

Herzlich willkommen  
zum CMC 2020 Workshop  
Subwoofer und OEM Integration

Von Dietmar Carle (Didi) Fa. Fortissimo

# Grundlagen bei der Subwoofer Integration:

## Elektrische Anbindung

- Abgriff Musiksignal
- Signalqualität
- Überwachung vom OEM System
- Stromanschluss

## Akustische Anbindung

- Strahlungswiderstand
- Integration im Fahrzeug
- Trennfrequenz und Phase
- Befestigung

# Signalabgriff

## Elektrische Anbindung

- Ist ab Werk ein Subwoofer vorhanden, dann ist das meist die einfachste Lösung.
- Am Radio über passende Adapterkabel
- Lautsprecherleitungen „irgendwo“ im Fahrzeug

# Signalqualität und Pegel

## Elektrische Anbindung

- **Lautstärkeabhängige Loudness**

=> messen wie sich der Basspegel im Verhältnis zum Rest verhält bei Lautstärkeregelung.

- **Clippendes oder limitiertes Signal**

=> entsprechend den Gain von der Subwooferendstufe einstellen

**Tipp:** oft hilft eine richtige Anpassung der Last für ein besseres Signal

**Tipp:** An der Headunit den Bass runter regeln reduziert den Effekt deutlich.

- **Gefiltertes Signal**

=> messen ob und auf welchen Kanälen tieffrequentes Signal von der Headunit ausgegeben wird.

- **Ausgangsspannung des Signals:**

=> meist gibt die Impedanz des OEM Subwoofers ausreichend Hinweis auf die Ausgangsspannung des OEM Verstärkers.

Bei 1 bis 4 Ohm OEM Subwoofer liegt die Ausgangsspannung meist im unkritischen Bereich unter 12V

Bei 6 bis 8 Ohm OEM Subwoofer ist der Ausgangspegel für manche HighLevel Eingänge zu hoch (Bis zu 30V).

=> Spannungsteiler bauen oder entsprechenden HiLo Wandler verwenden.

# Überwachung vom OEM System

## Elektrische Anbindung

Wird der originale Lautsprecher abgeklemmt wird bei vielen OEM Systemen das Signal abgeschaltet.

Es gibt unterschiedliche Prüfungen der Fahrzeug Hersteller:

- **Impedanz Überwachung**

=> hier genügt ein passender Lastwiderstand, meist 33 Ohm 5W, in seltenen Fällen 15 Ohm 10W

- **Widerstandsmessung der Lautsprecherleitung gegen Masse** (z.B. Canton und manche B&O)

=> hier muss das Musiksignal mit einem rein passiven, galvanisch trennenden HiLo Wandler erfolgen er darf kein Kontakt zur Fahrzeugmasse haben.

Das Remote Signal muss dann an einem „normalen“ Lautsprecherkabel über Relais (**z.B. Ampire 55000**) oder zweiten HiLo Wandler generiert werden.

### Anmerkungen:

=> Immer mehr Endstufen und DSPs haben diese Funktionen schon integriert.

Der Helix AAC3 soll angeblich auch „immer“ funktionieren.

=> Bei den meisten OEM Systemen ist eine Abschluss Impedanz von unter 33 Ohm eh sinnvoll damit die internen Endstufen eine richtig Last sehen und sauberer arbeiten.

# Stromanschluss

## Elektrische Anbindung

### Masse:

Fast alle aktuellen Fahrzeuge haben auf dem Minuspol der Batterie einen Sensor für das BMS (Batterie-Management-System).

Dieser Sensor darf auf keinen Fall umgangen werden!

=> **Minus immer auf Karosserie-Masse klemmen.**

=> Masse Kabel möglichst kurz um bei Class-D Verstärkern Radio Empfangsprobleme zu reduzieren.

### +12V:

Je nach Stromstärke direkt auf die Batterie oder auf einen geeigneten Verteiler.

Natürlich immer mit passender Sicherung direkt nach dem Abgriff.

### Remote/TurnOn:

1. Die meisten Endstufen, DSP, Aktivwoofer schalten bei HighLevel Input über die **BTL-Spannung** ein.

=> messen ob der Signalabgriff eine Spannung von ca. + 6V gegen Fahrzeug Masse hat wenn das Fahrzeug wach ist.

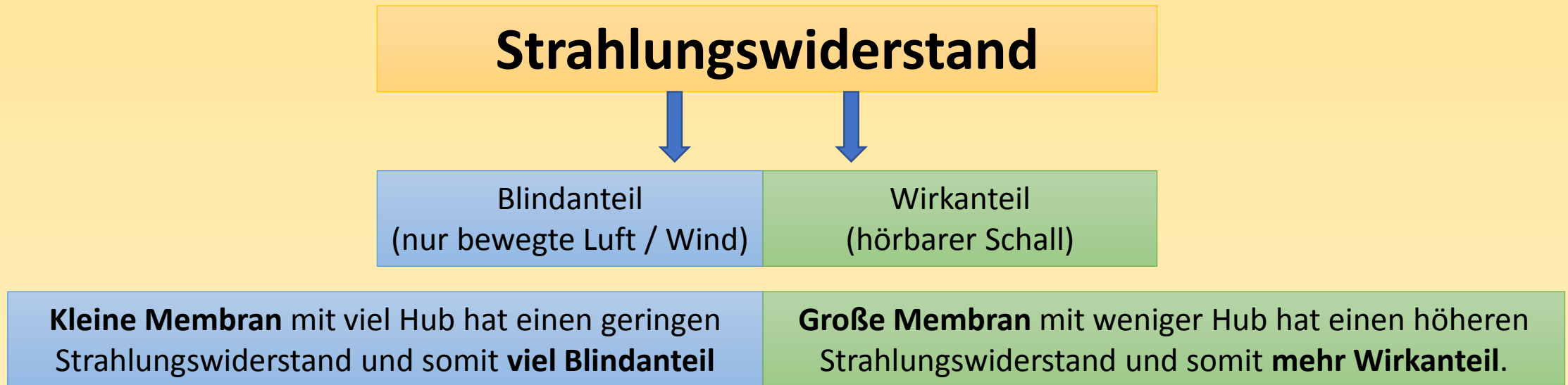
Diese BTL Spannung ist bei den meisten Fahrzeugen da sobald das Fahrzeug aufgeschlossen wird und geht erst aus wenn das Fahrzeug wieder schläft....das kann ca. 5 bis 15 Minuten dauern.

2. Ist an dem OEM Subwoofer keine BTL Spannung, dann kann Remote meist über das Ampire 55000 Relais an einem „normalen“ Lautsprecheranschluss erzeugt werden.

3. Manche HighLevel Eingänge haben auch eine Signalerkennung...schalten also ein wenn Musik kommt.

# Strahlungswiderstand

## Akustische Anbindung



Wie kann der Strahlungswiderstand und damit der Wirkanteil effektiv erhöht werden?

**Größere Membran** => braucht mehr Volumen und damit mehr Platz, klanglich meist besser

**Bassreflex Gehäuse** => braucht mehr Volumen und damit mehr Platz, oft klanglich schlechter

**Fortissimo-Bandpass** => auch sehr großes Gehäuse aber in Stufenheckfahrzeugen oft die beste Wahl

**Downfire Gehäuse** => ideal im Nahfeld und auch unter der originalen Kofferraumabdeckung

**CDS-Gehäuse** (gezwungene Luftankopplung) wirkt ähnlich wie Downfire bietet aber mehr Designspielraum.

### Wo ist die beste Position für den Subwoofer im Fahrzeug?

Das Fahrzeug ist eine „**verlustbehaftete**“ **Druckkammer**,  
daher eine Kombination aus Wellen-Modell und Druckkammer-Modell

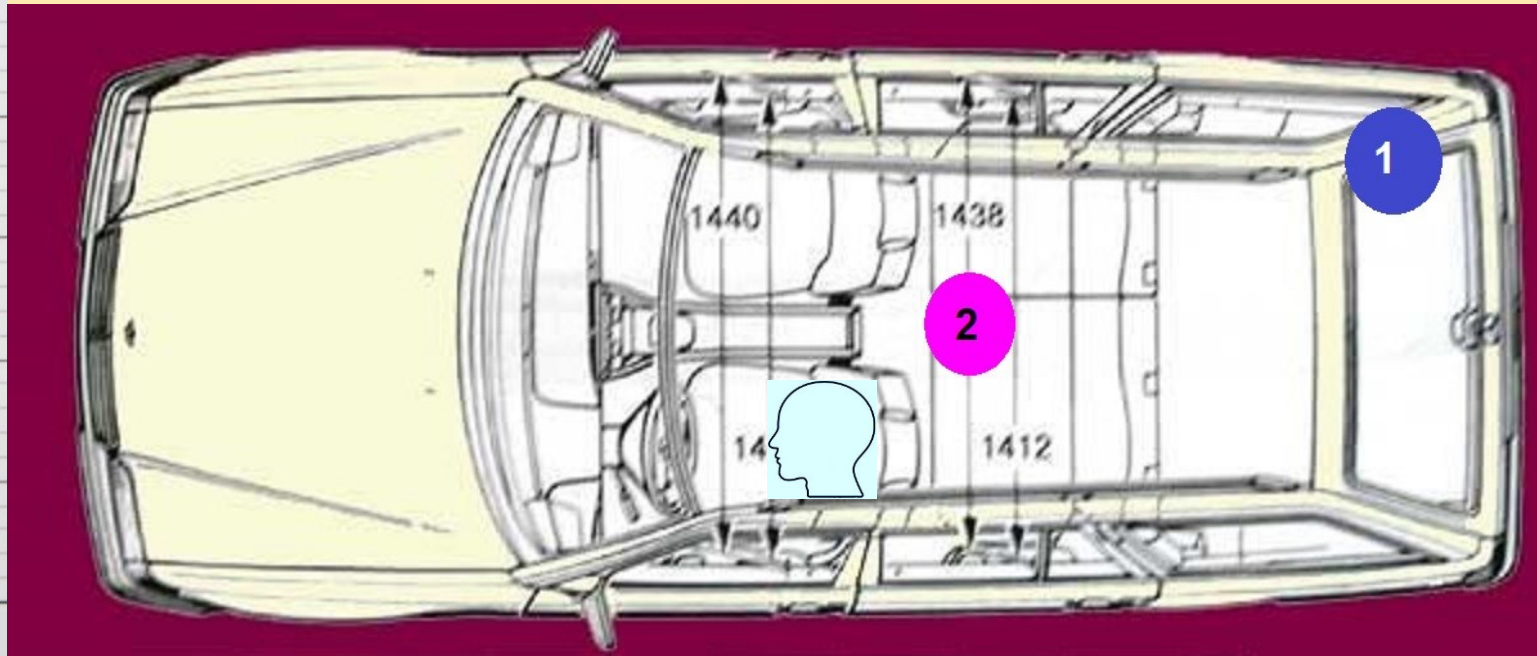
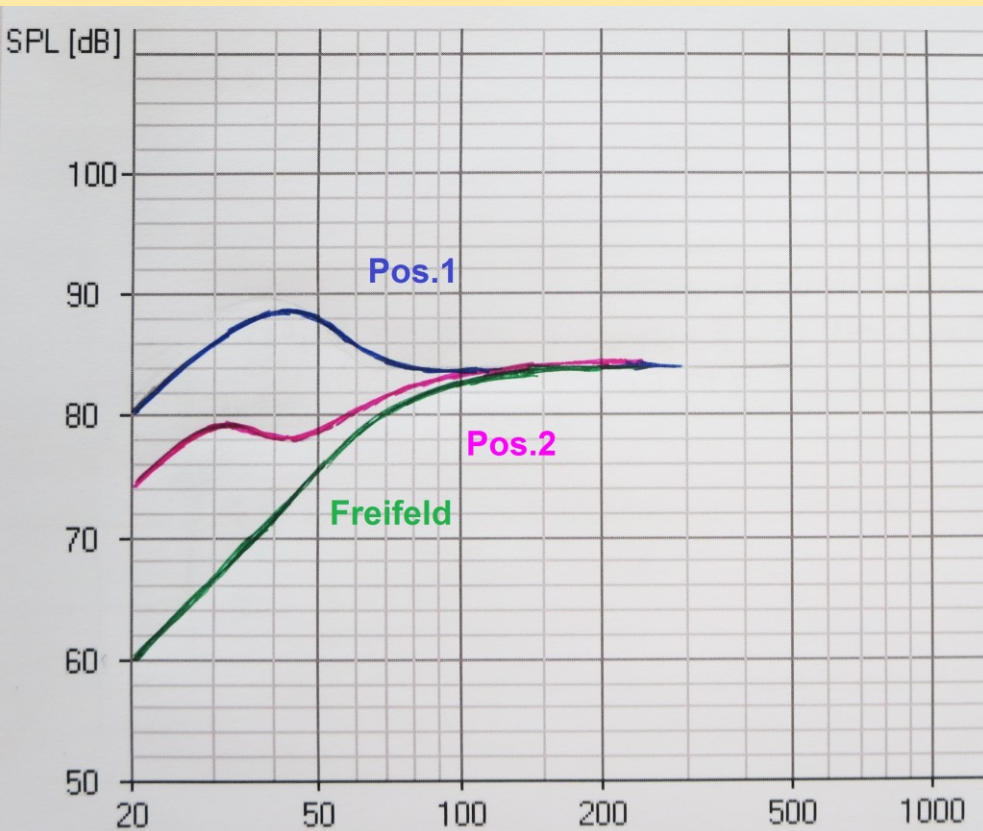
- Für das **Wellen-Modell** zu klein  
=> keine echten stehenden Wellen/Raummoden.  
=> Trotzdem haben alle Fahrzeuge eine Eigenresonanz die eine Pegelüberhöhung von bis zu ca. 8 dB bringt  
Zwischen ca. 30 und 40 Hz bei größeren Kombis und 45 und 55 Hz im Kleinwagen.
- Für das **Druckkammer-Modell** zu „weich“  
=> beim echten Druckkammer Effekt steigt der Schallpegel zu tiefen Frequenzen hin um 12 dB/Okt an.  
Im Fahrzeug nur ca. 6-10 dB/Okt.



# Position des Subwoofers

## Akustische Anbindung

Sowohl beim Druckkammer-Modell wie auch beim Wellen-Modell ist der Schalldruck in der Nähe der begrenzenden Flächen am höchsten und in der Mitte vom Fahrzeug am geringsten. Ebenso ist die Position für den Subwoofer immer an der Position mit 3 begrenzenden Flächen sinnvoll.



# Integration im Fahrzeug

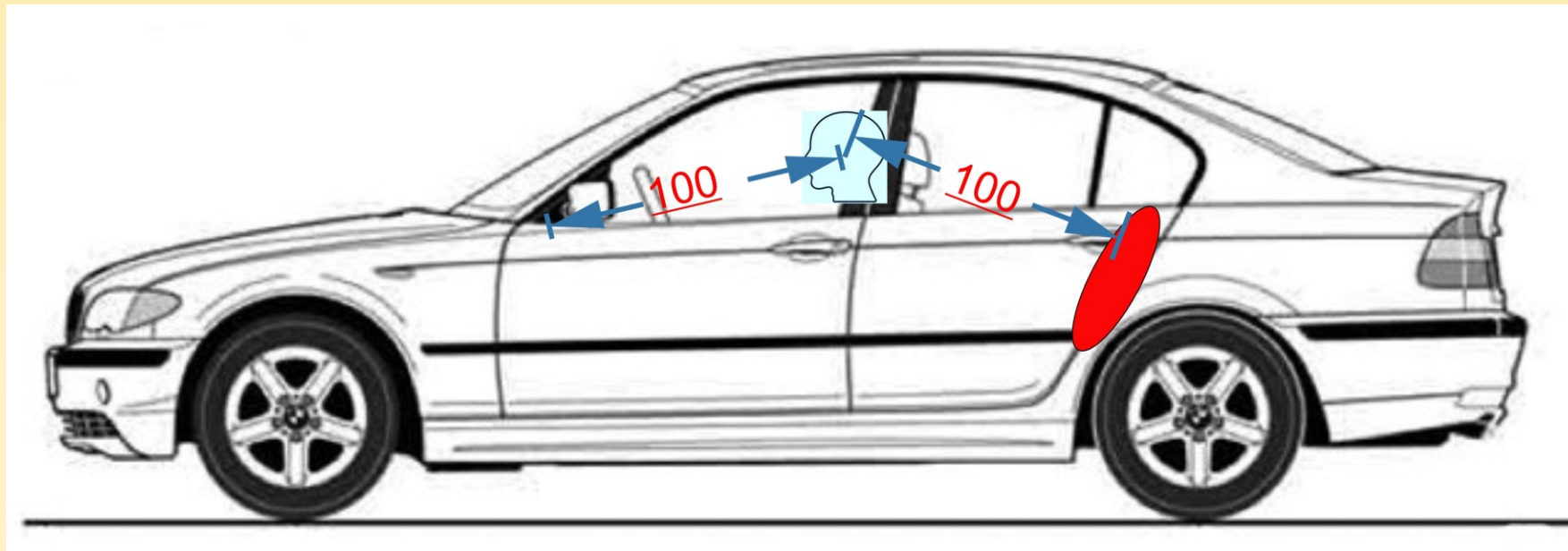
## Akustische Anbindung

Das Verhältnis **Woofer zum Ohr** und **Ohr zu begrenzenden Flächen** ist entscheidend für die Verteilung der Druckmaxima und Druckminima. Ist der Abstand annähernd gleich sitzt man im Druckminima => **wenig Bass**.

### Beispiel Limousine:

Bei Stufenheckfahrzeugen ist der Kopf oft genau in der Mitte vom Fahrzeug (Druckminima), da funktioniert ein kleiner 8" Subwoofer durch den Skisack nur bescheiden.

=> Strahlungswiderstand zu gering.

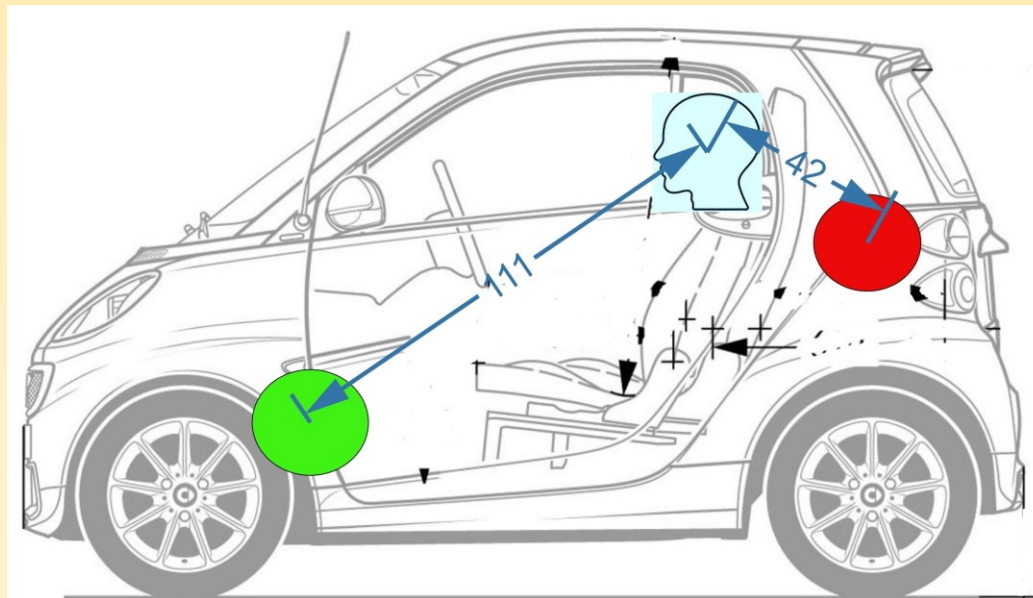


# Integration im Fahrzeug

## Akustische Anbindung

### Beispiel Kleinstwagen und Roadster:

In kleinen Fahrzeugen ist der größtmögliche Abstand vom Ohr zum Woofer zu wählen.  
Bei Smart und Roadster ist der Beifahrerfußraum die ideale Position...  
...am besten mit etwas Abstand Richtung Spritzwand nach vorne ausgerichtet  
...Downfire nach unten geht auch wenn es hinter/unter dem Handschuhfach Platz hat.



# Integration im Fahrzeug

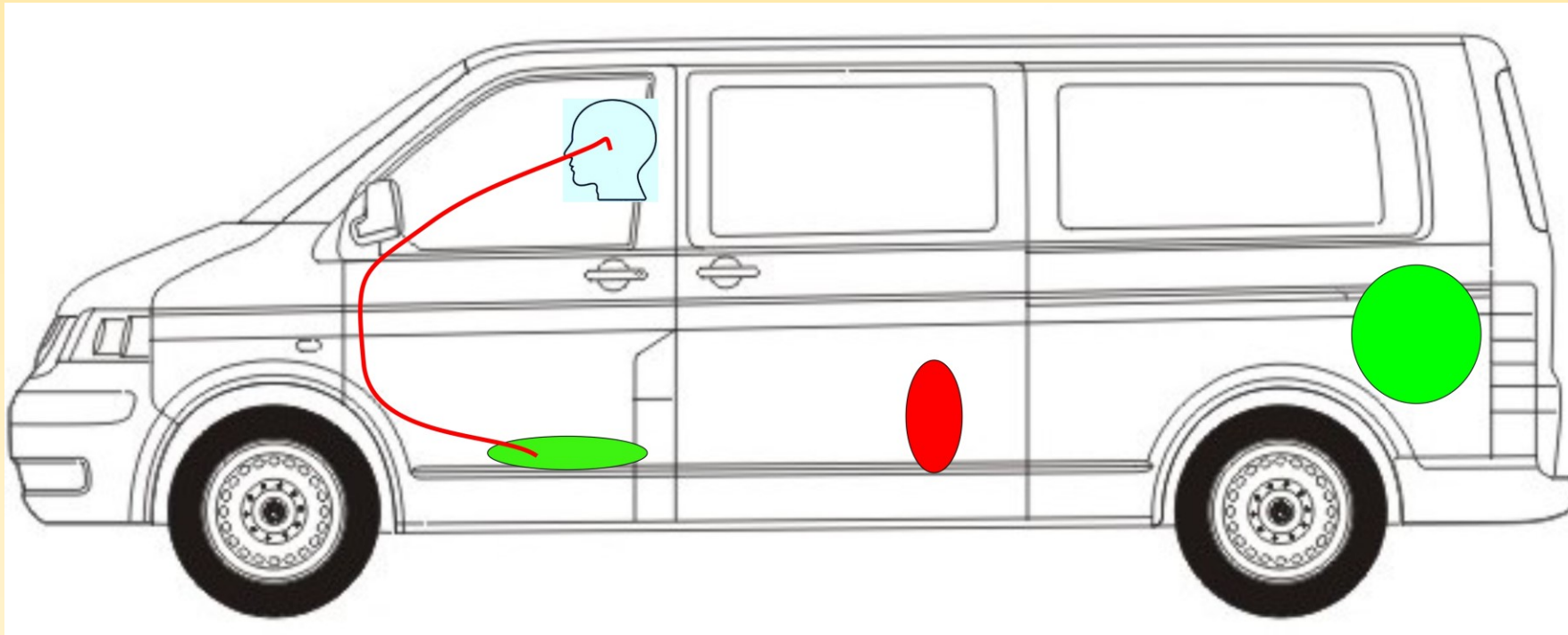
## Akustische Anbindung

### Beispiel Transporter:

In Transportern und Kleinbussen ist die Position **unter dem Beifahrersitz als Downfire mit Öffnung nach vorne** ideal. Damit ist der größte Abstand von Woofer zum Ohr erreicht mit wenig Verlusten durch den großen Raum.

Wenn keine Trennwand vorhanden ist könnte der Woofer auch ganz ans Fahrzeugheck, das bringt im Tiefbass evtl. Vorteile, aber Nachteile in der Sauberkeit.

Beim VW T6 Multivan macht es **keinen Sinn den Woofer in Fahrzeugmitte** zu platzieren.



# Gehäusebeispiele

## Akustische Anbindung



**ARC8 T6 Downfire Gehäuse**



**ARC8 A4-B9 Downfire Gehäuse**



**AWAVE AST11T**



# Trennfrequenz und Phase

### Trennfrequenz:

- Fast immer wird die Trennfrequenz zu hoch eingestellt und damit das Frontstaging und Tonalität verschlechtert.
- Auch der Tiefbass leidet darunter.
- Leider gehen die eingebauten Filter der meisten Endstufen und Aktivwoofer nicht weit genug runter.
- Oft ist die elektrische Trennung zwischen 35 und 45 Hz ideal und meist auch steiler als 12dB/Okt.  
Durch die Fahrzeugakustik spielt der Subwoofer trotzdem weit genug hoch.
- Besser tiefer trennen und Gain etwas höher drehen.

### Phase:

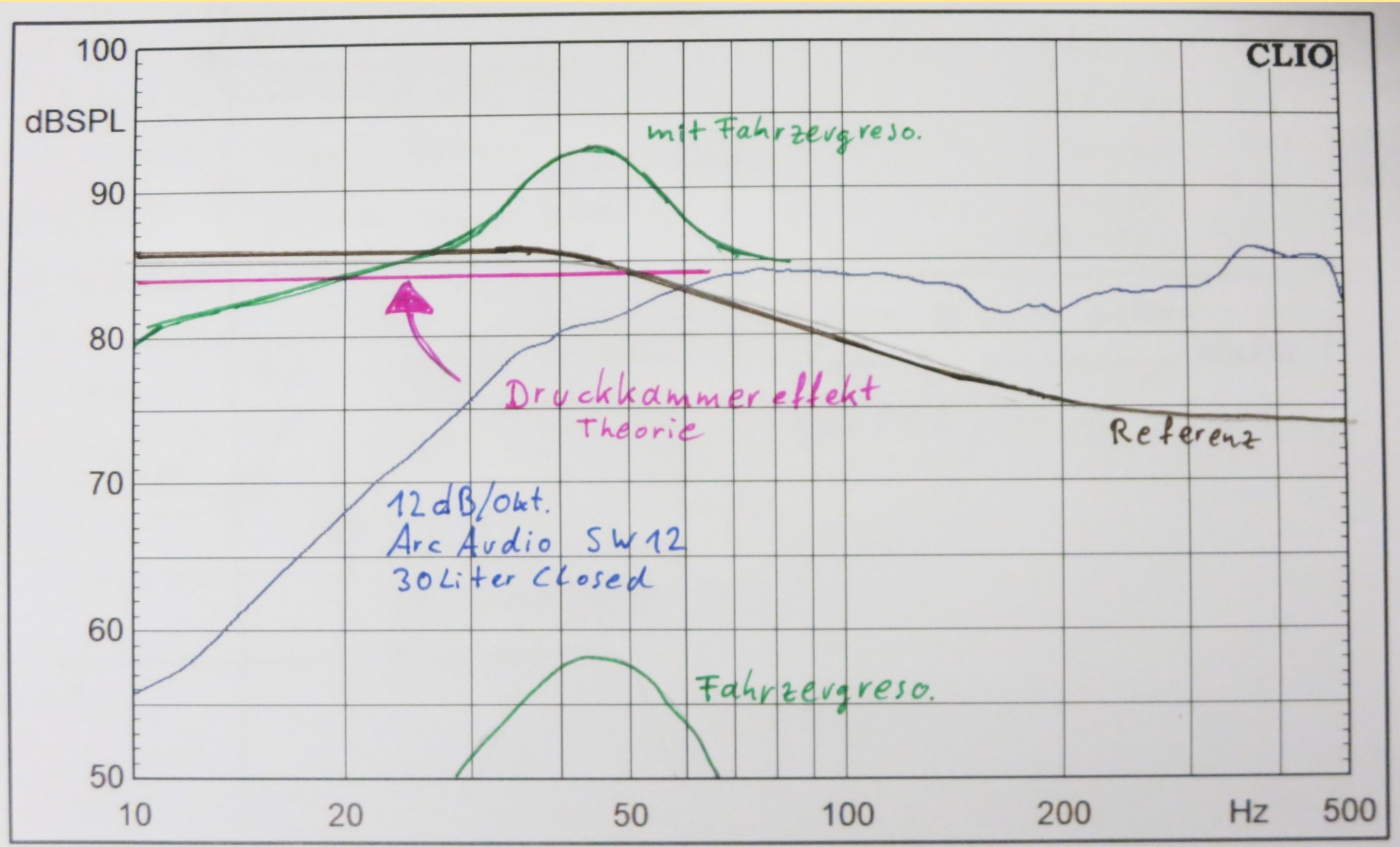
Analoge Filter wie auch die IIR-Filter fast aller DSPs erzeugen eine Phasendrehung im Bereich der Trennfrequenz. Je steiler getrennt wird desto mehr dreht die Phase.

6 dB/Okt. => 90° , 12 dB/Okt. => 180° , 18dB/Okt. => 270° , 24 dB/Okt. => 360°

- Erst wenn die Phase im Bereich der Übernahmefrequenz stimmt, klingt das Frontsystem und der Subwoofer wie ein Einheit und „knallt“ auch vorne auf den Punkt.
- Die Phase stimmt dann wenn die maximale Addition im Bereich der Trennfrequenz erreicht wird.
- Also (wenn möglich) immer die Flankensteilheiten und verschiedene Kombinationen testen.
- Wenn kein DSP vorhanden ist, dann zumindest immer 0°/180° also Polung des Woofers testen.
- Laufzeitkorrektur ist keine Phasenkorrektur!

# Trennfrequenz und Phase

Akustische Anbindung



# Befestigung

## Akustische Anbindung

Die massive Befestigung von Subwoofer Gehäusen ist zwingend notwendig !

=> Verletzungsgefahr bei einem Unfall!

=> Der Subwoofer kann nur sauber, präzise und druckvoll spielen wenn er stabil mit der Karosserie verbunden ist.

Jedes Mitschwingen vom Gehäuse ist ein Verlust.

