

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 104 (2013)
Heft: (10)

Artikel: Elektroakustische Wandler als Zeitmaschinen
Autor: Novotny, Radomir
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856545>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Elektroakustische Wandler als Zeitmaschinen

Zwei Schweizer Lautsprecherbauer im Fokus

Sind hochwertige Lautsprecher in geeigneten Räumen aufgestellt und mit adäquater Audioelektronik verbunden, können sie Illusionen erzeugen. Sie versetzen die Hörer an andere Orte und in andere Zeiten – beispielsweise Orte, die sie mit der Musik assoziieren. In der Schweiz gibt es zwei Unternehmen, die solche «Illusionsmaschinen» bauen. Ihre bewusstseinsweiternden High-End-Produkte bereichern schon seit Jahrzehnten den Schweizer Markt.

Radomir Novotny

Klangreproduzierende Systeme stehen vor einer schwierigen Aufgabe. Sie wandeln heutzutage meist digital gespeicherte Signale zunächst in analoge elektrische Signale, verstärken diese und geben sie an elektroakustische Wandler – meist Lautsprecher genannt, obwohl diese weder stets möglichst laut sein sollten, noch hauptsächlich mit Sprache zu tun haben – weiter, die diese in hoffentlich originalgetreu klingende Luftdruckschwankungen umsetzen. Der Lautsprecher als «Enabler», der in dieser Kette neutral und unauffällig seine Arbeit tut. Aber bei der Klangreproduktion kommt es nicht nur auf die «perfekte» Technik und akustisch geeignete Räumlichkeiten an, sondern auch auf den Faktor Mensch, denn ohne menschliche Assistenz – sozusagen dem Ergänzen dessen, was klanglich notwendigerweise im Wohnzimmer fehlt – geht es nicht. [1] Man könnte sagen, dass es darum geht, Störendes zu vermeiden und den Rest dem Gehirn zu überlassen. Das Gehirn als Illusionserzeuger hat die nützliche Fähigkeit, sich anzupassen. Ein Beispiel: Bevor es Stereo gab, hat man sich mit Mono nicht nur einigermassen abgefunden, sondern hatte an dieser Art der Reproduktion echten Spass. Es soll sogar manche gegeben haben, die die Einführung von Stereo als unnötige Komplikation betrachteten. [2] Schliesslich möchte man aber heute ebensowenig zu Mono zurück wie zur Pferdekutsche als Fortbewegungsmittel.

Eine der Herausforderungen der Klangreproduktion ist die Tatsache, dass Klang stets in einem akustischen Kontext existiert, den man wieder erzeugen möchte. Man will den Eindruck haben, einzelne Stimmen oder Instrumente lokalisieren zu können. Das Problem ist aber, dass sich beispielsweise ein Sinfonieorchester nicht in einem Wohnzimmer «aufstellen» lässt. Dies wird noch durch die akustischen Eigenschaften des Raums und dem Aufstellungsort der Lautsprecher erschwert. Zwei Schweizer Firmen, Rowen und Piega,

widmen ihre Aufmerksamkeit schon ein Vierteljahrhundert der Aufgabe, wie man in kleinen, akustisch nicht optimalen Räumen eine möglichst authentische musikalische Illusion kreieren kann.

Back to the roots

Der Familienbetrieb Rowen hat seinen Sitz in Givisiez bei Freiburg FR, produziert wird hauptsächlich in Yverdon. Der Fantasiename Rowen wurde zu einer Zeit geschaffen, da Namen wie Rolex, Rover und Revox für gewisse Qualitäten standen. Der Name sollte angelsächsisch tönen – Hi-Fi hat in diesen Ländern einen hohen Stellenwert und es werden dort entsprechend hochwertige Produkte entwickelt.

Vor rund 25 Jahren hat Anton Aebischer einen auf den Schweizer Markt mit seinen relativ kleinen Wohnräumen zugeschnittenen Lautsprecher entwickelt, da er feststellte, dass andere Produkte keine optimalen Leistungen in Mauerwerk-Mietwohnungen bieten.

Laut seinem Sohn Yvo Aebischer, der nun auch für die Lautsprecherentwicklung zuständig ist, lässt sich das Potenzial konventioneller Lautsprecher erst aus-



Bild 1 Bipol-Standlautsprecher von Rowen ohne Stoffbespannung. Oben sieht man den für den Hoch- und Mitteltonbereich zuständigen Linear Motion Transformer, darunter den Basstreiber.

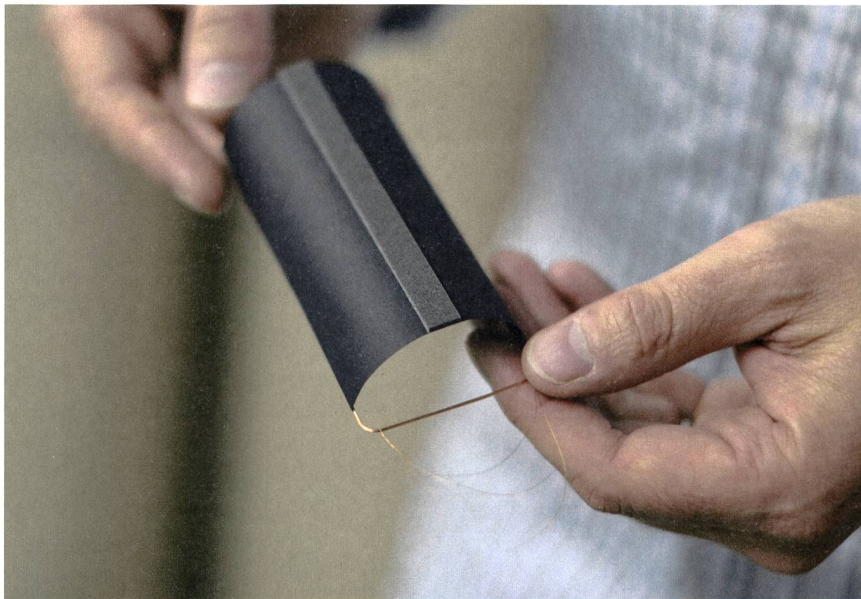


Bild 2 Die Membran des Linear Motion Transformers weist eine grosse Fläche auf. Es reichen also kleine Auslenkungen (mit entsprechend geringen Verzerrungen) für den gewünschten Schalldruck.

schöpfen, wenn sie möglichst weit von der Wand aufgestellt werden. Rowen möchte aber Lösungen anbieten, die bezüglich der Wanddistanz weniger heikel sind und sogar wandnah aufgestellt werden können. Zu diesem Zweck wurden Bipol-Standlautsprecher entwickelt (**Bild 1**), meist mit identischer Bestückung vorne und hinten und gleichphasiger Ansteuerung, die nicht nur Direktschall, sondern auch von den Wänden reflektierten Schall erzeugen. Dadurch ergibt sich ein Klang, der den Raum homogener füllt, als Lautsprecher, die nur nach vorne abstrahlen und bei denen es für den Stereoeffekt wichtig ist, dass man sich in der Mitte befindet. Sie sind nicht zu verwechseln mit Dipollautsprechern, die gegenphasig arbeiten und deren Aufstellung – je nach Raumverhältnissen – anspruchsvoll bis unmöglich ist, die aber bei richtiger Platzierung ausgezeichnete Resultate liefern können.

Simplizität als Philosophie

Um ein möglichst gutes dynamisches Verhalten zu erreichen, werden bei passiven Rowen-Lautsprechern aufeinander abgestimmte Treiber eingesetzt, um mit passiven Filtern erster Ordnung auszukommen und kleine Verluste zu haben. Filter höherer Ordnung werden nicht eingesetzt. Dieses Keep-it-simple-Prinzip äussert sich auch darin, dass Rowen oft nur Zweiweg-Lautsprecher mit einer Frequenzweiche einsetzt, wobei entweder ein Kalottenhochtoner und Tief-Mitteltontreiber oder der neue Linear Motion Transformer (LMT), der den Mittel- und

Hochtonbereich abdeckt, und Basstreiber verwendet werden. Beim LMT handelt es sich um eine halbzyklindrische Membran (**Bild 2**) mit Spule, die in äusserst starke Magneten eintaucht. Die linear bewegte Membran wird ohne Aufhängung einfach in eine Naturkautschuk-Halterung hineingesteckt. «Linear bewegt» bedeutet hier, dass die gesamte Membranbewegung den Ton erzeugt, statt einer Membranverformung. Das System ist offen, ohne Kompression, und hat eine relativ grosse Fläche, wodurch bereits mit kleiner Auslenkung ein linearer Frequenzgang von 1 kHz bis 28 kHz und der gewünschte Schalldruck erreicht

werden. Der gesamte Bereich, in dem das Ohr am empfindlichsten ist, wird so durch eine einzige Membran abgedeckt, damit keine Frequenzweichen-Übergänge stören.

Natürliche Materialien

Der oben erwähnte Karton und der Naturkautschuk sind nur zwei Beispiele der Materialwahl bei Rowen. Das Unternehmen setzt grundsätzlich auf möglichst natürliche Materialien wie Papier, Karton, Seidengewebe im Hochtonbereich usw. Denn gemäss Yvo Aebischer haben künstliche Materialien wie Kunststoffe oder Metalle ausgeprägtere Eigencharakteristika, die sich im Klang unerwünscht äussern. Für Gehäuse werden oft mitteldichte Holzfaserverplatten (MDF) eingesetzt, aber wie Piega bietet Rowen auch «volumenoptimierte» Lautsprecher mit Metallgehäuse an, wobei statt Aluminium Edelstahl eingesetzt wird.

Elektronik-Modifikationen

Damit die Rowen-Lautsprecher optimal zur Geltung kommen, bietet Dynavox komplette Anlagen an, mit eigenen Komponenten – Vor- und Endverstärker sowie Plattenspieler – bzw. mit Komponenten anderer Hersteller, die auf Wunsch auch individuell auf die Rowen-Lautsprecher «getunt» werden. Yvo Aebischer erachtet diese Modifikation als nötig, da die bei der Entwicklung von Audiokomponenten verwendeten Standards nicht alle relevanten Aspekte, besonders im Dynamikverhalten, berücksichtigen und das Zusammenspiel von

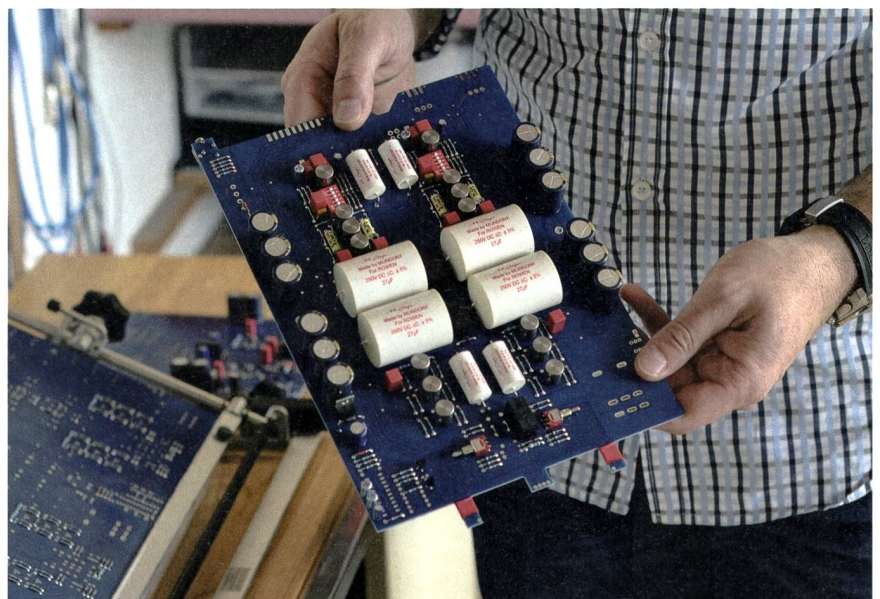


Bild 3 Rowen entwickelt nicht nur Lautsprecher, sondern auch passende Vor- und Endverstärker. Auch ein Plattenspieler ist im Sortiment.



Bild 4 Der Piega-Lautsprecherentwickler Kurt Scheuch setzt auf moderne Berechnungsmethoden und Materialien.

unterschiedlichen Komponenten nicht immer optimal ist. Beispielsweise wird die Nennimpedanz (4Ω , ...) mit Sinustönen ermittelt. Dass bei dynamischen, aperiodischen Signalen Lautsprecher wegen der stärkeren Membranbeschleunigung eine deutlich niedrigere Impedanz aufweisen können und dass der Verstärker ebenso niederohmig sein sollte, wird oft nicht berücksichtigt. Ein linearer Frequenzgang, mit Sinustönen ausgemessen, sagt nichts über das dynamische Verhalten aus.

Während im Ausland sowohl preisgünstige Hi-Fi-Anlagen als auch sehr teure Prestige-Systeme gefragt sind, spielt in der Schweiz das mittlere Preissegment eine grössere Rolle, bei dem Prestigeansprüche nicht im Vordergrund stehen. Der Schweizer Käufer ist bereit, für Qualität zu bezahlen, aber sie muss gemäss Yvo Aebischer «praktisch und logisch» sein. Das Design soll dezent und zeitlos sein und Möglichkeiten bieten, beispielsweise die Stoffbespannung bei neuen Farbwünschen bzw. Beschädigungen ersetzen zu können. Die meisten Anlagen von Dynavox, dem Vertrieb von Rowen, liegen zwischen 5000 und 20000 CHF. Da Rowen dieses mittlere Segment bedient, das im Ausland weniger gefragt ist, wird kein Export angestrebt.

Back to the future Auch Piega ist schon lange, seit über 25 Jahren, im Geschäft. Der Firmensitz liegt idyllisch in Horgen, direkt am Zürichsee. Der Name Piega geht auf den 1987 in den ersten Piega-Lautsprechern verwendeten Bändchenhochtöner zurück, der mit einer gefalteten Aluminiumfolie ausgerüstet war.

Aus dem Italienischen «piegare», biegen, falten, entstand dann der Name Piega. Der Bändchenhochtöner, auch «Ribbon Speaker» genannt, ist ein isodynamischer Flächenstrahler und ist in optimierter Form auch heute noch in Piega-Lautsprechern präsent.

Rund 20 Mitarbeiter sind bei Piega in Produktion und Administration tätig, wobei der Aussendienst und Vertrieb, auch von Marantz-Produkten, eine zunehmend grössere Rolle spielen. Rund 14000 Lautsprecher verlassen jährlich den Zürichsee – ein Drittel davon bleibt in der Schweiz, der Rest wird exportiert. Der Export steigt kontinuierlich, berücksichtigt aber die Limiten der hiesigen Produktion.



Bild 5 Unverkennbar Piega: Im universell einsetzbaren AP3 ermöglichen LDR-Bändchenhochtöner und das Aluminiumgehäuse einen grossen Sound aus relativ kleinen Lautsprechern.

Das Bändchenprinzip ist schon relativ alt. Bereits in den 1920er-Jahren wurde es entwickelt, ursprünglich für Mikrofone. Die ultraleichten Bändchen wurden jahrzehntelang verwendet und optimiert. Dank dem Einsatz eines – zur damaligen Zeit noch nicht verfügbaren – fotochemischen Ätzprozesses können die Polymer-Membranen heute bei Piega so hergestellt werden, dass sich die früher benötigte Impedanzanpassung erübrigt. Die damals verwendeten Aluminiumfolien stellten nämlich praktisch einen Kurzschluss dar, der für die Impedanzanpassung einen Übertragungstrafo – mit unerwünschten frequenzabhängigen Eigenschaften wie Nichtlinearitäten – erforderte.

Wie bei Rowen werden Kalottenhochtöner bei Piega nur in Einsteigermodellen verwendet, denn ein hochwertiger Bändchenhochtöner liegt u.a. wegen den benötigten Magneten in einer anderen preislichen Kategorie als Kalottenhochtöner.

Abstrahlverhalten

Früher war das Abstrahlverhalten von Bändchenhochtönern nicht optimal, da sie, auch wegen dem damals aus Wirkungsgradgründen verwendeten Hornvorsatz, ein sehr eingeschränktes Abstrahlverhalten aufwiesen. Dies trifft heute nicht mehr zu. Die Fläche und die Geometrie der Membran definieren das Abstrahlverhalten von Bändchenhochtönern. Ihr geringes Gewicht ermöglicht eine ausgezeichnete Hochfrequenzwiedergabe.



Bilder: No

Bild 6 Für den Mittel-Hochtonbereich ist im 3-Wege-Dipollautsprecher «Master One» ein koaxiales Bändchen-System zuständig. Zwei Basstreiber und die Bassreflexöffnung sorgen für Tiefgang.

Wie entsteht ein neues Modell?

Gestaltungsprinzip bei Piega sind die Kundenbedürfnisse. Die Integration in den Wohnraum ist dabei wichtig. Wenn ein neuer Lautsprecher entwickelt wird, definiert man zunächst die Preisklasse und es wird festgelegt, welche Treiber eingesetzt werden. Dann wird das Gehäuse entworfen und die Herstellung festgelegt. Die Chassis werden mit Simulationssoftware auf PC entworfen. Der Lautsprecher wird bei Piega zunächst komplett auf dem Rechner simuliert und erst dann werden Prototypen von den Treibern und vom Gehäuse gebaut. Bei den Treibern werden die Thiele-Small-Parameter, die elektrodynamischen Eigenschaften der Chassis, auf das Gehäuse optimiert. Obwohl die Bass-Mittelontreiber in vielen Boxen zwar gleich aussehen, wurden sie für den konkreten Lautsprecher optimiert. Man könnte natürlich auch ein allgemeines Chassis verwenden, das überall ein akzeptables Resultat liefern würde, aber individuell angepasste Basstreiber ergeben bessere Resultate.

Der Lautsprecher soll wiedergeben statt die Musik zu interpretieren – ein lineares Verhalten ist grundsätzlich er-

wünscht. Bei kleinen Lautsprechern erzielt man aus physikalischen Gründen natürlich keinen Tiefbassbereich, und ein linearer Frequenzgang würde dünn und hart statt angenehm und natürlich tönen. Da nimmt man gemäss Kurt Schoch den Mitteltonbereich geringfügig zurück. Verschiedene Piega-Modelle weichen deshalb manchmal von der idealen Kurve ab. Ab einer bestimmten Grösse ist die Linearität aber oberstes Ziel bei Piega.

Bassreflex lässt sich berechnen

Im Gegensatz zu Rowen, die bei grösseren Modellen in Anlehnung an das von Acoustic Research entwickelte «Acoustic Suspension Woofer»-Prinzip bewusst auf Bassreflex verzichten, kommt das Prinzip des Helmholtz-Resonators bei Piega – ausser im Center-Speaker und Wandlautsprechern – in allen Lautsprechern vor. Bei Lautsprechern, die in den Raum gestellt werden, ist gemäss dem Piega-Lautsprecherentwickler Kurt Scheuch Bassreflex das Prinzip, bei dem die wenigsten Kompromisse eingegangen werden müssen.

Das Bassreflexsystem ist schon alt. Das erste Patent geht auf Thuras zurück (1930). [3] Früher hatte es einen schlechten Ruf, da es oft schwammig, ungenau und weich klang. Es wurde bereits eingesetzt, als es noch keine richtigen Berechnungsgrundlagen zu seiner Dimensionierung gab und die Lautsprecherentwicklung ein mehr oder weniger erfolgreicher experimenteller Prozess war, bei dem eigentlich nicht klar war, was man macht. In den 1980er-Jahren wurden aber durch Thiele und Small die mathematischen Grundlagen für die Lautsprecherberechnung entwickelt. Bassreflex hat sich heute bei den meisten namhaften Herstellern durchgesetzt.

Der starke Abfall unter der durch den Helmholtz-Resonator vorgegebenen Tuning-Frequenz, die durch den abgestrahlten Schalldruck der Membran und die Öffnungsgrösse des Bassreflex bestimmt wird, liegt bei gut konstruierten Lautsprechern im Bereich, wo der Schall nicht benötigt wird. In vielen Wohnräumen ist es sinnvoll, einen Lautsprecher einzusetzen, der beispielsweise seinen -6dB -Punkt bei 38 Hz statt eine Oktave tiefer hat, denn die Subwoofer-Frequenzen benötigen entsprechende Räume, um problemlos funktionieren zu können.

Gehäuse aus Aluminium

Oft wird angenommen, dass die nahtlosen Aluminium-Pressprofile für Lautsprechergehäuse aus optisch-ästheti-

schon Gründen verwendet werden. Zentral ist aber die Akustik: Aluminium ist der oft eingesetzten, mitteldichten Holz-faserplatte (MDF) in gewisser Hinsicht überlegen, da es viel steifer ist. Laut Kurt Scheuch wird mit viel dünneren Wänden die gleiche Wirkung erzielt.

Bei gleicher Steifigkeit entspricht eine Aluminium-Wandstärke von 5 mm einer MDF-Wandstärke von 40 mm. Bei identischen Aussenabmessungen sinkt also das Nettovolumen bei MDF deutlich. Ein Aluminiumlautsprecher ist deshalb bei vergleichbarem Klang um 30 bis 50% kleiner. Dies entspricht dem Kundenwunsch nach möglichst kompakten Lautsprechern. Im Unterschied zu Musikinstrumenten sollte sich das Gehäuse von Lautsprechern möglichst nicht an der Klangbildung beteiligen. Neutralität ist gefragt, Vibrationen sind unerwünscht. Dazu braucht es aber auch eine optimale Bedämpfung. Scheuch erläutert, dass der Schall nur von der Membran abgestrahlt werden sollte und nicht zusätzlich vom Gehäuse. Ein vibrierendes Gehäuse ist eine unerwünschte Schallquelle – eine willkürlich arbeitende Phantomschallquelle, die Time-Smear-Effekte erzeugt.

Der Nachteil von Aluminiumgehäusen ist der Initialaufwand, denn es müssen stets Presswerkzeuge hergestellt werden, bevor der erste Lautsprecher produziert werden kann. Und ein entsprechendes Werkzeug in dieser Grösse liegt im Bereich von 150 000 bis 250 000 CHF. Als Hersteller braucht man deshalb eine gewisse Kontinuität, um die Werkzeuge amortisieren zu können. Die Produktionszyklen von spezifischen Modellen bei Piega liegen entsprechend zwischen 4 und 8 Jahren.

Aktiv oder passiv?

Der Anteil aktiver Lautsprecher beträgt bei Piega unter 5%. Technisch gibt es gemäss Kurt Scheuch heute keinen Grund, weshalb ein passiver Lautsprecher schlechter als ein aktiver tönen sollte, denn die Frequenzweichen können genau berechnet und angepasst werden – sogar passive Bandpässe 4. Ordnung sind möglich. Idealerweise sollte das Filter möglichst einfach sein, aber um einen gewissen Aufwand kommt man nicht herum.

Mit der Aktivtechnik hat man gemäss Scheuch heute keinerlei Vorteile, da nun das Filter rechnerisch mit in die Übertragungsfunktion einbezogen und als Systemkomponente berücksichtigt wird, was

früher nicht möglich war. Aktivlautsprecher hätten trotzdem gewisse Vorteile, denn die Zeit der klassischen Hi-Fi-Anlage ist langsam vorbei. Heute will man ein niederfrequentes Signal – beispielsweise von einem Streamer – direkt an die Lautsprecher anschliessen.

Bei Rowen betont man die Vorteile der Aktivtechnik, besonders die Tatsache, dass die Filterkomponenten der Frequenzweiche Bestandteil des Verstärkers sind und somit abgekoppelt von den «reaktiven» Einflüssen der Treiber arbeiten, wodurch sich laut Yvo Aebischer eine genauere Abstimmung der Frequenzübergänge und somit ein besserer Klang erreichen lässt. Rowen bietet bei gewissen Modellen deshalb auch Aktiv-Upgrademöglichkeiten an, die bei Bedarf nachträglich installiert werden können.

Im Unterschied zu passiven Lautsprechern haben die aktiven den Vorteil, für den Endverstärker kein separates Gehäuse zu benötigen. Es werden Kosten gespart und Kabel entfallen – bei vergleichbarer Qualität. Früher hatten Aktivlautsprecher einen schlechten Ruf, da sie im Reparaturfall, der öfter eintrat, wegen ihres Gewichts von dutzenden Kilos schlecht transportierbar waren. Der Fachhandel vermied sie, wo dies möglich war.

Viele Wege führen nach Rom

Das Ziel «authentische Klangwiedergabe» hat bei beiden Firmen oberste Priorität. Wie Rowen und Piega auf ihre je spezifische Weise zeigen, gibt es aber verschiedene Wege, um dieses Ziel zu errei-

Résumé

Les transducteurs électroacoustiques, des machines à voyager dans le temps

Deux fabricants suisses de haut-parleurs passés à la loupe

Des haut-parleurs de qualité supérieure mis en place dans des pièces appropriées et connectés à un système audio-électronique adéquat sont capables de générer des illusions. Ils emmènent les auditeurs vers d'autres lieux et d'autres temps, par exemple vers les endroits qu'ils associent à la musique écoutée. En Suisse, deux entreprises construisent depuis des décennies de telles «machines à illusions»: Rowen et Piega, établies respectivement dans les communes de Givisiez dans le canton de Fribourg et de Horger au bord du lac de Zurich. Les deux sociétés ont élaboré une approche qui leur est propre en termes de conception. Rowen a axé ses efforts sur des haut-parleurs bipolaires permettant une diffusion quasi omnidirectionnelle, sans système bass-reflex. Ils sont équipés du nouveau système Linear Motion Transformer qui assure une transmission sans transition de l'importante zone médium/aigu. La structure bipolaire à phase identique assure un mélange équilibré de son direct et indirect dans la pièce et permet de placer les haut-parleurs à proximité des murs. Piega a pour sa part misé sur des caissons en aluminium extrudés ultrarigides qui présentent, à dimensions extérieures égales, un volume net supérieur et reproduisent un son identique à celui produit par des haut-parleurs de plus grande taille. Un système bass-reflex dimensionné de façon optimale à l'aide de calculs et les tweeters à ruban garantissent un son précis sur la totalité du spectre audible. Deux solutions différentes qui poursuivent un même objectif: un son authentique.

chen. Bewährte, natürliche Materialien aus der Romandie versus Aluminium aus der Deutschschweiz. Keep it simple versus neuste Berechnungsmethoden. Obwohl beide Unternehmen hochwertige Lösungen anbieten, könnte ihr Ansatz kaum unterschiedlicher sein. Jede wird ihre Kunden auf ihre Art überzeugen – sei es durch eine faszinierende Abstrahlcharakteristik, bei der sich direkter und indirekter Klang harmonisch ergänzen, oder durch einen präzisen, analytischen Klang mit Gänsehautcharakter. Auch für nicht Kaufwillige könnte ein Hörvergleich aufschlussreich sein!

Literatur

- Floyd E. Toole, Sound Reproduction – Loudspeakers and Rooms, Focal Press, 2008.
- Martin Colloms, High Performance Loudspeakers, John Wiley, 1978.

Referenzen

- [1] Jonathan Sterne, The Audible Past, Cultural Origins of Sound Reproduction, Duke University Press, S. 246.
- [2] Floyd E. Toole, S. 7.
- [3] Martin Colloms, S. 74–75.

Angaben zum Autor

Radomir Novotny ist Chefredaktor Electrosuisse beim Bulletin SEV/VSE.

Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
radomir.novotny@electrosuisse.ch

Anzeige



EMCT Alarm & Signalgeber

Produktion & Entwicklung von piezoelektronischen und elektromagnetischen Signalgeber **Swiss-Made** in Urtenen-Schönbühl

AC/DC & UEB025 Typen, Spannungsbereich von 1.5 VDC bis 230 VAC
Durchgangsprüfer, Marderschreck und kundenspezifischen Signalgeber für Industrie, Medizinal, Haustechnik und Automobilanwendungen.

EMCT Swiss-ConnTec SA

Postfach 241, Grubenstr. 7a Telefon +41 (0)31 859 34 94 E-Mail info@emct.ch
CH-3322 Urtenen-Schönbühl Telefax +41 (0)31 856 20 17 Internet www.emct.ch

www.emct.ch



Haben Sie Fragen über MIL C oder Industrie-Steckverbinder oder benötigen Sie eine Spezialanfertigung? Dann sind wir der richtige Partner für Sie. Kontaktieren Sie uns.