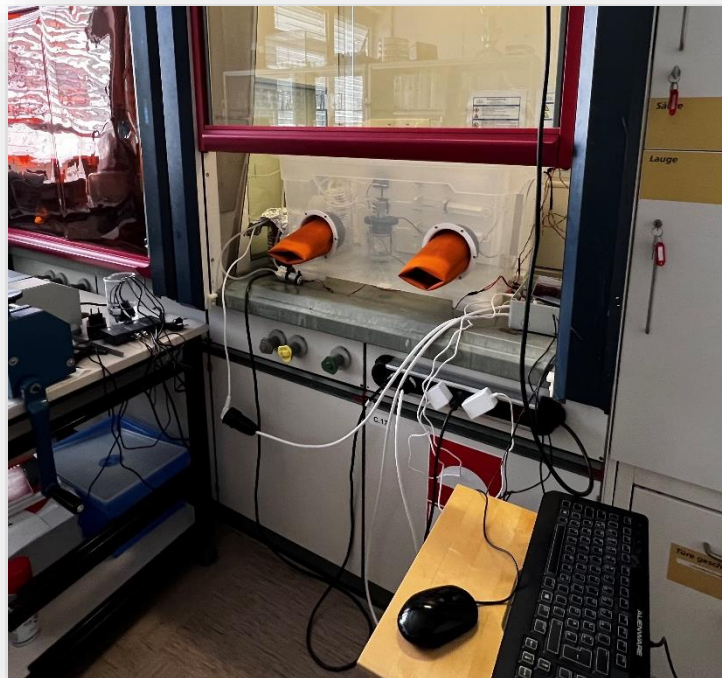


Gymnasium Münsingen  
Seminarkurs nachhaltige Entwicklung

# Inwiefern ist der DIY-Reaktor Microlab ein Tool zu der medizinischen Selbstversorgung?

Eine Untersuchung



Vorgelegt von:  
Tim Weber  
Münsingen  
30.04.2024

# Inhaltsverzeichnis

Glossar.....	1
1. Einleitung .....	1
2. Historischer Hintergrund.....	2
3. Bau des Microlabs .....	4
3.1 Ursprünglicher Aufbau .....	4
3.2 Eigener Aufbau.....	6
3.3 Vorgehensweise .....	8
3.4 Ergebnisdiskussion .....	9
4. Synthese von Aspirin®.....	10
4.1 Einleitung .....	10
4.2 Reaktionsmechanismus .....	10
4.3 Durchführung .....	11
4.4 Reinheitsnachweise .....	11
4.5 Gesetzlicher Rahmen.....	13
4.6 Zugänglichkeit der Synthese .....	14
4.7 Ergebnisdiskussion.....	14
5. Fazit .....	16
Danksagung .....	17
Quellen und Literaturverzeichnis .....	17
Anhang .....	I
Anhang 1: Bauprotokoll des Microlabs .....	I
Anhang 2: Interview-Protokoll.....	IV
Anhang 3: Abbildungen .....	XXII

# Glossar

API: Active Pharmaceutical Ingredient; Aktiver Wirkstoff eines Arzneimittels

Generika: Arzneimittel, welche ein ehemalig patentgeschütztes Präparat enthalten<sup>1</sup>

SDG: Sustainable Development Goal

Image: Systemabbild eines Computers

SFZ: Schülerforschungszentrum

DIY: Do it yourself

OTC-Medikament: Over-the-Counter-Medikament (verschreibungsfreies Medikament)

LS-Schalter: Leistungsschutzschalter

FI-Schalter: Fehlerstromschutzschalter

Hackerspace: Ein Ort, an welchem Menschen ihre Ideen in der Informatik und Wissenschaft teilen bzw. an Projekten arbeiten können.

ASS: Acetylsalicylsäure

SS: Salicylsäure

Analgetika: Substanzen, die Schmerzempfindungen ohne allgemein-narkotische Wirkung verringern.<sup>2</sup>

Antiphlogistika: Entzündungshemmende Substanzen.<sup>3</sup>

DC: Dünnschichtchromatographie

---

<sup>1</sup>Vgl. Bundesministerium für Gesundheit (ohne Autor) (ohne Datum): Generika. Online unter: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/g/generika>. Zuletzt abgerufen am 16.01.2024.

<sup>2</sup> Vgl. Mutschler, Ernst et al. (2012): Mutschler Arzneimittelwirkungen (Pharmakologie Klinische Pharmakologie Toxikologie). 10. Auflage. S. 194.

<sup>33</sup> Ebd. S.205.

# 1. Einleitung

Das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte listet derzeit 496 Lieferengpassmeldungen für Arzneimittel.<sup>4</sup> Dieser Zustand ist vor allem durch hohe und steigende Versorgungs- und geringe Kostenanteile von Generika zu begründen.<sup>5</sup> Der so entstehende Kostendruck führt zu immer weniger Herstellern und einer Verlagerung der Produktionsstandorte.<sup>6</sup> So werden 63% der in Europa benötigten APIs in Asien hergestellt.<sup>7</sup> Dies verursacht instabile Lieferketten und Abhängigkeiten.<sup>6</sup> Ein Lösungsansatz für dieses Problem bietet eventuell das Open-Source Projekt Microlab des anarchistischen Four Thieves Vinegar Collective.<sup>8</sup> Das Ziel dieses Projektes ist, einen „DIY automatisierten, kontrollierten Labor Reaktor [zu bauen,] der mit online verfügbaren Teilen zusammengebaut werden kann [Übers. d. Verf.]“.“<sup>9</sup> Dadurch soll es Personen ermöglicht werden bestimmte Arzneimittel zuhause herzustellen. Des Weiteren soll dies die Menschen dazu bestärken, mehr an ihre eigene körperliche Autonomie zu glauben.<sup>10</sup>

In diesem Zusammenhang wird die medizinische Selbstversorgung als Versorgung mit Medikamenten regionalen oder individuellen Ursprungs definiert.

Doch inwiefern ist das Microlab nun ein wichtiges Tool der medizinischen Selbstversorgung und damit auch ein Lösungsansatz für Lieferengpässe oder Abhängigkeiten zu anderen Ländern? Um diese Frage zu beantworten, wird der Ansatz des Microlabs anhand der Kriterien Reinheit, Legalität und Zugänglichkeit überprüft. Die einzelnen Kriterien werden in den folgenden Kapiteln näher behandelt. Zunächst wird auf den historischen Hintergrund der medizinischen Selbstversorgung eingegangen. Anschließend wird der ursprüngliche Aufbau des Microlabs beleuchtet und danach ein eigenes Microlab entworfen und gebaut. Dies dient der Überprüfung der Zugänglichkeit für die Allgemeinheit hinsichtlich der Verfügbarkeit der

---

<sup>4</sup> Vgl. PharmNet.Bund (ohne Autor) (ohne Datum): Veröffentlichte Lieferengpassmeldungen. Online unter: <https://web.archive.org/web/20240114170204/https://anwendungen.pharmnet-bund.de/lieferengpassmeldungen/faces/public/meldungen.xhtml?jfwid=903EBA5AEBF3779E4AD0395296243%3A0>. Zuletzt aufgerufen am 14.01.2024.

<sup>5</sup> Vgl. Pro Generika e.V. (ohne Autor) (ohne Datum): Generika in Zahlen zum Kalenderjahr 2022. Berlin. S. 9.

<sup>6</sup> Vgl. Pro Generika e.V. (ohne Autor) (ohne Datum): Warum sind immer wieder Arzneimittel knapp? Die wichtigsten Fragen und Antworten. Online unter: <https://www.progenerika.de/news/lieferengpaesse-fragen-und-antworten-2/>. Zuletzt abgerufen: 14.01.2024.

<sup>7</sup> Vgl. Pro Generika e.V. (ohne Autor) (2020): Woher kommen unsere Wirkstoffe? Eine Weltkarte der API Produktion. Finaler Report. Berlin. S. 14.

<sup>8</sup> Vgl. Four Thieves Vinegar Collective (ohne Autor) (ohne Datum): Homepage. Online unter: <https://fourthievesvinegar.org>. Zuletzt abgerufen am: 16.01.2024.

<sup>9</sup> Vgl. Sparky; SpikeNebula (ohne Datum): Motivation. Online unter: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/motivation.md>. Zuletzt abgerufen am: 16.01.2024.

<sup>10</sup> Ebd.

Materialien und des Zeitaufwands. Daraufhin wird mithilfe des Microlabs eine Aspirin® Synthese vollzogen. Anhand dieser Synthese erfolgt die Überprüfung der Legalität und Reinheit des selbst hergestellten Arzneimittels. Die Reinheit wird mit Umkehrphasen-Dünnschichtchromatographie und Ramanspektroskopie analysiert. Danach folgt eine Untersuchung der Zugänglichkeit zu dem Wissen über die Synthese. Abschließend werden die Erkenntnisse, inwiefern das Microlab ein Tool für die medizinische Selbstversorgung darstellt, in einem Fazit formuliert.

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Seminarkurs nachhaltige Entwicklung des Gymnasium Münsingen und muss unter eines oder mehrere Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen fallen. Das erste SDG das diese Arbeit behandelt ist das SDG 3: Gesundheit und Wohlergehen. Nach diesem Ziel ist die „Gewährleistung eines gesunden Lebens und die Förderung des Wohlbefindens in jedem Alter [...] für eine nachhaltige Entwicklung von wesentlicher Bedeutung“<sup>11</sup>. Falls Microlab nun die medizinische Versorgung verbessert oder sichert, wäre diesem Ziel nachgegangen, da dadurch Gesundheitsprobleme durch eine nicht vorhandene Medikation verhindert werden könnten. Außerdem würde so der Zugang zu Medikamenten durch Eigensynthese erleichtert werden. Des Weiteren fällt diese Arbeit unter das SDG 9: Industrie, Innovation und Infrastruktur.<sup>12</sup> Durch eine weite Verbreitung des Microlabs innerhalb der Gesellschaft wäre eine dezentrale Arzneimittelproduktion möglich, was die medizinische Versorgung weniger vulnerabel und somit sicherer machen würde.

## 2. Historischer Hintergrund

Zuerst wird auf die Geschichte der Pharmazie eingegangen, um ein allgemeines Verständnis dafür zu entwickeln, wie Menschen Heilmittel erhielten und herstellten. Als nächstes werden Entwicklungen der jüngeren Neuzeit in Bezug auf die medizinische Selbstversorgung dargestellt.

Die Geschichte der Pharmazie ist geprägt von der medizinischen Selbstversorgung. Bereits im Neolithikum gibt es Hinweise auf die Benutzung von Heilpflanzen.<sup>13</sup> Auch in der

---

<sup>11</sup> Vereinte Nationen (ohne Autor) (ohne Datum): Ziel 3: Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern. Online unter: <https://unric.org/de/17ziele/sdg-3/>. Zuletzt abgerufen am: 16.01.2024.

<sup>12</sup> Vgl. Vereinte Nationen (ohne Autor) (ohne Datum): Ziel 9: Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, breitenwirksame und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovation unterstützen. Online unter: <https://unric.org/de/17ziele/sdg-9/>. Zuletzt abgerufen am: 16.01.2024.

<sup>13</sup> Sneader, Walter (2005): Drug Discovery: A History. Glasgow. S. 8.

vorchristlichen Zeit wurde die Pflanzenheilkunde global in etlichen Kulturen eingesetzt.<sup>14</sup> Während des Mittelalters ging nun viel medizinisches Wissen der griechischen, römischen und ägyptischen Zivilisationen in Europa verloren.<sup>15</sup> Jedoch forschten auch in diesem Zeitalter Mönche in Klöstern an Heilpflanzen und versorgten die Gesellschaft mit Diesen.<sup>16</sup> Im Mittelalter fand außerdem eine zunehmende Spezialisierung zwischen Arzt und Apotheker statt. Dieser Trend führte im Jahr 1683 zu einem vom Stadtrat von Brügge erlassenen Gesetz, welches Ärzten verbot, Heilmittel für ihre Patienten herzustellen.<sup>17</sup> In der Mitte des 18. Jahrhunderts stellten nun Apotheker pflanzliche Heilmittel in Form von Extrakten und Konzentraten wie z.B. Morphin oder Chinin her. In diesen Apothekarien, welche nur geringe Mengen produzierten, liegt der Ursprung vieler großer pharmazeutischer Unternehmen wie z.B. Merck. Diese damals noch kleinen Unternehmen stellten in kurzer Zeit nicht mehr Naturprodukte, sondern synthetisierte Chemikalien her. Am Anfang des 20. Jahrhundert wurden viele Medikamente von Apothekern zusammengemischt und Ärzte versorgten ihre Patienten direkt mit den von kleinen Unternehmern gelieferten Arzneimitteln. Das mittlere Drittel des 20. Jahrhundert kennzeichnete nun etliche Durchbrüche in der Entwicklung von synthetischen, semi-synthetischen und natürlichen Arzneimitteln.<sup>18</sup>

In der jüngeren Neuzeit gab es immer wieder Fälle der medizinischen Selbstversorgung. So wurde die Funktion des Medikamentes Misoprostol als Abtreibungsmittel zuerst von brasilianischen Aktivisten in den 1980er Jahren entdeckt. Diese besorgten sich Misoprostol und untersuchten es auf Wirksamkeit, Sicherheit und Dosierung. Diese Informationen wurden dann innerhalb des Aktivistennetzwerkes weitergegeben. Misoprostol ist außerdem aufgrund von seiner Vielseitigkeit in vielen Ländern als OTC-Medikament verfügbar.<sup>19</sup> Des Weiteren fertigten Patienten mit Typ-1-Diabetes ihre eigenen künstlichen Bauchspeicheldrüsensysteme an, da der Fortschritt an Innovation in diesem Gebiet langsam voranschreitet. Die Herstellung eines solchen künstlichen Bauchspeicheldrüsensystems erfolgt durch das Verbinden einer

---

<sup>14</sup> Vgl. Sendker, Jandrick; Sheridan, Helen (2017): History and Current Status of Herbal Medicines. In: Pelkonen, Olavi et al. (Hrsg.): Toxicology of Herbal Products. Schweiz. S.11 – 28. Hier: S. 13.

<sup>15</sup> Vgl. Hajar, Rachel (2012): The Air of History (Part II) Medicine in the Middle Ages. In (kein Hrsg): Heart views: the official journal of the Gulf Heart Association 13(4). S.158 - 162. Hier: S.158.

<sup>16</sup> Ebd. S.160.

<sup>17</sup> Vgl. Krantz, John C. et al. (Ohne Datum): Pharmacy. Online unter: <https://www.britannica.com/science/pharmacy#ref35617>. Zuletzt abgerufen am: 09.04.2024.

<sup>18</sup> Vgl. Sendker, Jandrick; Sheridan, Helen (2017): History and Current Status of Herbal Medicines. S. 15.

<sup>19</sup> Vgl. Calkin, Sydney (2023): Abortion Pills Go Global: Reproductive Freedom Across Bordes. Oakland, California. S.11.

Insulinpumpe und eines Glucose-Messinstrumentes.<sup>20</sup> Das Open Insulin Project ist ein weiteres Beispiel für die medizinische Selbstversorgung. Das Ziel dieses Projektes ist es, das erste „[...] praktische, kleinangelegte, gemeinschaftsbasierte Model für die Insulin Produktion [zu entwickeln] um Insulin für alle zugänglich zu machen [Übers. d. Verf.]“<sup>21</sup>

Das Microlab Projekt des Four Thieves Vinegar Collective ist demnach also kein Einzelfall, bei dem Menschen ihre medizinische Versorgung selbst organisieren bzw. durchführen.

### 3. Bau des Microlabs

#### 3.1 Ursprünglicher Aufbau

Der ursprüngliche Aufbau eines Microlabs ist in vier Elemente unterteilt: Die Reaktoreinheit, die Peristaltik Pumpen, die Laborkontrolleinheit und die Temperaturkontrolleinheit. Diese Elemente werden im Folgenden näher beschrieben.

Die Reaktoreinheit besteht aus einer quadratischen Box und dem Reaktor selbst, welcher an der oberen Seite der Box befestigt ist (siehe Abbildung 1). Die Box setzt sich aus fünf bemalten Sperrholzplatten, Eckwinkeln, einer aus transparentem Klebeband bestehende Tür und Klettstreifen zusammen. Zusätzlich wurde auch noch ein LED-Streifen in der Box angebracht. Der Reaktor besteht aus einem äußeren und inneren Einmachglas, welche durch ein 3D-Druckteil verbunden werden. Zwischen dem äußeren und inneren Einmachglas wird Wasser für die Temperierung des Reaktors geleitet. In das innere Einmachglas werden durch das 3D-Druckteil ein Schlauch für die Reagenzien und ein Rührstab geführt. Der Rührstab ist durch eine Kupplung mit dem Motor verbunden.<sup>22</sup>

---

<sup>20</sup> Vgl. Roberts, Joseph T.F.; Moore, Victoria; Quigley, Muireann (2021): Prescribing unapproved medical devices? The case of DIY artificial pancreas systems. In: (kein Hrsg.): Medical law International 21(4). S. 42-68. Hier: S.43.

<sup>21</sup> Vgl. Open Insulin Foundation (Ohne Autor) (Ohne Datum): Homepage. Online unter: <https://openinsulin.org>. Zuletzt abgerufen am: 11.04.2024.

<sup>22</sup> Vgl. Sparky (ohne Datum): Microlab Reactor Unit Assembly. Online unter: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/assembly-reactor-unit.md>. Zuletzt abgerufen am: 15.04.2024.





Abbildung 1: Reaktoreinheit des ursprünglichen Aufbaues. Quelle: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/media/microlab-reactor-unit-pump-unit-assembled.jpg>.

Der Schlauch für die Reagenzien teilt sich in drei weitere Schläuche mithilfe von Adaptern, welche zu den Peristaltik Pumpen führen. Diese Pumpen werden auf einer Sperrholzplatte verschraubt, welche mit Klettstreifen auf der Reaktoreinheit montiert ist. Die Spritzen, in denen sich die Reagenzien befinden, sind am oberen Ende der Sperrholzplatte mittels Klettstreifen fixiert und mit den Pumpen verbunden.<sup>23</sup>

Die Laborkontrolleinheit stellt das Herz des Apparates dar, da diese sämtliche Prozesse des Reaktors steuert. Sie ist aus einem Mini-Computer wie zum Beispiel einem Raspberry Pi, einer Relay Platine und einem Arduino Uno mit CNC-Shield zusammengesetzt (siehe Abbildung 2). Die Anschlüsse für den Rührmotor etc. und die Netzteile sind ebenfalls in der Reaktorkontrolleinheit untergebracht. Das Gehäuse dieser Einheit besteht aus gewellten Kunststoffplatten.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Vgl. Sparky (ohne Datum): Peristaltic Pumps Assembly. Online unter: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/assembly-peristaltic-pumps.md>. Zuletzt abgerufen am: 15.04.2024.

<sup>24</sup> Vgl. Sparky; Sparkletheunicorn (ohne Datum): Microlab Lab Control Unit Assembly. Online unter: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/assembly-lab-control-unit.md>. Zuletzt abgerufen am: 15.04.2024.





Abbildung 2: Innenleben der Laborkontrolleinheit des ursprünglichen Aufbaues. Quelle: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/media/microlab-reactor-unit-pump-unit-assembled.jpg>.

Die Temperaturkontrolleinheit ist in eine Elektronikbox, einen Wärmetauscher und eine Pumpe unterteilt. Die Elektronikbox setzt sich aus einer Kaltgerätebuchse, einem Relay und zwei Steckdosen zusammen. Diese Komponenten sind miteinander verbunden und ermöglichen so das An- bzw. das Ausschalten von zwei Tauchsiedern. Das Four Thieves Vinegar Collective empfiehlt hier jedoch eine kaufbare Version, zu welcher die Dokumentation und Teileliste angepasst werden soll. Der Wärmetauscher besteht aus einem Einmachglas, zwei Tauchsiedern und einer Kupferrohrspirale. Durch diese Spirale wird das Wasser mithilfe einer Pumpe befördert und so der Reaktor temperiert.<sup>25</sup>

### 3.2 Eigener Aufbau

Aufgrund von Nichtverfügbarkeit von Komponenten und Bedenken bezüglich der Sicherheit wurde ein angepasster Aufbau entwickelt, ohne das grundlegende Konzept des Microlabs zu ändern. Die Reaktoreinheit besteht im eigenen Aufbau aus einer geschlossenen Kunststoffbox, in welcher der Reaktor sitzt. Diese wurde mit Dichtungen und einer Entlüftung ausgestattet. Der Reaktor ist durch - an der Vorderwand auf O-Ringen eingebaute - Handschuhe erreichbar (siehe Abbildung 3).

<sup>25</sup> Vgl. Sparky; Sparkletheunicorn (ohne Datum): Microlab Temperature Control Unit Assembly. Online unter: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/assembly-temperature-control-unit.md>. Zuletzt abgerufen am: 15.04.2024.

Da die Kunststoffbox wasserdicht ist und aus Polypropylen gefertigt wurde, bietet sie Schutz vor etlichen Chemikalien.<sup>26</sup> Die Peristaltik Pumpen und Spritzen wurden an einer Siebdruckplatte montiert, welche sich in der Reaktoreinheit befindet. So ist es möglich, die Spritzen mithilfe der Handschuhe in der geschlossenen Reaktoreinheit, unter einer Entlüftung zu befüllen, ohne dass die Chemikalien den Anwender gefährden. Darüber hinaus wurden andere Peristaltik Pumpen und Spritzen verwendet. Die eingebauten Pumpen besitzen einen Schnellverschluss der Schläuche, was das Reinigen dieser vereinfacht. Es wurden außerdem größere Spritzen gewählt, um ein breiteres Spektrum der Dosierung zu erreichen. Des Weiteren führen drei Schläuche von den Spritzen bzw. Peristaltik Pumpen direkt in den Reaktor, ohne dass die Schläuche zusammenlaufen. Der Reaktor steht im Gegensatz zu dem ursprünglichen Aufbau auf dem Boden der Kunststoffbox. Die 3D-Druckteile des Reaktors mussten in Fusion 360 neu konstruiert werden, da die in der Teileliste empfohlenen Einmachgläser nicht verfügbar waren.



Abbildung 3 & 4: Reaktoreinheit ohne Reaktor (links) und der Reaktor selbst (rechts). Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>26</sup> ER&GE (ohne Autor) (ohne Datum): Verhalten von PP gegenüber Chemikalien. Online unter: [https://www.ergeplas.de/downloads/ERGE\\_Bestaendigkeiten\\_PP\\_de.pdf](https://www.ergeplas.de/downloads/ERGE_Bestaendigkeiten_PP_de.pdf). Zuletzt abgerufen am: 15.04.2024.

Die Laborkontrolleinheit ist an der Seite der Reaktoreinheit montiert. Sie besteht aus einem Sicherungskasten und den elektronischen Komponenten, welche dem ursprünglichen Aufbau entsprechen. Demnach wird ein Raspberry Pi, Arduino Uno und ein Relay Platine verwendet. Der Temperatursensor ist jedoch nicht per serieller Schnittstelle mittels USB sondern mit dem 1-Wire Protokoll über einen GPIO-Pin des Raspberry Pi verbunden, da ein USB-Temperatursensor des empfohlenen Typ der Teileliste nicht verfügbar war. Des Weiteren sitzen die Netzteile nicht in dem Sicherungskasten, sondern werden mithilfe von Hohlsteckern an den Sicherungskasten angeschlossen.

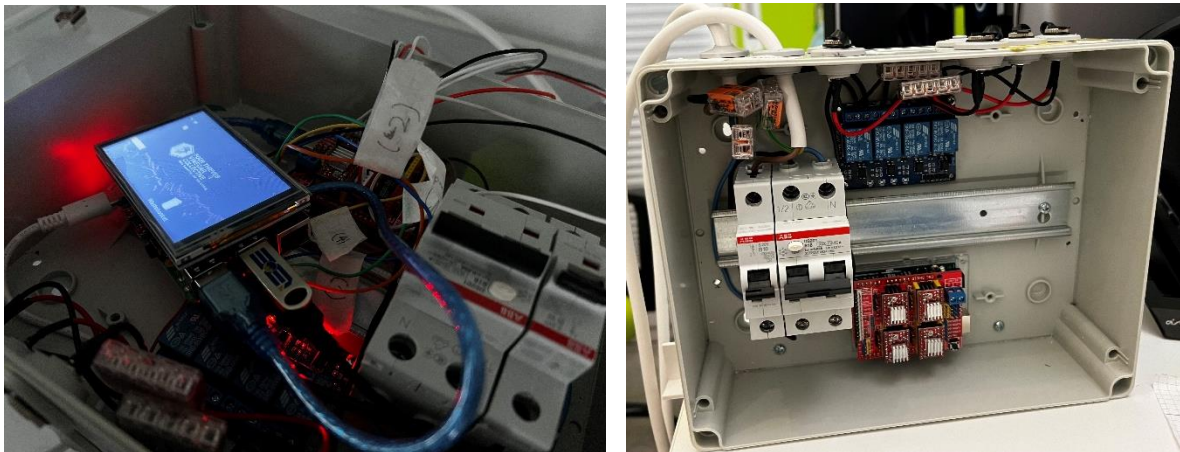


Abbildung 5 & 6: Laborkontrolleinheit in Betrieb (links) und während der Bauphase (rechts). Quelle: Eigene Darstellung.

Auch an der Temperaturkontrolleinheit wurden Veränderungen vorgenommen. So wurde die zusätzliche Elektronikbox in den Sicherungskasten integriert. Aus Sicherheitsgründen kam noch ein FI- und LS-Schalter zwischen die Stromversorgung des Tauchsieders. Die Temperierung erfolgt wie bei dem ursprünglichen Aufbau mittels einer Kupferrohrspirale.

### 3.3 Vorgehensweise

Der Bau des eigenen Microlabs benötigte einige Werkzeuge. So wurden die Löcher für die Entlüftung und Handschuhe mithilfe von einem Multifunktionswerkzeug geschnitten. Das Sägen der Platte, an welcher die Spritzen und Peristaltik Pumpen angebracht sind, benötigte eine Stichsäge. Die Kupplung des Motors musste mit einer Drehbank nachgebohrt werden. Des Weiteren wurde ein Bohrschrauber für Kabeldurchführungen benötigt. Viele Kabel mussten ebenfalls mit einem LötKolben verlängert werden. Zuletzt erfolgte die Herstellung einiger Kunststoffteile mithilfe eines 3D-Druckers.

Folglich bedurfte der Bau ein gewisses Maß an Fähigkeiten. So stellt dieses Projekt einen sehr interdisziplinären Anspruch an Denjenigen, der es repliziert. Es wurden Fertigkeiten im

Bereich des Handwerkes, der Elektrotechnik und der Informatik benötigt. Ein weiterer Faktor, welcher die Anforderungen erhöhte, war die vorliegende Projektdokumentation. In dieser fehlen momentan zum Beispiel Schaltpläne oder Bilder, die den Bauprozess detailliert zeigen.<sup>27</sup>

Des Weiteren wurde für die Fabrikation des Microlabs insgesamt 72,5 Stunden aufgewendet, welche sich auf 19 Tage verteilten (siehe Anhang 1). Dieser Zeitaufwand berücksichtigt lediglich die tatsächliche Fabrikationszeit und nicht die Transportzeiten oder die aufgewendete Zeit für den Einkauf der Komponenten. Ein erheblicher Teil der Fabrikationszeit stellte das Finden und Lösen von sowohl mechanischer, elektronischer und digitaler Probleme dar (siehe Anhang 1).

### 3.4 Ergebnisdiskussion

Zusammenfassend gesagt wurde ein Microlab gebaut, welches in einigen Aspekten aufgrund Nichtverfügbarkeit von Komponenten und Sicherheitsbedenken etwas abgeändert ist. Dieser Bauprozess benötigte insgesamt viele Werkzeuge und interdisziplinäre Fähigkeiten sowie einen Zeitaufwand von 72,5 Stunden. Dieser hohe Zeitaufwand ist mit dem Auftreten von vielen technischen Problemen zu begründen.

Aufgrund von diesem enormen Aufwand, ist es fraglich, ob ein solcher Bauprozess für die Allgemeinheit möglich ist. Sowohl die aufzubringende Zeit als auch die benötigten Fähigkeiten für den Bau wirken sich somit negativ auf das Kriterium Zugänglichkeit aus. Viele Menschen haben keinen Zugang zu den benötigten Werkzeugen, nicht die nötigen Fähigkeiten oder schlichtweg zu wenig Zeit für die Fabrikation eines Microlabs.

Das Microlab sei laut Michael Laufer, Sprecher des Four Thieves Vinegar Collective in einem Status von einem proof of concept (siehe Anhang 2 Z.56-59). Man versuche jedoch die Beschaffung der Komponenten in Zukunft mittels Kitspace zu vereinfachen. Kitspace ist eine Website für das Veröffentlichen von elektronischen Designs und automatisiert das Einkaufen der Teile zu einem gewissen Grad.<sup>28</sup> Des Weiteren sei die Vorstellung der Zugänglichkeit über Hackerspaces annehmbar (siehe Anhang 2 Z.358-359). So könnten sich Menschen an die Hackerspaces wenden, welche Microlabs zur Verfügung haben, um ihre Medikamente herzustellen. Dies würde die allgemeine Zugänglichkeit erhöhen.

---

<sup>27</sup> Vgl. Sparky; Sparkletheunicorn (ohne Datum): Microlab Lab Control Unit Assembly.

<sup>28</sup> Vgl. Kitspace (ohne Autor) (ohne Datum): Homepage. Online unter: <https://kitspace.org>. Zuletzt abgerufen am: 18.04.2024.

In Zukunft wird sich also zeigen, ob das Microlab durch einen reduzierten Zeitaufwand zugänglicher wird.

## 4. Synthese von Aspirin®

### 4.1 Einleitung

Aspirin® wurde von der Firma Bayer als Markenname für den Wirkstoff Acetylsalicylsäure (ASS) eingeführt. ASS ist ein Abkömmling der Salicylsäure (SS) und wurde erstmals 1850 von dem französischen Chemiker Charles Frederick Gerhardt hergestellt.<sup>29</sup>

ASS ist eines der meist verwendeten nichtopioiden Analgetika bzw. Antiphlogistika.<sup>30</sup> Deshalb, und aufgrund eines relativ einfach realisierbaren Reaktionsmechanismus wurde ASS für die Evaluierung des Microlabs ausgewählt.

Der Wirkungsmechanismus von ASS ist von geringer Bedeutung, da dieser nicht sonderlich zur Beantwortung der Frage beiträgt, inwiefern das Microlab ein Tool für die medizinische Selbstversorgung ist. Aufgrund dessen wird auf diesen nicht eingegangen.

### 4.2 Reaktionsmechanismus

Für den verwendete Reaktionsmechanismus wurden Salicylsäure, Essigsäureanhydrid und konzentrierte Schwefelsäure benötigt. Die nachfolgenden Sätze beschreiben den Reaktionsmechanismus in ihren Grundzügen.

Bei dieser Synthese handelt es sich um eine Veresterung von Salicylsäure (siehe Anhang 3.1). Als erstes wird das Essigsäureanhydrid mithilfe der Schwefelsäure protonisiert, es entsteht ein Carbenium-Ion. In einem weiteren Schritt reagiert das negativ polarisierte Sauerstoffatom, welches sich direkt am Benzolring der Salicylsäure befindet, mit dem Carbenium-Ion. Da sich nun das Molekül in einer energetisch ungünstigen Situation befindet, spaltet sich Essigsäure ab und das verbleibende Molekül wird deprotoniert.<sup>31</sup> Der resultierende Stoff ist ASS.

---

<sup>29</sup> Vgl. CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH (ohne Autor) (ohne Datum): Synthese von Acetylsalicylsäure. Online unter: [https://www.conatex.com/media/experiments/VADE/VADE\\_Chemie\\_Synthese\\_von\\_Acetylsalicylsaeure.pdf](https://www.conatex.com/media/experiments/VADE/VADE_Chemie_Synthese_von_Acetylsalicylsaeure.pdf). Zuletzt abgerufen am: 18.04.2024.

<sup>30</sup> Vgl. Mutschler, Ernst et al. (2012): Mutschler Arzneimittelwirkungen (Pharmakologie Klinische Pharmakologie Toxikologie). S. 210.

<sup>31</sup> Vgl. Helmich, Ulrich (2019): Aspirin-Synthese. Online unter: <https://www.u-helmich.de/che/lexikon/A/Aspirin-Synthese.html>. Zuletzt abgerufen am: 19.04.2024.



### 4.3 Durchführung

Zu Beginn wurde ein trockener Testdurchlauf vollzogen, um die Elektronik zu kontrollieren. Als Nächstes erfolgte das Befüllen der Spritzen mit Schwefelsäure und Essigsäureanhydrid. Bei dem manuellen Betätigen der Pumpe, um die Schläuche mit den Reagenzien zu befüllen, trat die Schwefelsäure an dem Verbindungsstück zwischen Spritze und Pumpe aus. Des Weiteren bildeten sich weiße Schlieren in der Spritze (siehe Anhang 3.6). Die mit Essigsäureanhydrid befüllte Spritze zeigte keine undichten Stellen. Daraufhin wurde die Schwefelsäure aus der Reaktoreinheit entfernt. Als nächstes fand die Befüllung von 4 g Salicylsäure und 10 Tropfen Schwefelsäure in das Reaktorgefäß statt (siehe Anhang 3.8). Nun wurde das Programm für die Synthese an dem Raspberry Pi gestartet. Die Temperierung des Reaktors erfolgte nach Erwartung auf 54 °C. Jedoch reichte der Rührstab nicht komplett in das Reaktionsgemisch, weswegen Brocken der Salicylsäure an dem Boden des Reaktionsgefäßes liegen blieben (siehe Anhang 3.8). Da nach der Rühroperation immer noch Flocken zu sehen waren, wurde diese wiederholt. Letztlich wurde der Reaktor leicht geschwenkt, was das Problem teilweise löste. Nach insgesamt 20 Minuten Rühroperation mit Temperierung erfolgte die Entnahme des Reaktorgefäßes aus dem Reaktor und das Dekantieren des Reaktionsgemisches in ein Becherglas. Das Becherglas wurde nun für 10 Minuten stehen gelassen. Es formten sich kleine Kristalle innerhalb des Reaktionsgemisches (siehe Anhang 3.9). In einem nächsten Schritt wurde das Reaktionsgemisch in einen Gefrierschrank für 10 Minuten platziert. Danach waren große weiße Flocken in dem Becherglas zu sehen (siehe Anhang 3.10). Zuletzt erfolgte eine Vakuumfiltration mithilfe von kaltem Wasser (siehe Anhang 3.11). Das Produkt besaß große Kristalle (siehe Anhang 3.12).

### 4.4 Reinheitsnachweise

Um zu bestimmen, welche Substanzen in dem Produkt vorhanden sind, wurde ein Umkehrphasen-Dünnschichtchromatographie(DC)-Verfahren angewendet. Das Fließmittel bestand aus 0,4 ml Salzsäure (1 mol/l), 3,6 ml Wasser, 4 ml Isopropanol und 2 ml Aceton. Die Trennung erfolgte auf RP<sub>18</sub>W-Platten von Merck. Es wurden zwei Vergleichslösungen mit jeweils einer Spatelspitze ASS und SS in jeweils 5 ml Aceton erstellt.

Die erste Trennung erfolgte mit einer Probe (P) zwischen der erneuten Rühroperation (siehe 4.3 Durchführung). In Abbildung 7 ist die DC dieser Probe unter UVC-Licht zu sehen. Der Balken der Probe verläuft hier deutlich länger als die der ASS und SS. Außerdem schichtet sich die SS in drei Sektoren und hat das gleiche Farbschema wie die Probe.

Die zweite Trennung erfolgte mit einer Probe nach der Vakuumfiltration, demnach mit dem Produkt, welches in 5 ml Aceton gelöst wurde. Die Probe zeigt nun eine klare Linie, welcher auf der gleichen Höhe wie der letzte Balken der SS und dem Balken der ASS liegt. Des Weiteren ist eine Verfärbung unter der Linie der Probe zu sehen. Auch hier hat SS das gleiche Farbschema wie die Probe und ist in drei Sektoren unterteilt.

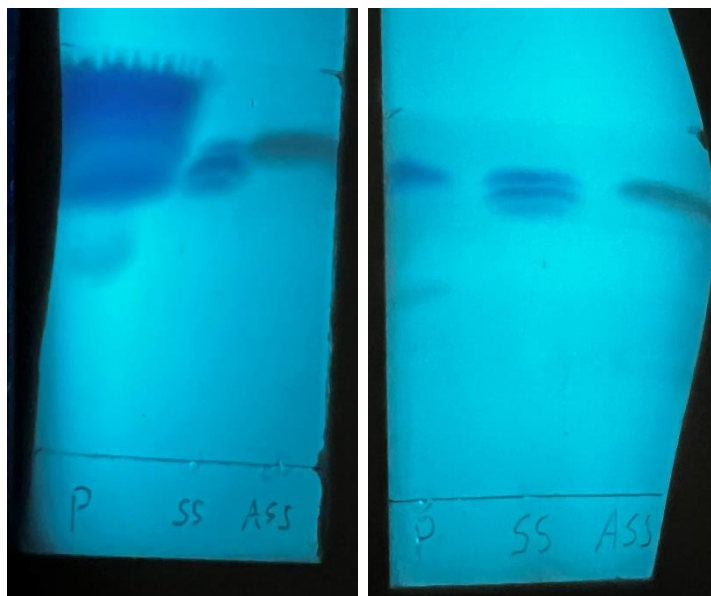


Abbildung 7 & 8: erste (links) und zweite Trennung (rechts). Quelle: Eigene Darstellung.

Zusätzlich wurde ein Raman Spektrum von dem Produkt aufgenommen. Die verwendeten Einstellungen für das Spektrum waren 10 % Laserleistung, 10 Spektren mit je 2 s Registrierzeit, gemittelte Werte, eine Anregungswellenlänge von 532 nm und eine Gitterkonstante von 1800 Linien/mm. Es fand zuerst ein Vergleich mit ASS von Sigma-Aldrich und einer ASS100 Tablette von Ratiopharm statt. Diese zeigten ein fast identisches Spektrum auf (siehe Anhang 3.13). Als nächstes wurde ein Spektrum von der Probe mit den gleichen Einstellungen aufgenommen. Das Spektrum der eigenen Probe weicht erheblich von dem Spektrum der ASS100 Tablette ab. Die Probe zeigte Peaks, welche das Spektrum der ASS nicht aufwies bei 773cm<sup>-1</sup>, 1248cm<sup>-1</sup>, 1473cm<sup>-1</sup> und 1636cm<sup>-1</sup>. Diese Peaks korrespondieren mit den Literaturwerten von Salicylsäure.<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Vgl. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (ohne Autor) (1999): SDBS-RM-01-00875. Online unter: <https://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/landingpage?spcode=RM-01-00875>. Zuletzt abgerufen am: 21.04.2024.



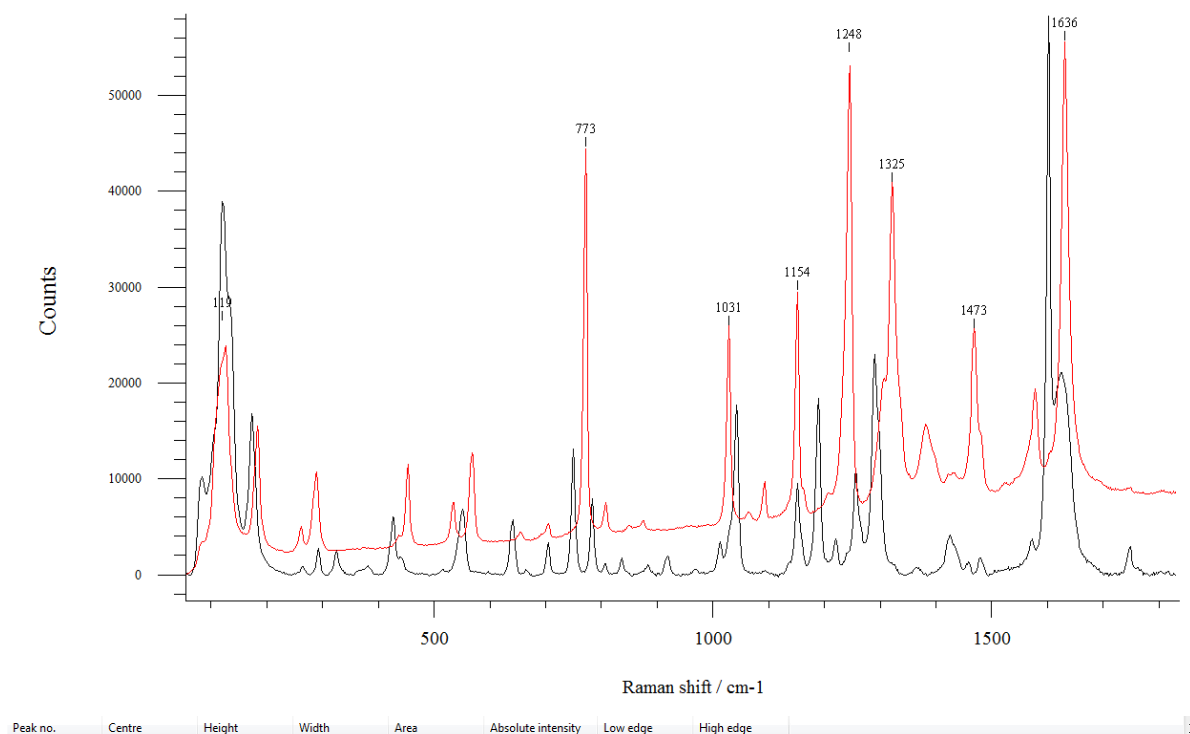


Abbildung 9: Das Raman Spektrum von einer ASS100 Tablette von Ratiopharm (schwarz) und dem Produkt (rot). Quelle: Nisch, Wilfred (NMI Reutlingen).

#### 4.5 Gesetzlicher Rahmen

In Bezug auf das Kriterium Legalität wird im Folgendem untersucht, ob der Besitz der verwendeten Chemikalien in Deutschland legal ist.

Der erste Stoff dieser Synthese stellt die Salicylsäure dar. Diese wird in Kosmetikprodukten<sup>33</sup> und als Konservierungsstoff<sup>34</sup> verwendet und ist daher über eine entsprechende EU-Verordnung reguliert. Jedoch ist der Erwerb von reiner Salicylsäure für den gewerblichen Gebrauch vorbehalten.<sup>35</sup>

Essigsäureanhydrid ist der zweite Stoff, welcher in der Synthese verwendet wurde. Essigsäureanhydrid ist in Kategorie 2 einer EU-Verordnung für die Überwachung des Handels mit Drogenausgangsstoffen geregelt und fällt somit unter das deutsche

<sup>33</sup> Vgl. Europäische Union (ohne Autor) (2009): Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND RATES vom 30. November 2009 über kosmetische Mittel (Neufassung). L 342/164.

<sup>34</sup> Vgl. Europäische Union (ohne Autor) (2009): Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND RATES vom 30. November 2009 über kosmetische Mittel (Neufassung). L 342/193.

<sup>35</sup> Vgl. Laboratoriumdiscounter (ohne Autor) (ohne Datum): Sicherheitsdatenblatt Salicylsäure 99+% Ph. Eur. Online unter: [https://sds.laboratoriumdiscounter.nl/MSDS\\_Salicylsäure\\_DE.pdf?\\_gl=1\\*c0u0zg\\*\\_up\\*MQ..&gclid=CjwKCAjwz42xBhB9EiwA48pT77vISHI7GNv5zJsevrNchZ76hHrrFlcWdl804NZum\\_BVv2CTxskBNxoCS7sQAvD\\_BwE](https://sds.laboratoriumdiscounter.nl/MSDS_Salicylsäure_DE.pdf?_gl=1*c0u0zg*_up*MQ..&gclid=CjwKCAjwz42xBhB9EiwA48pT77vISHI7GNv5zJsevrNchZ76hHrrFlcWdl804NZum_BVv2CTxskBNxoCS7sQAvD_BwE). Zuletzt abgerufen am: 20.04.2024.

Grundstoffüberwachungsgesetz.<sup>36</sup> Die Herstellung, Ein-, Ausfuhr und der Handel sind erst ab einer Menge von 100 Litern pro Jahr registrierungspflichtig.<sup>37</sup> Des Weiteren fällt Essigsäureanhydrid unter die Chemikalienverbotsordnung, da sie nach der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 das Gefahrenpiktogramm GHS02 besitzt. So ist ein Sachkundenachweis von Nöten.<sup>38</sup> In der Praxis erfolgt daher keine Abgabe an Privatpersonen.<sup>39</sup>

Der Besitz für Mitglieder der Allgemeinheit von konzentrierter Schwefelsäure ist laut der Verordnung (EU) 2019/1148 ab einer Konzentration von 15 % verboten. Dies gilt mit Ausgangstoffgesetz auch für Deutschland.<sup>40</sup> Da konzentrierte Schwefelsäure für die Synthese verwendet wurde, ist der Besitz dieser Substanz für Mitglieder der Allgemeinheit verboten.

#### 4.6 Zugänglichkeit der Synthese

Die Zugänglichkeit der Synthese beschreibt den Zugang zu dem nötigen Wissen über den Syntheseweg.

Das Four Thieves Vinegar stellt eine Website namens Chemhacktica zur Verfügung. Diese Website ermöglicht es, Synthesewege für Substanzen anzeigen zu lassen (siehe Anhang 3.2 und 3.3). Des Weiteren berechnet Chemhacktica bei einem ausgewählten Syntheseweg, die geeignetsten Bedingungen für die Reaktion z.B. in Bezug auf die benötigte Temperatur oder Katalysatoren (siehe Anhang 3.5 links). Es werden außerdem mögliche Unreinheiten angezeigt, welche bei der Reaktion auftreten können (siehe Anhang 3.5 rechts). Dieses Tool ermöglicht es auch Laien die passendsten Reaktionswege herauszufinden und erhöht so die Zugänglichkeit der Synthese.

#### 4.7 Ergebnisdiskussion

In dem Kapitel 4. Synthese von Aspirin® wurde zuerst der Reaktionsmechanismus nach einer kurzen Einleitung beschrieben. Darauf folgte die praktische Durchführung einer Aspirin® Synthese mit dem Microlab. Hier zeigten sich Probleme wie das Austreten von Schwefelsäure

---

<sup>36</sup>Vgl. Bundesministerium der Justiz (ohne Autor) (2008): Grundstoffüberwachungsgesetz – GÜG. Online unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/g\\_g\\_2008/BJNR030610008.html](https://www.gesetze-im-internet.de/g_g_2008/BJNR030610008.html). Zuletzt abgerufen am: 20.04.2024. §19.

<sup>37</sup> Vgl. Europäische Union (ohne Autor) (2004): Verordnung (EG) Nr. 273/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND RATES vom 11. Februar 2004 betreffend Drogenausgangsstoffe. Anhang II.

<sup>38</sup> Vgl. Bundesministerium der Justiz (ohne Autor) (2017): Chemikalien-Verbotsverordnung - ChemVerbotsV. Online unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/chemverbotsv\\_2017/BJNR009410017.html](https://www.gesetze-im-internet.de/chemverbotsv_2017/BJNR009410017.html). Zuletzt abgerufen am: 20.04.2024.

<sup>39</sup> Vgl. Fisher scientific (ohne Autor) (ohne Datum): Essigsäureanhydrid, ≥ 98 %, Thermo Scientific Chemicals. Online unter: <https://www.fishersci.de/shop/products/acetic-anhydride-99-thermo-scientific-2/10773031>. Zuletzt abgerufen am: 20.04.2024.

<sup>40</sup> Vgl. Bundesministerium der Justiz (ohne Autor) (2020): Ausgangsstoffgesetz - AusgStG. Online unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ausgstg/BJNR267810020.html>. Zuletzt abgerufen am: 20.04.2024.

aus den Schläuchen und eine Verklumpung der Salicylsäure auf. Um das erste Problem zu lösen, fand eine manuelle Zugabe von Schwefelsäure statt. Die Verklumpung wurde durch das Schwenken des Reaktors teilweise gelöst. Als nächstes folgten Reinheitsnachweise des hergestellten Produktes mithilfe von Umkehrphasen-DC und Raman Spektroskopie. Letztlich erfolgte die Beschreibung des gesetzlichen Rahmens und der Zugänglichkeit der Synthese.

Das Austreten der Schwefelsäure ist vermutlich auf eine minderwertige Qualität der PVC-Schläuche zurückzuführen. PVC sollte der Schwefelsäure standhalten, jedoch wurden die Schläuche bei einem chinesischen Händler ohne Qualitätsnachweise bestellt. Dadurch ist dieses Problem durch die Verwendung von anderen hochwertigen Schläuchen lösbar. Die Verklumpung kann des Weiteren eventuell durch die Verwendung eines Magnetrührers oder durch eine größere Menge an Reagenzien behoben werden.

Die Reinheitsnachweise deuten sehr stark daraufhin, dass während der Synthese unreine Salicylsäure verwendet wurde, welche durch die Syntheseschritte gereinigt wurde. ASS ist jedoch höchstwahrscheinlich nicht synthetisiert worden. Die vermuteten Unreinheiten sind an den unteren Balken der Salicylsäure in der DC zu sehen, welche bei dem Produkt nicht mehr auftreten. Auch das Raman Spektrum der Probe zeigt für SS charakteristische Peaks, welche bei ASS nicht auftreten. Ein Lösungsansatz für eine weitere Synthese wäre die Verwendung einer längeren Rühroperation mit einer höheren Temperatur.<sup>41</sup> Jedoch bestehen die 3D-Druckteile des Reaktors aus PLA, weshalb ein neuer Reaktor mit einem hitzebeständigeren Filament wie ASA gedruckt werden müsste.<sup>42</sup>

Die Beleuchtung des gesetzlichen Rahmens zeigt, dass diese Synthese für Privatpersonen nicht legal möglich ist. Es erfolgt keine Abgabe der verwendeten Chemikalien an Privatpersonen von den meisten Chemieunternehmen. Es sei jedoch möglich, in kleinen Mengen Stoffe aus China zu beziehen, ohne die Aufmerksamkeit des Zolls zu erregen (siehe Anhang 2 Z.249-255). Dies steht jedoch im Konflikt zu den in 4.5 beleuchteten Gesetzen.

In Bezug auf die Zugänglichkeit der Synthese stellt das Four Thieves Vinegar Collective Chemhacktica zur Verfügung, was die Planung einer Synthese sehr erleichtert.

---

<sup>41</sup> Vgl. CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH (ohne Autor) (ohne Datum): Synthese von Acetylsalicylsäure.

<sup>42</sup> Vgl. Rewex GmbH (ohne Autor) (ohne Datum): Materialien für den 3D-Druck. Online unter: <https://rewex.de/materialien/#:~:text=PLA%20bleibt%20bei%20Temperaturen%20bis%2060%20°C%20wärmeformbeständig.&text=PLA%20verfügt%20über%20eine%20gute%20UV%20Beständigkeit.&text=PLA%20ist%20in%20vielen%20verschieden%20Farben%20verfügbar.&text=PLA%20hält%20äußeren%20Schlageinwirkungen%20gut%20stand..> Zuletzt abgerufen am: 21.04.2024.

Zusammenfassend gesagt, bleibt es fraglich, ob das Microlab für die Synthese von ASS geeignet ist. Daher ist eine weitere Erforschung mit einem angepassten Reaktor von Nöten. In Bezug auf die Allgemeinheit, ist zwar der Zugang über Synthesewege durch Chemhacktica erleichtert, jedoch ist die ASS-Synthese für Privatpersonen nicht legal durchzuführen.

## 5. Fazit

Es wurde untersucht, inwiefern das Microlab ein wichtiges Tool zur medizinischen Selbstversorgung ist und ob es ein Lösungsansatz für Lieferengpässe oder Abhängigkeiten von anderen Ländern ist. Hierzu fand eine Untersuchung der Kriterien Reinheit, Legalität und Zugänglichkeit statt. Zuerst wurde der historische Hintergrund der medizinischen Selbstversorgung beleuchtet. Als nächstes erfolgte die Beschreibung des ursprünglichen Microlabs und die der Entwicklung eines eigenen Aufbaus. Daraufhin folgte die Synthese von ASS mit dem eigenen Aufbau. Dazu wurde zuerst der Reaktionsmechanismus, die Durchführung und die Reinheitsnachweise beschrieben. Anschließend folgte eine Darstellung des gesetzlichen Rahmens und der Zugänglichkeit der Synthese.

In Bezug auf das Kriterium Reinheit lässt sich sagen, dass höchstwahrscheinlich SS von Verunreinigungen befreit wurde und keine Herstellung von ASS stattfand. Dieses Problem ist jedoch mithilfe von einem Umbau der Reaktoreinheit und einer Anpassung von Parametern eventuell lösbar. Daher eignet sich der entwickelte eigene Aufbau des Microlabs nicht als Tool für die medizinische Selbstversorgung.

Die Legalität spricht ebenfalls klar gegen das Microlab als Tool für die medizinische Selbstversorgung. Keine der verwendeten Reagenzien sind für Privatpersonen frei erhältlich. Jedoch wäre dieses Problem mit umfassenden EU-weiten Reformen lösbar. Die Gesetze unter welche die Chemikalien fallen dienen jedoch der Verhinderung der unbefugten Herstellung von Explosivstoffen oder Betäubungsmitteln. Daher könnte eine Legalisierung der verwendeten Chemikalien zu einer geringeren öffentlichen Sicherheit und erhöhten Drogenkriminalität führen.

Die Zugänglichkeit teilt sich in folgende Bereiche: dem Wissen über die Synthesewege, die Verfügbarkeit von Materialien und den Zeitaufwand. Das Wissen über Synthesewege ist durch Chemhacktica deutlich zugänglicher. Die Materialien, welche die Teileliste enthält, sind jedoch zu großen Teilen nicht in Deutschland verfügbar. Das Four Thieves Vinegar Collective arbeitet jedoch an einem Lösungsansatz dafür. Der Zeitaufwand mit 72,5 Stunden für den Bauprozess ist für große Teile der Allgemeinheit nicht möglich. Des Weiteren wurden für den

Bau etliche Werkzeuge und Fähigkeiten benötigt, was die Zugänglichkeit ebenfalls sinken lässt. Daher kann die Aussage getroffen werden, dass das Microlab in seinem momentanen Status als Proof of Concept nicht für die Allgemeinheit zugänglich ist.

Abschließend lässt sich also sagen, dass das Microlab in seinem momentanen Entwicklungsstand insgesamt noch kein wichtiges Tool für die medizinische Selbstversorgung darstellt. Die technischen bzw. chemischen Probleme sind zwar vermutlich lösbar, jedoch ist es fraglich ob umfassende gesetzliche Reformen in Bezug auf die verwendeten Chemikalien stattfinden. Michael Laufer sieht daher das Microlab vor allem als Lösungsansatz für Patienten mit lebensbedrohlichen Krankheiten, die keinen Zugang zu medizinischer Versorgung haben (siehe Anhang 2 Z.303-305). In diesem Kontext könnte es also Leben retten.

## Danksagung

Ein großes Dankeschön an alle, die mich während der Arbeit unterstützt haben. Besonders hervorzuheben sind:

- Dr. Wilfred Nisch, Betreuer in dem Schülerforschungszentrums in Eningen unter Achalm, Art der Unterstützung: Betreuung der Synthese und Aufnahme der Raman-Spektren.
- Tanja Weber und Bernhard Heim, Art der Unterstützung: Finanzierung von Materialien
- Schülerforschungszentrum Eningen, Art der Unterstützung: Bereitstellung von Werkzeugen und Laboren.

## Quellen und Literaturverzeichnis

### Buchquellen

Mutschler, Ernst; Geisslinger, Gerd; Kroemer, K. Heyo; Menzel, Sabine; Ruth, Peter (2012): Mutschler Arzneimittelwirkungen (Pharmakologie Klinische Pharmakologie Toxikologie). 10. Auflage.

Pro Generika e.V. (ohne Autor) (ohne Datum): Generika in Zahlen zum Kalenderjahr 2022. Berlin.

Pro Generika e.V. (ohne Autor) (2020): Woher kommen unsere Wirkstoffe? Eine Weltkarte der API Produktion. Finaler Report. Berlin.

Sneader, Walter (2005): Drug Discovery: A History. Glasgow.

Sendker, Jandrick; Sheridan, Helen (2017): History and Current Status of Herbal Medicines. In: Pelkonen, Olavi et al. (Hrsg.): Toxicology of Herbal Products. Schweiz. S.11 – 28.

Hajar, Rachel (2012): The Air of History (Part II) Medicine in the Middle Ages. In (kein Hrsg.): Heart views: the official journal of the Gulf Heart Association 13(4). S.158 - 162.

Sendker, Jandrick; Sheridan, Helen (2017): History and Current Status of Herbal Medicines.

Calkin, Sydney (2023): Abortion Pills Go Global: Reproductive Freedom Across Bordes. Oakland, California.

Roberts, Joseph T.F.; Moore, Victoria; Quigley, Muireann (2021): Prescribing unapproved medical devices? The case of DIY artificial pancreas systems. In: (kein Hrsg.): Medical law International 21(4). S. 42-68.

Europäische Union (ohne Autor) (2009): Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND RATES vom 30. November 2009 über kosmetische Mittel (Neufassung).

Europäische Union (ohne Autor) (2009): Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND RATES vom 30. November 2009 über kosmetische Mittel (Neufassung).

Europäische Union (ohne Autor) (2004): Verordnung (EG) Nr. 273/2004 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND RATES vom 11. Februar 2004 betreffend Drogenausgangsstoffe.

## Internetquellen

Bundesministerium für Gesundheit (ohne Autor) (ohne Datum): Generika. Online unter: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/g/generika>. Zuletzt abgerufen am 16.01.2024.

PharmNet.Bund (ohne Autor) (ohne Datum): Veröffentlichte Lieferengpassmeldungen. Online unter: <https://web.archive.org/web/20240114170204/https://anwendungen.pharmnet-bund.de/lieferengpassmeldungen/faces/public/meldungen.xhtml?jfwid=903EBA5AEBF3779EFFE4AD0395296243%3A0>. Zuletzt aufgerufen am 14.01.2024.

Pro Generika e.V. (ohne Autor) (ohne Datum): Warum sind immer wieder Arzneimittel knapp? Die wichtigsten Fragen und Antworten. Online unter: <https://www.progenerika.de/news/lieferengpaesse-fragen-und-antworten-2/>. Zuletzt abgerufen: 14.01.2024.

Four Thieves Vinegar Collective (ohne Autor) (ohne Datum): Homepage. Online unter: <https://fourthievesvinegar.org>. Zuletzt abgerufen am: 16.01.2024.

Sparky; SpikeNebula (ohne Datum): Motivation. Online unter: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/motivation.md>. Zuletzt abgerufen am: 16.01.2024.

Vereinte Nationen (ohne Autor) (ohne Datum): Ziel 3: Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern. Online unter: <https://unric.org/de/17ziele/sdg-3/>. Zuletzt abgerufen am: 16.01.2024.

Vereinte Nationen (ohne Autor) (ohne Datum): Ziel 9: Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, breitenwirksame und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovation unterstützen. Online unter: <https://unric.org/de/17ziele/sdg-9/>. Zuletzt abgerufen am: 16.01.2024.

Krantz, John C. et al. (Ohne Datum): Pharmacy. Online unter: <https://www.britannica.com/science/pharmacy#ref35617>. Zuletzt abgerufen am: 09.04.2024.

Open Insulin Foundation (Ohne Autor) (Ohne Datum): Homepage. Online unter: <https://openinsulin.org>. Zuletzt abgerufen am: 11.04.2024.

Sparky (ohne Datum): Microlab Reactor Unit Assembly. Online unter: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/assembly-reactor-unit.md>. Zuletzt abgerufen am: 15.04.2024.

Sparky (ohne Datum): Peristaltic Pumps Assembly. Online unter: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/assembly-peristaltic-pumps.md>. Zuletzt abgerufen am: 15.04.2024.

Sparky; Sparkletheunicorn (ohne Datum): Microlab Lab Control Unit Assembly. Online unter: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/assembly-lab-control-unit.md>. Zuletzt abgerufen am: 15.04.2024.

Sparky; Sparkletheunicorn (ohne Datum): Microlab Temperature Control Unit Assembly. Online unter: <https://github.com/FourThievesVinegar/solderless-microlab/blob/master/docs/assembly-temperature-control-unit.md>. Zuletzt abgerufen am: 15.04.2024.

ER&GE (ohne Autor) (ohne Datum): Verhalten von PP gegenüber Chemikalien. Online unter: [https://www.ergeplas.de/downloads/ERGE\\_Bestaendigkeiten\\_PP\\_de.pdf](https://www.ergeplas.de/downloads/ERGE_Bestaendigkeiten_PP_de.pdf). Zuletzt abgerufen am: 15.04.2024.

Kitspace (ohne Autor) (ohne Datum): Homepage. Online unter: <https://kitspace.org>. Zuletzt abgerufen am: 18.04.2024.

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH (ohne Autor) (ohne Datum): Synthese von Acetylsalicylsäure. Online unter:



[https://www.conatex.com/media/experiments/VADE/VADE\\_Chemie\\_Synthese\\_von\\_Acetylsalicylsaeure.pdf](https://www.conatex.com/media/experiments/VADE/VADE_Chemie_Synthese_von_Acetylsalicylsaeure.pdf). Zuletzt abgerufen am: 18.04.2024.

Helmich, Ulrich (2019): Aspirin-Synthese. Online unter: <https://www.u-helmich.de/che/lexikon/A/Aspirin-Synthese.html>. Zuletzt abgerufen am: 19.04.2024.

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (ohne Autor) (1999): SDBS-RM-01-00875. Online unter: <https://sdb.sdb.db.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/landingpage?scode=RM-01-00875>. Zuletzt abgerufen am: 21.04.2024.

Laboratoriumdiscounter (ohne Autor) (ohne Datum): Sicherheitsdatenblatt Salicylsäure 99+% Ph. Eur.. Online unter: [https://sds.laboratoriumdiscounter.nl/MSDS\\_Salicylsäure\\_DE.pdf?\\_gl=1\\*c0u0zg\\*\\_up\\*MQ..&gclid=CjwKCAjwz42xBhB9EiwA48pT77vIShI7GNv5zJsevrNchZ76hHrrFlcWdl804NZum\\_BVv2CTxskBNxoCS7sQAvD\\_BwE](https://sds.laboratoriumdiscounter.nl/MSDS_Salicylsäure_DE.pdf?_gl=1*c0u0zg*_up*MQ..&gclid=CjwKCAjwz42xBhB9EiwA48pT77vIShI7GNv5zJsevrNchZ76hHrrFlcWdl804NZum_BVv2CTxskBNxoCS7sQAvD_BwE). Zuletzt abgerufen am: 20.04.2024.

Bundesministerium der Justiz (ohne Autor) (2008): Grundstoffüberwachungsgesetz – GÜG. Online unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/g\\_g\\_2008/BJNR030610008.html](https://www.gesetze-im-internet.de/g_g_2008/BJNR030610008.html). Zuletzt abgerufen am: 20.04.2024.

Bundesministerium der Justiz (ohne Autor) (2017): Chemikalien-Verbotsverordnung - ChemVerbotsV. Online unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/chemverbotsv\\_2017/BJNR009410017.html](https://www.gesetze-im-internet.de/chemverbotsv_2017/BJNR009410017.html). Zuletzt abgerufen am: 20.04.2024.

Fisher scientific (ohne Autor) (ohne Datum): Essigsäureanhydrid,  $\geq 98\%$ , Thermo Scientific Chemicals. Online unter: <https://www.fishersci.de/shop/products/acetic-anhydride-99-thermo-scientific-2/10773031>. Zuletzt abgerufen am: 20.04.2024.

Bundesministerium der Justiz (ohne Autor) (2020): Ausgangsstoffgesetz - AusgStG. Online unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ausgstg/BJNR267810020.html>. Zuletzt abgerufen am: 20.04.2024.

Rewex GmbH (ohne Autor) (ohne Datum): Materialien für den 3D-Druck. Online unter: <https://rewex.de/materialien/#:~:text=PLA%20bleibt%20bei%20Temperaturen%20bis%2060%20°C%20wärmeformbeständig.&text=PLA%20verfügt%20über%20eine%20gute%20UV%20Beständigkeit.&text=PLA%20ist%20in%20vielen%20verschieden%20Farben%20verfügbar.&text=PLA%20hält%20äußeren%20Schlageinwirkungen%20gut%20stand..> Zuletzt abgerufen am: 21.04.2024.

## Anhang

Anhang 1: Bauprotokoll des Microlabs .....	I
Anhang 2: Interview-Protokoll.....	IV
Anhang 3: Abbildungen .....	XXII
Anhang 4: Selbstständigkeitserklärung .....	XXVI

### Anhang 1: Bauprotokoll des Microlabs

Datum	Tätigkeit	Zeitaufwand in h
<b>16.12.2023</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (Materialeinkauf)</li> <li>- Verkabelung Entlüftung</li> <li>- Abdichtung Deckel</li> <li>- Aussägen und Schleifen der Löcher für die Handschuh-O-Ringe → Risse in der Box → Verwendung einer neuen Box</li> </ul>	5
<b>21.12.2023</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bohrungen für die Montage der Handschuh-O-Ringe</li> <li>- Montage der Handschuh-O-Ringe</li> <li>- Abdichtung der Handschuh-O-Ringe und der Entlüftung mithilfe von Silikon</li> <li>- Installation der Handschuhe an den Handschuh-O-Ringen</li> </ul>	3
<b>27.12.2023</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versuchter Download des Microlab Image durch ein Torrent-Netzwerk → Keine Seeds im Netzwerk</li> <li>- Download des Microlab Image durch eigene Nextcloud</li> <li>- Formattieren und flashen des Image auf einen Raspberry Pi</li> <li>- Hochladen des Codes auf einen Arduino</li> </ul>	6
<b>28.12.2023</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (Materialeinkauf)</li> <li>- Planung Anordnung innerhalb des Reaktors</li> <li>- Starten des Raspberry Pis → Error: Waiting for control services</li> </ul>	5
<b>29.12.2023</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusägen einer Holzplatte (Halterung für Spritzen und Peristaltik-Pumpen)</li> <li>- Zusägen von L-Schienen (Halterung Elektronikkasten)</li> <li>- Montage der L-Schienen</li> </ul>	5
<b>31.12.2023</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verkabelung eines Leitungsschutz- und Fi-Schalters</li> <li>- Verkabelung der Netzspannung</li> </ul>	4
<b>23.01.2024</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verkabelung der Niederspannung</li> </ul>	3,5

	- Versuchtes Debugging des Errors: Waiting for control services	
<b>17.02.2024</b>	- Installation von Raspberry Pi OS - Einrichtung einer SSH-Verbindung zu dem Raspberry Pi - Installation der für die Microlab Software benötigten Packages → Error: Apt-depreceation	4
<b>18.02.2024</b>	- Beheben des Errors: Apt-depreceation - Erneute Installation der Packages → Raspberry Pi crasht bei dem Befehl: sudo apt-get upgrade → Lösungsansatz: Anderes Netzteil mit höherer Stromstärke	3
<b>20.02.2024</b>	- Verwendung eines anderen Netzteils: Problem ist behoben - Erneute Installation der Packages → main.py lässt sich nicht ausführen → config Error	3,5
<b>29.02.2024</b>	→ (Nach Kontaktaufnahme mit dem Microlab Team) Fehler lag bei einem fehlenden Temperatur-Sensors - Installation eines USB-Temperatursensors → Auslesen per serieller Schnittstelle nicht möglich - Umschreiben der config-Datei für Sensor mit 1-Wire Protokoll - Aktivierung des 1-Wire Protokolls auf dem Raspberry Pi - Erfolgreiche Ausführung des Microlab Test Rezepts	4
<b>07.03.2024</b>	- Test der Relais - Erneute Verkabelung der Relais - Test der Tauchsieder	1
<b>08.03.2024</b>	- Konstruktion eines 3D-Druckteils (reactor manifold) in Fusion360 - Druck des designten Teils - Änderung des Durchmessers der Wellenkupplung (Verbindungsstück zwischen Motor und Rührstab) mithilfe einer Drehbank an dem SFZ Eningen unter Achalm	2,5
<b>12.03.2024</b>	- Zusägen des Rührstabs - Bohren von Löchern in den Deckel des Reaktorgefäßes - Anpassen des 3D-Druckteils - Integration des Motors mit Rührstab in das 3D-Druckteil - Montage der Schläuche an das 3D-Druckteil	3,5
<b>24.03.2024</b>	- Installation der Schläuche an den Peristaltikpumpen - Test der Peristaltikpumpen → Übersetzungsverhältnis des Volumens zwischen Software und	3

	Realität: 7,6:1 - Verlängerung des Kabels der Peristaltikpumpe X	
<b>25.03.2024</b>	- Verlängerung des Kabels der Peristaltikpumpe Y - Verlängerung des Kabels der Peristaltikpumpe Z - Bohrungen für Schläuche und Kabel der Peristaltikpumpen - Löten der Verbindungskabel des Rührmotors zu dem Elektronikkasten - Löten der Verbindungskabel der Wasserpumpe zu dem Elektronikkasten - Test des Wasserkreislaufes → Förderdruck der Pumpe zu gering	3,5
<b>26.03.2024</b>	- Installation einer Pumpe mit geringeren Schlauchdurchmessern - Integration einer Kupferleitung in spiraler Anordnung um den Tauchsieder - Erneuter Test des Wasserkreislaufes → Der Wasserkreislauf funktioniert → Software Error: Task Execution failed - Auslesen der Log-Daten mithilfe des Microlab Teams → Problem mit dem Termistor - Erfolgreiches Debugging mit dem Microlab Team	8
<b>27.03.2024</b>	- Mehrfaches Aufsetzen des Microlab Image mit Hilfe des Microlab Teams - Manuelles erfolgreiches Auslesen des Arduinos und des Temperatur Sensors mit Hilfe des Microlab Teams → Vermutung: Das Problem ist die Stromversorgung - Integration eines zusätzlichen Netzteils → Die Software funktioniert nun nur, wenn der Rührmotor angeschlossen ist, jedoch nicht die Wasserpumpe	4
<b>28.03.2024</b>	- (Transport des Microlabs zu dem SFZ Eningen) → Vorschlag von Dr. Joachim Groß (Leiter des SFZ Eningen): Installation eines Kondensators zwischen die Pole der Wasserpumpe → Die Software ist nun funktionstüchtig	1
<b>Gesamt: 19 Tage</b>		Gesamt: 72,5h

## Anhang 2: Interview-Protokoll

Interviewpartner: Dr. Micheal Laufer

Datum: 24.03.2024 um 16 Uhr

Art des Interviews: Videokonferenz

A: Tim Weber

B: Dr. Michael Laufer

A: Hello.

B: Hi, guten Morgen. Alles gut?

A: Guten Morgen, yeah, I'm fine. How about you?

5 B: Bei mir ist gut. Ich weiß nicht, ob mein Deutsch oder dein English besser ist, aber wir können beides tun.

A: Ah ok, you can speak German. That's very fascinating.

B: Ich bin zum Teil in Berlin aufgewachsen als ich Kind war.

A: Ah ok cool.

B: Und mein Deutsch ist nicht so gut wie es war, aber es ist immer noch da.

10 A: Also ich finde es sehr gut.

B: Wo in Deutschland bist du denn?

A: Südlich, also in Baden-Württemberg.

B: Ah, ich kenne Baden-Württemberg.

15 A: Ok, ich glaub ich rede einfach Englisch, weil ich auch die Fragen in Englisch hab und dann passt das.

B: Ja wenn das leichter ist, ist das ok.

A: So, first of all thank you a lot for being here. I find the idea really interesting and very good. So, thank you for starting this project and, in a certain sense, bringing the subject of

biohacking more to the public attention. As already mentioned, I am writing on a term paper  
20 about the Microlab and therefore I have to ask also some more critical questions.

B: Sure.

A: My Experience with building a microlab was that you have to search for the parts yourself  
and design a lot of things yourself, because the BOM is not tailored for the European market.  
The instruction manual also does not address many aspects, but the support was very good.  
25 However, the website about the skills required to build a microlab says: requires basic tech  
savvy. How do you plan to simplify the build process and make it accessible to several  
countries?

B: Yea so there are a couple of things that are being done. So, between versions right now as  
well. So, we have a new version being developed. There are a couple of different aspects that  
30 allow for it to be simplified. The first thing that I think was a big breakthrough for the team  
that is building it, is that they managed to build it, the current version, with no soldering  
required and this is kind of a big step because a lot of times, people are really scared of  
making like electronics and it requires like melting metal. So, I think that's a big jump. One of  
the other things that we are hoping to do is a service called I think Kitspace, there is another  
35 one that's called Kitify which is different but I believe it's called Kitspace and what it is it's a  
web interface and what you can do is, you say would you like to build this, klick this button  
and when you klick this button, what it does is it opens in tabs all the different vendors for all  
the parts that you need and fills your cart and you can just say buy, buy, buy. That would  
specifically have it sourced based on the things that you mentioned in terms of like where are  
40 you geographically in terms of shipping. Because in those cases right, some people are trying  
to optimize for cost. So, it's like if you're willing to wait 12 weeks for stuff to show up from  
China because it was send by ship, that's one option and then it's like do you want it all  
tomorrow, you know, sent from nearby countries from wherever you are. They're hoping to  
have options for both of those. In addition to the simplifications, the armature that holds  
45 everything together, they're planning to do two different implementations. So, one that you  
can 3D-print, right, so everything can be built from 3D-printed parts and then another sort of  
implementation where it's made using laser cutting.

A: Ok, interesting

B: There are a number of other things like that, where it's like. Also, they've been trying to  
50 see if the operating system will run not just on a Raspberry Pi but also on competitors like

Orange Pi or the Librem Computer, a few others, again to try to make things interchangeable. Because the whole notion is not like buy this exact part, it's like buy something that does this and it should be close enough, right. So, trying to get a high degree of interchangeability is another goal that everybody is working on and ultimately at the end of the day, it's really  
55 important to remember with any project like this, the hard part is the easy part. And the easy part is the hard part. The thing that makes the difference between hey look at this proof of concept that you could do if you kind of figure it out on your own, like you were describing, which is kind of where the Microlab is right now and here's a project where you can actually just follow the instructions and have one, is a matter of documentation, right. Documentation  
60 is hard to do well. It's a tremendous amount of work that has to be checked. And you have to get people to sort of test it and the thing is you can't really do your documentation until you have your hardware in a finalized version. So, the hope is that in the next, I don't know, maybe six weeks, the Microlab team will have things more or less finalized. And then the documentation team will go through the process of painstakingly, very carefully trying to  
65 make sure that there's no detail that's left out because, you know for somebody like yourself, who is clearly technical enough to put something together and kind of figure it out and if something didn't quite fit you can just file it a little bit, and you know I've had projects like this where it's like that too. You buy something that's a kit, and you're like: oh, cool you just snap it together, and then you're like: I'm going to need to weld this differently and I'm going  
70 to need to cut this with a Hacksaw? This isn't a kit, these are just parts, you know. I've had this happen, I built, God the worst one, What was it called, Filastruder. It's designed to recycle 3D-prints right, it's a little extruder and you get a filament out.

A: Yea

B: And it's like, theoretically, it looks really good. It's like you get this box full of parts,  
75 bunch of them are laser cut, you've got a couple of boards and you know in theory just bolt everything together but like gosh this big metal armature that didn't fit and I had to like hacksaw a chunk out of it, you know. There are screws that are totally inaccessible, and you have to use like a crowbar. It was a mess. So, we like to not have that, right. We like to have something that more or less kind of snaps together without a whole lot of fuzz and the notion  
80 is that there is this sort of brainbox that has the Raspberry Pi with the relay hat and then the screen right, sort like staked together and you know on risers, and it sits on one spot, and you just plug everything in. Then you have the Arduino and then the cnc hat and then you know you're power coming in, you have cables coming out, you just have connector that snaps and



again they're all screw connectors at this juncture, least in theory, they're all screw connectors  
85 and nobody has to solder anything. And then you have, you know the reaction chamber with  
the pumps and the circulation fluid and then you have the heater armature and those pumps,  
and you know it's not quite Ikea furniture yet, but in terms of something that has logic and  
interface, moving parts, dealing with liquids, it's about as simple as you can get. And when  
you look at the commercial versions of automated chemical reactors, it's pretty much the  
90 same design, you know. You've got a jar, you've got a circulating fluid, you've got a bunch of  
stuff that comes in the top and that's kind of it. So, the goal is always to simplify and I feel  
like we're getting there. We hope to have it to that simplified and well documented form by  
summer.

A: Is it like also very hard to standardize, like, the documentation. Because in my case, what I  
95 did. I just got a big box and cut holes in it to make it a glovebox and then put the reactor  
inside of it and yeah.

B: Yeah, so there's something to be set for this kind of flexibility, right, and there's this  
tradeoff there, that's important to be aware of as a designer. On one hand you can say, like,  
look: Put this in whatever box you want, or you can 3D-print it or you can like make it out of  
100 metal, you know, it can be a mess of stuff that can be sort of like sitting on a shelf. And that is  
fine for a technically minded hobbyist, right. Somebody who already has the understanding of  
how systems work and can look at something and be like: Oh, I know what this does so if I  
change it this way, I know it will still do what I was wanting. And that's great for the hobbyist  
because then what it allows for is like, if they want to build it a different way or having  
105 trouble getting parts, then it's flexible. That's great. However, for people who are less  
technically inclined, it creates a huge problem because without a conceptual understanding of  
how things function, you should have operating on faith that the designer did a good job in  
giving you these instructions. And there is this sort of like, oh this very scary I hope I'm doing  
it right, don't breathe too hard kind of attitude that people will have and so for those people,  
110 you want to be more specific and more explicit. Not like, just figure this out. But when you do  
that, then it can seem more restrictive, like you have to get this part, or it won't work. It's like  
no this is just a thermocouple, it doesn't matter, there are zillions out there. Get anything you  
want, it does literally not matter. So, trying to find ways, again, in the documentation to have  
a very explicit walkthrough to be like, get this part, then do this. And to also annotate it with  
115 notes saying: This is not a specific part, this specific part will work but it is not crucial, you  
can use something else, there are any number of ways to build this, you know, fork it do it as

you will. Those are two different things, right. Again, you want to make it really easy for the people who need it who are not technically minded, and you want it to be flexible for the people who are technically minded, so that they can, you know, so that it's easier to make and also hopefully that they come up with new ideas and improve on it, you know, the whole idea.

A: Interesting. How many people are currently working, like, on the Microlab? Like, what's the size of the team?

B: The Microlab team has maybe five people, maybe six. I'm not very involved in that one anymore because there are people who are more, you know, better than I am at all of that. So, the other guy you talked to is Mike, he kind of heads the Microlab team. He's done a lot of the more recent design and there are a handful of other people who are working on the software design and the user interface. There's a lot going on, right, you have this hardware which has to do hardwary things. So, you have to make sure that motors spin and that they spin at the right speed and that they're going in the right direction. And then, simultaneously under the hood you need to make sure that the procedural part of the software that's controlling heat and stirring and injection and timing is taking that from a well-designed file. So, there are software considerations. There's the hardware, there's the Software and then there's the I mean the backend and the frontend and then on top of that there's the chemistry itself of like, okay, so how do you design a procedure for an automated reactor, you know, in a way that is effective. Again, for somebody who is not a chemist, right. The whole notion of automation is to try to take a specific task that would normally be highly skilled and make it accessible. So, there are a lot of things to make that all work. And like, yes, right, the dream in a perfect ideal world is like oh yes, the box of parts comes, and somebody throws it together and they press a button and then their medicine comes out and there are a lot of bits and pieces that go into all of that in order for it to work. I'm sorry I wandered from your original question; you were asking how many people. So yeah, I think there's, I mean there have been many who have come and gone over the years, but I think that currently the team is four or five.

A: Okay. So, next question. I had, like, some problems with the videos on Peertube and the BitTorrent download. How are you going to solve them? Maybe through a minicomputer server image that's for supporters of the Four Thieves Vinegar Collective? Something like that?

B: Yeah, so that's been a big problem for a long time. So, we originally put videos on YouTube. YouTube immediately took our stuff down, saying that we're endangering the

public. So, we can't do that anymore. For a long time, we were putting things on the Internet  
150 Archive and that seemed safe for a really long time and then they started taking down too,  
which is really strange because they're pretty good about being like, it's just information,  
whatever you want. But it was weird, they didn't even notify us, we just, like, noticed that one  
of our videos that we hot linked to through the website was just dead. And then we went and  
looked, and all of our videos were just gone. Just gone. And we got them back up but it's still  
155 not clear what happened, you know, and so when you have some place as progressive as the  
Internet Archive and even, they are taking down our videos. I got to a point where I said, we  
can't rely on something external. I was like, we just need to host the videos ourselves. And so,  
the people who, you know, we have an online team. And their solution was to run a Peertube  
instance and to host the videos there. It's a little clunky, but it seems to be functional. I'm  
160 curious what problems you had.

A: Like, I just couldn't watch it. Like, the videos on Peertube, I just wasn't able to watch it.  
None of them.

B: Was it just like it wouldn't function? Because usually you can watch or download. Did you  
try just downloading?

165 A: I just tried to watch it and then it was loading forever.

B: Right, yeah. My technical of how that sort of federated video hosting system works is not  
sophisticated. This was a decision that was made by somebody else, and it was fairly recent.  
I'm still not entirely sure if it's a good solution or not. We're having a bunch of problems with  
it beyond just people not being able to watch easily. On the video page of the site, a  
170 tremendous amount of stuff is missing. But I mean, that's a whole another problem, that we  
have all this content, but it's scattered everywhere. So, trying to like, gather it up, have it in  
one place, have it accessible. So yeah, I mean I will note that and I'll send it over to the team  
that handles that and ask them if they are having ideas what might be going wrong. Because  
again, it's one of those things that's so difficult. You have good information. You have ideas.  
175 But it's not worth anything if you can't get it out there and so, if you got somebody, like,  
that's clicking on your link and it just loads forever, like, you know, again, the easy part is the  
hard part. You should be just able to host a video right. Like, how hard could it be? Well as it  
turns out, it's harder than you thought. So yeah, I think the Peertube idea is fine, I pushed to  
try to have all of our videos just locally hosted. But I can't remember why everybody was so  
180 against it but I think that the notion was that it took up a lot of space and the bandwidth that

we were using to sort of host a video service was going to be problematic somehow. Again, I can't remember but it was one of those things where I kept asking like, could we just host it. Could we just have them a site. We do Peertube. I'm like Great, but like why. Can't we just have the videos, it's not just simpler. And they're like no this will work. So, it seems to be ok,  
185 but it's not working. That's a problem. I occasionally click through and things seem to work but I don't know what the differentiating factor might be. I know that Peertube is this kind of stratified, you know, idea of networking laterally. That might be the failure point. I don't know. I know when I was a kid in Germany all of the internet ran on proxies, so everything was super slow and backwards, and like clunky. I don't know if there's still those kind of  
190 controls, I can imagine that but maybe that's just how things are routing. Anyway. I'll ask some people. Thank you for bringing it up.

A: Ok, interesting. In the EU, access to many chemicals is very limited and many medicines are subject to prescription. In my term paper, I produce Aspirin with the Microlab. The possession of the reagents is forbidden for private individuals.

195 B: Which one?

A: Like, acetylic acid. I don't know if it's the correct English name.

B: Wait, that one is controlled?

A: You can't really buy any chemicals in Germany because the Companies are so scared of the government or something like that, they just won't sell you, if you're not a company,  
200 really. You even can't buy pure Aspirin in Germany; you need to be a company. You can buy from the pharmaceutical companies, but you can't buy pure Aspirin from a chemical company.

B: And yet you can go next door to the Netherlands and built yourself a drug shack and nobody even cares.

205 A: That's why I have to carry out the synthesis in a student research center and that makes everything legal what I do.

B: Legal controls in Germany are different, right. They're stricter. I remember that growing up, when I you know, I was very young, I was like nine, right, and it was the first time I lived overseas for a long period of time, and we were there for a year the first time and the notion of  
210 what's allowed and what's not allowed was just so strange to me. You know, growing up in the US, where it's like Yeehaw, do whatever you want to like the Notion. Just like, we don't

even have an English word for it but: Anmeldung, right. Like to go to the police and be like: Hi, I'm a person and here's everything about me, where I live and what I do, like, was the most insane thing I'd ever fucking heard of. I was just blown away and so, yeah, there are a  
215 lot of things like that, that are both political and cultural in the way that they differ place to place. You know, you want to go another extreme, I just lived in Singapore for the last four years. I mean there's a where like, everything is regulated and again, also socially and culturally, people don't do things that might be not okay. There's this very strict understanding of this. So yeah, right. It varies. I didn't know about how strict chemical controls where in  
220 Germany. I know that there is something kind of similar in Sweden and Denmark. In the Netherlands not at all. In Portugal not at all. England is kind of half and half. I know that Iceland has some very weird rules too.

A: Yeah, but actually the most of the, like, restrictions are for the whole EU. So, I just googled it, it's acetic anhydride and that's essential for the production of heroin.

225 B: Right, yes. But it's also used to make Aspirin. So that's an interesting thing, right, so acetic anhydride. Imagine trying to get that in the US. If you want it to get it in any amount that was large, you have a very hard time, and yes, a lot of red flags would go up. But if you want like, I don't know, 20ml of it. You can just buy it on eBay, and somebody will send it to you. There's still kind of a little bit of a wild west where if somebody is like, okay cool, you're not  
230 like, mass producing heroin. If you're just doing something dumb, like, go ahead, fine, it's fine. So, and I mention this specifically because that's how I did it. In the very first iteration of the very first Microlab, Aspirin was the first thing I made too. And yeah, it's like acetic anhydride, so how do you get that. You know, ten bucks, some guy on eBay. Send me a little vial that showed up in the mail. So salicylic acid is very easy to get because it's used in a lot  
235 of cosmetics for like acne medication. So, you can just get it raw and nobody cares. So doing a transformation from salicylic acid to acetylsalicylic acid is not too hard around here. But you do run up against those problems. It is an issue. Even if you can get, like you said, if you want to like cut to the chase and just buy the active ingredient and make pills, often times you can't just buy pharmaceutical grade whatever. And again, usually the reasons are dumb. In the  
240 United States you can't buy pharmaceutical grade caffeine anymore. The reason for this: One guy, one guy okay, did not understand how to measure properly and like, added an extra zero somewhere and so he took ten times the amount of caffeine that he thought he was taking in like, his morning fruit shake or something and he had a heart attack. And in my mind, I'm like okay look, that's unfortunate but that's kind of on him. It's not the caffeine's fault, you know

245 and so trying to say that the solutions is to make it so caffeine isn't readily available is absurd. And there are plenty of problems with that. You know in terms of, there are a lot of medicines that should be over the counter which are not, and it bothers me ideologically which is of course what all of this is about. Now, just to finish your question though is like, the notion of like, where do you get chemicals: You can order them from overseas, most chemicals for  
250 pharmaceuticals are manufactured in China and they don't like to send small amounts, but they will if you ask politely and you don't mind overpaying a little bit. If you want compounds of pharmaceuticals that are like in a blister pack, those are in India. So, these things can be ordered and again it's like, you know, alright, is it going to get seized at the border or is it like, okay if you order like 25kg, like, probably. If you just want ten grams of something so that  
255 you can make some basic something, that usually goes unnoticed.

A: So just for the protocol, you think that, like, legal reforms in that direction are definitely necessary? Like for, providing access to those chemicals?

B: At least. I mean, I don't spend a lot of time thinking about legal reforms because I don't think they happen. And so, I mean hopefully some will happen. But it's very very difficult and  
260 it takes a really long time. There are some people that are doing work in that world, and I have all the respect in the world for them. I personally don't have the stomach for it. You know, you could easily spend your entire life fighting for access to a single drug in a single country. And like, if you're lucky, you know, after years, you will get something voted on and if you're very very lucky it passes. And assuming all that occurs, then you have to then spend the rest  
265 of your life making sure that it doesn't get repealed. And again, that is good work, it is important and critical work and that's a bit too deep in the political theory right, but there's a notion that I think is not spoken about enough regarding liberal radical coalition. When you look at a liberal action like legal reforms for access for pharmaceuticals or access to chemicals. When you get that done, it does a different type of good. It reaches more people, it  
270 is more permanent, so for a longer period of time and the reach is greater. So, it's very important to do that work, but it takes a long time and it's very slow to start. When you do a radical action, a number of people who are going to build Microlabs, just to start with, is very small, right. Most people don't have to wear with all that. It's just too scary to not interact with an institution, because they've been trained that like, that medicines come from the  
275 pharmacy. No, they don't. That was a person that made that. You never saw that person but there's a person. So yes, it would be great if people have free access to chemicals, it would be even better if people have free access to medications and medical care and none of this was

necessary. And I genially hope, that one day, it's not necessary. And the whole for Thieves is to not exist anymore and there are two good ways of that can happen. Either governments get  
280 their act together and they start giving people the medical technology and the medicines that they need or the notion of DIY Medicine becomes sufficiently normalized the same way like that oh little plastic part breaks off of a kids toy and somebody says oh, neat, just 3D-print that. The same sort of thing, where somebody is like: I've got this weird lung infection I need to see a specialist to get this particular drug and I can't afford it, and somebody is like: Ever  
285 thought of just making it? For enough social change to happen, so that conversation is just as normal, right. And 3D-printing is a very young technology, right. Nobody would say, oh ever thought about 3D-printing that in like the 90s right. Or even the early 2000s. So, to see that shifts like that can occur is promising. Short question, long answer: Yes, legal reforms are necessary, will those happen? I really doubt it. If somebody works towards that, I will be very  
290 happy. I think that most of the legal reforms that people are working on are for access for medicines or access to insurance, essentially. Which is not a great solution but it's a solution, you know. It's not nothing. But until then, people are going to have to utilize workarounds.

A: Ok, yeah.

B: And you see that happening everywhere. And you know, there's a historical precedent for it,  
295 would doing it in a different way. But you see people who have been trying to get access to medicines that they don't have access to in all sorts of ways since the invention of medicine, right. People are basically blocked from access for mostly one of three reasons: Either price or legality or lack of infrastructure. So, how do you get around these problems? Well, you know, the notion of DIY solves all of those kind of like, gone. Which is one of the reasons why it's  
300 so appealing, but before we came along, there were plenty of people who were buying active ingredients from overseas and then packaging it and then packaging it or buying them from chemical suppliers. They just got licenses for it right. So, they would just package it and take it. You're not supposed to do that, but like, okay, but if you're dying, do you really care about the rules anymore? Do you really want to be the most law-abiding person in the cemetery?  
305 Like, it stops mattering. There were buyers' clubs that happened in what I guess were the 90s for the HIV drugs when they weren't available in the US. From time in memorial feminist groups have been giving access to abortion medications in places where they weren't available. In fact, that's how abortion medication was invented. It was a group of Brazilian feminists. They went and looked through every medication that they could find that said don't  
310 take this if you're pregnant and they just tried them until they found one that consistently



worked. And then this weird olsha medication, you know, because it's a progesterone blocker, they found what induces abortion and that's how we have the abortion pill now. It didn't come out of a research institute, didn't come out of organized medicine. It was a group of independent women who just decided to make it happen. And more recently, you see a lot of  
315 trans people who are making their own hormone replacement therapy because there are so many places that won't give it or will block it in one way or another. So yeah, I love what we do but it's not exactly a new practice. It's a new way to do it.

A: Okay, that's really interesting and thanks for the anecdotes because I can perfectly build this into like the term paper. That's perfect. So, thank you for the information.

320 B: Totally, totally. And I mean is this for your Abitur?

A: Yea, it is, actually. It replaces one of the exams on my Abitur.

B: So listen, if you have more stuff that you want to talk about. We can have another one of these calls if you think of more things that you like to discuss. Or as you go through it, if you have very specific things that relate to whatever your thesis is, again, I've been doing this for  
325 a while so if you want stories about it or to talk specifically about the theory or the rhetoric, that's a thing that I know the most about. The technical aspects, like, I know enough that I can talk to the people that are running things and when they explain it to me, I get it, but they do what would take me forever or it would be very difficult, and they can do it like no problem. But in terms of the political theory, the ideas why it's important, how it works, that's the thing  
330 that I do the most. So, I'm happy to have more chats with you about this. I don't know when you have to complete this by, but I'm happy to have more conversations like this.

A: Very cool. Okay, so I would go ahead with the questions. Would you say that the Microlab is more suitable for Hackerspaces from which drugs could be distributed in a decentralized manner or for every household in a society?

335 B: I don't know. It's hard to say and there are different prevailing theories about it. I think that in it's current state, it probably would be slightly more effective when it's sort of around a community. Many years ago, this was 2004, I was at a hacker conference where the RepRap guy was talking about 3D-printing and you know, it was still kind of in it's infancy and he said something really cool. He said: Owning a 3D-printer now is like owning a car in 1900. He  
340 was like, nothing standardized, you're your own mechanic, you need to have your own machine shop, you need to understand the workings of the internal combustion engine, it's

going to be running as often as you are to fixing it. And I think that currently the Microlab is in a slightly better state than that but it's still very much in it's infancy, right. You've got this thing that's a good solid beta minus the documentation. Which means it's not in beta, of  
345 course, right. But the mechanism itself, right, it works. It works, and it works pretty well but it's not the sort of thing where you press a button and close your eyes, like go to sleep and like let it work and everything just pops out at the end. You don't quite need to babysit it. That's what's great but it does require human shepherding. So, much the way 3D-printers, still, it's like, yeah there are ones that are pretty tight and expensive, and you can just like press a  
350 button and then it builds something. Like most of them, it's like, yeah, there are a little finicky and yeah, you know, you have to make sure everything is working and make sure it's not barfing out filament.

A: And not burning your house down.

B: Right, right, and so most people who don't use 3D-printers regularly will go to a  
355 Hackerspace and talk to like, the 3D-printer guy who's there and be like, how do I make that work and not just like, you know, make a blob. And he is like, oh yeah, well here you can design this a little differently here. Maybe let's slice it in a different way. You know, these sort of sudden things that if you done it a while you kind of know about. I can only assume that for a while the Microlab is probably going to be similar. Where you have somebody who  
360 knows some chemistry, some automation and you'll bring them a .4tv file and be like, hey there's a recipe for this medication and I have the ingredients and they're be like: Alright, well let's take alook at it and do a couple of test runs and see if the program runs the way we expected it to and then let's try it, see if we can make that happen. I mean, I love the idea that one day it's like a microwave and everybody has something that just makes their medications  
365 on the spot. In fact, I was approached by a guy at the Slone school at MIT, that's like their business school, and he said you know, you should go into partnership with insurance companies, and I was like: What are you talking about? You're crazy. And he was like: No, no, no, think about it. If their expensive medications and people are manufacturing it at home, the insurance company saves an incredible amount of money, and I was like: That is a really  
370 interesting idea. I'm absolutely never going to do that because, right, in order for it to work in that structure, right, there's all that regulation and approvals and again, I'm not going to do that. However, it does not seem terribly far-fetched for me that maybe one day in the future, when some of the technology is a little more accessible, it's a little more sort of consumerish, you know, that's not that weird of an idea. I mean the pharmacy down the road they

375 compound things for you. Sometimes they're like come back and they have to you know, go  
through the process of mixing and making tablets, it's not that weird. And so, the notion of  
having something that's like in your house and it's like: I'll send a little thing, you know your  
doctor is like, I'll send you a program that your machine can run and it will make your  
medications. It might make sense at some juncture. Sort of a question of infrastructure and  
380 stuff. So yes, I think that currently it's more of a community thing, it think it could be an  
individual thing eventually. We'll see.

A: Okay. I use concentrated sulfuric acid as a catalyst for like, the Aspirin synthesis. How do  
you want to ensure safety for consumers? Because sulfuric acid is pretty dangerous.

B: Safety isn't really the goal.

385 A: Okay.

B: I think, when you use the word consumer I kind of go: augh because they're not  
consumers. The whole notion is to get away from that and the safeguards that are in place for  
people who buy things are usually ridiculous and they're not really about safety. They're  
about making sure the person who manufactures it can't be sued. Nobody really cares if  
390 anybody is safe or not. Companies don't want to be sued. I like your question; how do you  
want to ensure safety with dangerous chemicals? You can't. You can't. I mean, the short  
version is you can't, right. sulfuric acid, especially concentrated sulfuric acid, it's an acid, and  
yeah, you get it in your eye, and you are going to have a really bad day. You get it on your  
skin it's going to suck too. The notion of the Microlab is not to create something that is cute  
395 and well behaved. The idea is the system has failed you somehow: You need medicine, and  
nobody is allowing you to have it. However, the reality is that science is the same for  
everybody. So, all you have to do is, you have to do the same science that whoever would be  
making your medicines would be doing and you get the same thing out. If somebody is in that  
position, it's already an act out of desperation, it means that everything is fucked. And so, the  
400 notion of ensuring safety is kind of not a thing. The Microlab screen and interface walks you  
through what you're doing, and you know, when you're handling something that volatile or  
caustic, it will say: Make sure you have eye protection and wear gloves. Make sure you are  
doing this in a well-ventilated area or whatever else it is, try to make sure that you don't do  
something because you don't realize it's dangerous, but when you have those things that are  
405 just inherently dangerous, they're just dangerous. And that has to be okay. It's like, you want  
go learn boxing, that's not safe, right. You're going to get punched in the face. If that's not for

you, maybe golf? You know and so it's the same sort of thing. There's a tradeoff there, the thing to remember is that this tradeoff is very much in your favor if you need it. A lot of times when journalists ask me: How do you be sure that people don't get it wrong. How can you  
410 make sure, that people don't mistakenly make something that's really toxic or make the wrong thing or screw up the reaction. The answer is you can't. That's not the thing, but if somebody is dying of a disease they're already dying. It's not going to be worse, right. You already don't have the medication you need so try anything like, sing a song, pray, you know whatever, do a dance. Anything might help and so if you know specifically what medicine you need, and  
415 there's a way that you can potentially make it, why not make it? Like, you're already dying. And I think that the rhetoric that I often get. So, you have going to forgive me I have a meeting coming up, let me just message my person, saying that I will be a little bit late.

A: Sure.

B: Sorry about that. It's the same rhetoric that you see in the United States by the people who  
420 are anti-vacs. How do you know the vaccine is safe? And that's the wrong statement. What we do know is that the disease is dangerous so would you rather have a disease? To me it seems ridiculous, it's like, oh yeah, there's this toxic river full of angry alligators, but I'm going to swim over it because I'm not sure if that bridge has been tested to carry my weight. And it's like: Everything has a risk profile. One is like, for sure, really bad. One might be possibly not  
425 as good as you would like in an ideal circumstance, but you have no ideal circumstance. So, make sure the concentrated sulfuric acid is not in a pint glass sitting next to your beer. Okay?

A: Okay, yeah.

B: Sure, but concentrated sulfuric acid is just inherently dangerous. It will burn your skin; it will burn your eyes. If you boil it, it vapors and burns your lungs. So, don't do that. But  
430 there's nothing that you can do to make sulfuric acid safer, right. I mean I can imagine in some bizarre world far far in the future where you have, like, I don't know, like expresso pods that have your reagents in them and where it's like you'll put into the machine, you don't actually touch anything, and it all just does it by itself. Okay cool, but that's not what we are doing. The notion of showing people of how to manufacture their own medication if  
435 somebody is desperate if somebody needs it and they don't know what else to do. And so, you're trying to give them a way to do something instead of nothing.

A: Could we do one last question?

B: Sure, Sure.

440 A: So, the recipe for Daraprim is unfortunately like, no longer online, at least I didn't find it and Chemhacktica is extremely useful for people who have an idea of chemistry but a bit too complicated, for ordinary users, I would say. So why is the recipe for Daraprim no longer online and do publish recipes as a step-by-step tutorial for example as videos?

445 B: I don't know why Daraprim got lost in the shuffle. We migrated servers so many times and the website has been rebuilt by a whole bunch of different people. Ideally there will be a sort of thingiverse but for chemicals and then you can just, you know, pull down the .4tv file and it'll just run. We will publish a handful of them sure. Hopefully though, we don't have to do too many. And hopefully the idea is that a community grows up and people are doing this themselves and somebody says: Oh, I figured out how to do x, here's my program for it. Fork it, remix it, whatever. But yeah, to start with we're going to do a handful. I kind of forgotten  
450 about Daraprim but that one is pretty, especially the version that we got right, that was two steps, it was not bad. It requires I think it's a granulate reaction and then an organic workup. So, it's not bad, probably do a recrystallization at the end. But there's a hepatitis C drug that we have a procedure for, there's an HIV drug that I like a procedure for, that we don't have yet. There's a lung cancer drug that we have a procedure for. We had one for naloxone as well  
455 and we had one for RU46 also. I don't know how useful those ones are, though, because of what it was used to make them and what's accessible. There's a small ecosystem with stuff that we certainly start with, and the hope is that then it perpetuates and people then make their own and do it better and find out things that we wouldn't even thought of.

A: So, is, like a infrastructure planned? Something like Thingiverse for chemists?

460 B: We're talking about how that's going to manifest. It's not clear how that's going to work, it is clear that that's going to be necessary. We like something self-perpetuating; we like something that, you know, we don't have to maintain. But again, there's this weird tradeoff, does it just become a subreddit? Okay cool, well will Reddit be there forever? Probably. Can you trust that? Is that enough? Is there a way that it can be a connection of torrents that get  
465 passed around or will people have different collections and people will trade person to person? Okay cool, that's more robust but harder to access, right. Same tradeoff again. There are a lot of ideas that we are talking about how that might manifest. It's not clear how, but it's definitely necessary. So, we have to figure out how to do that eventually.

470 A: Because me personally, I didn't find really any real recipes except for the ones that were on the firmware. Like the potion thing and I think Aspirin and the test recipe and nothing else.

B: By the summertime, when we have this version four, I guess, the firmware will come with like a handful of recipes that we've come up with and then hopefully a system will be built or spring up where people will be able to pass them around fairly easily, that's the hope right now.

475 A: Because something like a Thingiverse for that would be very cool.

B: Yeah, let me know if you like to host it.

A: My web programming skills are not that advanced to do anything that compares to something like programming a Thingiverse for that.

480 B: Well, okay, it's never too late to learn. Let me know if you want. Do you have ideas of what you're doing after the Abitur?

A: Yeah, actually. I want to go to the university of Stuttgart. There I want to study aeronautical engineering or aerospace engineering and then I actually want to emigrate into the US and work at NASA, that's the plan.

485 B: Yeah, you should come visit. Aims research is right over by Stanford. They do some interesting stuff there. Yeah, aerospace. Cool. Well, all the best with that. When is the Klasur term paper thing?

A: So, the deadline is on the 30.04.2024.

B: Okay.

490 A: And that's when I need to hand out the term paper to my teacher and there are presentations about it, so like a curriculum. I want to examine the Microlab Thursday, I will go to the student research center and then we'll a Raman spectrum of the product to see if everything is good. Meanwhile I will write on the paper. I can send you current pictures of the Microlab

495 B: So in between now and then. Let me know if you need anything. Oh glovebox, cool. Oh well done, sir. That's nice, I like that. That's cool. Is it cool if I show some of these pictures in presentations?

A: You can do that, I'm fine with that.

B: So, if you want to talk about anything or you get stuck, I'm available. [redacted] is available. I will be less helpful with the machine not working but he's also very grateful that you mentioned. He and I had a long chat after you wrote in because he was like, it occurs to me that digging through and getting error log is really terrible. If there's an error, it should pop up and I was like: Yeah and he was like: So we're going to have to write that in the software. So special thanks to you for that bug report. Anyway, again if you get stuck, I can give you his Signal number too.

505 A: That would be very very cool.

B: Ok, I'll do that. So, if you going to get stuck with any of the rhetoric or you want to talk about political theory. Let me know, I'm good at that part and if you want to do something more complicated than aspirin, I can even introduce you to some of the chemists if you want to.

510 A: So, thank you very much for your time and everything.

B: I'm so excited that you're doing it, it's really great and I'm super prompt. I hope it goes very well and again, like, remember we're here so whatever you need.

A: So, thank you very much, also for offering your help. I think that that's like one of the best communities I interacted with in a certain sense. So, thank you a lot.

515 B: Well good, I'm glad. We hope to be. Hopefully that Microlab will serve you for a long time and hopefully you won't need it.

A: Yeah, so then good luck with your meeting.

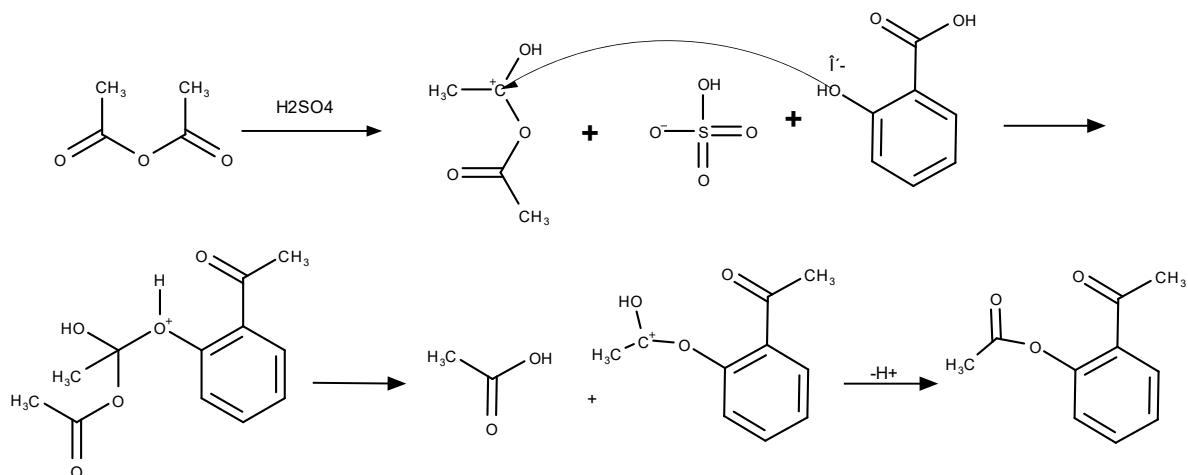
B: Yes, thanks. Have a good night. Looking forward to chatting again.

A: Thanks, you too. Bye.

520 B: Bye.

## Anhang 3: Abbildungen

## Anhang 3.1



Der Reaktionsmechanismus der Aspirin® Synthese. Quelle: Eigene Darstellung (erstellt in MarvinSketch).

## Anhang 3.2

## Interactive Path Planning

The screenshot shows the Chemhacktica Interactive Path Planning interface. The target molecule is CC(=O)Oc1ccccc1C(=O)O (Aspirin). The interface displays a reaction network with nodes #1 through #6, each containing a chemical structure. The 'Currently selected' section shows the target molecule and its precursors. A table of reaction statistics is also visible.

Rank	#1
Score	-0.005
# Examples	5732
Template score	0.407
Plausibility	0.997
Reaction cluster	1

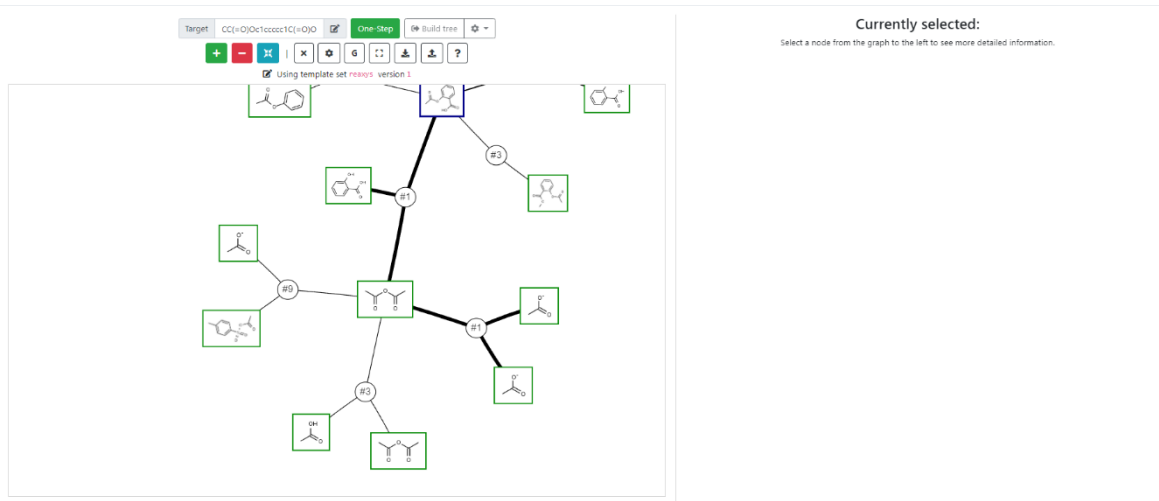
Rank	#2
Score	-0.018
# Examples	7218

Reaktionswegs von ASS in Chemhacktica. Quelle: Screenshot (<https://synth.fourthievesvinegar.org>).



## Anhang 3.4

### Interactive Path Planning



Reaktionswegs von Essigsäureanhydrid in Chemhacktica. Quelle: Screenshot

(<https://synth.fourthievesvinegar.org>).

## Anhang 3.5

### Synthesis Predictor

Condition recommendation Synthesis prediction Impurity prediction

Reactants: CC(=O)OC(=O)C(=O)O Product: CC(=O)OC(=O)C(=O)O

Submit

Reaction score: 0.997

#	Rank	Reagents	Catalyst	Solvents	Temperature	Predict with conditions
1	✓ (rank: 1)	none	none	none	108 °C	➔
2	✓ (rank: 1)	<chem>HO</chem> <chem>O=S(=O)(OH)</chem>	none	none	54 °C	➔
3	✓ (rank: 1)	<chem>N</chem>	none	none	47 °C	➔
4	✓ (rank: 2)	none	<chem>Cl-</chem> <chem>Cl-</chem> <chem>Zn+2</chem>	none	101 °C	➔
5	✓ (rank: 1)	<chem>N</chem>	none	<chem>Cl-CH2-Cl</chem>	17 °C	➔
6	✓ (rank: 1)	none	none	<chem>c1ccccc1</chem>	66 °C	➔
7	✓ (rank: 1)	<chem>CCN</chem>	none	<chem>Cl-CH2-Cl</chem>	17 °C	➔
8	✓ (rank: 1)	<chem>N</chem>	none	<chem>Cl-CH2-Cl</chem>	17 °C	➔
9	✓ (rank: 1)	<chem>N</chem>	none	<chem>c1ccccc1</chem>	37 °C	➔
10	✓ (rank: 1)	<chem>HO</chem> <chem>O=S(=O)(OH)</chem>	none	<chem>c1ccccc1</chem>	47 °C	➔

### Synthesis Predictor

Condition recommendation Synthesis prediction Impurity prediction

Reactants: CC(=O)OC(=O)C(=O)O Product: CC(=O)OC(=O)C(=O)O

Reagents: O=S(=O)(OH) Solvent: c1ccccc1

Submit

Progress: Prediction completed

Export Results

No.	Predicted impurities	Possible mechanisms	Inspector score	Similarity score
1	<chem>CC(=O)OC(=O)C(=O)O</chem>	Normal reaction	1.000	1.000
2	<chem>CC(=O)OC(=O)C(=O)O</chem>	Over-reaction	0.852	0.760
3	<chem>CC(=O)OC(=O)C(=O)O</chem>	Dimerization	0.976	0.760
4	<chem>CC(=O)OC(=O)C(=O)O</chem>	Over-reaction	0.821	0.715

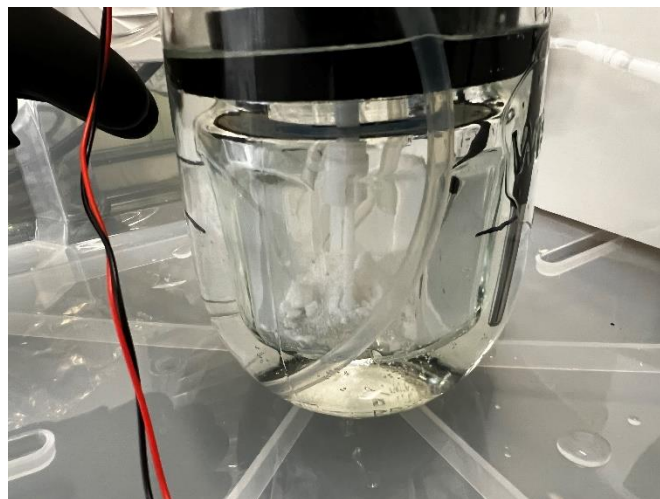
Empfohlene Reaktionsbedingungen der Synthese von ASS im Essigsäureanhydrid (links) und mögliche Unreinheiten (rechts) in Chemhacktica. Quelle: Screenshot (<https://synth.fourthievesvinegar.org>).

### Anhang 3.6



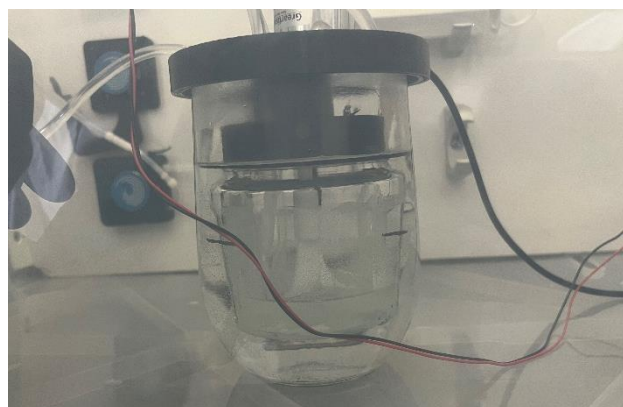
Spritze mit konzentrierter Schwefelsäure (links) und ein dissoziierendes Schlauchstück in Schwefelsäure (rechts). Quelle: Eigene Darstellung.

### Anhang 3.7



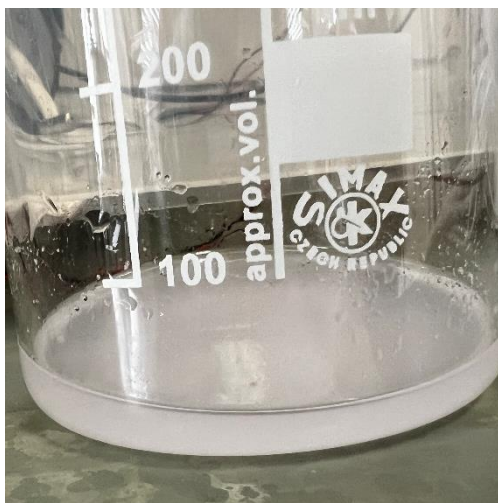
Mit 4g Salicylsäure und 10 Tropfen Schwefelsäure gefüllter Reaktor. Quelle: Eigene Darstellung.

### Anhang 3.8



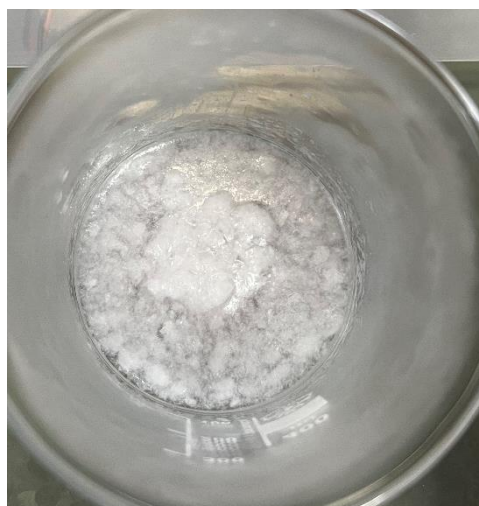
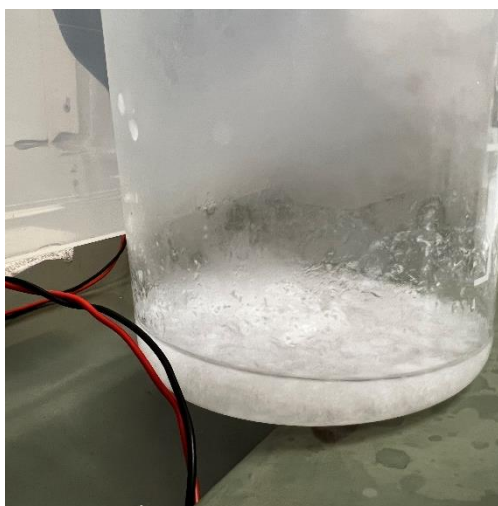
Reaktor während Rühroperation mit zusätzlichen 10ml Essigsäureanhydrid. Quelle: Eigene Darstellung.

### Anhang 3.9



Reaktionsgemisch kurz nach dem Dekantieren (links) und 10 Minuten danach (rechts). Quelle: Eigene Darstellung.

### Anhang 3.10



Reaktionsgemisch nach der Platzierung in einem Gefrierschrank. Quelle: Eigene Darstellung.

### Anhang 3.11



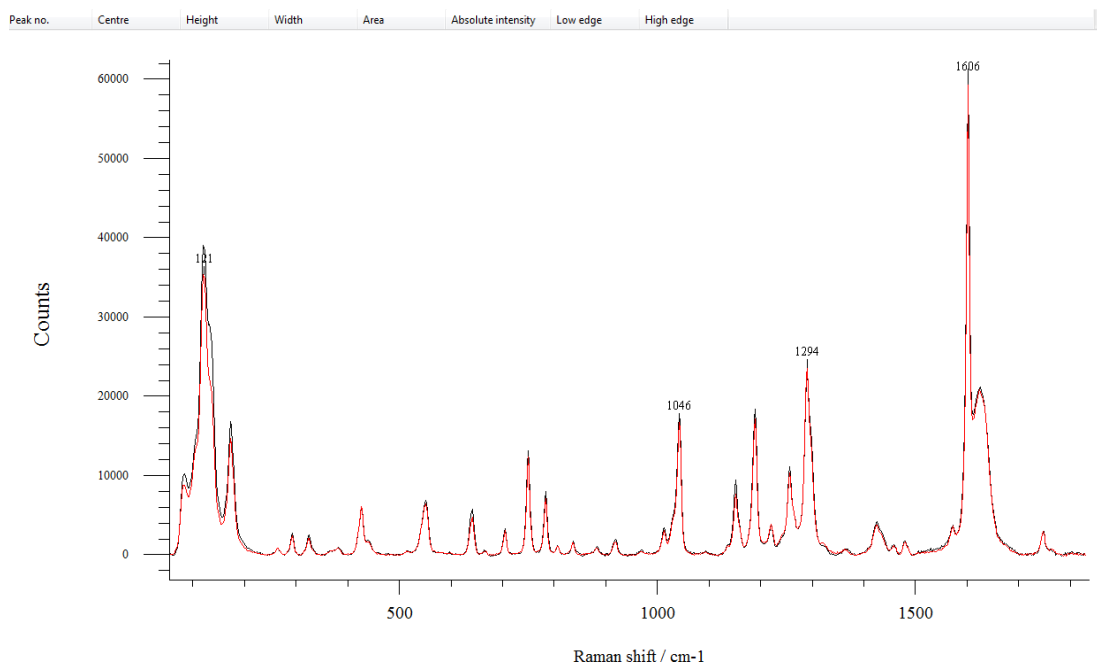
Vakuumfiltration. Quelle: Eigene Darstellung.

### Anhang 3.12



Das Produkt. Quelle: Eigene Darstellung.

### Anhang 3.13



Das Raman Spektrum von ASS von der Firma Sigma-Aldrich (schwarz) und das Raman Spektrum von einer ASS100 Tablette von Ratiopharm (rot). Quelle: Nisch, Wilfred (NMI Reutlingen).

### Anhang 4: Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel: „Inwiefern ist der DIY-Reaktor Microlab ein Tool zu der medizinischen Selbstversorgung? – Eine Untersuchung“ selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und Hilfsmittel (wie z.B. KI-Software) angefertigt, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und die den verwendeten Quellen und Hilfsmitteln wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als

solches kenntlich gemacht habe. Mir ist bewusst, dass ein Verstoß gegen diese Regeln zu Notenabzug bis hin zur Vergabe von 0 NP führen kann.

Münsingen, den 30.04.2024

*Tim Uher*