

Die großen Münchner Drei der Psychoakustik

Helmut Fleischer

Akustik + Schwingungstechnik, 85579 Neubiberg, E-Mail: hh.fleischer@gmx.de

Einleitung

Seit einiger Zeit hat sich der Begriff der Münchner Schule der Psychoakustik etabliert. Deren Wiege war das Institut für Elektroakustik der Technischen Universität München. Dieses Institut und diejenigen drei seiner Hochschullehrer (Abbildung 1), welche Träger der Helmholtz-Medaille der DEGA sind, werden aus dem subjektiven Blickwinkel eines Zeitzeugen und Schülers dieser Denkschule vorgestellt.

Das Institut für Elektroakustik der TUM

Das Institut entstand im Jahr 1967. Eberhard Zwicker wurde als dessen Direktor und Ordinarius nach München berufen und nahm mit einer Gruppe Stuttgarter Wissenschaftler die Arbeit auf. Dabei knüpfte er an Untersuchungen an, die er in Stuttgart während der fünfziger und sechziger Jahren durchgeführt hatte. Nach einer längeren Interimszeit in einem angemieteten Schwabinger Haus wurde ein Neubau auf dem TU-Stammgelände bezogen. Das Institut war hervorragend mit Räumen ausgestattet. Neben einem großen reflexionsarmen Raum waren ein Hallraum und mehrere Hörkabinen vorhanden. Die gerätetechnische Ausstattung war auf dem neuesten Stand. Es existierten eine mechanische und eine elektronische Werkstatt mit fähigen Meistern und Mitarbeitern. In seiner Blütezeit hatte das Institut zwei Dauerstellen, fünf wissenschaftliche Assistenten, zahlreiche DFG-Wissenschaftler und mehrere Büro- und Technikmitarbeiter.



Abbildung 1: Von links: E. Zwicker, H. Fastl und E. Terhardt bei einem Ausflug des Instituts für Elektroakustik.

Eberhard Zwicker und seinen Mitstreitern gelang es, zwei Sonderforschungsbereiche in München zu etablieren. Es waren dies von 1969 bis 1983 der SFB 50 Kybernetik, der einen Höhepunkt beim internationalen Hörforschungs-Symposium 1974 in Tutzing fand, und von 1983 bis 1997 der SFB 204 Gehör. Mit der Emeritierung von Eberhard Zwicker endete diese fruchtbare und äußerst ertragreiche Periode. Der Lehrstuhl wurde in Mensch-Maschine-Kommunikation

umgewidmet. Unter Manfred Lang (1990 bis 2002) wurde die Akustik marginalisiert. Erst Gerhard Rigoll (Lehrstuhl-inhaber seit 2002) erkannte deren hohen Stellenwert bei der Kommunikation mit dem Computer und trug diesem durch eine Professur für Audio-Signalverarbeitung Rechnung, die seit 2012 Bernhard Seeber innehat.

Eberhard Zwicker (1924-1990)

Eberhard Zwicker (Abbildung 2) studierte nach seiner Rückkehr aus dem Krieg Physik und Elektrotechnik in Stuttgart. Mit dem Diplom wurde er Assistent bei Richard Feldtkeller, dem Vater der Vierpoltheorie. Nach der Promotion (1952; *Die Grenzen der Hörbarkeit der Amplituden- und Frequenzmodulation von Tönen und ihre Berücksichtigung in der Übertragungstechnik und der Hörphysiologie* [1]) habilitierte er sich an der TH Stuttgart (1956; *Die elementaren Grundlagen zur Bestimmung der Informationskapazität des Gehörs* [2]). Gemeinsam mit Richard Feldtkeller verfasste er das grundlegende Standardwerk der Psychoakustik *Das Ohr als Nachrichtenempfänger* (1956; 2. Aufl. 1967 [3]), in dem er den Zusammenhang von Hörempfindung und Schall (mittels Mithörschwellen, Frequenzgruppen usw.) beschrieb.

1967 wurde er Direktor des neu geschaffenen Instituts für Elektroakustik der Fakultät für Elektrotechnik an die TU München. Aufbauend auf seinen Stuttgarter Untersuchungen entwickelte er mit hochmotivierten Mitarbeitern seine Modellvorstellungen über die „Black Box“ weiter, die den physikalischen Schallreiz mit den Hörempfindungen verknüpft. Im Rahmen der beiden Sonderforschungsbereiche pflegte er intensiven Gedankenaustausch mit Experimentatoren und Theoretikern anderer Disziplinen (mit Medizinern, Zoologen, Psychooptikern, Informationstechnikern usw.) innerhalb Deutschlands. Im Inland wurde er 1988 mit dem Bundesverdienstkreuz und von der TH Darmstadt mit dem Karl-Küpfmüller-Ring geehrt.



Abbildung 2: E. Zwicker in den siebziger Jahren.

Darüber hinaus tauschte er sich regelmäßig und intensiv mit ausländischen Fachkollegen aus. Anlässlich des Symposiums in Tutzing entstand 1974 das Buch *Facts and Models in Hearing* [4], das den damaligen Stand der weltweiten Hör-

und Gehörforschung dokumentiert. Ihn interessierte nicht nur die bloße Naturerkenntnis, sondern auch deren Mathematisierung und Einbindung in ein überwölbendes Theoriegebäude. Die ermittelten Zusammenhänge wurden zunächst in ein Funktionsschema gefasst und, wenn möglich, in einem Funktionsmodell nachgebildet. Kenntnisse in Vierpol-, Schaltungs- und Systemtheorie, wie sie Studierende der Elektrotechnik mitbrachten, waren hierfür Voraussetzung.

Als Lehrbücher für seine Studenten war *Psychoakustik* (1982; [5]) und *Elektroakustik* (1984; zusammen mit Manfred Zollner [6]) konzipiert. Gemeinsam mit Hugo Fastl verfasste er 1990 *Psychoacoustics, Facts and Models* [7]. Von ihm stammt das in DIN 45631 genormte Verfahren zur Berechnung des Lautstärkepegels, das auch als Zwicker-Verfahren bezeichnet wird. Darüber hinaus ist nach ihm u.a. der Zwicker-Ton benannt, der ein markantes Beispiel dafür darstellt, auf welcher komplizierten Art der physikalische Reiz mit der zugehörigen Sinnesempfindung verknüpft sein kann. 1987 verlieh ihm die ASA die Silver Medal in Psychological and Physiological Acoustics. Die DEGA ehrte ihn 1991, also ein Jahr nach seinem Tod, mit der Helmholtz-Medaille; damit war Eberhard Zwicker der erste Träger dieser Auszeichnung überhaupt.

Den Studierenden der TUM, die mit Eberhard Zwicker in Vorlesungen, Praktika oder Diplomarbeiten zu tun hatten, stellte er zum einen eine absolute Autorität, zum anderen aber auch eine charismatischen Leitfigur dar. Er konnte Andere überzeugen, da er selbst zutiefst von der Wichtigkeit und Richtigkeit seines Schaffens überzeugt war. Wer sich in einer Diplomarbeit besonders bewährt hatte, bekam über einen Privatdienstvertrag die Chance, sich weiter in seine Gedankenwelt einzuarbeiten und im Erfolgsfall als Assistent oder DFG-Mitarbeiter eine Dissertation anzufertigen.



Abbildung 3:
E. Zwicker spielt;
ein Assistent lauscht.

Als Institutsleiter war er ein Ordinarius vom alten Schlag und aufgrund seiner Kompetenz eine natürliche Autorität. Er hatte ein nahezu pietistisches Arbeitsethos. Von seinen Mitarbeitern forderte er vollen Einsatz, nicht ohne dies auch vorzuleben. So verbrachte er einen Forschungsfreiraum im Münchner Schlachthof, um mit einem selbst konstruierten Messgerät die Viskosität der Lymphe aus dem Innenohr frisch geschlachteter Schweine zu messen. Er war aber auch um ein familiäres Verhältnis zu seinen Mitarbeitern bemüht. Mit seiner Frau und seinen beiden Kindern lebte er in Icking im Isartal mit einem traumhaften Blick auf die Alpen. Er liebte die Natur, das Wandern in den Bergen, das Paddeln auf der Isar, das Arbeiten mit Holz und spielte, wie schon in Stuttgart, hin und wieder klassische Stücke auf der Violine

(Abbildung 3). Sein Sohn Tilmann führt diese Musiktradition mit Blick auf die E-Gitarre im Projekt Gitec weiter.

Eberhard Zwicker brannte für seine Forschungen. Bedauerlicherweise konnte er viele der Pläne, die er für die Zeit nach seiner Emeritierung hatte, nicht mehr umsetzen. Vielmehr musste er mitansehen, wie höherer Orts entschieden wurde, sein Werk nicht fortzuführen, sondern auf anwendungsorientierte Computer-Thematik umzusteuern. Die Möglichkeit, psychoakustische Erkenntnisse beispielsweise auf die effiziente Datenübertragung anzuwenden (etwa MP3-Kodierung), wurde damals nicht zur Kenntnis genommen. Er starb 1990 kurz nach der Emeritierung. Seine Witwe lebt nach wie vor im Haus in Icking, führt ein selbstbestimmtes Leben und nimmt regen Anteil am Weltgeschehen.

Ernst Terhardt (geb. 1934)

Ernst Terhardt (Abbildung 4) ist zehn Jahre jünger als Eberhard Zwicker, mit dem er im Jahr 1967 von Stuttgart an das neu gegründete Institut für Elektroakustik der TU München kam. Kurz vorher war er in Stuttgart mit dem Thema *Beitrag zur Ermittlung der informationstragenden Merkmale von Schallen mit Hilfe der Hörempfindungen* [8] promoviert worden. An der TUM habilitierte er sich 1971 mit der Schrift *Über ein Funktionsschema der Tonhöhenwahrnehmung von Klängen* [9].

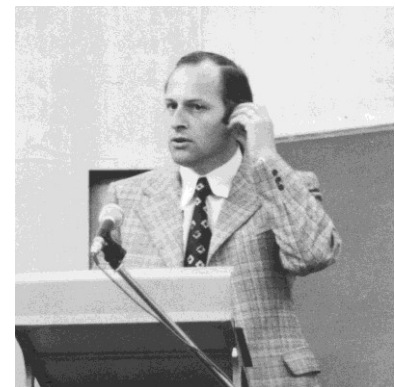


Abbildung 4:
E. Terhardt in
den siebziger
Jahren.

Gemeinsam mit Eberhard Zwicker veranstaltete er 1974 das Tutzingener Symposium, dessen Beiträge er als Mitherausgeber in [4] zusammenfasste. Als er zum Außerordentlichen Professor (Extraordinarius) berufen wurde, war er vom jeweiligen Lehrstuhlinhaber (bis 1990 Eberhard Zwicker, danach Manfred Lang) weitgehend unabhängig. Er hatte eigene Personal- und Mittelressourcen, die er zusammen mit seiner Arbeitsgruppe dazu nutzte, verschiedenartigste Probleme (u.a. Laplace-Transformation, Fourier- t -Transformation, elektro-mechanische Analogien, Tonhöhenwahrnehmung, Virtuelle Tonhöhe usw.) zu behandeln. Er arbeitete sich stets akribisch und tief in die Materie ein und war auf erstaunlich vielen Sachgebieten äußerst produktiv tätig, was durch entsprechende Ehrungen (Preis der NTG, Ehrenmitgliedschaft der Deutschen Gesellschaft für Audiologie, Helmholtz-Medaille der DEGA 2006) gewürdigt wurde. Einen Überblick über sein vielfältiges und ertragreiches Schaffen bietet das Buch *Akustische Kommunikation* [10] von 1998. Sein Name wird häufig im Zusammenhang mit einem Verfahren zur gehörgerechten Schallanalyse und mit Modellen zur Musikalischen Tonhöhe genannt.



Abbildung 5:
E. Terhardt
betätigt die Tasten.

Ernst Terhardt ist verwitwet, hat drei Söhne und lebt in München. Er spielt Tasteninstrumente jeder Art (Abbildung 5), insbesondere ein Swing-Piano, das jeder DEGA-All-Stars-Band zur höheren Ehre gereichen würde.

Hugo Fastl (geb. 1944)

Der Bezug zum Hören ist bei Hugo Fastl (Abbildung 6) offenkundig. Er hat ein Studium des Kontrabasses an der Musikhochschule München weitgehend parallel zu einem der Elektrotechnik an der TU München absolviert, beide erfolgreich abgeschlossen und entschieden, seinen Beruf in der Wissenschaft zu finden. Als erster bayrischer Assistent am Institut für Elektroakustik wurde er 1974 mit der Arbeit *Mithörschwellen als Maß für das zeitliche und spektrale Auflösungsvermögen des Gehörs* [11] promoviert. Das Thema seiner Habilitation im Jahr 1981 war *Beschreibung dynamischer Hörempfindungen anhand von Mithörschwellen-Mustern* [12].

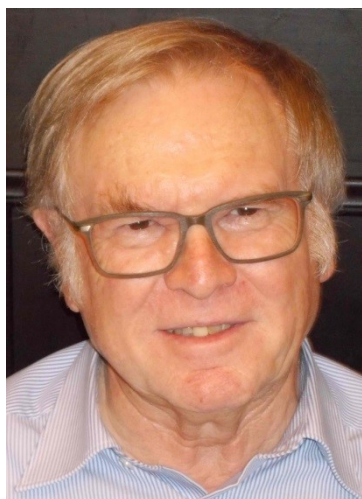


Abbildung 6:
H. Fastl im
Jahr 2017.

Nach einer Gastprofessur in Japan an der Universität von Osaka wurde Hugo Fastl Leiter der Arbeitsgruppe Technische Akustik am Institut. Mit Eberhard Zwicker verfasste er 1990 die englischsprachige Monographie *Psychoacoustics, Facts and Models* [7]. Diese befindet sich, von ihm als Erstautor überarbeitet, seit 2007 in der dritten Auflage [13]. 1991 wurde er zum Professor ernannt. In der Zwischenzeit hatte der Lehrstuhl unter neuer Leitung hinsichtlich der Themenstellung eine völlig andere Richtung genommen; die Akustik spielte nur noch eine Nebenrolle. Während einer langen Phase der Diaspora gelang es Hugo Fastl, die Reihe von

Akustik-Arbeiten und -Vorlesungen mit viel persönlichem Engagement am Leben zu erhalten. Er entwickelte die Psychoakustik weiter und führte sie in vielfältige Anwendungen. Seitdem Gerhard Rigoll Direktor ist, hat sie wieder ihren Platz am Lehrstuhl, wird aktiv gefördert und ist inzwischen durch Bernhard Seebers Professur angemessen vertreten.

Hugo Fastl wurden zahlreiche Ehrungen zuteil: Zweimaliger ITG-Preis, Fellow of the Acoustical Society of America, Förderpreis der Forschungsgemeinschaft Deutscher Hörgeräteakustiker, Research Award der Japan Society for the Promotion of Science, Rayleigh Medal des British Institute of Acoustics, Distinguished International Member of INCE-USA, Ehrenmitglied der Deutschen Gesellschaft für Audiologie, Auszeichnung für Lifetime Achievements der EAA und vor allem 2010 die Helmholtz-Medaille der DEGA. Ihm zu Ehren nennt man in der Audiologie ein bestimmtes Testsignal Fastl-Rauschen.



Abbildung 7:
Eines der vielen
Instrumente,
das der studierte
Musiker H. Fastl
spielen kann.

Hugo Fastl brennt für seine Wissenschaft, dabei ist er ein ausgesprochener Team-Player. Kennzeichnend ist seine Fähigkeit, auf andere Menschen und deren Probleme einzugehen. Gremienarbeit hält er für bedeutsam und engagiert sich selbst. So war er u.a. Präsident und langjähriger Schatzmeister der DEGA. Heute, viele Jahre nach seiner Pensionierung im Jahr 2009, ist er immer noch auf den verschiedensten Gebieten (psychoakustische Modellierung, Audiologie, musikalische Akustik, Lärmforschung, audiovisuelle Interaktion, Sound Design usw.) aktiv und bringt seine Erfahrung und sein Wissen bei der Beratung von Fachkollegen, Firmen und Behörden ein, was allseits hoch geschätzt wird.

Hugo Fastl ist verheiratet und lebt in München. Neben all seiner Lehr-, Forschungs- und Gremienarbeit ist ihm die Freude an der Natur geblieben. Soweit es sein Termin kalender erlaubt, nimmt er sich die Zeit für Berg- und Skiwanderungen. Bei einem studierten Musiker nicht weiter verwunderlich ist, dass seine ganz besondere Liebe der Musik gilt. Neben dem Bass beherrscht er zahlreiche Instrumente (z.B. Abbildung 7). Regelmäßig spielt er bei den Send-

linger Musikanten das Hackbrett. Musikinstrumente interessieren ihn nicht nur in der musikalischen Praxis, sondern auch in Hinsicht auf den physikalischen Hintergrund. Er ist Mitherausgeber der Schriftenreihe „Beiträge zur Vibro- und Psychoakustik“ (ISSN 1430-936X [14]), die sich mit psychoakustischen Phänomenen sowie mit den verschiedensten Idiophonen, Membranophonen und Chordophonen befasst. Nicht zuletzt ist er der beständige Kristallisationskeim für Treffen von Ehemaligen des Instituts.

Schlussbemerkung



Abbildung 8: E. Terhardt (links) und E. Zwicker (rechts).

Viele grundlegende Ideen zur „einohrigen“ Psychoakustik stammen aus den fünfziger und sechziger Jahren und kamen mit Eberhard Zwicker und Ernst Terhardt (Abbildung 8) von Stuttgart nach München. Am Institut für Elektroakustik der TUM wurden sie über lange Jahre wesentlich weiterentwickelt, verfeinert und der Fachwelt sowie der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Dafür hat die DEGA beide Wissenschaftler mit der Helmholtz-Medaille geehrt.



Abbildung 9: E. Terhardt (links) und H. Fastl (rechts).

Nach dem Tod von Eberhard Zwicker und der Umwidmung des Instituts in Mensch-Maschine-Kommunikation folgte auf die hohe Zeit der Münchner Psychoakustik eine lange Dürreperiode. Das Durchhaltevermögen von Ernst Terhardt und Hugo Fastl (Abbildung 9) hat das Überleben ermöglicht. Nachdem Ernst Terhardt 1999 in Pension gegangen war, verblieb Hugo Fastl als einziger Hochschullehrer, der die Fackel der Psychoakustik hochhalten konnte. Er nahm die Aufgabe

an, hielt die Fackel am Brennen und reichte sie weiter. Dafür ehrte ihn die DEGA 2010 mit der Helmholtz-Medaille. Hugo Fastls unermüdlicher Schaffenskraft sowie seinem außergewöhnlichen Engagement - und nicht zuletzt auch dem seiner Schüler - ist zu verdanken, dass die Psychoakustik an der Technischen Universität derzeit eine neue Blüte erlebt.

Ohne Eberhard Zwicker und Ernst Terhardt hätte es wohl nie eine Psychoakustik an der TU München gegeben. Ohne Hugo Fastl würde es sie heute mit Sicherheit nicht mehr geben.

Dank an Heinz Wallerus und Tilmann Zwicker für die Bilder.

Dissertationen, Habilitationsschriften, Bücher, Schriftenreihe

Zwicker, Eberhard:

- [1] Die Grenzen der Hörbarkeit der Amplituden- und Frequenzmodulation von Tönen und ihre Berücksichtigung in der Übertragungstechnik und der Hörphysiologie. Dissertation, Stuttgart 1952
- [2] Die elementaren Grundlagen zur Bestimmung der Informationskapazität des Gehörs. *Acustica* 6 (1956), 365–381, Habilitationsschrift, Stuttgart 1956
- [3] mit Feltdkeller, R.: Das Ohr als Nachrichtenempfänger. Hirzel, Stuttgart 1956; 2. Aufl. 1967
- [4] mit Terhardt, E. als Herausgeber: Facts and Models in Hearing. Proceedings of the Symposium on Psychophysical Models and Physiological Facts in Hearing. Tutzing, Apr. 22-26, 1974. Springer, Berlin 1974
- [5] Psychoakustik. Springer, Berlin 1982
- [6] mit Zollner, M.: Elektroakustik. Springer, Berlin 1984, 3. Aufl. 1993
- [7] mit Fastl, H.: Psychoacoustics, Facts and Models. Springer, Berlin 1990

Terhardt, Ernst:

- [8] Beitrag zur Ermittlung der informationstragenden Merkmale von Schallen mit Hilfe der Hörempfindungen. Dissertation, Stuttgart 1968
- [9] Über ein Funktionsschema der Tonhöhenwahrnehmung von Klängen. Habilitationsschrift, München 1971
- [10] Akustische Kommunikation - Grundlagen mit Hörbeispielen, Springer, Berlin/Heidelberg 1998

Fastl, Hugo:

- [11] Mithörschwellen als Maß für das zeitliche und spektrale Auflösungsvermögen des Gehörs. Dissertation, München 1974
- [12] Beschreibung dynamischer Hörempfindungen anhand von Mithörschwellen-Mustern. Habilitationsschrift, München 1981
- [13] mit Zwicker, E.: Psychoacoustics, Facts and Models. Springer, Berlin/Heidelberg/New York, 3rd ed. 2007
- [14] URL: <https://www.dega-akustik.de/fachausschuesse/ma/dokumente/vibro-psychoakustik/>