1\ MAX} = 329\ ms$, $t_{PAUSE\ 2\ MAX} = 788\ ms$

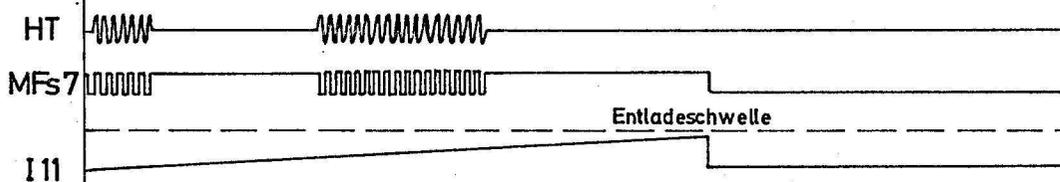


E: FT-Ortsamt :

$t_{SEND\ MAX} = 1100\ ms$

1.Ruf wie BT , Weiterruf.

$t_{PAUSE\ MIN} = 3380\ ms$



1000 ms

Bild 13: Auswertung der Hörtöne durch Messung der Pausenzeiten

Ist das anliegende Signal kürzer als 156 ms , also ein BT , so schließt SU den Eingang von I10 kurz, bevor die Entladespannung erreicht ist. FF23 bleibt in Ausgangslage, und G16 bleibt vorbereitet. Nachdem MF 15 zurückgefallen ist und MF16 erregt hat, schaltet G16 durch und meldet über DG2 und SP5 das Vorhandensein eines BT .

Wenn wegen auftretender Störungen Signalanfang und 1. HT-Impuls um mehr als 18 ms auseinanderliegen und daher eine Auswertung der Sendezeit nicht möglich ist, prüft die Schaltung, ob nicht eine Pause von mehr als 788 ms Dauer vorkommt. Der 1. HT-Impuls stößt über SP 17 MFs7 an, das 750 ms läuft und für diese Zeit den Eingang des Integrierers I11 öffnet. Mit jedem neu eintreffenden HT-Impuls wird MFs7 zurückgesetzt und nach 1 μ s wieder erregt. I11 reagiert auf diese Unterbrechung der Steuerspannung praktisch nicht. Die Sendepausen des BT werden durch die Laufzeit von MFs7 überbrückt. Nach 2200 ms Integrationszeit hat I11 seine Entladespannung erreicht, entlädt seinen Kondensator und meldet impulsartig über DG2 und SP5 das Vorhandensein eines BT . Der Ablauf ist in Bild 13 A dargestellt. Bei Auftreten eines WT der Nebenstellenanlage fällt in der Pause nach dem 3. Ton MFs 7 zurück und schließt I11 kurz, bevor die Schwellspannung erreicht ist (siehe Bild 13 B).

5.2.5.3 Auswertung des Freitons

Nach Wählbeginn kann der Wählton der Nebenstellenanlage nicht mehr auftreten. Die längste Sendezeit des BT liegt jetzt bei 203 ms , die kürzeste Sendepause bei 330 ms . Deswegen wird die Laufzeit von MF15 auf 197 ms und die von MF16 auf 133 ms umgeschaltet. Die Integrationszeit von I10 bis zu seiner Entladung wird auf 195 ms eingestellt. Die Umschaltung erfolgt für MF15 und I10 über SP3 , für MF 16 über SP2 von der BG "Steuerung" aus.

Abgesehen von den wegen der unterschiedlichen Sende- und Pausenzeit des BT geänderten Laufzeiten von MF15, MF16 und I10 verlaufen die Vorgänge bei Empfang eines FT wie in Abschnitt

5.2.5.1 beschrieben. Da der letzte HT-Impuls eines BT spätestens 190 ms nach dem ersten Eintreffen muß, der erste des nächsten BT aber frühestens 343 ms nach dem letzten Impuls des 1. BT eintreffen kann, öffnet MF16 G17 für den Zeitraum von 197 ms bis 330 ms nach dem 1. empfangenen HT-Impuls. Nur bei Anliegen eines HT mit längerer Sendedauer (FT oder WT des Ortsamts) kann ein HT-Impuls G17 passieren und einen $\overline{\text{BT}}$ melden.

5.2.5.4 Auswertung des Besetzttons nach Wahlbeginn

Trifft der 1. HT-Impuls innerhalb von 18 ms nach Signalbeginn ein, so wird G16 vorbereitet (siehe 5.2.5.2), und die Auswertung der Sendezeit kann erfolgen.

Bei Empfang eines BT erreicht I10 seine Entladespannung nicht, da der letzte HT-Impuls spätestens 190 ms nach dem ersten eintrifft; FF23 wird nicht gesetzt, und G16 bleibt geöffnet. Es schaltet, nachdem MF16 angestoßen ist, und meldet über SP5 einen BT (siehe 5.2.5.2).

Ist eine Auswertung der Sendezeit nicht möglich, so prüft die Schaltung, ob nicht eine Pause vorkommt, die länger als 788 ms ist. Der Verlauf dieser Auswertung ist für die verschiedenen nach Wahlbeginn vorkommenden HT in Bild 13 C, D und E dargestellt.

5.2.5.5 Auswertung des Wähltons der Ortsvermittlungsstelle

Der WT des Ortsamtes kann von der UBG "Hörton" nur richtig erkannt werden, wenn der Teilnehmer nicht weiterwählt, bevor der lange Ton des Morse-a eintrifft. Der kurze Ton wird aufgrund seiner Sendezeit immer als BT gedeutet, der nachfolgende lange Ton dagegen immer als $\overline{\text{BT}}$. Die nachgeschaltete UBG "Lochersteuerung", in der die ausgewerteten Signale eingespeichert sind, muß also bei Aufnahme eines $\overline{\text{BT}}$ den BT-Speicher löschen. Wie man aus Bild 13 D sieht, erreicht I11 die Entladeschwelle bei Anliegen eines WT der Ortsvermittlungsstelle nicht.

5.2.6 Beschreibung der UBG "Sprache" der BG "Auswertung"

5.2.6.1 Aufgaben der UBG "Sprache"

Die UBG "Sprache" erfüllt zwei Aufgaben:

- (1) Sie stellt fest, ob innerhalb der längsten möglichen Sendepause ein neuer Freiton eintrifft. Ist das nicht der Fall, so schließt sie daraus, daß der gerufene Teilnehmer abgehoben hat und gibt an ein Zeitmeßgerät der Verkehrsmeßeinrichtung das Signal "Gesprächsbeginn" (siehe /2/, Seite 61).
- (2) Da besonders beim 10"-Ruf die unter (1) angegebene Messung der Gesprächszeit sehr ungenau ist, nimmt die Schaltung Sprache auf und mißt die Zeit vom ersten Auftreten des Sprachsignals bis zur Abgabe der Meldung "Gesprächsbeginn". Die gesamte Gesprächsdauer setzt sich aus der so gemessenen Sprechzeit und der Zeit von der Meldung "Gesprächsbeginn" bis zum Auflegen zusammen.

Um die Fehlermöglichkeiten einzuschränken, sind folgende Maßnahmen vorgesehen:

- (1) Sprache wird nur aufgenommen, wenn mindestens eine Ziffer gewählt worden ist.
- (2) Sprache kann nur aufgenommen werden, wenn nach der Wahl mindestens ein HT-Impuls empfangen worden ist.
- (3) Trifft nach der Aufnahme von Sprachsignalen erneut mindestens ein HT-Impuls ein, bevor die Schaltung "Gesprächsbeginn" erkannt hat, wird angenommen, daß die Sprache vom rufenden Teilnehmer kommt, der in das Mikrophon seines Handapparates spricht, während er den HT empfängt. Die Schaltung wird dann in ihre Ausgangsstellung gebracht.
- (4) Wird, nachdem "Gesprächsbeginn" erkannt ist, von der UBG "Hörton" ein FT ausgewertet, so wird die Meldung

"Gesprächsbeginn" wieder aufgehoben und die Schaltung in Ausgangsstellung gebracht. Es wird dann angenommen, daß ein oder mehrere HT durch Störgeräusche oder lautes Sprechen nicht aufgenommen worden sind und daher die UBG "Sprache" irrtümlich "Gesprächsbeginn" gemeldet hat.

Nimmt die UBG "Hörton" nach "Gesprächsbeginn" BT auf, so beeinflußt das die UBG "Sprache" nicht. Zwei Gründe sind für diese Einstellung der Schaltung maßgebend:

- (1) In einer Nebenstellenanlage empfängt der rufende Teilnehmer nach einem Gespräch, wenn der andere Teilnehmer zuerst auflegt, den BT. Daher darf ein nach Gesprächsbeginn aufgenommener BT den Sprechzeitspeicher und die Meldung "Gesprächsbeginn" nicht löschen.
- (2) Da die Pause zwischen zwei BT kurz ist, müßte schon eine ganze Anzahl von Tönen vollständig gestört werden, damit eine irrtümliche Meldung "Gesprächsbeginn" abgegeben würde. Die Wahrscheinlichkeit dafür ist sehr gering.

5.2.6.2. Beschreibung der Vorgänge in der UBG "Sprache" während einer Belegung

Bei Belegungsbeginn legt die UBG "Eingangssteuerung" (SP15) an SP10 eine EINS, die über G21, G22 und DG3 Integrierer In1 und MV1 sperrt. Außerdem wird MFs10 über DG8 in seiner Ruhelage gehalten.

Treffen Hörtöne ein, dann laufen HT-Impulse von der UBG "Integrierer" - SP13 über SP15, Kurzschließer K5 und G26 an den Eingang von MFs10, das aber nicht erregt werden kann, da es noch gesperrt ist. Ferner gelangen die HT-Impulse von G26 zu FF29 und setzen es. FF29 legt NULL an G22, dessen Zustand sich aber nicht ändert, da der andere Eingang noch auf EINS liegt. Endlich laufen die HT-Impulse über G23 zu den Rücksetzeingängen von FF30 und Z1. Sprachsignale haben zu diesem Zeitpunkt noch keinen Einfluß auf das Verhalten der

Auswerteschaltung, da In1 gesperrt ist.

Zu Beginn der ersten Wählserie legt die UBG "Eingangssteuerung" (SP15) NULL-Potential an SP10 und zusätzlich über ihren SP8 einen positiven Impuls an SP12. Der Impuls gelangt über G20 und DG8 an den Rücksetzeingang von MFs10 und setzt außerdem über G20 FF29 zurück. FF29 legt eine EINS an G21. Gleichzeitig wird über SP10 NULL an den anderen Eingang von G21 gelegt, so daß am Ausgang die NULL bleibt und In1 weiterhin gesperrt ist. Durch die NULL an SP10 wird über DG8 die Sperrung von MFs10 aufgehoben.

Das Ende einer Wählserie hat keinen Einfluß auf die Schaltung. Bei Eintreffen eines HT gelangen HT-Impulse über SP15 an den Eingang von MFs 10 und erregen es. Seine Laufzeit hängt von der UBG "Zusatzsteuerung" ab. Hat diese erkannt, daß ein Freiton mit kurzer Sendepause anliegt (3"- oder 5"-Ruf), legt sie NULL-Potential an SP13 der UBG "Sprache", und die Laufzeit von MFs10 beträgt 6,4 s. Andernfalls liegt EINS-Potential an, und MFs10 läuft 12,8 s.

Gleichzeitig mit der Erregung von MFs10 wird FF29 wieder gesetzt und dadurch über G21, G22 und DG3 die Sperrung von In1 und MV1 aufgehoben. Damit ist die Schaltung zum Empfang von Sprachsignalen bereit.

Jeder ND-Impuls wird an den Steckpunkten SP1...3 von der UBG "Sieb" aufgenommen, und zwar an SP3 der gesamte Impuls, an SP1 ein Impuls, der die Vorderflanke kennzeichnet und an SP2 ein solcher, der die Rückflanke kennzeichnet. Mit dem letzteren wird MF20 gesetzt, welches 250 μ s läuft. Kommt der nächste ND-Impuls innerhalb dieser 250 μ s, was einer Frequenz > 2000 Hz entspricht, so wird MF20 über SP1 und G35 rückgesetzt und über SP2 wieder erregt. Kommt der nächste ND-Impuls später als nach 250 μ s, dann fällt MF20 zurück und stößt MF21 an. MF21 läuft ebenfalls 250 μ s und bereitet während dieser Zeit G36 vor. Kommt der nächste ND-Impuls, bevor MF21 zurückgefallen ist, so kann er von SP3 aus G36 passieren und stößt MFs11 an (Laufzeit 600 μ s).

Impulse, die einen Abstand $> 500 \mu\text{s}$ haben, werden nicht wirksam, da MF21 zurückgefallen ist und G36 sperrt.

Auf diese Weise werden nur ND-Impulse durchgelassen, die von Signalen zwischen 1000 und 2000 Hz abgeleitet werden. MFs11 öffnet In1, und dessen Kondensator beginnt sich aufzuladen. Fällt MFs11 zurück, weil keine weiteren ND-Impulse eintreffen (Sprechpause), so hält In1 die Spannung und integriert weiter, wenn MFs11 erneut erregt wird. Nach einer gesamten Integrationszeit von 500 ms hat In1 die Schwellspannung erreicht und gibt einen Impuls ab (Beschreibung von In1 siehe 5.3.2). Die Integrationszeit (500 ms) ist experimentell so eingestellt worden, daß durch zwischen zwei Hörönen auftretende Störspannungen mit großer Wahrscheinlichkeit die Schwelle nicht erreicht wird.

Der Ausgangsimpuls von In1 setzt über DG4 FF30, das G24 vorbereitet, und läßt Multivibrator MV1 an, der Taktimpulse mit einer Periodendauer von 1,6 s an den Sprechzeitähler Z1 abgibt. Z1 legt entsprechend seiner Stellung Potential über die Ausgänge SP5, 6 und 8 an die Eingänge SP15, 16 und 17 der UBG "Relais II".

Kommt innerhalb der Laufzeit von MFs10 kein weiterer HT-Impuls, dann fällt es zurück und leitet folgende Vorgänge ein:

- (1) Über G20 wird impulsartig FF29 gesetzt, das seinerseits über G21, G22 und DG3 In1 und MV1 sperrt. Z1 bleibt in seiner Stellung stehen.
- (2) Über DG4 wird impulsartig FF30 gesetzt, wenn das nicht schon vorher durch In1 geschehen ist (Das vorherige Setzen durch In1 ist für die hier geschilderte Betriebsart ohne Bedeutung; es ist für den Fall vorgesehen, daß man auch bei ankommenden Gesprächen Sprache empfangen will).
- (3) An das von FF30 vorbereitete G24 legt MFs10 NULL-Potential. G24 schaltet durch und legt über SP17 EINS-Potential an SP18 der UBG "Lochersteuerung" der BG "Lochung".

(4) Das EINS-Potential am Ausgang von G24 steuert den Kurzschließer K5 an, der den Eingang von G26 kurzschließt, so daß neu eintreffende HT-Impulse unwirksam werden. Diese Maßnahme verhindert, daß ein BT, der in einer Nebenstellenanlage vom rufenden Teilnehmer empfangen wird, wenn der gerufene Teilnehmer zuerst auflegt, mit seinen ND-Impulsen über G26 und G23 Z1 zurückstellt und die Auslöschung des Sprechzeitwertes verhindert.

Trifft innerhalb der Laufzeit von MFs10 erneut ein HT-Impuls über G26 ein, so wird MFs10 zurückgesetzt und sofort wieder erregt. Außerdem setzt jeder Impuls von G26 aus über G23 FF30 und Z1 zurück. Von G23 aus wird über DG3 In1 kurzgeschlossen und MV1 angehalten. Die Schaltung ist damit auf den Empfang neuer Sprachsignale vorbereitet.

Trifft, nachdem Sprache aufgenommen ist, eine Wählserie ein, so wird über SP12 und G20 FF29 zurückgesetzt; damit werden über G21, G22 und DG3 In1 und MV1 gesperrt. Gespeicherte Informationen werden nicht gelöscht. Die Entscheidung über die Auslöschung der aufgenommenen Werte wird in den UBG "Zusatzsteuerung" und "Lochersteuerung" getroffen.

Wird, nachdem Gesprächsbeginn festgestellt worden ist, ein Freiton ausgewertet, gelangt EINS-Potential von der UBG "Hörton"-SP4 an SP18. Über G23 wird FF30 zurückgesetzt. Der Ausgang von G24 geht auf NULL und damit auch der Ausgang SP17. Das NULL-Potential am Ausgang von G24 steuert K5 so, daß der Kurzschluß am Eingang von G26 aufgehoben wird. Die eintreffenden HT-Impulse bereiten, wie oben beschrieben, die Schaltung auf den Empfang von Sprachsignalen vor.

Von der UBG "Lochersteuerung" kommt bei Belegungsanfang, nach dem Ablocken der Information während einer Wählserie und nach dem Ablocken zum Schluß der Beobachtung einer Belegung über SP 18 ein positiver Rücksetzimpuls. Er setzt über G23 Z1 und FF30 zurück und über DG3 In1 und MV1. Die Rücksetzung bei Belegungsanfang dient nur dem Schutz gegen Störimpulse.

Der Eingang SP9 ist für die Betriebsart "Aufnahme von Sprachsignalen bei ankommenden Belegungen" vorgesehen. Liegt EINS-Potential an SP9, dann wird über G22 und DG3 die Sperrung von In1 und MV1 aufgehoben.

5.2.7 Beschreibung der UBG "Eingangssteuerung" der BG "Steuerung"

5.2.7.1 Aufgaben der UBG "Eingangssteuerung"

Die UBG "Eingangssteuerung" erfüllt folgende Aufgaben:

1. Sie nimmt von der in /2/ beschriebenen Verkehrsmeßeinrichtung (VME) die Information "Belegungsanfang" auf und veranlaßt die Rücksetzung des HTGA in den Ausgangszustand. Diese Maßnahme ist zur Sicherung gegen Fehler vorgesehen, falls eines der speichernden Elemente im unbelegten Zustand des HTGA durch einen Störimpuls geschaltet worden ist.
2. Sie nimmt die Information "Beginn der 1. Wählserie" auf und gibt sie an die UBG "Sprache" (siehe 5.2.6.2) und an die UBG "Hörton" (siehe 5.2.5.3). In der UBG "Sprache" wird dadurch die Erkennung des Gesprächsbeginns freigegeben; in der UBG "Hörton" erfolgt eine Umschaltung, die die unterschiedlichen Sende- und Pausenzeiten der Höröne vor- und nach Wählbeginn berücksichtigt.
3. Sie prüft am Ende der 1. Wählserie, ob eine 0 oder 8 gewählt worden ist. Ist dieses nicht der Fall, dann veranlaßt sie die UBG "Zusatzsteuerung", für die Dauer der Belegung die Meßzeit zur Feststellung des Gesprächsbeginns in der UBG "Sprache" auf 6,4 s einzustellen (siehe 5.2.6.2). Der Grund für diese Umschaltung ist folgender: Wird keine 0 oder 8 gewählt, so handelt es sich um einen Anruf innerhalb der Nebenstellenanlage, in der die Sendepause des Ruftons maximal 4,33 s beträgt. Die UBG "Sprache" braucht also nach Empfang eines Hörtons nur 6,4 s (4,33 s Pause + 2·1,02 s Sendezeit, falls vom 1. HT nur der Anfang und vom 2. HT nur das Ende aufgenommen wird;

siehe 2.1.3) zu warten, um den Beginn eines Gesprächs festzustellen. Ist eine 0 oder 8 gewählt worden, so geht der Anruf in das öffentliche Netz, und die Entscheidung, ob ein 5"- oder 10"-Ruf vorliegt, kann erst später getroffen werden.

4. Sie verhindert vom Ende der 2. Wählserie bis zum Beobachtungsende, daß eine gewählte 0 oder 8 die unter 3. beschriebene Umschaltung vornimmt.
5. Sie gibt die Information "Wählserie" als statisches Potential über die UBG "Zusatzsteuerung" an die VME (siehe /2/, S. 51) weiter.
6. Sie erzeugt bei Beginn jeder Wählserie einen Impuls und veranlaßt damit in der UBG "Lochersteuerung" die Ablochung der gespeicherten Information, außerdem die Rücksetzung der Empfangsschaltung der UBG "Sprache" (siehe 5.2.6).
7. Sie nimmt den Quittungsimpuls des Streifenlochens der VME auf und gibt ihn an die UBG "Lochersteuerung" weiter, wenn diese nach Empfang des Lochbefehls die Sperrung des Impulsformers in der UBG "Eingangssteuerung" aufhebt.

5.2.7.2 Vorgänge in der UBG "Eingangssteuerung" während einer Belegung

Bei Belegungsanfang legt die VME über ihren Markierer - SPI10 (siehe /2/) 0V an SP1. Die Potentialänderung von + 60 V auf 0V geht zum Eingang des Impulsformers IF3. IF3 enthält einen Eingangsteiler, einen Integrierer (um Störungen und Prellungen unwirksam zu machen) und einen Schmitttrigger. Differenzierer D 9 differenziert das invertierte Ausgangssignal und gibt den erzeugten positiven Impuls über DG9 und Verstärker V5 an den Ausgang SP9.

Die Potentialänderung von 0V auf + 60 V an SP1 nach Beendigung des Ablochvorganges bei Beobachtungsende wird von IF3

ebenfalls geteilt, geglättet und geformt und über den nicht invertierenden Ausgang an Differenzierer $\hat{D} 10$ gegeben, der einen positiven Impuls über DG 9 und V5 an SP9 legt. Der positive Impuls bei Beobachtungsanfang und -ende setzt alle Baugruppen des HTGA in den Ausgangszustand.

An der Ruheseite des Kontaktes $v \text{ III}_2$ im Zielfaktorrelais-satz der VAM (siehe /2/, S. 36) ändert sich während einer Wählserie das Potential von 0V auf + 60 V . Über SP16 nimmt Impulsformer IF2 diesen Sprung auf. IF2 arbeitet wie der oben beschriebene IF 3 . Bei Beginn der 1. Wählserie werden von IF2 folgende Vorgänge eingeleitet:

- (1) Das EINS-Potential am Ausgang von IF2 setzt FF41 , das erst bei Beobachtungsende von IF3 über $\hat{D}10$, DG9 und V5 zurückgesetzt wird. FF41 veranlaßt über SP13 und SP15 die Umschaltung von MF15 , MF16 und I10 in der UBG "Hörton" . Außerdem bereitet es die Aufhebung der Sperrung von In1 und MV1 in der UBG "Sprache" vor. Ferner wird das EINS-Potential über die UBG "Zusatzsteuerung" (siehe 5.2.8.2.1) weitergegeben.
- (2) Der positive Potentialsprung wird über Differenzierer $\hat{D}8$ und Verstärker V6 als positiver Impuls an SP8 gegeben. Er leitet über SP2 in der UBG "Lochersteuerung" die Ab- lochung der gespeicherten Werte ein (siehe 5.2.9.2) und setzt in der UBG "Sprache" MFs10 und FF29 zurück (siehe 5.2.6).

Am Ende der 1. Wählserie geschieht folgendes:

- (1) Am Ausgang von IF2 geht das Potential von EINS auf NULL . Die Information "Wählserienende" wird über SP18 an die UBG "Zusatzsteuerung" gegeben.
- (2) Der negative Potentialsprung am Ausgang von IF2 setzt FF38 , das NULL an G28 legt. FF39 und FF40 sind bei Belegungsanfang von IF3 über DG9 und V5 in Ruhe- lage gebracht und legen ebenfalls eine NULL an G28 .

Eingang SP12 ist mit der Codier- und Steuerstufe der VME (siehe /2/) verbunden. Wird eine gewählte Ziffer 0 oder 8 gelocht, so springt das Potential für die Dauer des Ablochvorganges (ca. 40 ms) von OV auf +60V. IU1 nimmt das positive Potential auf und gibt es invertiert an G28 weiter. G28 schaltet durch, und die EINS an seinem Ausgang setzt FF40, das seinerseits EINS an G28 legt und es damit sofort sperrt. Außerdem geht die EINS zu Verstärker V7, der NULL über SP17 an SP14 der UBG "Zusatzsteuerung" legt. Wird keine 0 oder 8 gewählt, so bleibt G28 gesperrt, FF40 in Ruhestellung und an SP17 eine EINS.

Mit der 2. Wählserie geschieht folgendes:

- (1) Während der Wählserie wird positives Potential an SP18 gegeben.
- (2) Beim Ende der Wählserie wird FF38 von IF2 umgeschaltet. Der Ausgang legt Sperrpotential (EINS) an einen der Eingänge von G28; außerdem wird über ^AD8 FF39 gesetzt. FF39 legt zusätzlich Sperrpotential an G28. Unabhängig vom Potential an SP12 kann G28 ab der 2. Wählserie nicht mehr durchschalten.

Bei weiteren Wählserien wird jeweils positives Potential von IF2 an SP18 gegeben. Außerdem wird FF38 umgeschaltet, was aber den Zustand der nachfolgenden Elemente nicht mehr beeinflusst.

IF1 liegt über SP3 am Nockenkontakt des Streifenlochens der VME. Der Quittungsimpuls legt +60V an SP3. IF1 ist ein Impulsformer, der die empfangenen Impulse teilt, glättet und formt. Er wird über SP7 von der UBG "Lochersteuerung" gesperrt, solange diese keinen Auslochbefehl empfangen hat. Nach dem Ablochen jedes Wertes gibt IF1 den geformten Quittungsimpuls von ^AD11 differenziert als positiven Impuls über SP2 an SP1 der UBG "Lochersteuerung". Nach Beendigung des Ablochvorganges im HTGA wird IF1 wieder über SP7

von der UBG "Lochersteuerung" gesperrt.

5.2.8 Beschreibung der UBG "Zusatzsteuerung" der BG "Steuerung"

5.2.8.1 Aufgabe der UBG "Zusatzsteuerung"

Die UBG "Zusatzsteuerung" hat 2 Aufgaben:

- (1) Die Prüfung der Frage, ob der von der UBG "Sprache" gemessene Sprechzeitwert ausgelocht werden soll. Durch lautes Sprechen des rufenden Teilnehmers während einer Wählpause, in der ein Hörton empfangen wird, kann es vorkommen, daß "Gesprächsbeginn" gemeldet wird. Diese falsche Information darf nicht abgelocht werden.

Da die Meßeinrichtung an die Teilnehmerleitung angeschaltet wird, ist zunächst das Auflegen des Handapparates nicht vom Beginn einer Wählserie zu unterscheiden. Es muß daher erst einmal abgewartet werden, ob nach dem beide Vorgänge einleitenden Potentialsprung auf der a- und b-Ader die Meldung "Ende der Belegung" oder "Ende der Wählserie" kommt.

Die UBG "Zusatzsteuerung" hat die Aufgabe, die Ablochung des Sprechzeitwertes zunächst zu verhindern und bei Wählserienende den gespeicherten Wert zu löschen, die Auslochung aber zu veranlassen, wenn sie die Meldung "Beobachtungsende" empfängt.

- (2) Die Erkennung der Hörtonsendepause und die entsprechende Steuerung der UBG "Sprache". Der Gesprächsbeginn wird, wie in 5.2.6 beschrieben, dadurch erkannt, daß die längste mögliche Sendepause verstreicht, ohne daß ein weiterer HT folgt. Die UBG "Zusatzsteuerung" prüft zunächst, ob der beobachtete Ruf an einen Teilnehmer innerhalb der Nebenstellenanlage gerichtet ist. Sie bekommt die dazu notwendige Information am Ende der 1. Wählserie von der UBG "Eingangssteuerung" (siehe 5.2.7.1). In diesem Fall stellt sie die Meßzeit bis zur Erkennung des Gesprächsbeginns in der UBG "Sprache" nach der 1. Wählserie auf 6,4 s ein. Im anderen Fall bleibt die Zeit zunächst auf 12,8 s.

Wegen des 1. Rufs mißt die UBG "Zusatzsteuerung" erst nach dem 2. Freiton, also nach Anschaltung des Weiterrufs, ob eine Sendepause $> 6,4$ s vorkommt. In diesem Fall bleibt die Meßzeit auf $12,8$ s eingestellt, andernfalls wird auf $6,4$ s umgeschaltet.

5.2.8.2 Vorgänge in der UBG "Zusatzsteuerung" während und am Ende der Beobachtung einer Belegung

5.2.8.2.1 Steuerung des Ablochvorganges

Bei Beginn des Ablochvorganges liegt von der UBG "Lochersteuerung"- SP9 her NULL-Potential an SP16 und damit über N15 und G38 EINS-Potential am Ausgang SP15. Dieses Potential schließt in der UBG "Relais I" über deren SP6 und Kurzschließer K6 den Eingang des Relaisverstärkers VR4 kurz und verhindert eine Ablochung des Sprechzeitwertes. Bei Beginn einer Wählserie bzw. Belegungsende legt die UBG "Eingangssteuerung" - SP18 EINS an SP18. Über N13 und DG10 wird diese EINS an G38 weitergegeben, und am Ausgang von G38 und damit an SP15 bleibt die EINS stehen. Gleichzeitig beginnt in der UBG "Lochersteuerung" die Ablochung der gespeicherten Werte. Ist FF49 (Gesprächsbeginn) gesetzt, so wird, wenn der HT abgelocht ist, über SP9 an SP16 der UBG "Zusatzsteuerung" EINS gelegt. Über N15 wird G38 durch eine NULL am Eingang vorbereitet. Bei Wählserienende legt die UBG "Eingangssteuerung"- SP18 an SP18 eine NULL. Über $\hat{D}12$ und K7, der geöffnet ist, gelangt ein EINS-Impuls an SP17 und von dort an SP3 der UBG "Lochersteuerung". Dort wird über DG7 FF49 rückgesetzt und damit das Potential an SP9 auf NULL gesetzt. Von SP9 gelangt NULL an SP16 der UBG "Zusatzsteuerung", und N15 legt EINS an G38. Der Ausgang von G38 bleibt auf EINS, und die Sperrung in der UBG "Relais I" bleibt erhalten. Die NULL an SP18 wird gleichzeitig über N13 und DG10 an den 2. Eingang von G38 gelegt. Da der erste Eingang auf EINS liegt, bleibt der Ausgang unverändert.

Hat die VME Belegungsende oder Beobachtungsende erkannt, legt sie über ihren Markierer - SP19 EINS an SP4 (siehe /2/, S. 63, (2)). K7 schließt den Ausgang von $\hat{D}12$ kurz, so daß

über SP17 das FF49 in der UBG "Lochersteuerung" nicht mehr zurückgesetzt werden kann. Durch die EINS an SP4 wird außerdem über DG10 NULL an G38 gelegt. Ist dieses durch das gesetzte FF49 vorbereitet (siehe voriger Absatz), dann ist die ~~UND~~bedingung für G38 erfüllt, und an SP15 erscheint die NULL. Der Kurzschluß an VR4 in der UBG "Relais I" wird aufgehoben, und die Ablochung des Sprechzeitwertes beginnt. Nach dem Ablochen kommt von der UBG "Lochersteuerung" - SP7 ein Rücksetzimpuls, der aber auf die bisher beschriebene Schaltung keinen Einfluß hat.

Wird das Beobachtungsende nicht durch Auflegen, sondern durch die VME (Zeitabschaltung, siehe /2/, S. 35) eingeleitet, dann ist der erste in der UBG "Zusatzsteuerung" wirksame Vorgang das Anlegen der EINS an SP4 (siehe voriger Absatz). Die EINS wird von D17 differenziert, und der Impuls startet über SP3 und SP20 der UBG "Lochersteuerung" den Ablochungsvorgang. Die EINS wird gleichzeitig über DG10 als NULL an G38 gelegt und bereitet dieses vor. Erreicht die Abfrage in der UBG "Lochersteuerung" das FF49, dann gelangt über ihren SP9 die EINS an SP16, und über N15 wird die ~~UND~~-Bedingung für G38 erfüllt. Von diesem Zeitpunkt an verlaufen die Vorgänge wie im vorigen Absatz beschrieben.

Das während einer Wählserie und nach Auflegen des Handapparates an SP18 liegende EINS-Potential wird über N13 und N14 verstärkt an SP6 und von dort an die VME weitergegeben (siehe /2/, S. 51). Außerdem liegt das Potential an DG11. Seine Funktion wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

5.2.8.2.2. Bestimmung der Länge der Hörtonsendepausen

Bei Belegungsanfang setzt die UBG "Lochersteuerung" - SP7 über SP1, V9 und DG11 Z3 und FF52 zurück. Die Vorgänge vor der Wahl der ersten Ziffer sind ohne Bedeutung, da die UBG "Sprache" noch keine Sprachsignale auswerten kann und der Rücksetzimpuls zu Beginn der 1. Wählserie an SP18 über N13, N14 und DG11 Z3 und FF52 in den Ausgangszustand setzt. Wird als erste Ziffer keine 0 oder 8 gewählt, so liegt von

der UBG "Eingangssteuerung" - SP17 her an SP14 eine EINS . FF52 wird gesetzt, und am Ausgang SP12 liegt NULL . Dadurch wird in der UBG "Sprache" über SP13 das MFs10 auf 6,4 s eingestellt. Die Vorgänge in der übrigen Schaltung sind ohne Bedeutung, da die EINS an SP14 bis Beobachtungsende anliegt. Die kurze impulsartige Rücksetzung zu Beginn jeder Wählserie über DG11 ist ohne Wirkung, da die EINS an SP14 nach Verschwinden des Rücksetzimpulses wieder FF52 setzt. Der kurzzeitige undefinierte Zustand des FF52 während der Wählserie ist unschädlich, da die UBG "Sprache" bis Ende der Wählserie keine HT empfangen kann.

Wird als erste Ziffer 0 oder 8 gewählt, dann geht SP17 der UBG "Eingangssteuerung" auf NULL . FF52 bleibt in Ausgangslage, und die EINS an SP12 stellt über SP13 - UBG "Sprache" MFs10 auf 12,8 s Laufzeit ein.

Mit dem 1. HT geschieht folgendes: Von der UBG "Hörton" - SP10 liegt bei Signalanfang ein positiver Spannungssprung an SP8 , der, von $\hat{D}14$ differenziert, FF51 setzt. Damit wird G11 vorbereitet. Der 1. HT-Impuls, der von der UBG "Integrierer" - SP13 zu SP10 gelangt, schaltet über N16 für die Impulsdauer G37 durch, und Zähler Z3 wird in Stellung 1 geschaltet. Außerdem wird MF22 erregt und fällt nach 1 ms zurück (Impulsformung). Die Rückflanke des Ausgangsimpulses gelangt über N19 , von $\hat{D}15$ differenziert, zu K8 , der den Ausgang von $\hat{D}15$ kurzschließt, da Z3 noch nicht in Stellung 2 steht. Der 1. HT-Impuls des 1. empfangenen Hörtons setzt über N16 und N17 FF51 sofort wieder zurück, so daß kein neuer HT-Impuls Z3 weiterschalten kann, bevor wieder Signalanfang aufgenommen wird. Beim 2. HT wiederholt sich der beschriebene Vorgang, Z3 geht in Stellung 2 und bleibt bis zum Rücksetzen so stehen. Nach dem Abfall von MF22 wird MF23 erregt. Es läuft 6,4 s und bereitet während dieser Zeit G39 vor.

Kommt vor dem Rückfall von MF23 ein neuer HT, so wird MF22 wieder erregt, und über N18 wird G39 durchgeschaltet. Über

DG12 gelangt ein positiver Impuls zu FF52 und setzt es. FF52 gibt über SP12 NULL an SP13 der UBG "Sprache" .

Bei Beginn jeder Wählserie und bei Beobachtungsende werden Z3 und FF52 rückgesetzt.

Kommt vor dem Ende der Laufzeit von MF23 kein weiterer HT-Impuls, dann wird mit dem Rückfall des MF23 G39 gesperrt, und ein später eintreffender HT-Impuls kann FF52 nicht schalten. Die Laufzeit des MFs10 in der UBG "Sprache" bleibt auf 12,8 s eingestellt.

Jeder neu einlaufende HT veranlaßt die gleichen Vorgänge wie der 3. HT, so daß, wenn der Empfang zu Anfang gestört ist, auch später noch die Umschaltung der Gesprächszeitwertung erfolgen kann.

5.2.9 Beschreibung der UBG "Lochersteuerung" der BG "Lochung"

5.2.9.1 Aufgabe der UBG "Lochersteuerung"

Die UBG "Lochersteuerung" nimmt von den BG "Erkennung" und "Auswertung" die Informationen über den Empfang von HT und den Beginn eines Gesprächs auf, speichert sie und veranlaßt ihre Ablochung entsprechend den Befehlen der BG "Steuerung" . Bei Empfang eines HT wird zunächst die Information "HT" gespeichert. Wird anschließend BT oder \overline{BT} (Frei- oder Wählton) erkannt, wird die entsprechende Information gespeichert und "HT" gelöscht. Der Speicher " \overline{BT} " löscht außerdem "BT" (siehe 5.2.5.5). Bei Meldung des Gesprächsbeginns speichert die Schaltung die Information "SP" und verhindert die Übernahme weiterer Informationen. Außerdem meldet sie die Erkennung des Gesprächsbeginns an die VME (siehe /2/, S. 61). "SP" wird jedoch bei Auswertung eines erneut eintreffenden \overline{BT} durch die UBG "Hörton" wieder gelöscht (siehe 5.2.6.1, (4)).

5.2.9.2 Vorgänge in der UBG "Lochersteuerung" während und am Ende der Beobachtung einer Belegung

Bei Belegungsanfang wird von der UBG "Eingangssteuerung" -SP9

über SP14 ein positiver Rücksetzimpuls gegeben. Der Impuls gelangt über D57 zu FF45 und zu den Speichern FF46 , 47 , 48 und über D67 zu FF49 , ferner direkt zum Steuerzähler Z2 und über D57 und G30 an MV2 . Der Rücksetzimpuls wird außerdem über D57 , D56 und SP7 an die UBG "Sprache"-SP16 weitergegeben.

Bei Aufnahme des ersten HT setzt die UBG "Integrierer" - (SP13) mit dem 1. HT-Impuls über SP15 und den geöffneten Kurzschließer K1 FF46 . Wertet die UBG "Hörton" einen BT aus, setzt sie über ihren Ausgang SP5 , über SP17 und K2 FF47 . FF47 setzt über DG5 und D53 FF46 zurück. Nimmt die UBG "Hörton" einen \overline{BT} auf, dann setzt sie über ihren Ausgang SP4 , über SP16 und K3 FF48 . FF48 legt seinerseits Rücksetzpotential über DG5 und D53 an FF46 , außerdem über N12 und D71 an FF47 . Hat die UBG "Sprache" Gesprächsbeginn festgestellt, setzt sie über ihren Ausgang SP17 , über SP18 und K4 FF49 , das über D73 EINS an die Kurzschließer K1...K4 legt. Von SP18 wird außerdem über V8 und Ausgang SP6 zur Kennzeichnung des Zustandes "Gespräch" EINS an die VME gelegt. Bei Aufnahme eines \overline{BT} wird die Information "Gespräch" dadurch gelöscht, daß eine EINS von der UBG "Hörton" - SP4 über SP16 und DG7 an den Rücksetzeingang von FF49 gelegt wird. FF49 kippt zurück und hebt die Sperrung der Speichereingänge durch die Kurzschließer K1...K4 auf.

Bei Beginn einer Wählserie bzw. Auflegen des Handapparates gibt die UBG "Eingangssteuerung" - SP8 an SP2 einen EINS-Impuls. Dadurch werden folgende Vorgänge eingeleitet:

- (1) Über DG6 wird MF18 erregt, das für 300 ms (Laufzeit des MF18 entsprechend der maximalen Dauer des Ablochvorganges) die Kurzschließer K1...K4 ansteuert, so daß die FF46...FF49 nicht durch Störungen gesetzt werden können.
- (2) Über DG6 wird MF19 erregt. MF19 hat eine Laufzeit von 57 ms . Um diese Zeit wird der Beginn des Ablochens verzögert, um der VME Gelegenheit zu geben, ein Zeitzeichen

abzulochen (siehe /2/, S. 59). Nach dem Rückkippen von MF19 wird zunächst FF45 gesetzt. FF45 legt NULL über SP8 an SP7 der UBG "Eingangssteuerung" und veranlaßt damit die Aufhebung der Sperrung des Locherquittungsimpulses. Ferner wird über D52 Z2 in Stellung 1 gebracht und Multivibrator MV2 angelassen.

Damit ist der Ablochvorgang eingeleitet. In Stellung 1 hebt Z2 die Sperrung von G31 auf. Wenn FF46 gesetzt ist, liegt am Ausgang von G31 eine EINS. Über G30 wird MV2 stillgesetzt, und Z2 bleibt in Stellung 1. Die EINS geht ferner über Ausgang SP10 an SP4 der UBG "Relais I" und veranlaßt die Lochung des Zeichens "HT". Nach der Lochung gelangt der Quittungsimpuls als EINS-Impuls über die UBG "Eingangssteuerung" an SP1. Er geht an den Rücksetzungseingang von MF19, schaltet Z2 auf Stellung 2 und läßt MV2 wieder anlaufen. In Stellung 2 hebt Z2 die Sperrung von G32 auf und sperrt G31 gleichzeitig wieder.

Wie oben erläutert wurde, kann nur eines der FF46...48 gesetzt sein. Im hier beschriebenen Fall (FF46 gesetzt) müssen also FF47...48 in Ruhelage sein. G32 schaltet nicht durch, und MV2 legt über G29 seinen 10 kHz-Takt an Z2. Z2 geht in Stellung 3 und hebt die Sperrung von G33 auf. Da FF48 nicht gesetzt ist, schaltet auch G33 nicht durch; Z2 wird von MV2 in Stellung 4 geschaltet und hebt die Sperrung von G34 auf.

Der Ablochvorgang verläuft analog, wenn FF47 oder FF48 gesetzt ist. In diesen Fällen wird entweder über SP11 die Ablochung des BT-Zeichens oder über SP12 die des \overline{BT} -Zeichens eingeleitet.

Der weitere Verlauf hängt von der Stellung des FF49 und der UBG "Zusatzsteuerung" ab.

Ist FF49 nicht gesetzt, bleibt G34 gesperrt, und MV2 setzt Z2 in die Nullstellung. Der von D7 differenzierte Potentialsprung am Ausgang von Z2 setzt über G30 MV2 still. Mit dem

gleichen Impuls wird über D7 FF45 rückgesetzt. FF45 legt über SP8 EINS an SP7 der UBG "Eingangssteuerung" und sperrt damit wieder den Quittungsimpuls. Von D7 geht der Rücksetzimpuls außerdem zu den FF46...48, über DG7 zu FF49 und über D56 zu SP7, wodurch die UBG "Sprache" rückgesetzt wird. Die UBG "Lochersteuerung" ist nunmehr in Ausgangsstellung.

Ist FF49 gesetzt, wird G34 durchgeschaltet und setzt über G30 MV2 still. Über SP9 wird EINS an SP17 der UBG "Relais I" gelegt. Der weitere Verlauf hängt von der UBG "Zusatzsteuerung" ab. Wenn noch kein Beobachtungsende erkannt ist, legt diese über ihren SP15 EINS an SP20 der UBG "Relais I" und verhindert damit die Ablochung.

Erfolgt der Ablochvorgang während einer Wählserie, bleibt die Sperrung bis zum Wählserienende aufrechterhalten. Danach legt die UBG "Zusatzsteuerung" - SP17 eine EINS an SP3 und setzt über DG7 FF49 zurück. K1...4 öffnen wieder die Eingänge der FF46...49, G34 wird wieder gesperrt, und G30 beendet die Sperrung von MV2. Nach dem Ablochen der gewählten Ziffer durch die VME läßt der Quittungsimpuls über SP1 MV2 an. Z2 wird von MV2 in Nullstellung geschaltet, und die Schaltung kehrt wie oben beschrieben in den Ausgangszustand zurück.

Erfolgt der Ablochvorgang am Ende der Beobachtung, so legt die UBG "Zusatzsteuerung" NULL an SP20 der UBG "Relais I". Der Sprechzeitwert wird abgelocht, und anschließend erfolgt wie oben beschrieben die Rücksetzung der Schaltung in den Ausgangszustand.

5.2.10 Beschreibung der UBG "Relais I" und "Relais II" der BG "Lochung"

Die UBG "Relais I" nimmt an den SP4, 8, 13 und 17 die Lochbefehle für HT, BT, \overline{BT} und Sprache entgegen und verstärkt sie mit den Relaisverstärkern VR1...VR4. Die Relais R1...3 legen über ihre Kontakte $r_{1,9,10}$... $r_{3,9,10}$ und über

SP2,6 und 10 + 60V an die Lochersteuerung der VME . Nach dem Quittungsimpuls des Lochers werden die Relais durch Verschwinden der EINS an SP 4 , 8 bzw. 13 zum Abfall gebracht. Relais R4 wird angesteuert, wenn die Sprechzeit abgelocht werden soll. Bedingung dafür ist, daß die UBG "Lochersteuerung" EINS an SP17 und die UBG "Zusatzsteuerung" NULL an SP20 legt. K6 ist dann geöffnet, und R4 kann über VR4 anziehen. Hat R4 angezogen, legt es über seinen Kontakt r4_{9,10} und SP15 + 60V an SP10 der UBG "Relais II" .

Die UBG "Relais II" bekommt während der Messung der Sprechzeit von der UBG "Sprache" über SP15 , 16 und 17 EINS-Potential entsprechend der Stellung des Sprechzeit Zählers Z1 . Die Relais R5 , R6 und R7 stellen sich, angesteuert über die Relaisverstärker VR5...7 , entsprechend den anliegenden Potentialen ein. Die Kontakte verbinden SP10 mit den Ausgängen SP9 , 8 , 2 , 3 , 6 , 7 , 4 und 5 . Die Codierung ist aus der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen.

Codierung der Sprechzeitwerte

<u>SP</u>	<u>R5</u>	<u>R6</u>	<u>R7</u>	<u>gelochter Sprechzeitwert</u>	<u>Zeitwert (s)</u>
9	0	0	0	1	0,8 ± 0,8
8	0	0	1	2	2,4 ± 0,8
2	0	1	0	3	4,0 ± 0,8
3	0	1	1	4	5,6 ± 0,8
6	1	0	0	5	7,2 ± 0,8
7	1	0	1	6	8,8 ± 0,8
4	1	1	0	7	10,4 ± 0,8
5	1	1	1	8	12,0 ± 0,8

Wenn die UBG "Relais I" + 60V an SP10 legt, wird der eingestellte Zeitwert abgelocht. Nach dem Empfang des Quittungsimpulses des Lochers verschwinden die Potentiale von den SP10 , 15 , 16 und 17 , die Relais fallen ab, und die UBG "Relais II" ist wieder in Ausgangsstellung.

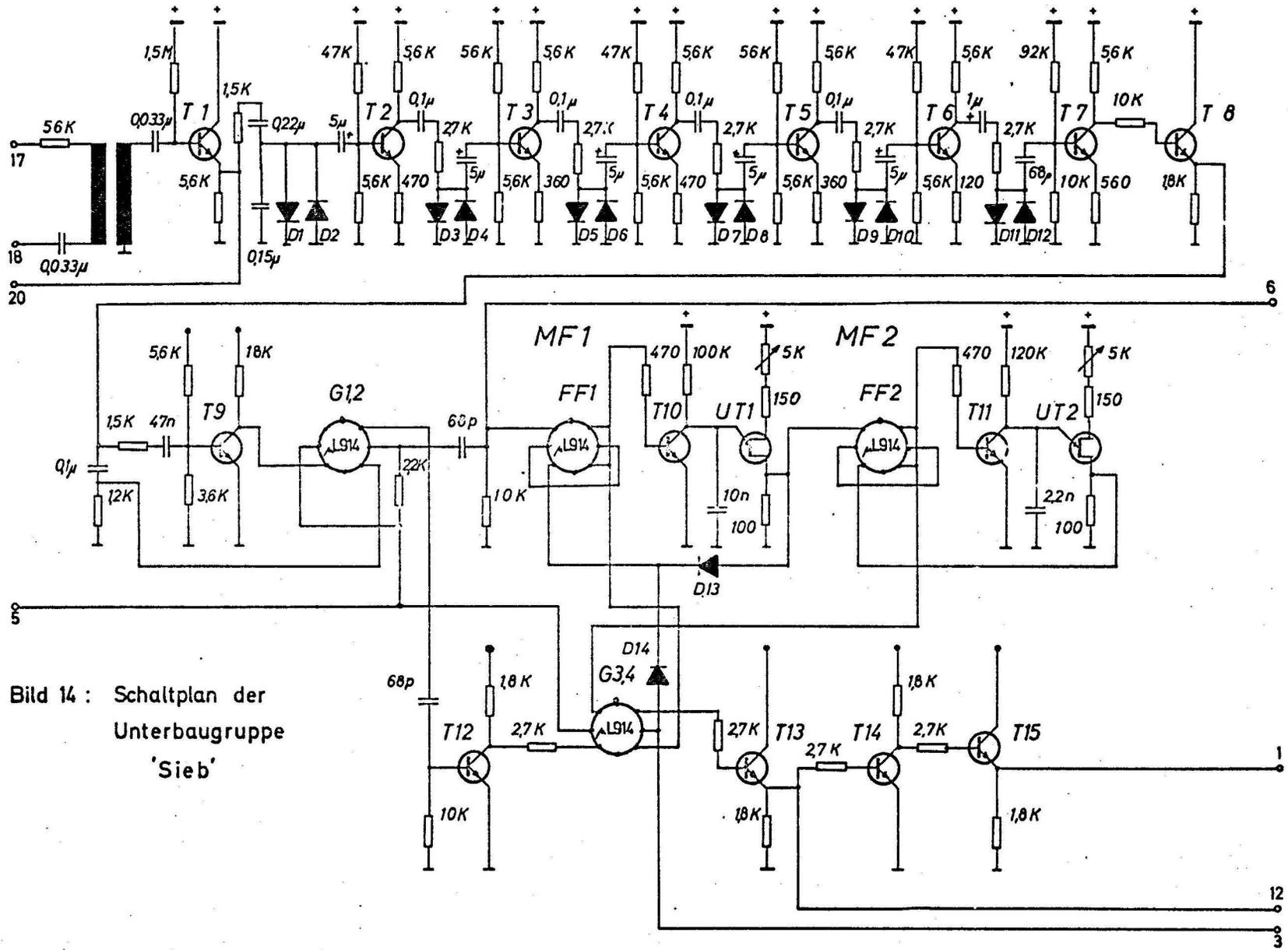


Bild 14 : Schaltplan der Unterbaugruppe 'Sieb'

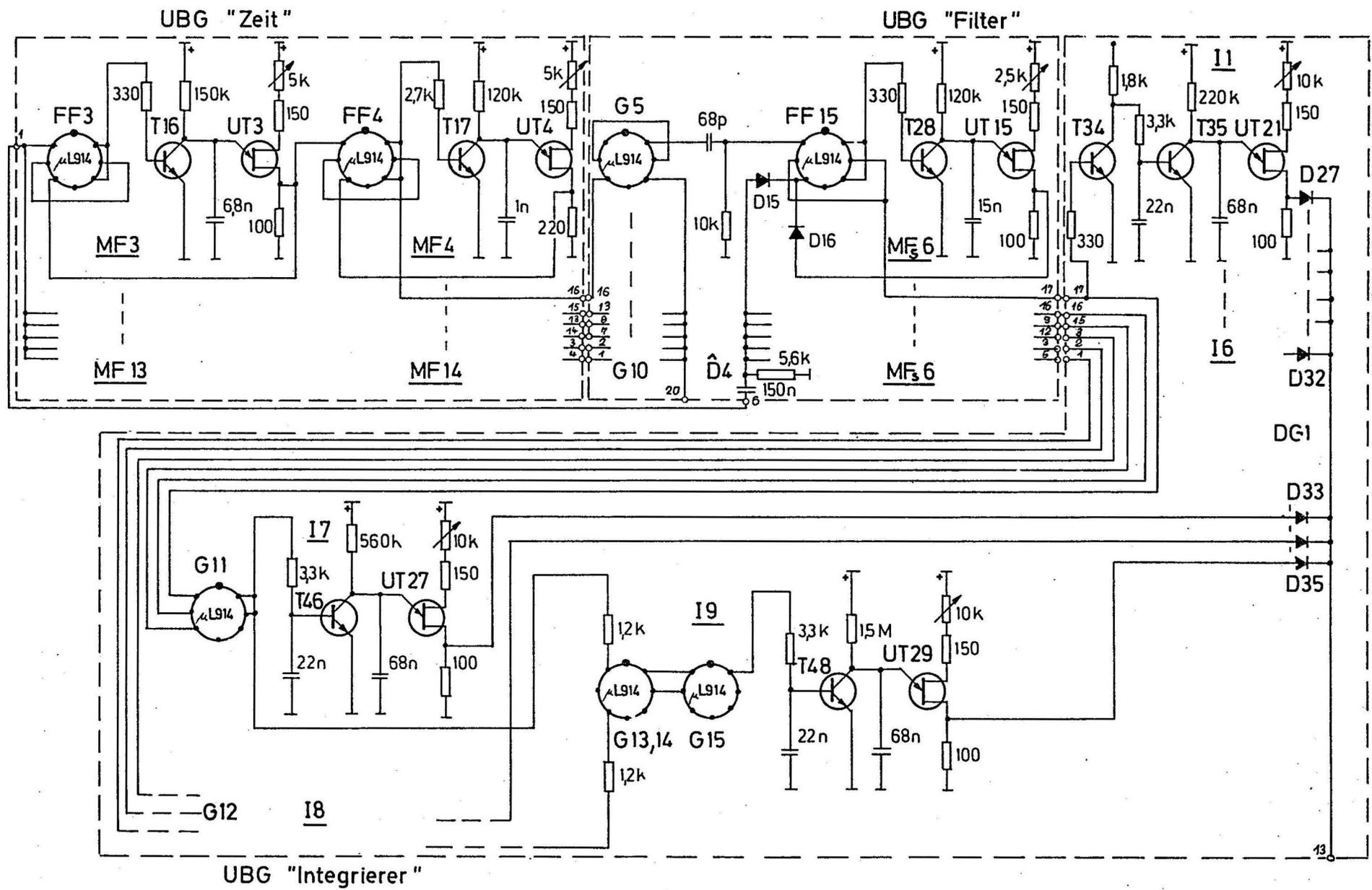


Bild 15: Schaltplan der Unterbaugruppen "Zeit", "Filter" und "Integrierer"

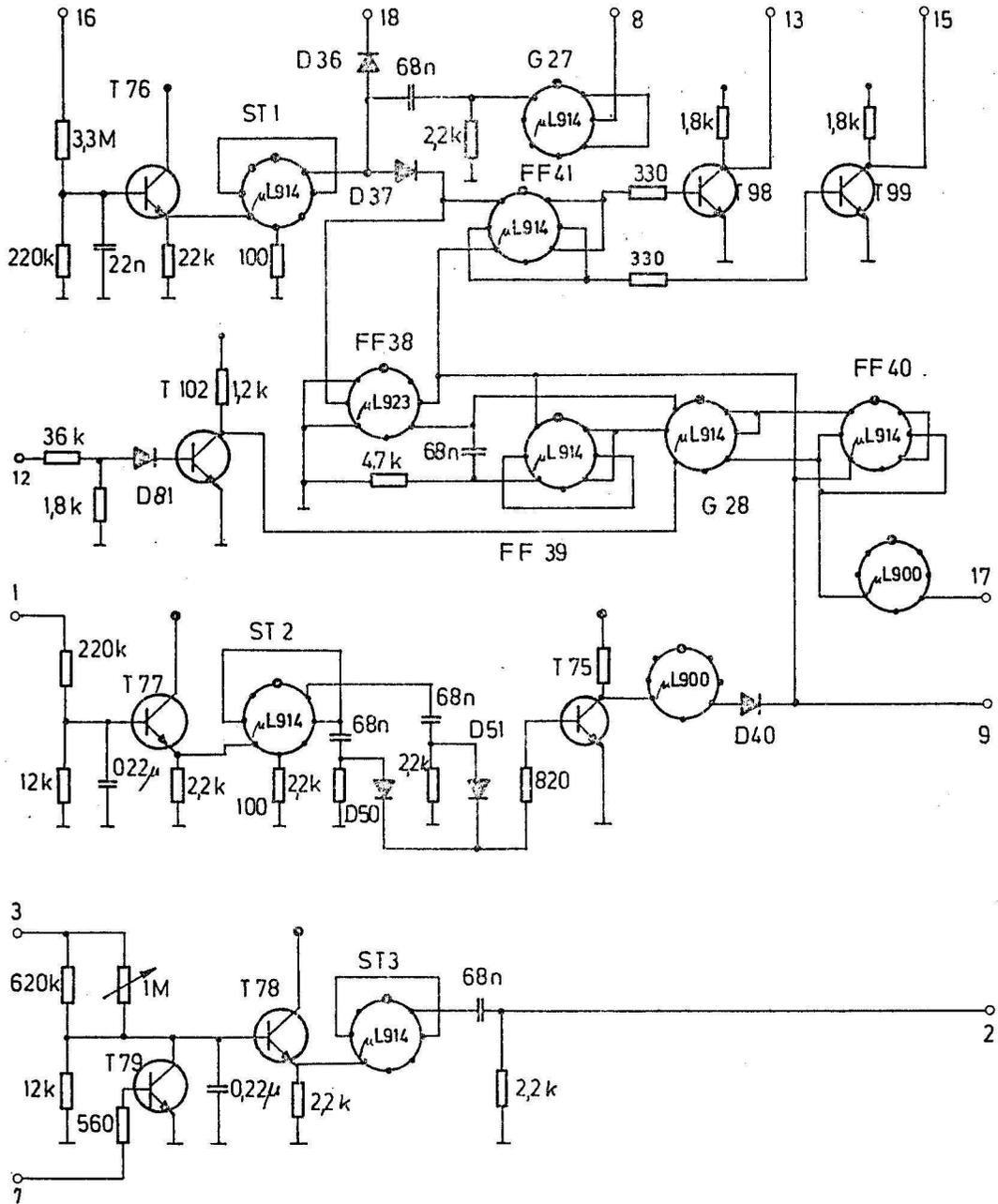


Bild 18: Schaltplan der Unterbaugruppe "Eingangssteuerung"

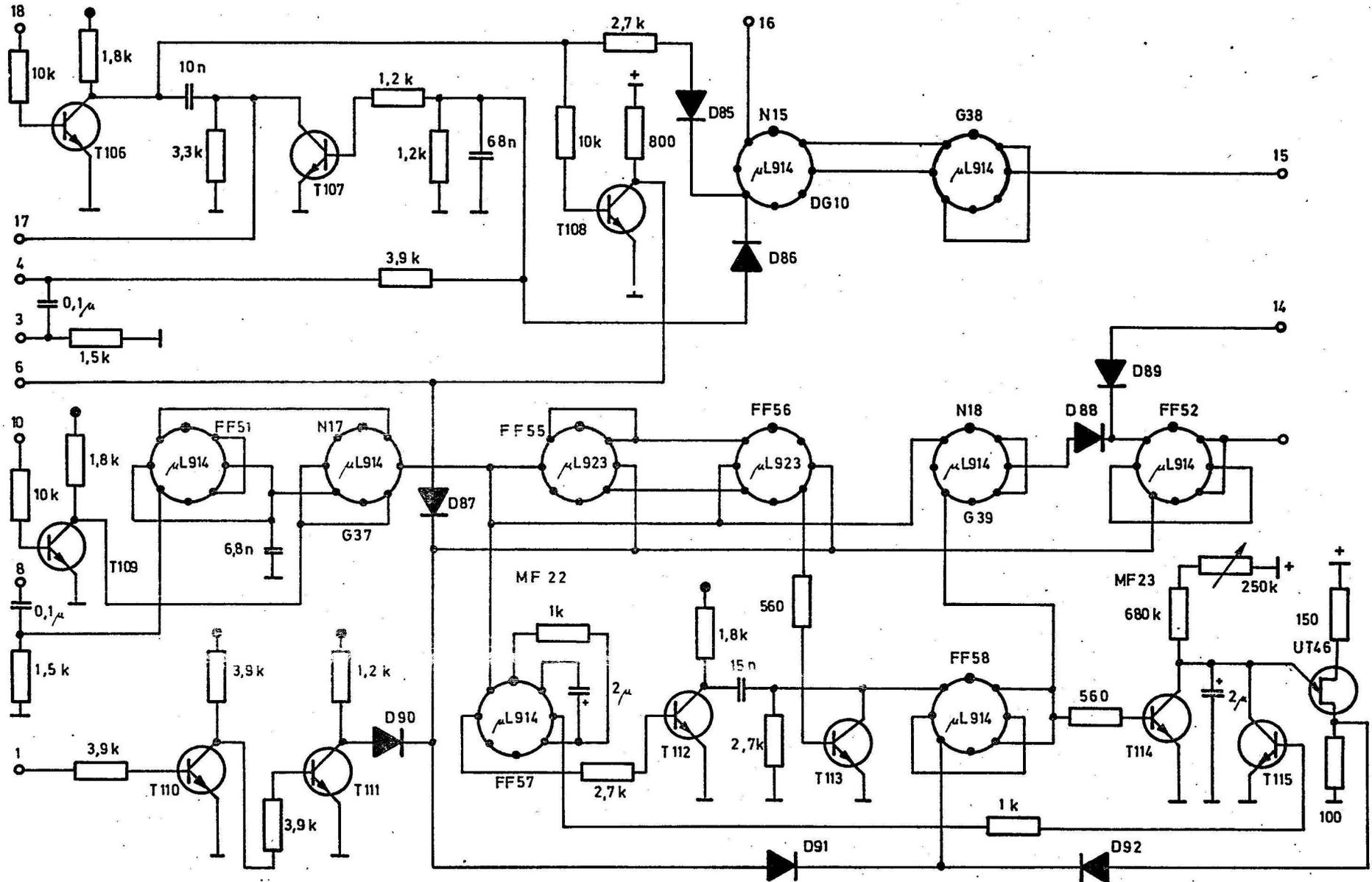


Bild 19: Schaltplan der Unterbaugruppe 'Zusatzsteuerung'

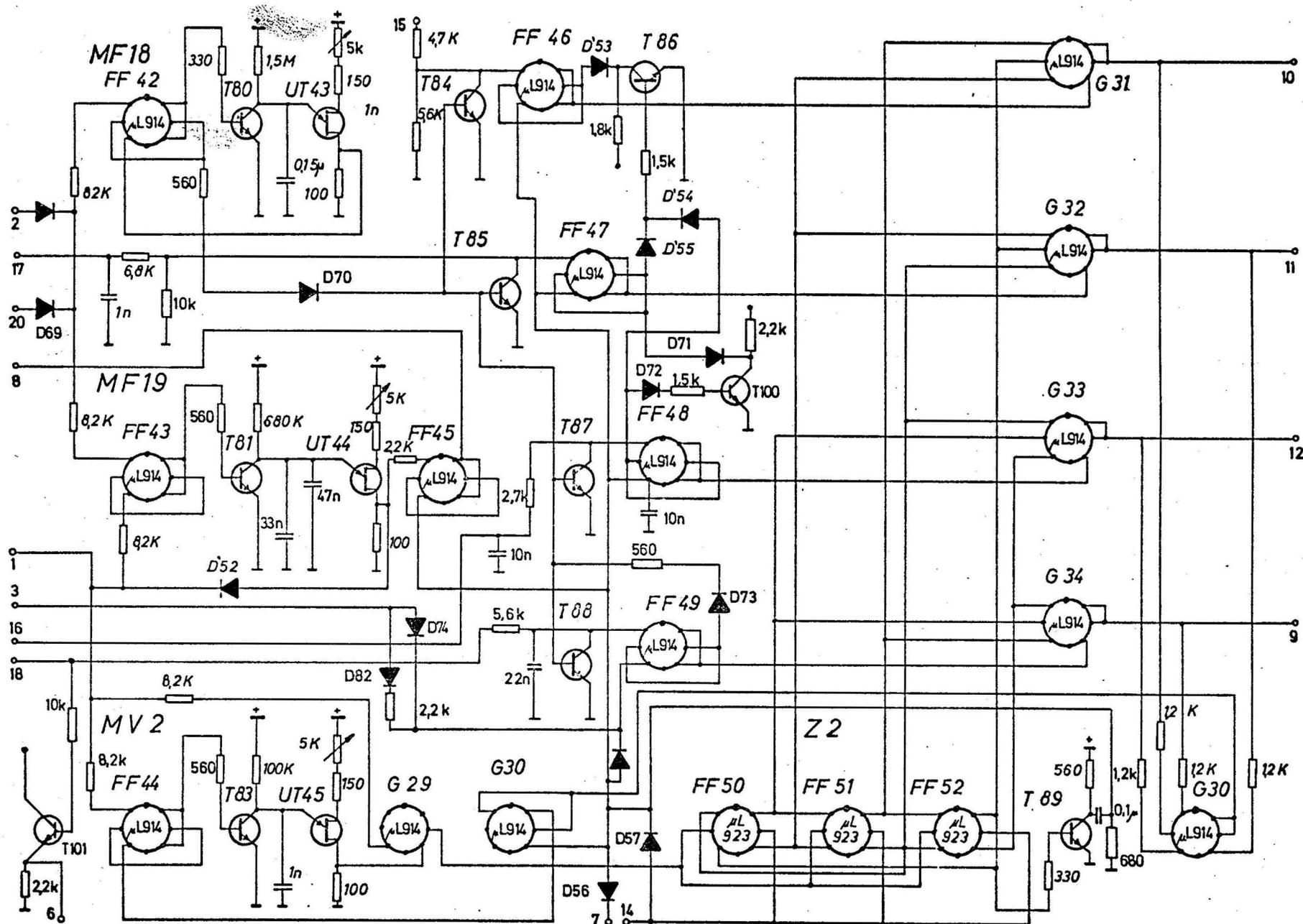


Bild 20: Schaltplan der Unterbaugruppe 'Lochersteuerung'

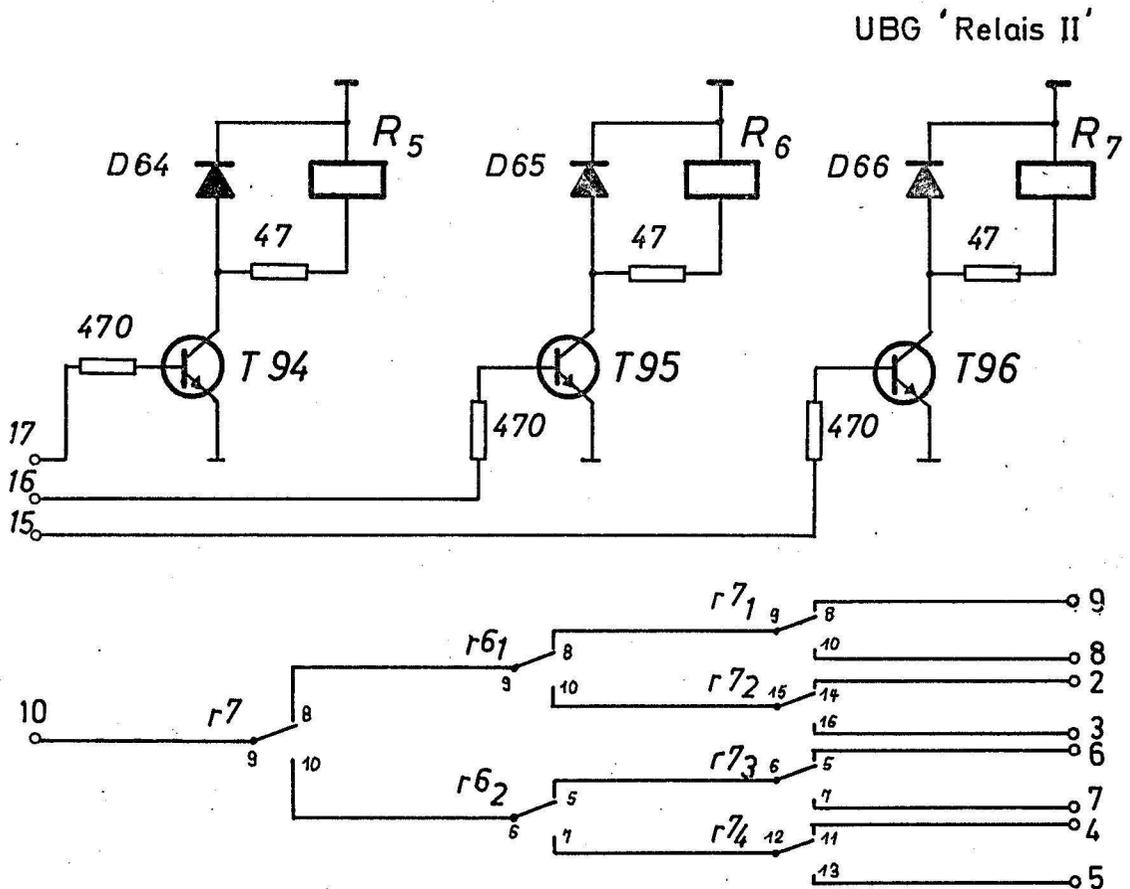
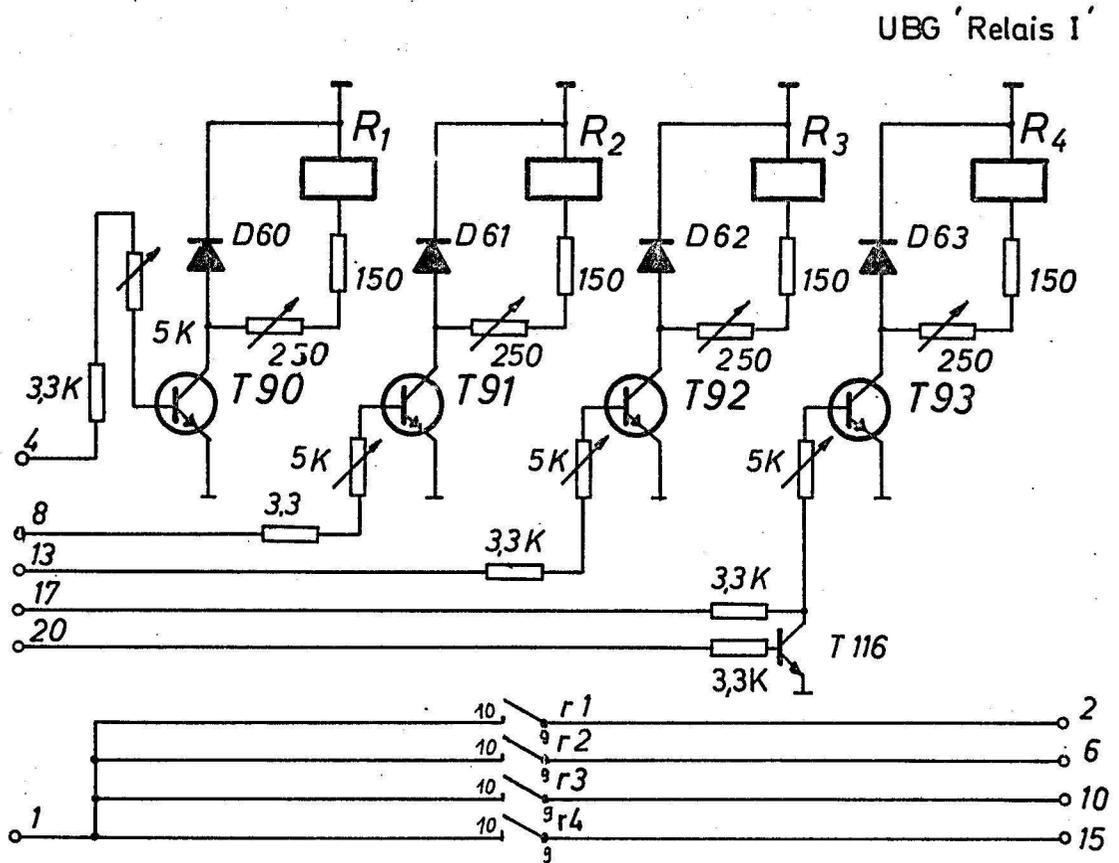


Bild 21: Schaltplan der Unterbaugruppen "Relais I" und "Relais II"

5.3 Beschreibung der Einzelschaltungen

Der Schaltungsaufbau der in 5.2. beschriebenen Baugruppen ist in den Schaltplänen Bild 14 bis 21 dargestellt. Als Halbleiterbauelemente wurden neben Dioden, Transistoren und Unijunctiontransistoren die integrierten NOR/NAND-Glieder μL914 , die JK-Flipflops μL923 , und die Umkehrverstärker μL900 der SGS-Fairchild-RT-Logik verwendet. Die im HTGA aufgebauten Einzelschaltungen wurden zum größten Teil aus /7/ übernommen. Die interessantesten nicht in /7/ angegebenen Schaltungen sollen im folgenden kurz beschrieben werden.

5.3.1 Beschreibung der unsynchronisierten und der synchronisierten Monoflops

Die in Bild 12 mit MF bezeichneten Elemente sind unsynchronisierte, die mit MFs bezeichneten synchronisierte Monoflops. Die MF erfüllen die bekannte Funktion eines Monoflops. Die hier verwendete, relativ aufwendige Schaltung wurde gewählt, da sie sehr störunempfindlich ist und da sie gestattet, ohne Schwierigkeit Laufzeiten von weniger als $1/\mu\text{s}$ bis

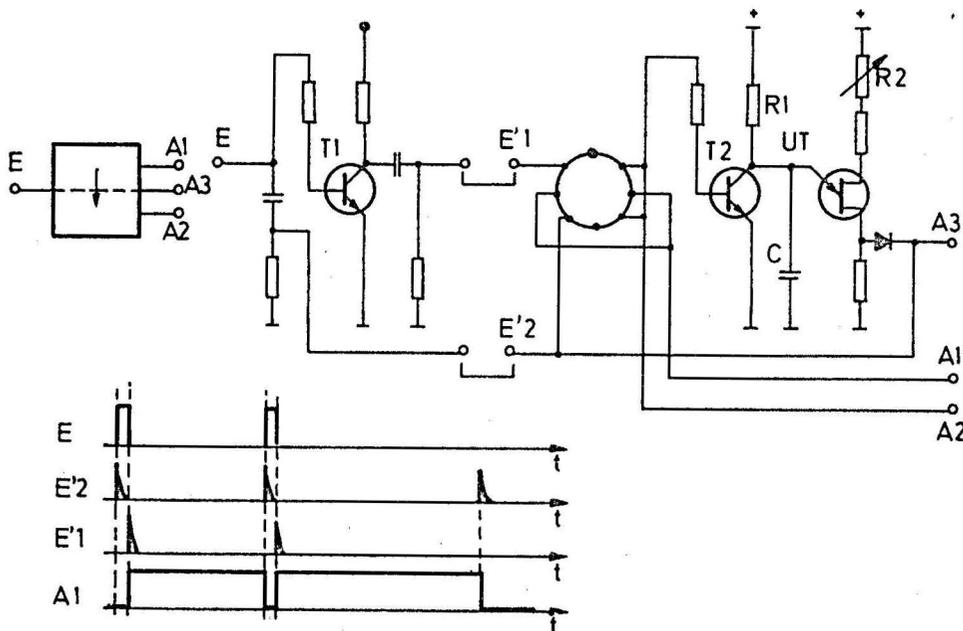


Bild 22: Schaltplan des synchronisierbaren Monoflops mit Synchronisationsnetzwerk.

zu mehreren Minuten genau einzustellen. Außerdem kann das MF zu jedem beliebigen Zeitpunkt während der Laufzeit von einem außen angelegten Impuls zurückgesetzt werden. In Bild 22 stellt die Schaltung zwischen den Punkten E'1, E'2, A1, A2 und A3 das MF dar.

Die MFs verfügen zusätzlich über ein Synchronisationsnetzwerk (in Bild 22 zwischen E, E'1 und E'2), mit dessen Hilfe das MF während der Laufzeit zurückgesetzt und sofort wieder angestoßen werden kann.

Das Netzwerk ist so aufgebaut, daß es an seinem Ausgang E'2 die Vorderflanke eines Impulses durch einen Nadelimpuls und an seinem Ausgang E'1 die Rückflanke anzeigt. Ausgang des Netzwerks und Eingang des Monoflops sind so miteinander verbunden, daß die Rückflanke eines Impulses das MF anläßt, während seine Vorderflanke es zurückschaltet.

Das eigentliche MF arbeitet wie folgt: Ein positiver Impuls an E'1 setzt das RS-FF, A2 geht auf NULL, und Transistor T2 hebt die Sperrung von C auf. Wenn danach ein positiver Impuls an E'2 erscheint, wird das FF zurückgesetzt, T2 entlädt C und verhindert dadurch, daß der Unijunctiontransistor UT seine Durchbruchspannung erreicht und einen Entladeimpuls abgeben kann. Das MF befindet sich wieder in Ruhezustand.

Wenn kein Impuls von außen an E'2 gelegt wird, lädt sich C solange auf, bis seine Spannung größer als die Durchbruchspannung des UT ist. UT schaltet durch, entlädt C und gibt über A3 einen Impuls ab. Dieser wird auf den Rücksetzeingang E'2 geleitet und setzt das RS-FF zurück. C wird gesperrt, und der Ruhezustand des MF ist wiederhergestellt. Wird die Schaltung zwischen E und A3 verwendet, also als synchronisiertes MF, so beginnt die Laufzeit mit jedem an E eintreffenden Impuls von neuem, und ein Impuls erscheint nur dann an Ausgang A3, wenn das MF von selbst zurückfällt. Die Laufzeit kann durch Änderung der Aufladezeit von C an R1 oder durch Änderung der Durchbruchspannung des UT an R2 eingestellt werden.

5.3.2 Beschreibung der verwendeten Integrierer

Die Schaltung des in der UBG "Sprache" verwendeten Integrierers In1 ist in Bild 23 dargestellt.

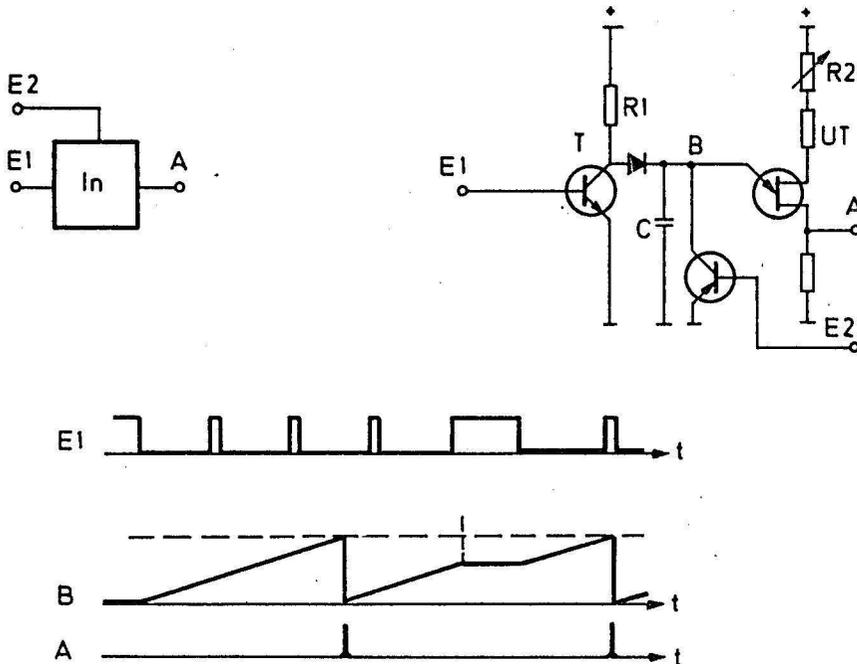


Bild 23: Schaltplan eines Integrierers, der seine Ladung bei Verschwinden des Integrationspotentials hält.

Solange an T1 positives Potential liegt, kann sich C nicht aufladen. Geht die Spannung an E1 auf NULL, sperrt T1, und C lädt sich über R1 und D auf. Hat C die vorgesehene Schwellspannung erreicht, schaltet der Unijunctiontransistor UT durch, und über A wird der Entladeimpuls abgegeben. Solange an E1 NULL liegt, beginnt die Aufladung immer wieder von neuem. Wird die Spannung an E1 positiv, bleibt wegen Diode D die Ladespannung an C erhalten.

Der Integrierer kann über T2 entladen und gesperrt werden, ohne daß bei diesem Vorgang ein Impuls an A abgegeben wird.

Die Schaltung der in Bild 12 mit I1...I11 bezeichneten Integrierer ist in Bild 24 dargestellt. Der Unterschied zu

In1 besteht (1) in einem zusätzlichen Integrationsnetzwerk im Eingang und (2) in dem Fehlen der Diode D und des Transistors T2 .

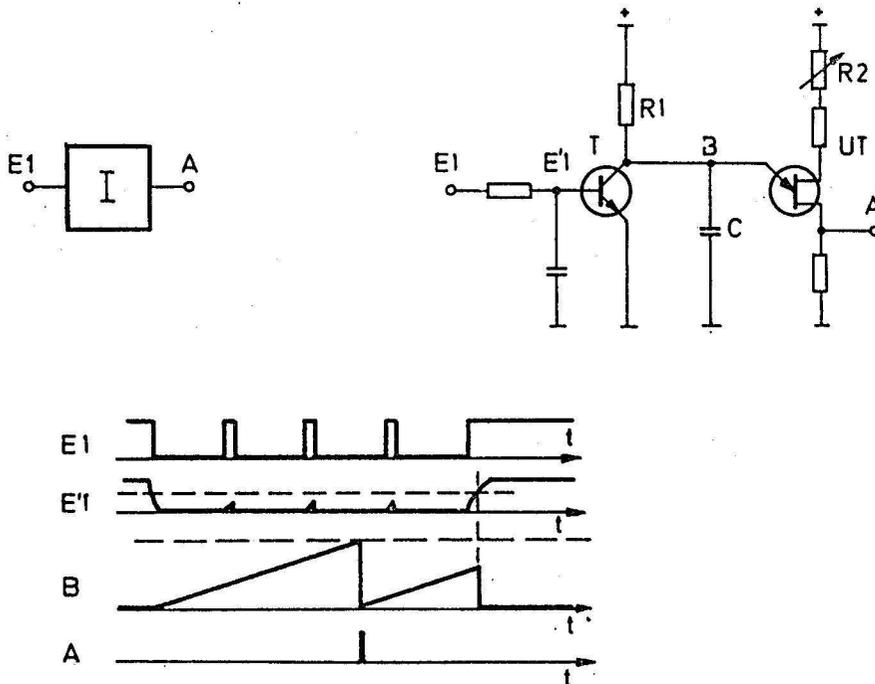


Bild 24: Schaltplan eines Integrierers, der sich bei Verschwinden des Integrationspotentials entlädt.

Wenn NULL an den Eingang E1 gelangt, beginnt die Integration über R1 und C1 . Bei Anlegen einer positiven Spannung an E1 wird C1 über T entladen. Das Netzwerk zwischen E1 und E'1 dient dazu, an E1 auftretende Impulse, die eine bestimmte Dauer unterschreiten, unwirksam zu machen. Bei Erreichen der Schwellspannung verhält sich diese Schaltung genau wie In1 .

Die Einstellung der Integrationszeit kann wie die Laufzeitänderung des MF an R1 oder R2 vorgenommen werden.

6. Literatur

1. R. Evers
Das Verhalten von Fernsprechteilnehmern nach erfolglosen Anrufversuchen
Heinrich-Hertz-Institut Berlin-Charlottenburg
Technischer Bericht Nr. 122 (1970)
2. K. Böttcher
R. Evers
Eine Meßeinrichtung für die Untersuchung des Verhaltens von Fernsprechteilnehmern nach erfolglosen Anrufversuchen
Heinrich-Hertz-Institut Berlin-Charlottenburg
Technischer Bericht Nr. 124 (1970)
3. G. Schönbach
Einheitliche Hörtöne im internationalen Fernsprechverkehr - Ein Überblick über die Aufgabenstellung
Unterrichtsblätter der Deutschen Bundespost (B) Jahrgang 13 (1960), Nr. 5, S. 80 - 88
4. Ph. Liebermann
Perturbations in Vocal Pitch
JASA 33,1 (1961), S. 597 - 603
5. G.D. Ewing
J.F. Taylor
Computer Recognition of Speech Using Zerocrossing Information
IEEE Transactions Vol AU 17 (1969), S. 37 - 40
6. Th. v. Keller
Die Kennzeichnung von Sprachlauten durch Spektrum, Autokorrelationsfunktion und Nulldurchgangsabstände
Nachrichtentechnische Z. 20 (1967), S. 287 - 295
7. Fairchild
Semiconductor
Applications May 1964

