

Zur Geschichte des Kondensatormikrophons - Die Frühzeit

Martin Schneider¹

¹ Georg Neumann GmbH, 13403 Berlin, E-Mail: martin.schneider@neumann.com

Einleitung

Das Kondensatormikrophon in Niederfrequenz-(NF)-schaltung ist seit langem als Standardinstrument in der Messtechnik wie auch in der Studio- und Aufnahmetechnik etabliert. Während in der Technischen Akustik ausschließlich Druckempfänger mit kugelförmiger Richtcharakteristik eingesetzt werden, kommen in der Aufnahmetechnik vielfältige Varianten zum Einsatz.

Messmikrophone

Die erste Realisierung eines Kondensatormikrophons (Abb.1) in Niederfrequenz-(NF)-Schaltung durch Wente / Western Electric (WE) [1] ergab ein für die Zeit erstaunlich lineares Messmittel für akustische Messungen.

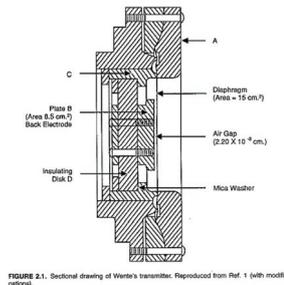


FIGURE 2.1. Sectional drawing of Wente's transmitter. Reproduced from Ref. 1 (with modifications).

Abbildung 1: Kondensatormikrophon nach Wente [1], aus [11] Die Einflüsse von Membransteife, Federsteife des eingeschlossenen Luftpolsters und Elektrodengestaltung durch Crandall (WE) [2] ermöglichten eine verbesserte Variante [3]. Die linearen wie auch nichtlinearen Verzerrungen des akustischen wie auch elektrischen Teils des Wandlers wurden u.a. durch Ernsthausen (Karlsruhe) [4] untersucht.

Als Alternative zur sehr hochohmigen NF-Schaltung mit kapazitiver Quelle schlug Riegger (Siemens) [5] die Einbettung des kapazitiven Wandlers in eine niederohmige Hochfrequenz (HF)-Modulator/Demodulator-Schaltung vor. Während die HF-Schaltungsvariante damals die rauschärmste Realisierung darstellte [6], wurde sie aufgrund ihrer Komplexität nur für Laboruntersuchungen eingesetzt. Auch nach 1945 erfuhr sie nur bei Einführung der ersten (niederohmigen) Transistoren eine kurzzeitige Wiederbelebung, im Weiteren eine vertiefende Weiterentwicklung nur durch einen Hersteller.

Die Einflüsse des Mikrophonkörpers bezüglich Druckstau, Beugung, Interferenz und des Resonanzraums vor der Membran wurden durch Ballantine (Boonton) untersucht [7,8,9] und führten zur Realisierung erster Messmikrophone in den heutigen Dimensionen durch Harrison & Flanders (Bell) [10]. Die weitere Entwicklung zum amerikanischen Messnormal bis zur Einstellung der Produktion seitens WE ist in [11] beschrieben.

Studio- und Aufnahmemikrophone

Für den aufkommenden Tonfilm sowie die Rundfunktechnik wurden hochwertige Mikrophone benötigt. Eine frühe Realisierung in Deutschland, entsprechend dem Wenteschen Wandler [3] findet sich in [12,13]. Die eigenständige Realisierung durch Neumann [14] führte alsbald zum Einsatz des NF-Kondensatormikrophons als bevorzugtem Wandler für hochwertige Aufnahmen im Rundfunkbereich. Dabei wurde schon frühzeitig die Bedeutung eines linearen Diffusfeld-Übertragungsfaktors erkannt [15].

Gerichtete Wandler

Die bisherigen elektrostatischen Wandler besaßen allesamt eine annähernd kugelförmige Richtcharakteristik. Für andere Wandlerprinzipien war aber auch die bidirektionale (acht-förmige) Richtwirkung eines Druckgradientenempfängers (besser: Druckdifferenzempfängers) erster Ordnung bekannt [16, 17, 18]. Diese wurde für den elektrostatischen Wandler durch möglichst durchlässige Gegenelektroden realisiert [19]. Für die schon von in [19] von Braunnühl & Weber (Reichs Rundfunkgesellschaft / RRG) vorgeschlagenen symmetrischen Wandler in Gegentaktschaltung sind allerdings nur Realisierungen der 1960er bzw. 1980er Jahren bekannt.

Die Kombination von Kugel und Acht wurde u.a. von Weinberger et al. (RCA) [20] als Möglichkeit erkannt, einseitig gerichtete Wandler zu konstruieren. Bei der Übertragung auf das Kondensatorprinzip durch Braunnühl & Weber [19], wurde die Gegenelektrode halbdurchlässig gemacht (Durchgangs- und Sackbohrungen) und mit einer zweiten Membran abgeschlossen. Damit ergab sich eine symmetrische Konstruktion, wobei aber nur eine Seite elektrisch aktiv war.

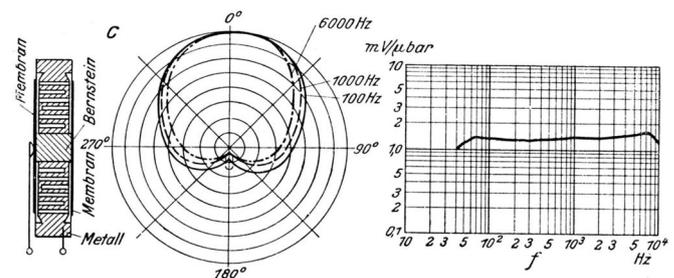


Abbildung 2: Wandler [19] mit Charakteristik „Niere“, aus [21] Damit standen schon um 1935 die „klassischen“ Richtcharakteristiken Kugel, Niere und Acht zur Verfügung [21]. Die gewichtete Addition der Richtcharakteristiken wurde als Möglichkeit erkannt, die Richtwirkung des Wandlers zu optimieren. Die Maximierung nach dem Bündelungsmaß führte zur Definition der „Hyperniere“ [22], diejenige nach dem Verhältnis „vorderer Halbraum zu diffus aufgenommener Energie“ zur Definition der „Superniere“ [23]. Eine Vereinfachung der Konstruktion gerichteter Wandler wurde durch Bauer / Shure [24] möglich, der die

Realisierung beliebiger Richtcharakteristiken erster Ordnung durch phasendrehende Elemente [25] beschrieben.

Variable Richtwirkung

Der in [19] beschriebene Wandler mit nierenförmiger Richtcharakteristik zeichnete sich durch eine symmetrische Konstruktion aus. Durch einfache Zusammenschaltung beider Wandlerhälften lässt sich eine kugelförmige Richtcharakteristik erzielen [26]. Es ist leider nicht bekannt, ob dies den Autoren von [19] schon bewusst war. Serienmäßig wurde diese Option allerdings erst nach 1945 eingeführt [27, 28].

Durch Großkopf / NWDR [27, 28, 29] wurde erkannt, dass bei derselben Wandlerkonstruktion die Variation der Polarisationsspannung des zweiten (hinteren) Wandlers eine kontinuierliche Fernumschaltung der Richtcharakteristik ermöglicht. Für ein zweites Standardmikrofon des damaligen Rundfunkbetriebs griff Großkopf die Ergebnisse aus [7] auf und realisierte einen Druckempfänger mit kleinem Membrandurchmesser, eingebettet in eine größere Kugel, um einen Wandler mit annähernder Kugelcharakteristik und linearem Diffusfeld-Frequenzgang zu erhalten.

Zusammenfassung

Mit den beschriebenen Entwicklungen stand dem Toningenieur schon zum Beginn der 1950er Jahre eine umfassende Vielfalt an Wandlerkonstruktionen zur Verfügung, die auch heute noch den Großteil der vorhandenen Mikrophone bestimmen. Der Autor ist sich der Unsicherheit der historischen Informationslage bewusst und freut sich über ergänzende Hinweise. Weitere Literatur findet sich in [30].

Literatur

- [1] Wente EC (1917) A condenser transmitter as a uniformly sensitive instrument for the absolute measurement of sound intensity, Phys. Rev. 10:39-63
- [2] Crandall IB (1917), Acoustic Apparatus, US-Patent 1456538
- [3] Wente EC (1922) Sensitivity and Precision of the Electrostatic Transmitter for Measuring Sound Intensities, Phys. Rev. 19:498-503
- [4] Ernsthause W (1937) Über die Verzerrungen des Niederfrequenz-Kondensatormikrophons, Archiv Elektrotechnik, 31-7:487-494
- [5] Riegger H (1924) Zur Theorie des Lautsprechers, Wiss. Veröff. Siemens-Werke 3/2:67
- [6] Weber (1943) Der Rauschpegel hochwertiger Mikrophone, A.Z. 8:121-127
- [7] Ballantine S (1928) The Effect of Diffraction around the Microphone in Sound Measurements, Phys. Rev. 32:988-992
- [8] Ballantine S (1930) The Effect of Cavity Resonance on the Frequency Response Characteristic of the Condenser Microphone, Proc. Inst. Radio Eng. 18:1206-1215

- [9] Ballantine S (1932) Technique of microphone calibration, Acoust. Soc. Am. J. 3:319-360
- [10] Harrison, Flanders (1932) An Efficient Miniature Microphone System, Bell Syst. Tech. J. 11:451-461
- [11] Wong GSK, Embleton TFW (1995) (Hrsg) AIP Handbook of condenser microphones. Theory, calibration and measurements, American Institute of Physics, New York
- [12] Lichte & Tischner (1931) Grundlagen und Gestaltung des Tonfilms bei der AEG, Jahrbuch des Forsch.Inst. AEG
- [13] Hehlhans & Lichte (1931) „Aufnahme und Wiedergabe von Musik und Sprache bei Tonfilmen, Jahrbuch des Forsch.Inst. AEG
- [14] Neumann G (1929) Elektrostatisches Mikrophon, Deutsches Reichspatent 574428.
- [15] Braunmühl, Weber (1936) Einführung in die angewandte Akustik, Hirzel, Leipzig
- [16] Gerlach E (1924) Vorführung eines neuen Lautsprechers I, Phys. Z. 25:675-676
- [17] Schottky W (1924) Vorführung eines neuen Lautsprechers II, Phys. Z. 25:672-675
- [18] Olson HF (1931) Mass controlled electrodynamic microphones: the ribbon microphone, Acoust. Soc. Am. J. 3:56-68
- [19] Braunmühl, Weber (1935), Kapazitive Richtmikrophone, Z. f. Hochfrequenz u. Elektroakustik, 46:187-192
- [20] Weinberger J, Olson HF, Massa F (1933), A uni-directional ribbon microphone, Acoust. Soc. Am. J. 5:139-147
- [21] Neumann (1943) Elektroakustisches Taschenbuch, VDI-Verlag, Berlin
- [22] Glover RP (1940) A review of cardioid type unidirectional microphones, Acoust. Soc. Am. J. 11:296-302
- [23] Bauer BB (1942) Super-cardioid Directional Microphone, Electronics, 15:31ff
- [24] Bauer BB (1941), Uniphase unidirectional microphones, Acoust. Soc. Am. J. 13:41-45
- [25] Großkopf H (1950) Gerichtete Mikrofone mit phasendrehenden Gliedern, FTZ, 3:248-253
- [26] Reichardt W (1941) Der Einsatz verschiedenartiger Mikrophone im Deutschen Rundfunk, Hochfreq. u. Elektroak. 58:136-139
- [27] Großkopf H (1951) Zur Betriebseinführung der neuen Kondensator-Mikrophone, Techn.Hausmitt. des NWDR 3:172-175
- [28] Bauch FWO (1953) New High-Grade Condenser Microphones, JAES, 1:232-240
- [29] Großkopf H (1951) Neue Kondensatormikrophone für Rundfunk-Studios, FTZ, 4:398-402
- [30] Schneider M (2008), Mikrofone, in: Weinzierl S, Handbuch der Audiotechnik, Springer, Berlin