



# Exposé



## Biegewellenlautsprecher

### zur Patentverwertung

Dieser breitbandige Flachlautsprecher basiert auf der kontrollierten Ausbreitung von Biegewellen auf einer ebenen, leichten und steifen Membran. Diese übernimmt die Funktion der Schallabstrahlung, der Rückstellung und Zentrierung sowie der Schwingungsdämpfung. Die dünne Membran ist nur an einer Randkante fest eingespannt, arbeitet dort im Hochtonbereich unter hoher Federsteife bei kleiner Amplitude (Feder gehemmt). Die entgegengesetzte Seite der Membran kann im Tieftonbereich bei hoher Amplitude völlig frei schwingen und hat dabei fast die gesamte Masse der Membran, des Dämpfungsbelags und der verdrängten Luft zu bewegen (Masse gehemmt). Vom sehr nah am Festlagers angeordneten Schwingerreger breiten sich die linearen Biegeschwingungen als ebene Transversalwelle aus, ohne dabei an den Membranrändern reflektiert zu werden, ähnlich wie auf der biologischen Basilarmembran, in der Cochlea des inneren Ohres. (Wanderwellen Theorie nach Georg von Békésy, 1961)

Die einzigartige Bauform erzeugt damit hohe Schwingungsweiten mit genügend großen Luftverschiebungen, es wird eine bis in den Tieftonbereich ausgedehnte Leistung erzielt. Speziell die linienförmige Anregung von Biegewellen auf der leichten und steifen Membran durch einen elektrodynamischen Antrieb machen die hohen Amplituden erst möglich. Es ist dabei von konstruktiven Vorteil, dass der kräftige Antrieb selber nur recht kleine Amplituden ausführen muss. Bei längeren Signal Anstiegszeiten werden die Biegeschwingungen durch den einseitigen Hebel in der steifen Membran verstärkt weitergeleitet und sind am Loslager maximal ausgebildet. Da mit zunehmender Entfernung vom Antrieb sich die Dämpfung in der Membran immer weiter aufaddiert, breiten sich nur die langwelligen Schwingungen bis zum Ende der

Membran aus, so werden Stehwellen (Moden) und die damit verbundenen Überhöhungen im Frequenzgang wegen nur geringer Energiespeicherung verhindert. Wichtig ist dabei eine extreme Leichtbauweise der Membran, die das Verhältnis von Strahlungsdämpfung zur eingespeisten elektrischen Leistung verbessert und Kennschalldruck sowie Wirkungsgrad erhöht. Biegewellen breiten sich mit einer frequenzabhängigen Geschwindigkeit aus. Das wird auch als Dispersion der Biegewellen bezeichnet und führt dazu, dass sich die Wellengeschwindigkeit auf der Membran mit steigender Frequenz erhöht. Die Wellengeschwindigkeit muss mindestens der Schallgeschwindigkeit in Luft entsprechen (Koinzidenzfrequenz). Denn nur oberhalb der Koinzidenzfrequenz steigt der Wirkungsgrad sprunghaft an und die Biegewelle beginnt sich unter einem Winkel ( $\vartheta > 0$  Grad) von der Membran abzulösen. Die Membran soll hier eine möglichst tiefe Koinzidenzfrequenz aufweisen ( $F_K \approx 200$  Hz), unterhalb dieser die Schallabstrahlung dann den altbekannten Prinzipien folgt. Etwaige akustische Blindleistung und die modale Raumakustik sind wie bei allen verfügbaren (Tiefton-) Lautsprechern noch vorhandene Probleme.

---

### Stand der Technik

Es hat nicht an Versuchen gefehlt Biegewellenwandler als Lautsprecher einzusetzen, etwa nach *Lincoln Walsh* (1964), *Josef Manger* (1969) oder der *Verity Group – NXT* (1996).

Der *Manger* Lautsprecher besitzt eine Membran die im Gegensatz zu anderen Lautsprechern nicht besonders steif sein muss. Die Biegewellen breiten sich kreisförmig auf der weichen Membran ähnlich wie auf einer Wasseroberfläche aus. Die Anregung der Membran erfolgt über eine runde Schwingspule. Durch den erzeugten mechanischen Impuls breiten sich die Biegewellen, etwa von der Mitte konzentrisch zum sternförmigen Absorber am Rand aus. Genau dieser Mechanismus behindert die Ausbildung großer Amplituden. Die Schwingungsdämpfung ist Aufgrund des ungünstigen Verhältnis von (Masse) Membranmaterial zu den dissipativen Strukturen nur unzureichend.

Beim System nach *Walsh* breiten sich die Biegewellen auf einem steifen Konus aus, ausgehend von einer runden Schwingspule bis zur

Einspannung des Konus hin, auch hier können keine großen Amplituden entstehen und der Wirkungsgrad bleibt leider gering.

*NXT* hat eine computergestützt weiterentwickelte Variante eines Biegewellenwandlers als *Distributed Mode Loudspeaker* vorgestellt. Durch Simulation wird versucht, solche Materialien und Formen zu finden, die möglichst irreguläre, chaotische Partialschwingungen zeigen. Diese resonanten Moden der Membran werden mit statistischen Methoden berechnet und geplant.

Alle oben aufgeführten Lautsprecher besitzen ein herkömmliches konzentrisches Schwingspulen-Magnetsystem und haben Probleme Schall gleichmäßig und effizient abzustrahlen. Häufig werden sie trotz der prinzipbedingten Breitbandigkeit nur in Mehrwegsystemen mit zusätzlichen Basslautsprechern und Hochtönern eingesetzt.

---

## Produktnutzen

Durch die beschriebene fortschrittliche Konstruktion ergeben sich im einzelnen folgende Vorteile:

- ✓ gesamter Hörbereich abbildbar, breitbandig
- ✓ Direktstrahler mit großer Membranfläche
- ✓ guter Wirkungsgrad und Schalldruck, hohe Strahlungsimpedanz
- ✓ Linienschallquelle, geringe horizontale Schallbündelung
- ✓ Zentrierung ist robust und langzeitstabil
- ✓ keine Frequenzweiche nötig, phasenrichtig
- ✓ flaches Design möglich, vereinfachter Aufbau ohne Sicke/Spider

Neben den aufgeführten Qualitätsvorteilen ergeben sich dabei auch geringere Herstellungskosten im Gegensatz zu aufwendigen Mehrwegsystemen. Es wird auf bereits verfügbare Materialien wie Karbon, Kunststoffe, Leichtmetalle, Permanentmagnete und deren bekannte Verarbeitungs- Technologien zurückgegriffen. Dabei kann noch an einer weiteren Verbesserung des zum Ziel führenden Leichtbaus gearbeitet werden. Neueste Erkenntnisse bei Faserverbundtechnologien (beispielsweise carbon nanotubes) können mit Vorteil eingesetzt werden.

---

## Anwendungsgebiete

Dieser Lautsprecher ist hervorragend zum ermüdungsfreien Hören akustischer Signale aller Art geeignet. Im Allgemeinen also privates Multimedia, Tonstudio Anwendungen, bei großen Konzerten und Theater (PA) und natürlich für die elektronische Imitation traditioneller akustischer Instrumente. Je nach Produkt und Preisaufstellung ist eine erhebliche Marktnachfrage zu erwarten. Insbesondere die phasenrichtige Wiedergabe nach dem Gesetz der ersten Wellenfront (Präzedenz Effekt nach *Lothar Cremer*, 1948) wird mit diesem Lautsprecher realisiert. Durch den ausgedehnten horizontalen Abstrahlwinkel in Kombination mit vertikaler Bündelung ist der indirekte Raumschall reduziert. Nur mit einem Biegewellenwandler wird auch außerhalb der Stereomitte ein breites richtungsgetreues Wiedergabeverhalten erreicht. Größeren Erfolg könnte dieser Lautsprecher durch die inzwischen weite Verbreitung von Flachbildschirmen haben, zu deren Design und Anspruch dieses System besonders gut passt.

---

## Patentstand

Die Erfindung ist in Deutschland zur Patenterteilung angemeldet und der Schutzbereich kann innerhalb der Prioritätsfrist noch auf weitere Länder ausgedehnt werden (bis 2014). Erste Versuche wurden im Labormaßstab erfolgreich durchgeführt und ein Prototyp ist verfügbar.

---

## Lizenz – Kaufangebot

Im Rahmen des Verwertungskonzeptes ist eine Vergabe exklusiver oder auch einfacher Lizenzen vorstellbar. Auch eine Lizenzvergabe angepasst an Produkte und Märkte ist möglich. Der Erfinder kann für Weiterentwicklungen dem Lizenznehmer zur Verfügung stehen.

---

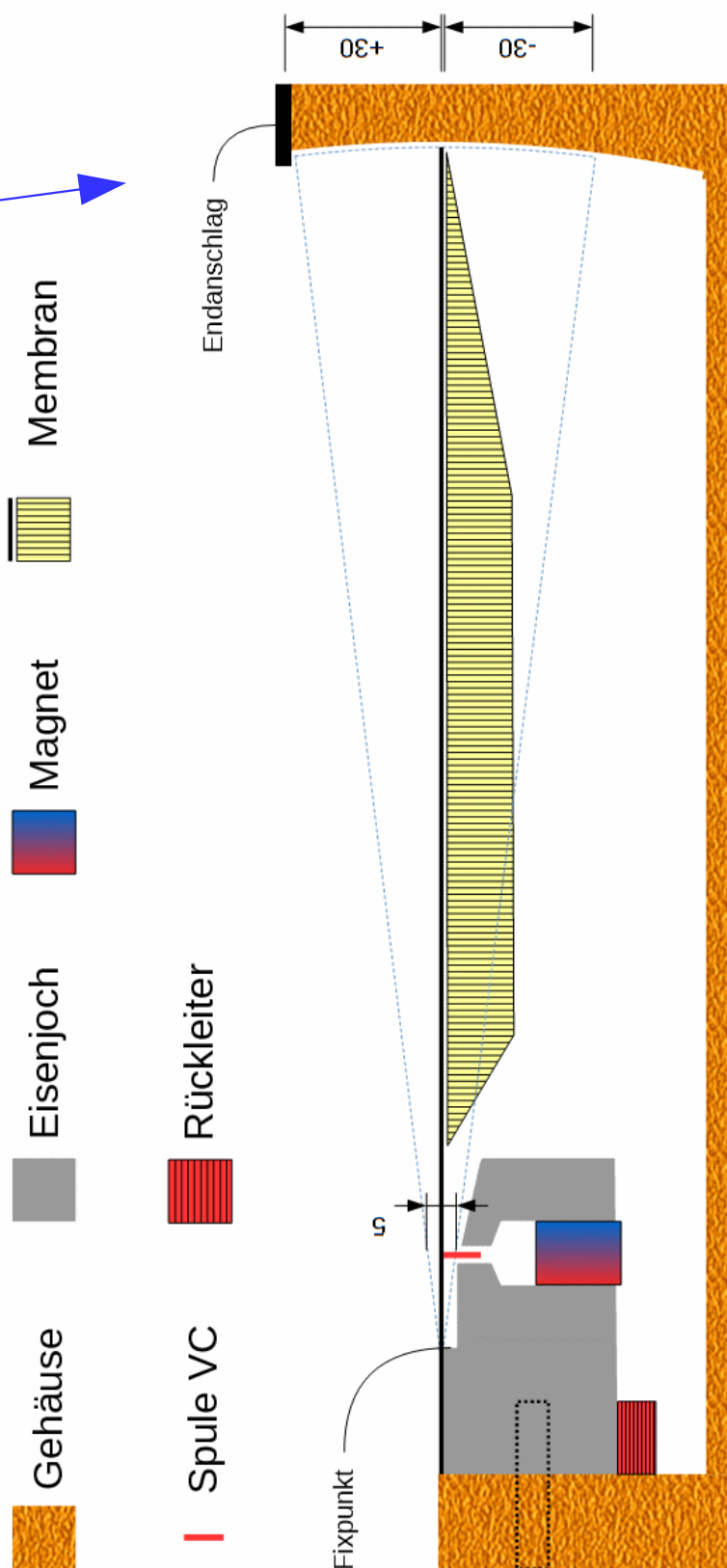
## Kontakt

Für weitere Informationen und zur Kontaktaufnahme wenden sie sich bitte an:

[bendingwave@t-online.de](mailto:bendingwave@t-online.de)

Sound**d**Blade  
Tobias Weiß  
Elisabethstraße 21  
26135 Oldenburg  
Deutschland

# Breitbandiger Lautsprecher mit BiegeWellen Anregung $x_{max} \pm 30 \text{ mm}$





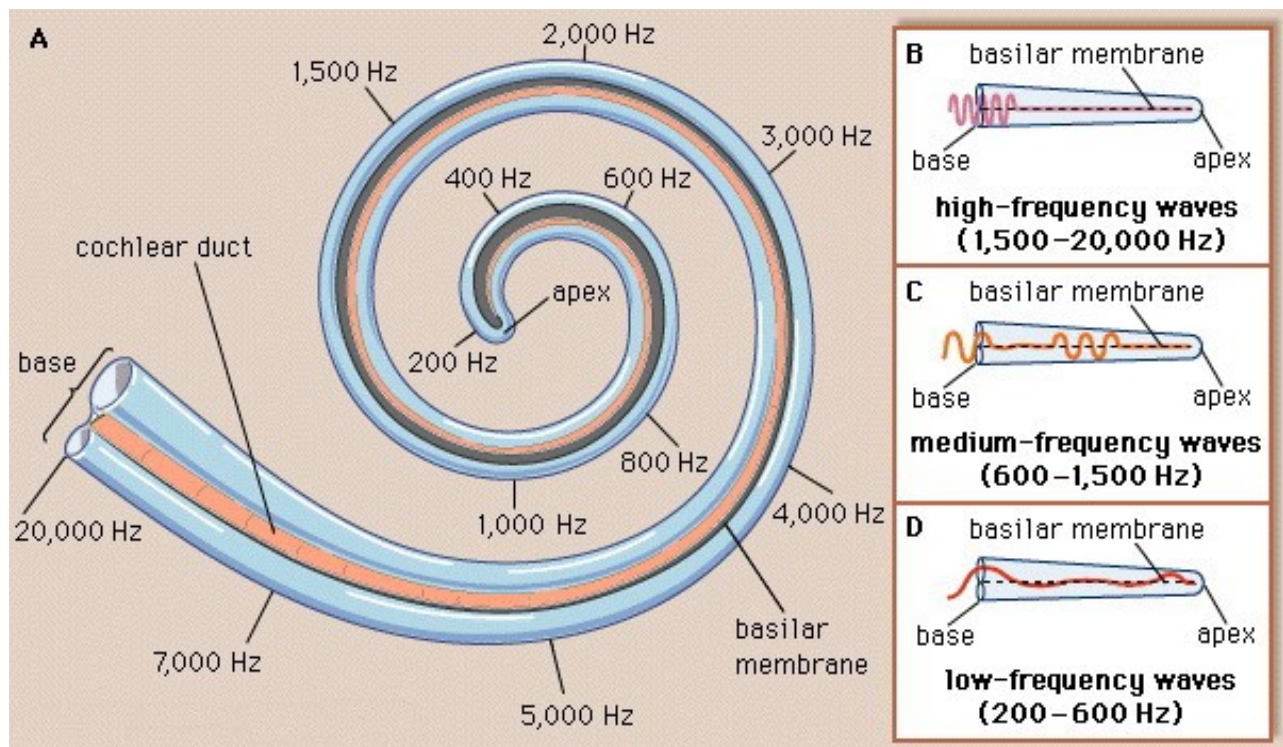
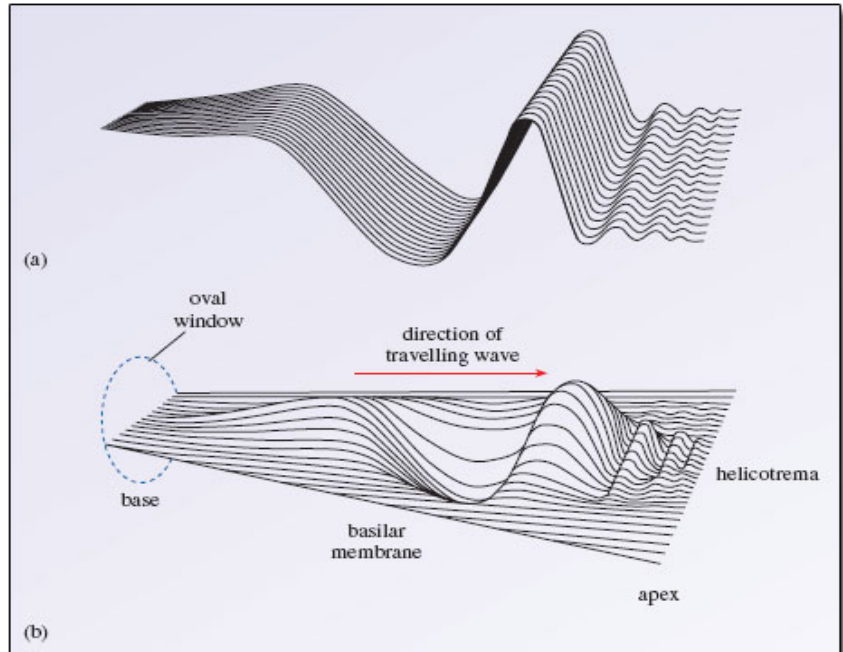
## Wanderwellen Ausbreitung

Die mechanischen Eigenschaften der Basilarmembran verändern sich kontinuierlich über die Länge, von schmal und steif an der Basis zu weit und weich am Apex

**a)** vereinfachte Darstellung der abgerollten Basilarmembran als bewegtes Bändchen

**b)** realistischere Darstellung der bewegten Basilarmembran die Ränder sind fest eingespannt, für jede Frequenz entsteht jeweils ein lokales Anregungsmaximum

Credit: Open University UK



## The analysis of sound frequencies by the basilar membrane

- A)** The fibres of the basilar membrane become progressively wider and more flexible from the base of the cochlea to the apex. As a result, each area of the basilar membrane vibrates preferentially to a particular sound frequency.
- B)** High-frequency sound waves cause maximum vibration of the area of the basilar membrane nearest to the base of the cochlea;
- C)** medium-frequency waves affect the centre of the membrane;
- D)** and low-frequency waves preferentially stimulate the apex of the basilar membrane. (The locations of cochlear frequencies along the basilar membrane shown are a composite drawn from different sources.)

Credit: Encyclopædia Britannica, Inc.