

Die Wege von Heinrich Barkhausen und Richard Feldtkeller zur Psychoakustik

Armin Kohlrausch

Philips Research Laboratories Eindhoven, Prof. Holstlaan 4, NL-5656 AA Eindhoven, Niederlande und
IPO-Center for User-System Interaction, TU Eindhoven, P.O. Box 513, NL-5600 MB Eindhoven, Niederlande

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird über einige Ergebnisse des Projektes "Geschichte der Psychoakustik in Deutschland zwischen 1900 und 1950" berichtet. In diesem Projekt beschäftige ich mich mit den Fragen, aus welchen etablierten Forschungsrichtungen die uns bekannten Psychoakustiker kamen, welche Anwendungsfragen psychoakustische Forschung stimuliert haben und welche Fachgesellschaften und wissenschaftlichen Zeitschriften das Forum für psychoakustische Diskussionen bildeten. Diesen Fragen möchte ich in meinem Beitrag anhand der Personen Heinrich Barkhausen (1881-1956) und Richard Feldtkeller (1901-1981) nachgehen, die beide viel zur Entwicklung der Psychoakustik beigetragen haben. Beide studierten Physik, beide waren im Dienst der Fa. Siemens & Halske in Berlin und beide bekleideten über mehrere Jahrzehnte Lehrstühle auf dem Gebiet der Schwachstromtechnik an der TH Dresden (H.B.) bzw. der elektrischen Nachrichtentechnik an der TH Stuttgart (R.F.). Barkhausens Name ist heutigen Psychoakustikern vor allem durch die Einheit "Bark" bekannt, während Feldtkellers Name mit dem Buch "Das Ohr als Nachrichtenempfänger" verbunden ist, das er zusammen mit Eberhard Zwicker 1956 veröffentlichte.

Einleitung

Die Psychoakustik hat sich in Deutschland in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu einem bedeutenden Forschungsfeld innerhalb der Akustik entwickelt. Auch im internationalen Vergleich ist dieses Arbeitsgebiet in Deutschland ausgesprochen stark vertreten, und nicht zuletzt deshalb werden die Internationalen Symposia on Hearing Science seit 1969 im dreijährigen Rhythmus reihum von deutschen, niederländischen und englischen Arbeitsgruppen organisiert (erst in 1991 fand diese Tagung erstmals auch in Frankreich statt). Während die Entwicklung des Arbeitsgebietes in den verschiedenen Institutionen seit dem zweiten Weltkrieg relativ gut nachzuvollziehen ist (z.B. durch Lehr- und Übersichtsbücher wie Feldtkeller/Zwicker 1956/1967, Meyer/Neumann, Blauert 1974, aber auch durch das Entstehen der Acustica und später der DAGA Tagungsbände), ist die Entwicklung vor dem zweiten Weltkrieg sehr viel weniger gut dargestellt. Im Rahmen meiner eigenen Forschungsarbeit sind mir kaum Arbeiten deutschsprachiger Autoren aus diesem Zeitraum begegnet, im Gegensatz zu zahlreichen englischsprachigen Arbeiten, vor allem aus den Bell Laboratorien. Durch die Beschäftigung mit Barkhausen und Feldtkeller will ich versuchen, diese Kenntnislücke zu schließen. Hierbei konzentriere ich mich bewusst auf Vertreter eines der Fachgebiete, in dem Wissen über akustische Wahrnehmung für die Entwicklung technischer Systeme essentiell war (und ist), die Schwachstrom- bzw. Nachrichtentechnik.

Heinrich Barkhausen

Heinrich Barkhausen wurde am 2.12. 1881 in Bremen geboren. Nach dem Abitur am humanistischen Alten Gymnasium begann er im Herbst des Jahres 1901 mit dem Studium an der TH München. Nach 2 Semestern begann er mit dem Physikstudium an der Universität Göttingen. Nach Statio-

nen an den Universitäten Berlin und München promovierte er 1906 bei Prof. H. Th. Simon (Institut für angewandte Elektrizität) an der Universität Göttingen mit einer Arbeit über "Das Problem der Schwingungserzeugung". Von 1907 bis 1911 war er wissenschaftlicher Beirat im Wernerwerk der Fa. Siemens & Halske in Berlin. 1910 habilitierte er sich an der TH Charlottenburg mit der Schrift "Die elektrische Übertragung von Signalen". Am 1.4. 1911 folgte die Berufung als außerordentlicher Professor an die TH Dresden, am 1.4. 1918 erfolgte die Ernennung zum ordentlichen Professor für Schwachstromtechnik. Soweit einige Daten zum Lebenslauf Barkhausens, die für die Fragestellung dieser Arbeit interessant sind.

Erste Arbeiten zur akustischen Wahrnehmung wurden von Barkhausen in den zwanziger Jahren verfasst. In diesen Arbeiten geht es um Fragen der absoluten Empfindlichkeit des Gehörs, der Lautheitsmessung für beliebige Signale und um die Wahrnehmung von Verzerrungen. Die erste mir bekannte Arbeit stammt aus dem November 1924 (Barkhausen und Lewicki, 1924). Sie beschäftigt sich mit der Bestimmung der absoluten Hörschwelle für nichtsinusförmige Signale. Die Motivation zu dieser Untersuchung stammte aus Anwendungsfragen der Fernsprechtechnik. Für diese Technik ist die Kenntnis der absoluten Hörschwelle besonders wichtig, die für reine Sinustöne schon 1902 von Max Wien bestimmt worden war. Wie die Autoren ausführen, hat man es bei dieser Technik "im allgemeinen nicht mit reinen, sinusförmigen Tönen zu tun, sondern mit komplizierteren Klängen". Durch rechteckförmige bzw. dreieckförmige Amplitudenmodulation erzeugten die Autoren breitbandige komplexe Töne mit einer Tiefpasscharakteristik. Das allgemeine Ergebnis der Messungen war, dass die Hörbarkeit komplexer Signale gleich der Hörbarkeit der subjektiv lautesten im Klang enthaltenen sinusförmigen Oberschwingung ist. Dies gilt allerdings nicht, wenn die Frequenzen der dieser stärksten Komponente benachbarten Oberschwingungen um weniger als etwa 20 % abweichen: "Wenn eine höhere als die fünfte Oberschwingung die lauteste ist, wird die Hörbarkeit entsprechend der Dichte der Oberschwingungen größer". Dieser Hinweis auf unterschiedliche spektrale Integration von Signalkomponenten diesseits und jenseits eines relativen spektralen Abstandes von 20 % ist ein erster experimenteller Hinweis auf das spätere Frequenzgruppenkonzept.

Im Jahre 1926 erschien in der Zeitschrift für technische Physik eine Arbeit mit dem Titel: Ein neuer Schallpegelmessgerät für die Praxis (Barkhausen, 1926). In dieser Arbeit entwickelt Barkhausen das Konzept der Lautheitsbestimmung für beliebige Schallsignale durch Vergleich mit einem definierten Referenzsignal. Neben der Beschreibung der Komponenten des Messgerätes, das auf Anregung von Barkhausen von der Fa. Siemens & Halske hergestellt wurde und auf das er im Jahre 1927 ein deutsches Reichspatent erhielt, beschäftigt sich diese Arbeit mit der erzielbaren Messgenauigkeit ("10 % ist der kleinste Lautstärkenunterschied, den wir an ein und demselben Ton überhaupt wahrnehmen können") sowie der Frage nach der Maßeinheit. Barkhausen schlägt als lineare Einheit für die Lautstärke die Einheit "Wien" vor, wobei

1 Wien gerade die Lautstärke an der Wahrnehmbarkeitsgrenze darstellt (diese Größe ist dem Druck proportional). Barkhausen gibt aber auch an, dass es sinnvoll wäre, diese Größe an ein physikalisches Maß, z.B. die Intensität des Vergleichstons, zu koppeln. Neben dieser linearen Skala schlug er auch eine logarithmische vor, für die er die Bezeichnung "Phon" wählte. Das "Phon" war definiert als Zweierlogarithmus der Lautstärke in "Wien", unterscheidet sich also von der heutigen Definition.

Zum Abschluss dieses Abschnittes möchte ich noch einige Titel von psychoakustisch orientierten Doktorarbeiten nennen, die unter Barkhausens Betreuung angefertigt wurden. Etwa 10 bis 20 % der Doktorarbeiten lassen sich eindeutig psychoakustischen Themen zuordnen.

– Wilhelm Janovsky (1928): Über die Hörbarkeit von Verzerrungen.

– Joachim Tröger (1930): Die Schallaufnahme durch das äußere Ohr.

– Ulrich Steudel (1933): Über Empfindung und Messung der Lautstärke.

Richard Feldtkeller

Richard Feldtkeller wurde am 26.1. 1901 in Merseburg geboren. Nach der Reifeprüfung im Februar 1919 begann er mit dem Studium der Physik an der Universität Halle, u.a. aus Interesse an Astronomie. 1923 fertigte er eine Doktorarbeit im Physikalischen Institut von K. Schmidt an und promovierte 1924 zum Doktor der Naturwissenschaften. Am 1.6. 1924 trat er in den Dienst der Fa. Siemens, wo er im Labor von Dr. Deutschmann an Fernsprechverstärkern arbeitete. Er wurde relativ schnell zum Laboratoriumsvorsteher und 1926 zum Leiter einer Gruppe befördert. 1933 unterstanden ihm folgende Arbeitsbereiche: Fernschreibtechnik, Messgeräte, Fernsteuerung, Röhren, Optik sowie Elektroakustik. Wie Feldtkeller selbst bemerkt, wurden ihm zu früh organisatorische Aufgaben übertragen, die viel Zeit und Kraft verschlangen. Seine wissenschaftlichen Arbeiten zu den Themen allgemeine Vierpole, Verstärker, Siebketten, Übertrager, zur Verwendung von Halbleiterdioden oder zu prinzipiellen Problemen wie Rauschspannungen oder der Gruppenlaufzeit entstanden deshalb außerhalb der Dienstzeit.

1936 wurde Feldtkeller an die Technische Hochschule Stuttgart berufen, nachdem er zuvor offensichtlich auch Angebote von der TH Danzig erhalten hatte sowie als Kandidat für einen zweiten Lehrstuhl für Nachrichtentechnik am Institut von Barkhausen an der TH Dresden im Gespräch gewesen war. Aus den Angaben in seiner (unveröffentlichten) Autobiographie lassen sich für diesen Zeitraum keinerlei Hinweise darauf ableiten, dass er sich mit Fragen der Psychoakustik beschäftigte. Dieses änderte sich erst nach dem Kriege, als sich 1946 ein Herr Weitbrecht bei Feldtkeller um eine Doktorarbeit auf dem Gebiet der Elektroakustik bewarb. Feldtkeller schreibt dazu: "Ich wies ihn ein paar mal ab, da ich an diesem Gebiet kein Interesse hatte. Schliesslich einigten wir uns auf psycho-akustische Untersuchungen des Stimmens von Streichinstrumenten. Dabei entdeckten wir, wie wenig man vom Ohr als Nachrichtenempfänger weiß. Das Interesse wuchs. 1948 fand ich in Herrn Zwicker den geeigneten Mitarbeiter, mit dem ich systematisch Meßmethoden und Meßgeräte zur Messung der Eigenschaften des Gehörs entwickelte."

Hiernach dauerte es nur wenige Jahre, bis die ersten psychoakustischen Arbeiten von Feldtkeller publiziert wurden. Die erste mir bekannte Arbeit stammt aus dem Jahr 1952 und behandelt die Hörbarkeit nichtlinearer Verzerrungen bei der

Übertragung musikalischer Zweiklänge (Feldtkeller, 1952). Diese Arbeit erschien in den Akustischen Beiheften der *Acustica* unmittelbar vor der Publikation der Doktorarbeit von Zwicker: Die Grenzen der Hörbarkeit der Amplitudenmodulation und der Frequenzmodulation eines Tones. Nur vier Jahre später erschien die erste Auflage des Buches: Das Ohr als Nachrichtenempfänger von Richard Feldtkeller und Eberhard Zwicker. Bei der zweiten Auflage dieses Buches aus dem Jahre 1967 war dann die Reihenfolge der Autoren umgekehrt.

Zusammenfassung

Barkhausen und Feldtkeller haben sich beide, nach dem Studium der Physik, der Schwachstrom- bzw. Nachrichtentechnik gewidmet. Das Interesse an psychoakustischen Fragen entstand bei beiden sicherlich aus Anwendungsfragen, z.B. im Bereich von Fernsprecheinrichtungen oder von elektroakustischen Übertragungseinrichtungen. Obwohl bei beiden die Hörakustik jeweils nur eines unter vielen wissenschaftlichen Arbeitsgebieten war, haben sie durch eigene Arbeiten und vor allem durch die Anleitung und Unterstützung jüngerer Mitarbeiter viel zur Förderung der Psychoakustik in Forschung und Lehre beigetragen.

Danksagung

Für die Überlassung einer Kopie der Lebenserinnerungen von Richard Feldtkeller möchte ich mich recht herzlich bei Frau Erika Zwicker (Icking) sowie Herrn Till Zwicker (München) bedanken. Umfangreiches Material zu Heinrich Barkhausen wurde mir von Herrn Peter Költzsch und Herrn Rüdiger Hoffmann (beide TU Dresden) zur Verfügung gestellt.

Literatur

Barkhausen, H. und Lewicki, G. (1924). Die Empfindlichkeit des Ohres für nicht sinusförmige Töne. *Physikal. Zeitschr.* **25**, 537–541.

Barkhausen, H. (1926). Ein neuer Schallmesser für die Praxis. *Zeitschr. f. techn. Physik* **7**, 599–601.

Kluge, M. (1941). H. Barkhausens Beiträge zur akustischen Forschung. *Akustische Zeitschrift* **6**, 313–318.

Rothe, H. (1941). Prof. Dr. Heinrich Barkhausen zum 60. Geburtstag. *Zeitschr. f. techn. Physik* **22**, 271–272.

Heinrich Barkhausen, Festschrift zum 100. Geburtstag 1981, herausgegeben vom Barkhausen-Komitee bei der Akademie der Wissenschaften der DDR. Zusammengestellt von Klaus Lunze, Dresden.

Feldtkeller, R. (1952). Die Hörbarkeit nichtlinearer Verzerrungen bei der Übertragung musikalischer Zweiklänge. *Acustica* **2**, AB 117–124.

Richard Feldtkeller (o.J.): Lebenserinnerungen