

THERMO- CHARGER

Der Bau eines funktionalen Prototyps
zur Umwandlung von Wärme in Strom



LUCA ZIÖRJEN
Hellgasse 53
6460 Altdorf
luca.zioerjen@stud.hslu.ch
luca-z@hotmail.com
+41 79 626 09 57

MENTOR: ANDREAS SAXER
Hochschule Luzern Design & Kunst
Produkt- und Industriedesign
Studienrichtung Objekt-design 2022

DANK

Bachelor Praktisch

Mentor: Andreas Saxer

Thai Hua

Robin Shibli / House of Drones /
fpvframes.ch

Holzwurm Atelier

Ein allgemeiner Dank gilt auch
allen Werkstattleitern der Hoch-
schule.

Bachelor Schriftlich

Mentorin: Johanna Lier

Andre Müller

Lukas Eggimann

Remo Bulgheroni

INHALT

DANK5

TECHNIK27

MOTIVATION8

BAUTEILE28-37

AUSGAGSLAGE11

MATERIAL39-48

INSPIRATION12 DIGITALISIERUNG51-53

RECHERCHE15-16

DESIGN54-59

GESTALTUNGSIDEEN19- 23 STANDPUNKT61

TESTEN24

AUSBLICK62

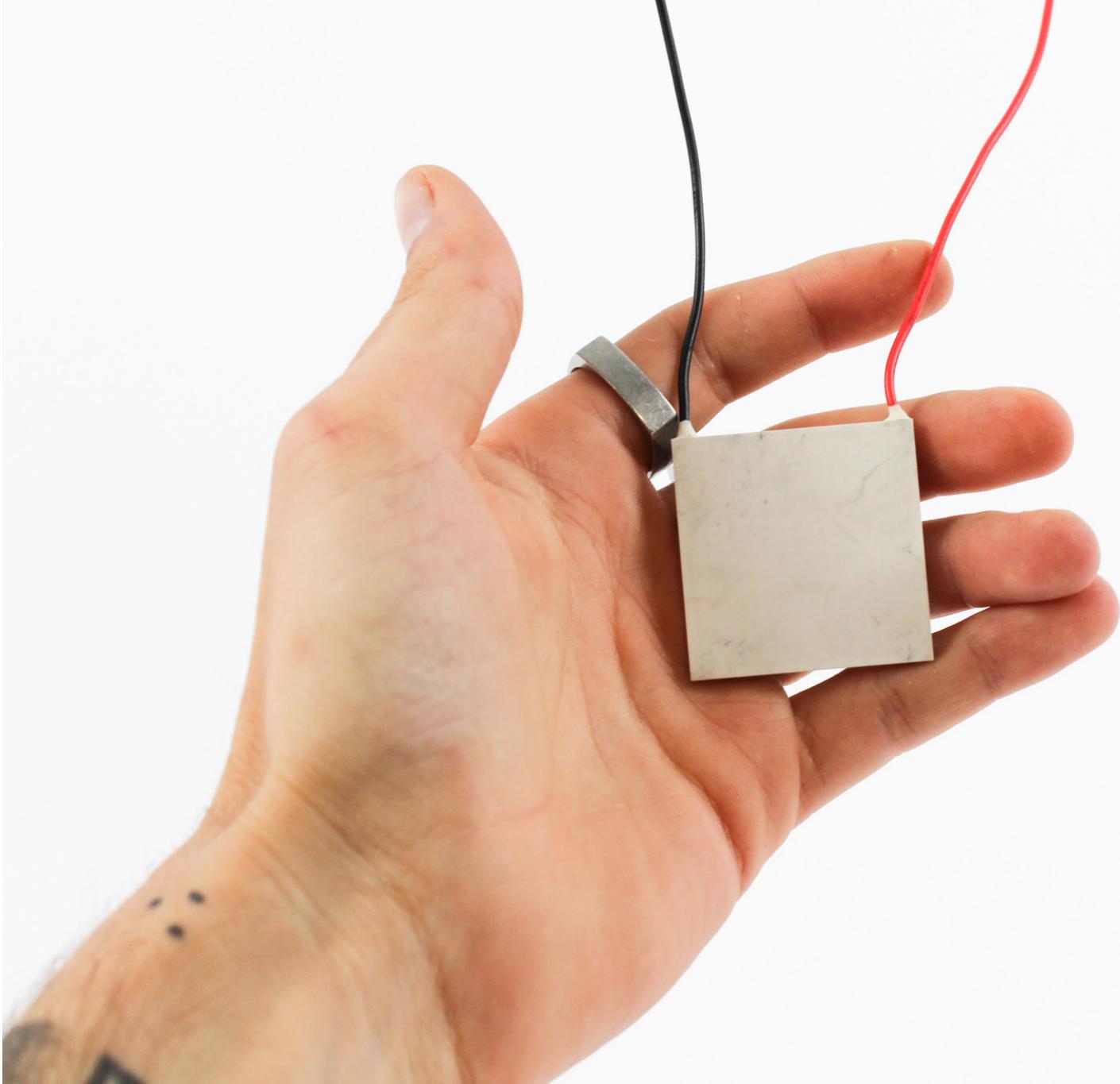
MOTIVATION

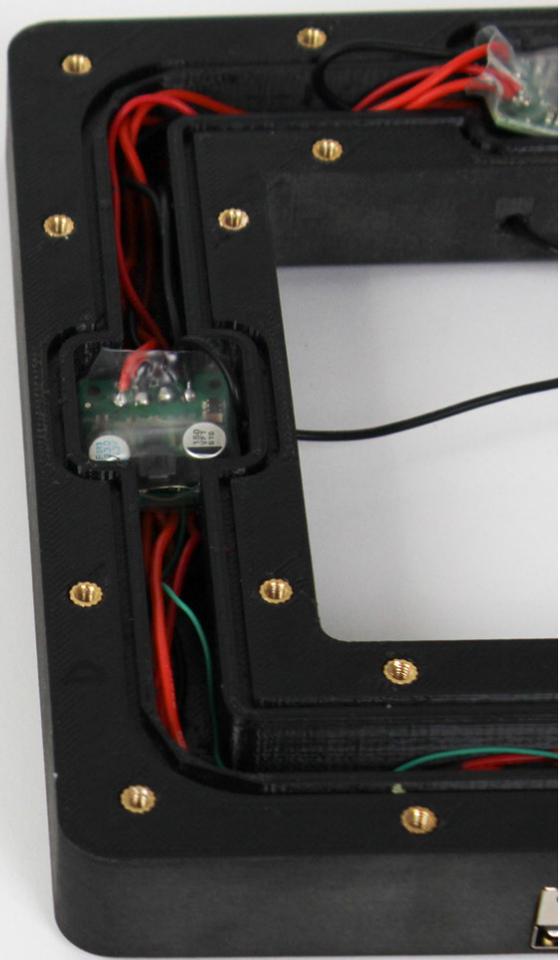
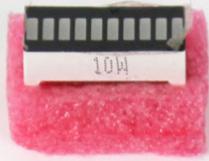
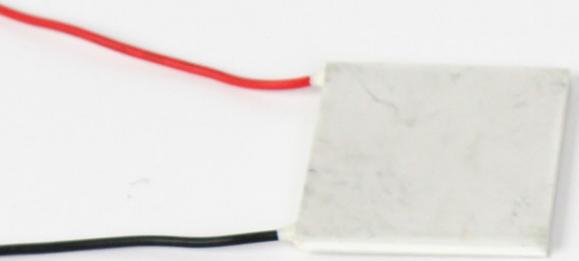
Schon vor der eigentlichen Themenfindung stand fest, dass ich mir durch diese Arbeit neues Wissen aneignen wollte. Am besten aus einem technischen Bereich, welcher mir auch für zukünftige Designs von Nutzen sein wird. Elektrotechnik erschien mir, bezüglich meines mangelnden Vorwissens als vielversprechend. Folglich suchte ich im Elektronikbereich nach möglichen Projektideen, wobei ich auf Thermoelektrizität aufmerksam geworden bin.

Thermoelektrizität ist die gegenseitige Beeinflussung von Temperatur und Elektrizität, in welcher ich Grosses, nicht ausgeschöpftes Potential sehe.

Ich stiess dadurch auf das Peltier-Element, welches zum Zentralen Baustein meiner praktischen Arbeit wurde. Mein Interesse weckte dieses Element mit der Möglichkeit, mit ihm durch einen Temperatúraustausch Strom zu generieren. So kann man mit wenig Hitze und ohne Anschluss nachhaltigen Strom produzieren.

Das daraus resultierende Ziel war es, einen funktionalen Prototyp eines Ladegeräts zu kreieren, welches durch eben diesen Temperatúraustausch Strom generiert. Mit dem Ausblick diese Kreation auch nach der Bachelorarbeit noch weiter auszuarbeiten.





AUSGANGSLAGE

Der Ursprung dieser Arbeit, findet sich in einem kleinen Computerbauteil. Dem Peltier-Element, welches hauptsächlich zur Kühlung anderer Elektronikkomponenten genutzt wird. Es handelt sich dabei um ein thermoelektrisches Modul, welches seine eigene Temperatur, durch die Zugabe von Strom, bis deutlich unter den Gefrierpunkt senkt.

Speziell an diesem Bauteil ist die Möglichkeit seine eigentliche Funktion umzudrehen. Es kann sowohl mit Strom verschiedene Temperaturen generieren, als auch durch verschiedene Temperaturen Strom produzieren.

Durch dieses Peltier-Element war die eigentliche Funktion meines Objekts schon vorgegeben. Eine Seite des Elements muss gekühlt werden, wobei die andere Seite gleichzeitig erhitzt wird, was zur Stromproduktion führt. Umso grösser die Differenz dieser 2 Temperaturen, umso mehr Strom fließt demnach.

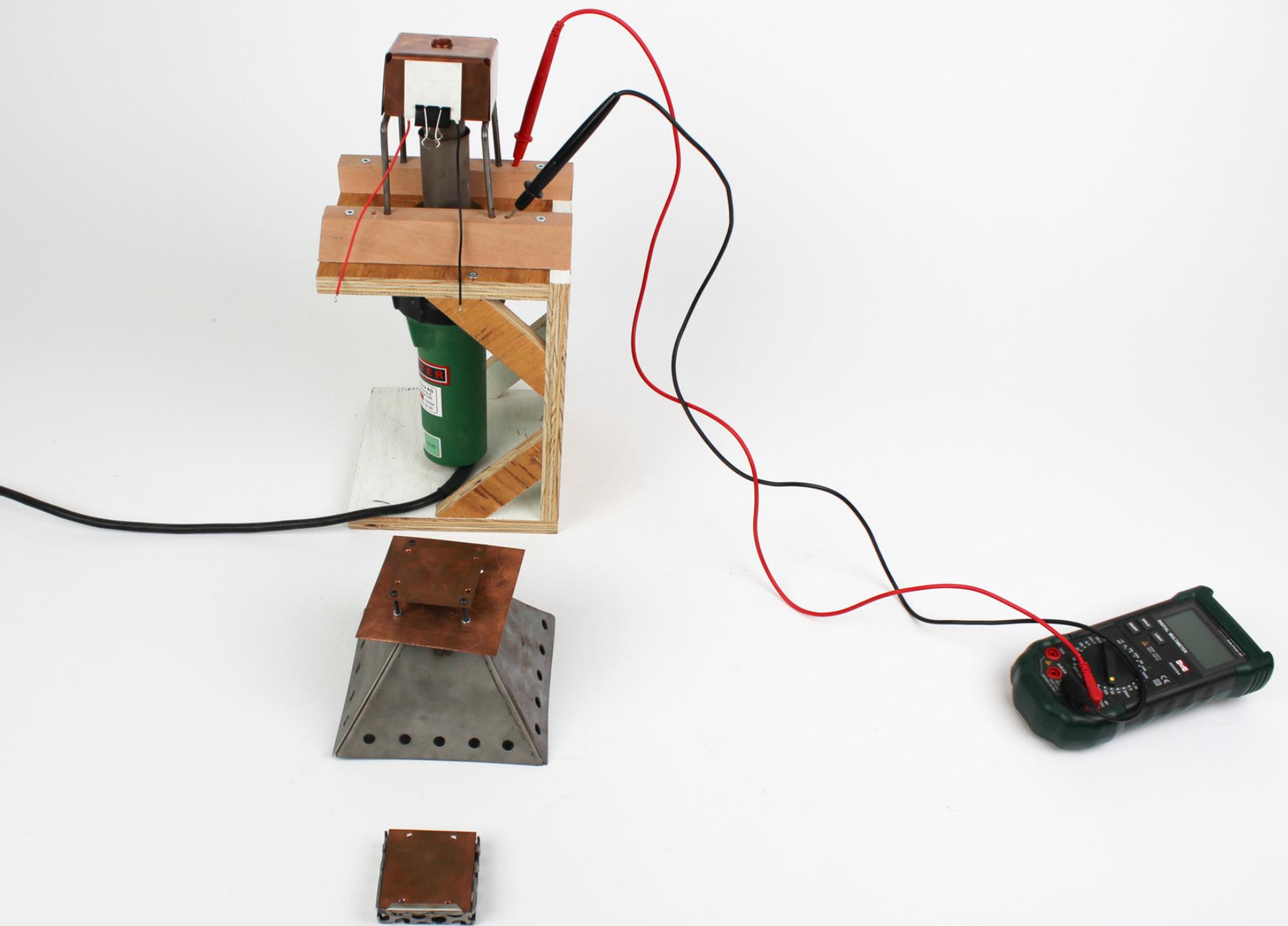
Für mich als Designer galt daher „*Form follows Function*“, die Form an der vorgegebenen Funktionalität anzupassen. Dies sollte mir ermöglichen, die Bestmögliche Leistung der funktionalen Bauteile zu erreichen.

INSPIRATION

In einem ersten Schritt befasste ich mich mit den thermoelektrischen Geräten auf dem Markt, um zu sehen was mit den Modulen möglich wäre, aber auch mit der Hoffnung eine Nische zu finden. Da sich Geräte mit thermoelektrischen Generatoren oft im Outdoor- und Campingbereich ansiedeln, besuchte ich vor allem Outdoorgeschäfte.



Mit dem Biolite Campstove 2+ von Bioliteenergy und dem MiniO Generator der Firma Salamanderstoves, fand ich zwei sehr informative Inspirationen. Das studieren ihrer Bauweise brachte bezüglich Funktionalität neue Erkenntnisse.

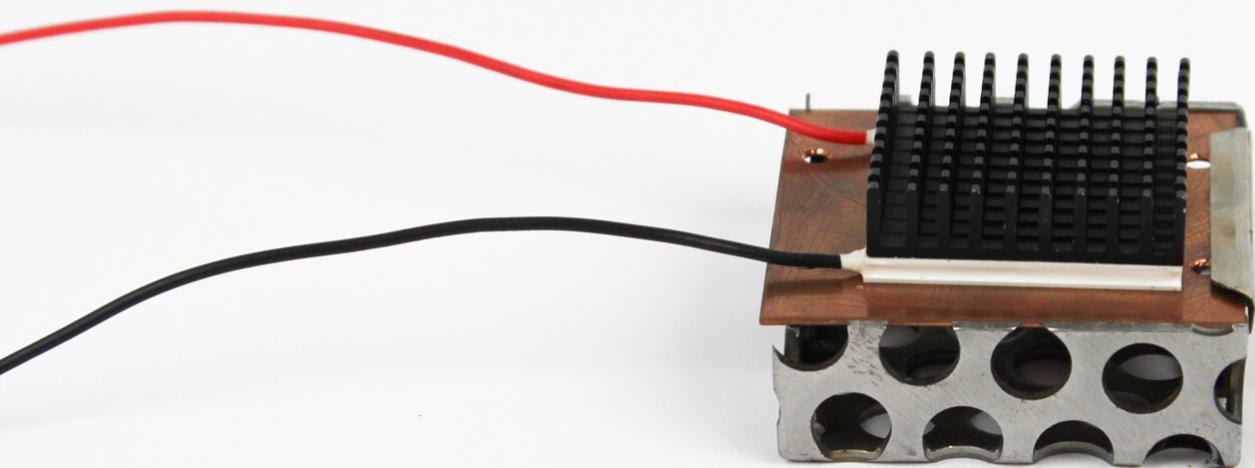


RECHERCHE

Beim Recherchieren ging es mir in erster Linie darum, mich mit Peltier Elementen und den anderen Elektronikkomponenten auseinanderzusetzen. Etliche Videos halfen mir deren Funktionsweise besser zu verstehen und angewandter damit umzugehen.

In einem zweiten Schritt war „Do It Yourself“ Recherche angesagt. Mit Testversuchen wurden verschiedene Anordnungen auf den Output an Leistung überprüft. Das verschaffte mir einen Einblick in die Machbarkeit und gab vor, welche Anzahl an Elementen eingebaut werden müssen, dass ausreichend Strom zu produziert wird, um ein Smartphone damit zu laden.

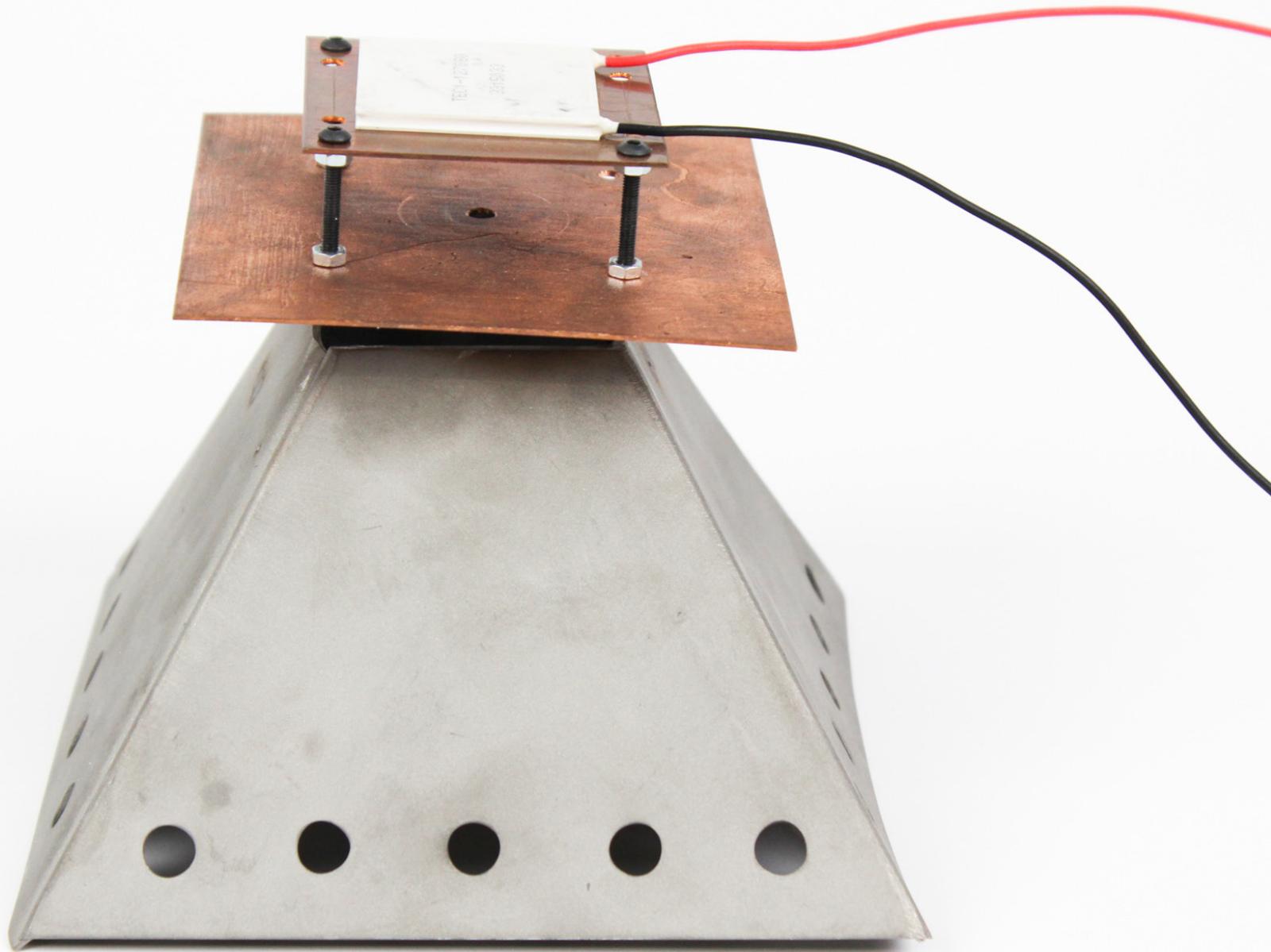


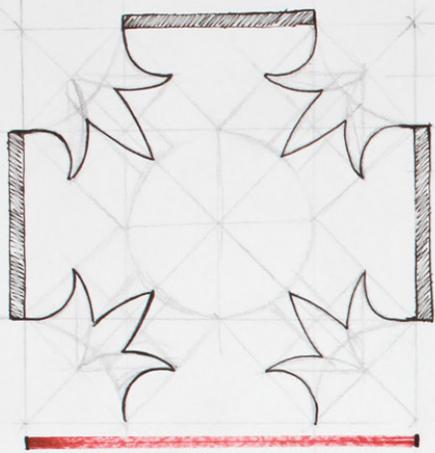


GESTALTUNGSIDEEN

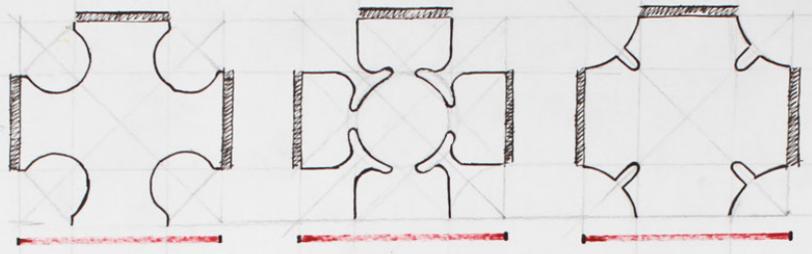
Bei den ersten Gestaltungsideen war die Form des Ladegeräts noch ungewiss. Nebst Inspirationen und Recherche, spielten viele zusätzliche Faktoren mit ein, auch persönliche Interessen kamen zum Zug. Da ich selbst viel in der Natur unterwegs bin und dabei auch gerne abgelegene Ziele aufsuche, sollte es leicht sein und ein kleines Packmass haben. Zudem sollte es den Transport bis dorthin überstehen und musste demnach auch robust sein.

Angedacht waren drei verschiedene Konzepte, die am offenen Feuer oder an einem Gaskocher funktionieren sollten. Jedoch verwarf ich alle dieser Konzepte, da die Objekte zu nahe an anderen Produkten gewesen wäre oder einfach nicht im Rahmen einer Bachelorarbeit umgesetzt werden konnte. Vor allem das offene Feuer machte mir das Leben schwer, obwohl es viel Wärme abgibt und daher auch vielversprechende Mengen an Energie, ist die von einer Feuerstelle abgegebene Wärme sehr unregelmässig und oft zu heiss.

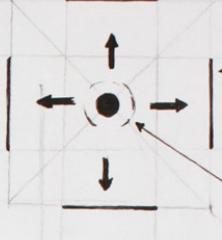




Entwurf Innenbereich Originalgröße



Bei Design berücksichtigen:

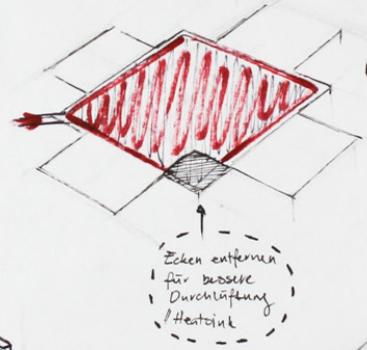


Gleichmäßige
Hitzeverteilung
durch Leisten-
des ALU

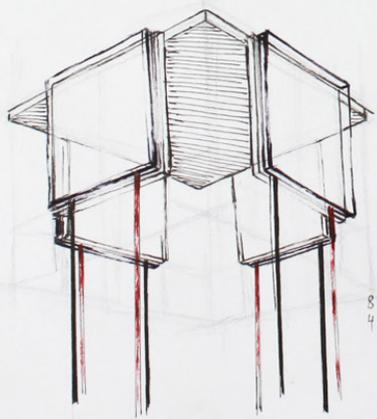
Zentrale
Hitzeinwirkung

Zusatz:
Ausdenken
und
Einfließen
lassen.

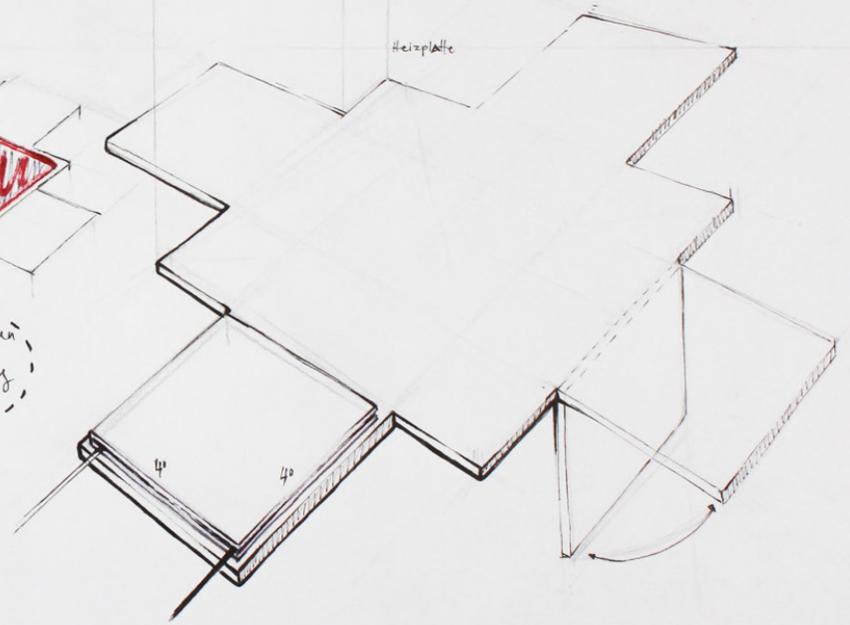
Designbarer
Innenbereich



Ecken entfernen
für bessere
Durchlüftung
Heizteil



8 Kabel
4 Module



Ich musste mich daher etwas zurücknehmen, was mich aber nicht daran hinderte das Projekt mit dem gleichen Elan weiterzuverfolgen. Aus der ursprünglichen Feuerstelle wurde deshalb eine Kerze, da diese sehr kontrolliert Wärme abgibt. Und aus einem Outdoor-Wandergadget wurde ein eher statisches Objekt für das generieren von Strom, an nicht ans Elektrizitätsnetz angeschlossenen Orten, wie zum Beispiel Berghütten.

TESTEN

Um die Rohlinge und den fertigen Prototyp zu testen, baute ich mir eine Testanordnung. Mit einem regulierbaren Heissluftföhn konnte ich die Temperaturunterschiede gezielt herbeiführen. So erhielt ich Informationen zu Leitungsfähigkeit der Module in Kombination mit verschiedenen Materialien, Formen und Oberflächen.

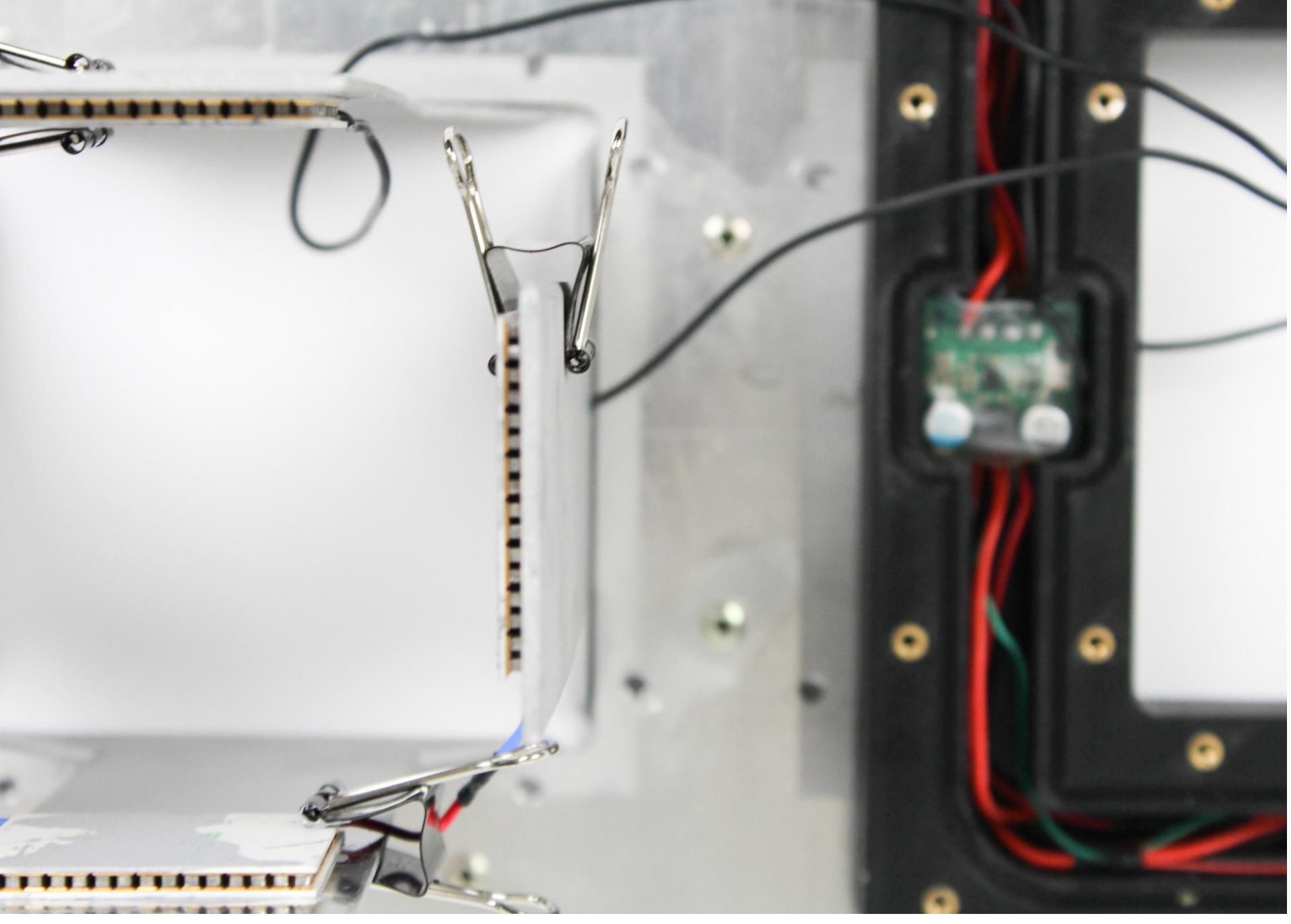


LEISTER

F. Jannone AG
Nesslerenweg 9
3084 WahrenBE
LEISTER Geräte
☎ 031/960 90 60

HSLU D&K
30 - Werkstatt
745_310
Emmenbrücke

13.05



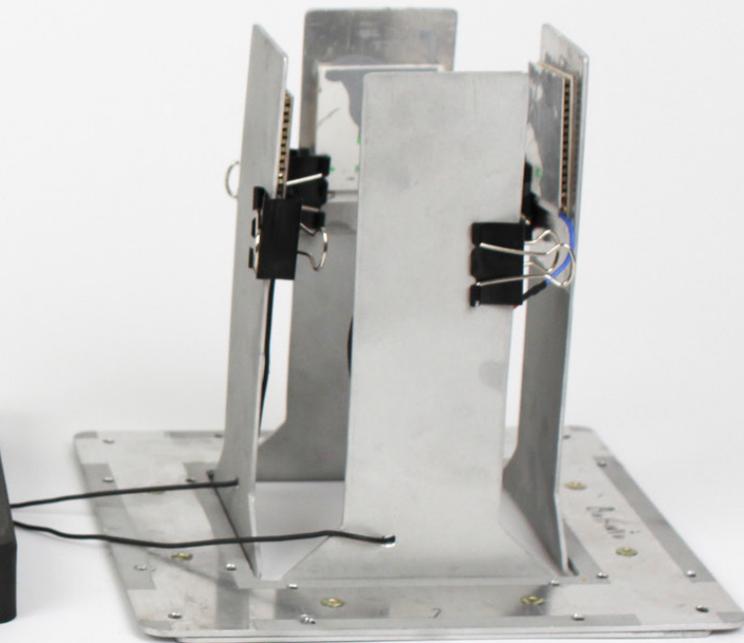
TECHNIK

Ein grosses persönliches Anliegen an die Arbeit war es, meinen Horizont zu erweitern, und in einen Bereich vorzudringen, von dem ich wenig bis kein Vorwissen hatte.

Elektrotechnik beziehungsweise thermoelektronische Generatoren und Ladegeräte waren der eigentliche Knackpunkt der Arbeit. Pandemie bedingte Lieferengpässe waren dabei das kleinste Übel, auch wenn ich bis zur Abgabe dieses Dokuments noch immer Bestellungen ausstehen habe. Für den Bau des Prototyps habe ich mich an Peltier elementen, einem Steuerchip, Umwandlern, Powerbank-Modulen, und einem 18650 mAh Akku bedient.

BAUTEILE

Das ganze Objekt besteht aus drei Hauptbauteilen, dem Kühlturm, dem Heizdeckel, der Gehäuse und zusätzliche Elektronikbauteile. Jedes dieser Teile hat seine eigene Aufgabe und trägt zur Funktionalität des ganzen Ladegeräts und seiner Elektronikkomponenten bei. Um Funktionalität der einzelnen Teile zu Prüfen fertigte ich eine Vielzahl der jeweiligen Bauteile in verschiedenen Materialitäten und Formen an.





HEIZDECKEL

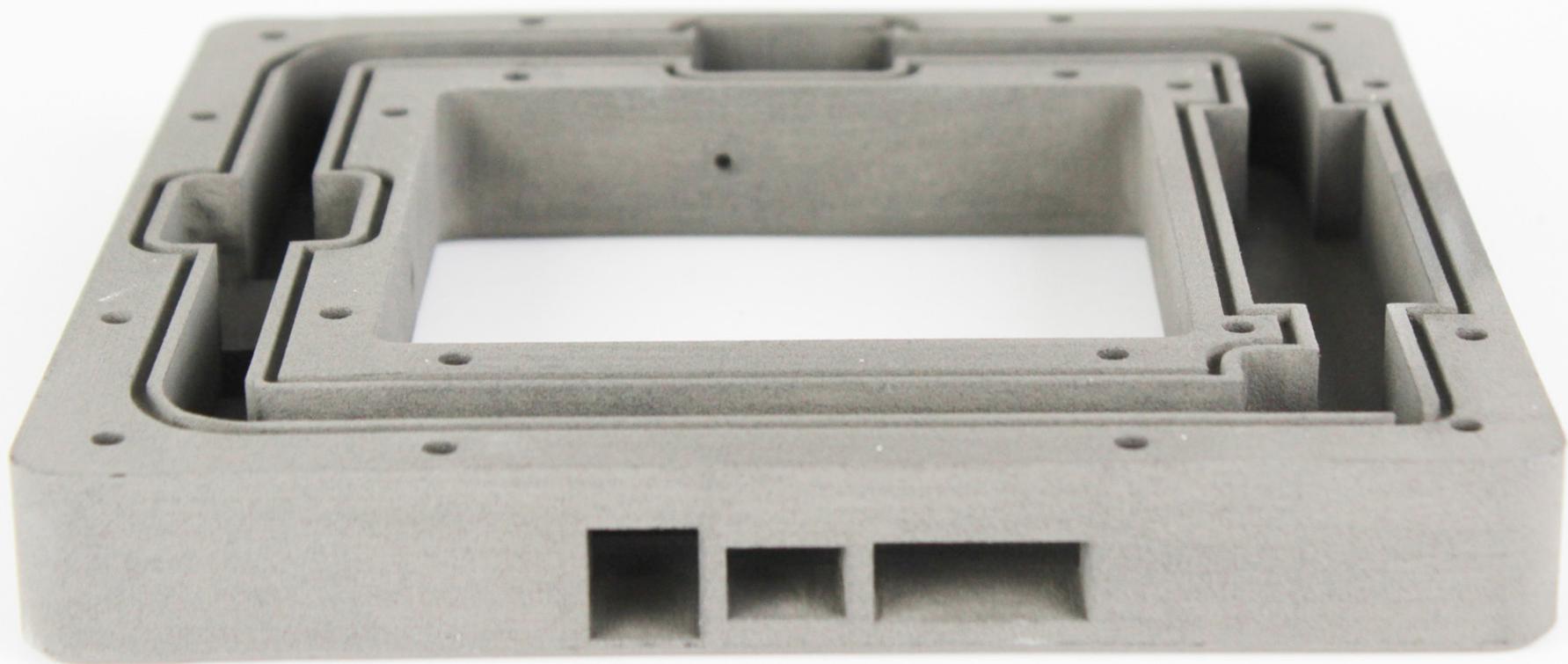
Hierbei handelt es sich um eine gestanzte Kupferplatte die zu einem offenen Quader gebogen wurde. Im Inneren der Kupferplatte befinden sich zwei Kupferrohre, welche die Wärme direkt an die Aussenwand, zu den Peltier-Elementen leitet. Diese Rohre sowie der Ganze Deckel werden von beständigen und rostfreien Chromstahlteilen zusammengehalten.

Das viele Kupfer macht es zum schwersten Bauteil der Arbeit, trotzdem ist Kupfer wegen seiner Wärmeleitfähigkeit in diesem Fall unverzichtbar.

KÜHLTURM

Der Kühlturm macht das grösste Bauteil aus. Er besteht gänzlich aus Aluminium und ist bis auf die Kontaktstellen der Module sandgestrahlt. Das Sandstrahlen erzielt bei Aluminium eine grössere Oberfläche, wodurch mehr Wärme abgegeben wird. Zusätzlich geht der Kühlturm bis unter die Wärmequelle und dient als Bodenplatte. Dies ermöglicht im Zusammenhang mit der guten Wärmeleitfähigkeit von Aluminium, eine indirekte Kühlung durch einen kalten Untergrund.





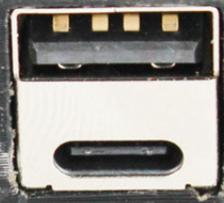
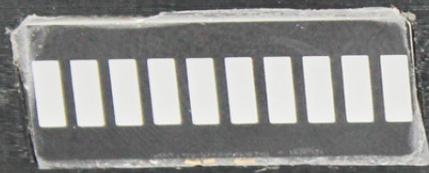
GEHÄUSE

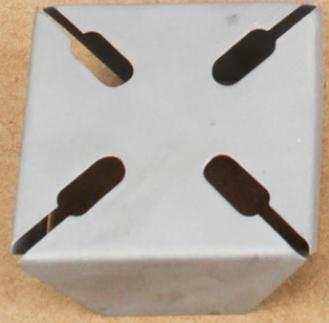
Ein leichtes 3D-Druckteil schützt die Elektronikbauteile von äusseren Einflüssen. Das Loch in der Mitte des Gehäuses ist als Kerzenöffnung angedacht. Im Inneren des Bauteils befinden sich Kabelkanäle und diverse Aussparungen, angepasst an die Grösse und Abfolge der Elektronikbauteile. Die Wahl des 3D-Druckteils ergibt sich durch die vereinfachte Herstellung und das geringe Gewicht.

ELEKTRONIK

Bei den erkennbaren Elektronikbauteilen handelt es sich um eine Lichtanzeige, einen Schalter, den USB-C-Port und die Peltier-Elemente. Ich achtete mich bei der Auswahl auf möglichst schlichtes Design und wollte möglichst kleine Teile.

Hierbei erhielt ich Hilfe von *Robin Schibli von fpvframes.ch*. Er stellte mir Ihr Arsenal Drohnenbauteile zur Verfügung, und unterstützte mich beim verbau der Elektronik.





MATERIAL

Die Materialien wählte ich hauptsächlich wegen ihrer Eigenschaften, wie zum Beispiel der Wärmeleitfähigkeit, die ich für meinen Prototypen benötigte. Um den Nachhaltigkeitsaspekt nicht über Bord zu werfen, können die Materialien grösstenteils wiederverwertet werden. Denn ABS Plastik, Kupfer und Aluminium können recycelt werden. Zudem sind die gewählten Metalle rostfrei und bis auf die Oxidation des Kupfers witterungsbeständig.

KUPFER

Kupfer hat die beste Wärmeleitfähigkeit, ist aber schwer und oxidiert mit der Zeit. Weil es aber an den Kontaktstellen mit einer schützenden Schicht Wärmeleitpaste beschichtet ist, bleibt die Wärmeleitfähigkeit bestehen.



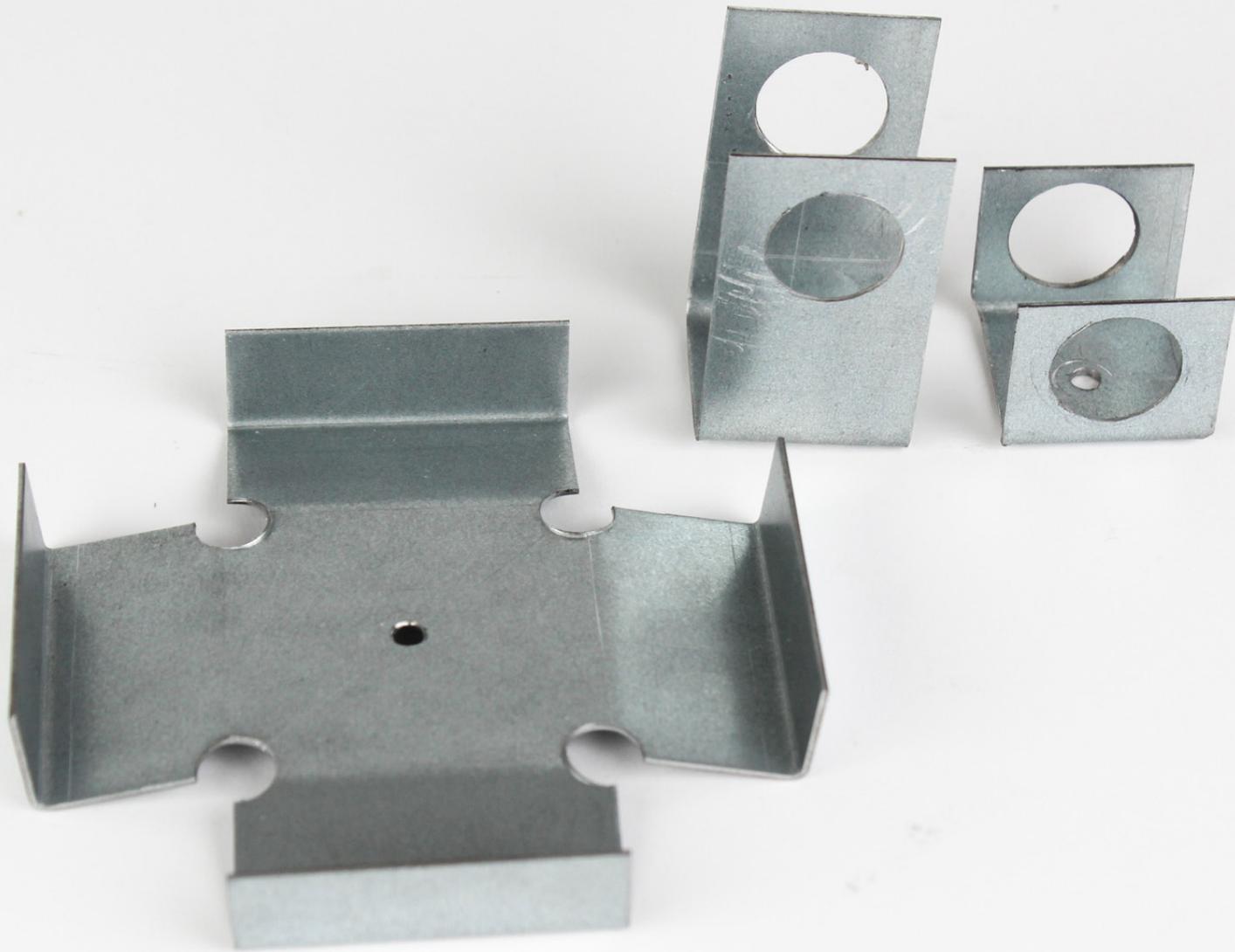
178
24 6/11

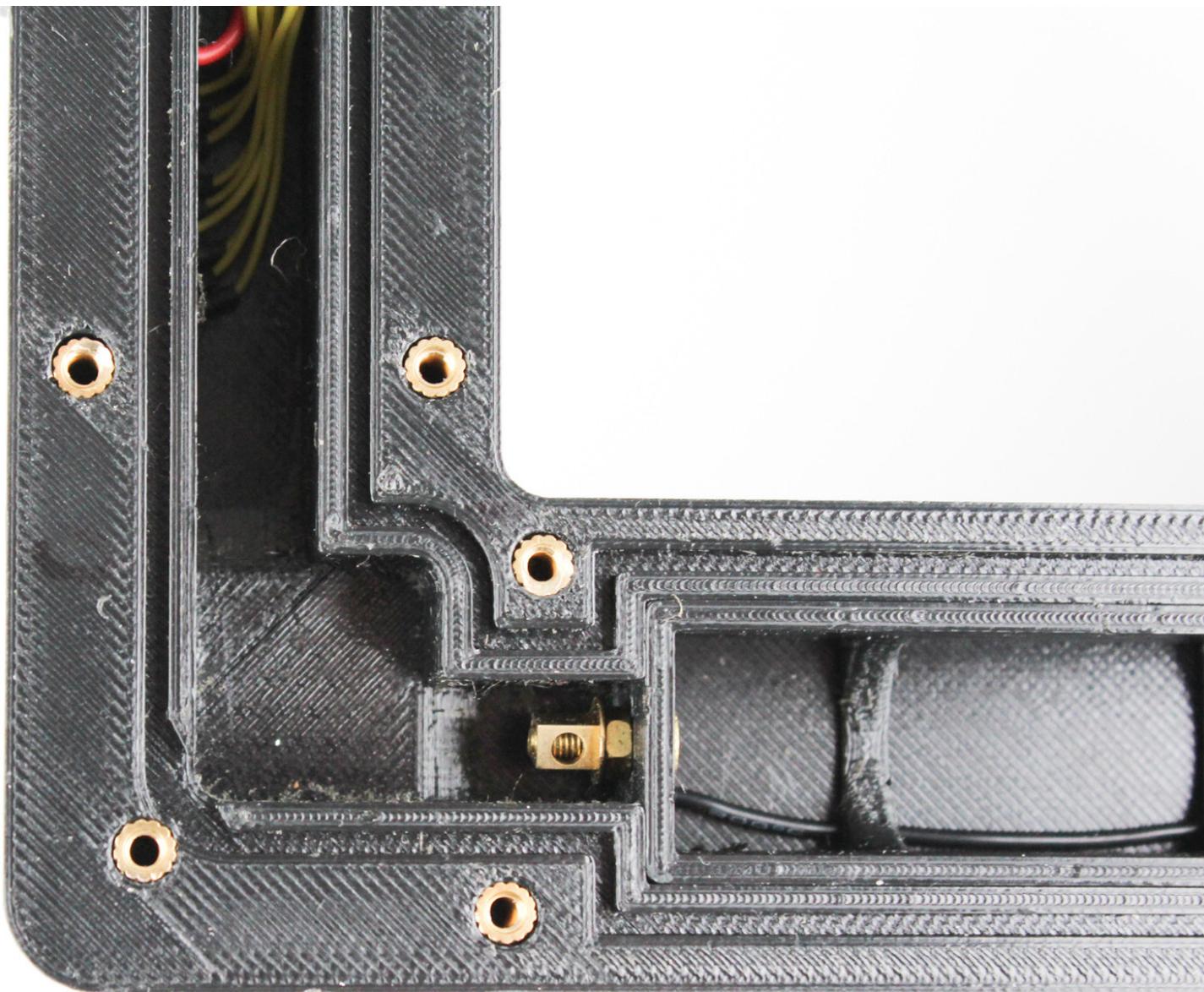
ALUMINIUM

Aluminium hat auch sehr gute Wärmeleit-Eigenschaften, etwas weniger als Kupfer, jedoch ist es deutlich leichter und eignet sich besser für grössere Formen wie den Kühlturm.

CHROMSTAHL

Chromstahl wurde nur sehr wenig verwendet. Es ist ein weniger guter Wärmeleiter, jedoch sehr robust und stabil. Die Chromstahlteile aus 1mm-Blech machen die tragenden Stellen aus und sind am Kupferdeckel angebracht.





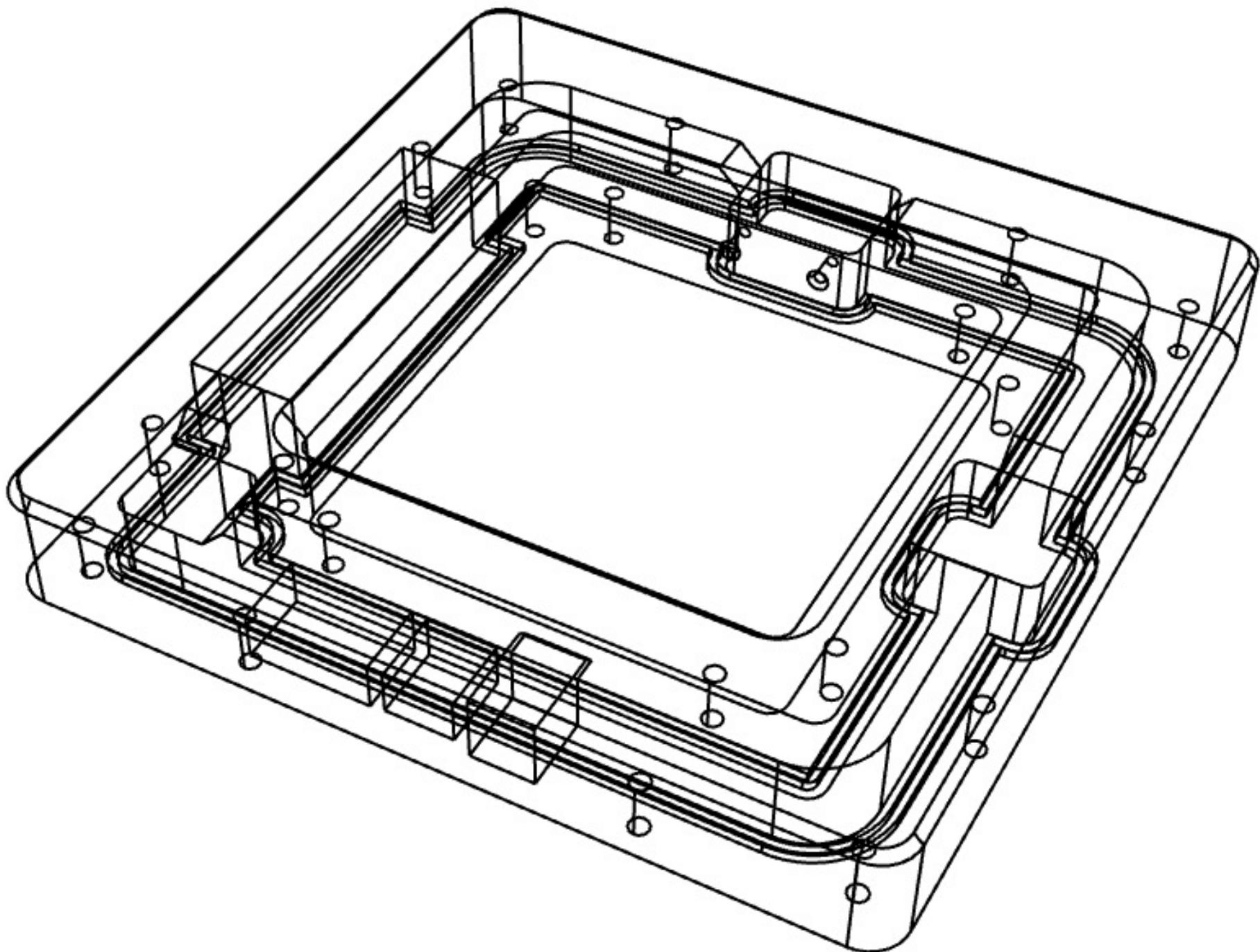
MESSING

Messing kam auch zum Einsatz. In die Bohr beziehungsweise in die Drucklöcher im Gehäuse wurden mit Messinginserts mit einem M3 Gewinde eingeschmolzen.

ABS

ABS Plastik ist ein Thermoplast, der durch das 3D-Druckverfahren in die gewünschte Form gedruckt wird. Thermoplaste können mehrfach eingeschmolzen und wiederverwertet werden.



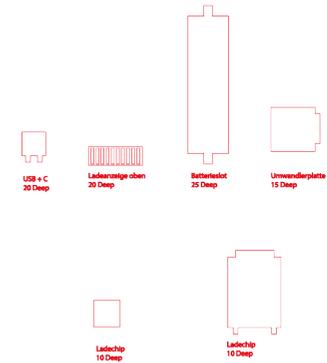
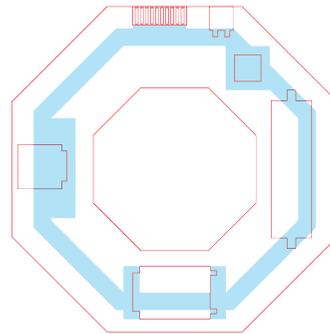
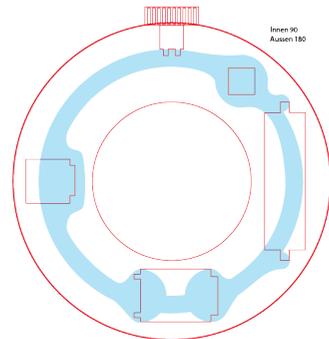
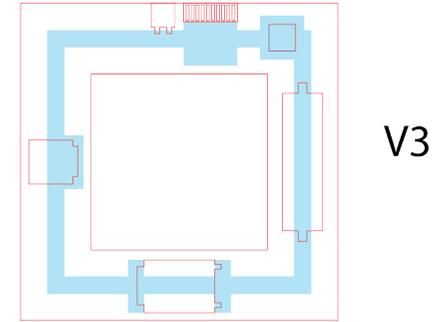
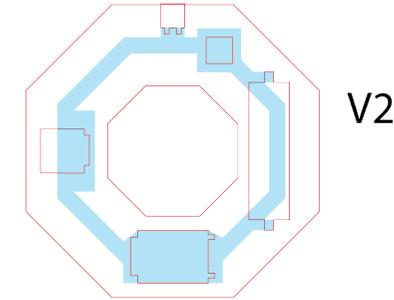
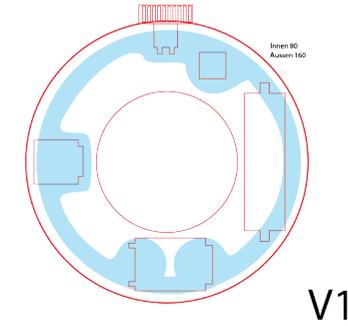


DIGITALISIERUNG

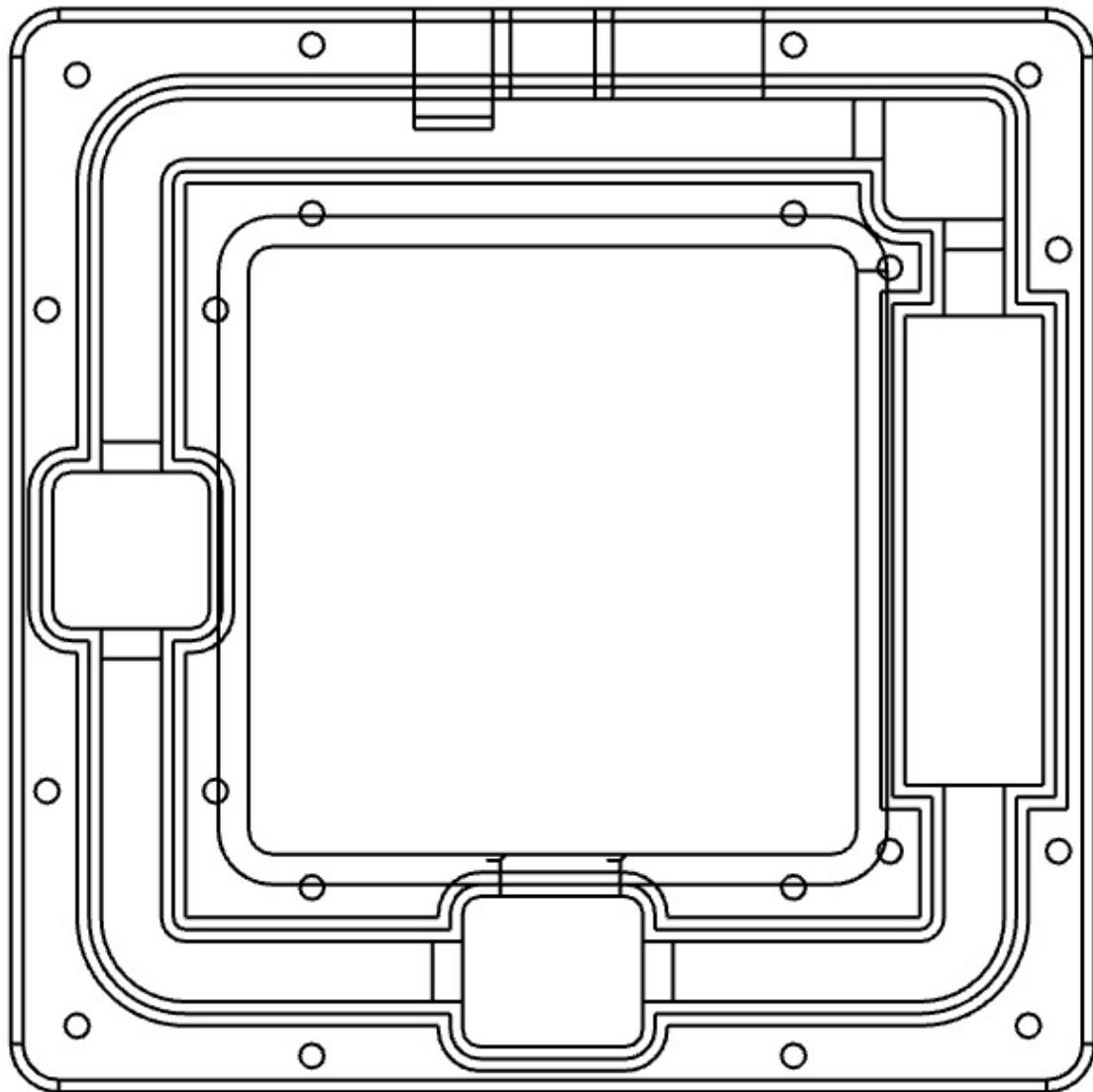
Zeitgemäss lassen die neuen Prototypisierungsarten eine rein analoge Kreation eines Prototyps nichtmehr zu. Meine Bodenplatte habe ich deshalb digital gefertigt. Anfänglich gab es eine digitale Formstudie, welche mir aufzeigte, welche Formen sich für die benötigten Aussparungen am besten eignete. Dann folgte die erste aus MDF ausgelaserte Bodenplatte, wobei ich auf Fehler in den Aussparungen aufmerksam wurde.

Diese Fehler konnte ich später im 3D-Druck beheben. Dennoch gab es Probleme mit der Datei, sie liess sich nur schwer drucken. Unser Dozent: *Thai Hua* reparierte mir die Datei und das ausweichen auf einen privaten Drucker ermöglichte einen fehlerfreien 3D Druck.

Die Datei ist ausserdem konzipiert, dass sie in einem nächsten Schritt, auch für Spezialausführungen aus Holz gefräst werden könnte.



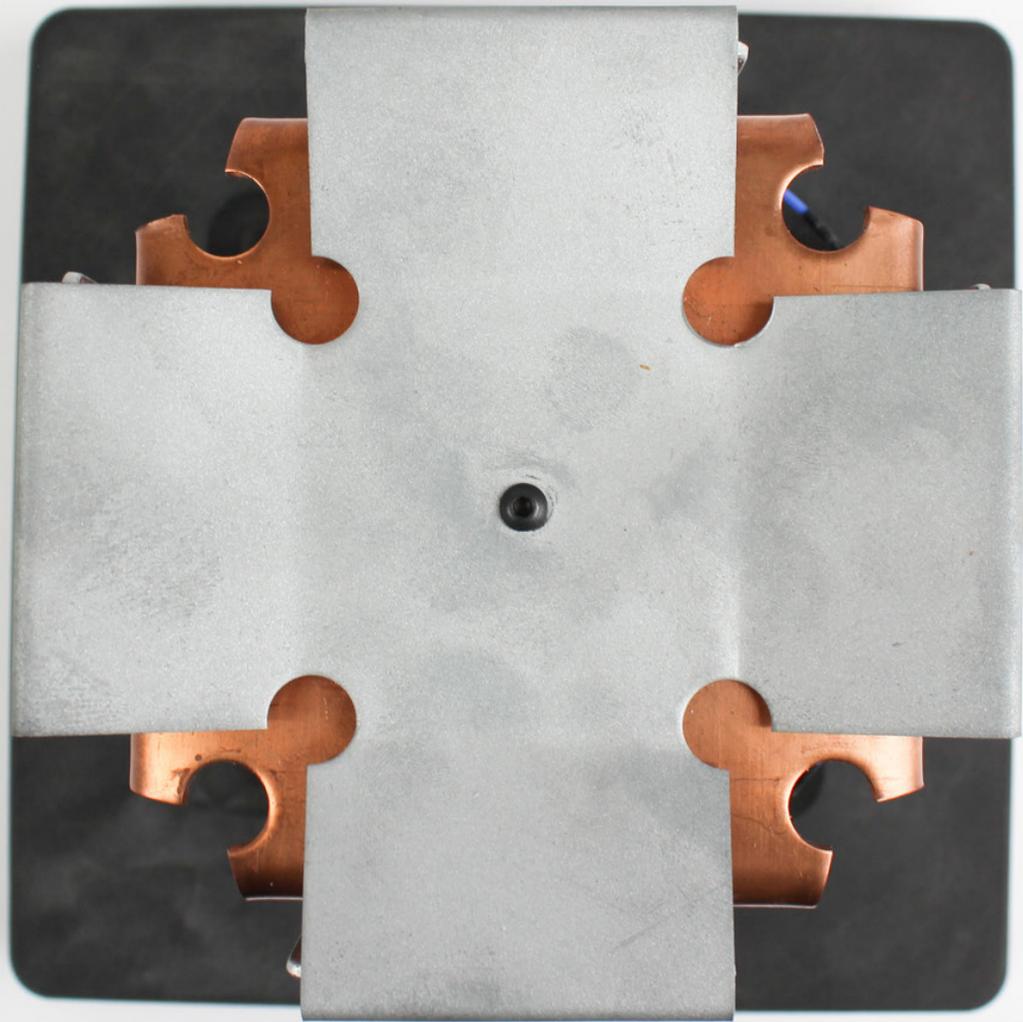
Formenfindung und Ausarbeitung der Bodenplatte

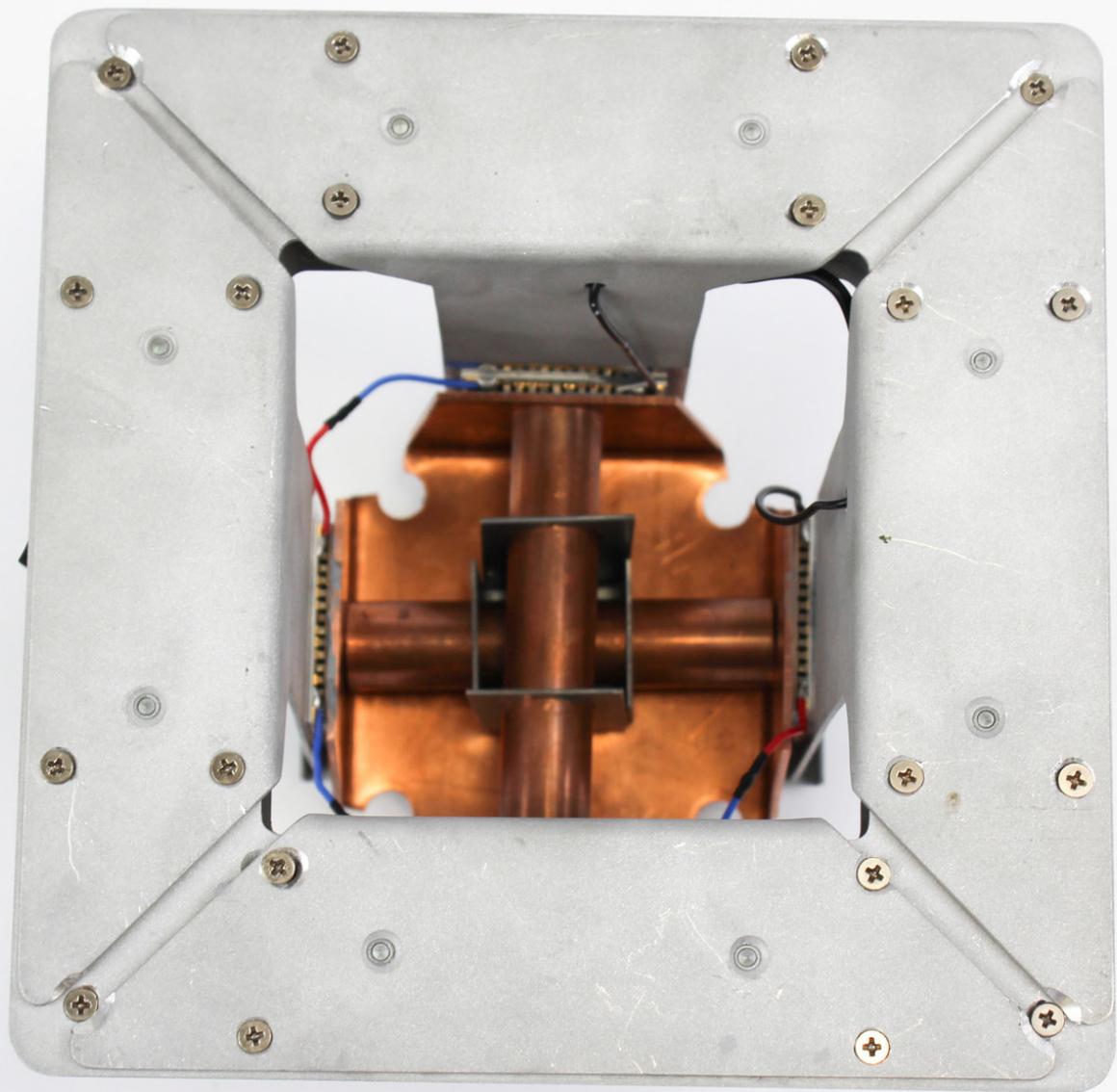


DESIGN

FORM FOLLOWS FUNCTION

Bei der Arbeit an diesem Projekt fiel mir auf, wie viele Designentscheidungen sich durch funktionale Anforderungen erübrigten. Trotzdem blieben nicht alle Designentscheidungen auf der Strecke.



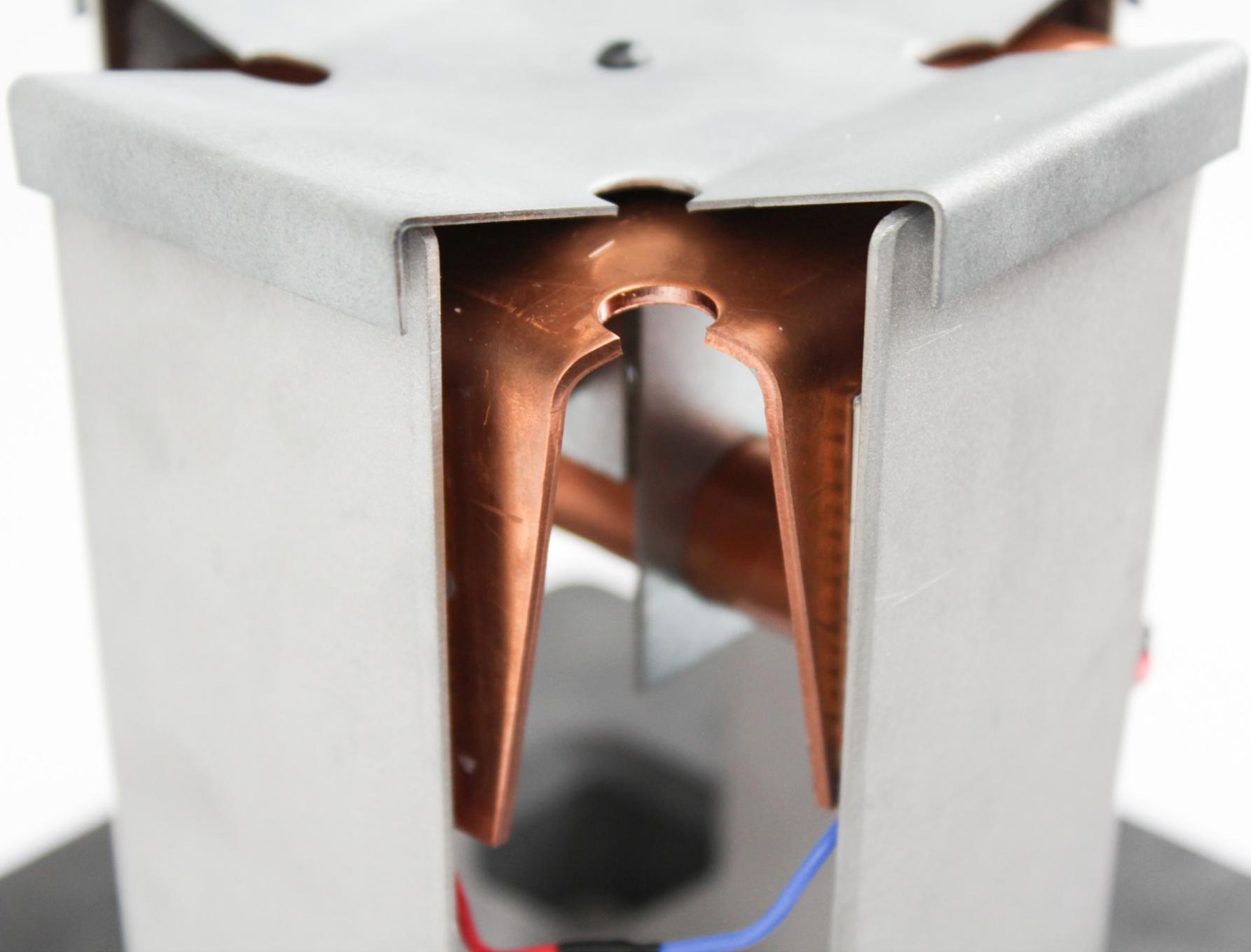


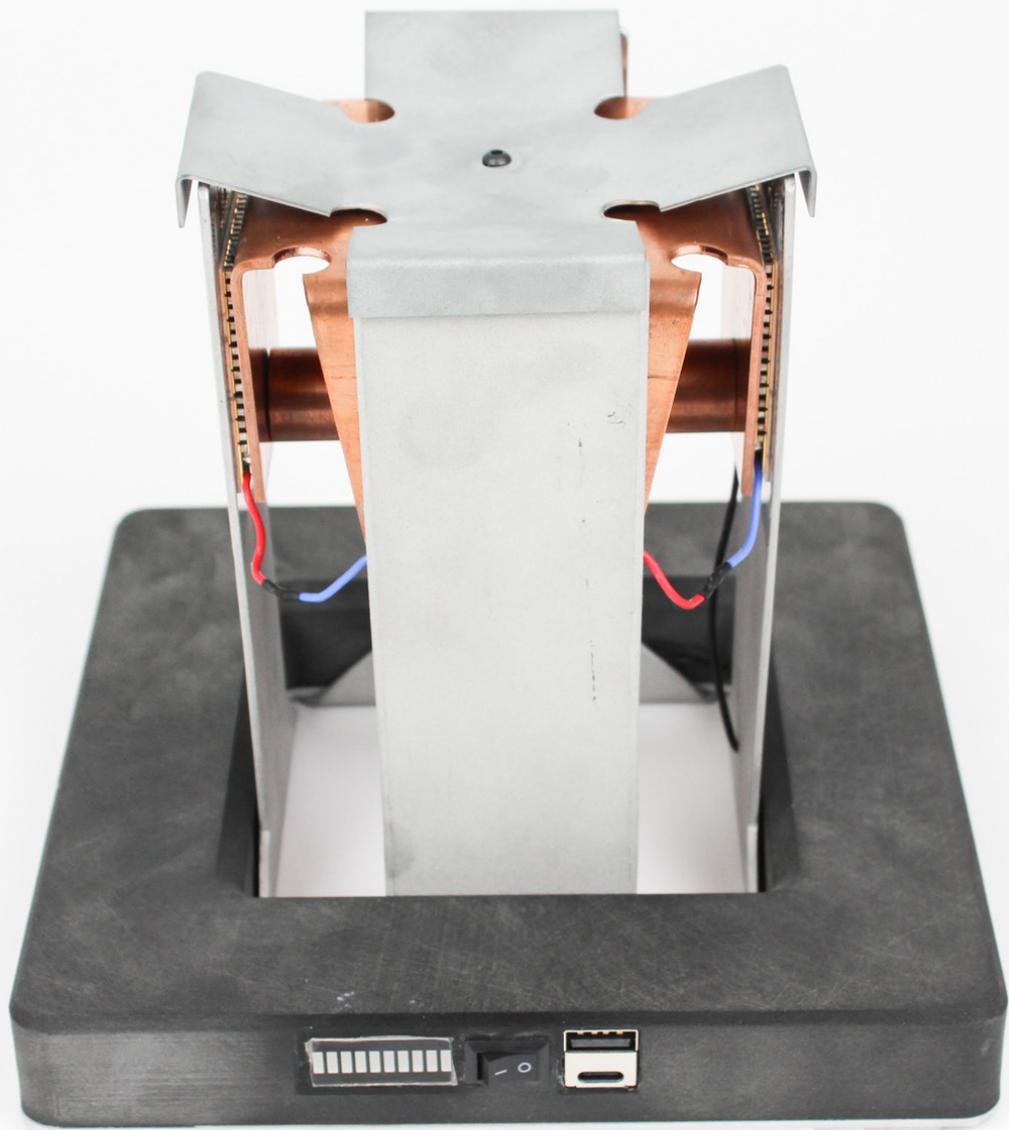
Die Materialität ist durch verschiedene Eigenschaften wie Wärmeleitfähigkeit oder Gewicht vorgegeben. Auch die Oberflächentextur der Metalle trägt zur gezielten Temperaturabgabe oder Kühlung bei und entspricht einer Funktionalen Logik. Dasselbe mit den Massen Höhe und Umfang. Die Höhe ist so gewählt das die Stromproduktion mit kleinen und grösseren Teelichtern funktioniert, und die Kerzen nicht direkt wegschmelzen.

Der Auschnitt in der Mitte ist bewusst gross gewählt, da die Kerze bei Wind durch ein Glas geschützt werden kann. Auch die Schlitzte an den vermeintlichen Ecken des Kühlturms haben ihre Funktion und lassen Wärme entweichen, ohne dass diese sich am Kühlturm staut und diesen erhitzt. Beim Gehäuse stand das Gewicht an erster Stelle, da der Rohbau durch das Kupfer deutlich schwerer wurde als erwartet. Ausserdem habe ich mir schon anfangs das Ziel gesetzt den Prototypen leicht zu bauen.

Da so vieles schon vorgegeben war, war es die Aufgabe des Designs die Vorgaben zu einer klaren Ästhetik zu vereinen. Weil ich mit relativ junger Elektrotechnik arbeitete und damit neues Potenzial aufzeigen möchte, war es mir ein Anliegen die Ästhetik modern simpel und schnörkellos zu halten. Rückblickend auf mein Studium ist dies wohl auch der Stil, welcher mich persönlich am ehesten wieder spiegelt.

Die gewünschte Ästhetik am Prototyp versuchte ich durch einfache Formen und eine präzise Metallbearbeitung zu erzielen. Ineinander übergehende Formen, der Kontrast zwischen abgerundeten und abgeflachten Kanten, sowie Stanzmuster der Metallplatten machen das Design aus.





STANDPUNKT

Der Momentane Stand entspricht einem funktionalen Prototyp, welcher mit Thermoelektrischen Generatoren, sogenannten TEGs, ausreichend Strom produziert, um damit einen Akku zu laden, der wiederum das Handy lädt. Es wäre auch möglich das Handy direkt über die Generatoren zu laden. Jedoch hat das Gerät mit dem Akku die Möglichkeit die Energie zu speichern, was ein Mehrwert ausmacht, da es sein kann das die Kerze eventuell einmal nicht für die ganze Ladung reicht.

Daten:

Masse: 180 mm x 180 mm x 165mm

Gewicht: 1,32 Kg

Output: 5V

Materialkosten : 200.-

AUSBLICK

Ich habe durch diese Arbeit viel gelernt und sehe noch immer Potential in der Thermoelektronik, Potential, das es weiter auszureizen gilt. Beim Bau des Thermochargers stiess ich auf einige Herausforderungen, die ich so gut es ging überwand. Jedoch gibt es noch viel Verbesserungspotential. Was mich am meisten stört ist das Gewicht, durch die Kupferbauteile wurde der Prototyp weit schwerer als das angenommen. Anfangs rechnete ich mit ungefähr 600 Gramm wobei ich diese um das doppelte überschritt. Diese Gewichtsüberschreitung war notwendig, um die gewünschte Wärmeleitung zu erreichen. Jedoch wäre eine kommende Ausführung mit meinem jetzigen Wissen in einer leichteren reduzierten Form umsetzbar.

Ausbaubar ist sicherlich auch die indirekte Kühlung über den Boden. Die Effizienteste Methode dazu wäre eine Wasserkühlung. Mit einem dickeren Aluminiumprofil am Boden des Gehäuses, könnte eine neue Version ins seichte Wasser gestellt werden.

Designtechnisch würde ich noch die Kabel um den Heizdeckel verstecken, dass das Trugbild entsteht als wäre gar keine Elektronik vorhanden. Angedacht ist es, die freistehenden Kabel mit brückenähnlichen Strukturen an den Aluträgern zu verdecken und zu schützen.

Dies sind nur einige der Änderungen, die noch auf den Thermocharger zukommen werden ... *doch wer weiss, welche Herausforderungen die Zukunft sonst noch mit sich bringt?*



FESTOOL

F. Jannone AG
Messmerweg 8
72618 Wabern/BE
Tel. +49 7141 9311
Fax +49 7141 9311 60

13.05
1300 01K
100 W
100 W
100 W
100 W

