

jugend✶forscht

2018



MICELLO

Aufnahmen, die überzeugen (sollen)!

KURZFASSUNG

Viele Cellisten spielen anspruchsvolle Musikkultur; ist ja logisch. Um die perfekte Darbietung der Stücke zu erreichen, nehmen sich viele Cellisten beim Üben mit ihrem Smartphone auf. Doch Zeitaufwand, unnötiges Rauschen und Klangverzerrungen sind der bittere Beigeschmack dieser Methode. Wir wollen daher eine Mikrofonapparatur entwickeln, die diese Probleme behebt. Diese ist am Cello einfach befestigt und verbindet sich über Bluetooth mit einem Smartphone, damit man die aufgenommenen Dateien direkt verwalten kann. Wir feilen an einer Hilfestellung für ein Smartphone mit Aufnahmefunktion und Klinkenstecker. Wichtig ist uns dabei, dass unser Micello den Klang nicht verzerrt, Dynamik und Artikulation versteht und ein problemloses und angenehmes Spielen ermöglicht. Durch eine optimale Flexibilität dieser Apparatur soll zudem eine gute Anwendung an jedem Violoncello sichergestellt werden, ohne dass das Cello beschädigt wird. Wir freuen uns, Ihnen realistische Aufnahmen zu präsentieren.

Elias Mitropoulos und Adea Dedinca

Immanuel-Kant-Gymnasium, Heiligenhaus

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	2
2. THEORIE	3
2.1 DAS CELLO – EIN EINFACHES INSTRUMENT?	3
2.2 DAS INDUSTRIELLE MIKROFON	4
2.3 WAS IST BLUETOOTH?.....	5
2.4 FM-TRANSMITTER – VERALTET ODER MODERN?	6
3. MICELLO	6
3.1 BAUWEISE DES MICELLO	6
3.2 TESTKRITERIEN UNSERER FORSCHUNG	7
4. ENTWICKLUNG DES MICELLOS.....	7
4.1 MICELLO 1.0.....	7
4.2 MICELLO 2.0.....	9
4.3 MICELLO 3.0 IN ZWEI VERSIONEN	10
4.4 MICELLO 4.0.....	11
5. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE.....	13
5.1 WIE WEIT SIND WIR VOM OPTIMUM ENTFERNT?.....	13
5.2 SMARTPHONEMIKROFON VS. MICELLO 3.0.....	14
6. RESÜMEE.....	16
7. QUELLEN	16
7.1 UNTERSTÜTZUNGSLEISTUNGEN.....	17
7.2 QUELLENVERZEICHNIS	17

1. Einleitung

Die Idee eines kleinen Mikrofons, das dazu fähig sein sollte, möglichst klangechte Tonabfolgen aus dem Klangkörper eines Violoncellos aufzunehmen, entwickelten wir dadurch, dass wir unsere gemeinsamen Freizeitaktivitäten in Bezug mit Jugend forscht setzten. Weil nur sehr wenige Cellisten ein so sauberes und intoniertes Gehör haben, dass sie die Töne beim Üben unmittelbar während eines Stückes frequenzgetreu hören und sofort verbessern können, ist das zeitig deutlich versetzte Wiederanhören der geübten Musikliteratur die größte Hilfe. Aber für uns war die reibungslose Aufnahme unseres Cellospiels ein alltägliches Problem, welches wir bisher ohne unnötigen Aufwand und ohne provisorische Konstruktionen aus beispielsweise großen Kamerastativen, die den Spieler zusätzlich am reibungslosen Spielen während der Aufnahme hinderten, auf diese Weise bisher nicht bewältigen konnten.

Und so mussten wir bis zuletzt beim Üben schlussendlich immer auf den einfachsten und flexibelsten, aber auch nicht besten Weg für eine Aufnahme während des Übeporgangs zurückgreifen: das Smartphone. Grundsätzlich mag die Idee, dieses kleine Gerät, welches heutzutage fast jeder, der das zwölfte Lebensjahr vollendet hat, besitzt, zum Aufnehmen zu verwenden in den Ohren mancher Leute gut klingen, weil das Smartphone alle dazu nötigen Grundvoraussetzungen mitbringt. Zum Ersten wäre da die Aufnahmefunktion über Applikationen, wie einem meistens vorinstallierten Soundrecorder. Zum Zweiten besteht die Möglichkeit, intern sowie extern verbauten Speicherplatz für die Aufnahmen zu nutzen und diese somit auf dem Gerät zu speichern. Drittens gibt es die Möglichkeit, die aufgenommenen Dateien direkt zu verwalten und über andere Applikationen, wie zum Beispiel Messenger Dienste über eine Internet oder vorhandene Datenverbindung mit anderen Smartphone Nutzern zu teilen und die Clips zu verschicken. Jedoch ist gerade das realistisch und exakte Aufnehmen von Musikinstrumenten und deren Spiel für die handelsüblichen Mobiltelefone eine so derartige Herausforderung, dass die aufgenommenen Dateien verzerrte Töne und gar keine oder ungenügend vorhandene Artikulation auf den Aufnahmen nicht vermeiden können. Die Aufnahmen sind dann für den betroffenen Cellisten, der sie als Hilfsmittel zum Üben nutzen will, um sich objektiv nach dem vorausgegangenen Spielen zu bewerten und selbst zu verbessern, fast unbrauchbar, weil schon die wichtigste Grundvoraussetzung, die Intonation der einzelnen Töne und Passagen genau und möglichst realitätsnah anschließend hören zu können, nicht gegeben ist. Denn auch ein Üben in normalem Tempo mit einem handelsüblichen Stimmgerät, welches man daneben stellen könnte und welches einem Spieler die Intonation der Töne auf einer Hertz-Skala (meistens 412-460 Herz) digital anzeigen kann, wegen der Dauer, die das Stimmgerät benötigt, um die exakte Intonationshöhe der Töne ausfindig zu machen ein schwieriges Unterfangen.

Deshalb möchten wir ein Mikrophon entwickeln, welches das Smartphone speziell für diesen Zweck unterstützt. Man sollte die Datei nach der Aufnahme später nämlich auch speichern, teilen oder verwalten können. Eine Hilfestellung, die sämtliche Nachteile des handelsüblichen Smartphones, behebt, würde vielen Cellisten, darunter auch uns beiden, in sehr großem Maße helfen, weil eine Aufnahme unmittelbar in der Nähe des Violoncello Klangkörpers sicherlich das beste Resultat für Jeden bieten kann. Damit würde ein echtes Alltagsproblem vieler junger Schüler aber auch älterer Hobbycellisten aus dem Weg geschafft werden. Durch unser Micello würde nämlich vielen Schülern beim sinnvollen Üben geholfen werden. Das war unsere Motivation, genau diesen Bereich der Technik in Verbindung mit dem Violoncello zu erforschen und eine bessere und gut praktikable Alternative für alle interessierten Spieler zu entwickeln.

2. Theorie

2.1 Das Cello – ein einfaches Instrument?

Das Violoncello (Abkürzende Schreibweise: Cello) ist ein Saiteninstrument mit vier Saiten, die vom Cellisten mit einem Bogen aus Pferdehaaren gestrichen werden. Durch das Streichen entstehen auf dem Violoncello Töne, die durch Schwingungen der Saiten und des Klangkörpers klingen können. Das Cello ähnelt in punkto Bauweise seinen kleinen Schwestern, der Violine und der Viola, sehr. Jedoch wird das Cello anders als bei den genannten Instrumenten mit dem Hals nach oben aufrecht mit einem meist aus Kunststoff oder Metall bestehendem Stachel zwischen die Knie des Spielers geklemmt und auf den Boden gestellt. Weil der Stachel, wenn er nicht bereits gestumpft ist, sehr spitz ist, verwenden viele Cellisten sogenannte Cellobretter, die einen kratz- und löcheranfälligen Boden, wie zum Beispiel Parkett oder Vinyl, vor Beschädigungen schützen sollen. Dazu stellt man das Violoncello in eines der eingedellten Löcher und klemmt das Instrument mit den Zargen zwischen beide Beine, die dazu ein wenig gespreizt werden müssen. Die vier Saiten, die eine Grundstimmung von A, D, G und C (Quinten abstände) haben und damit eine Duodezime tiefer als eine Violine und eine Oktave tiefer als die Viola klingen, werden mit Hilfe von vier Holzwirbeln auf das Griffbrett aufgezogen (Q: 3).

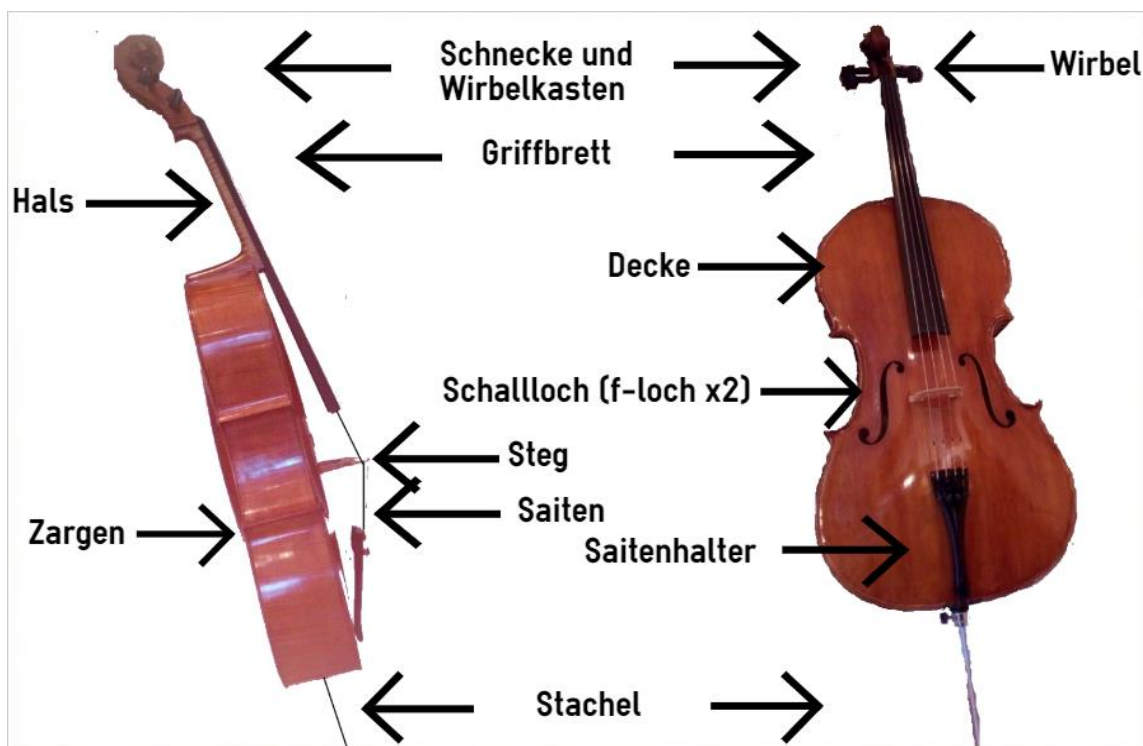


Bild: Aufbau des Violoncellos (beschriftet); Elias Mitropoulos; Q: 18

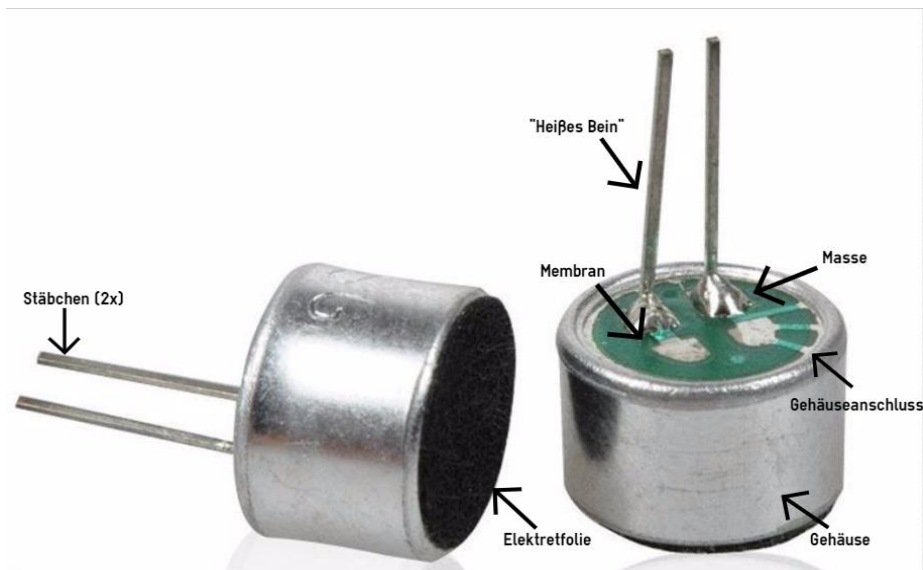
Damit die Saiten auch im Spielbereich des Cellisten, welcher unterhalb des Griffbretts liegt, gespannt sind, existiert zudem ein Holzsteg, auf welchem die Saiten allein durch den Druck der Spannung liegen und dafür sorgen, dass der eigentlich lose Steg nicht abrutscht. Mit den Wirbeln kann auch die Stimmung der einzelnen Saiten gesteuert werden. Alltäglich stimmt ein Cellist jedoch mit dem unter dem Steg liegenden Saitenhalter, der die Saiten am unteren Ende zusammenhält und die Feinstimmer für die vier Saiten beherbergt. Denn normalerweise unterliegen den Saiten nur ganz kleine Unstimmigkeiten im Gegensatz zu der optimalen Stimmung, die durch den Cellisten quasi selbst bestimmt werden kann. Dies unterliegt meistens einfachen Gewohnheiten. Das Gehör eines Cellisten bildet sich mit der Zeit auch auf eine bestimmte Herzfrequenz aus. Stimmt man beim Üben oder im

Konzert immer auf beispielsweise 443 Hertz, so gleicht man die Stimmung beim nächsten Spiel, gegebenenfalls auch unter Zuhilfenahme eines Stimmgeräts, mit den leeren Saiten und Flageolett-Tönen ab. Unterschiedliche Töne werden dabei durch Greifen mit der linken Hand auf die Saiten in Griffbretthöhe gespielt.

Die rechte Hand ist bei einem üblichen Cello für die Oberhandbogenhaltung, die sich im 17. Jahrhundert als feste Bogenhandhaltung durchsetzte, verantwortlich (Q: 3). Durch das Hin- und Her streichen mit dem Bogen entstehen einfach Töne. Es ist anzumerken, dass zum Cello spielen eine relativ große Fläche an freiem Umfeld zur Verfügung stehen muss, weil der Cellist nur durch genügend Platz überhaupt zum unbeschwerten Spielen kommt. Um auch Kindern das Cellospiel zu ermöglichen, gibt es für Heranwachsende neben dem 4/4 Cello auch kleinere Größen. Diese unterscheiden sich beispielsweise in der Größe der Schalllöcher (f-Löcher), die für den Klang des Korpus zuständig sind, sowie in der Länge des Griffbretts und der Saiten. Das bedeutet, dass die Saiten für jedes Violoncello, beziehungsweise jede vorhandene Größe individuell angepasst sind. So klingt ein ganzes (4/4) Cello meist deutlich voluminöser als kleinere Größen mit weniger Korpusvolumen. Weil das Cello durch die Schwingungen des ganzen Klangkörpers die Töne erzeugt, darf man nicht gegen den sich beim Spielen schwingenden Korpus kommen. Das verzerrt unter Umständen die Töne und die volle Klangfarbe kann sich nicht mehr entfalten. Denn auch der Korpus ist ein sehr empfindlicher Baustein eines Violoncellos. Ist das Cello also ein einfaches Instrument?

2.2 Das industrielle Mikrofon

Das „eine“ perfekte Mikrofon gibt es heutzutage schon länger nicht mehr. Zahlreiche Modelle von verschiedenen Herstellern, unterschiedliche Mikrofonkapseln mit verschiedenen Funktionen und Bauweisen sowie Mikrofone mit zusätzlichen Funktionen, wie zum Beispiel ein Headset oder die Bluetooth Technologie entwickelten sich in der Mikrofonsparte. Doch begonnen hatte die Entwicklung von industriellen Mikrofonen zusammen mit der Entwicklung des Telefons (Q: 4). Kombinierte man anfangs noch einfache Wandlerprinzipien zur Tonsignalabnahme, welche für die Qualität des Mikrofonsignals verantwortlich sind, erreichten Wissenschaftler im Laufe der Zeit die Entwicklung von akustisch besser gebauten Mikrofonen durch Verbesserungen der einzelnen Modelle (Q: 5). Es gibt zahlreiche Mikrofonarten, die sich beispielsweise in der erforderlichen Spannung oder in der Größe der unterschiedlichen Mikrofonkapseln unterscheiden. In unserer Arbeit möchten wir uns besonders mit dem Elektret-Kondensator-Mikrofon beschäftigen. Dieses eignet sich besonders gut für verschiedene mobile Anwendungen und wird zum Beispiel bei Headsets, Smartphones oder Hörgeräten verwendet. Durch eine geringe Spannung von circa 1,5V und einer Stromstärke von 1 mA zeichnet sich diese Kapsel aus (Q: 4). Sie beeindruckt zudem durch ihre kompakte Bauweise, die sehr ähnlich zur Bauform eines Kondensatormikrofons ist, aber das deutlich bessere Preis-Leistungs-Verhältnis hat (Q: 5). Der Frequenzbereich reicht bei guten Elektretmikrofonen „als Druckempfänger von 20 Hz bis 20 kHz“ (Q: 4). Auf der Kondensatorplatte befindet sich bei Elektretmikrofonen die sogenannte Elektretfolie, welche die elektrische Membranvorspannung, fachsprachlich auch die elektrostatische Polarisierung genannt, „eingefroren“ beherbergt (Q: 4, 6). Das bedeutet, dass die elektrische (Vor-)Ladung immer schon in der Membran vorhanden war. Eine solche Membran hat eine ähnlich hohe Lebensdauer wie die Membran eines normalen Kondensatormikrofons (Q: 7). In manchen Fällen findet sich in solchen Membranen aber noch ein zusätzlicher Verstärker, der für bessere Signalströme sorgen soll und das Mikrofonsignal so nachhaltig verbessert (Q: 6). Es gibt zwei- sowie dreipolige Elektretkapseln. Während die dreipolige Mikrofonkapsel zusätzlich der Klangverzerrung vorbeugt, kann man die zweipolige Elektretkapsel über einen ebenfalls zweipoligen 3,5mm Klinkenstecker an ein Ausgabegerät anschließen (Q: 4). Wir arbeiten mit der zweipoligen Variante der Mikrofonkapseln, weil es dreipolige Elektretkapseln nicht mehr zu kaufen gibt.



Grafik: Aufbau einer Elektretkapsel (außen beschriftet); Elias Mitropoulos, Bild von Amazon.de, Q: 17

2.3 Was ist Bluetooth?

Bluetooth ist ein kabelloser Industriestandard zur Datenübertragung von Dateien und Sprachaufnahmen zwischen kompatiblen Bluetooth Geräten via Funktechnik (Q: 10). Der Grundgedanke und auch Hauptzweck von Bluetooth ist die Ersetzung von Kabelverbindungen zwischen unterschiedlichen Geräten (Q: 10). Kompatibel sind jegliche erdenklichen Geräte, wie zum Beispiel Personal Computer, Smartphones oder Fernseher. Mittlerweile sind auch andere elektronische Geräte, wie zahlreiche Zahnbürsten oder Auto-Freisprechanlagen mit Bluetooth kompatibel. Um mit Bluetooth kompatibel zu sein benötigen Geräte die Protokoll Standards der Bluetooth SIG (Q: 10). Das Signal arbeitet in einem Frequenzbereich von 2,402 GHz bis 2,480 GHz, der weltweit lizenzfrei genutzt werden kann (Q: 10). Das Bluetooth Signal kann jedoch durch WLAN Signale oder Mikrophonherd-Signale gestört werden, weil diese Anwendungen im selben Frequenzbereich wie Bluetooth arbeiten und senden (Q: 10). Um Störungen vorzubeugen wurde ein sogenanntes Frequenzsprungverfahren entwickelt, damit die Geräte im Blockadefall ihre Frequenzbereiche leicht (um 1 MHz) verändern können (Q: 10). Die Frequenz von Bluetooth verbundenen Geräten kann dabei bis zu 2,480 GHz nach oben verändert werden und bis zu 1600-mal pro Sekunde mit 79 Frequenzstandorten gewechselt werden, um die optimale Übertragungsrate zu erreichen (Q: 10). Seit der Version 3.0 von Bluetooth ist eine Übertragung mit bis zu 2,3 Mbit/s möglich (Q: 11). Ein Bit ist die kleinste mögliche Informationseinheit in der Datenübertragung. Somit können bis zu 0,375 Megabyte an Daten pro Sekunde übertragen werden (Q: 11). Es gibt von Bluetooth mehrere Modi, wie den Bluetooth Schnellübertragungsmodus, mit dem die Geschwindigkeit der Übertragung erhöht werden kann und einen Energiesparmodus namens „Bluetooth Low-Energy“ für die Schonung der Smartphones und deren Akkus (Q: 10). Damit wurde die Bluetooth Technologie zunehmend für kleine mobile Geräte optimiert und angepasst. Es ist eine Übertragung mit bis zu acht Geräten gleichzeitig möglich, wodurch sich jedoch manche verbundenen Geräte unter Umständen einen Frequenzbereich (1 MHz auf dem Bluetooth Frequenzspektrum) teilen müssen (Q: 10).

Auch Heutzutage ist noch nicht jedes Gerät Bluetooth kompatibel, obwohl die Technologie bereits seit den 1990-er Jahren vorhanden ist. Abhilfe, um ein Gerät trotz seiner Unfähigkeit Bluetooth Signale zu senden Bluetooth fähig zu machen, schaffen hierbei moderne Adapter wie ein Bluetooth Transmitter. Dieser kann durch einen Klinkenanschluss an das betroffene Gerät dafür sorgen, dem Gerät die Bluetooth Funktion zu verleihen. Der Transmitter wird also an das Gerät, welches den Ton liefert angeschlossen, beispielsweise an einen Fernseher, der noch nicht Bluetooth fähig ist (Q: 9). Nun wird ein anderes bereits Bluetooth fähiges Gerät mit dem Transmitter (Sender) gekoppelt und das

Bluetooth Gerät, was eine Bluetooth kompatible Musikbox oder ein Bluetooth-Kopfhörer sein kann, kann nun den Ton des Fernsehers wiedergeben (Q: 9). Durch solch einfache adaptive Lösungen, die von zahlreichen Herstellern angeboten werden, kann heute für die Bluetoothfunktion nachgerüstet werden. Die einzige Voraussetzung hierbei ist ein vorhandener Klinkenanschluss.

2.4 FM-Transmitter – veraltet oder modern?

Jeder kennt heutzutage einige bekannten Radiosender von großen Medienunternehmen, die man über die Frequenzmodulation (FM) empfangen kann. Dieses Signal verfügt über eine gute Dynamiktiefe und eine gute Abschirmung von atmosphärischen Störungen der ausgesandten Radiowellen (Q: 15). Die Frequenzmodulation bewertet das entstehende Rauschen beim Übertragen weniger stark als die Amplitudenmodulation (AM), die bereits länger im Einsatz war (Q: 15). Somit benutzen alle Hörprogrammanbieter für die Verbreitung ihres UKW beziehungsweise seit 2010 mehrheitlich des Digitalradio-Hörprogramms die Frequenzmodulation. In Deutschland findet man diese Radios unter den VHF II - Frequenzbereichen von 87,5 bis 108,0 MHz (Q: 13, 15). Andere Länder verwenden entweder nur Teilbereiche davon oder ganz anders angeordnete Bereiche auf dem VHF II Band der Frequenzübertragung (Q: 15). Jedoch senden nicht nur die großen deutschen Medienkonzerne ihr Radioprogramm über bundesweit verteilte Sendemasten aus, sondern eventuell auch kleine Privathaushalte. Seit 2006 ist es in Deutschland nämlich erlaubt über sogenannte FM-Transmitter ein selbst gestaltetes Programm auf unbelegten Frequenzbereichen zu übertragen (Q: 14). Man kann unbelegte Frequenzpunkte auf dem VHF II Band durch übermäßig lautes Rauschen durch die Radiolautsprecher hören. Das deutet auf Frequenzfreipunkte hin, weil kein Signal empfangen werden kann. So kann zum Beispiel ein Nachbarschaftshörfunk erzeugt werden. Aber man darf dies ausschließlich mit Transmittern machen, die eine maximale Sendeleistung von 50 nW aufweisen (Q: 12, 14). Diese sehr geringe Leistung reicht beispielsweise aus, um über einen Raum das Signal zu übertragen (Q: 14). Dies funktioniert dadurch, dass man einen funktionsfähigen FM-Transmitter im Einsatz hat. Man schließt also beispielsweise einen MP3-Player an den FM-Transmitter an. Diesen stellt man auf eine Frequenzlage ein, die nicht von anderen Radiosendern belegt ist. Dann speist der Transmitter das Signal des MP3-Players, der über Klinke angeschlossen ist und überträgt dieses (Q: 12). Danach benötigt man zum Empfangen der nun sendenden Wellen des Transmitters ein Smartphone, welches in der Lage ist, UKW Radio zu empfangen oder ein Küchenradio, was dies ja als Grundfunktion hat. Anschließend stellt man das Radiogerät nun auf die Frequenz ein, auf die der FM-Transmitter sendet. Man hört nun die Dateien, die vom MP3-Player über den Transmitter übertragen werden. Der FM-Transmitter kann aber auch eigenständig als Mikrofon genutzt werden, in dem er die Sprachsignale über eine Membran aus der Luft über Luftdruck wahrnimmt und dann überträgt (Q: 16). Aufgrund der Frequenzmodulation, in der Signalstärkenschwunde eine nur sehr kleine Rolle spielen, da das Signal variabel ist, ist eine dynamisch betonte Aufnahme mit nur schwer hörbarem Rauschen und guter Signalübertragung und Stärke hörbar (Q: 13). Somit ist der teilweise als veraltet geltende FM-Transmitter immer noch eine relevante Alternative im Hinblick auf die Signalübertragung, die man noch immer in Betracht ziehen könnte.

3. Micello

3.1 Bauweise des Micello

Um eine Vorstellung davon zu bekommen, wie ein industrielles Elektretmikrofon aufgebaut ist, an dem wir uns als Anfänger orientieren wollten, führten wir zunächst einige Recherchen zum Mikrofonaufbau durch. So wollten wir Ansätze entwickeln, wie wir ein solches Elektretmikrofon bauen könnten. Unser Micello Mikrofon basiert auf einer Elektretmikrofonkapsel, die am besten für mobile Anwendungen gedacht ist, weil sie so überaus klein und kompakt gebaut ist (Q: 4, 8). Als Kabel wählten wir ein Kabel mit einem Abschirmungsdraht und einer sogenannten Tonader, damit unsere Stimmsignale beziehungsweise Tonsignale störungsfrei transportiert werden konnten (Q: 8). Dafür ist nämlich die Tonader verantwortlich. Sie ist der eigentliche Transportweg der eingesprochenen Signale. Wir waren uns nicht über die Funktionsweise und dem Nutzen eines XLR-Adapters für das

Mikrofon im Klaren und entschieden uns nicht final, ob wir einen solchen Adapter mit einbauen sollten (Q: 8). Fest stand jedoch, dass wir einen Klinkenanschluss, der 3,5 mm groß ist, mit einbauen wollten, beziehungsweise einen zusätzlichen Adapter, der einen 3,5 mm Klinkensteckereingang lieferte, für den Fall, dass wir mit einem Bluetooth Transmitter arbeiten wollten, um die Bluetoothfähigkeit einzubauen (siehe Kapitel 4.).

3.2 Testkriterien unserer Forschung

Um unsere selbstgebauten Mikrofone bewerten und miteinander oder mit den industriellen Mikrofonen vergleichen zu können, überlegten wir uns, welche Kriterien das Mikrofon erfüllen soll., Dies war auch notwendig, um Verbesserungen, die noch zu machen waren, während unserer Forschung festhalten zu können. Wir entschieden uns für die folgenden Kriterien:

1. Die Dynamik Unterscheidungen, also die verschiedenen Lautstärken beim Cellospiel, sollten so genau wie möglich aufgenommen werden. Erst dadurch kann der betroffene Spieler seine Leistung im gesamten Umfang bewerten.
2. Die Artikulation, also die Betonung der verschiedenen Notenwerte und Passagen, sowie die Phrasierung verschiedener Phasen, sollte erkennbarer sein, wie es bei einer Aufnahme mit einem Smartphone möglich ist.
3. Die Intonation, also die Sauberkeit eines Tones im Verhältnis zur Grundstimmung, sollte eins zu eins auf der Aufnahme übernommen werden, damit der Cellist beim Hören überprüfen kann, ob das Teilstück richtig gegriffen wurde und er sein Spiel zunehmend schneller verbessern kann.
4. Der aufgenommene Ton darf nicht von Rauschen oder anderen Geräuschen bei der Signalübertragung, unterbrochen werden.
5. Das Mikrofon sollte so klein und so flexibel wie möglich sein, dass es einfach ist, es an das Violoncello zu befestigen. Dabei darf es den erzeugten Klang des Cellos nicht verändern. Zudem darf der Spieler nicht zusätzlich behindert werden, um problemlos weiter zu üben.
6. Die naheste Entfernung der Geräte zum Klangkörper des Violoncellos spielt außerdem eine wichtige Rolle. Ein Smartphone kann nämlich nicht ohne weiteres so nah an den Klangkörper heran geführt werden, wie es unsere kleinen Mikrofonmodelle machen sollen.

Um nachweisen zu können, dass das Mikrofon diese Kriterien erfüllt, testen wir es wie folgt:

Zuerst wird das Mikrofon beziehungsweise die Elektret Kapsel (siehe Kapitel 2.2.) so nah wie möglich an das sogenannte „F-Loch“ des Cellos angebracht, gegebenenfalls sogar in das „F-Loch“ geführt, sodass es quasi unmöglich sein sollte, dass der Ton von anderen Geräuschen der Umwelt gestört wird. Des Weiteren soll es so angebracht werden, dass der Cellist beim Musizieren nicht behindert wird. Danach werden Aufnahmen mit dem „Micello“ gemacht. Damit man diese Aufnahmen mit den Aufnahmen eines Smartphones vergleichen kann, wird dieselbe Melodie noch einmal gespielt, dieses Mal aber wird sie von dem Mikrofon des Smartphones aufgenommen. Anschließend werden beide Aufnahmen anhand der oben genannten Kriterien ausgewertet und die Ergebnisse beider Aufnahmen verglichen. Dazu wurden unter anderem Tonspuren auf ihre Ausschlagshöhe der Pegel miteinander verglichen.

4. Entwicklung des Micellos

4.1 Micello 1.0

Nach einer Recherche sind wir auf eine Anleitung zum Bau (Q: 8) eines Mikrofons gestoßen, die unsere Ansprüche erfüllte. Die Bauweise dieses Mikrofons war unserer Meinung nach gut für unser Vorhaben. Die Materialien waren leicht anzuschaffen und der Bau an sich war auch nicht kompliziert. Um dieses Mikrofon zu bauen, braucht man folgende Materialien:

- eine Elektretkapsel ($U = 1,5 \text{ V}$)
- einen XLR-Adapter weiblich, drei polig
- einen XLR-Adapter männlich, drei polig
- Kupferkabel mit einer Tonader
- einen 3,5mm Klinkenstecker für das Smartphone
- ein 20cm langes Aluminiumrohr mit einem Durchmesser von 6mm
- einen oder mehrere Schrumpfschläuche mit einem Durchmesser von 12mm, der dann anschließend auf 6mm via Bunsenbrennerflamme geschrumpft werden kann.
- etwas Lötzinn
- einen Universallötkolben

Als Erstes musste man die Tonader in zwei passende Stücke einteilen. Wir haben uns für ein 10cm und ein 20cm langes Stück entschieden. Danach hieß es, die Tonader an die beiden XLR-Adapter zu löten, sodass das längere Stück an den männlichen Adapter gelötet war, das kürzere an den weiblichen Adapter. Die Tonader war jeweils an den zweiten Pol gelötet worden, die Masse des Kabels an den ersten und dritten Pol. Anschließend haben wir das Kabel mit dem weiblichen XLR-Adapter an den Klinkenstecker gelötet. Dabei haben wir die Tonader an beide Stereosignal-Leiter und die Masse des Steckers gelötet. Den anderen Teil des Kabels haben wir an die Elektretkapsel gelötet, sodass die Tonader mit der Membran verbunden war und die Masse des Kabels an die Masse der Kapsel gelötet war. Danach wurde das Aluminiumrohr an das andere Ende des männlichen XLR-Adapters mithilfe eines Schrumpfschlauches befestigt. Anschließend haben wir den Klinkenstecker in den Audioeingang eines Smartphones gesteckt und so die Tonabfolgen und Melodien aufgenommen.

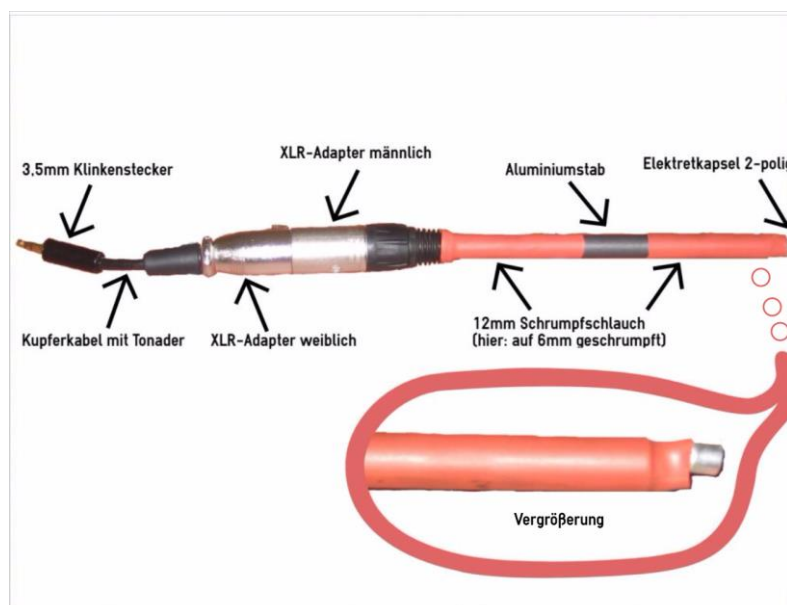


Bild: Micello 1.0 mit Aluminiumschutzstab und XLR-Adapter (beschriftet); Elias Mitropoulos; Q: 28

Nach dem Bauen wurden die aufgestellten Testkriterien eingehend überprüft. Folgendes konnte festgestellt werden:

Kriterien	erfüllt	nicht erfüllt
Dynamik:		-
Artikulation:		-
Intonation:		-
keine weiteren Geräusche:		-
klein und flexibel:		X
Entfernung:		X

Tabelle 1: Ergebnisse des Micello 1.0 anhand der Kriterien

Wie man an Tabelle 1 sieht, war das Ergebnis überaus enttäuschend. Dadurch, dass das Mikrofon einen Aluminiumstab beinhaltete, war es nicht klein und flexibel genug, damit man es nah an dem Violoncello befestigen konnte (siehe Abbildung zu Micello 1.0). Daher war es für den Cellisten schwierig, problemlos zu Üben. Außerdem hatten wir einen Fehler beim Löten gemacht, sodass ein Kurzschluss entstanden ist, wenn das Mikrofon eingesetzt wurde. Deshalb konnte kein Ton aufgenommen werden und die Kriterien Dynamik, Artikulation und Intonation fielen automatisch weg, da wir ein defektes Gerät hervorbrachten.

4.2 Micello 2.0

Nachdem wir den Fehler beim Löten des letzten Mikrofons entdeckt hatten, beschäftigten wir uns mit dem Problem des kurzen Kabels. Mit unserem Bau war es unmöglich, locker, entspannt und ohne Einschränkungen Cello zu spielen. Außerdem wollten wir das Mikrofon so modern wie möglich gestalten und es eventuell möglich machen, dass das Mikrofon nicht nur Signale an das Smartphone schickt, sondern auch an eine Bluetooth Box, die dann alles lauter klingen lassen kann. Daher entschieden wir uns, ein eigentlich ebenbürtiges Mikrofon zu bauen, aber anstatt den 3,5mm Klinkenstecker an das Kabel mit dem weiblichen XLR- Adapter einen Bluetooth-Transmitter dran zu löten, der dann dazu fähig sein sollte diese Töne an die Box bzw. an das Smartphone zu schicken. Als erstes testeten wir, wie sich der Ton anhört, wenn man ihn zunächst an eine Bluetooth Box schickt. Hierbei erhielten wir folgende Ergebnisse:

Kriterien	erfüllt	nicht erfüllt
Dynamik:		X
Artikulation:		X
Intonation:		X
keine weiteren Geräusche:		X
klein und flexibel:	X	
Entfernung:	X	

Tabelle 2: Ergebnisse des Micello 2.0 anhand der Kriterien

Auch an Tabelle 2 kann man ein überaus enttäuschendes Ergebnis erkennen. Man konnte bei diesem Versuch nur ein Rauschen beziehungsweise ein Knistern aus dem Bluetooth Lautsprecher hören, welches damit zusammenhängt, dass unser Mikrofon nicht dazu fähig war das passende Protokoll an den Bluetooth-Transmitter zu schicken. Wie sich nämlich herausstellte erwartete dieser ein anderes Protokoll und war nicht auf Mikrofonssignale ausgelegt worden. Dadurch fielen die ersten vier Kriterien sofort ins Negative, jedoch war das Mikrofon klein und flexibel genug, sodass man es theoretisch an das Violoncello befestigen könnte und dabei unbehindert bequem weiterhin Cello spielen könnte.

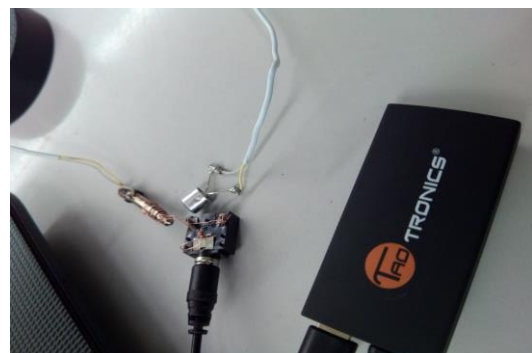


Bild: Bluetoothtransmitter neben Klinkenadapter; Elias Mitropoulos

4.3 Micello 3.0 in zwei Versionen

Dadurch, dass die Version mit Bluetooth nicht geklappt hat, versuchten wir es noch einmal mit einem Modell der Version des ersten Micellos. Zunächst haben wir ein Kopfhörerkabel benutzt, welches zuvor ein Teil der üblichen Kopfhörer war, die man normalerweise mit einem neu gekauften Smartphone mitgeliefert bekommt. Wir gingen wie in der oben genannten Anleitung vor (siehe Micello 1.0). Dieses Mal funktionierte das Micello, jedoch war die Qualität seiner Aufnahmen nicht zufriedenstellend, wie man an Tabelle 3 erkennen kann:

Kriterien:	erfüllt	nicht erfüllt
Dynamik:	X	
Artikulation:		X
Intonation:		X
keine weiteren Geräusche:	X	
klein und flexibel:	X	
Entfernung:	X	

Tabelle 3: Ergebnisse des Micellos 3.0 anhand der Kriterien

Die Aufnahme dieser Version des Micellos war von der Qualität schlechter als die des Smartphone Mikrofons (siehe hierzu: 5.2 Smartphonemikrofon vs. Micello 3.0, Tonspurvergleich 2). Wir platzierten die Elektretkapsel an allen möglichen Stellen am Korpus, leider änderte dies nichts an der Tonqualität. Dadurch, dass wir ein dünnes Kabel benutzten, war das übertragene Signal zu undeutlich und klar von der Intonation des vorherigen Spiels abweichend. Auf der Aufnahme konnte man ebenfalls hören, dass die gespielten Töne keine Möglichkeit hatten, sich zu entwickeln, weil diese im Klangkörper kein Entfaltungspotential hatten. Sie waren quasi im Körper des Cellos gefangen. Deshalb war auch das Aufnahmegerät des Smartphones in diesem Fall besser, da es dem Ton/Klang die Chance gab, sich zu entfalten.

Wir wiederholten diesen Aufbau wieder, jedoch nutzten wir eine fast dreimal so dicke Tonader mit folglich dickerem Kabel. Bei dieser Version des Micellos war das Ergebnis deutlich besser und zufriedenstellend, wie man an Tabelle 4 erkennen kann:

Kriterien:	erfüllt:	nicht erfüllt:
Dynamik:	X	
Artikulation:	X	
Intonation:	X	
keine weiteren Geräusche:	X	
klein und flexibel:	X	
Entfernung	X	

Tabelle 4: Ergebnisse des Micellos 3.0 in zweiter Version anhand der Kriterien

Die Aufnahmen dieses Micellos sind besser ausgefallen als die derer, die wir bis dahin gebaut hatten. Alle unsere Kriterien wurden erfüllt (siehe Tabelle 4) und die Endaufnahme war nun vergleichbar mit der eines Smartphones. Der Ton hatte die Möglichkeit sich zu entfalten, wenn die Elektretkapsel unmittelbar am unteren Ende des Griffbrettes befestigt wurde. Das Befestigen ist auch nicht allzu schwierig, wenn man als „Halterung“ einen Saugnapf oder ähnliches benutzt. Somit war die „Halterung“ kein Problem mehr, die wir so auf einfache Art lösen konnten.

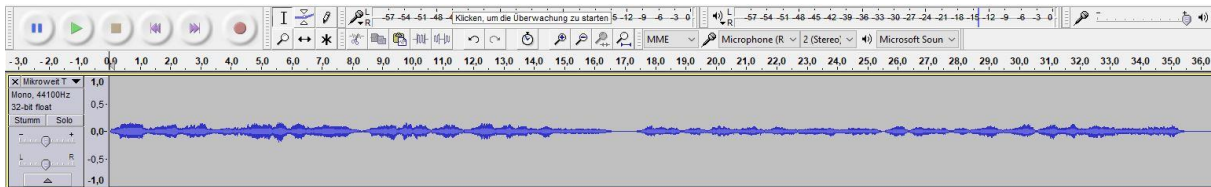


Bild: Tonspur des Micello 3.0 nach Aufnahme (1m Abstand zum Cello) von Tochter Zion; Elias Mitropoulos; Q: 30

An der Tonspur kann man erkennen, dass sehr wohl Ton aufgenommen wird und man diesen auch hören kann. Die Pegel, beziehungsweise Ausschlagbögen, sind aber bei der Aufnahme sehr klein und deutlich kleiner als bei einer Smartphone Aufnahme aus gleichem Abstand (siehe 5.1). Das bedeutet, dass das Signal, welches bei der Aufnahme aufgezeichnet wird wesentlich schwächer als das eines Smartphonemikrofons aufgezeichnet wird. Die Qualität unterliegt bei der Aufnahme mit dem Micello 3.0 zweiter Version deutlichen Qualitätseinbußen.

4.4 Micello 4.0

Bisher war es uns nicht möglich, eine Version des Micellos zu entwickeln, bei der die Tonsignale über Bluetooth, also kabellos, übermittelt werden. Daher entschieden wir uns als Letztes für das Bauen eines FM-Transmitters, der mithilfe einer Elektretkapsel die vom Cellisten gespielten Töne in eine bestimmte Frequenzmodulation umwandelt, die dann mit Hilfe einer UKW-Radio App auf dem Smartphone aufgenommen und abgespielt werden können. Um diesen FM-Transmitter zu bauen, sind folgende Materialien nötig:

- eine Elektretkapsel, wie die, die wir bereits verwendeten ($U = 1,5V$)
- zwei 47Ω Widerstände
- ein 100Ω Widerstand
- ein $10\text{ k}\Omega$ Widerstand
- ein $1\text{ M}\Omega$ Widerstand
- zwei 2N3904 Transistoren
- ein 10pF Kondensator
- ein 33pF Kondensator
- ein 1nF Kondensator
- ein 27nF Kondensator
- zwei 100nF Kondensatoren
- ein Kondensator, dessen Größe man verändern kann, hier auf 27pF eingestellt
- eine kleine Spule aus Messing mit fünf Windungen
- ein UniversallötKolben
- etwas Lötzinn
- eine Heißkleibepistole
- ein Akkubohrer
- ein viereckiges, festes Stück Plastik mit einer Größe von ca. 15cm^2
- eine Antenne mit einer Länge von ungefähr 60 cm
- eine Batterie ($U=9V$)
- ein Frequenzzähler, der zugelassen ist.

Zunächst wurden mit dem Akkubohrer passende Löcher in das Plastikstück gebohrt, wie auf dem Bild „Phasen des Zusammenbaus des FM-Transmitters“ zu sehen ist. Danach wurden die Widerstände, die Kondensatoren, die Antenne und die Spule in der richtigen Reihenfolge (siehe auf dem Bild „Schaltkreis des FM-Transmitters“) eingesteckt. Nach dem Platzieren der genannten Materialien,

wurde mit einem Frequenzzähler geprüft, ob der FM- Transmitter seine Wellen in der richtigen Frequenz sendet.



Bild: Verschiedene Schritte des FM-Transmitterbaus; Elias Mitropoulos; Q: 19

Nachdem der Transmitter auf ca. 97MHz eingestellt war, wurden alle nötigen Enden miteinander verlötet. Daraufhin wurde der hintere Teil des Plastiks, aus dem die verlöteten Enden ragten, mit Heißkleber abgedeckt, damit alle empfindlichen Stellen des Transmitters geschützt werden. Auch die Spule, welche auf dem vorderen Teil des Plastiks platziert ist, wurde mit Heißkleber überzogen, sodass sie an keine weiteren Bauteile des Transmitters stößt und somit auch keinen Kurzschluss erzeugen kann. Anschließend wurden zwei dünne Kabel, die an eine Batterieklemme befestigt waren, an ihre entsprechenden Plätzen befestigt und verlötet. Nun kann man eine Batterie ($U=9V$), welche an einen Saugnapf geklebt ist, an die Batterieklemme befestigen und sein Smartphone so einstellen, dass es Radiowellen mit einer Frequenz von 97MHz aufnimmt, sodass Töne aufgenommen werden.

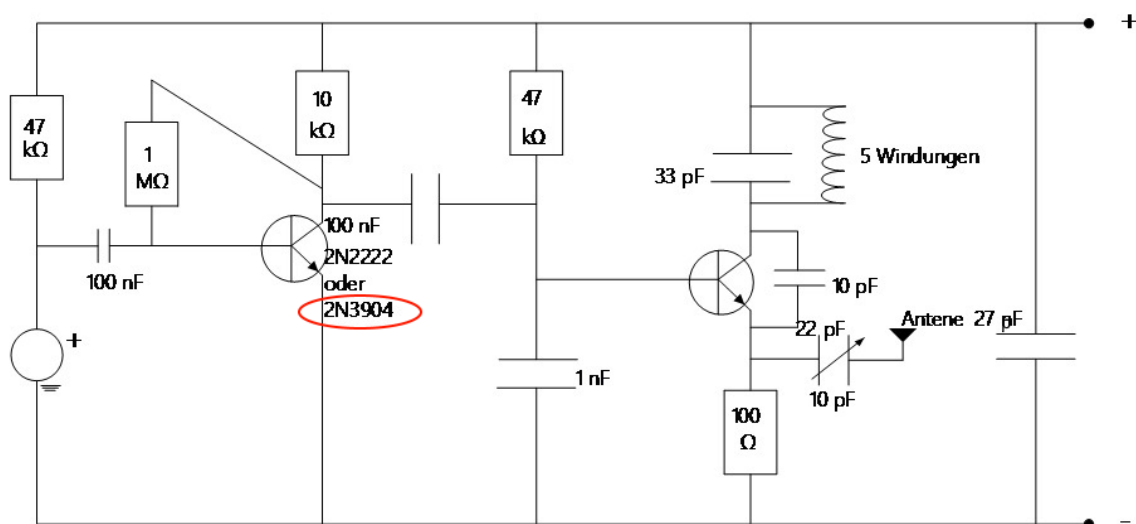


Bild: Schaltkreis des FM-Transmitters; Adea Dedinca; Q: 29

Der erste Test erfolgte, als der Bau des Transmitters abgeschlossen war. Dazu ist ein Teammitglied mit einem Smartphone, welches Radiowellen empfangen kann, losgeschickt worden, um zu erfahren, wie weit der Transmitter seine Wellen schickt. Hierbei kamen wir auf ein Ergebnis von ca. 12m.

Um herauszufinden, ob sich der FM- Transmitter als Aufnahmehilfe für das Smartphone eignet, wurden alle Kriterien eingehend überprüft. Dies war möglich, indem man den FM- Transmitter an das

Schallloch des Cellos gehalten hat, während von einem Spieler kleine Tonabfolgen auf dem Violoncello gespielt wurden. Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

Kriterien	erfüllt	nicht erfüllt
Dynamik:		X
Artikulation:		X
Intonation:	X	
klein und flexibel:	X	
keine weiteren Geräusche:		X
Entfernung:	X	

An Tabelle 5 erkennt man, dass das Ergebnis nicht sehr überzeugend ist. Zum einen sind zwar Kriterien wie die Intonation, die Entfernung und die Flexibilität des Mikrofons erfüllt, zum anderen aber werden Dynamik und Artikulation nicht eins zu eins übernommen und die Aufnahme wird von unerwünschtem Rauschen gestört.

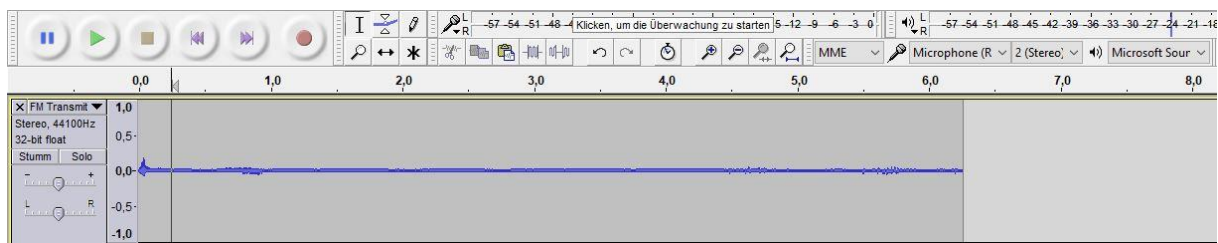


Bild: Tonspur des FM-Transmitters (Micello 4.0) nach der Aufnahme einer D-Saite neben dem Schallloch; Elias Mitropoulos; Q: 30

Wie man an der Tonspur des Micello 4.0 erkennen kann, muss es sich trotz einer vorhandenen Signalübertragung über die UKW-Radiowellen dem Vorgänger, dem Micello 3.0, und somit auch dem Smartphonemikrofon geschlagen geben. Wie man an dem Bild erkennen kann, werden nämlich nur ganz kleine und schwache Signale übertragen, die meilenweit von der Originalaufnahmelautstärke abweichen. Dazu kommt außerdem noch das Rauschen, welches für die Frequenzmodulation sonst nicht typisch ist, an manchen Stellen dazu und ist sehr wohl zu hören. Unser erstes erfolgreiches kabelloses Mikrofon kann somit das Kabelmikrofon (Micello 3.0) nicht vom Thron stoßen.

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

5.1 Wie weit sind wir vom Optimum entfernt?

Was ist das Optimum, was wir uns hier vornahmen? Dies ist die Frage, welche man sich zuerst stellen muss, wenn man unsere Forschung betrachtet. Im Grunde haben wir dieses Optimum eigentlich erreicht, denn zur Erfüllung aller Kriterien reichte das beste Ergebnis, das Micello 3.0, aus. Aber auch zur guten Erfüllung? Gerade bei so einem Projekt zieht man schlussendlich den Vergleich mit der Industrie. Da das Micello von Grund auf aber darauf ausgelegt war, eine Hilfestellung zum Aufnehmen von Cellotönen für das Smartphone darzubieten, musste es sich bereits hoch entwickelten Handymikrofonen der Smartphones geschlagen geben. Leider konnte die im Micello eingebaute Elektretkapsel nicht die gewünschte Verbesserung mitbringen, obgleich man damit auch problemlos aufnehmen kann. Aber warum sollte man es mit etwas weniger Qualität in der Aufnahme mit dem Micello tun, als ohne Micello? Das Micello wird aufgrund der schlechteren Qualität des eigentlichen Mikrofons (siehe dazu: 5.2 Smartphonemikrofon vs. Micello 3.0: Tonspurvergleich 2) als des Mikrofonchips in einem bereits handelsüblichen Smartphone einfach nicht gebraucht. Das Micello macht zwar aus seinem Vorteil, nah an die Schalllöcher positioniert werden zu können, einen Nutzen, liefert aber nicht bessere Ergebnisse als ein Mikrofonchip eines Smartphones (in den Tests: UMI Plus). Es ist trotz der eigentlich kompakten Bauweise einfach unnötig, ein solches Gerät mit sich zu

führen. Das bedeutet nicht, dass es kein Verbesserungspotential in den Mikrofonen der Smartphone Hersteller steckt und diese das Optimum eines Mikrofons sind. Jedoch müssen wir dies jetzt als Optimum ansehen. Denn es gibt momentan keine einfachere Möglichkeit, sehr gut aufzunehmen, als einfach sein Smartphone zu benutzen. Dieses neue Optimum sollte das Micello sein und den aktuellen Smartphones adaptieren. Dies wurde aber nicht erreicht.

5.2 Smartphonemikrofon vs. Micello 3.0

Um das beste Ergebnis herauszufinden, wurden alle Mikrofone anhand der Kriterien, die wir in Punkt 3.2 vorgestellt hatten, getestet und ihre Ergebnisse verglichen. Sowohl das Micello 1.0, als auch das Micello 2.0 fallen weg, da nicht einmal ein Ton aufgenommen werden konnte. Diese beiden Modelle waren entweder defekt oder einfach nicht mit den verwendeten Standards kompatibel. Bei der ersten Version des Micello 3.0 mit Kopfhörerkabel kann es sich auch nicht um ein gutes Ergebnis handeln, weil die Tonqualität zu schwach für ein Optimum (siehe 5.1) war. Dieses Modell wurde nämlich zu klar von einem Smartphonemikrofon geschlagen, was unser Optimum darstellte. Im Vergleich zu der Aufnahme des Smartphones war die Aufnahme dieser Version nämlich deutlich schlechter, wie man an den aus dem Test resultierenden Tonspuren erkennen kann:

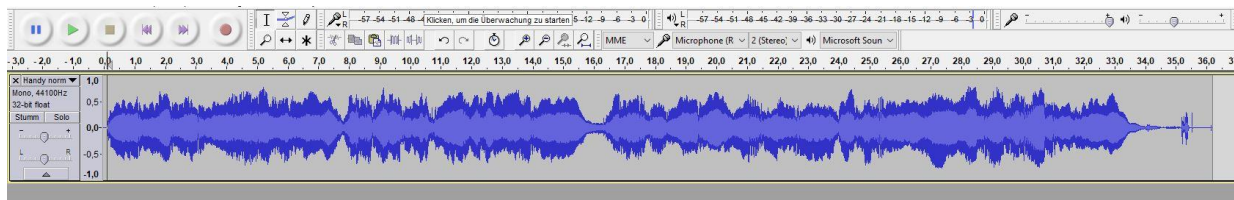


Bild: Tonspur des Smartphones (UMI Plus) nach Aufnahme (1m Abstand zum Cello) von Tochter Zion; Elias Mitropoulos; Q: 30



Bild: Tonspur des Micello 3.0 nach Aufnahme (1m Abstand zum Cello) von Tochter Zion; Elias Mitropoulos; Q: 30

Im Vergleich dieser beiden Tonspuren miteinander fällt auf, dass das Smartphone, welches hier zur Aufnahme verwendet wurde eine viel voluminösere Aufnahme erzeugen konnte, als es das Micello 3.0 machen konnte. Obwohl beide Geräte zu Testzwecken exakt einen Meter von dem Violoncello entfernt auf dem Boden lagen, lieferte das UMI Plus Handy ohne das ansteckbare Mikrofon die deutlich besseren Ergebnisse.

Weil uns jedoch das Micello 3.0 als zweite Version mit dem dickeren Kupferkabel dennoch überzeugen konnte unterzogen wir es einem finalen Test, der zeigen sollte, ob das Micello auch wirklich gebraucht wird, oder, ob man eine solche zusätzliche Apparatur nicht braucht. Da man Mikrofone von der Klangqualität her ja nicht direkt vergleichen kann, musste wieder ein Test durchgeführt werden. Dafür wurde die leere D-Saite des Cellos mit einem ganzen Bogen einmal in mittlerer Lautstärke gespielt. Es wurde eine Abwandlung des vorangegangenen Testes durchgeführt, damit man die Resultate im Nachhinein noch besser miteinander vergleichen kann. Das Aufnahmegerät, welches einmal das Micello 3.0 mit Kupferkabel war und zum anderen das Smartphone UMI Plus war, wurde dafür jeweils einen Meter von dem Violoncello weg auf den Boden abgelegt. Dabei wurden beide Mikrofone, sowohl das Mikrofon in dem Smartphone als auch das Micello in gleicher Lage positioniert, um gleiche Voraussetzungen zu schaffen. Am Ende musste sich jedoch wiederum unser Micello geschlagen geben. Denn es war nicht in der Lage, einen derart hohen Lautstärkeinput zu verarbeiten wie das Mikrofon des UMI Plus. Dies kann man auch an der Tonspur gut erkennen, weil die Pegel nicht so hoch ausschlagen, wie bei einem Smartphonemikrofon.

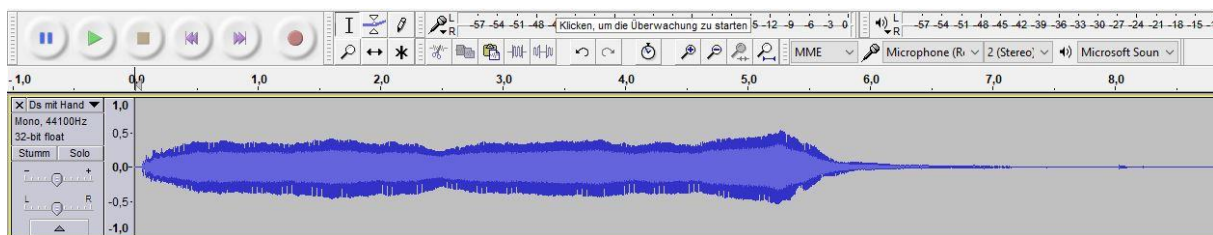


Bild: Tonspur des Smartphones nach der Aufnahme einer D-Saite (1m Abstand zum Cello); Elias Mitropoulos; Q: 30

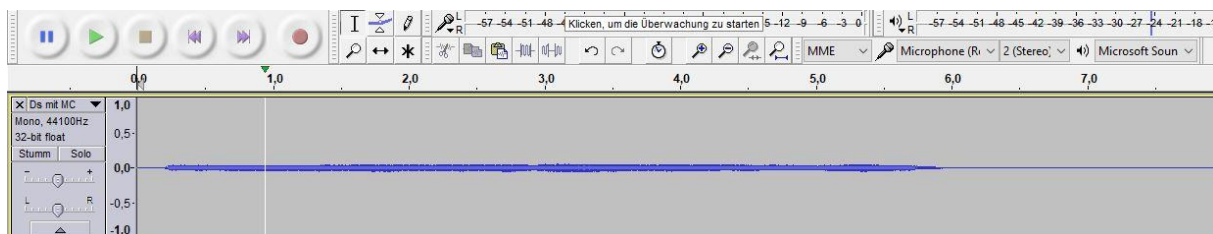


Bild: Tonspur des Micello 3.0 nach der Aufnahme einer D-Saite (1m Abstand zum Cello); Elias Mitropoulos; Q: 30

Somit können wir zwar das Micello 3.0 mit Kupferkabel und dickerer Tonader als unser bisher bestes Ergebnis ansehen, denn es erfüllte auch alle von uns aufgestellten Kriterien. Dies tut es zudem als bisher einziges Modell. Aber wirklich erfolgreich schneidet es in den Tests und Vergleichen mit einem Smartphone trotzdem nicht ab, was zu ernüchternden Ergebnissen führte. Denn die Industrie ist bereits besser als das, was unser Micello in seiner dritten Version derzeit bieten kann.

Aber unsere Erfindung, das Micello 3.0, wurde bekanntlich dafür konzipiert, so nah wie möglich am Klangkörperausgang des Violoncellos befestigt zu werden und so bessere Aufnahmen als ein gewöhnliches Smartphone Mikrofon zu machen. Deshalb durchliefen wir, um unsere Ergebnisse zu untermauern, einen „Nähetest“. Das Micello wurde dazu so nah wie möglich an eines der Schalllöcher (f-Löcher) befestigt, in dem Fall unter dem Griffbrett. Von dort aus war es durch eine Kabelverbindung in quasi unmittelbarer Nähe zum Klangkörpereingang. Das Smartphone wurde ebenfalls so nah, wie es einer normalen Person beim Aufnehmen eines Stückes möglich ist, an das Violoncello herangelegt. Es fand schließlich seinen Platz auf dem Boden unmittelbar neben dem Stachel des Violoncellos. Das Micello war also näher am Schallloch des Cellos, weil es näher dran befestigt werden konnte als das UMI Plus Smartphone. Aber lieferte es im Vergleich auch die besseren Ergebnisse?

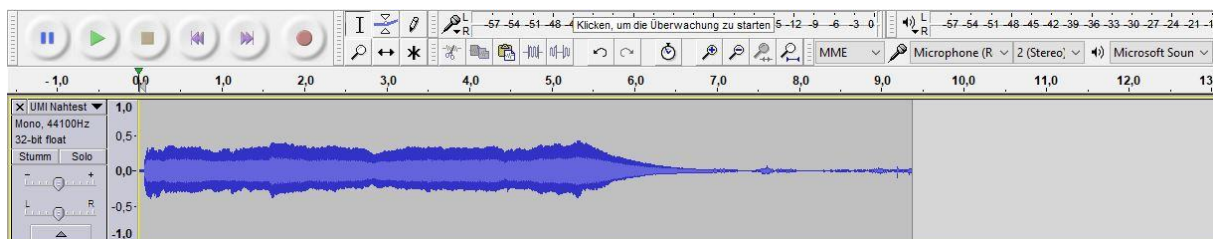


Bild: Tonspur des Handys nach Aufnahme einer D-Saite in kleinstmöglichem Abstand; Elias Mitropoulos; Q: 30

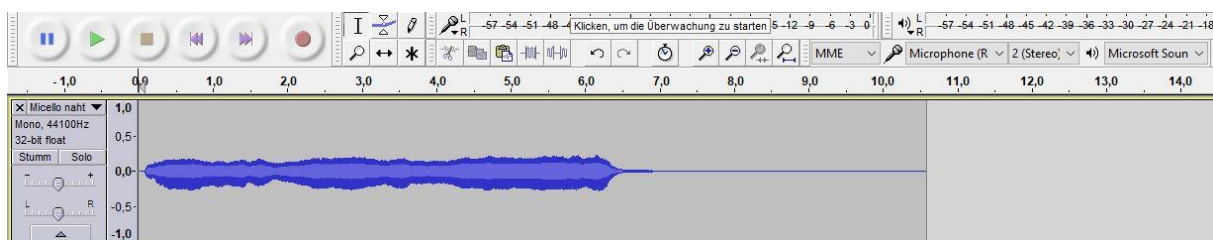


Bild: Tonspur des Micello 3.0 nach der Aufnahme einer D-Saite unmittelbar an den Schalllöchern; Elias Mitropoulos; Q: 30

Man kann an den beiden Tonspuren im Vergleich erkennen, dass das Micello in unmittelbarer Nähe zu den Schalllöchern seinen Vorteil nutzt. Die Aufnahme des Micello sieht in diesem Test deutlich voluminöser aus als in den vorherigen Testdurchgängen. Doch trotzdem kommt das Micello 3.0 noch immer nicht gegen das eigentlich deutlich schlechter positionierte Smartphonemikrofon des UMI Plus an. Das kann man besonders gut erkennen, wenn man bei den Tonspuren schon auf die erste Sekunde der beiden Aufnahmen schaut und diese bildlich miteinander vergleicht. Es fällt auf, dass das Smartphone sofort kräftiger aufnimmt als unser Selbstbau, das Micello 3.0 in zweiter Version. Der zuvor gebaute FM-Transmitter (Micello 4.0) konnte aufgrund von den Unklarheiten in der Aufnahme nicht so sehr wie das Micello 3.0 in zweiter Version überzeugen.

6. Resümee

Das Mikrofon des Smartphones ist heutzutage so weit fortgeschritten, dass es uns nicht möglich war, eine Apparatur zu entwerfen, die die Aufnahmen vom Violoncello des Smartphones verbessern kann. Die Versionen des Micellos 3.0 und teilweise auch das Micello 4.0 bilden eine sehr gute Basis, sind jedoch verbesserungsfähig.

Insgesamt ist das Projekt ziemlich gut verlaufen. Allerdings gibt es an dem Projekt Aspekte, die uns nicht zufriedenstellen: Die Endversion des Micellos mit einem Kabel beispielsweise kann leider nicht bei jedem Smartphone verwendet werden, weil nicht alle Geräte das Mikrofon erkennen. Dazu kommt, dass das Micello mit dem Kabel zwar flexibel und klein genug ist, um den Cellisten ungestört spielen zu lassen, der Transport aber stellt ein Risiko für das Mikrofon dar, weil man quasi ein ziemlich langes Kabel mit sich trägt, welches man nicht einrollen kann, ohne die Elektret Kapsel am vorderen Teil des Kabels zu „gefährden“. Der FM-Transmitter kann so verbessert, dass beim Aufnehmen kein Rauschen stört. Des Weiteren kann man verbessern, dass die Frequenz des Transmitters immer konstant bleibt und nicht ständig wechselt, damit der Cellist seine Aufnahme so schnell und einfach wie möglich starten kann. Dies ist uns nämlich wegen ständigen Frequenzwechselungen noch nicht gelungen.

Gefallen hat uns dagegen, dass die Größe des Micellos 3.0 von jedem Cellisten, der es selber baut, bestimmt werden kann und sich somit auf die Größe des Instrumentes anpassen lässt. Je nachdem, wie der Cellist es als angenehm empfindet, kann er sich für verschiedene Längen des Kabels entscheiden. Dazu kommt, dass es möglich sein müsste, das Micello auch an anderen Streichinstrumenten, wie zum Beispiel der Violine oder der Viola, verwendbar zu machen. Diese Instrumente ähneln sich nämlich in ihrer Bauweise, abgesehen von ihren verschiedenen Größen, extrem. Jedoch müsste der Geiger dafür sorgen, dass die Tonader lang genug ist, sodass das Smartphone nicht unmittelbar an der Violine befestigt werden muss, weil das Instrument sonst zu schwer wäre und es, durch die Haltung des Instruments, für den Geiger alles andere als einfach wäre, ungestört und entspannt ein langes oder anspruchsvolleres Stück zu spielen. Die vierte Version des Micellos kann sogar bei weiteren Instrumenten, wie dem Klavier, der Gitarre oder dem Kontrabass eingesetzt werden. Somit ist das Micello universell verwendbar. Uns hat auch gefallen, dass man während des gesamten Projektes neue Einblicke in spezielle Gebiete der Physik, Musik und der Technik hatte.

Im Grunde genommen hängt die Verwendung des Micellos davon ab, ob es sich für einen Cellisten lohnt das Modell für das Celloüben zu verwenden, oder nicht. Löhnen würde es sich unserer Meinung erst, wenn der Cellist anspruchsvolle Stücke, wie beispielsweise Konzerte oder ähnliches, einübt. Beim Üben von zum Beispiel Tonleitern, Doppelgriffen oder Etüden braucht ein Cellist sich nicht aufzunehmen, da man bei solchen Übungen in der Regel sofort bemerkt, wenn ein Ton unsauber gegriffen wurde oder man vergessen hat im „forte“, das musikalische Fachwort für „laut“, zu spielen. Daher denken wir, dass die Micello Modelle eine geeignetere Hilfe für die Cellisten sind, die bereits anspruchsvollere Musikkliteratur spielen, als für jene, die noch die Grundlagen des Cellospiels erlernen. Für diese Cellisten wäre es besser, die ersten Jahre ihr Gehirn darauf zu trainieren, direkt Fehler zu verbessern, weil bei solchen Stücken, die für Anfänger geeignet sind, das Ziel ist, diese Kompetenz zu entwickeln. Unser Micello könnte dann, sofern es ausgereifter wäre, zur Unterstützung bei komplexeren Stücken dienen. Dann hätte man nämlich eine Assistenz, die sich sehen lassen kann!

7. Quellen

7.1 Unterstützungsleistungen

¹ Konstantin Fischer, Mathematik und Physiklehrer am Immanuel-Kant-Gymnasium, Heiligenhaus; Art der Unterstützung: Betreuung der Arbeitsgemeinschaft; Unterstützung als Projektbetreuer

² Sarah Braun, Mathematik und Physiklehrerin am Immanuel-Kant-Gymnasium, Heiligenhaus; Art der Unterstützung: Projektbetreuerin und Betreuung der Arbeitsgemeinschaft.

Wir danken allen weiteren Lehrern und Lehrerinnen des Immanuel-Kant-Gymnasiums für die Unterstützung durch das Drehtürmodell und weitere Tätigkeiten, sowie unseren Eltern, die uns ebenfalls bestmöglich unterstützt haben.

7.2 Quellenverzeichnis

Quellen für Internetseiten:

³ <https://de.wikipedia.org/wiki/Violoncello>, abgerufen am 3.12.17, Wikimedia Foundation, Informationen zur Violoncello-Theorie

⁴ <https://de.wikipedia.org/wiki/Elektretmikrofon>, abgerufen am 4.12.17, Wikimedia Foundation, Informationen zum Elektretmikrofon

⁵ <https://de.wikipedia.org/wiki/Kondensatormikrofon>, abgerufen am 17.10.17, Wikimedia Foundation, Informationen zum Kondensatormikrofon

⁶ http://elektroniktutor.de/akustik/c_mikro.html, abgerufen am 4.12.17, Detlef Mietke, Informationen und Erklärungen zum Elektretmikrofon und einem Kondensatormikrofon in Prinzip Schaltung

⁷ <http://www.neumann.com/homestudio/de/worin-unterscheiden-sich-elektret-kondensatormikros-von-true-condenser-mikrofonen>, abgerufen am 29.11.17, Georg Neumann GmbH, Unterschied zwischen Elektretmikrofonen und einem Kondensatormikrofon

⁸ <https://de.indymedia.org/tutorial/230>, abgerufen am 22.06.17, indymedia Verbund, Anleitung zum Bau eines Elektretmikrofon

⁹ <http://www.funkkopfhoerer-infos.de/artikel/bluetooth-transmitter-geraete-ohne-bluetooth-mit-bluetooth-geraeten-verbinden-bluetooth>, abgerufen am 5.12.17, Marko Kleine-Albers, Bluetooth Transmitter Informationen

¹⁰ <https://de.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>, abgerufen am 5.12.17, Wikimedia Foundation, Informationen über Bluetooth

¹¹ <http://www.itwissen.info/Bluetooth-Standard-Bluetooth-standard.html>, abgerufen am 5.12.17, DATACOM Buchverlag GmbH, Informationen zur Bluetooth Übertragungsrate

¹² <https://bastelnmitelektronik.jimdo.com/basteleien-geraete-und-schaltungen/weitere-schaltungen-geraete-und-basteleien/der-stereo-fm-transmitter/>, abgerufen am 8.12.17, Gerd Weichhaus, Einführung zum FM-Transmitter

¹³ <https://de.wikipedia.org/wiki/Frequenzmodulation>, abgerufen am 6.12.17, Wikimedia Foundation, Informationen zur Frequenzmodulation

¹⁴ <https://de.wikipedia.org/wiki/Minisender>, abgerufen am 8.12.17, Wikimedia Foundation, Informationen zu einem Minisender

¹⁵ <https://de.wikipedia.org/wiki/UKW-Rundfunk>, abgerufen am 8.12.17, Wikimedia Foundation, Informationen zum UKW Radio und UKW-Rundfunk

¹⁶ <http://www.instructables.com/id/The-Ultimate-FM-Transmitter/>, abgerufen am 5.12.17, Autodesk Inc., Anleitung zum Bau eines FM-Transmitters

Quellen für Bilder und Grafiken:

¹⁷ Elektretmembranen.JPG; Amazon.com; Amazon.com, Inc.; Elektretmembranen Vorschaubild; Creative Commons Lizenz: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, abgerufen am 11.1.17, Creative Commons, Informationen über die Creative Commons Lizenz. Gestaltung mit <http://www.easel.ly/> durch Elias Mitropoulos

¹⁸ Cello_aufbau.PNG; Gestaltung mit <http://www.easel.ly/> durch Elias Mitropoulos

¹⁹ Platine_aufbau_fertig.PNG; Gestaltung mit <http://www.easel.ly/> durch Elias Mitropoulos

²⁸ Micello_1_aufbau.PNG; Gestaltung mit <http://www.easel.ly/> durch Elias Mitropoulos

²⁹ Schaltkreisadea.PNG; Gestaltung mit paint.net (Programm) durch Adea Dedinca

³⁰ Für alle Tonspuren wurde das Programm Audacity 2.6 von Audacity verwendet.

Produktverzeichnis:

²⁰ Schrumpfschläuche (bunt) von Conrad: <https://www.conrad.de/de/schrumpfschlauchsortiment-bunt-1250-mm-schrumpfrate21-conrad-components-542435-rps9-9-st-542435.html/>

²¹ XLR Adapter (männlich/male) von Neutrik im Thomann Shop: https://www.thomann.de/de/neutrik_nc_3mx.htm?glp=1&gclid=COzfyMirydMCFcE_Gwod6qYMyA

²² XLR Adapter (weiblich/ female) von Thomann SK025 im Thomann Shop: https://www.thomann.de/de/thomann_sk025_stecker.htm?g/

²³ Elektretmikrofonkapsel von Conrad: <https://www.conrad.de/de/mikrofon-kapsel-45-10-vdc-frequenz-bereich70-bis-1000-hz-409152-409152.html/>

²⁴ Elektretmikrofonkapseln 10 Stück von Amazon Marketplace: https://www.amazon.de/gp/product/B00OK65LKY?pf_rd_p=f7bdfbd1-e064-4693-a582-bc6376fbd365&pf_rd_r=TPT97ZG4XEZDHB411EAS/

²⁵ Geschirmtes Kupferkabel von Conrad (1,5 Meter): Nicht mehr verfügbar

²⁶ TaoTronics Bluetooth Transmitter 4.1 von TaoTronics über Amazon.com: https://www.amazon.de/gp/product/B01AT4DFV2/ref=oh_aui_detailpage_o01_s00?ie=UTF8&psc=1/

²⁷ Klinkenstecker 3,5mm zwei polig von Conrad: <https://www.conrad.de/de/klinken-steckverbinder-35-mm-stecker-gerade-polzahl-3-stereo-schwarz-lumberg-cls-40-1-st-738920.html>

Weitere Artikel stammen aus vorherigem Eigenbesitz und sind deshalb nicht aufgeführt, weil die genauen Kauf Orte teilweise nicht bekannt sind.

Diese schriftliche Arbeit wurde für den Regionalwettbewerb „Schüler experimentieren“ geschrieben, welcher am 28. Februar 2018 im Rahmen von „Jugend forscht 2018“ in Düsseldorf ausgetragen wird.

© Copyright 2017/2018 bei Elias Mitropoulos und Adea Dedinca. Alle Bilder (sofern nicht anders angegeben) sind urheberrechtlich geschützt und Eigentum von Elias Mitropoulos und Adea Dedinca. Es ist nicht gestattet, diese ohne Erlaubnis zu weiter zu verwenden.