

# Elektrostatische Lautsprecher

Referat Tonseminar WS 03/04  
Reiner Pfeiffer 10971

## Inhalt:

- Grundprinzip
- Vor- und Nachteile
- Einfachste Bauform
- Gegentakt-ESL (Prinzip)
- Gegentakt-ESL (Aufbau)
- Nichtlineare Verzerrungen
- Linearität des ESL 63
- Abstrahlcharakteristik
- Aufstellung
- Verstärker
- Hersteller
- Beispiele
- Zusammenfassung

**Grundprinzip:**

**Dynamischer Lautsprecher  
(stromdurchflossene Schwingspule)**



**Elektrostatischer Lautsprecher  
(Ladungen auf Kondensatorplatten)**

**Vor- und Nachteile:**

**Vorteile:**

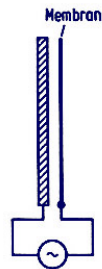
- Membran quasi massefrei, damit optimales Einschwingverhalten
- klares, natürliches und angenehmes Klangbild
- sehr gute Linearität

**Nachteile:**

- großer Platzbedarf für Breitband-ESL
- Sweep-Spot (starke Bündelung der Mittel- und Hochtonsektion)
- hoher Preis

### Einfachste Bauform:

• feste Metallplatte und in geringem Abstand aufgespannte dünne Metallfolie oder metallisierte Kunststoffolie bilden einen Kondensator.

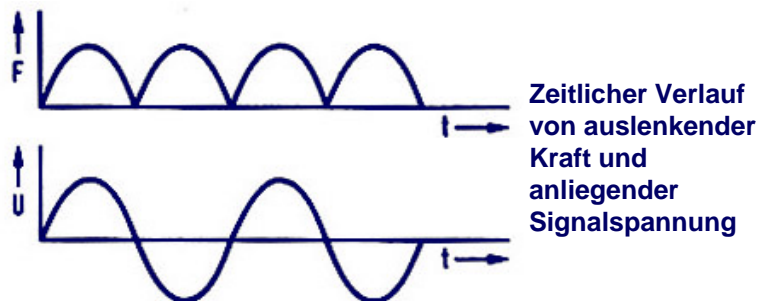


Prinzip eines ESL

• angelegte Spannung erzeugt elektrisches Feld → Kraft wirkt auf Folie → Bewegung hin zur Platte (prinzipiell als Membran nutzbar).

### Einfachste Bauform:

• Sinusspannung erzeugt keinen sinusförmigen Verlauf der Kraftwirkung → Wiedergabe von Sprache und Musik so nicht möglich!

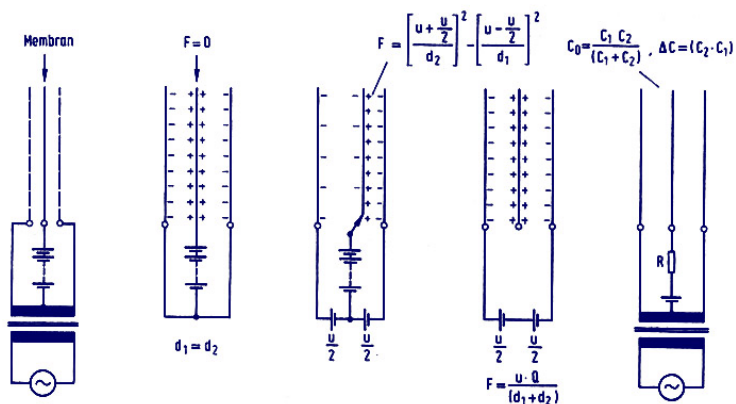


### Einfachste Bauform:

- Eine Gleichspannung (Polarisationsspannung) in Serie mit der Wechselfspannung erlaubt der Membran um eine Mittellage mit der Frequenz der Wechselfspannung zu schwingen.
- Membran kann in beide Richtungen schwingen.
- Die Gleichspannung muß größer sein als die Signalspannung.
- Nur als Hochtonlautsprecher geeignet, da bei hohen Frequenzen die Signalspannung gering ist.

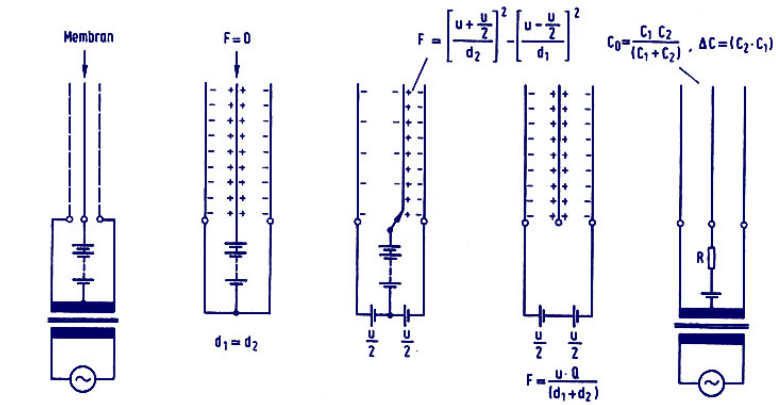
### Gegentakt-ESL (Prinzip):

- Größere Signalspannung und größere Auslenkung an geladener beweglicher Membran zwischen 2 Elektroden ermöglicht Tieftönwiedergabe.



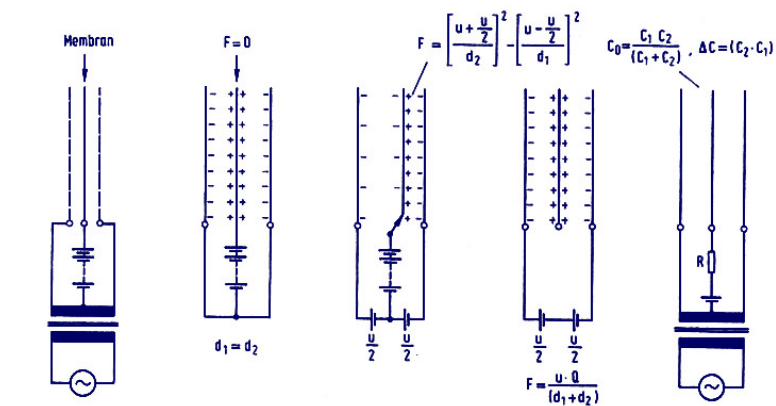
**Gegentakt-ESL (Prinzip):**

- Der Membran wird mit hoher Gleichspannung (kV-Bereich) eine große Ladungsmenge zugeführt.



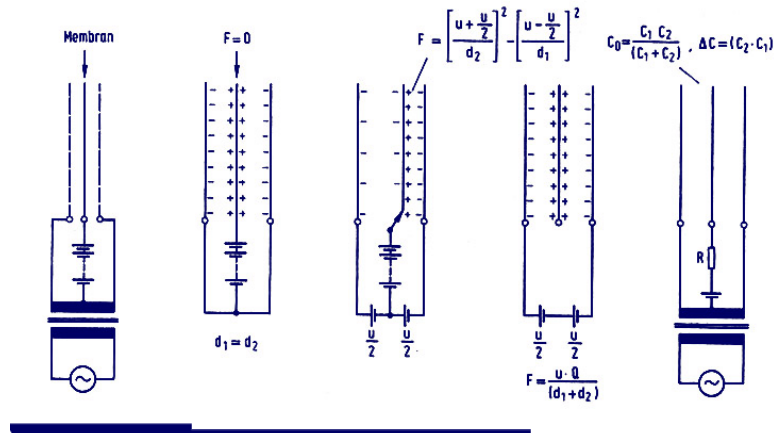
**Gegentakt-ESL (Prinzip):**

- Signalspannung  $\rightarrow$  Potentialänderungen auf Elektroden  $\rightarrow$  Änderung des elektrischen Feldes  $\rightarrow$  geladene Membran bewegt sich.



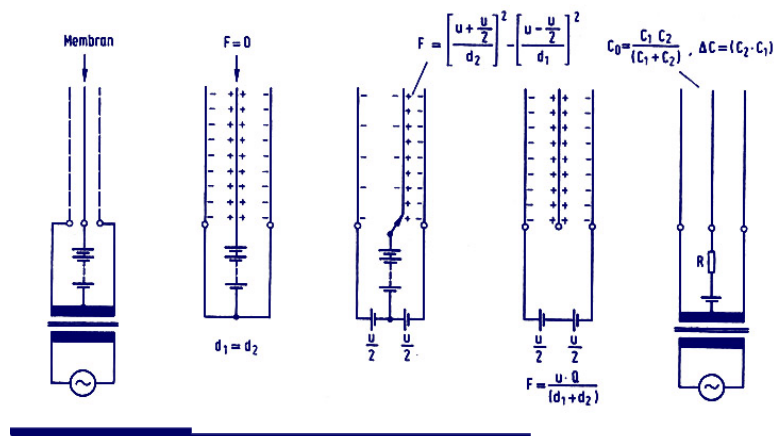
### Gegentakt-ESL (Prinzip):

- Auf den den Elektroden muß die Signalspannung gegenphasig anliegen.



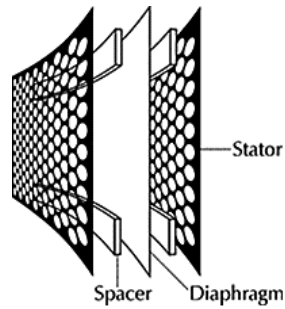
### Gegentakt-ESL (Prinzip):

- Dies erreicht man mit einem Übertrager/Transformator mit Mittelpunktzapfung.

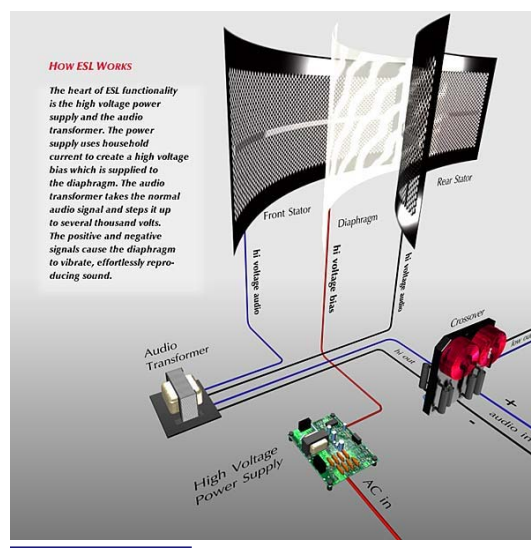


### Gegentakt-ESL (Aufbau):

- Die Elektroden müssen schalldurchlässig sein → perforierte Metallplatten oder Gitterstäbe.
- Gute Isolierung und fester Abstand zwischen Membran und Elektroden.



### Gegentakt-ESL (Aufbau):



**Aufbau eines  
MartinLogan  
ESL**

### Nichtlineare Verzerrungen:

- Anziehungskraft zwischen den Flächen steigt bei linearer Annäherung quadratisch an.
- Spannungsdifferenz muß bei Annäherung von Membran an Platte verkleinert werden.
- Membran wird auf ein bestimmtes Potential aufgeladen, anschließend wird die Polarisationsspannung abgeschaltet.
- Ladungsmenge Q auf der Membran ist somit festgelegt.

### Nichtlineare Verzerrungen:

- Q ändert sich auch bei Bewegung nicht.
- Nähert sich die Membran der Platte, steigt die gegenseitige Kapazität.
- Es gilt:  $U = Q / C$
- Die Vorspannung fällt.
- Effekt bildet linearisierendes Gegengewicht.
- Anziehungskraft  $F \sim$  Ladung  $Q \sim$  Spannung  $U$ .



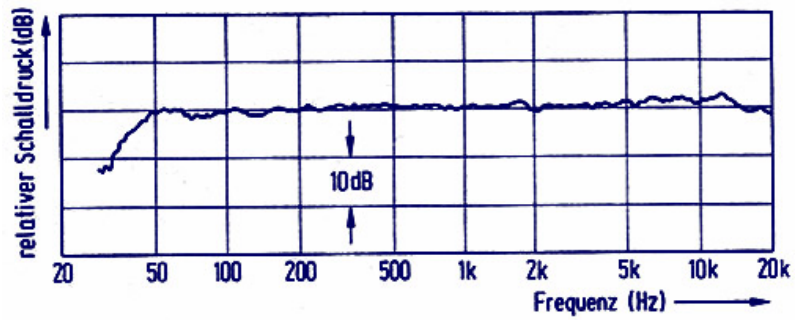
### Nichtlineare Verzerrungen:

- In der Praxis wird die konstante Ladung durch einen Hochohmwiderstand in Reihe zur Polarisationsspannung erzeugt.
- Oberflächenleitfähigkeit der Membran wird angepasst → Membran selbst wirkt als Hochohmwiderstand.
- Membran muss beim Einschalten erst über den hochohmigen Widerstand geladen werden → Zeit.

### Nichtlineare Verzerrungen:

- Hochohmwiderstand  $R$  und Lautsprecherkapazität  $C$  bilden ein RC-Glied.
- Ist die Zeitkonstante genügend lang gegenüber der Periodendauer der tiefsten zu verarbeitenden Frequenz, ändert sich während der Bewegung der Membran die Ladung praktisch nicht.

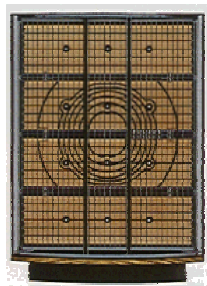
### Linearität des ESL 63:



Freifeld-Übertragungskennlinie  
des ESL 63

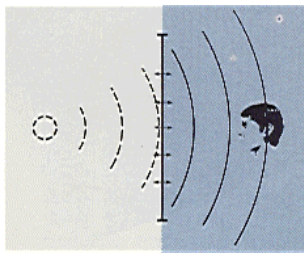
### Abstrahlcharakteristik:

- Membran zwischen ringförmigen, konzentrischen Elektroden.
- Signal wird zeitlich verzögert und stufenweise abgeschwächt den einzelnen Elektroden zugeführt.



### Abstrahlcharakteristik=

- Erzeugung eines Schallfeldes, daß dem einer punktförmigen Schallquelle entspricht, die sich 30 cm hinter der Membranebene befindet.
- Dipol-Strahlungscharakteristik in Form einer 8 (senkrecht zur Membranebene nach vorne und hinten).



### Abstrahlcharakteristik:

- Starke Bündelung der Mittel- und Hochtonsektion (Sweep Point)
- Verbesserung des Rundstrahlverhaltens durch gebogene Bauform des ELS



**Aufstellung:**

•Schallfeld wird nach vorne und hinten gleich stark aber gegenphasig abgegeben (Klangverfälschungen durch Reflexionen drohen).

•Abstand zur rückwärtigen Wand: mindestens 70-100 cm

•Wand möglichst reflexionsarm

•Geringe Änderungen von Standort und Winkel können große Auswirkungen auf das Klangverhalten haben (Sweep Point).

**Aufstellung:**

•Nicht direkt auf den Boden stellen (Tieftonwiedergabe wird unlinear), sondern ca. 30-35 cm hoch.

•Viel Sorgfalt und Experimentierfreude beim Aufstellen zahlen sich aus.

**Verstärker:**

- **Unregelmäßiger Impedanzverlauf des ELS (2-15 Ohm).**
  - **Hoher induktiver Lastanteil für Endstufe.**
  - **Endstufe muß kurzschlußfest und stabil sein.**
  - **mind. 50 Watt Leistung werden empfohlen.**
  - **Röhrenverstärker und Transistorendstufen einsetzbar.**
  - **Nach Möglichkeit verschiedene ausprobieren.**
- 

**Hersteller:**

- **QUAD (Firmengründer Peter Walker gilt als Erfinder des Vollbereichs-ESL), England**
  - **seit 1995 Firmensitz und Produktion in Koblenz, Fa. QUAD Musikwiedergabe GmbH**
  - **Martin Logan, Lawrence, USA**
  - **T+A elektroakustik GmbH & Co. KG, Herford, Deutschland**
-

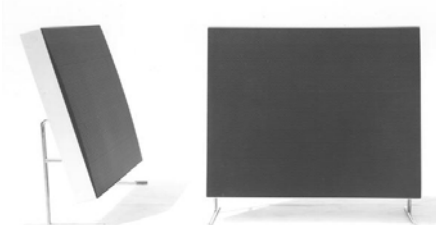
**Beispiele:**

- **Modell: QUAD ESL 57**
- **Hersteller damals: Braun - wird von QUAD heute wieder gebaut**
- **Farbe: bronzefarbener Grill**
- **Verkaufspreis: 3850 Euro**
- **Baujahr: 1957**



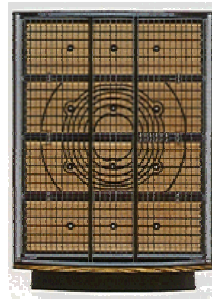
**Beispiele:**

- **Modell: LE 1 Elektrostat im Bauhausstil**
- **Hersteller damals: Braun - wird von QUAD heute wieder gebaut**
- **Design: Dieter Rams - entstanden an der Ulmer Hochschule für Design**
- **Farbe: hellgrau, Gitter anthrazit**
- **Verkaufspreis: 750 DM - heute 4920 Euro**
- **Stückzahl: 500**
- **Baujahr: 1959**



**Beispiele:**

- **Modell: QUAD ESL 63**
- **Hersteller: wird von QUAD heute wieder gebaut**
- **Abstrahlcharakteristik für Stereowiedergabe optimiert (geringfügige Änderungen zum ESL 57)**
- **Verkaufspreis: 5000 Euro**
- **Entwicklung: 1963-1981**



**Beispiele:**

- **Modell: Prodigy**
- **Hersteller: MartinLogan**
- **Baujahr: 2001**
- **ELS für Hoch- und Mitteltonwiedergabe, Tieftonwiedergabe über Subwoofer**

*PRODIGY*



### Beispiele:

- **Modell: Criterion TCI 1 RE**
- **Hersteller: T+A**
- **Baujahr: 2002**
- **ELS für Hochtonwiedergabe, Mittel- und Tieftonwiedergabe über dynamische Lautsprecher**



### Zusammenfassung:

- **Bewegliche Metallfolie im el. Feld bildet Membran**
- **Gegentakt-ESL als Breitbandlautsprecher**
- **Polarisationsspannung im kV-Bereich erforderlich**
- **klares, natürliches und angenehmes Klangbild**
- **gute Linearität**
- **Erzeugung einer punktförmigen Schallquelle**
- **Bündelung der Mittel- und Hochtonsektion**
- **sorgfältige Aufstellung im Raum (Ort, Winkel)**
- **nicht für alle Endstufen geeignet**





# Ende

**Quellen:**  
Lautsprecher-Baubuch, Klinger, Franzis  
[www.quad-hifi.de](http://www.quad-hifi.de)  
[www.martinlogan.com](http://www.martinlogan.com)  
[www.radiodesign.de](http://www.radiodesign.de)  
[www.taelektroakustik.de](http://www.taelektroakustik.de)

---