

---

# **PROJECT ACOUSTICS 2**

---

Herr | Frau  
**Nicolò Boran**  
**Anja Hardt**  
**Hai Le**  
**Karl Wolf**

**Akustische Optimierung  
„Recruiting Lounge“ des  
Medienforums 2019**

Mittweida, 28.02.2020



---

# PROJEKTBERICHT

---

## **Akustische Optimierung „Recruiting Lounge“ des Medienforums 2019**

Autor:

**Herr | Frau**

**Nicolò Boran, Anja Hardt, Hai Le, Karl Wolf**

Studiengang:

**Media- and Acoustical Engineering**

Seminargruppe:

**MG17wC-B**

Erstprüfer:

**Prof. Jörn Hübelt**

Zweitprüfer:

**Dr. rer. nat. Detlef Schulz>**

Einreichung:

**Mittweida, 28.02.2020**

Verteidigung/Bewertung:

**Mittweida, 2020**

---

# PROJECT REPORT

---

## **Akustische Optimierung „Recruiting Lounge“ des Medienforums 2019**

author:

**Mr. | Ms.**

**Nicolò Boran, Anja Hardt, Hai Le, Karl Wolf**

course of studies:

**Media- and Acoustical Engineering**

seminar group:

**MG17wC-B**

first examiner:

**Prof. Jörn Hübelt**

second examiner:

**Dr. rer. nat. Detlef Schulz**

submission:

**Mittweida, 28.02.2020**

defence/ evaluation:

**Mittweida, 2020**

## **Bibliografische Beschreibung:**

Nicolò Boran, Anja Hardt, Hai Le, Karl Wolf:  
Akustische Optimierung „Recruiting Lounge“ des Medienforums 2019

26 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,  
Fakultät Medien, Projektbericht, 2020

## **Referat:**

In der „Recruiting Lounge“ des Medienforums Mittweida 2019 sollen die raumakustischen Bedingungen verbessert werden.

Hierzu wurden die raumakustischen Parameter, insbesondere Nachhallzeit und STI PA recherchiert und praktisch nachgemessen und ausgewertet. Zur Untersuchung der subjektiven Wahrnehmung wurde eine Umfrage mit den Teilnehmern der „Recruiting Lounge“ durchgeführt.

Des Weiteren wurde ein EASE Model erstellt und zunächst die vorhandenen raumakustischen Begebenheiten und im Anschluss Verbesserungsvorschläge simuliert.

# Inhalt

<b>Inhalt</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung (Boran)</b>	<b>1</b>
<b>2 STIPA (Wolf)</b>	<b>2</b>
2.1 <i>Raumakustische Parameter</i>	2
2.1.1 DIN EN 60268- 16 Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachverständlichkeitsindex	2
2.1.2 STI- Prüfsignal und STIPA- Prüfsignal	2
2.1.3 Messverfahren	3
2.1.4 Anforderungen und Nutzungsart	4
2.2 <i>STIPA - Messung in der Recruiting Lounge</i>	5
2.2.1 Messung der Sprachverständlichkeit mit verschiedenen Quellorten	5
2.3 <i>Auswertung der Ergebnisse für die Messung der Raumakustik mit verschiedenen Quellorten</i>	8
2.3.1 Auswertung der Ergebnisse für die Messung im Durchgang	8
2.3.2 Auswertung der Ergebnisse für die Messung im dritten Stockwerk	9
2.3.3 Widerspruch mit Vorgruppenarbeit	9
<b>3 Nachhallzeit (Le)</b>	<b>10</b>
3.1 <i>Therorieteil</i>	10
3.2 <i>Methodenteil</i>	10
3.3 <i>Auswertung</i>	12
<b>4 Subjektive Befragung (Hardt)</b>	<b>13</b>
4.1 <i>Inhalt der Umfrage</i>	13
4.2 <i>Auswertung der Umfrage</i>	13
4.2.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2019	14
4.2.2 Vergleich der Ergebnisse der Jahre 2018-2019	15
4.2.3 Vergleich der Ergebnisse aus Umfrage und Messung	16

---

<b>5</b>	<b>Simulation der Messwerte mit EASE</b> .....	<b>17</b>
5.1	<i>Aufbau/Erstellung des 3D-Modells von Haus 39 (Boran)</i> .....	17
5.2	<i>Simulation der raumakustischen Begebenheiten (Hardt)</i> .....	19
5.2.1	Nachhallzeit.....	19
5.2.2	Speech Transmission Index STI.....	20
5.3	<i>Diskussion (Boran)</i> .....	20
5.3.1	Nachhallzeit.....	20
5.3.2	Speech Transmission Index STI.....	22
<b>6</b>	<b>Fazit (Boran)</b> .....	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>Ausblick (Hardt)</b> .....	<b>26</b>
<b>Literatur</b>	.....	<b>27</b>
<b>Anlage 1: Messprotokoll STI</b> .....		<b>VI</b>
<i>Quellort 1</i> .....		<i>VI</i>
<i>Quellort 2</i> .....		<i>XVII</i>
<i>Quellort 3</i> .....		<i>XXVIII</i>
<b>Anlagen 2: Umfrage-Bogen</b> .....		<b>XXXIX</b>
<b>Anlagen 3: Aufstellung der Stellwände</b> .....		<b>XL</b>
<b>Anlagen 4: Verwendete Messgeräte</b> .....		<b>XLII</b>
<b>Selbstständigkeitserklärung</b> .....		<b>43</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Messanordnung STIPA-Messung im zweiten Stock .....	6
Abbildung 2: Messanordnung STIPA-Messung im zweiten und dritten Stock .....	7
Abbildung 3: Nachhallzeit-Messung, Senderpunkt1, Messpunkte.....	11
Abbildung 4: Nachhallzeit-Messung, Senderpunkt 2, Messpunkte.....	11
Abbildung 5: Frequenzabhängige Darstellung $RT_{60}$ .....	12
Abbildung 6: Auswertung subjektive Wahrnehmung der Teilnehmer der RL des MF 2019 ...	14
Abbildung 7: Auswertung subjektive Wahrnehmung der Teilnehmer der RL des MF 2019, gemittelt.....	15
Abbildung 8: Vergleich subjektive Wahrnehmung der Teilnehmer der RL des MF 2018-2019 .....	15
Abbildung 9: 3D-Modell der RL aus Richtung Nord-Westen .....	18
Abbildung 10: Vergleich Nachhallzeit Messung – Simulation.....	20
Abbildung 11: Potentielle Nachhallzeitverbesserung durch den Einsatz von Schallabsorbern .....	21
Abbildung 12: STI-Mapping der RL im jetzigen Zustand.....	22
Abbildung 13: STI-Mapping der RL mit Schallabsorber .....	23
Abbildung 14: Anordnung der Stellwände, in leerem Zustand.....	XL
Abbildung 15: Anordnung der Stellwände, während der Veranstaltung .....	XLI
Abbildung 16: NTI Audio XL2 mit M4260.....	XLII
Abbildung 17: NTI Audio Minirator MR-PRO.....	XLII



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Messverfahren nach DIN EN ISO 60268.....	3
Tabelle 2: Frequenzabhängiger unbewerteter Störgeräuschpegel in der RL .....	5
Tabelle 3: Signalkette STIPA-Messungen .....	6
Tabelle 4: Messwerte der STIPA-Messung im Durchgang mit Störgeräuschkorrektur .....	8
Tabelle 5: Messwerte der STIPA-Messung im dritten Stockwerk mit Störgeräuschkorrektur ..	9
Tabelle 6: Durchschnitt der Nachhallzeit für alle Messpunkte .....	12

## **Abkürzungsverzeichnis**

<b>MF</b>	Medienforum
<b>RL</b>	Recruiting Lounge
<b>STI</b>	Speech Transmission Index



# 1 Einleitung (Boran)

Jedes Jahr im November findet an der Hochschule Mittweida das sogenannte Medienforum (MF) statt. Dabei handelt es sich um einen komplett von Studenten organisierten Medienkongress. Eingeladen werden Agenturen, Firmen und Dozenten aus der Medienbranche. Im Rahmen von Vorträgen, Workshops und anderen Angeboten, können die Studierenden Einblicke in die Medienwelt erhalten und mit Fachleuten diskutieren. Des Weiteren findet an einem Tag des MFs die sogenannte „Recruiting Lounge“ (RL) statt. Hier haben Studierende die Möglichkeit, sich bei verschiedenen Firmen in kurzen Einzelgesprächen vorzustellen und ggf. für Praktika/Stellenausschreibungen zu bewerben.

Als Veranstaltungsort für das MF dient das Haus 39 der Hochschule Mittweida. Die moderne Architektur des Gebäudes beinhaltet einen komplett offenen Innenraum, der Entree mit dem Treppenhaus und den Etagengängen über mehrere Stockwerke verbindet. Durch bauliche Gegebenheiten mit viel Sichtbeton haben Nebengeräusche einen großen Einfluss auf die Raumakustik in der RL. Um dennoch eine möglichst ruhige/vertraute Atmosphäre für die Bewerbungsgespräche zu gewährleisten, werden von der Firma Preform spezielle akustisch optimierte Trennwände zu kleinen Kabinen zusammengestellt.

Die daraus resultierende, veränderte Raumakustik wird seit einigen Jahren in Form eines Projekts im Modul „Project Acoustics“ untersucht. Ziel ist es, die Hörsamkeit im relevanten Bereich des Haus 39 zu analysieren und ggf. zu verbessern. Dies geschieht mit Hilfe von Messungen, womit raumakustische Parameter wie der *Speech Transmission Index* (STI), oder die Nachhallzeit  $T_{60}$  bestimmt werden. Außerdem werden verschiedene Anordnungsmöglichkeiten der Wände erprobt und die bestmögliche Variante herausgearbeitet. Durch Befragung der Teilnehmer vor Ort soll zudem der subjektive Eindruck berücksichtigt werden.

Im folgenden Bericht werden die für das MF 2019 getroffenen Maßnahmen beschrieben und Ergebnisse dargelegt. Zusätzlich werden durch Einsatz der Simulationssoftware *EASE*, weitere potenzielle Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich der Raumakustik auf ihre Wirkung getestet.

## 2 STIPA (Wolf)

### 2.1 Raumakustische Parameter

#### 2.1.1 DIN EN 60268- 16 Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachverständlichkeitsindex

„Der Sprachübertragungsindex (en: Speech Transmission Index, STI) ist ein objektives Maß zur Vorhersage der Verständlichkeit von Sprache, die über einen Übertragungskanal von einem Sprecher zu einem Hörer übertragen wird.“<sup>1</sup>

„Beim STI-Verfahren wird ein bestimmtes Prüfsignal an den Übertragungskanal angelegt; durch Analyse des empfangenen Prüfsignals wird die Sprachübertragungsqualität des Kanals abgeleitet und als Sprachübertragungsindex (STI) mit einem Wert zwischen 0 und 1 angegeben. Mit Hilfe des erhaltenen STI-Werts kann die potentielle Sprachverständlichkeit ermittelt werden.“<sup>2</sup>

#### 2.1.2 STI- Prüfsignal und STIPA- Prüfsignal

Mittels eines Prüfsignals, wurden die Schwankungen des Pegels innerhalb gesprochener Wörter sowie am Ende von gesprochenen Wörtern durch vierzehn verschiedene Modulationsfrequenzen emuliert. Diese werden seriell auf das in sieben Oktavbänder geteilte Signal moduliert. Es ergibt sich somit eine Messreihe von 98 seriell abgeprüften Signalbestandteilen pro Messpunkt. Um die Dauer von 15min auf ungefähr 10s bis 15s herabzusetzen, wurde das STIPA- Prüfsignal entwickelt. Es ist ein vereinfachtes STI- Signal, welches eingesetzt werden kann, wenn nichtlineare Verzerrungen für die korrekte Interpretation nicht notwendig sind. Dabei werden je zwei Modulationsfrequenzen simultan verwendet und die Frequenzbänder können parallel verarbeitet werden.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> [DIN EN ISO 60268, 2012] S.6

<sup>2</sup> ebd.

<sup>3</sup> vgl. ebd., S.25

### 2.1.3 Messverfahren

In der Raumakustik stellt üblicherweise die Akustik eines Raumes, allein oder in Kombination mit Sicherheits- und Beschallungstechnik, den zu untersuchenden Übertragungskanal dar. In der RL des MFs wurde der STI(PA)-Wert lediglich unverstärkt über verschiedene Distanzen mit dem Mikrofon gemessen.

**Tabelle 1: Messverfahren nach DIN EN ISO 60268**

Einspeisung		zu untersuchender/ zu vergleichender Übertragungskanal	Ausspielung	
elektrisch	Prüfsignalgenerator	Kabelgebundene oder drahtlose Kommunikationssysteme	STI- Analysator	elektrisch
elektrisch	Prüfsignalgenerator	Beschallungsanlagen	Messmikrofon + STI- Analysator	akustisch
akustisch	Prüfsignalgenerator + künstlicher Mund	Mikrofone	STI- Analysator	elektrisch
akustisch	Prüfsignalgenerator + künstlicher Mund	Mikrofone Beschallungsanlagen Raumakustik	Messmikrofon + STI- Analysator	akustisch

Zur akustischen Einspeisung wurde ein künstlicher Mund (STI- Prüflautsprecher) in Form eines 20 Watt (RMS) Full Range Aktivlautsprechers der Firma Fostex des Modells 6301 NX verwendet. Das Prüfsignal entsprach 66 dB(A) in einem Meter Entfernung vor dem künstlichen Mund auf der 0°-Achse.

Nach DIN EN ISO 60268 „[...] darf ein geeigneter Wandler, zum Beispiel ein kleiner hochqualitativer Lautsprecher mit nur einem Lautsprecherchassis (Konus Durchmesser kleiner als 100 mm) benutzt werden [...]“<sup>4</sup>

Es ist festzuhalten, dass der für die Prüfungen verwendete Lautsprecher Fostex 6301 NX den Anforderungen der Norm entsprochen hat.

<sup>4</sup> [DIN EN ISO 60268, 2012] S.28

### **2.1.4 Anforderungen und Nutzungsart**

Die Kategorisierung von Sprachverständlichkeitsklassen erfolgt in sogenannten Qualifikationsbändern<sup>5</sup>. Diese treffen Aussagen über die mögliche Nutzungsart des Raumes und die Art der Nachrichteninformation unter Betrachtung des STI- Wertes. Die STI-Werte sollten somit in den Kabinen, in denen sich der Prüflautsprecher befindet, möglichst hoch sein, um komplexe Nachrichten und unbekannte Wörter verständlich kommunizieren zu können.

Damit vertrauliche Informationen nicht außerhalb der jeweiligen Kabine zu hören sind, muss der STI-Wert in den umliegenden Kabinen, im Durchgang und im dritten Stockwerk möglichst gering (Qualifikationsband J und U) sein.

---

<sup>5</sup> [DIN EN ISO 60268, 2012], S.55

## 2.2 STIPA - Messung in der Recruiting Lounge

Eine Messung nach DIN EN 60268-16 kann unter Anwendung verschiedener Verfahren erfolgen. Unser Interesse lag in der Untersuchung der Raumakustik ohne Beschallungsanlage. Bei einer akustischen Einspeisung ist der Prüfsignalpegel des künstlichen Mundes in 1m Abstand auf Achse des Lautsprechers auf  $L_p = 66 \text{ dB(A)}$  (angehobene Sprechweise<sup>6</sup>) einzustellen und in üblicher Position eines Sprechers auszurichten. Die Signalverstärkung erfolgte normgerecht verzerrungsfrei. Die Messung ist mit einem ungerichteten, diffusfeldentzerrten Mikrofon und einem STI- Analysator ausgeführt worden.<sup>7</sup> Bei unseren Messungen kam zur Signalerzeugung ein Prüfsignalgenerator von NTi Audio vom Typ MR Pro, zur akustischen Ausspielung ein aktiver Prüflautsprecher von Fostex vom Typ 6301 NX, sowie zur Messung ein Messmikrofon von NTi Audio vom Typ M4260 und der STIPA-Analysator XL2 der gleichen Marke zum Einsatz.

Weiterhin ist der Störgeräuschpegel zu messen. Da die Messungen im unbesetzten Zustand der RL durchgeführt wurden, jedoch eine komplette Abkopplung des zweiten Stockwerkes vom ganzen Haus nicht möglich war, setzte sich der folgende Störpegel überwiegend aus dem Schall einzelner Personen im Haus 39 zusammen. Diese Personen befanden sich überwiegend im ersten Stockwerk und unterhielten sich miteinander.

Es ergab sich somit ein A- bewerteter Summenpegel des Störgeräusches von

$$L_{A, eq} = 39,1 \text{ dB(A)}.$$

**Tabelle 2: Frequenzabhängiger unbewerteter Störgeräuschpegel in der RL**

[Band] = Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$[L_{eq, z}] = \text{dB}$	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3

### 2.2.1 Messung der Sprachverständlichkeit mit verschiedenen Quellorten

Das Verfahren zur Untersuchung der Raumakustik ergab folgende Signalkette:

---

<sup>6</sup> vgl. [DIN 18041, 2016], S.27

<sup>7</sup> vgl. ebd., S.29



Tabelle 3: Signalkette STIPA-Messungen

Akustische Einspeisung	Prüfsignalgeber	NTi audio AG Typ: MR2 Pro
	Prüflautsprecher	Fostex Typ: 6301 NX
Übertragungskanal	Raumakustik	Haus 39
Akustische Auspielung	Messmikrofon	NTi audio AG Typ: M4260
	STIPA- Analysator	NTi audio AG Typ: XL 2

Es wurden jeweils zehn Messungen mit drei verschiedenen Quellorten durchgeführt. Dabei wurde jeder Quellort (Ort des Prüflautsprechers) so gewählt, dass er sich in einer der 12 Kabinen befand. Pro Anordnung konnte damit nacheinander in den einzelnen Kabinen, die als Quellort ausgesucht wurden, eine Sprachdarbietung unverstärkt nachgeahmt werden.

Das Prüfsignal wurde auf 66 dB(A) in einem Meter Abstand vom Prüflautsprecher kalibriert, dieser auf 1,2 Meter (Sitzhöhe) positioniert und in eine bestimmte Richtung eingestellt.

Sechs der Messpunkte befinden sich dabei direkt in den Kabinen (1 bis 6) und zwei im Durchgang (9 und 10) der RL.

Im dritten Stockwerk befinden sich Messpunkt 7 und 8.

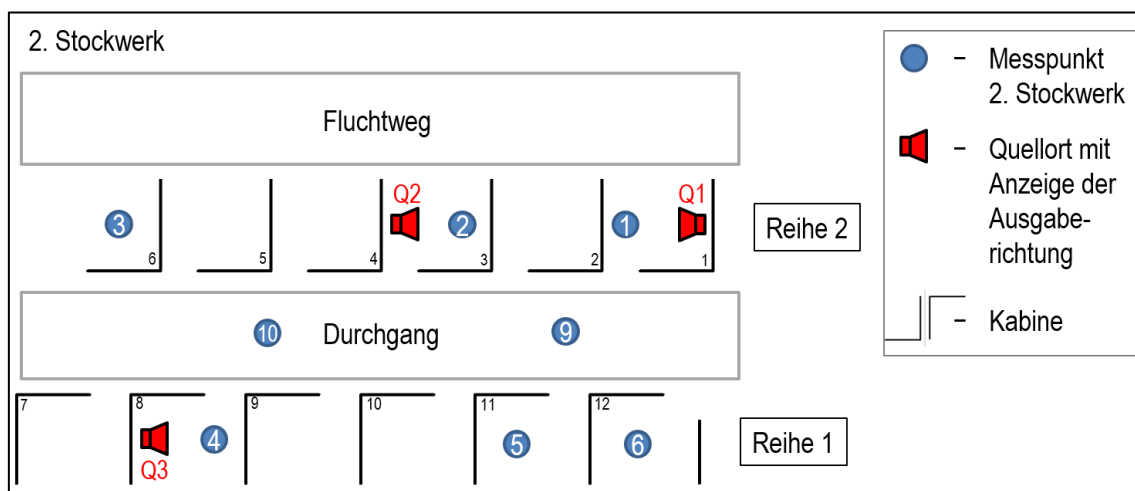


Abbildung 1: Messanordnung STIPA-Messung im zweiten Stock

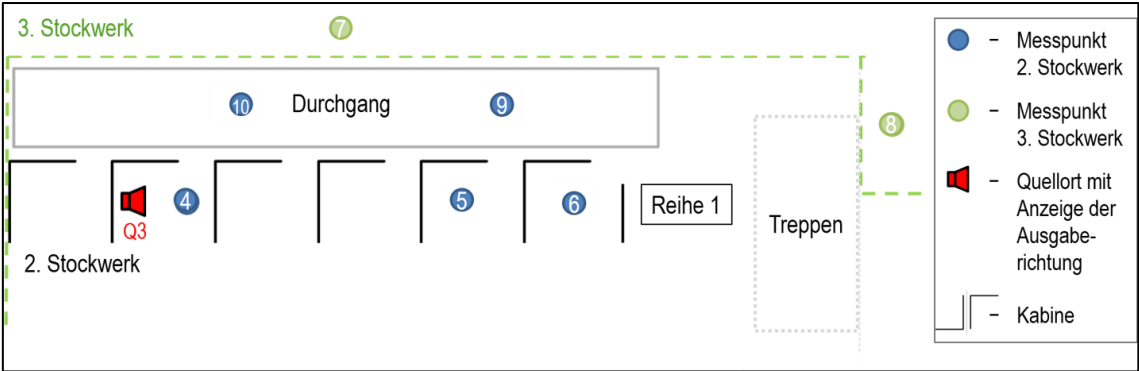


Abbildung 2: Messanordnung STIPA-Messung im zweiten und dritten Stock

## 2.3 Auswertung der Ergebnisse für die Messung der Raumakustik mit verschiedenen Quellorten

Vorab sei zu erläutern, dass die subjektive Umfrage zur Raumakustik in den Kabinen überwiegend gut ausfiel, wodurch eine Nachbearbeitung und Verbesserung der Abschirmung von den Kabinen untereinander nicht weiter erforderlich ist.

Unser Schwerpunkt verlagerte sich deshalb, während des Projektes zur Messung und Auswertung der Raumakustik, in den Durchgang und das dritte Stockwerk.

Das Ziel war es, eine möglichst schlechte Sprachverständlichkeit im Durchgang und dem dritten Stockwerk zu erhalten, damit vertrauliche Gespräche nicht mitgehört werden können.

### 2.3.1 Auswertung der Ergebnisse für die Messung im Durchgang

**Tabelle 4: Messwerte der STIPA-Messung im Durchgang mit Störgeräuschkorrektur**

Position	Messpunkt 9	Messpunkt 10	Mittelwert
Quellort 1	0,52	0,44	0,48
Quellort 2	0,51	0,43	0,47
Quellort 3	0,44	0,55	0,50

Die Messung ergibt STI-Nennwerte von mindestens 0,43 bis maximal 0,55, was auf die Sprachverständlichkeitskategorien E bis I zutrifft<sup>8</sup>. Damit können unter anderem komplexe Nachrichten im bekannten Kontext verstanden werden. Die Sprachverständlichkeit im Durchgang wäre damit eindeutig zu hoch.

Während des MFs ist jedoch aufgefallen, dass der Durchgang als reiner Durchgang fungiert und sich keine Personen dauerhaft im Durchgang befinden.

Daher ist eine Nachbearbeitung für eine erweiterte Abschirmung der Kabinen zum Durchgang nicht notwendig.

---

<sup>8</sup> [DIN EN ISO 60268, 2012] S.55

### 2.3.2 Auswertung der Ergebnisse für die Messung im dritten Stockwerk

Tabelle 5: Messwerte der STIPA-Messung im dritten Stockwerk mit Störgeräuschkorrektur

Position	Messpunkt 7	Messpunkt 8	Mittelwert
Quellort 1	0,31	0,20	0,26
Quellort 2	0,27	0,24	0,26
Quellort 3	0,40	0,31	0,36

Vom Quellort 3 ausgehend sind die STI-Nennwerte am maximalsten und daher am repräsentativsten. Diese Werte unterschreiten allerdings die Sprachverständlichkeitskategorie I<sup>7</sup>. Damit liegen sie außerhalb der Verständlichkeit von einfachen Nachrichten im bekannten Kontext.

Es folgt somit ebenfalls keine notwendige Nachbearbeitung für eine erweiterte Abschirmung der Kabinen.

### 2.3.3 Widerspruch mit Vorgruppenarbeit

Die Vorgruppe hatte die Aufgabe die optimalste Stellvariante der Kabinen für eine möglichst schlechte Sprachverständlichkeit aus einer Kabine heraus für umliegenden Kabinen zu erarbeiten.

Leider können wir auf die Werte unserer Vorgruppe nicht eingehen, da sie weder nach der DIN EN 60268-16 (2012), noch nach der DIN 18041 (2016) vorgegangen sind.

Das Prüfsignal wurde von der Vorgruppe auf 73 dB(A) in einem Meter Entfernung eingepegelt, obwohl nach der DIN 18041 (2016) maximal 72 dB eingepegelt werden dürfen und dieser Pegelbereich schon als laute Sprechweise festgelegt ist. Damit sind reale Bedingungen nicht mehr gegeben.

Weiterhin wurden im diesjährigen MF, im Gegensatz zum vorherigen Jahr, zwei Kabinen mehr aufgestellt, was große Auswirkungen auf die Stellvariante, den Abstand der Stellwände zueinander (Kabinengröße) und damit die Raumakustik der RL hat.

Infolgedessen ist ein Vergleich unserer Werte zu denen der Vorgruppe nicht möglich.

## 3 Nachhallzeit (Le)

### 3.1 Therorieteil

Die Nachhallzeit ist ein maßgeblicher Parameter für die Raumakustik. Sie beschreibt die Zeit, die nach Ausschalten einer genormten Schallquelle vergeht bis der Schalldruckpegel des Raumes sich um 60dB verringert hat.

Durch experimentelle Untersuchungen des Physikers Wallace Clement Sabine entdeckte man 1898 die Proportionalität der Nachhallzeit zum Volumen und der äquivalenten Absorptionsfläche, sowie die Proportionalitätskonstante 0,163.

Daraus entstand die Formel für die Nachhallzeit nach Sabine:

$$T = 0,163 \frac{V}{A}$$

Die Recruiting Lounge befindet sich in einem Raum mit hohem Volumen und einer geringen Bestattung von Absorptionsfläche d.h. die Nachhallzeit wird hoch sein, was für unser Aufgabe, die Sprachverständlichkeit der Recruiting Lounge zu verbessern, suboptimal ist. Für eine gute Sprachverständlichkeit sollte sich die Nachhallzeit laut der DIN 18041 bei einem Wert von ca. 1 befinden.

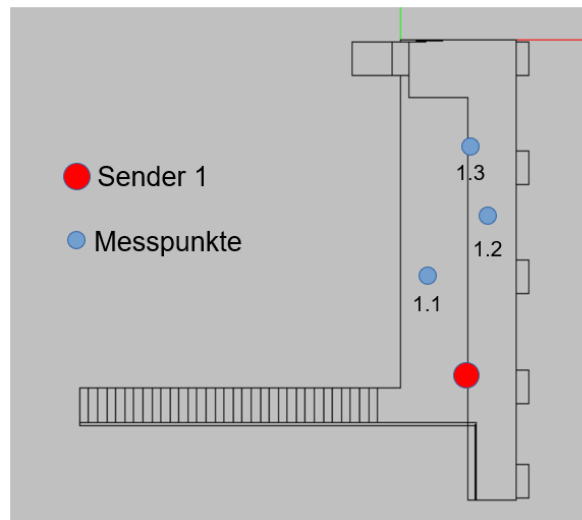
### 3.2 Methodenteil

Als Maßnahme für eine verbesserte Nachhallzeit wird bereits beim Aufbau der Recruiting Lounge auf Absorberstellwände von Preform zugegriffen. Insgesamt wird dadurch die äquivalente Absorptionsfläche erhöht und somit die Nachhallzeit verringert.

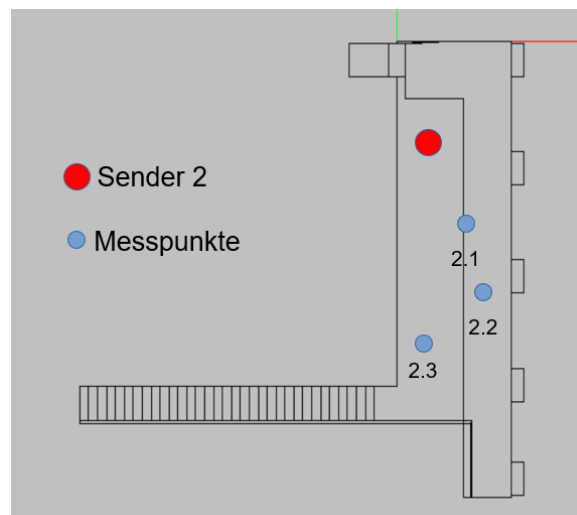
Für die Messpositionierung wurde nach dem Standardverfahren der DIN EN ISO 3382-2 gearbeitet. Das Verfahren besagt, dass mit mindestens 2 Sender- und Mikrofonpositionen, sowie 6 Sender-Mikrofon-Kombinationen gemessen wird. Bei der Aufstellung der Mikrofone ist zu beachten, dass die Mikrofone mindestens 2m voneinander entfernt sind und einen Abstand zur nächstgelegenen reflektierten Fläche von 1m besitzen. Für den Mindestabstand zum Sender wird auf diese Formel zugegriffen:

$$d_{min} = 2 \sqrt{\frac{V}{cT}}$$

Die geschätzte Nachhallzeit von 3s (aus der Vorgängergruppe entnommen) und das Volumen von 5000m<sup>3</sup> ergeben einen Mindestabstand von 4,68m.



**Abbildung 3: Nachhallzeit-Messung, Senderpunkt1, Messpunkte**



**Abbildung 4: Nachhallzeit-Messung, Senderpunkt 2, Messpunkte**

Bei der Messdurchführung wurde nach dem Verfahren des abgeschalteten Rauschens gearbeitet. Im Grunde genommen wird der Raum durch eine Schallquelle mit breitbandigen Rauschen angeregt, bis dieser sich in einem stationären Zustand befindet, was  $T/2$  lang ist. Danach wird die Schallquelle auf Zufallsbasis unterbrochen und jeder Abklingvorgang für die Bestimmung der Nachhallzeit aufgefasst. Die Mindestanzahl der aufgenommenen Abklingvorgänge für das Standardverfahren beträgt 2.

Als Sender wurde der Dodekaeder Lautsprecher DS3 mit Rauschgenerator (Minirator 2) und für die Messung das NTI Audio XL2 verwendet.

### 3.3 Auswertung

Tabelle 6: Durchschnitt der Nachhallzeit für alle Messpunkte

f/Hz	T
125	4,1
250	3,78
500	3,18
1000	3,04
2000	2,35
4000	1,5

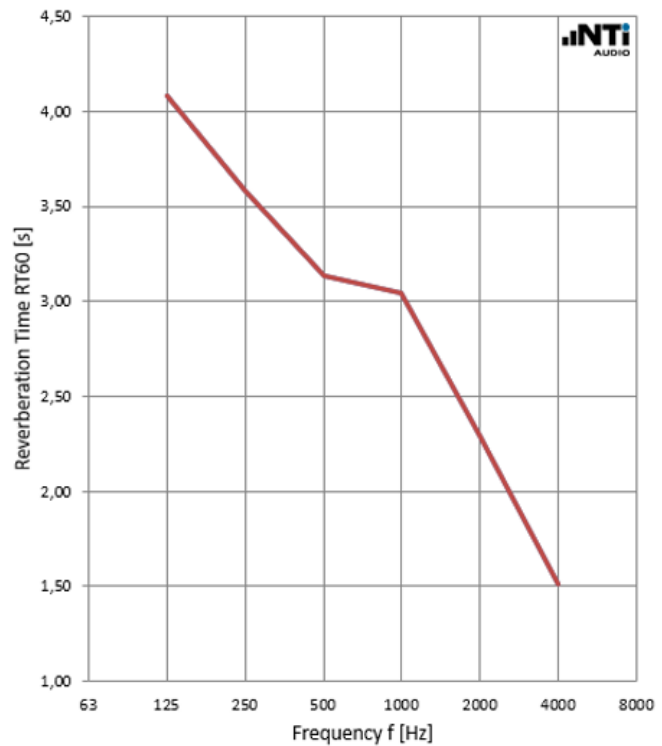


Abbildung 5: Frequenzabhängige Darstellung  $RT_{60}$

Aus Tabelle 1 kann man die Nachhallzeit für den mittleren Frequenzbereich entnehmen, was bei circa 3s ist. Wie zu erwarten ist die Nachhallzeit für eine optimale Sprachverständlichkeit viel zu hoch. Grund dafür ist das Volumen und die geringe Menge an Absorptionsfläche. Unschlüssig ist inwiefern die ungewöhnliche Form des Raumes die Nachhallzeit beeinflusst.

## 4 Subjektive Befragung (Hardt)

Um die objektiven Messergebnisse mit der subjektiven Wahrnehmung vergleichen zu können, wurden die Teilnehmer der RL gebeten, eine Umfrage auszufüllen.

Hierbei wurde sich stark an den Fragen aus dem vorangegangenen Jahr orientiert, um zudem einen Vergleich zu dem Jahr 2018 ziehen zu können.

### 4.1 Inhalt der Umfrage

Die Umfrage (siehe Anhang 2) besteht aus 5 Fragen.

Bei den Fragen 2 bis 5 stehen jeweils gegensätzliche Adjektivpaare zur Auswahl, welche in fünf Abstufungen gewählt werden können. Zudem wurden die Probanden gebeten, ihr Alter anzugeben.

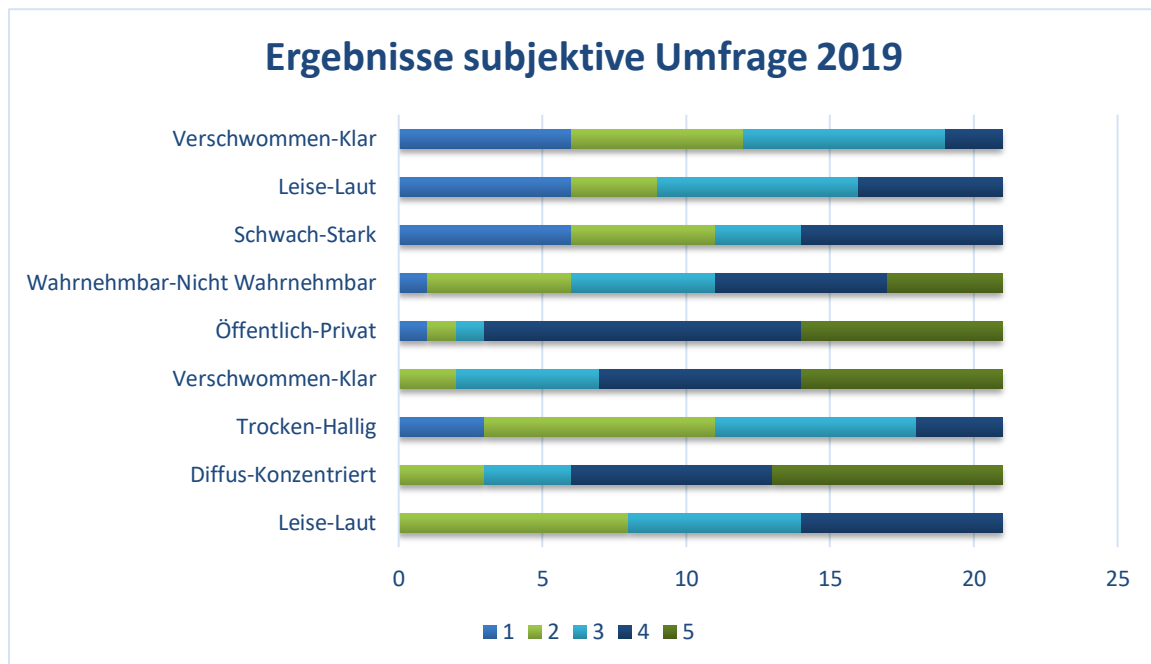
Da einige Begriffe missverständlich oder unbekannt sein können, ist es wichtig, ein Mitglied der Projektgruppe als Betreuung zur Verfügung zu stellen, um aufkommende Fragen zu klären.

### 4.2 Auswertung der Umfrage

Zur Auswertung wurden drei Diagramme erstellt: ein Diagramm, das die einzelnen Ergebnisse aus dem Jahr 2019 darstellt; eines, das die gemittelten Werte zeigt und ein Diagramm, in welchem die Ergebnisse aus den letzten beiden Jahren im Vergleich gezeigt werden.



### 4.2.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2019



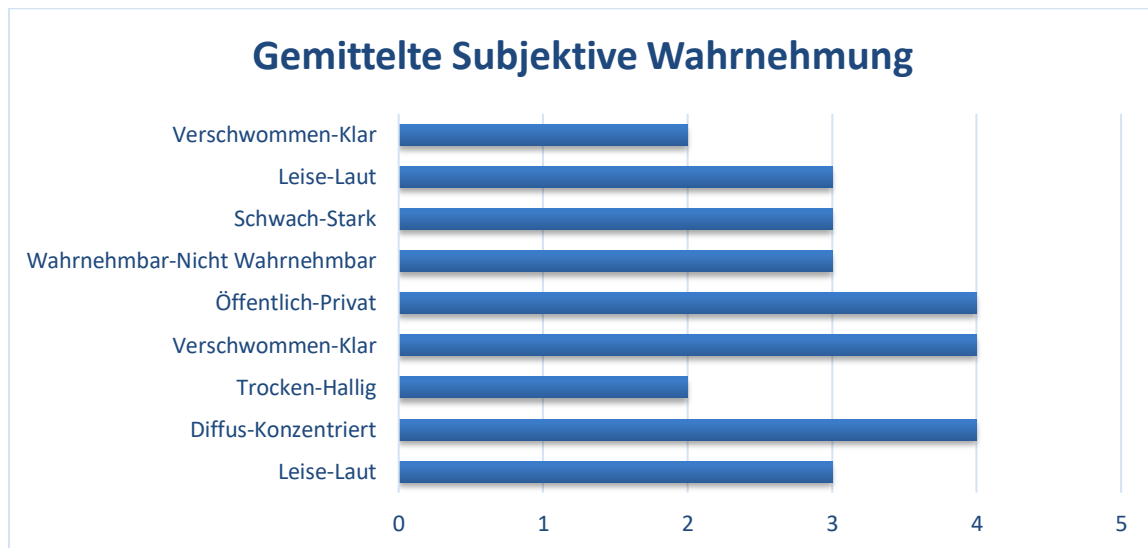
**Abbildung 6: Auswertung subjektive Wahrnehmung der Teilnehmer der RL des MF 2019**

Aus der Abbildung 1 lässt sich gut erkennen, dass es bei dem Großteil der Adjektiv-Paare keine eindeutige Tendenz gibt. Mit der Ausnahme von einer Frage (Wie haben Sie die Geräuschsituation in der Kabine/den Kabinen wahrgenommen? Leise – Laut) gab es bei jeder Frage vier, teils sogar fünf verschiedene Antworten mit oft gleichmäßiger Verteilung und nur einer leichten Tendenz in eine Richtung.

Einzig bei dem Paar Privat-Öffentlich gibt es eine deutliche Tendenz zur Seite „Privat“, mit je einer Angabe bei den Werten 1-3 und 18 Angaben im Bereich 4-5.

Dies spiegelt sich in den Durchschnittswerten (Abb. 3) wider, die sich alle im mittleren Bereich 2-4 liegen.

Aus der Umfrage des Jahres 2019 lässt sich also schließen, dass es kein eindeutiges Ergebnis zur Beurteilung der Gesprächssituation gibt und die Meinungen je nach Empfinden weit auseinander gehen können.



**Abbildung 7: Auswertung subjektive Wahrnehmung der Teilnehmer der RL des MF 2019, gemittelt**

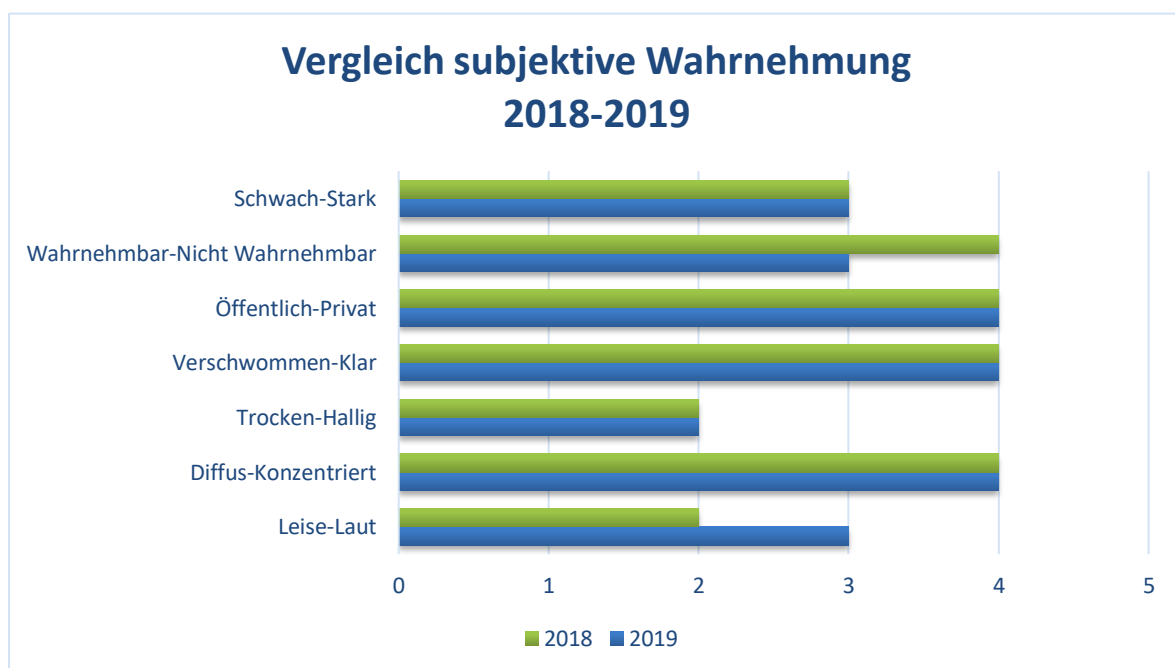
Zudem ist keine eindeutige Alters-Abhängigkeit erkennbar.

Es gibt sowohl große Unterschiede innerhalb der Alters-Gruppen, als auch Ähnlichkeiten bei Probanden mit großer Alters-Differenz.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass etwa 70% der Probanden in die Altersgruppe 20-29 Jahre fällt und nur 30% darüber (30-61 Jahre) liegen.

Es ist also für die Zukunft geraten, auf eine gleichmäßigere Altersverteilung zu achten, um evtl. eindeutiger Ergebnisse zu erreichen.

#### 4.2.2 Vergleich der Ergebnisse der Jahre 2018-2019



**Abbildung 8: Vergleich subjektive Wahrnehmung der Teilnehmer der RL des MF 2018-2019**

Bis auf zwei Fragen gibt es bei den Ergebnissen der letzten zwei Jahre keinen Unterschied, die Wahrnehmung ist also konstant geblieben.

Bei zwei Fragen ergaben sich allerdings neue Ergebnisse:

- Wie haben Sie die Gesprächssituation in der Kabine/den Kabinen wahrgenommen?  
Leise – Laut  
2018 ging die Tendenz eher Richtung „leise“, 2019 liegt sie mit einem Ergebnis von 3 genau in der Mitte, ist also im Vergleich zum Vorjahr schlechter geworden.
- Wie haben Sie den Schall aus den umliegenden Kabinen in der Kabine wahrgenommen? Wahrnehmbar – nicht Wahrnehmbar?  
2018 ging die Tendenz zu „nicht wahrnehmbar“, 2019 liegt sie ebenfalls mit 3 genau mittig und hat sich demnach ebenfalls verschlechtert.

Insgesamt wurde also eine nahezu unveränderte, minimal verschlechterte Geräuschsituation empfunden.

### **4.2.3 Vergleich der Ergebnisse aus Umfrage und Messung**

Diese Ergebnisse widersprechen sich mit den Werten aus den Kapiteln 2 (STI) und 3 (Nachhallzeit)

Hierfür sind zwei Gründe denkbar:

- Die geringe Zahl der Probanden  
21 Befragungen ergeben kein allgemeingültiges Ergebnis. Die Ergebnisse aus 4.2.1 sind also nur als Tendenz, nicht als eindeutiges Urteil zu sehen.  
Hier ist bei einer zukünftigen Untersuchung auf eine höhere Teilnahme zu achten.
- Die unterschiedlichen Probanden  
Eine subjektive Befragung ist abhängig vom Empfinden eines jeden Einzelnen. Da die Probanden aus den Jahren 2018 und 2019 nicht dieselben waren, konnten diese keinen Vergleich ziehen.  
Vorteilhaft wäre es, wenn es wiederkehrende Probanden (beispielsweise Professoren der Hochschule) zu haben, die in beiden Jahren die gleichen Fragen beantworten, um einen direkten Vergleich zu erhalten.

## 5 Simulation der Messwerte mit EASE

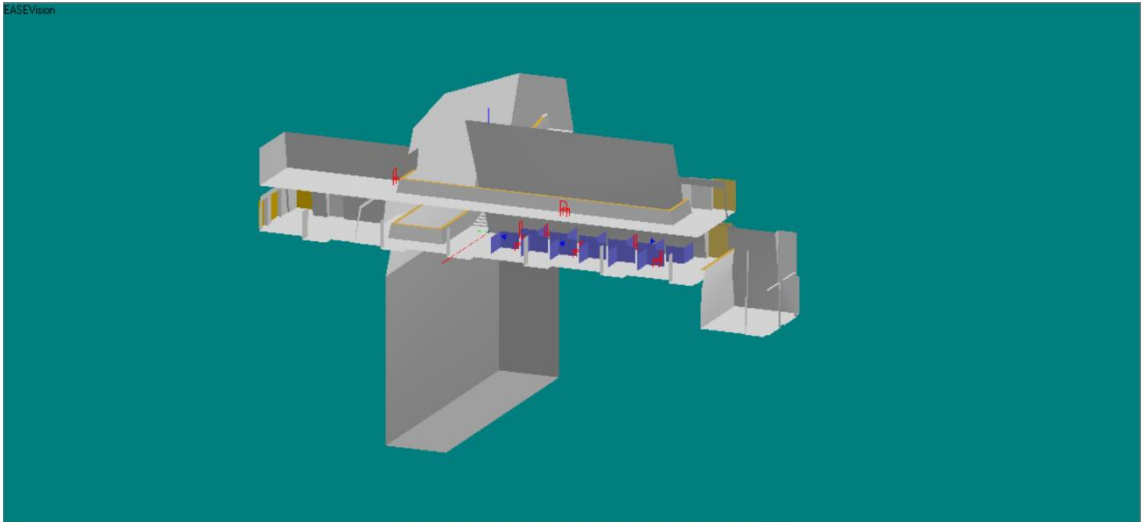
Ein weiteres Ziel im Rahmen dieses Projekts sieht vor, die gemessenen raumakustischen Parameter mit den errechneten Werten einer Computer-Simulation zu vergleichen. Darüber hinaus sollen damit potenzielle Verbesserungsmöglichkeiten bzgl. der Hörsamkeit im Haus 39 getestet werden.

### 5.1 Aufbau/Erstellung des 3D-Modells von Haus 39 (Boran)

Zu Beginn wird deshalb erst einmal der für die „Recruiting Lounge“ relevante Bereich des Gebäudes virtuell nachgebildet. Beim Haus 39 sind nahezu alle Treppenhäuser und Etagengänge ohne räumliche Abtrennung miteinander verbunden. Demzufolge darf sich das 3d-Modell nicht ausschließlich auf den Gang in der zweiten Etage - wo die „Recruiting Lounge“ stattfindet - beschränken. Überliegende Geschosse sowie angrenzende Gänge und Treppenhäuser müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Jedoch ist ein gewisser Kompromiss beim Umfang des Modells unvermeidbar.

Mit Hilfe eines Laser-Entfernungsmessers wird die Raumgeometrie vor Ort ausgemessen. Es handelt sich hierbei um den Bosch PLR 50 C. Das Gerät besitzt einen maximalen Messfehler  $\leq \pm 2\text{mm}$  und ist deshalb für diesen Verwendungszweck ausreichend genau. Auch kann das Bosch PLR 50 C die Neigungswinkel von Flächen bestimmen. Gerade im Haus 39 stellt das einen enormen Vorteil dar, da dort die Architektur sehr anspruchsvoll ist und kaum zwei Flächen parallel zueinander liegen.

Wie bereits erwähnt, findet die „Recruiting Lounge“ im zweiten Obergeschoss statt. Deshalb ist dieser Bereich so detailliert wie möglich als 3d-Modell umgesetzt. Dies umfasst neben geneigten Seitenwänden und Brüstungen auch originalgetreu nachgebildete Nischen für die Türen. Die Türen zu den angrenzenden Seminarräumen werden jedoch als geschlossen angenommen, weshalb auf die Räume im Modell verzichtet werden kann. Begrenzt wird das Modell oben durch das geneigte Dach und die Unterseite des Gangs der dritten Etage. Da sich das Dach mehr als acht Meter über der zweiten Etage befindet, ist es nicht möglich, jedes kleine Detail auszumessen. Stützen und Querstreben werden z.B. vernachlässigt. Ihr Einfluss auf die Diffusität des Schallfeldes der zweiten Etage ist sehr gering. Deshalb wird das Dach viel mehr als einheitlich geneigte Fläche angenommen.



**Abbildung 9: 3D-Modell der RL aus Richtung Nord-Westen**

Die Detaillierung im dritten Obergeschoss beinhaltet lediglich den offenen Gang über der „Recruiting Lounge“ bis zum Treppenhaus und weiter Richtung Fahrstuhl. Das große offene Treppenhaus ist ebenfalls etwas weniger detailliert ausmodelliert. Die Treppe zum dritten Obergeschoss - inklusive Brüstung - wird genau nachgebildet, wie auch sämtliche schrägen Wände bis ins Erdgeschoss. Ansonsten simulieren geneigte Flächen die Treppen in Richtung erste Etage/Erdgeschoss. Auf der anderen Seite der Etage stellt der Durchbruch zum ersten Obergeschoss mit seinen markanten großen Fenstern die Abgrenzung in Richtung Westen dar. In östlicher Richtung ist im EASE-Modell nur der Bereich vor dem Fahrstuhl dargestellt.

## 5.2 Simulation der raumakustischen Begebenheiten (Hardt)

Nachdem das Modell erstellt wurde, sollten die Messwerte simuliert werden. Hierbei ergaben sich allerdings Probleme mit der Software EASE.

Das Programm ist so aufgebaut, dass es akustische Werte nur dann ausrechnen kann, wenn der simulierte Raum rundum geschlossen ist. Dies kann mit der Funktion „Check for holes“ überprüft werden. Das Programm durchsucht dann das Modell auf Löcher in der Konstruktion und gibt wenn vorhanden Hinweise auf deren Position.

In diesem Fall gab es nach Auswählen der Funktion die Rückmeldung, es seien keine Löcher im Modell, was bedeutet, dass simuliert werden kann.

Nach Auswählen der gewünschten Simulationswerte kam allerdings die Rückmeldung des Programms, es könne nicht simulieren, da das Modell Löcher hat, die erst geschlossen werden müssen.

Da dieses Problem nach mehrfachen Versuchen nicht behoben werden konnte, wurde schlussendlich auf das Modell der Vorgänger Gruppe aus dem Jahr 2018 zurückgegriffen. In dieses wurde die neue Aufstellung der Stellwände übernommen.

### 5.2.1 Nachhallzeit

Um die Nachhallzeit berechnen zu lassen nutzt man die Edit Funktion *Room RT*. Diese zeigt die  $RT_{60}$ -Nachhallzeiten in Terz-Abständen von 100 bis 10.000 Hz.

Da die Werte mit den realen Messungen verglichen werden sollen, ist hauptsächlich der Bereich von 125 bis 4000 Hz von Relevanz.

Befindet man sich in dem Menü *Room RT*, so hat man die Wahl zwischen der Berechnung nach Eyring und der Berechnung nach Sabine.

Die Anleitung der AFMG Company, welche die EASE Software designed hat, gibt folgenden Tipp zur Wahl der passenden Formel:

*Sabine wird als genauer bei großen, homogenen Räumen (mit wenig Absorption) angesehen, während Eyring bessere Ergebnisse bei kleineren Räumen mit verschiedenen und verteilten Oberflächenmaterialien bringt.<sup>9</sup>*

Das Zentrum für Medien und Soziale Arbeit ist hier schwierig einzuordnen: der modellierte Raum ist zwar sehr groß (ca. 5000m<sup>3</sup>), jedoch mit seinen vielen Winkeln und Treppenstufen nicht unbedingt homogen. Allerdings gibt es auch nicht sehr viele verschiedene Oberflächenmaterialien, da der Großteil des Gebäudes aus Glattbeton gebaut ist.

Die Entscheidung für eine der Formeln war also nicht eindeutig. Schlussendlich wurde aber

---

<sup>9</sup> AFMG Company, 2020

auf Grund des großen Volumens die Formel nach Sabine verwendet.  
Die Ergebnisse werden in Punkt 5.3.1 näher betrachtet.

## 5.2.2 Speech Transmission Index STI

Für die Messung der Sprachverständlichkeit wird das Mapping Tool verwendet. Dieses bietet die Möglichkeit, einzelne eingestellte Hörerflächen oder den gesamten Raum zu „mappen“ (also, für den entsprechenden Bereich die Messwerte anzuzeigen).

Es können verschiedene akustische Parameter, wie z.B. Schalldruckpegel, C-Bewertung oder Lautsprecherüberlappung berechnet werden.

Für die Sprachverständlichkeit verwendet man die Funktion *RaSTI* (Rapid STI / Schneller Sprachübertragungsindex).

Die ausführliche Anleitung zur Nutzung des Mapping Tools findet man auf der Website der AFMG Company als PDF zum Download.

## 5.3 Diskussion (Boran)

### 5.3.1 Nachhallzeit

In der folgenden Grafik wird die vor Ort gemessene frequenzabhängige Nachhallzeit mit den vom Programm berechneten Werten verglichen.

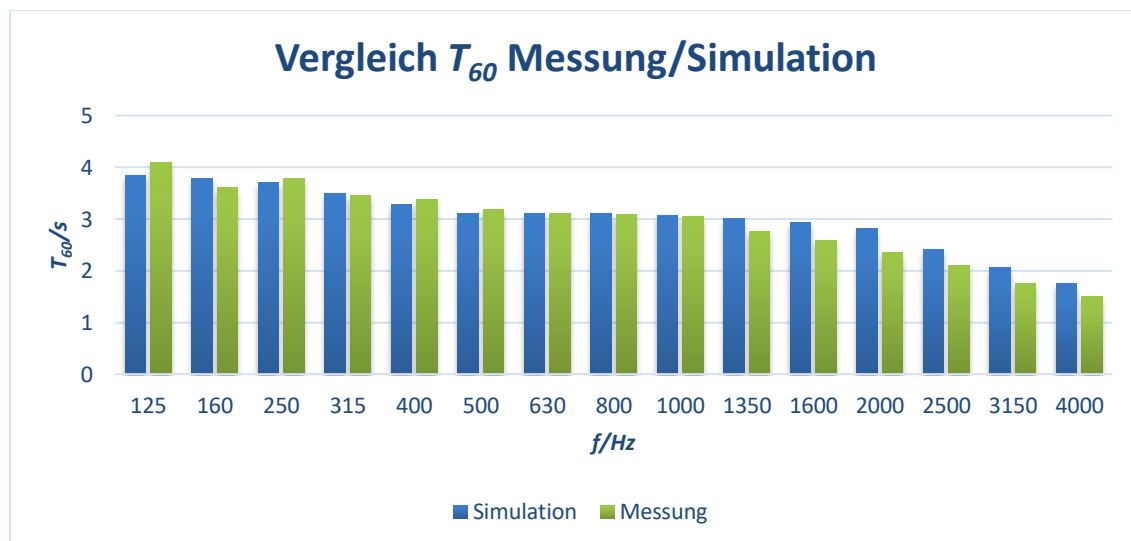


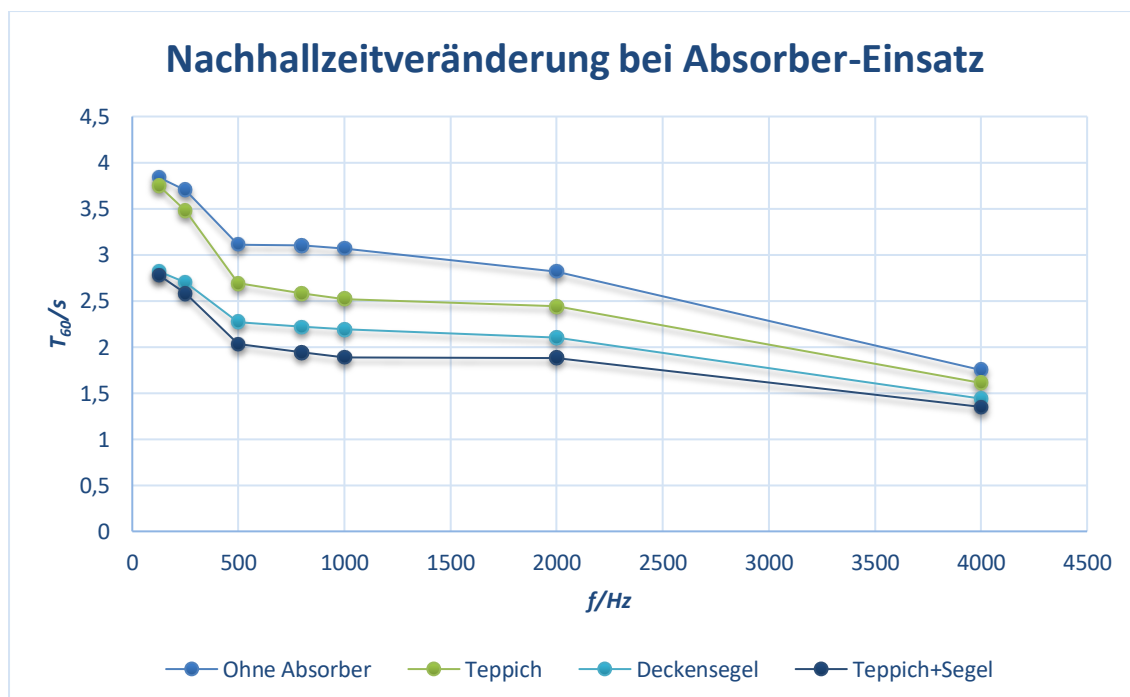
Abbildung 10: Vergleich Nachhallzeit Messung – Simulation

Sehr gut zu erkennen ist, dass Messwerte und Simulation gut miteinander übereinstimmen. Vor allem im Bereich zwischen 250Hz und 1000Hz sind mitunter kaum relevante Unterschiede feststellbar. Im höherfrequenten Bereich - ab 1350Hz - sind die größten Abweichungen erkennbar. Dabei fällt auf, dass die Computersimulation im Vergleich zur Messung höhere Werte für die Nachhallzeit berechnet hat. Dies lässt sich jedoch mit dem Berechnungsansatz der Software erklären; EASE ermittelt aus dem 3d-Modell das vorhandene Raumvolumen und berechnet anschließend zusammen mit der äquivalenten Absorptionsfläche die Nachhallzeit. Bei dieser Berechnung wird der Raum allerdings als rechteckiger Quader angesehen. Zusätzliche Reflexionen der Schallwellen z.B. an den zahlreichen Treppenstufen werden demzufolge bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

Generell ist zu beachten, dass eine Computer-Software nicht alle physikalischen Eigenschaften des Schalls simulieren kann. Umso erstaunlicher ist es, wie gut die Messwerte mit den simulierten übereinstimmen. Die Simulation verifiziert also die Messung.

Abgesehen davon fällt auf, dass die Nachhallzeit im Bereich der „Recruiting Lounge“ eindeutig zu lang ist. Nach der Norm DIN 18041 beträgt die ideale Nachhallzeit für Kommunikation (Kategorie A4) bei einem Raumvolumen von ca. 5000m<sup>3</sup> ungefähr 0,8s. Diese wird deutlich überschritten und eine Nachbesserung ist notwendig.

Deshalb werden mit EASE beispielhaft zwei Optimierungsmöglichkeiten getestet. Im Raum wird neben einem Teppich aus schallabsorbierendem Material zusätzlich ein Deckensegel unter dem Dach angebracht.



**Abbildung 11: Potentielle Nachhallzeitverbesserung durch den Einsatz von Schallabsorbieren**



Durch das Anbringen von schallabsorbierenden Materialien kann die Nachhallzeit im Haus 39 deutlich reduziert werden. Ein auf dem Boden ausgelegter Teppich bringt zum Beispiel im Frequenzbereich zwischen 500Hz und 2000Hz eine Nachhallzeitverbesserung von ca. 0,5s.

Deutlich effektiver - gerade auch bei tiefen Frequenzen - ist hingegen das Deckensegel. Die deutlichste Nachhallzeitverbesserung lässt sich mit einer Kombination aus Teppich und Deckensegel erzielen. Bei einer Frequenz von 1000Hz liegt diese ungefähr bei 1,2s. Auch im hochfrequenten Bereich ist eine Kombinationslösung am besten geeignet. Um eine wirklich spürbare Reduzierung der Nachhallzeit zu erreichen, ist ein Deckensegel nahezu unverzichtbar, selbst wenn eine Realisation aufgrund der baulichen Gegebenheiten schwierig ist. Aus zeit- und kosteneffizienter Sicht eignet sich ein auf dem Boden ausgelegter Teppich. Für Frequenzen unter 500Hz bringt dieser jedoch kaum nennenswerte Veränderungen und reduziert auch sonst die Nachhallzeit deutlich geringer.

Dennoch wird ersichtlich, dass selbst mit einem Teppich und einem Deckensegel die zu erwartende Nachhallzeit immer noch deutlich über dem Idealwert von  $T_{Soll} = 0,8s$  liegt. Durch das Anbringen von zusätzlich absorbierendem Material kann diese aber sicherlich weiter reduziert werden. Gerade die große Betonwand am südlichen Rand der Lounge eignet sich hierfür perfekt.

### 5.3.2 Speech Transmission Index STI

Neben der Nachhallzeit  $T_{60}$  wurde auch der Speech Transmission Index über die EASE-Software simuliert. Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der STI-Werte im Bereich der „Recruiting Lounge“.

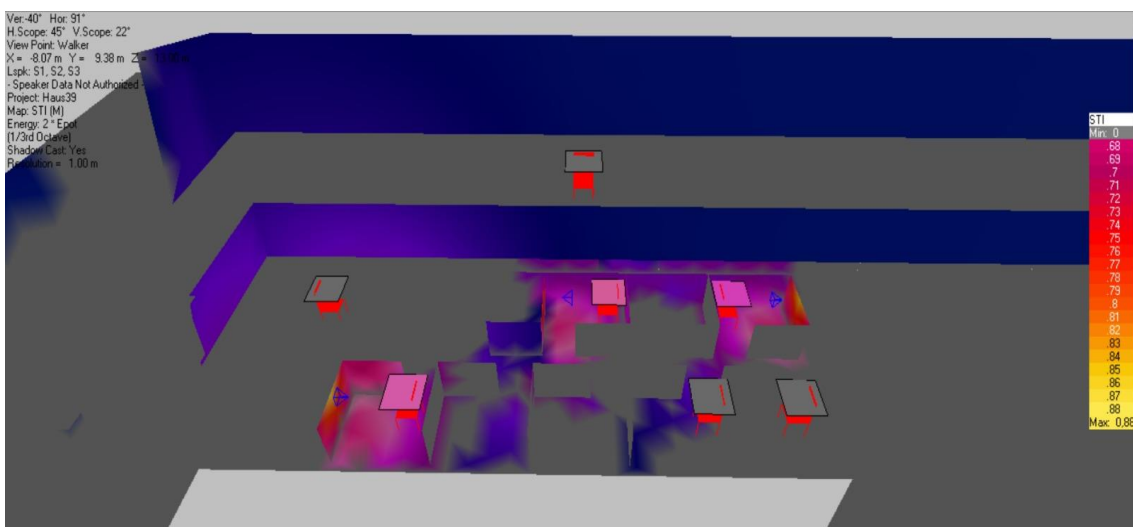


Abbildung 12: STI-Mapping der RL im jetzigen Zustand

Aus der von EASE erstellten Grafik ist gut zu erkennen, dass alle drei Kabinen, denen simulationsbedingt eine Schallquelle zugeteilt ist, besonders hohe STI-Werte aufweisen. Je höher diese Werte sind, desto größer ist die Sprachverständlichkeit. Demzufolge kann davon ausgegangen werden, dass durch die verwendeten Trennwände, die Sprachverständlichkeit in den Kabinen sehr gut ist. Dies stimmt mit den gemessenen Werten überein und deckt sich größtenteils auch mit der subjektiven Wahrnehmung der Teilnehmer. Auch sind keine Abweichungen zwischen den Kabinen der hinteren Reihe, die direkt unter der dritten Etage aufgestellt sind, und den Kabinen der vorderen Reihe zu erkennen. Die unterschiedliche Deckenhöhe scheint demzufolge keine große Rolle zu spielen. Stellenweise ist jedoch eine Beugung des Schalls von einer Kabine in die andere zu erkennen, was zu störenden Nebengeräuschen führen kann und aus vertraulicher Sicht ungünstig ist. Dies tritt jedoch nur in geringem Maß auf und ist durch die offene Anordnung der Trennwände unvermeidbar.

Im Durchgang ist die Sprachverständlichkeit schlechter, was in diesem Fall positiv ist. Ohnehin wird der Durchgang bei Betrieb der „Recruiting Lounge“ nur von den Teilnehmern genutzt. Eine eventuell ausreichende Sprachverständlichkeit im Durchgang, die zum Mithören vertraulicher Information führen könnte, ist also weitgehend irrelevant. Anders sieht dies an der Brüstung des dritten Obergeschosses aus. Gerade im Bereich über der ganz linken vorderen Kabine lässt sich gut erkennen, dass dort die Sprachverständlichkeit nicht so schlecht ist, wie gewünscht. Das Mithören der eigentlich vertraulichen Gespräche in den Kabinen kann hier nicht komplett ausgeschlossen werden. Es betrifft allerdings nur diese eine Kabine. Ansonsten ist die Sprachverständlichkeit im dritten Geschoss - wie gewünscht - schlecht. Somit kann auch hier von einer Ähnlichkeit zwischen Simulation und Messung gesprochen werden.

An sich ist für die „Recruiting Lounge“ eine weitere Verbesserung der Sprachverständlichkeit nicht notwendig bzw. sinnvoll. Beispielhaft wurde dennoch der Einsatz von schallabsorbierendem Material an der Unterseite der dritten Etage über den Kabinen getestet.

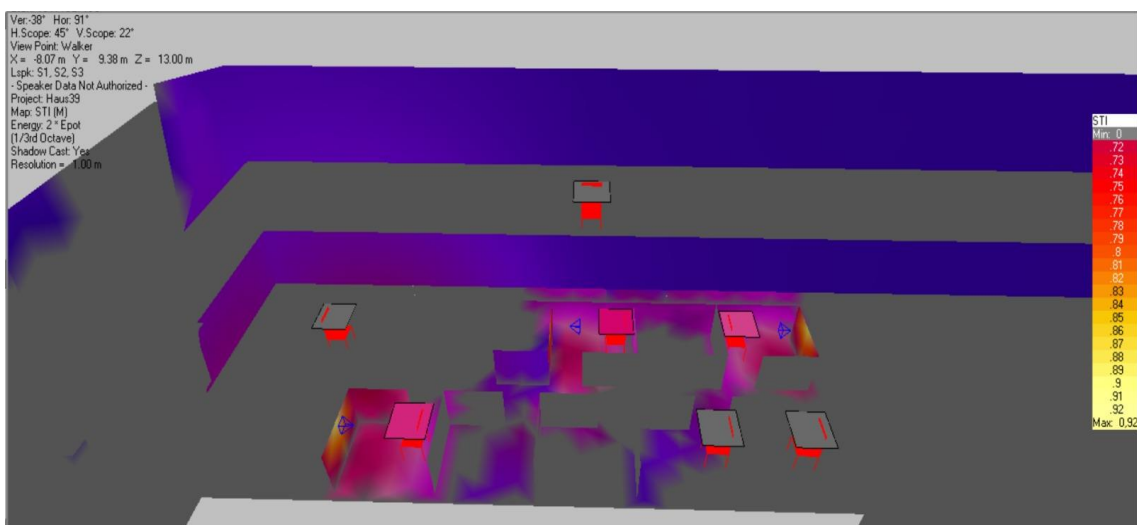


Abbildung 13: STI-Mapping der RL mit Schallabsorber

Beim potenziellen Einsatz eines Deckenabsorbers zeigt sich, dass die Sprachverständlichkeit in den Kabinen positiverweise leicht zunimmt.

Zusätzlich erhöht sich allerdings durch immer noch vorhandene Schallbeugung die Sprachverständlichkeit in den anliegenden Kabinen und im Durchgang. Auch an der Brüstung im dritten Stockwerk haben sich die STI-Werte erhöht. Da es primär keiner weiteren Verbesserung der Sprachverständlichkeit bedarf, ist von einem Einsatz in dieser Hinsicht abzuraten. Die Reduzierung der Nachhallzeit im Haus 39 und speziell im zweiten Stockwerk hat höhere Priorität. Ohnehin wird sich durch eine Nachhallzeitverbesserung sowieso der Speech Transmission Index verändern bzw. wahrscheinlich verbessern.

## 6 Fazit (Boran)

Mit diesem Projekt im Wintersemester 2019/20 konnte erfolgreich an die Vorgängerarbeiten angeknüpft werden. Es war möglich, beim Medienforum 2019 eine weitere Anordnungsmöglichkeit der Trennwände für die „Recruiting Lounge“ zu testen.

Die anschließend durchgeführte Messung zum Speech Transmission Index ergab eine sehr gute Sprachverständlichkeit innerhalb der Kabinen.

Ein direkter Vergleich zum Medienforum 2018 konnte aufgrund unterschiedlicher Messvorgänge leider nicht gezogen werden. Beugung von Störschall in andere Kabinen hinein kann zwar bedingt durch die limitierte Anzahl verfügbarer Stellwände und die damit verbundene offene Anordnung nicht komplett verhindert werden, trotzdem ist primär keine weitere Verbesserung der Sprachverständlichkeit notwendig.

Auch die subjektive Wahrnehmung der Teilnehmer wurde in der durchgeführten Umfrage als zufriedenstellend bewertet, wenngleich nicht genug Personen an dieser teilgenommen haben. Ein wirklich repräsentatives Ergebnis ist also aus der Umfrage nicht zu erhalten.

Die messtechnische Bestimmung der Nachhallzeit zeigte, dass die ideale Nachhallzeit für den betrachteten Raum deutlich überschritten wird. Hier ist zukünftig eine Nachbesserung sinnvoll und auch erforderlich.

Des Weiteren verlief der Einsatz der Computer-Software EASE erfolgreich. Mit Hilfe des Programms wurde ein 3D-Teilmodell von Haus 39 erstellt und anschließend die Nachhallzeit und die Sprachverständlichkeit simuliert.

Es stellte sich heraus, dass Messwerte und Simulation miteinander vergleichbar sind. Außerdem konnten bereits einige bauliche Veränderungen im Modell eingebracht werden und deren potenzielle Auswirkung auf die Hörsamkeit im Gebäude abgeschätzt werden.

Somit ist der Einsatz von EASE auch für zukünftige Projekte zu empfehlen.

## 7 Ausblick (Hardt)

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die Sprachverständlichkeit für den gewollten Zweck ausreichend vorhanden ist. Dies ist also für die Zukunft beizubehalten.

Die Nachhallzeit dagegen ist weiterhin, wie schon bei vorangegangenen Projekten herausgefunden, stark verbesserungswürdig.

Dies gestaltet sich allerdings durch die baulichen Begebenheiten des Gebäudes relativ schwierig, da es keine einfachen Möglichkeiten gibt, Absorber anzubringen, bzw. dies bauliche Maßnahmen beinhalten würde. Dafür müssten mit den zuständigen Verantwortlichen, also der Hochschule Mittweida und dem Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement SIB Absprachen getroffen werden.

Allerdings gibt es inzwischen schon moderne Absorber-Konzepte, die gleichzeitig als Dekoration dienen und somit in die Optik des Gebäudes miteingebracht werden können, beispielsweise „*Ydol – the Brand of Silence*“ oder *aixFOAM – Schallabsorber in Perfektion*“.

Es bieten sich also für die kommenden Jahre noch reichlich Möglichkeiten, Verbesserungen zu erforschen und das Gebäude zu optimalen Bedingungen anzupassen.

## Literatur

- AFMG Company, 2020 [http://www.afmg-support.eu/SoftwareDownload-Base/AFMG/EASE/ease\\_tutorial\\_deutsch.pdf](http://www.afmg-support.eu/SoftwareDownload-Base/AFMG/EASE/ease_tutorial_deutsch.pdf)  
(Abgerufen am 27.02.2020)
- DIN EN 60268-16, 2012 „Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachverständlichkeitsindex“
- DIN 18041, 2016 „Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung“

# Anlage 1: Messprotokoll STI

## Quellort 1

	Allgemeine Angaben
<b>Messverfahren</b>	
Projekt/Ort	Recruiting Lounge – Haus 39
Belegung/Konfiguration	Unbesetzter Zustand
Datum der Messung	14.11.2019
Verfahren: Indirekt (IR) oder direkt (STIPA)	Direkt (STIPA)
<b>Quelle</b>	
Signaltyp: MLS, Gleitsinus, STIPA, sonstiges	STIPA
Prüfsignalspektrum: An das genormte Sprachspektrum angepasst?	Ja
Verfahren der Signaleinführung: Elektrischer Eingang oder von einer akustischen Quelle gesendet?	Von einer akustischen Quelle gesendet
Einzelheiten zu Prüflautsprecher/künstlichem Mund/Typ	Fostex 6301 NX
Abstand der Quelle zum Anlagenmikrofon (m)	
Richtcharakteristik des Mikrofons der Beschallungsanlage	
Abstand des Mikrofons zur nächsten reflektierenden Fläche (m)	1
<b>Signalverarbeitung</b>	
Status der Signalverarbeitung, z.B. Kompression, Begrenzer, Entzerrung	
Wurde irgendein Teil der Signalkette während der Messung begrenzt?	Nein
<b>Messgeräte</b>	
Fabrikat/Typ – Seriennummer/Version	NTI XL2 – A2A-10107-E0
Ergebnis STI- oder STIPA-Loopback-Test	
<b>Messmikrofon</b>	
Fabrikat, Modell und Typ (Freifeld, diffuser Einfall)	NTI, M4260, Omnidirektional, Kondensator-Freifeldmikrofon mit Dauerpolarisation
Monaural oder binaural?	Monaural
Höhe über Fußboden (m)	1,2
Ausrichtung des Mikrofons	Senkrecht zum Boden
<b>Subjektiver Eindruck der Sprachübertragung</b>	
Tonale Klangeigenschaften: Natürlich, gedämpft, dröhnend, hallend, schrill?	Hallend
Gibt es hörbare Verzerrung oder Echos?	Ja
Zur akustischen Signaleinführung: Gibt es hörbares Klingeln (en: Ringing) oder Regeneration (Rückkopplung)?	Nein

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 1 – Quellort 1 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:38 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	61,5	66,6	65,6	58,7	53,6	48,3	42,0	39,3
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,96	0,963						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,94	0,944						



Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 2 – Quellort 1 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:39 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	54,6	59,9	55,8	49,9	42,6	35,0	28,4	24,2
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,63	0,629						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,52	0,519						

<b>Messdaten je Position</b>								
Position/Ort	Messpunkt 3 – Quellort 1 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:40 Uhr							
<b>Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)</b>								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
<b>STIPA-Verfahren</b>								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	55,1	54,5	50,2	45,6	39,1	32,3	24,4	23,6
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,54	0,540						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,40	0,400						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 4 – Quellort 1 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:41 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	Ca. 21 Grad Celsius & 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	47,6	52,7	51,1	44,7	38,3	30,4	23,0	22,7
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,45	0,451						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,32	0,324						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 5 – Quellort 1 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:42 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	51,7	55,2	57,2	50,0	40,8	36,7	27,0	23,2
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,60	0,598						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,49	0,493						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 6 – Quellort 1 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:43 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	51,8	56,1	56,4	50,9	41,3	32,2	25,3	23,5
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,41	0,405						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,32	0,322						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 7 – Quellort 1 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:46 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	50,8	52,1	50,7	43,6	38,2	30,2	22,9	22,7
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,43	0431						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,31	0,307						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 8 – Quellort 1 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:47 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	49,0	50,9	51,6	43,3	35,9	27,8	21,8	22,5
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,29	0,294						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,20	0,201						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 9 – Quellort 1 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:52 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	55,2	61,1	59,7	52,2	47,0	40,0	31,8	25,1
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,57	0,565						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,52	0,516						



Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 10 – Quellort 1 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:53 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	50,4	55,5	54,2	47,4	41,8	33,7	25,5	23,2
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,56	0,555						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,44	0,440						

## Quellort 2

<b>Allgemeine Angaben</b>	
<b>Messverfahren</b>	
Projekt/Ort	Recruiting Lounge – Haus 39
Belegung/Konfiguration	Unbesetzter Zustand
Datum der Messung	14.11.2019
Verfahren: Indirekt (IR) oder direkt (STIPA)	Direkt (STIPA)
<b>Quelle</b>	
Signaltyp: MLS, Gleitsinus, STIPA, sonstiges	STIPA
Prüfsignalspektrum: An das genormte Sprachspektrum angepasst?	Ja
Verfahren der Signaleinführung: Elektrischer Eingang oder von einer akustischen Quelle gesendet?	Von einer akustischen Quelle gesendet
Einzelheiten zu Prüflautsprecher/künstlichem Mund/Typ	Fostex 6301 NX
Abstand der Quelle zum Anlagenmikrofon (m)	
Richtcharakteristik des Mikrofons der Beschallungsanlage	
Abstand des Mikrofons zur nächsten reflektierenden Fläche (m)	1
<b>Signalverarbeitung</b>	
Status der Signalverarbeitung, z.B. Kompression, Begrenzer, Entzerrung	
Wurde irgendein Teil der Signalkette während der Messung begrenzt?	Nein
<b>Messgeräte</b>	
Fabrikat/Typ – Seriennummer/Version	NTI XL2 – A2A-10107-E0
Ergebnis STI- oder STIPA-Loopback-Test	
<b>Messmikrofon</b>	
Fabrikat, Modell und Typ (Freifeld, diffuser Einfall)	NTI, M4260, Omnidirektional, Kondensator-Freifeldmikrofon mit Dauerpolarisation
Monaural oder binaural?	Monaural
Höhe über Fußboden (m)	1,2
Ausrichtung des Mikrofons	Senkrecht zum Boden
<b>Subjektiver Eindruck der Sprachübertragung</b>	
Tonale Klangeigenschaften: Natürlich, gedämpft, dröhnend, hallend, schrill?	Hallend
Gibt es hörbare Verzerrung oder Echos?	Ja
Zur akustischen Signaleinführung: Gibt es hörbares Klingeln (en: Ringing) oder Regeneration (Rückkopplung)?	Nein

<b>Messdaten je Position</b>								
Position/Ort	Messpunkt 1 – Quellort 2 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:55 Uhr							
<b>Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)</b>								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
<b>STIPA-Verfahren</b>								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	57,5	59,7	55,2	50,7	42,6	35,7	27,2	23,6
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,60	0,596						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,49	0,491						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 2 – Quellort 2 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:56 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	62,4	67,9	65,4	61,2	54,9	48,5	41,8	39,4
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,93	0,933						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,91	0,908						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 3 – Quellort 2 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:57 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	54,8	59,1	55,6	48,6	40,9	30,6	22,4	22,7
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,49	0,493						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,37	0,369						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 4 – Quellort 2 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:58 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	Ca. 21 Grad Celsius & 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	51,6	57,6	58,1	47,8	38,0	30,2	23,1	22,8
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,46	0,460						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,34	0,341						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 5 – Quellort 2 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:59 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	51,1	55,3	56,9	50,1	39,9	31,7	24,1	23,0
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,48	0,483						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,38	0,377						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 6 – Quellort 2 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	20:59 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	50,9	54,3	55,9	47,9	38,7	31,7	23,6	22,8
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,44	0,441						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,33	0,334						



Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 7 – Quellort 2 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:04 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	58,6	52,5	52,8	45,9	38,5	33,2	25,7	22,9
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,34	0,338						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,27	0,265						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 8 – Quellort 2 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:03 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	48,9	54,3	52,4	44,9	36,3	29,5	22,7	22,6
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,35	0,353						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,24	0,241						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 9 – Quellort 2 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:01 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	52,1	55,9	56,5	50,4	42,7	36,6	28,2	24,6
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,60	0,600						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,51	0,507						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 10 – Quellort 2 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:01 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	52,4	60,5	55,9	51,6	40,6	32,3	24,5	22,9
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,54	0,537						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,43	0,430						

## Quellort 3

<b>Allgemeine Angaben</b>	
<b>Messverfahren</b>	
Projekt/Ort	Recruiting Lounge – Haus 39
Belegung/Konfiguration	Unbesetzter Zustand
Datum der Messung	14.11.2019
Verfahren: Indirekt (IR) oder direkt (STIPA)	Direkt (STIPA)
<b>Quelle</b>	
Signaltyp: MLS, Gleitsinus, STIPA, sonstiges	STIPA
Prüfsignalspektrum: An das genormte Sprachspektrum angepasst?	Ja
Verfahren der Signaleinführung: Elektrischer Eingang oder von einer akustischen Quelle gesendet?	Von einer akustischen Quelle gesendet
Einzelheiten zu Prüflautsprecher/künstlichem Mund/Typ	Fostex 6301 NX
Abstand der Quelle zum Anlagenmikrofon (m)	
Richtcharakteristik des Mikrofons der Beschallungsanlage	
Abstand des Mikrofons zur nächsten reflektierenden Fläche (m)	1
<b>Signalverarbeitung</b>	
Status der Signalverarbeitung, z.B. Kompression, Begrenzer, Entzerrung	
Wurde irgendein Teil der Signalkette während der Messung begrenzt?	Nein
<b>Messgeräte</b>	
Fabrikat/Typ – Seriennummer/Version	NTI XL2 – A2A-10107-E0
Ergebnis STI- oder STIPA-Loopback-Test	
<b>Messmikrofon</b>	
Fabrikat, Modell und Typ (Freifeld, diffuser Einfall)	NTI, M4260, Omnidirektional, Kondensator-Freifeldmikrofon mit Dauerpolarisation
Monaural oder binaural?	Monaural
Höhe über Fußboden (m)	1,2
Ausrichtung des Mikrofons	Senkrecht zum Boden
<b>Subjektiver Eindruck der Sprachübertragung</b>	
Tonale Klangeigenschaften: Natürlich, gedämpft, dröhnend, hallend, schrill?	Hallend
Gibt es hörbare Verzerrung oder Echos?	Ja
Zur akustischen Signaleinführung: Gibt es hörbares Klingeln (en: Ringing) oder Regeneration (Rückkopplung)?	Nein

<b>Messdaten je Position</b>								
Position/Ort	Messpunkt 1 – Quellort 3 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:14 Uhr							
<b>Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)</b>								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
<b>STIPA-Verfahren</b>								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	49,2	54,9	52,8	46,6	38,0	31,5	26,0	23,8
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,43	0,426						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,33	0,330						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 2 – Quellort 3 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:15 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	58,1	56,8	53,7	47,5	40,8	32,5	24,3	22,9
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,50	0,505						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,39	0,394						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 3 – Quellort 3 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:18 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	55,4	55,9	59,0	49,4	41,2	30,7	22,7	22,6
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,47	0,470						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,36	0,359						



Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 4 – Quellort 3 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:20 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	Ca. 21 Grad Celsius & 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	65,3	67,6	69,4	63,9	57,5	50,8	44,4	41,7
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,94	0,942						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,93	0,933						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 5 – Quellort 3 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:21 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	53,5	62,7	58,8	50,0	40,9	33,9	25,2	23,3
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,49	0,493						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,40	0,396						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 6 – Quellort 3 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:24 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	53,0	60,8	57,0	49,8	43,9	39,3	32,4	25,1
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,50	0,498						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,44	0,442						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 7 – Quellort 3 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:06 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	52,8	60,7	52,7	49,8	42,3	34,4	25,6	23,1
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,48	0,477						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,40	0,396						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 8 – Quellort 3 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:08 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	49,6	58,6	52,4	46,0	38,6	33,0	26,9	23,3
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,40	0,399						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,31	0,313						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 9 – Quellort 3 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:11 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	52,1	57,8	57,3	48,9	39,7	33,7	26,5	24,3
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,55	0,549						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,44	0,444						

Messdaten je Position								
Position/Ort	Messpunkt 10 – Quellort 3 / Recruiting Lounge – Haus 39							
Zeitpunkt der Messung	21:10 Uhr							
Umgebungsgeräuschpegel (ohne Prüfsignal)								
	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	39,1	39,4	37,3	35,8	34,3	31,6	26,7	23,3
Beschreibung des Umgebungsgeräuschs: z.B. stetig, transient, impulsartig	Stetig, in einer ruhigen Umgebung befindend							
Klimatische Bedingung: Wind, Regen, Temperatur, Feuchte	21 Grad Celsius, ca. 40% Luftfeuchte							
STIPA-Verfahren								
STIPA-Signalpegel	$L_{A, eq}$ (dB)	Oktavband (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{eq}$ gemessen über 15 s (dB)	56,1	60,3	62,7	53,5	45,8	38,7	30,1	24,1
Nummer der STIPA-Messung	Mittelwert	1	2	3				
STIPA-Ergebnisse für jede Messung	0,61	0,609						
Sprachverständlichkeit [STI] mit Störgeräuschkorrektur	0,55	0,548						





## Anlagen 3: Aufstellung der Stellwände



Abbildung 14: Anordnung der Stellwände, in leerem Zustand



Abbildung 15: Anordnung der Stellwände, während der Veranstaltung

## Anlagen 4: Verwendete Messgeräte



Abbildung 16: NTI Audio XL2 mit M4260



Abbildung 17: NTI Audio Minirator MR-PRO

## Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.



Mittweida, den 28.02.2020

---

Ort, Datum

Nicolò Boran



Mittweida, den 28.02.2020

---

Ort, Datum

Anja Hardt



Mittweida, den 28.02.2020

---

Ort, Datum

Hai Le



Mittweida, den 28.02.2020

---

Ort, Datum

Karl Wolf