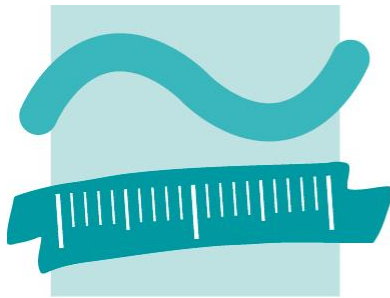


Beuth Hochschule für Technik
Fachbereich VIII
Veranstaltungstechnik und -management [B.Eng.]



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN

University of Applied Sciences

Exposé für eine Bachelorarbeit zum Thema:
**Untersuchungen zum Grenzlastverhalten von Tiefton-Lautsprechern in
Abhängigkeit von aktiver und passiver Kühlung**

Vorgelegt von:

Maik Wegener
Wriezener Straße 38
13359 Berlin
E-Mail: M.wegener@secretsounds.de

Matrikelnummer: 832032
Fachsemester: 11

Datum: 03.05.2020

Fragestellung

Die Entwicklung moderner PA-Systeme schreitet rasant voran und es ist festzustellen, dass insbesondere Tiefton-Lautsprecher immer höheren, sowohl mechanischen-, als auch elektrischen Belastungen gewachsen sind und die Leistungsangaben sich in den letzten Jahrzehnten mehr als verdreifacht haben (Martin-Audio, 1980) Vgl. (Martin-Audio, 2020). Zeitgleich steigt der für den Lautsprecher zu bewältigende Hitzeanstieg, der Einfluss der Powercompression und die Relevanz des Kühlsystems.

In dieser Arbeit wird mithilfe eines, speziell für die Untersuchung selbstentwickelten Lautsprecher-Fluidkühlsystems, herausgearbeitet, ob ein Fluidkühlsystem ein geeignetes Mittel zur Effizienzsteigerung von Tiefton-Hochleistungslautsprechern sein kann. Im Vordergrund der Untersuchung steht die Auswirkung der Powercompression auf den Ohm'schen Widerstand, die Spannung, den Strom und den Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der Temperatur. Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse werden ergänzend weitere themarelevante Rückschlüsse und Auswirkungen beleuchtet.

Literaturabgleich

John Borwick behandelt in seiner Publikation unter anderem als zentralen Bestandteil die Antriebsmechanismen von Lautsprechern. Dort diskutiert er die Herausforderungen bei der Entwicklung von Hochleistungslautsprechern und das Zusammenspiel zwischen thermischem Einfluss und Effizienz. Er kommt zu dem Erkenntnis, dass bewegliche Spulentreiber aus Qualitätsgründen auf Effektivität ausgelegt werden müssen. Dies gelingt anhand effektiven Kühlmaßnahmen, welche den Spulentemperatur-Hub minimieren bzw. einen engeren Luftspalt zwischen Polkern und Polplatte in der Konstruktion des Lautsprechers erlauben. Dadurch kann eine Steigerung des BI-Faktors und somit der Effizienz erreicht werden. Weitere themenrelevante Einblicke, wie z.B. die Temperaturwiderstandskoeffizienten von Kupfer und Alu, gängige Kühlmechanismen (Pol-Erweiterung und Ferrofluid) und andere Möglichkeiten der Leistungsoptimierung werden kurz beleuchtet (Borwick, 2001).

Informationen über die Tetra-Coil Technologie, welche in dem für die Untersuchung verwendeten Tiefton-Lautsprecher verbaut ist, und dessen Optimierung in Bezug auf die Powercompression liefert der Hersteller selbst. So ermöglicht diese Technologie im Vergleich zu herkömmlichen Lautsprechern eine um 1dB reduzierte Leistungskompression und eine geringere Verzerrung bei extremer linearer Auslenkung und maximalem niederfrequenten Schalldruck. Die Verwendung und das Einbeziehen einer solchen, dem Stand der Technik entsprechenden- und bereits thermisch optimierten Technologie eignet sich für eine aussagekräftige Betrachtung der oben genannten Fragestellung (Eighteen Sound [b], o.A.).

Interessante Festlegungen in Bezug auf die Schalldruckpegelmessung bietet die Norm für Lautsprecher DIN EN 60268-5:2003. Sie behandelt sowohl die allgemeinen Messbedingungen, Beschreibung der Prüfsignale, der akustischen Umgebung und Anordnung zur Messung, als auch die einzelnen akustischen, elektrischen und mechanischen Eigenschaften und deren Messverfahren. In der unten aufgeführten Methodik wird beschrieben, inwieweit diese Publikation Einfluss auf den Messaufbau nimmt (DIN EN 60268-5, 2003).

Methodik

Um herauszufinden, ob ein Fluidkühlsystem ein geeignetes Mittel zur Effizienzsteigerung von Tiefton-Hochleistungslautsprechern sein kann, wird sowohl eine theoretische als auch eine praktische Untersuchung durchgeführt. Eine detaillierte Literaturrecherche in Artikeln, Büchern und anderen Nachschlagewerken bildet die Grundlage der empirischen Untersuchung. **Im weiteren Verlauf wird die Methodik teilweise vereinfacht, um den Umfang dieser Ausarbeitung entsprechend realistisch dem zeitlichen Rahmen anzupassen.**

Die praktische Untersuchung setzt sich aus folgenden zwei Messaufbauvarianten zusammen:

Variante 1:

- Tiefton-Hochleistungslautsprecher ohne zusätzliche Kühlung (passiv gekühlt) in einem Bassreflex-Gehäuse

Variante 2:

- Tiefton-Hochleistungslautsprecher mit selbstentwickeltem Fluidkühlsystem (aktiv gekühlt) in einem Bassreflex-Gehäuse

Der Magnet zeigt in beiden Varianten nach außen, um die Messtechnik geeignet ausrichten und platzieren zu können. Der Einfluss der Aufheizung des Gehäuses wird somit vernachlässigt und nicht gemessen, da er unter diesen Umständen keine relevanten Informationen bietet. Mithilfe geeigneter Messtechnik werden von beiden Varianten die Spannung, Stromstärke, Temperatur und der Schalldruckpegel über die Zeit ermittelt. Der Ohm'sche Widerstand wird dann anhand der Spannung und Stromstärke rechnerisch ermittelt. Stichprobenmessungen des Widerstandes sollen die Richtigkeit der errechneten Widerstandswerte prüfen. Da die Pegeldifferenz in der Schalldruckpegel-Messung vereinfacht zu untersuchen ist, und nicht das einwandfreie Spektrum des Lautsprechers, ist es akzeptabel von den, in DIN EN 60268-5 beschriebenen, idealen Messbedingungen leicht abzuweichen. Das bedeutet die SPL-Messung orientiert sich zwar an dieser Norm, wird aber nicht in vollem Umfang umgesetzt. Hierfür wird das Messmikrofon am Boden mit einem Abstand von 0,5m zum Lautsprecher positioniert, da sich dort das Verhältnis von direktem zu hallendem Schall und das Signal-Rausch-Verhältnis günstig darstellen. Raumakustische Einflüsse werden somit reduziert, jedoch nicht ausgeschlossen. Als Messsignal wird ebenfalls vereinfacht ein Sinus von 50 Hz mit einem Crest-Faktor von 6dB verwendet. Da wie bereits oben beschrieben, der Fokus der Untersuchung auf quantitativen Veränderungen liegt, und nicht auf der Qualität des Schallsignals, werden nur die harmonischen Verzerrungsanteile (THD) des 50Hz-Tons erfasst. Die Leistung wird dem Datenblatt des Herstellers entnommen und orientiert sich an dem „Nominal Power Handling“. Die praktische Untersuchung erfolgt unter möglichst konstanten und realen Temperaturbedingungen um die Verfälschung der Messwerte so gering wie möglich zu halten. Bei Erreichen einer kritischen Temperatur, d.h. über 200°C gemessen an der Schwingspule oder über 90°C gemessen am Magneten, wird das Signal unterbrochen, um eine thermische Überlastung des Lautsprechers zu vermeiden. Da die Untersuchung anhand eines einzigen Lautsprechermodells durchgeführt wird (Eighteen Sound 18TLW3000), werden sowohl Modellunterschiede als auch Materialunterschiede (Ferrit/Neodym) nicht berücksichtigt. Die sinnvolle Abstimmung der beiden selbstgebauten Bassreflex-Gehäuse wird mittels einer Impedanzmessung gezeigt.

Um eine annähernd ideale Kühlsituation zu schaffen, wird speziell im Rahmen dieser Untersuchung ein Fluidkühlsystem für den oben genannten Lautsprecher entwickelt. Mithilfe einer 3D-CAD Software wird die theoretische Planungs- und Konstruktionsphase unterstützt. Für einen optimierten Fertigungsprozess besteht der Zugriff auf eine Drehbank und weitere nützliche konventionelle

Maschinen. Die aktive Kühlung soll möglichst nah am Polkern platziert werden, da dort der höchste Temperaturanstieg zu erwarten ist. Des Weiteren soll eine ausreichend groß dimensionierte Durchflussmenge des Kühlmediums den Abtransport der Wärme sicherstellen. Weitere Details werden dann in der Ausarbeitungsphase berücksichtigt. Die Entwicklung, Konstruktion und Fertigung des Fluidkühlsystems ist ein wesentlicher Bestandteil dieser Untersuchung und wird daher mit ca. 25 Prozent in die schriftliche Ausarbeitung einfließen.

Folgende Komponenten werden für die Untersuchung verwendet:

Mg.	Komponenten	Beschreibung
	Tontechnik	
2x	Tiefton-Hochleistungslautsprecher	Eighteen Sound 18TLW3000, 4Ohm - Powercompression optimiertes Design (tetracoil techn.) (Eighteen Sound [b], o.A.) - „Low noise forced air cooling design“ (Eighteen Sound [a], o.A.)
1x	Fluidkühlsystem	Speziell für die Untersuchung selbstentwickelt
2x	Gehäuse	Bassreflex-Gehäuse selbstbau, 1x18“
1x	Endstufe	The t.amp Proline 3000
1x	DSP	ASC48 – Linea Research
1x	Zubehör	Kabel, Mikrofonstativ etc.
	Messtechnik - Schalldruckpegel	
1x	Messmikrofon	beyerdynamic MM1
1x	Messsoftware	Smaart v7
1x	Audiointerface	U-Phoria UMC202
	Messtechnik - Spannung	
1x	TRMS Multimeter	CEM DT-9989
	Messtechnik - Stromstärke	
1x	Zangenamperemeter	Signstek UT210E
	Messtechnik - Temperatur	
1x	Infrarot-Thermometer	SCANTEMP 330 / Raynger MX4
	Messtechnik - Impedanz	
1x	Software + Impedanzmessbox	REW + selbstgeb. Messbox nach Anleitung (REW, 2018)

Zielstellung

Zu den angestrebten Zielen gelten:

- Erfolgreiche Entwicklung, Konstruktion und Fertigung des Fluidkühlsystems
- Ein effektiv gestaltetes Funktionsprinzip (bezogen auf die Wärmeableitung)
 - D.h. den zu erwartenden Anstieg des Ohm'schen Widerstandes bzw. der Schwingspulentemperatur unten den oben genannten Bedingungen auf ein Minimum zu reduzieren:
 - $\Delta R < 1\text{Ohm}$, bzw. $\Delta T < 25,5^\circ\text{C}$
- Herausarbeiten welchen Einfluss die Powercompression auf aktiv- und passiv gekühlte Tiefton-Hochleistungslautsprecher hat, um die Effizienzsteigerung des Fluidkühlsystems beurteilen zu können:
 - Funktionstüchtiger Messaufbau - wie oben in der Methodik beschrieben
 - Ermittlung aller oben genannten Messgrößen
 - Aussagekräftiger Plott um die ermittelten Werte zu analysieren
 - Vergleich aktiv- und passiv Kühlung

- Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse können **optional** weitere themarelevante Rückschlüsse und Auswirkungen beleuchtet werden, wie z.B.:
 - Welchen Einfluss hat die Powercompression auf das Gesamtsystems, wie bspw. ein hitzeabhängiges Ungleichgewicht im Frequenzgang, Verschiebung Crossover-Punkt etc.
 - Welchen Einfluss hat die Selbstregulierung auf den Temperaturanstieg

Zeitplan



Der Zeitplan dient der Orientierung und kann im Laufe der Arbeit falls nötig entsprechend angepasst werden. Der Punkt „kreatives Überdenken“ ist unter anderem dafür gedacht, das Zeitmanagement zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen.

Literaturverzeichnis

Borwick, J., 2001. *Loudspeaker and Headphone Handbook*. 3. Hrsg. Oxford: Elsevier LTD.

DIN EN 60268-5, 2003. *Elektroakustische Geräte*. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e.V..

Eighteen Sound [a], o.A.. *eighteensound*. [Online]

Available at: <http://www.eighteensound.com/en/products/lf-driver/18-0/4/18tlw3000>

[Zugriff am 21 April 2020].

Eighteen Sound [b], o.A.. *Tetracoil technologie*. [Online]

Available at: <http://www.eighteensound.com/en/technologies/ttc-tetracoil-double-voice-coil/>

[Zugriff am 23 April 2020].

Martin-Audio, 1980. *martin-audio*. [Online]

Available at: <https://martin-audio.com/downloads/archive/datasheets/F1datasheet.pdf>

[Zugriff am 20 April 2020].

Martin-Audio, 2020. *martin-audio*. [Online]

Available at: <https://static.martin-audio.com/downloads/MartinAudioCatalogue.pdf>

[Zugriff am 20 April 2020].

REW, 2018. *roomeqwizard. S41* [Online]

Available at: https://www.roomeqwizard.com/REWhelp.pdf?fbclid=IwAR2uZ-ZGMH9zpz9hFvr74AfU_wS8jGJsO9Wrfgx8U22xb-uXgLCLfvmCkfs

[Zugriff am 02 Mai 2020].