

# Abschlussbericht

Bau eines Stützenmembranspeicher Modells  
Acronym: Stützen-Modell

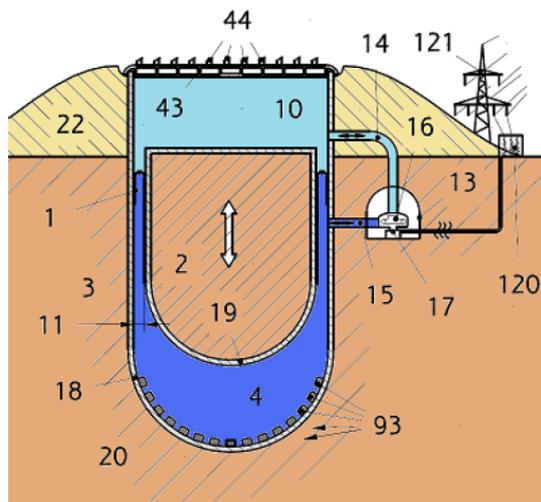
Projektbearbeiter: Emanuel Weithmann  
Matrikelnummer: 2512787  
E-Mail: [weithmannem58791@th-nuernberg.de](mailto:weithmannem58791@th-nuernberg.de)  
Adresse: Mittelsteig 20, 90596 Schwanstetten

.....  
Datum, Unterschrift

## Inhaltsverzeichnis

1.	Funktionsprinzip des Spülmembranspeichers .....	3
2.	Inhaltliche Kurzbeschreibung des Projekts .....	3
3.	Ausführliche Projektbeschreibung, Gesamtprojekt .....	3
4.	Forschungsfragen .....	4
5.	Arbeitsprogramm .....	4
6.	Zeitplan .....	5
7.	Arbeitsablauf .....	6
7.1.	Materialbeschaffung .....	6
7.2.	Bearbeitung der Grund- und Technikplatte .....	6
7.3.	Bearbeitung der Plexiglas Grundplatte .....	7
7.4.	Deckelabdichtung .....	8
7.5.	Bohrungen .....	10
7.6.	Reinigung .....	11
7.7.	Zusammenbau .....	12
7.8.	Elektroinstallation .....	12
7.9.	Stülpenmembran Herstellung .....	14
7.10.	Fertigstellung und Probelauf .....	16
8.	Kostenplan .....	17
9.	Verwertungskonzept .....	17
10.	Anhang .....	18

## 1. Funktionsprinzip des Stülpmembranspeichers



- 1 Stülpmembran
- 2 Kolben aus Untergrundmaterial
- 3 Untergrundumgebung als Systemeinfassung
- 4 untere Druckzone, Wasser unter hohem Druck
- 10 obere Druckzone, Wasser unter statischem Druck
- 11 Ringspalt
- 13 Kraftwerkskaverne
- 14 Niederdruckverbindungsleitung
- 15 Hochdruckverbindungsleitung
- 16 Pumpe, Turbine, Pumpturbine
- 17 Generator
- 18 Außenschale
- 19 Kolbenummantelung
- 20 Untergrundumgebung
- 22 Aushubmaterial für Hügel
- 43 drehbare Abdeckung mit Wärmedämmung
- 44 Solarmodule
- 93 Stützkörper als Kolbenaufgabe für Bau und Wartung
- 120 Trafostation
- 121 Übertragungsnetz

Abbildung 1: Funktionsprinzip Stülpmembranspeicher von Matthias Popp aus Präsentation Stülpmembran

Anhand dieser Abbildung 1 erhält man einen graphischen Überblick wie dieser Stülpmembranspeicher aufgebaut sein muss.

## 2. Inhaltliche Kurzbeschreibung des Projekts

Bei diesem Projekt soll ein funktionierendes Modell des Stülpmembranspeichers gebaut werden. Bei dem Modell handelt es sich um einen kleinen funktionierenden Stromspeicher (Stülpmembranspeicher). Dieser Stülpmembranspeicher soll aus zwei Wasserkammern bestehen, der oberen und unteren Druckzone. Die Zonen müssen druck- und wasserdicht sein. In der Mitte muss ein Kolben mit Füllmaterial verbaut werden, welcher den Druck in der unteren Zone erzeugt.

## 3. Ausführliche Projektbeschreibung, Gesamtprojekt

Aufgrund der Energiewende besteht die Notwendigkeit Strom zu speichern, um Spitzenverbrauch und Spitzenproduktion von Strom abzufangen. Diese Größe von Speicher gibt es noch in keiner Art und Weise. Um die Energiewende weiter voran zu bringen, benötigt man effiziente Stromspeicher, ohne diese Speicher kann die Energieversorgung nicht auf fossile Brennstoffe verzichten.

➔ Stand der Forschung und die eigene Vorarbeit:

Der Stand der Forschung im Bereich des Stülpmembranspeichers beruht auf der Vorarbeit von Prof. Dr.-Ing Matthias Popp.

## → Zielsetzung und grundsätzliche Herangehensweise

Das Ziel ist es einen funktionierenden Stromspeicher zu entwickeln der die Minderproduktion von Energie an wind- und sonnenenergiearmen Tagen ausgleichen. Über das Modell sollen sämtliche Aspekte der Funktionsweise dieses Stromspeichers überprüft werden und das Laden und Entladen des Stromspeichers simuliert werden.

### 4. Forschungsfragen

- Kann dieses Projekt in dieser Größenordnung bewerkstelligt werden?
- Kann dieses Modell auf größere Dimensionen projiziert werden?
- Funktioniert das Pumpen und das Stromerzeugen?
- Aus welchem Stoff muss die Membran sein?
- Kann der Druck im Modell nachgestellt werden und ist das Modell dicht?
- Wird der Kolben durch die Stülpenmembran stabil in der gewünschten Lage gehalten?

### 5. Arbeitsprogramm

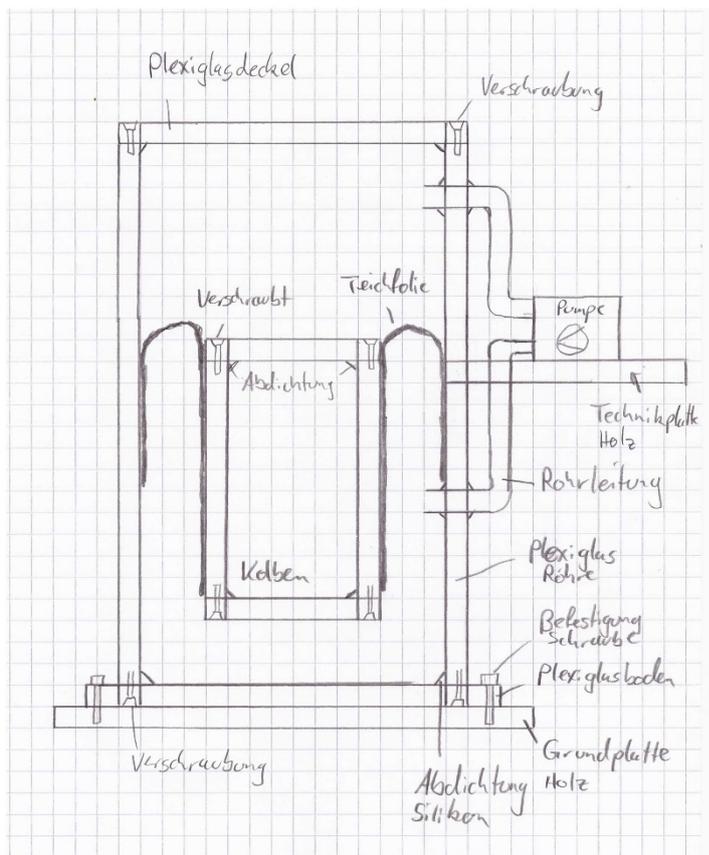


Abbildung 2: Handskizze des Modells

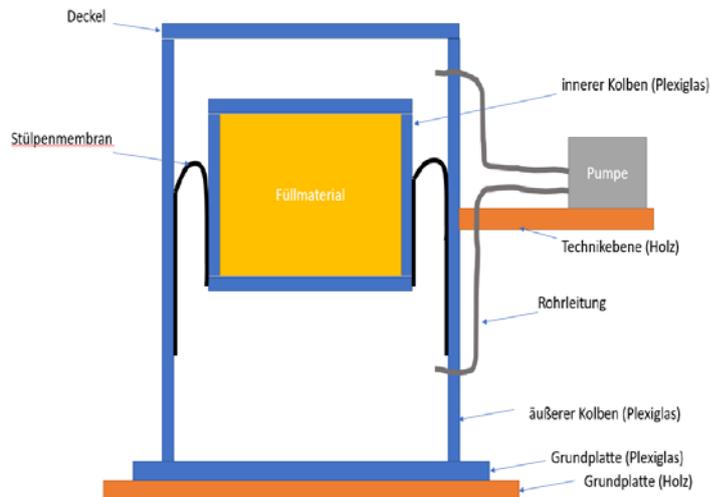


Abbildung 3: CAD-Zeichnung des Modells

## ➔ Beschreibung der Arbeitspakete

Bei der Modell Herstellung gibt es 5 Arbeitspakete. Der erste Arbeitsteil besteht aus der Planung und Zeichnungserstellung (siehe Abbildung 2 und Abbildung 3). Der zweite Teil umfasste den Grundkörper. Dieser besteht aus der Grundplatte (Holz) und einer weiteren Ebene für die Technik, sprich Elektropumpe und Turbine. Zum Grundkörper gehört noch der Stülpenmembranspeicher an sich, dieser besteht aus zwei zylinderartigen Hohlkörpern aus Plexiglas. Der zweite Arbeitsteil enthält die Membran. Die Membran soll die untere und obere Druckschicht voneinander trennen. Befestigt werden muss die Membran an der äußeren Schale und am beweglichen Kolben. Der dritte Arbeitsteil beinhaltet die Technik des Systems. Zum einen muss das Wasser vom oberen Teil in den unteren gepumpt werden und zum anderen muss aus der unteren unter Druck stehenden Schicht das Wasser über eine Turbine fließen, um so wieder Strom zu erzeugen.

## 6. Zeitplan

Kurzbericht Abgabe bis zum 24.05.2017  
Fertigstellung des Modells bis zum 21.06.2017  
Abschlusspräsentation 28.06.2017  
Abgabe Abschlussbericht 30.06.2017

## 7. Arbeitsablauf

### 7.1. Materialbeschaffung



Abbildung 4: Materialbeschaffung

Zunächst wurde mit der Materialbeschaffung begonnen. Die Materialien sind aus dem Baumarkt, Online und aus Fachgeschäften (siehe Abbildung 4) bezogen worden. Vorab musste sich über das Zusammenspiel der Teile Gedanken gemacht werden, um Fehleinkäufe zu verhindern. Es musste auch überprüft werden, ob der Kleber und das Silikon in Verbindung mit Plexiglas verwendet werden darf.

### 7.2. Bearbeitung der Grund- und Technikplatte



Abbildung 5: Grundplatte unbearbeitet



Abbildung 6: Zuschnitt der Grund- und Technikplatte

Nach der Materialbeschaffung wurde mit dem ersten Arbeitspaket begonnen. Die Grundplatten und die Technikplatte wurden nach Maß geschnitten (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6), mithilfe einer Tischkreissäge. Die Maße befinden sich im Anhang.

Die Technikplatte benötigt noch ein großes Loch, damit der Kolben durchgeschoben werden kann. Hierfür wurde ein kreisrundes Loch mithilfe einer Stichsäge aus der Platte geschnitten (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8).



Abbildung 7: Technikplatte angezeichnet



Abbildung 8: Technikplatte bearbeitet



Abbildung 9: Fasen anschleifen

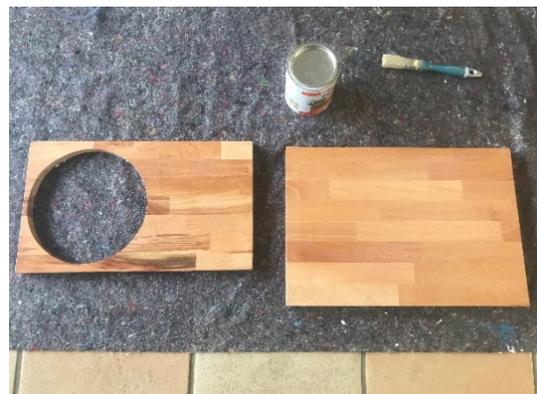


Abbildung 10: Grundplatte und Technikplatte Bestrichen

Anschließend wurden alle Holzplatten abgeschliffen und mit einer 45°- Grad Fase versehen (siehe Abbildung 9). Zum Abschluss der beiden Platten wurden sie mit einer Holzlasur bestrichen, um sie gegen Wasser zu schützen und die Optik zu verbessern (siehe Abbildung 10).

### 7.3. Bearbeitung der Plexiglasgrundplatte

Nun wurde die Arbeit mit dem Plexiglas aufgenommen, diese Arbeit ist etwas aufwändiger, da das Material teurer ist und schneller verkratzt, somit musste man besser aufpassen bei der Bearbeitung. Zuerst wurde die Grundplatte vermessen und der Mittelpunkt ermittelt (siehe Abbildung 11). Anschließend wurden die Bohrungen markiert. Diese Bohrungen sind für die Befestigung der Plexiglasplatte an der Holzplatte. Die Bohrungen wurden auch gesenkt

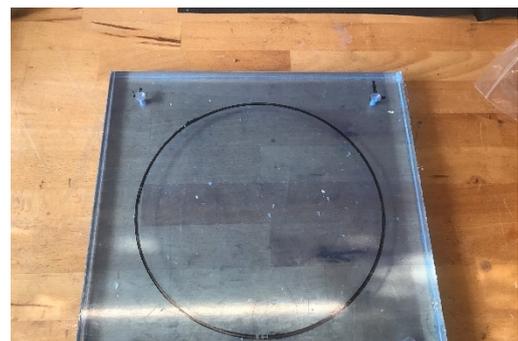


Abbildung 11: Bearbeitung Plexiglasgrundplatte

(siehe Abbildung 12 und Abbildung 13), damit einer Senkkopfschraube verwendet werden konnte.



Abbildung 12: Grundplattenbohrung mit Senkung 1



Abbildung 13: Grundplatte verschraubt

## 7.4. Deckelabdichtung

Die Deckel mussten aufgrund der geringen Wanddicke des inneren und äußeren Kolbens neu angefertigt werden. Hierbei entschied man sich für eine abgesetzte Form,

damit nun die Schrauben nicht mehr senkrecht zum Deckel befestigt werden, sondern waagrecht in die Kolbenflanke (siehe Abbildung 14 und Abbildung 15).



Abbildung 14: Deckel



Abbildung 15: Deckel neu angefertigt



Abbildung 16: Deckeldichtung

Die Deckelabdichtung wurde anfangs mithilfe eines selbstvulkanisierten Dichtungsringes verwirklicht (siehe Abbildung 16), dies stellte sich aber im Nachhinein als undicht heraus. Daher wurde mithilfe von Silikon abgedichtet.

## 7.5. Bohrungen



Abbildung 17: Bohrung anzeichnen



Abbildung 18: Gewindeschneiden

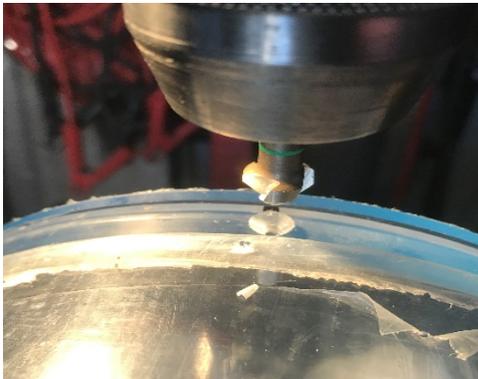


Abbildung 19: Bohrungen senken



Abbildung 20: Deckel verschraubt

Bevor die Bohrungen  $\varnothing 3,3$  mm für die Gewinde gebohrt wurden, mussten diese angezeichnet werden, um gleiche Abstände zuzubekommen (siehe Abbildung 17). Nach den Bohrungen der  $\varnothing 3,3$  mm Löcher wurde das M4 Gewinde geschnitten (siehe Abbildung 18). Auf eine Tiefe von 20 mm, damit die Senkkopfschrauben M4x16 komplett eingeschraubt werden können. Zur Verschraubung wurden Senkkopfschrauben verwendet, diese benötigen eine 90° Grad Senkung, 3mm tief (siehe Abbildung 19). Danach konnte der Deckel verschraubt werden (siehe Abbildung 20).



Abbildung 21: Kolbenbohren

Die zuvor beschriebenen Arbeitsgänge werden analog zum inneren Kolben beim äußeren Kolben durchgeführt. Die Schwierigkeit bestand hier in der Größe des Kolbens, da dieser schwerer zum bewegen war (siehe Abbildung 21)



Abbildung 22: Bohrung für die Zuleitung der Pumpe



Abbildung 23: Einschraubung für die Zuleitung

Nach den Bohrungen für die Schrauben wurden auch drei Bohrungen für die Zu- und Abläufe der Pumpe mit einem Stufenbohrer auf  $\varnothing 23\text{mm}$  gebohrt (siehe Abbildung 22). Um einen wasserdichten Übergang zu garantieren wurde eine Übergangsmuffe eingebaut.

## 7.6. Reinigung



Abbildung 24: Brennspiritus reinigen

Bevor der Zusammenbau des Kolbens beginnen konnte, wurde der gesamte Kolben mit Brennspiritus gründlich gereinigt, um so die Haftbedingungen für den Kleber zu verbessern (siehe Abbildung 24).



Abbildung 25: Deckel gereinigt

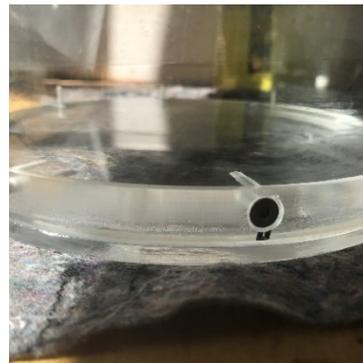


Abbildung 26: Deckel verschraubt und abgedichtet

In Abbildung 25 ist der Deckel gereinigt worden. In der Abbildung 26 anschließend mit Silikon verklebt worden und mit den Schrauben verschraubt.

## 7.7. Zusammenbau



Abbildung 27: Grundplatte zusammenschrauben



Abbildung 28: Abstützung für die Technikebene



Abbildung 29: Technikplatte

Als nächstes folgte der Zusammenbau des Modells nachdem alle Einzelteile hergestellt worden waren. Begonnen wurde mit der Zusammensetzung der Grundplatte, diese bestand aus zwei Einzelteilen der Plexiglas- und der Holzgrundplatte, die zwei Platten sind mithilfe von Schrauben fest verbunden worden (siehe Abbildung 27). Die Stützen wurden für die Abstützung der Technikebene verwendet. Die Stützen wurden mithilfe der Tischkreissäge auf Maß abgeschnitten (siehe Abbildung 28). Auf die Technikplatte (siehe Abbildung 29) kommen alle Komponenten, die für den Pumpbetrieb benötigt werden.

## 7.8. Elektroinstallation



Abbildung 30: Schalter für Pump- und Turbinenbetrieb



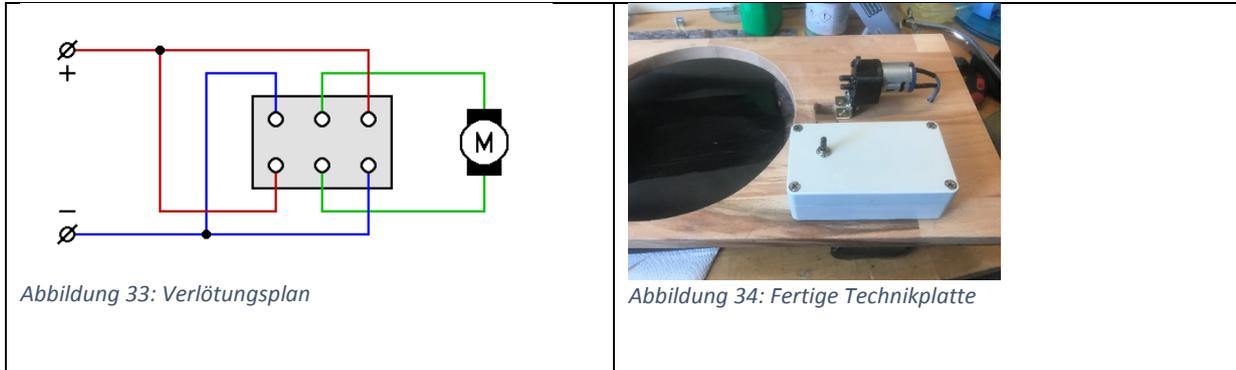
Abbildung 31: Verkabelung



Abbildung 32: Befestigung für die Pumpe

Zum auf- und abpumpen des Kolbens wurde noch die elektrische Verwirklichung benötigt. Hierfür wurde ein Schalter in einem Gehäuse platziert (siehe Abbildung 30), dieser wurde mit zwei Muttern M4 befestigt. Danach musste der Schalter verkabelt werden (siehe Abbildung 31), dies musste wie in Abbildung 33 verlötet werden, da eine Umpolung stattfinden muss, damit die Pumpe einmal aufpumpt und einmal ab. Die Pumpe wurde mithilfe von zwei kleinen Winkeln fest auf der Technikplatte befestigt (siehe Abbildung 32), abschließend wurde sie ebenfalls verlötet und an den Schalter

angeschlossen. Die Stromversorgung wurde über einen Akku an der Unterseite der Platte hergestellt.



Nun folgte der Zusammenbau des Grundgerüsts. Das Grundgerüst besteht aus drei Arbeitsteilen. Zum einen aus den zwei Grundplatten, zum anderen aus der Abstützung und der Technikebene (siehe Abbildung 35 - 37). Diese drei Teile werden mithilfe von Schrauben aneinander befestigt. Dies dient zur Stabilisierung des Kolbens, damit sich dieser immer in einer aufrechten Position befindet und nicht kippen kann.



Abbildung 35: Zusammenbau Grundgerüst 1



Abbildung 36: Zusammenbau Grundgerüst 2



Abbildung 37: Zusammenbau Grundgerüst 3

## 7.9. Stülpenmembran Herstellung



Abbildung 38: Membran längen Test



Abbildung 39: Membran Klebetest 1



Abbildung 40: Membran Klebetest 2

Hier wurde mit einem kleinen Stück der Folie die benötigte Länge bestimmt. Hierbei wurde auch der Stülpenvorgang erstmalig getestet (siehe Abbildung 38). Bei dem Klebetest wurde die Klebeeigenschaft verschiedener Klebstoffe untersucht. Zum einen nur Quellschweißkleber, PVC Kleber und Klebeband (siehe Abbildung 39). Hierbei stellte sich heraus, dass der Quellschweißkleber in Verbindung mit dem Klebeband

am besten gehalten hat. Bei der Abbildung 40 wurde nur mit verschiedenen Flüssigklebern Versuche durchgeführt.



Abbildung 41: Membran Grundmaterial Teichfolie



Abbildung 42: Membranzuschnitt



Abbildung 43: Kleben der Membran



Abbildung 44: Befestigung der Membran am Kolben



Abbildung 45: Befestigung der Membran am großen Kolben



Abbildung 46: Funktionstest Bewegung des inneren Kolbens

Die Stülpmembran wurde aus einer Teichfolie hergestellt (siehe Abbildung 41). Diese Folie wurde zunächst zurechtgeschnitten, um sie an die Kolbenform anzupassen (siehe Abbildung 42). Die Teichfolie wurde zusammengeklebt (siehe Abbildung 43). Anschließend wurde die Membran mit dem inneren und äußeren Kolben verklebt (siehe Abbildung 44). Zum Abschluss wurde ein Funktionstest durchgeführt, dabei wurde der Abstülpvorgang getestet (siehe Abbildung 46).

## 7.10. Fertigstellung und Probelauf



Abbildung 47: Fertigstellung des Modells 1



Abbildung 48: Fertigstellung des Modells 2



Abbildung 49: Probelauf Pumpvorgang

Die Fertigstellung bestand darin den Kolben in dem Grundgerüst zu befestigen und die Rohrleitungen anzubringen. Die Rohrleitungen wurden mit der Pumpe und dem Kolben verbunden (siehe Abbildung 47 und Abbildung 48). Anschließend konnte die erste Dichtigkeitsprüfung durchgeführt werden, um festzustellen, dass kein Wasser austritt. Die Pumpe wurde nach der Fertigstellung erstmals getestet (siehe Abbildung 49). Die Pumpe funktionierte in beiden Richtungen einwandfrei. Nach den Einzelprüfungen wurde die abschließende Funktionsprüfung durchgeführt, welche beinhaltet, dass der Kolben nach oben und nach unten gepumpt werden konnte.

## 8. Kostenplan

Projekt Energietechnik – MB6E 				
Kostenaufstellung				
Bezeichnung	Kaufdatum	Menge	Preis	Bemerkung
Grundplatte	10.05.17	1	14,90 €	Hornbach
Platte für Technik ebende	10.05.17	1	3,50 €	Hornbach
Schlauschellen	11.05.17	10	7,95 €	Amazon
Reduziernippel Messing Fitting	14.05.17	3	2,15 €	Amazon
Schlauchklemme	14.05.17	20	4,88 €	Amazon
Faßverschraubung	14.05.17	3	8,75 €	Amazon
Winkel 3/8" verchromt	11.05.17	3	11,80 €	Sanitär Großhandel
Kraftstoff-Getriebepumpe 12V	11.05.17	1	18,94 €	Conrad
PVC Schlauch 4m	11.05.17	1	3,80 €	Hornbach
Schlauchtülle 3/8"	11.05.17	3	8,10 €	Hornbach
PVC Teichfolie 2x3m	11.05.17	1	13,74 €	Hornbach
Weich PVC Kleber	03.06.17	1	5,15 €	Hornbach
Tesa Extra Power UNI	03.06.17	1	9,89 €	Hornbach
Schrauben JD plus	03.06.17	1	2,51 €	Hornbach
Senkkopfschrauben	03.06.17	45	10,80 €	Hornbach
PVC-Folien Kleber	03.06.17	1	12,95 €	Hornbach
Silikon Akkit 601	09.06.17	1	6,29 €	Hornbach
Gesamtpreis:			146,10 €	

Abbildung 50: Kostenaufstellung

## 9. Verwertungskonzept

Mit diesem Modell von dem Stülpemembranspeicher soll die Funktionsweise dieser Stromspeicherung veranschaulicht und simuliert werden. Dieses Modell soll als Miniaturausgabe als Vorführungsobjekt dienen, um wichtige Geschäftspartner davon zu überzeugen, in dieses Projekt zu investieren.

10. Anhang

## Lebenslauf

### Persönliche Daten:

**Name:** Emanuel Weithmann  
**Anschrift:** Mittelsteig 20  
90596 Schwanstetten

**Tel:** 09170/98700  
**Handy:** 0170/3178686

**Email:** [weithmannem58691@th-nuernberg.de](mailto:weithmannem58691@th-nuernberg.de)  
[emanuel.weithmann@web.de](mailto:emanuel.weithmann@web.de)

**Geboren:** 08.04.1994 in Fürth

### Schulbildung:

**2000- 2004:** Grundschule Montessori

**2004- 2010:** Adolf Reichweinschule Nürnberg  
Abschluss Mittlere Reife

**2010-2013:** Max-Grundigschule Fürth  
Abschluss Fachabitur Technik

**2013-Jetzt:** Georg-Simon-Ohm Technische Hochschule  
Erwarteter Abschluss Bachelor bzw. Master

### Kenntnisse & Fähigkeiten:

**Fremdsprachen:** Englisch in Wort und Schrift

**PC-Kenntnisse:** Microsoft-Office (word& excel), PTC Creo und C++

**Führerscheine:** T, B, BE, C, CE

### Interessen:

Seit 2006 in der freiwilligen Feuerwehr Leerstetten, seit 2014 in der Vorstandschaft und seit 2016 Kommandant, Skifahren, Landwirtschaft, Reisen

