

# Projektarbeit Berliner Uhr

---



*Abbildung 1: Projektarbeit Berliner Uhr*

Bearbeitet von:

Jonas Przewlocki (Matr. 300006)

Cyrano Fischer (Matr. 299992)

Thomas Uhlenbrock (Matr. 300161)

Fachsemester: 8.Semester

Abgabe: 13.07.2023

Betreuender Professor: Prof. Dr. Schick

## Inhalt

Einleitung .....	3
Geschichte und Funktionsweise der Uhr .....	3
Schaltungsdesign .....	4
Materialbeschaffung .....	4
PCB-Design .....	6
Gehäuse .....	6
Erster Prototyp und Herausforderungen .....	10
Überarbeitetes PCB-Design .....	11
Umsetzung .....	11
Fazit .....	13
Ausblick .....	13
Quellen .....	15
Dateien .....	16

# Einleitung

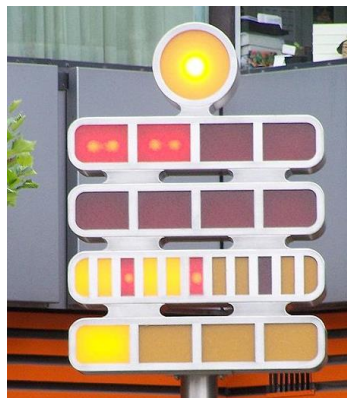
Dieser Bericht dient dazu, das Projekt der selbstgebauten Berliner Uhr vorzustellen. Ziel dieses Projekts war es, eine funktionale Uhr zu entwickeln, welche das Prinzip der Berliner Uhr besitzt. Ein Nebenziel von uns war es dies, ohne den Rat von Professoren oder anderer Fachkundigen der Hochschule zu schaffen, um festzustellen wie weit wir mit unserem bisher gelernten Wissen kommen, ähnlich wie bei einem Startup. Sowohl die Platine als auch das Gehäuse wurden eigenständig entworfen, hergestellt und montiert.

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte der Platine- und Gehäuseherstellung erläutert. Zusätzlich werden Herausforderungen auf dem Weg zur Fertigstellung der Uhr und deren Lösungen diskutiert.

## Geschichte und Funktionsweise der Uhr

Die Berliner Uhr war „die erste Uhr der Welt, die die Zeit mit leuchtenden farbigen Feldern anzeigt“ und wurde als solche im Guinness-Buch der Rekorde aufgenommen. Die Originale Uhr wurde 1975 am Kurfürstendamm errichtet und war im Betrieb bis 1995. Nach dem Hinscheiden des ursprünglichen Trägers fand die Uhr keinen Träger mehr, der bereit war die Reparaturkosten der Uhr zu zahlen.

Anstelle von herkömmlichen Stunden- und Minutenzeigern verwendet die Berliner Uhr Reihen von Glühlampen, um die Zeit in Fünf-Stunden-, Ein-Stunden-, Fünf-Minuten- und Einzel-Minuten-Blöcken anzuzeigen. Dieses Projekt stellt eine moderne Interpretation dieser klassischen Uhr dar, bei der die LED-Technologie genutzt wird, um eine präzise Zeitdarstellung zu gewährleisten. Die jeweiligen Blöcke wurden in Reihen untereinander aufgeführt, wobei die größere Sekundenanzeige oberhalb der Reihen ihren Platz fand. Man sieht unter Abbildung 2 wie die Berliner Uhr angezeigt wird.



*Abbildung 2: Berliner Uhr originale Anzeige*

# Schaltungsdesign

Für das Erstellen des Schaltungsdesigns, PCB-Design und 3D-Modellierung des Gehäuses wurde Eagle aus dem Fusion 360 Paket benutzt.

Den theoretischen Schaltungsplan haben wir von Florian Schäffer auf der Website <https://www.blafusel.de/misc/berlin-uhr.html> gefunden und als Grundlage unserer eigenen Schaltplanzeichnung benutzt.

Die Schaltung benutzt als Frequenzgeber einen Quarzkristall, welcher eine feste Frequenz vorgibt. Diese Frequenz wird mit Hilfe einer Zählerstruktur in Sekunden, Ein-Minute, Fünf-Minuten, Ein-Stunden und Fünf-Stunden Signal eingeteilt.

Als Spannungsversorgung wurde ein externes Schaltnetzteil verwendet. Dieses versorgt die Schaltung mit 12V DC und wird mithilfe des Spannungsreglers, auf 5V DC herunter geregelt. Die durch die entstehende Verlustleistung generierte Hitze, wird mittels eines passiven Kühlkörper abgeführt.

Ein programmierbares Element ist in der Schaltung nicht vorhanden, den einzigen geplanten manuellen Einfluss auf die Zeitausgabe haben zwei Schalter, welche manuelle Stromimpulse auf die Zählerstruktur geben, um das Einstellen der Uhr zu ermöglichen.

## Materialbeschaffung

Damit die Uhr gebaut werden konnte benötigte es einige Bauteile, die nicht vorrätig im Elektrotechniklabor der Hochschule vorhanden waren. Somit mussten wir herausfinden welche Bauteile wir für den Aufbau der Uhr benötigen, sortieren welche der benötigten Materialien im Labor vorhanden sind und letztendlich dokumentieren welche Bauteile wir bestellen mussten.

Hierfür haben wir die Materialliste in Abbildung 3 angefertigt. In der Materialliste wurde aufgeführt, die Bauteilbezeichnung, Bestellnummer, der Lieferant, ein Link zur Webseite des Händlers, die benötigte Anzahl, die Einzelpreise und der resultierende Gesamtpreis.

Bauteilbezeichnung	Bestellnr.	Lieferant	Link	Anzahl	Einzelpreis	Gesamtpreis
Schalt-Diode, 100 V, 150 mA, DO-35	1N 4148	reichelt	<a href="#">alt-diode-100-v-150-ma-do-35</a>	7	0.03 €	0.21 €
Reihen: 2 Polzahl je Reihe: 20 1580897 1 St.	1580897 - 62	conrad	<a href="#">te-standard-anzahl-reihen-20-1580897-1</a>	3	0.82 €	2.46 €
mm² Polzahl (num) 2 Grün 1 St.	1430098 - 62	conrad	<a href="#">5-2-schraubklemmblock-2-gruen-1-st</a>	1	0.40 €	0.40 €
LS 164 Shift Register, 8-Bit, 4,75 ... 5,25 V, DIL-14	LS 164	reichelt	<a href="#">bit-4-75-5-25-v-dil-14</a>	5	0.84 €	4.20 €
32.768kHz 9pF +/-20ppm TA QC SMD-2 32.768 kHz	1009256 - 62	Conrad	<a href="#">8khz-9pf-20ppm-ta-qc-smd-2</a>	1	0.69 €	0.69 €
SMD-Widerstand, 1206, 10,0 MOhm, 250 mW, 5%	SMD 1/4W 10M	reichelt	<a href="#">0-mohm-250-mw-5-smd-1-4w-10m</a>	1	0.04 €	0.04 €
NTS IC-Fassung Rastermaß: 2.54 mm, 7.62 mm Polzahl	1568704 - 62	Conrad	<a href="#">ssung-rastermass-2-54-mm-7-62-mm-polzahl</a>	11	0.69 €	7.59 €
NTS IC-Fassung Rastermaß: 2.54 mm, 7.62 mm Polzahl	1568705 - 62	Conrad	<a href="#">ssung-rastermass-2-54-mm-7-62-mm-polzahl</a>	1	0.72 €	0.72 €
CD4060BE	296-2060-ND	digi-key	<a href="#">roducts/detail/texas-instr-296-2060-nd</a>	1	0.65 €	0.65 €
Inverter, Hex, 4,75 ... 5,25 V, DIL-14	SN 7404N TEX	reichelt	<a href="#">5-25-v-dil-14-sn-7404n</a>	3	1.99 €	5.97 €
Counter, 3-Stage, 4,75 ... 5,25 V, DIL-14	SN 74LS90N TEX	reichelt	<a href="#">5-25-v-dil-14-sn-74ls90n</a>	1	1.66 €	1.66 €
SN74LS92N	296-26521-5-ND	digi-key	<a href="#">ducts/detail/texas-instrument-296-26521-5-nd</a>	1	3.26 €	3.26 €
SN74F74N	296-1558-5-ND	digi-key	<a href="#">roducts/detail/texas-instrument-296-1558-5-nd</a>	2	0.66 €	1.32 €
Taster, SMD, 1 Schließer (NO)	OMR B3S-1000P	reichelt	<a href="#">liesser-no-omr-b3s-1000p</a>	2	0.45 €	0.90 €
Stehende-Induktivität, 07HCP, Ferrit, 47µ	L-07HCP 47µ	reichelt	<a href="#">aet-07hcp-ferrit-47-l-07hcp</a>	1	0.59 €	0.59 €
						0.00 €
						0.00 €
						0.00 €
						0.00 €
						0.00 €
						0.00 €
						0.00 €
						0.00 €
						0.00 €
						0.00 €
				Summe:		30.66 €

Abbildung 3: Beschaffungsliste

Die Beschaffung der Bauteile dauerte länger als erwartet und führte zu einer Verzögerung von etwa zwei Monaten. Grund dafür waren ICs, die nicht in Deutschland verfügbar waren und importiert wurden.

# PCB-Design

Die Schaltung und das PCB wurden mit Eagle erstellt. Da wir keine Erfahrungen mit dem Design von PCBs hatten, mussten wir experimentieren und Videos anschauen, um Funktionen von Eagle kennenzulernen. Die Funktion „AutoRouter“ für die automatische Planung der Leiterbahnen wurde verwendet, nachdem die Bauteile manuell angeordnet wurden. In der Bauteilanordnung wurde versucht eine kompakte Platine zu entwerfen, die sich einfach löten lässt. Da die LEDs nicht auf der Platine eingelötet, sondern mit Leitungen an den Deckel montiert sind, waren die Positionen der Steckverbindungen auf der PCB frei wählbar. In Abbildung 4 ist die Oberseite des PCB erkennbar und in Abbildung 5 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** wird die Unterseite des PCB dargestellt. Alle Flächen, die keine Leiterbahnen sind, wurden auf beiden Seiten als GND genutzt.

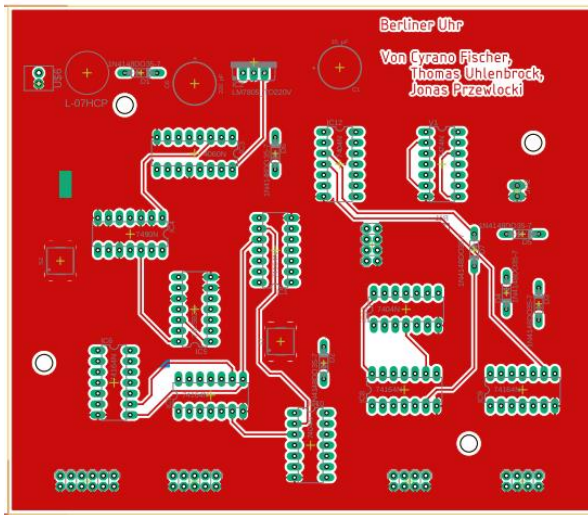


Abbildung 4: PCB-Design Top

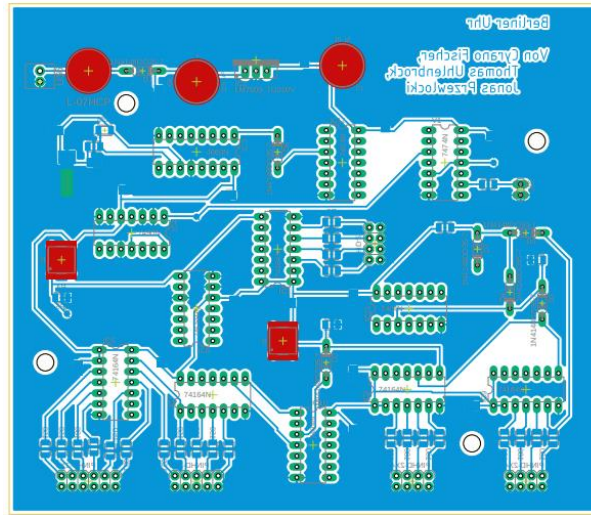


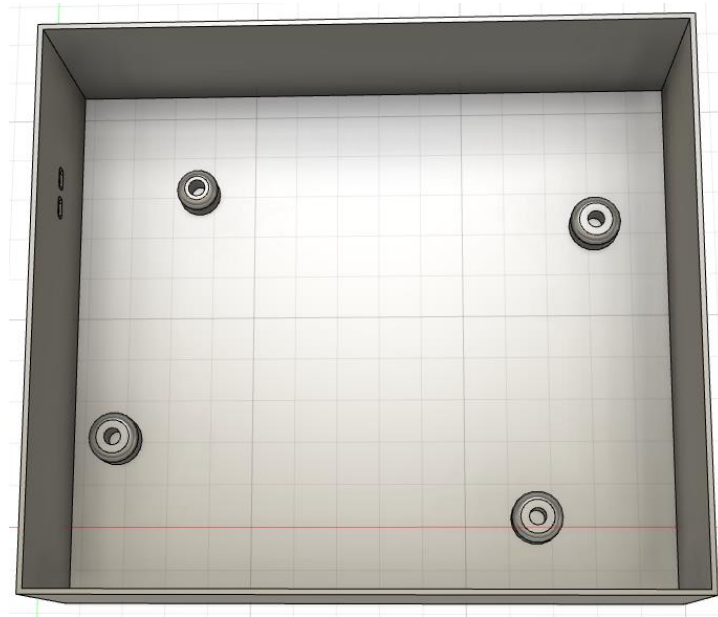
Abbildung 5: PCB-Design Bottom

## Gehäuse

Um die Berliner Uhr unterzubringen, haben wir uns entschieden, das Gehäuse selbst zu entwerfen und zu 3D-drucken. Der Designprozess stellte uns vor verschiedene Herausforderungen, darunter Diskussionen über Praktikabilität versus Ästhetik, die Balance zwischen Benutzerfreundlichkeit und Designkomplexität. Ursprünglich wollten wir die Berliner Uhr mit einer kreisförmigen Anordnung der LED umsetzen welches das Aussehen einer modernen Zeigeruhr nachahmt. Dies führte jedoch dazu, dass die Uhrzeit sehr schwer ablesbar wurde.

Letztendlich haben wir uns für ein kastenförmiges Gehäuse mit einem doppelten, abnehmbaren Deckel entschieden.

Wie man in der Abbildung 6 sehen kann, im Rumpf des Gehäuses sind Abstandhalter zum Boden gedruckt worden, mit denen das PCB vom Boden des Gehäuses angehoben wird. Auch sind für die Zufuhr der externen Versorgungsspannung zwei eckige Öffnungen an der Seite des Gehäuses angebracht, groß genug, um mit einem Kabelbinder die Leitungen zu fixieren. Dies soll die Funktion einer Zugentlastung übernehmen, denn wenn nun an dem Anschlussstecker außerhalb des Gehäuses gezogen wird, wird keine Last auf die Lötunkte der Platine übertragen.



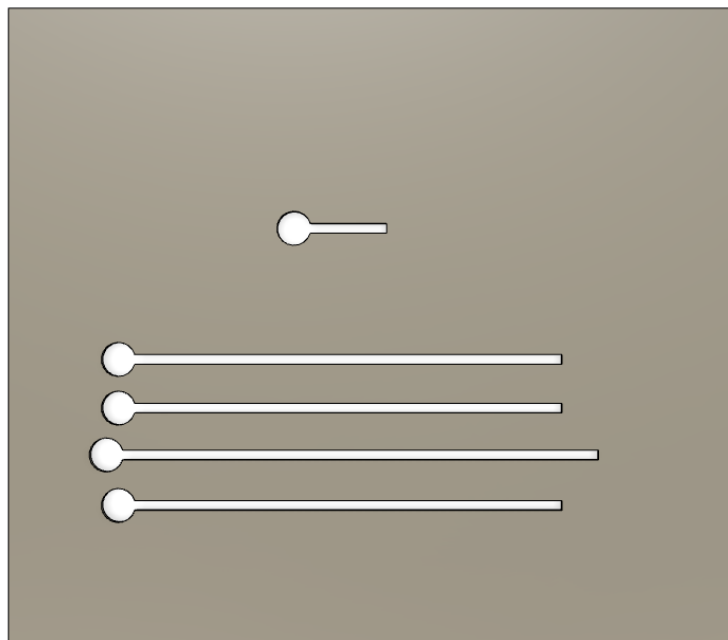
*Abbildung 6: Gehäuserumpf*

Die zeitanzeigenden LEDs sind in den Deckel eingebaut und mit einzelnen Leitungen an eine signalgebende Platine angeschlossen. Die Leitungen sind auf Seiten des PCB mit Klemmleisten angeschlossen, damit bei nötigen Reparaturen der Deckel inclusive LEDs komplett von dem Rest der Uhr separiert werden kann.

Das Ziel des Deckels war es, die LEDs fest an einer Position zu halten, durch Anmerkungen die Lesbarkeit der Uhr zu steigern und gleichzeitig Drehungen der LEDs zu verhindern, um Probleme mit den Leitungen zu vermeiden.

Im Design wurde der Deckel in zwei Teile aufgeteilt, den Unterdeckel und die Anzeigeplatte.

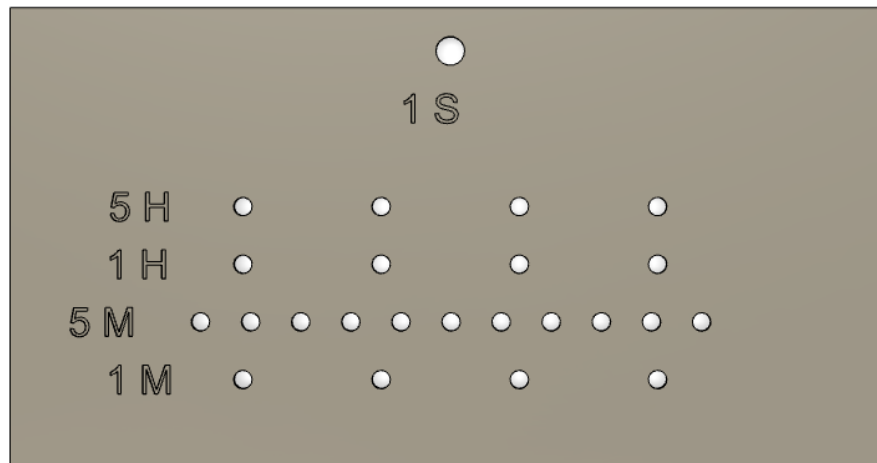
Der Unterdeckel, Abbildung 7, ist der Teil, welcher auf den Rest des Gehäuses gelegt wird, um dieses zu schließen. Im Unterdeckel sind fünf horizontale Öffnungen eingearbeitet, mit einer größeren runden Öffnung an einem Ende. Diese haben den Sinn, dass auf ihnen die Leuchtkörper der LEDs aufliegen und somit nur die Kontakte der LEDs in das Innere des Gehäuses geführt werden. Die LED konnten somit sich zwar entlang der horizontalen verschieben aber nicht mehr drehen, da der Spalt nicht breit genug ist damit die Kontakte eine Drehung schaffen.



*Abbildung 7: Unterdeckel des Gehäuses*



Die Anzeigeplatte, Abbildung 8, wird auf den Unterdeckel aufgelegt. Hier hat jede LED ein eigenes Loch, durch welches die LED an einer bestimmten Position befestigt werden. Die Lochgröße wurde so gewählt, dass der abgerundete Teil der DIP LEDs durch die Anzeigeplatte passt, aber die etwas breitere Basis des Leuchtkörpers zwischen Unterdeckel und Basisplatte eingeklemmt ist. An jeder LED reihe wurde die Einzel-Zeitwertigkeit der zugehörigen LED in den Deckel eingraviert, dies ermöglicht ein direktes Erkennen, welche Leuchten für eine Minute, fünf Minuten, eine Stunde, fünf Stunden oder eine Sekunde repräsentieren.



*Abbildung 8: Anzeigeplatte des Gehäuses*

# Erster Prototyp und Herausforderungen

Der Umfang des ersten Prototyps, Abbildung 9, ist auf ein fertig bestücktes PCB beschränkt. Ein Gehäuse war zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorhanden und auch die Bestellung der LEDs war noch nicht angekommen. Dennoch war schnell zu erkennen, dass das Herstellen und Bestücken des PCB genug Probleme mit sich brachten, die wir davor nicht erwartet hatten.

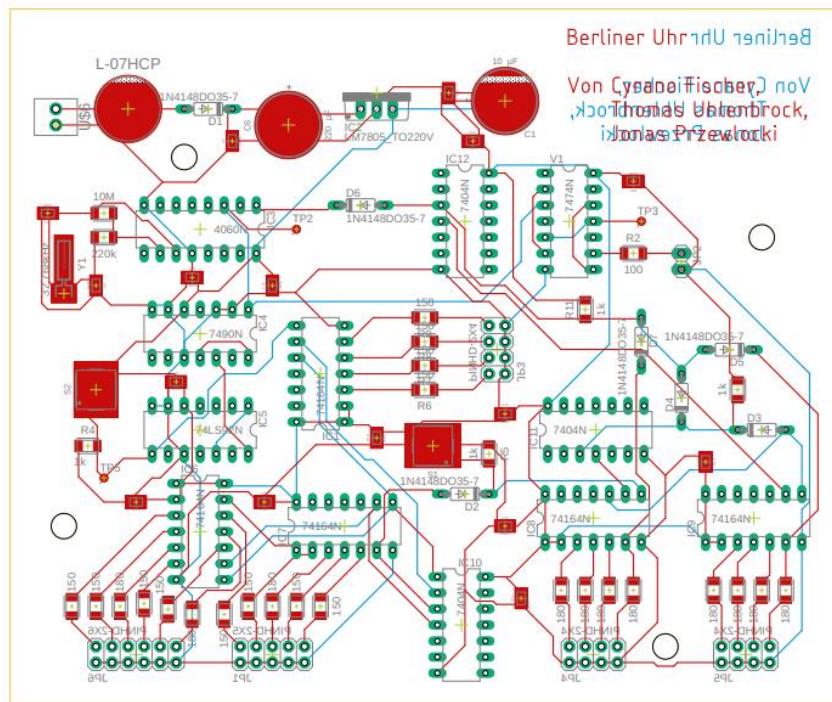


Abbildung 9: PCB Prototyp Design

Ein signifikantes Problem bestand darin, dass keine leitende Verbindung zwischen der oberen und unteren Seite, der selbst erstellten PCB vorhanden war. Daher mussten die ICs von beiden Seiten der Platine löten, was aufgrund zu geringer Abstände zwischen den IC-Sockeln zu geschmolzenem Kunststoff führte. Auch war der gelieferte frequenzgebende Quarzkristall größer als geplant, weshalb sich die Lötkontakte des Bauteils vom PCB unterschieden. Da kein Modell für den gelieferten Kristall vorhanden war und wir kein neues PCB fräsen wollten, mussten wir einen anderen Kristall bestellen.

# Überarbeitetes PCB-Design

Basierend auf unseren vorherigen Erfahrungen haben wir beschlossen, ein überarbeitetes PCB-Design zu erstellen, welches folgende Punkte berücksichtigt:

- Abstand Toleranzen groß genug lassen und optimierte Einstellungen verwendend.
- Bauteil-Footprint korrekt auswählen.
- Vermeidung von Durchkontaktierungen.
- Löten auf beiden Seiten einfacher machen.

Das letzte PCB-Design wurde dann extern bestellt, damit die Durchkontaktierungen automatisch eingefügt wurden und das Löten einfacher wurde. Unter Abbildung 10 und Abbildung 11 sieht man das end PCB-Design.

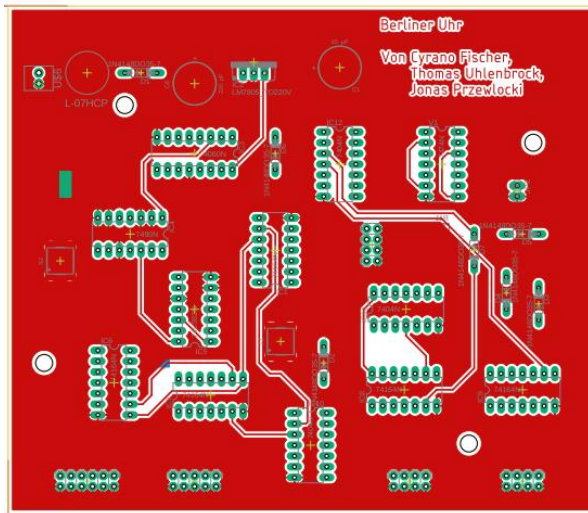


Abbildung 10: PCB-Design Top

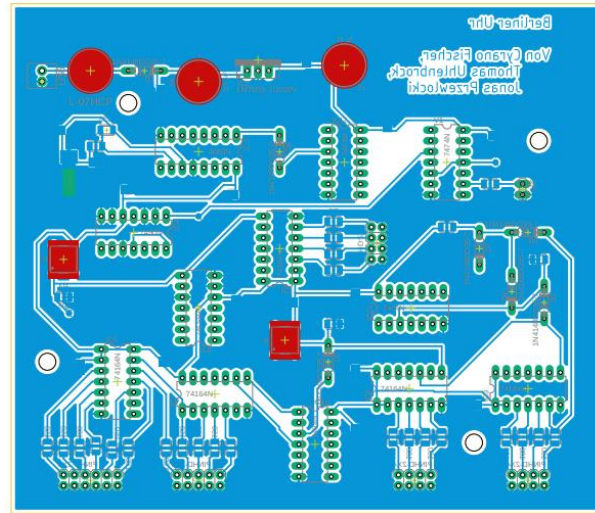


Abbildung 11: PCB-Design Bottom

## Umsetzung

Das Bestücken der PCB hat einwandfrei funktioniert, es wurde jedoch beschlossen die Taster, welche für das Einstellen der Zeit verantwortlich sind, nicht funktionsfähig einzulöten, denn es wurde während der Umsetzung festgestellt, dass die Taster nicht nur manuell die Zählerschaltung beeinflusst, sondern auch die volle Versorgungsspannung von 5V an den Ausgang eines ICs gibt. Da es Unsicherheiten gab, ob dies zu einem Durchbrennen des betroffenen ICs führt, war das Risiko den Taster richtig anzuschließen nicht wert, denn wenn ein IC kaputt geht, kann das Abgabetermin nicht einhalten werden.

Damit der Kühlkörper des Spannungsreglers in das Gehäuse passt, wurde es mit einer Säge gekürzt.

Die Versorgungsspannung wurde wie geplant aus dem Gehäuse geführt und die Leitungen mit einem Kabelbinder fixiert. Beim Ziehen von außen konnte beobachtet werden, dass im Inneren keine Last auf die Lötstellen übertragen wurde.

Beim Versuch die Platine auf den Sockeln festzuschrauben, wurde festgestellt, dass der 3D-Druck nicht ganz genau war und nur zwei von vier Schrauben verwendet werden konnten. Glücklicherweise ist das PCB auch mit nur zwei Schrauben ausreichend fest am Gehäuse verankert, sodass wenig Spiel festgestellt werden konnte.

Für die Sekundenanzeige war eigentlich eine große gelbe LED geplant. Leider gab es im Labor keine solche LED mehr, also wurde eine große grüne LED stattdessen benutzt, da diese die gleiche Spannung braucht.

Da die Leitungen gerne aus den Buchsen rutschen, wurde Sekundenkleber benutzt, um die Leitungen zu fixieren, danach konnten keine Wackelkontakte mehr festgestellt werden.

In der Planung wurde das Volumen an Leitungen völlig unterschätzt, welche im Gehäuse untergebracht werden mussten. Es wurde davon ausgegangen, dass der Deckel locker auf dem Rest des Gehäuses ruhen könnte, dies war leider nicht der Fall. Als spontane Lösung wurde der Deckel mit Tape am restlichen Gehäuse befestigt.

Beim Starten der Uhr konnte festgestellt werden, dass die Uhr aus unerfindlichen Gründen direkt bei Sekunde 54 startet und somit die erste Minute schon nach Sechs Sekunden angezeigt wird. Danach funktioniert die Zeitanzeige wie intendiert, nur unterscheidet sich die Leuchtkraft einiger Dioden. Einen Grund hierfür wurde nicht festgestellt.

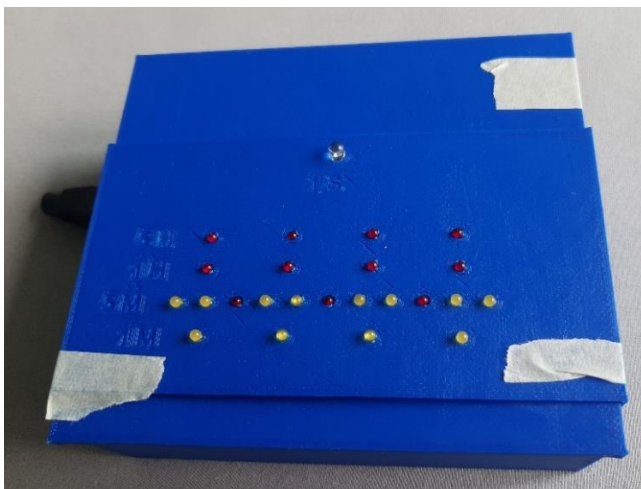


Abbildung 12: Gehäuse mit LEDs geschlossen

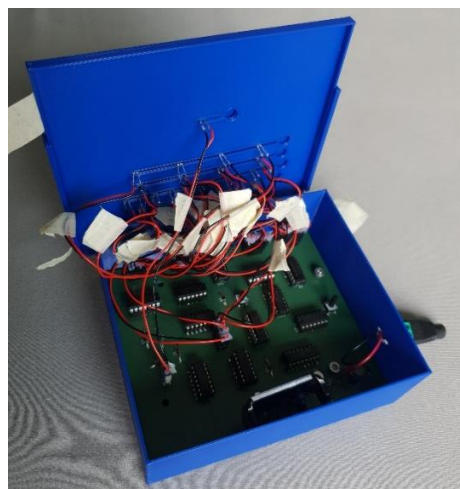


Abbildung 13: Gehäuse mit LEDs offen

# Fazit

Wir haben während der Projektarbeit sehr viel gelernt. Im speziellen, in welche Themen sich mehr Zeitaufwand lohnt und welche Diskussionen sich nicht rentierten. So würden wir bei einer Wiederholung der Projektarbeit weitaus mehr Arbeit in Kommunikation und Visualisierungen von Designideen angeht, damit Missverständnisse erkannt werden und alle Projektteilnehmer über die Gründe der getroffenen Entscheidungen wissen.

Viele Erfahrungen, welche wir gesammelt haben, wie z.B. die Durchkontaktierung beim Erstellen einer PCB, sind Dinge, die sich sehr schnell zeigen, aber Neulingen beim Planen nicht einfallen.

Letztlich haben wir ein Produkt geschaffen, das sich in vielen Aspekten von der ursprünglichen Vision unterscheidet und einige Mankos in seiner Funktionalität aufweist. Aber wir haben ein Produkt geschaffen, bei dessen Bau wir gelernt haben, ein PCB zu modellieren, ein Gehäuse in 3D zu erstellen, Lötarbeiten durchzuführen, einen 3D-Drucker zu kalibrieren, eigene Designideen zu kommunizieren und das EIB-Labor zu nutzen.

# Ausblick

Das Projekt der Berliner Uhr hat uns einen guten Einblick in die Prozesse und Methoden des PCB-Designs, dessen Entwicklung und Implementierung in ein selbstgebautes Gehäuse gegeben. Aufgrund unserer gewonnenen Kenntnisse haben wir einige Ansätze für Verbesserungen und Weiterentwicklung des Projektes überlegt, die wir hier aufführen wollen.

Anpassungen des PCB:

- Nachforschen, ob die durch die Taster gefährdeten ICs 5V am Ausgang aushalten.
  - Wenn nein, durch den Einbau von Dioden am Ausgang der ICs diese gegen Überstrom schützen und die Funktionalität der Taster wiederherstellen.
  - Wenn ja, die Taster wie ursprünglich gedacht in die Schaltung integrieren.
- Beheben eines Fehlers, der dazu führt, dass bei Einschalten die erste angezeigte Minute nach 6 Sekunden erscheint und somit die Uhrzeit falsch anzeigt.
- Neudesignen des LED-Anschlusses und deren Integrierung im Gehäuse.
- Homogenisierung der Leuchtkraft aller LEDs

Anpassungen des Gehäuses

- Den Deckel und den Rumpf des Gehäuses mit einer Vorrichtung versehen, sodass ein zuverlässiges Schließen des Gehäuses möglich ist.

- Integrieren der Spannungsversorgungsbuchse auf dem PCB mit dazugehörigen Anpassungen des Gehäuses.
- Druckgenauigkeit anpassen, damit die Schrauben, welche das PCB mit dem Gehäuse verbinden alle verwendet werden können.

# Quellen

Von Muritatis - Eigenes Werk, Gemeinfrei,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4474854>

Schäffer, F. (6. 3 2021). *Nachbau der Berlin-Uhr mit digitaler Schaltungstechnik*. Von blafusel:

<https://www.blafusel.de/misc/berlin-uhr.html> abgerufen

# Dateien

Die Dateien können unter <https://github.com/cyranoF/ProjektarbeitBerlinerUhr> oder über den QR-Code downloadet werden.

