

---

# DIE ENTWICKLUNG EINES TONHÖHENSCHREIBERS FÜR PHONETISCHE FORSCHUNGEN

HEINRICH ERAS\*

Im Rahmen der Beschäftigung mit der Satzintonation im Hochdeutschen und in den deutschen Mundarten wurde die Aufgabe gestellt, einen Tonhöhenschreiber aufzubauen. Das Gerät ist ausschließlich für phonetische Forschungen bestimmt und soll bei vertretbarem Aufwand einen großen Frequenzbereich hinreichend sicher und genau analysieren. Es besteht nicht die Notwendigkeit, eine möglichst kleine Zeitverzögerung zwischen Eingangs- und Ausgangssignal zu realisieren, wie sie für Analyse-Synthese-Geräte (z. B. Vocoder) gefordert werden muß.

Zunächst wurden einige Schaltungen und Verfahren auf ihre Verwendbarkeit hin analysiert. Nach der Klassifikation von Ungeheuer (1) schieden im Zeitbereich arbeitende Schaltungen wegen ihres hohen Aufwandes (2) oder wegen ihres begrenzten Frequenzumfanges (3) aus. Schaltungen mit Impulsgerichtung (4) schienen wegen ihrer großen Zeitkonstante der Anzeige nicht geeignet. Ebenso sollten Parallelschaltungen von Teilsystemen mit eingegrenztem Arbeitsbereich (5) nach Möglichkeit vermieden werden.

Von allen Verfahren erwies sich für die gestellte Aufgabe eine im Frequenzbereich arbeitende Filterschaltung als günstigster Kompromiß zwischen Aufwand und erreichbaren Ergebnissen. Es wurde im Prinzip das bekannte Verfahren von Grütz-macher-Lottemoser (6) gewählt. Die zur Anzeige verwendete Impulszählschaltung (getriggert Sägezahn) ergibt ein gutes optisches Bild ohne Zeitkonstanten und gestattet, Fehlanzeigen relativ leicht zu erkennen. Durch zusätzliche Stufen wird versucht, einen großen Frequenzbereich ohne Umschaltung, einen großen Dynamikbereich sowie eine geringe Beeinflussung durch Brummen und Rauschen zu erreichen.

Anhand des Blockschaltbildes (Abb. 1) wird im folgenden das aufgebaute Gerät beschrieben.

Der regelbare *Vorverstärker* dient zur Anpassung an alle gebräuchlichen Spannungsquellen (Mikrophon, Tonbandgerät etc.).

Es folgt ein *Verzerrer* zur Verstärkung bzw. Regenerierung des Grundtones. Es wird ein Spannungsteiler aus je einem Widerstand und zwei antiparallel geschalteten

---

\* Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, DDR.

Dioden im Längs- und Querzweig verwendet. Der Verzerrer erwies sich bei Versuchen anderen aus der Literatur bekannten Schaltungen (5, 6, 7) überlegen.

Der *Bandpaß* gestattet eine grobe Vorauswahl des Analysierbereiches. Es wird eine elektronische Filterschaltung mit einer Flankensteilheit von 12 dB/Okt., minimalem Überspringen und kontinuierlich regelbaren Grenzfrequenzen verwendet.

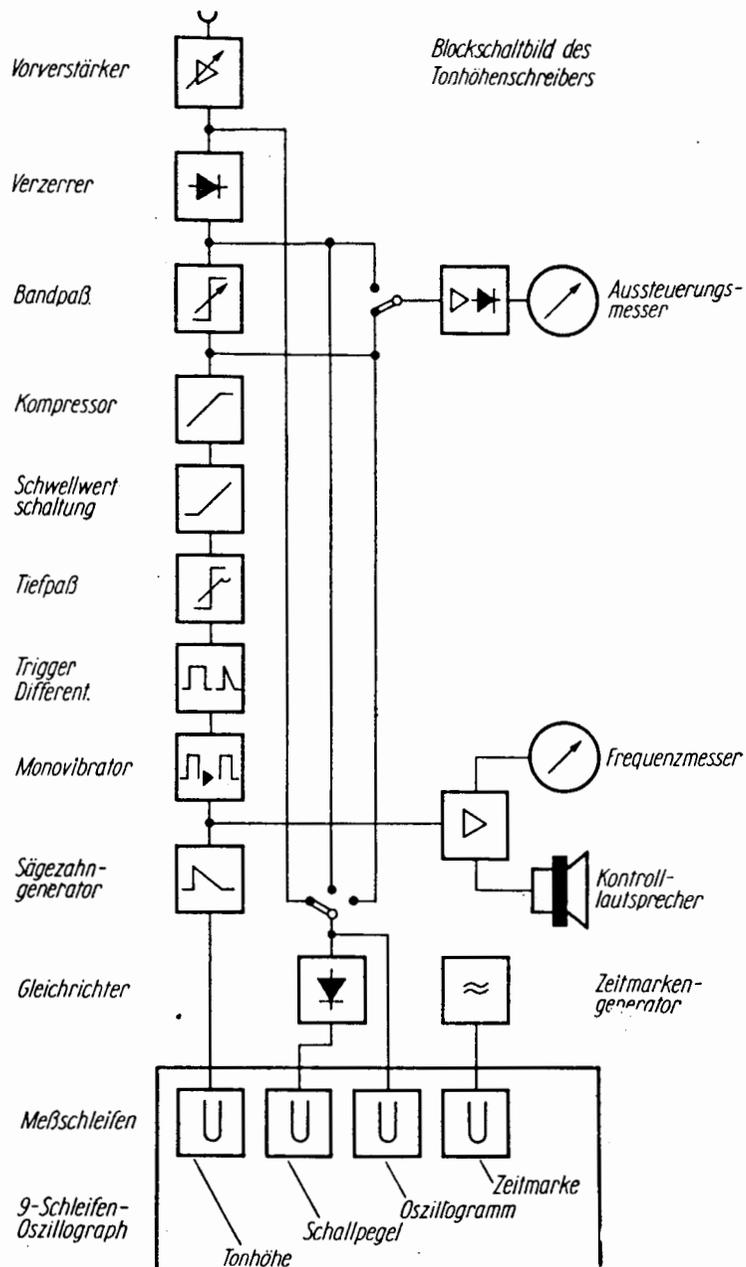


Abb. 1.

Die *Aussteuerungsanzeige* erfolgt normalerweise hinter dem Bandpaß, so daß starke Formanten und Geräuschanteile die Anzeige nicht beeinflussen können. Zur Verwendung gelangt ein Spitzenwertmesser mit logarithmischer Anzeige zwischen  $-46$  dB und  $+6$  dB. Die Einschwingzeit beträgt  $< 10$  ms, die Abklingzeit  $> 1,5$  s. Eine genaue Aussteuerung und Spitzenwertanzeige ist notwendig, um alle Stufen des Tonhöhen-schreibers optimal zu betreiben.

Der auf den Bandpaß folgende *Kompressor* erweitert den Dynamikbereich nach oben hin um ca. 18 dB, ohne den Störabstand bei niedrigen Pegeln zu verschlechtern. Die Einregelzeit beträgt ca. 1 ms, die Ausregelzeit ist mit ca. 50 ms bewußt niedrig gehalten, so daß auf hohe Pegel folgende schwache Signale nicht beeinflußt werden können. Die Regelschaltung arbeitet mit einer gesteuerten Diodenbrücke in Vorwärtsregelung.

Die *Schwellwertschaltung* ist erst für Signale über  $-35$  dB (bezogen auf Vollaussteuerung) voll durchlässig und gestattet so eine Unterdrückung restlicher Störspannungen.

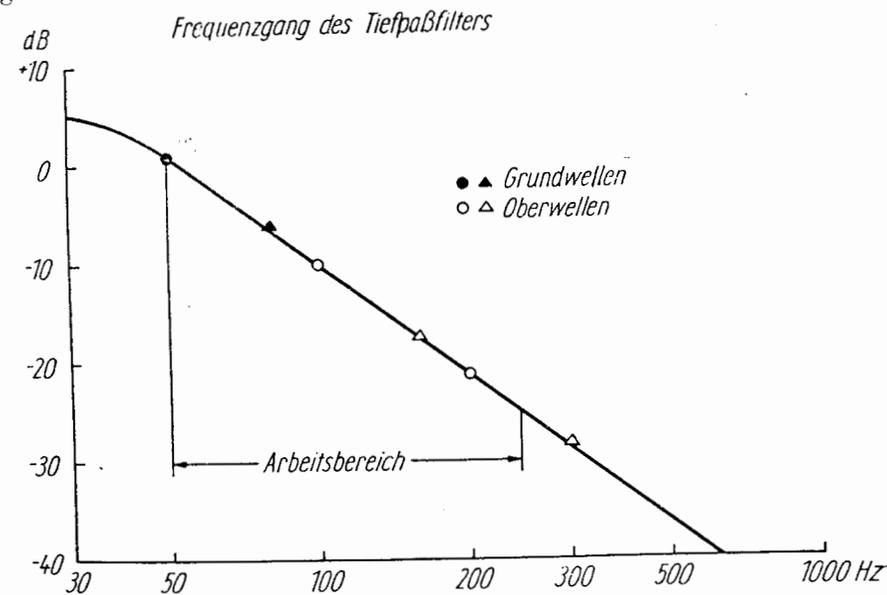


Abb. 2.

Entscheidend zur Erweiterung des Frequenzbereiches trägt das folgende *Tiefpaßfilter* (Abb. 2) bei. Es handelt sich um ein zweistufiges, entkoppeltes RC-Filter mit ca. 12 dB Flankensteilheit, dessen Grenzfrequenz stets unter der tiefsten Signalfrequenz liegen soll, so daß immer auf der abfallenden Flanke gearbeitet wird. Damit wird die erste Oberwelle im Verhältnis zur Grundwelle stets um 12 dB, die zweite um 24 dB usw. gedämpft. Das Filter ist stufenweise für verschiedene Stimmlagen umschaltbar.

Die Ansprechschwelle des *Schmitt-Triggers* muß so niedrig liegen, daß seine An-

steuerung auch bei hohen Grundfrequenzen, die durch das Tiefpaßfilter natürlich auch geschwächt werden, noch gewährleistet ist. Der Trigger formt das annähernd sinusförmige Eingangssignal in ein Rechtecksignal mit konstanter Amplitude um. Durch anschließende Differenzierung und Gleichrichtung wird pro Grundfrequenzperiode ein positiver Impuls gewonnen. Diese Nadelimpulse werden im *Monovibrator* auf eine konstante Breite von 0,6 ms gebracht. Die Impulsfolgefrequenz ist der Periodendauer des Eingangssignales gleich.

Der *Frequenzmesser* gestattet eine Kontrolle und Abschätzung der zu messenden Tonhöhen. Das isolierte Tonhöhenignal kann auch mit einem kleinen *Kontrolllautsprecher* abgehört werden.

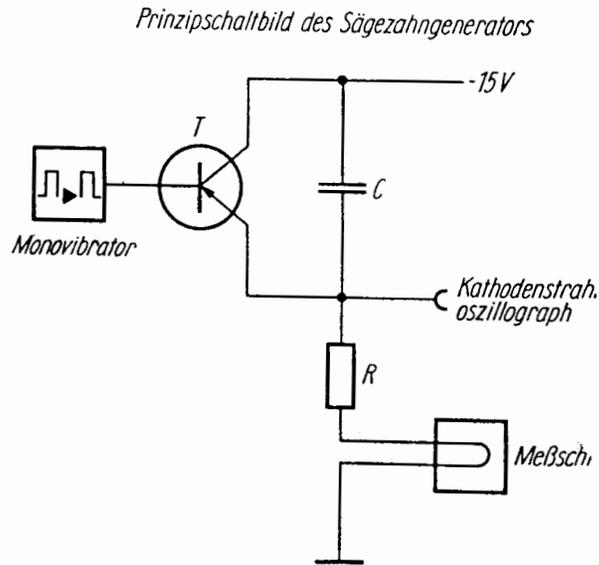


Abb. 3.

Der *Sägezahngenerator* (Abb. 3) wandelt die Impulse des Monovibrators in Sägezahnimpulse um, deren Anstiegszeit der Periodendauer proportional ist. Damit bildet die Amplitude des Sägezahnes ein Maß für die Periodendauer. Während der Grundfrequenzperiode lädt sich der Kondensator C über den Widerstand R auf; der Transistor T ist gesperrt. Während des 0,6 ms Impulses vom Monovibrator wird der Transistor durchgesteuert und entlädt den Kondensator C sehr schnell. Trotz ihrer Einfachheit besitzt diese Schaltung eine hohe Stabilität, da die Aufladung von C in einem weiten Bereich nicht von den Eigenschaften des Transistors T beeinflusst wird. Ein weiterer Vorteil ist, daß am Ausgang keine hohe Gleichspannung liegt, so daß die jeweiligen Schreiber direkt angekoppelt werden können. Durch die nicht-lineare Aufladung von C ergibt sich eine annähernd logarithmische Frequenzanzeige. Der Ausgang wurde an einen 9-Schleifen-Oszillografen angepaßt. Ferner ist ein Ausgang für einen Sichtspeicheroszillografen vorgesehen.

Alle Betriebsspannungen werden einem stabilisierten Netzteil entnommen. Der Aufbau erfolgt bausteinweise auf Leiterplatten mit gedruckter Schaltung. Die einzelnen Baugruppen sind durch steckbare Kontaktleisten verbunden. Der ausschließliche Einsatz von Halbleiterbauelementen wirkt sich besonders in den Impulsschaltungen, im Kompressor, Verzerrer und in der Schwellwertschaltung günstig aus. Das ganze Gerät ist in ein 19" Einschubchassis eingebaut.

Die ersten praktischen Versuche mit dem Gerät haben gezeigt, daß es den gestellten Anforderungen gerecht wird. Da in der Aufzeichnung außerdem Pegel und Oszillogramm (Abb. 4), mitgeschrieben werden, kann das Gerät auch zur Segmentation und zur Kontrolle von Transkriptionen herangezogen werden. Um eine noch höhere Sicherheit in der Anzeige zu erhalten, wird gegenwärtig ein neues Verfahren entwickelt, welches im Zeitbereich und ohne Filter arbeitet.

#### LITERATUR

1. G. Ungeheuer: Zur Periodizitätsanalyse phonetischer Signale. *Phonetica* 10, 1963.
2. L. O. Dolanský: An instantaneous pitch-period indicator. *JASA* 27, 1, 1955.
3. W. Tscheschner: Ein Beitrag zur Messung der Stimmbandgrundfrequenz. III. Akustische Konferenz in Budapest 1964.
4. F. Winkel: Entwicklung eines Tonhöhen Schreibers für Sprachuntersuchungen. Speech Comm. Seminar, Stockholm 1962.
5. A. Risberg: Fundamental frequency tracking. *Proc. 4th Int. Congr. Phonet. Sc.* 1962.
6. Grützmacher, Lottemoser: Über ein Verfahren zur trägheitsfreien Aufzeichnung von Melodiekurven. *Akustische Zeitschrift* 2, 1937.
7. Carré, Lancia, Paillé, Gsell: Étude et réalisation d'un détecteur de mélodie pour analyse de la parole. *L'Onde Electrique* 434, 1963.

#### DISCUSSION

*Froekjaer—Jensen:*

1. Do you know the signal-to-noise ratio for high fundamental frequencies?  
I am asking this because the intonation curve which, as you just have shown, possesses some of these irregularities that we in Copenhagen have found typical for high pitched intonations.
2. I do not believe that your LP-filter with a slope of 25 dB per octave is the best one for extracting the fundamental frequency. Referring to different investigations at the Speech Transmission Laboratory in Stockholm and the investigations of my own, the best filter slope seems to be that of 18—20 dB per octave. For most subjects this filter gives the smallest amount of errors. If the sloping of the LP-filter is smaller than 18 dB/oct. you may be registering the second harmonics instead of the fundamental frequency, and if the sloping is greater than 20 dB oct. you will get the above mentioned uneven intonation line, caused by a damping of the fundamental frequency.

*Kahl:*

Muß der Durchlaßbereich des verwendeten Bandpasses der Sprachgrundfrequenzlage des Sprechers (männlich bzw. weiblich) angepaßt werden? Ist absolute oder relative Bandbreite konstant oder keine von beiden?

*Smith:*

In case you want to have still better intonation curves I should propose that at a later time we get together in Prague and take this opportunity to assemble all specialists in the construction of fundamental frequency meters.

*Eras:*

Bisher zeigte das Gerät bei tiefen Frequenzen keine Fehlanzeigen.

Jedes System hat spezifische Zeitkonstanten. Es wurde lediglich versucht, in der Anzeige schaltung zusätzliche Zeitkonstanten zu vermeiden.

Schwankungen der Anzeige sind wahrscheinlich auf geringen Störabstand des Tonbandmaterials zurückzuführen.

Durch Anwendung von 2 Filtern (Bandpaß- und Tiefpaßfilter) ergibt sich eine resultierende Flankensteilheit von ca. 24 dB/Okt.

Eras: Die Entwicklung eines Tonhöhenschreibers für phonetische Forschungen

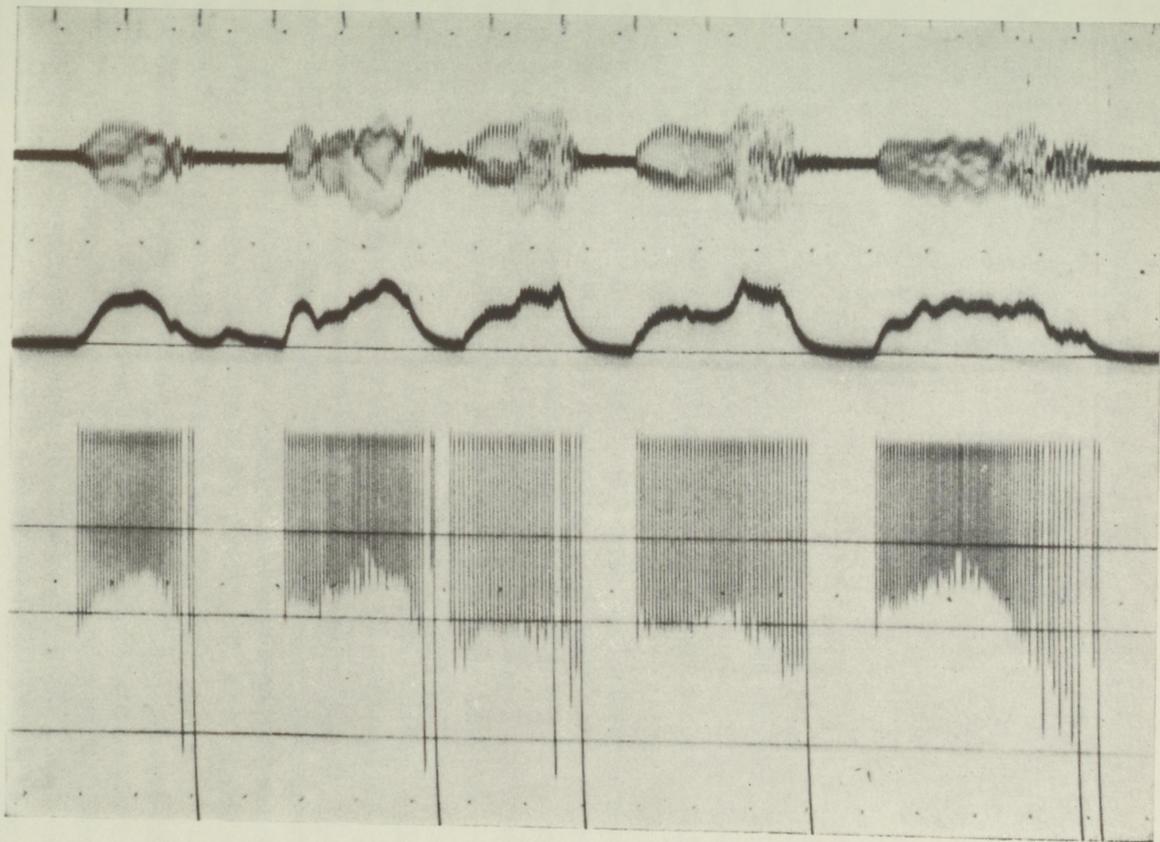
zeitmarke 0,1 s

oszillogramm

schallpegelkurve

Hz  
400  
200  
100  
50

tonhöhenkurve



v i l d s d ə n i ɕ m ε d 'm i: ʀ g i:

Abb. 4.