

Projektarbeit

**Platzierung und Einbau der Aggregate,
Rohrleitungen und Strömungsführungen am
Stülpmembranspeicher Demonstrator-System**

Autor: Julian Schmitt

Betreuung: Prof. Dr. Matthias Popp

Ort, Abgabetermin: Nürnberg, 15.12.2023

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Projektaufgabe	3
3 Arbeitspakete	4
3.1 Plattform für die technische Ausrüstung.....	4
3.1.1 Zugang zur Plattform	4
3.1.2 Plattform	5
3.2 Zugang zum Untergrundbauwerk und Zylinder	6
3.3 Rohrleitungen	7
3.3.1 Auswahl der Rohrleitungen.....	8
3.4 Strömungsführung	11
3.5 Plattformen Membraneinbau	13
4 Zusammenfassung	14
Literaturverzeichnis	15

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteile verschiedener Energieträger am Primärenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2020 [1]	1
Abbildung 2: Darstellung der Projektaufgabe anhand einer eigenen Skizze.....	3
Abbildung 3: Plattform für technische Ausrüstung mit Ringwall als Zugang von außen...	4
Abbildung 4: Mögliche Anordnung der technischen Ausrüstung auf der Plattform (nicht maßstabsgetreu)	5
Abbildung 5: Darstellung des Zugangs zum Erdreich anhand einer Wendeltreppe	6
Abbildung 6: Position und schematischer Aufbau der wasserfesten Zugangstür.....	6
Abbildung 7: Gesamtdarstellung der Rohrleitungen	7
Abbildung 8: Detailansicht zum Übergang von Wärmespeicherleitung in Stromspeicherleitung	8
Abbildung 9: Allgemeine Angaben der Rohrleitungen [8]	9
Abbildung 10: Rohrabmessungen und Rohrdarstellung [8]	10
Abbildung 11: Gesamtdarstellung der Strömungsführungen	11
Abbildung 12: Darstellung der Strömungsführung 1	11
Abbildung 13: Darstellung der Strömungsführung 2.....	12
Abbildung 14: Schematische Darstellung der Strömungsführung 2.....	12
Abbildung 15: Darstellung der Plattformen für den Membraneinbau	13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennwerte der verwendeten Rohrleitungen [8]	9
Tabelle 2: Rohrabmessungen und Auswahl der Wärmedämmung [8]	9

1 Einleitung

Durch den fortschreitenden Klimawandel mit seinen verheerenden Folgen für Mensch, Natur und Umwelt ist es von Bedeutung ein Umdenken in der Energiegewinnung der Zukunft und Gegenwart anzustreben. Unsere derzeitigen Energieträger welche Anteile am Primärenergiebedarf in Deutschland haben, bestehen noch zu großen Anteilen aus fossilen Quellen wie in Abb. 1 zu sehen ist. Dies muss umgehend durch deutlich größere Anteile an Erneuerbaren abgelöst werden [1].

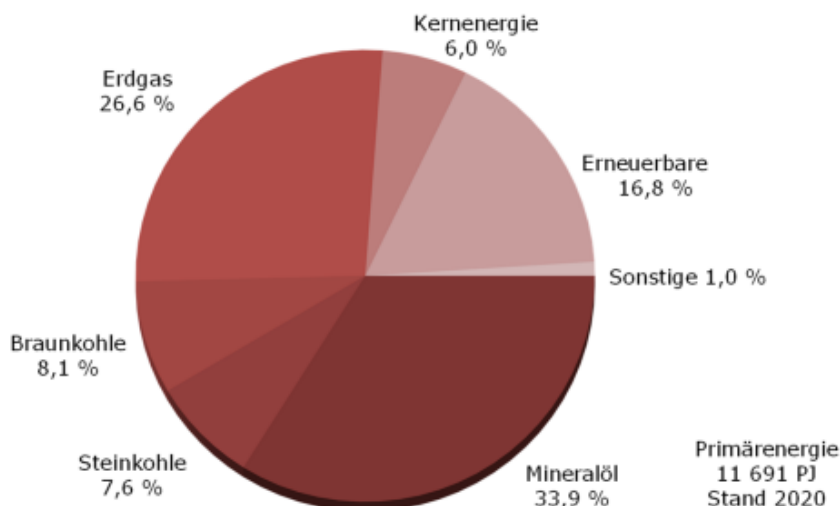


Abbildung 1: Anteile verschiedener Energieträger am Primärenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2020 [1]

Durch die Unvorhersehbarkeit und der ungeplanten Energiegewinnung aus Erneuerbaren Energieträgern, sowie deren teilweise deutliche Überproduktion als der eigentliche Bedarf abverlangt, sind Lösungen zur Energiespeicherung notwendig. Somit ist eine der entscheidendsten Fragen der Zukunft »Wie können wir die überschüssige Energie aus Erneuerbaren Quellen sinnvoll und mit so wenig Einfluss auf Natur und Umwelt wie möglich speichern?«

Die Debatte über die Energiewende ist in der Gesellschaft in aller Munde. Es wird jedoch oft nicht von der Wärmewende gesprochen, welche jedoch einen großen Teil zur notwendigen Energiewende beiträgt. Somit ist klar, ohne die Wärmewende kann auch keine Energiewende vollzogen werden! Weshalb es auch hier von großer Relevanz ist, sinnvolle Speicherkonzepte in der Zukunft entstehen zu lassen. Eines dieser Wärmespeicherkonzepte wäre Teil des Stülpmembranspeichers, bei den riesigen Wassermassen zur Stromspeicherung über Lageenergie verwendet werden, jedoch gleichzeitig mit seiner guten Speicherkapazität als thermischer Speicher dienen.

Dieses ganzheitliche Konzept zur Speicherung von Energie aus Erneuerbaren Quellen soll in folgendem Projektbericht, welcher Teil eines gesamten Projektes zum Bau eines Stülpmembranspeicher Demonstrator-Systems ist, teilweise aufgearbeitet werden.

Das gesamte Projekt umfasst 6 Einzelbereiche. Beginnend mit den Tief- und Hochbauarbeiten für einen Stülpmembranspeicher-Demonstrator durch Herrn Anton Wolf [2]. Der Systemaufbau und die Aggregate zur Stromspeicherung und Wärmebewirtschaftung eines Stülpmembranspeichers wurden von Herrn Rami Haidar behandelt [3]. Die Herstellung der Stülpmembran eines Stülpmembranspeichers durch Herrn Franz Lampe sowie der Einbau und die Befestigung der Stülpmembran eines Stülpmembranspeichers durch Herrn Nicolai Neubauer [4] [5]. Zuletzt erfolgt durch Herrn Peter Müller-Leimbach die Auslegung & Betrachtung der Wirtschaftlichkeit eines Solarkollektorfeldes und einer Wärmedämmung für den Stülpmembranspeicher [6].

2 Projektaufgabe

Die Projektaufgabe besteht darin, die Aggregate zu platzieren, sowie die Rohrleitungen und Strömungsführungen für den Strom- und Wärmespeicherbetrieb des Stülpmembranspeicher Demonstrator-Systems zu entwickeln und einzubauen. Hinzu kamen zusätzlich noch Möglichkeiten zur Begehung des Zylinders für den Einbau der Membran sowie für mögliche Besichtigungen, Reparaturen, Wartungen und Messungen am System. Da sich die Projektaufgabe aus mehreren Einzelaufgaben zusammensetzt werden diese aufgeteilt und in nachfolgendem Kapitel in Arbeitspaketen ausgearbeitet.

In Abbildung 2 ist eine Gesamtdarstellung der Projektaufgabe zu sehen. Hierbei sind die einzelnen Arbeitspakete und deren Position gekennzeichnet. Aus Gründen der Übersicht wird im Folgenden jeweils ein Teilbereich der Gesamtdarstellung genommen und spezifischer oder näher dargestellt.

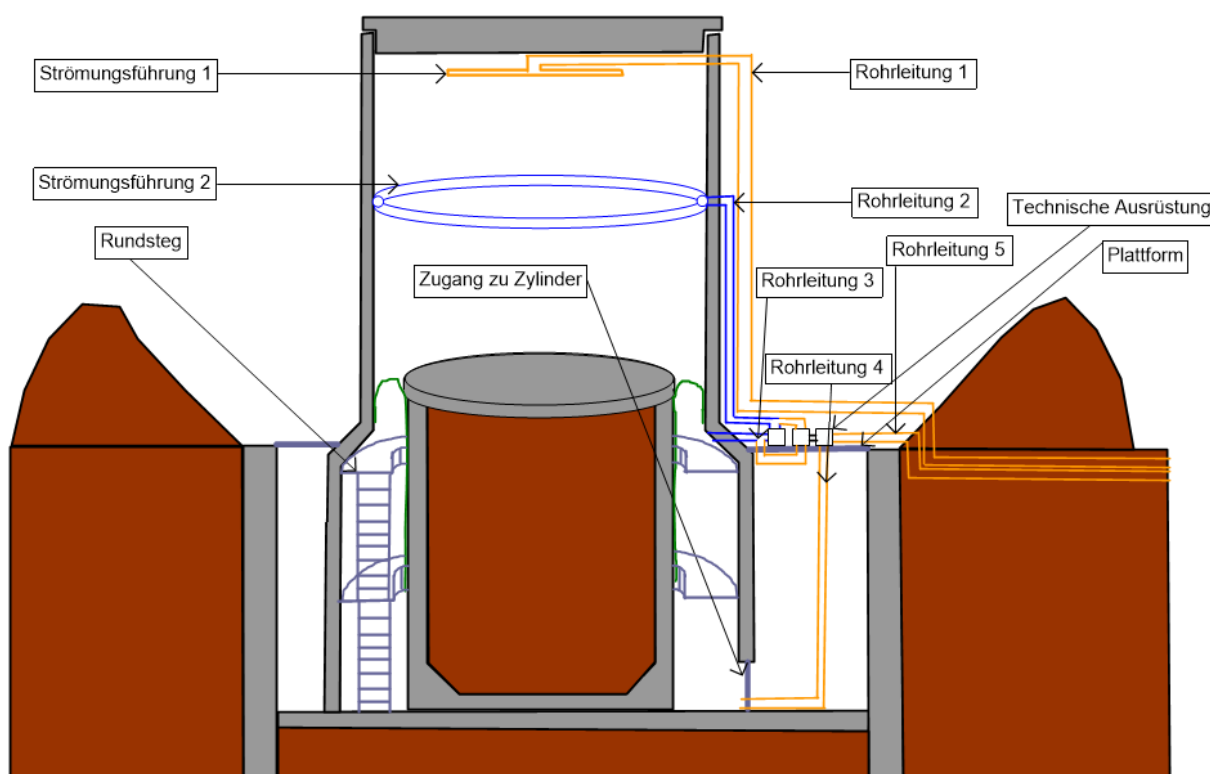


Abbildung 2: Darstellung der Projektaufgabe anhand einer eigenen Skizze

3 Arbeitspakete

In Kapitel 3 werden die einzelnen Arbeitspakete, welche die unter Kapitel 2 genannte Projektaufgabe abbilden, ausführlich beschrieben. Dabei wird, wenn vorhanden eine Problemstellung formuliert. Weiterhin die Zielsetzung und letztlich die Umsetzung des Arbeitspaketes.

3.1 Plattform für die technische Ausrüstung

Die Zielsetzung ist hier eine begehbare Plattform zu schaffen auf der die technische Ausrüstung platziert werden kann wie schematisch in Abb.3 zu sehen ist. Unter technischer Ausrüstung verstehen sich die Pumpen und Generatoren mit den zu- und abgeführten Rohrleitungen [3]. Weiterhin soll die genaue Platzierung der einzelnen Ausrüstungsgegenstände auf der Plattform aufgezeigt werden.

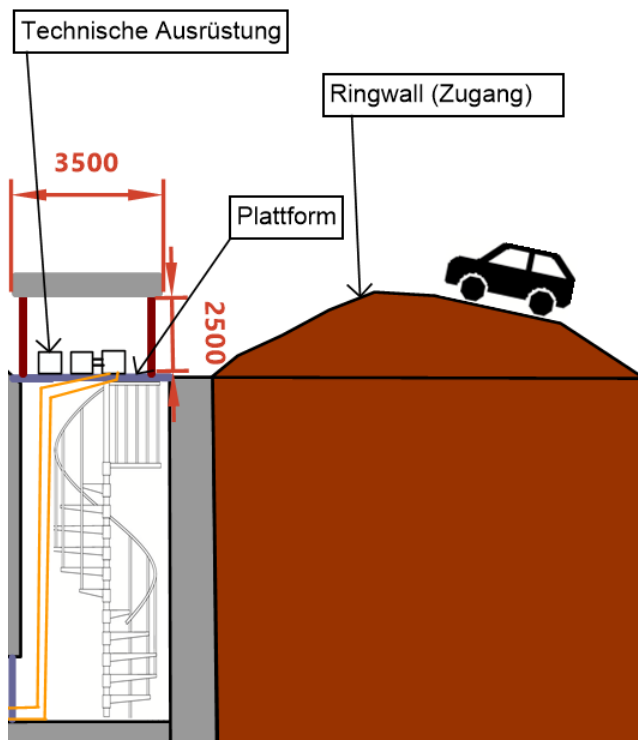


Abbildung 3: Plattform für technische Ausrüstung mit Ringwall als Zugang von außen

3.1.1 Zugang zur Plattform

Der Zugang zur Plattform erfolgt von außen über den aufgeschütteten Ringwall welcher im Falle von ausströmendem Wasser dieses gezielt zurückhalten soll [2]. Wie in Abb. 3 zu sehen ist soll der Ringwall so aufgeschüttet sein, dass er mit einem Auto zu überfahren ist. Dies dient dazu alle möglichen Gerätschaften wie die technische Ausrüstung alle späteren Rohrleitungen und Strömungsführungen usw. einfacher antransportieren zu können.

3.1.2 Plattform

Die Plattform ist an der Erdoberfläche platziert, der Vorteil hier liegt in der einfachen Umsetzung des Einbaus. Würde der Einbau zwischen Bohrpfahlwand und Zylinderaußenwand erfolgen, müsste von einem deutlichen Mehraufwand ausgegangen werden. Der Vorteil die Plattform weiter unten zu platzieren und somit auch die Pumpen ergibt sich erst wenn die Pumpen unterhalb des zu pumpenden Wassers angeordnet werden. Dies würde bedeuten, die Pumpen müssten noch im Erdreich tiefer als die Bodenplatte platziert werden. Da dies bautechnisch nicht so leicht möglich ist, sind die technischen Geräte an der Erdoberfläche angebracht, hierbei ist jedoch mit Kavitation zu rechnen.

Weiterhin ist in Abb.3 eine Überdachung für die Plattform zu erkennen. Diese dient lediglich als Wetterschutz für die technische Ausrüstung oder Arbeitern bzw. Besuchern als Unterstand im Fall von schlechtem Wetter.

In Abb. 4 sind die Abmaße der Plattform mit 2x2m festgelegt. Diese Größe wurde ausgewählt anhand der vorgegebenen Druckübertrager, Pumpe und Antriebsmotoren [3]. Sie dient dazu genügend Platz zwischen und um die eingebaute technische Ausrüstung zu gewährleisten für den Einbau, Wartungen, Reparaturen und Messungen. Die in Abb.4 vorgegebenen Maße sind lediglich eine Möglichkeit da die technische Ausrüstung in der tatsächlichen Umsetzung noch variieren kann.

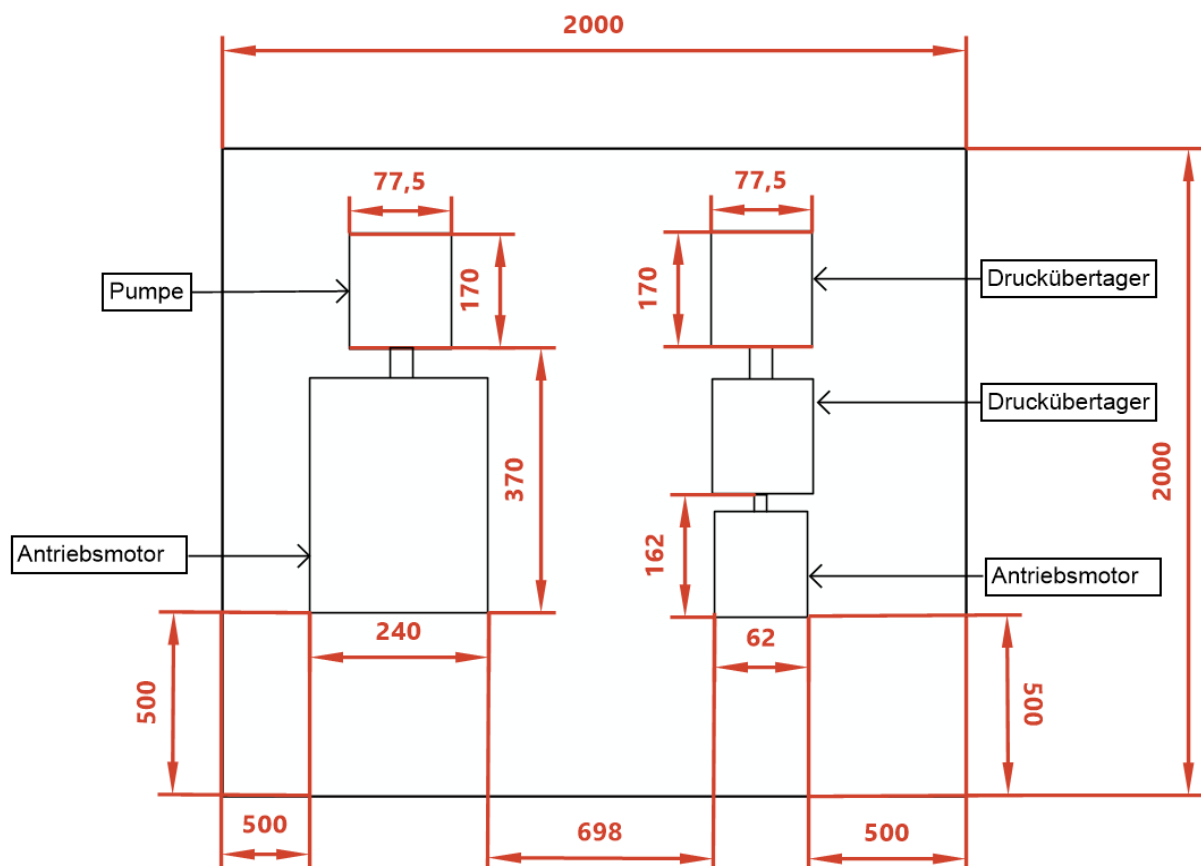


Abbildung 4: Mögliche Anordnung der technischen Ausrüstung auf der Plattform (nicht maßstabsgetreu)

3.2 Zugang zum Untergrundbauwerk und Zylinder

Da es sich bei dem Gesamtprojekt um einen Demonstrator handelt und hier auch Begehungen von Interessierten-Gruppen sowie regelmäßige Messungen durchgeführt werden, ist eine sichere Möglichkeit in den Bereich unter der Erdoberfläche zu gelangen notwendig.

Dieser Zugang ins Untergrundbauwerk erfolgt über die Plattform. Angebracht an die Plattform ist eine Wendeltreppe, welche bis zum untersten Punkt im Bauwerk führt. Dadurch ist einerseits der sichere Zugang für Personen gewährleistet, die eine Begehung durchführen. Andererseits kann wie in Abb. 5 dargestellt, die Rohrleitung 4 (Abb. 2) an der Wendeltreppe angebracht und geführt werden, was die Zugänglichkeit der Rohrleitung vereinfacht.

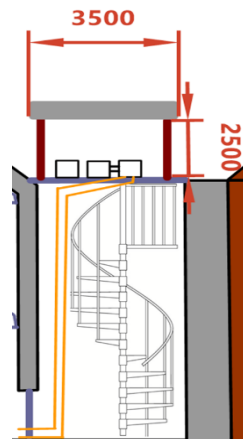


Abbildung 5: Darstellung des Zugangs zum Erdreich anhand einer Wendeltreppe

Da erst im Zusammenhang mit der Bodenbeschaffenheit gesagt werden kann, wie tief sich der Zylinder im Untergrund befindet, ist die Treppe mit einem Durchmesser von 1,60m und einer variablen Höhe ausgewählt worden. Weiterhin besteht die Wendeltreppe aus feuerverzinktem Stahl und einem Stahlgeländer mit Handlauf. Bei einer Treppenhöhe von rund 8m wären für die Treppe 39 Stufen und 3 Podeste vorgesehen [7].

Der Zugang ins Untergrundbauwerk schließt auch den Zugang zum Zylinder mit ein, welcher wie in Abb.6 über eine wasserdichte Tür entsteht, welche in der Zylinderwand eingebracht wird.

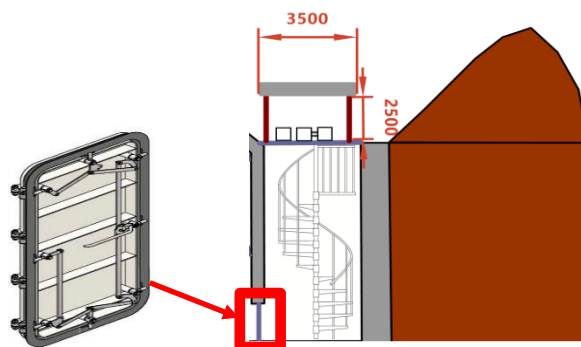


Abbildung 6: Position und schematischer Aufbau der wasserfesten Zugangstür

In Abb.6 wird die Platzierung der wasserdichten Tür aufgezeigt, welche gleichzeitig schematisch abgebildet ist. Vorteil dieser Tür ist, dass sie durch einen dreiteiligen Aufbau den Innenraum komplett vom Außenraum abtrennt. Dieser dreiteilige Aufbau besteht aus einem Rahmen (innen), einer Dichtung und der eigentlichen Tür (außen). Durch die Verriegelung wird die Kraft von innen über 8 Punkte gleichmäßig auf den Rahmen und damit die Dichtung aufgebracht, was sicherstellt, dass kein Wasser austreten kann [9].

3.3 Rohrleitungen

Abbildung 7 stellt die benötigten Rohrleitungen für den Wärmespeicherbetrieb (orange) und den Stromspeicherbetrieb (blau) dar. Hierbei unterscheiden sich die jeweiligen Rohre da für den Wärmespeicherbetrieb größere Rohrleitungen vorgegeben waren als im Stromspeicherbetrieb [3]. Insgesamt handelt es sich um 5 Leitungen, welche jedoch an einigen Stellen zusammengeführte Systeme darstellen wie im Falle von Rohrleitung 2 und 3. Beispielsweise bei Rohrleitung 3 wird von einem Druckübertrager (Abb.4) Wasser aus einer Wärmespeicherleitung in eine Stromspeicherleitung eingebracht, welche am zweiten Druckübertrager angebracht ist, dies wird in Abb.8 im Detail gezeigt.

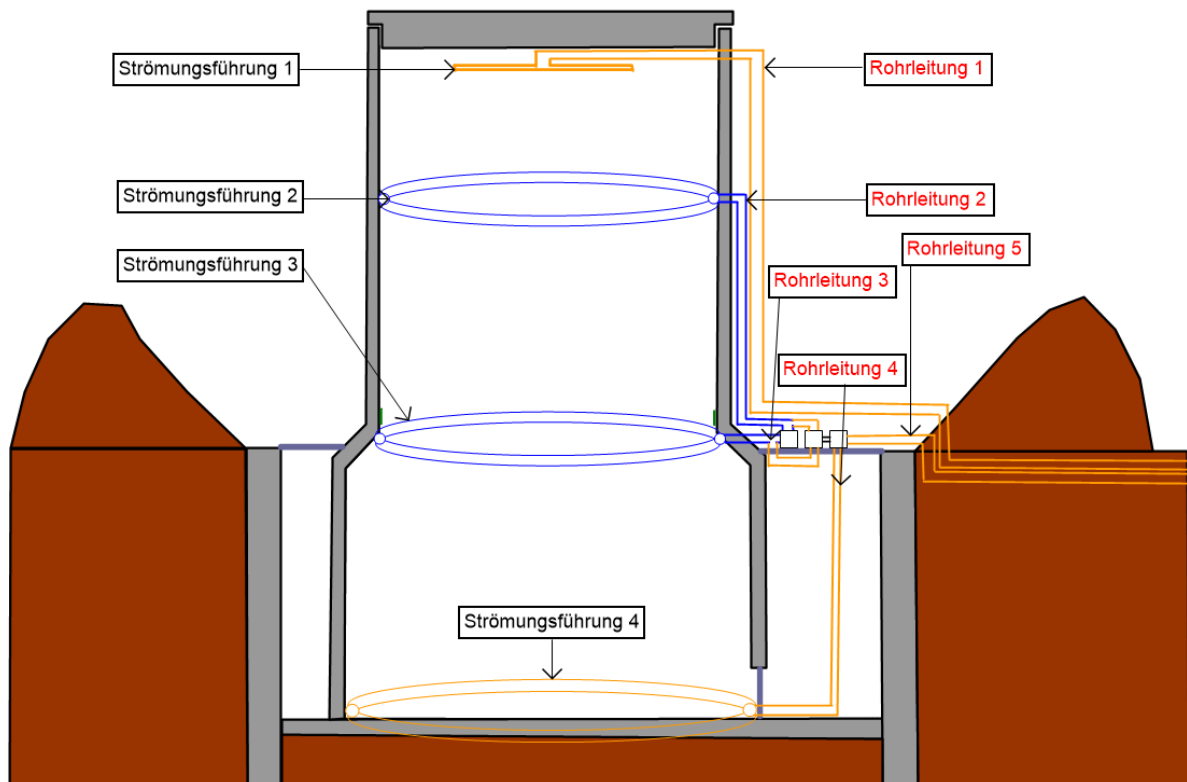


Abbildung 7: Gesamtdarstellung der Rohrleitungen

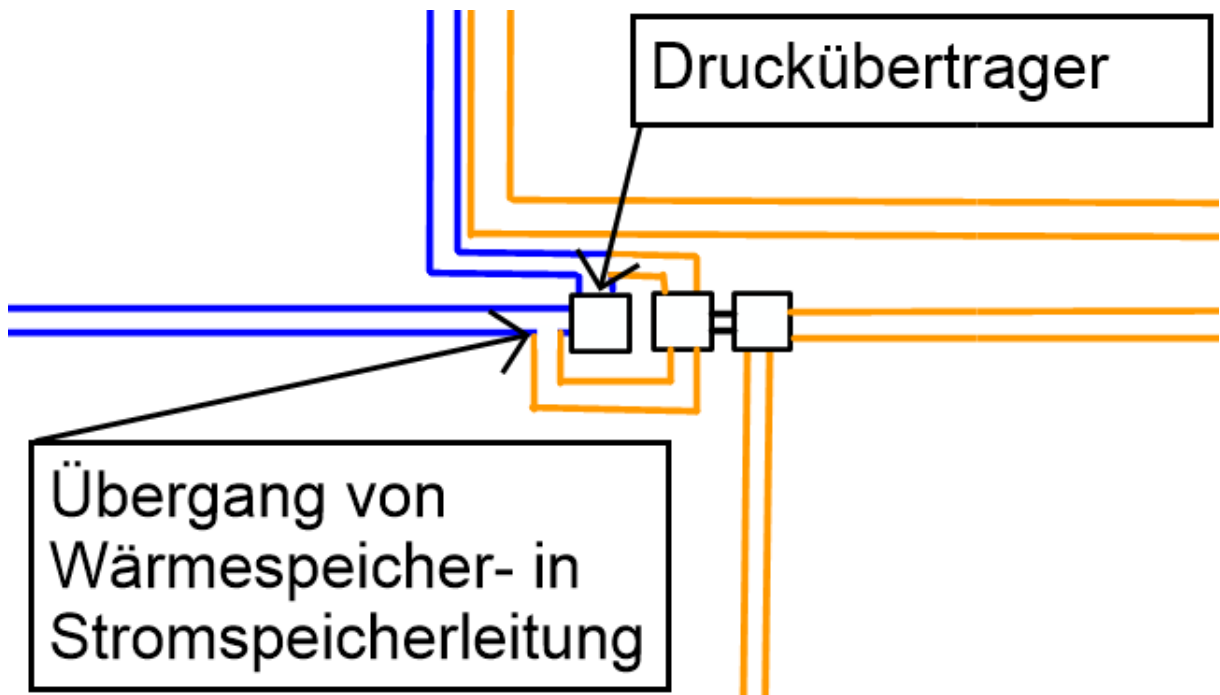


Abbildung 8: Detailansicht zum Übergang von Wärmespeicherleitung in Stromspeicherleitung

3.3.1 Auswahl der Rohrleitungen

Die Durchmesser der beiden Rohrleitungsgrößen wurden vorgegeben [3]. Weitere Vorgaben waren die Maximaltemperatur von 85°C und eine damit verbundene Wärmedämmung. Die Auswahl der endgültigen Rohrleitung wird im Folgenden aufgezeigt und erfolgte nach dem Hersteller Isoplus [8].

Durch Abbildung 9 und die damit angegebenen Hervorhebungen wird aufgezeigt, dass das ausgewählte Rohr nach Isoplus für den vorgegebenen Anwendungsfall geeignet ist. Zunächst die zulässige Temperatur nach EN 253 welche mindestens 100°C umfasst. Der maximal zulässige Druck in den Rohren beträgt 25 bar und ist damit um einiges über den rund 3-4 bar die im System herrschen. Da der Werkstoff (P235GH) bei 20°C schon eine Wärmeleitfähigkeit von $55,2 \frac{W}{m \cdot K}$ aufweist wie aus Tabelle 1 zu entnehmen ist, wird zusätzlich noch eine Wärmedämmung notwendig. Die Wärmedämmung dient einerseits der Verlustreduzierung andererseits aber auch als Sicherheitsvorkehrung da die Rohre offen liegen. Durch die Ummantelung mit Wärmedämmung kann nicht direkt an das bis zu 85°C heiße Rohr gefasst werden, wodurch ein Schutz nach außen vorliegt [8].

Maximal zulässige Betriebstemperatur T_{max} :	mindestens nach EN 253
Maximal zulässiger Betriebsdruck p_B :	25 bar
Maximal zulässige Axialspannung σ_{max} :	190 N/mm ²
Netzüberwachung:	IPS-Cu, IPS-NiCr und andere, bei kontinuierlicher Fertigung nur IPS-Cu
Mögliche Medien:	alle Heizwasser und sonstige Werkstoffgeeignete flüssige Stoffe

Abbildung 9: Allgemeine Angaben der Rohrleitungen [8]

Tabelle 1: Kennwerte der verwendeten Rohrleitungen [8]

Technische Parameter P235TR1/TR2/GH bei 20° C					
Eigenschaft	Einheit	Wert	Eigenschaft	Einheit	Wert
Rohdichte ρ	kg/dm ³	7,85	Elastizitätsmodul E	N/mm ²	211.800
Zugfestigkeit R_m	N/mm ²	360 - 500	Wärmeleitfähigkeit λ	W/(m•K)	55,2
Streckgrenze R_e	N/mm ²	235	Spezifische Wärmekapazität c_m	kJ/kg°C	0,46
Wandrauhigkeit k	mm	0,02	Ausdehnungskoeffizient α	K ⁻¹	11,3 • 10 ⁻⁶

Tabelle 2 zeigt die Abmessungen auf, welche sich für die beiden Rohrtypen ergeben. Hierbei handelt es sich bei beiden Typen um ein Mediumrohr welches durch Schweißen in einem diskontinuierlichen Prozess hergestellt wird. Eine andere Möglichkeit wäre die nahtlose Herstellung der Rohre, was bei einer geschätzten Gesamtlänge der Rohre von 60m nur den Preis erhöhen würde, ohne einen Vorteil zu liefern, da die nahtlose Herstellung aufwendiger ist [8].

Diskontinuierliche Fertigung - Mediumrohr geschweißt

Typ	Abmessungen Mediumrohr P235GH					Abmessungen Mantelrohr PEHD										Gewicht ohne Wasser G in kg/m (s nach isoplus)				
	Nennweite / Dimension in	Außen-Ø d_a in mm	Wandstärke nach isoplus s in mm	Wandstärke nach EN 253 s in mm	PEHD-Mantelrohraußen-Ø • Wandstärke $D_a \cdot s$ in mm	Dämmdicke / Lieferlänge L in m						Dämmdicke								
						Standard	6	12	16	1x verstärkt	6	12	16	2x verstär.*	6		12	16		
DRE-20	20	¾"	26,9	2,6	2,0	90 • 3,0	√	-	-	110 • 3,0	√	-	-	125 • 3,0	√	-	-	2,68	3,08	3,41
DRE-25	25	1"	33,7	3,2	2,3	90 • 3,0	√	-	-	110 • 3,0	√	√	-	125 • 3,0	√	√	-	3,54	3,96	4,30
DRE-32	32	1¼"	42,4	3,2	2,6	110 • 3,0	√	√	-	125 • 3,0	√	√	-	140 • 3,0	√	√	-	4,60	4,95	5,32
DRE-40	40	1½"	48,3	3,2	2,6	110 • 3,0	√	√	√	125 • 3,0	√	√	√	140 • 3,0	√	√	√	5,04	5,38	5,76
DRE-50	50	2"	60,3	3,2	2,9	125 • 3,0	√	√	√	140 • 3,0	√	√	√	160 • 3,0	√	√	√	6,25	6,62	7,16
DRE-65	65	2½"	76,1	3,2	2,9	140 • 3,0	√	√	√	160 • 3,0	√	√	√	180 • 3,0	√	√	√	7,73	8,28	8,87
DRE-80	80	3"	88,9	3,2	3,2	160 • 3,0	√	√	√	180 • 3,0	√	√	√	200 • 3,2	√	√	√	9,15	9,75	10,49
DRE-100	100	4"	114,3	3,6	3,6	200 • 3,2	√	√	√	225 • 3,4	√	√	√	250 • 3,6	√	√	√	13,23	14,24	15,35
DRE-125	125	5"	139,7	3,6	3,6	225 • 3,4	√	√	√	250 • 3,6	√	√	√	280 • 3,9	√	√	√	16,09	17,20	18,72

Tabelle 2: Rohrabmessungen und Auswahl der Wärmedämmung [8]

Für die Dämmung ergibt sich eine 1x verstärkte Ummantelung. Die Dämmung besteht aus PEHD, was für PE=Polyethylen und HD=High Density steht. Die Vorteile von PEHD sind, dass es eine Resistenz gegen nahezu alle im Erdreich vorkommenden chemischen Verbindungen hat. Gleichzeitig ist PEHD beständig gegen Witterungseinflüsse und UV-Strahlen. Durch die Zugabe von sehr feinen Rußsorten entsteht der Schutz gegen ultraviolette Strahlen, hier liegt der Anteil bei 2,5 ± 0,5 Massenprozent Rußzugabe [8].

Abbildung 10 zeigt die endgültigen Rohrabmessungen auf, sowie eine Rohrdarstellung des ausgewählten Rohres. In der Zeichnung ist zu erkennen, wie die Wärmedämmung sich zum eigentlichen Rohr verhält jedoch ist diese nicht maßstabsgetreu.

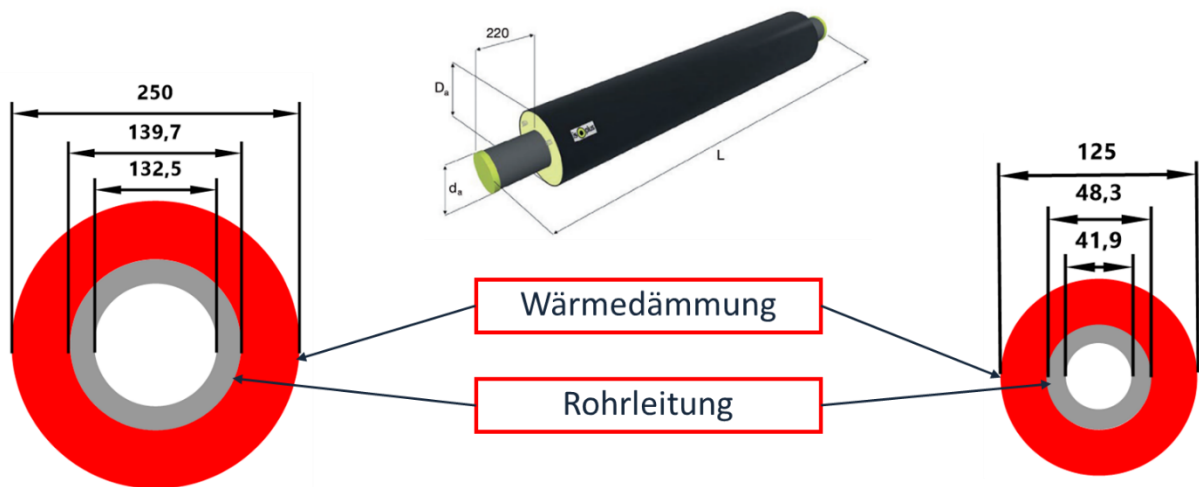


Abbildung 10: Rohrabmessungen und Rohrdarstellung [8]

3.4 Strömungsführung

In Abbildung 11 sind in Rot die 4 Strömungsführungen hervorgehoben, welche in Kapitel 3.4 behandelt werden. Ziel dieser Strömungsführungen ist es, Wasser gleichmäßig einströmen zu lassen, damit keine Durchwirbelung der Wärmeschichten stattfindet. Da im Speicher Temperaturen von bis zu 85°C vorliegen bilden sich hier Wärmeschichten aus, wenn beispielsweise kaltes Wasser einströmt. Da mit steigender Temperatur die Dichte von Wasser sinkt befindet sich die heißeste Schicht ganz oben, wo auch das heiße Wasser entnommen werden soll.

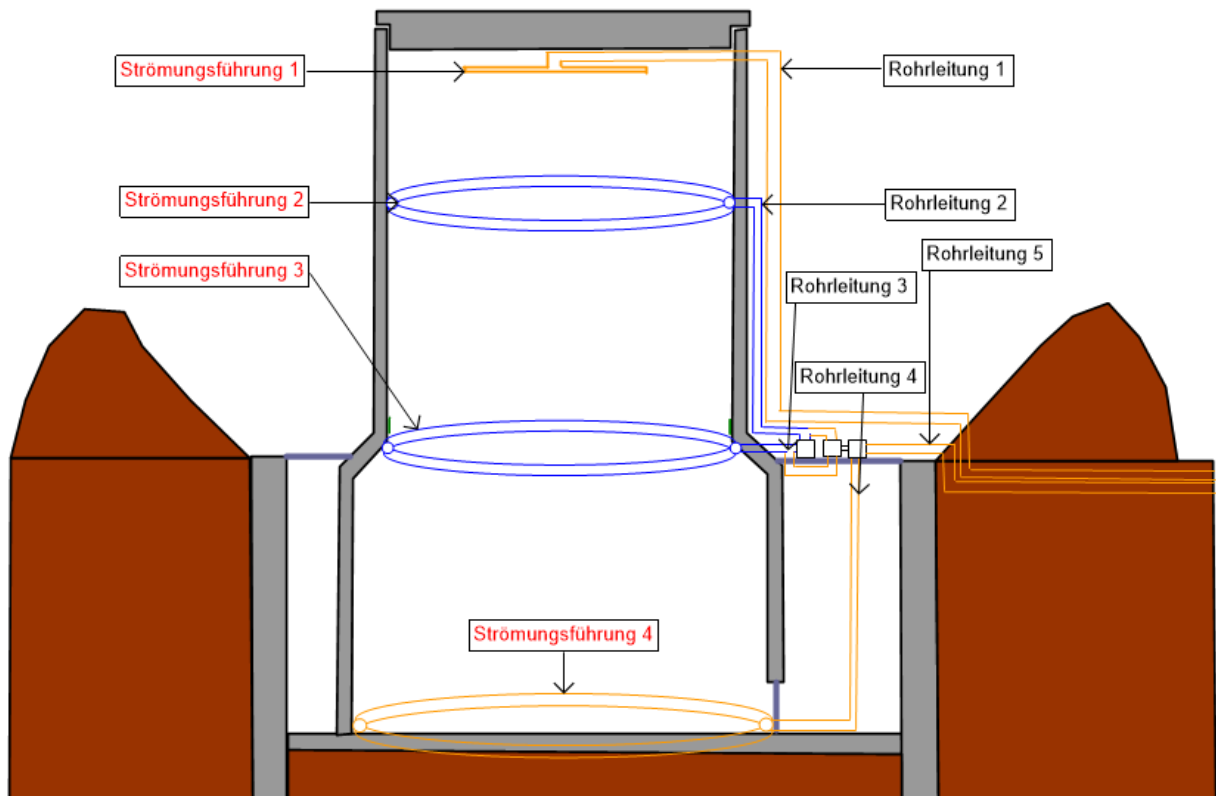


Abbildung 11: Gesamtdarstellung der Strömungsführungen

Strömungsführung 1 wird in Abb. 12 dargestellt. Hierbei handelt es sich um den obersten Punkt im Speicher. Also dort wo das Wasser die höchste Temperatur hat. Um zu verhindern das beim Entnehmen oder Zuführen von Wasser an diesem Punkt die ausgebildete Wärmeschicht durchmischt wird wurde ein spezieller Aufsatz gewählt. Dieser Aufsatz ist großflächig ausgelegt, um über einen großen Bereich gleichmäßig Wasser in das System einzubringen, für die Entnahme ist das Prinzip gleich.

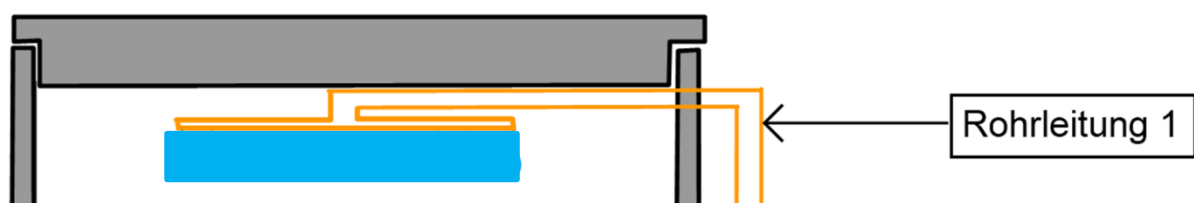


Abbildung 12: Darstellung der Strömungsführung 1

Durch Abbildung 13 und 14 wird aufgezeigt wie die anderen drei Strömungsführungen (2,3 und 4) aufgebaut sind. Hierbei handelt es sich um teilweise geöffnete Rohrleitungen, welche komplett an der Zylinderinnenwand entlang gehen wie in Abb. 11 zu erkennen ist. Strömungsführung 2 ist nach unten geöffnet so kann das Wasser gleichmäßig an der Zylinderinnenwand einströmen oder auch entnommen werden. Bei Strömungsführung 3 handelt es sich um eine nach oben geöffnete Ausführung, jedoch bei Strömungsführung 4 wieder um eine nach unten geöffnete Ausführung. Dies führt in allen drei Fällen wieder dazu das Wasser eingebracht oder entnommen werden kann, ohne die Wärmeschichten zu belasten. Zusätzlich ist es relevant die Öffnungszonen der Rohre so zu bemessen, dass sich über den kompletten Umfang gleiche Ein- und Ausströmungen ergeben.



Abbildung 13: Darstellung der Strömungsführung 2

Die Positionen der drei Strömungsführungen sind nicht an beliebigen Stellen. So ist Strömungsführung 2 direkt oberhalb des oberen Totpunkt der Membran. Dies bedeutet, wenn der Kolben maximal hochgepumpt ist und die Membran somit auch nach oben gewandert ist, sitzt die Strömungsführung 2 direkt über der Membran und berührt diese gerade nicht um Verschleiß zu vermeiden. Weiterhin sitzt die Strömungsführung 3 direkt unterhalb des Anbringungspunktes der Membran an der Zylinderinnenwand. Zuletzt noch Strömungsführung 4, diese sitzt direkt am Boden und ist nach unten geöffnet, dies zielt darauf ab so viel Wasser wie möglich abpumpen zu können, falls der Zylinder geleert werden soll.

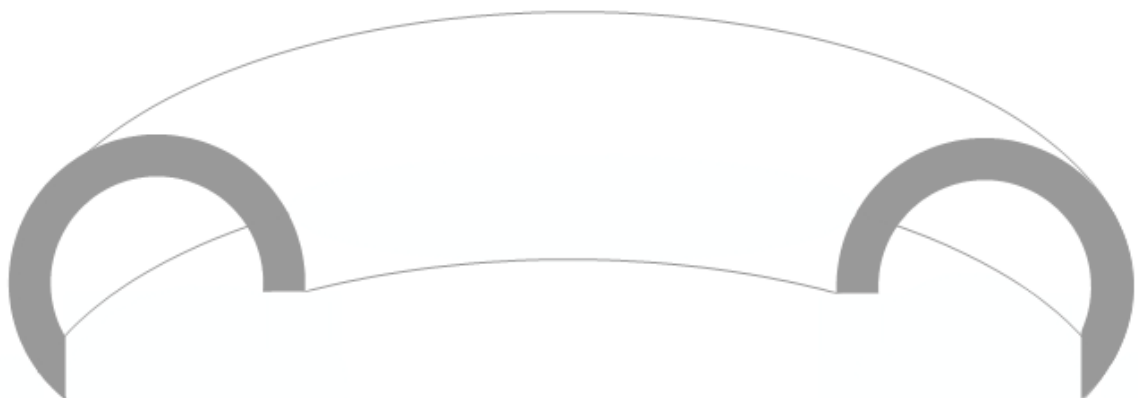


Abbildung 14: Schematische Darstellung der Strömungsführung 2

3.5 Plattformen Membraneinbau

Für den Einbau der Membran werden Plattformen benötigt, um diese komplett entlang der Zylinderfläche zu befestigen. Dies bietet zusätzlich den Vorteil bei einer Begehung des Zylinders sicher den Innenbereich zu demonstrieren.

Abbildung 15 zeigt eine allgemeine Darstellung davon, wie die Plattformen eingebaut sind. Zunächst findet hier der Zugang über die wasserfeste Tür aus Kapitel 3.2 statt. Die Plattformen sind als Rundsteg ausgeführt welcher jeweils komplett an der Zylinderinnenwand entlang geht. An den Rundstegen sind Geländer zur Sicherheit angebracht. Zunächst ist die untere Plattform auf ungefähr 3m Höhe, um die Membran am unteren Befestigungspunkt anbringen zu können. Die obere Plattform ist auf rund 8m angebracht und dient dazu die Membran am oberen Befestigungspunkt an der Zylinderaußenwand zu befestigen. Die beiden Plattformen werden jeweils an der Zylinderinnenwand in den Beton befestigt und berühren zu keinem Zeitpunkt den Kolben.

Die beiden Plattformen sind über eine Leiter zugänglich, um einerseits Platz zu sparen andererseits, um trotzdem eine sichere Begehung zu gewährleisten. Die Rundstege sowie die Leiter werden kontinuierlich im Betrieb im Zylinder verbleiben. Grund hierfür sind beispielsweise Messungen im Zylinder oder auch um den Zustand der Membran zu überprüfen. Letztlich kann die Membran auch wieder demontiert werden über die Plattformen.

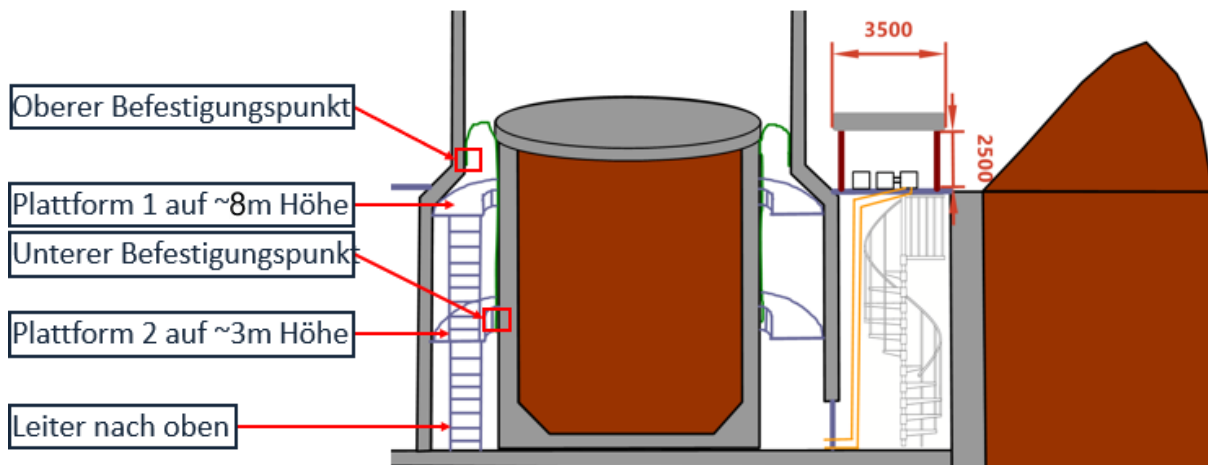


Abbildung 15: Darstellung der Plattformen für den Membraneinbau

4 Zusammenfassung

Eine Zukunft der Erneuerbaren Energien kann nicht ohne geeignete Speichermöglichkeiten erfolgen, weshalb hier anhand der Projektaufgabe aufgezeigt wurde wie Teile des Demonstrators umgesetzt werden können. Durch die einzelnen Kapitel wurde detailliert erklärt, wie beispielsweise die Auswahl der Rohrleitungen oder auch die Platzierung der technischen Ausrüstung erfolgen kann. Weiterhin werden Möglichkeiten vorgestellt, die den Zweck eines Demonstrators und die Begehung eines solchen ins Auge fassen. In Kombination mit den anderen Projektaufgaben muss nur noch ein Geldgeber für die Umsetzung des Speichers gefunden werden. Die Stadt Haßfurt stellt bereits eine Fläche für den Einbau des Speichers zur Verfügung somit sind alle Vorbereitungen getroffen das Projekt in die nächste Phase zu heben.

Literaturverzeichnis

- [1] V. Quaschnig, Regenerative Energiesysteme_Technologie – Berechnung – Klimaschutz, München: Hanser, 2022.
- [2] A. Wolf, „Tief- und Hochbauarbeiten für einen Stülpmembranspeicher-Demonstrator“, Dezember 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.34646/thn/ohmdok-1242>.
- [3] R. Haidar, „Systemaufbau und Aggregate zur Stromspeicherung und Wärmebewirtschaftung eines Stülpmembranspeichers“, Dezember 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.34646/thn/ohmdok-1241>.
- [4] F. Lampe, „Herstellung der Stülpmembran eines Stülpmembranspeichers“, Dezember 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.34646/thn/ohmdok-1244>.
- [5] N. Neubauer, „Einbau und Befestigung der Stülpmembran eines Stülpmembranspeichers“, Dezember 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.34646/thn/ohmdok-1246>.
- [6] P. Müller-Leimbach, „Auslegung & Betrachtung der Wirtschaftlichkeit eines Solarkollektorfeldes und einer Wärmedämmung für den Stülpmembranspeicher“, Dezember 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.34646/thn/ohmdok-1247>.
- [7] M. J. Christian Daniel, „Scalant“, Daniel Gruppe GmbH, 31 Juli 2023. [Online]. Available: <https://www.scalant.de/Scarvo-XL-mit-3-Podesten-39160STP>. [Zugriff am 31 Juli 2023].
- [8] isoplus Fernwärmetechnik GmbH, „Isoplus“, 31 Juli 2023. [Online]. Available: <https://www.isoplus-pipes.com/download/design-manual.html>. [Zugriff am 31 Juli 2023].

- [9] Libra-Plast AS, „Libra,“ Libra-Plast AS, 3 August 2023. [Online]. Available: <https://www.libra.no/products/wrd-a0-s3-045/>. [Zugriff am 3 August 2023].