

Schritt-für-Schritt-Bauanleitung

für den Selbstbau einer

Diffusionsnebelkammer



Zusatz zur Bachelorarbeit „Diffusionsnebelkammer für Demonstrationszwecke im Eigenbau“

von

Matthias Zimmermann

Nordstraße 24

26135 Oldenburg

m.zimmermann@uni-oldenburg.de

Inhaltsverzeichnis

1.	Anmerkungen	B3
2.	Benötigtes Werkzeug	B4
3.	Seitliche Außenwände	B5
4.	Gehäuseunterseite	B6
5.	Gehäusemittelplatte	B7
6.	Obere Streben	B7
7.	Mittlere Isolierung	B8
8.	Bohrungen an der Frontabdeckung	B9
9.	Einbau der Frontabdeckung	B10
10.	Konstruktion der Kälteplatte (1)	B11
11.	Konstruktion der Kälteplatte (2)	B12
12.	Einbau des Kühlaggregats	B13
13.	Umrandung der Kälteplatte	B14
14.	Seitliche Isolierung der Kammer	B14
15.	Gehäuseoberseite	B15
16.	Kammerwände	B15
17.	Obere Kammerumrandung	B16
18.	Beleuchtung (1)	B17
19.	Beleuchtung (2)	B18
20.	Tauchsieder	B19
21.	Elektrik	B20
22.	Hintere Gehäusewand	B21
23.	Service Luke	B22
24.	Alkoholbehälter	B23
25.	Deckelplatte	B24
26.	Abschließende Baumaßnahmen	B25

Um die Anleitung zum Selbstbau der Diffusionsnebelkammer möglichst anschaulich und für jeden leicht verständlich zu machen, habe ich ein dreidimensionales Modell der Kammer entworfen. Somit kann mittels Bildern und kurzen Erläuterungen jeder Schritt leicht nachvollzogen werden.

Es ist anzuraten, die Materialliste separat zur Hand zu haben, da in dieser Anleitung größtenteils die Teilenummern laut Liste benannt werden. Die Nummern entsprechen nicht der Reihenfolge des Aufbaus, sondern sind dort für die Übersichtlichkeit beim Einkauf sortiert.

Die Dimensionen der Diffusionsnebelkammer können selbstverständlich geändert oder an eventuell vorhandenen Materialien angepasst werden. In dem hier beschriebenen Fall besitzt die Nebelkammer äußere Dimensionen von 60 cm Breite und Tiefe und 93 cm Höhe; die innere Kammer besitzt 41 cm Breite und Tiefe und eine Höhe von 20 cm; die Kühlplatte, die die entscheidendste Dimension für die Beobachtung von Nebelspuren durch radioaktive Strahlung vorgibt, ist 35 cm x 35 cm groß.

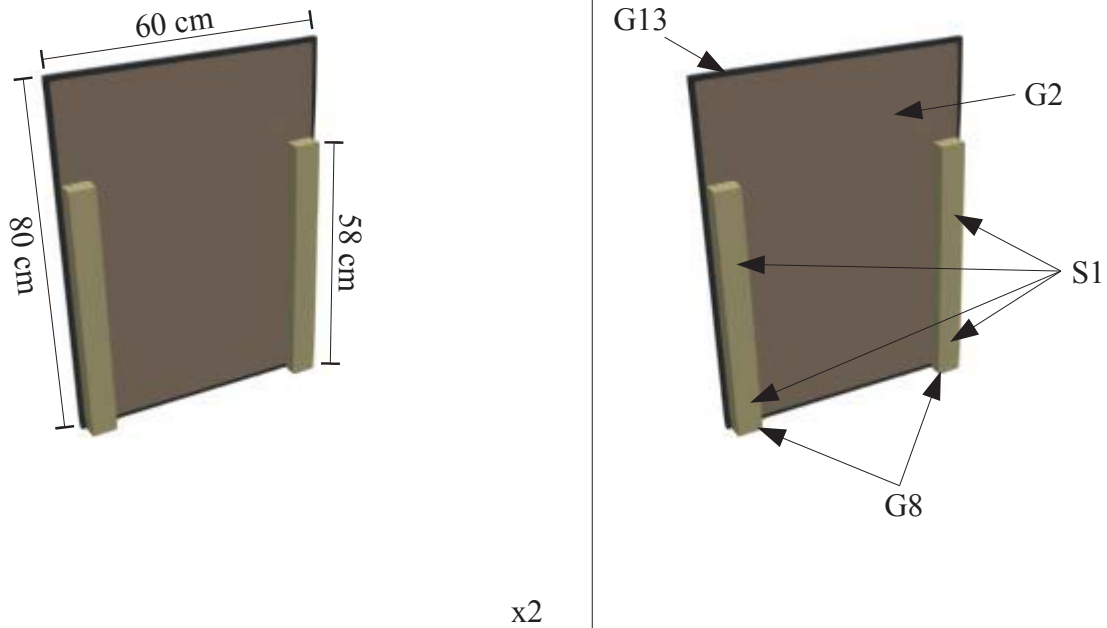
Die Positionen und Dimensionen der Bohrlöcher hängen natürlich von den verwendeten Materialien ab und müssen gegebenenfalls angepasst werden. Die MDF-Platten sollten möglichst im Baumarkt auf die richtigen Maße zugesägt werden, um sie genau und mit geraden Kanten vorliegen zu haben.

Für zwei Konstruktionsschritte benötigt man die professionelle Hilfe eines Kältetechnikers und eines Elektrikers. Dies ist an den jeweiligen Stellen hervorgehoben. Zum einen sind diese Schritte komplexer und benötigen spezielle Werkzeuge und zum anderen bestehen während der Konstruktion Sicherheitsgefahren. Bei dem Einbau der Elektrik muss das Endergebnis zudem Bestimmungen genügen, die einen gefahrenfreien Betrieb der Nebelkammer gewährleisten.

Benötigtes Werkzeug:

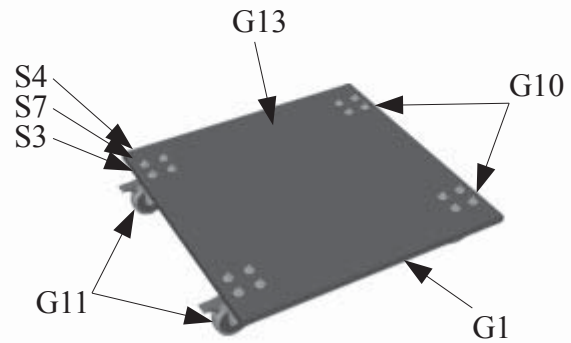
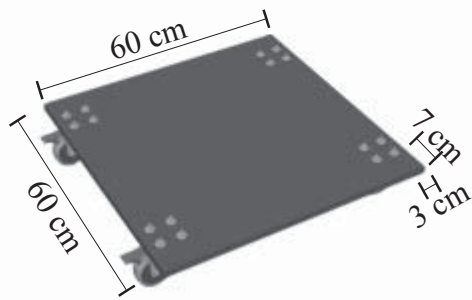
- Bohrmaschine (Holz: 5mm, 6 mm, 10 mm; Kunststoff/Metall: 1 mm, 5 mm, 10 mm)
- Lochfräse (Größen: 68 mm, 63 mm, 44 mm)
- Akkuschrauber (5 mm Vierkant)
- Rundpfeile (10 mm Durchmesser, feinkörnig)
- Flachpfeile (grobkörnig)
- Schraubendreher (5 mm Vierkant, 2 mm Schlitz)
- Seitenschneider
- Messer
- Stichsäge (Holzsägeblatt)
- Biegezange (4 cm Biegedurchmesser für 10 mm Kupferrohr)
- Silikonspritze

Die Biegezange kann bei einem Kältetechniker ausgeliehen werden. Da der Universalkleber auf das Isopropanol reagiert, kann er nicht zum Verkleben inliegender Teile der Kammer verwendet werden, bzw. muss nach dem Austrocknen zusätzlich mit Silikon überstrichen werden.



Für die Konstruktion der beiden seitlichen Außenwände werden zunächst aus den Dachlatten (G8) die vier Befestigungen mit einer Länge von 58 cm gesägt. Diese werden dann an den MDF-Platten (G2) mit jeweils zwei Schrauben (S1) befestigt, so dass sie unten bündig abschließen und zu den Seiten jeweils 1,2 cm frei lassen, damit dort später die vordere und die hintere Außenwand anschließen.

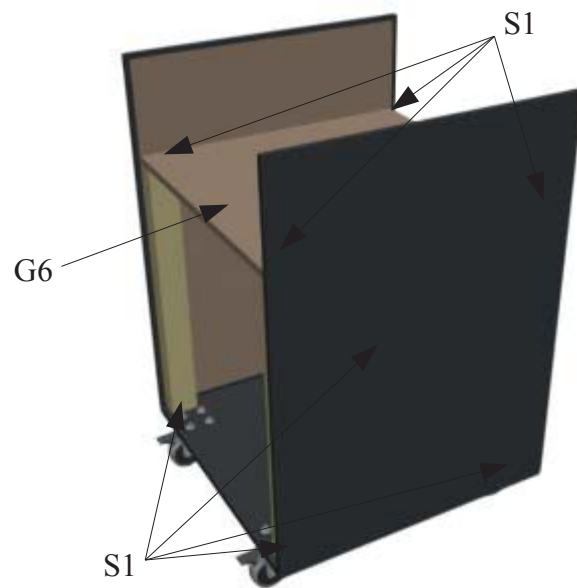
Nach dem Verschrauben werden sie mit der Dekorfolie (G13) bezogen, die auch nach innen mindestens einen Zentimeter der Platten abdecken muss, damit später kleinere Spalte nicht auffallen.



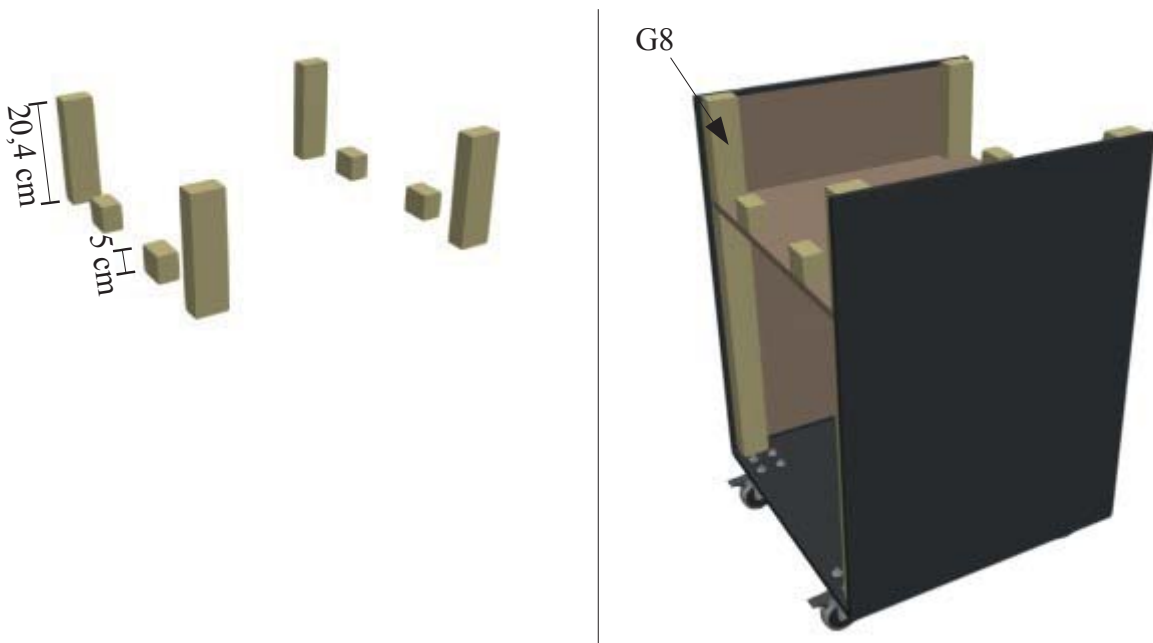
An der Unterseite des Gehäuses (G1) werden die vier Rollen befestigt. Dazu müssen die Löcher mit einem 6 mm Bohrer passend zu den Rollen gebohrt werden, so dass die äußeren Löcher einen Abstand von 7 cm und 3 cm zu den Rändern der Unterseite haben.

Danach wird MDF-Platte von oben und über die Ränder mit der Dekorfolie (G13) beklebt. Sichtbar sind später zwar nur die Ränder, aber die Folie hilft in diesem Fall zugleich als Schutz für die Holzfasern, da hier Kondenswasser von der Kältemaschine abtropfen kann.

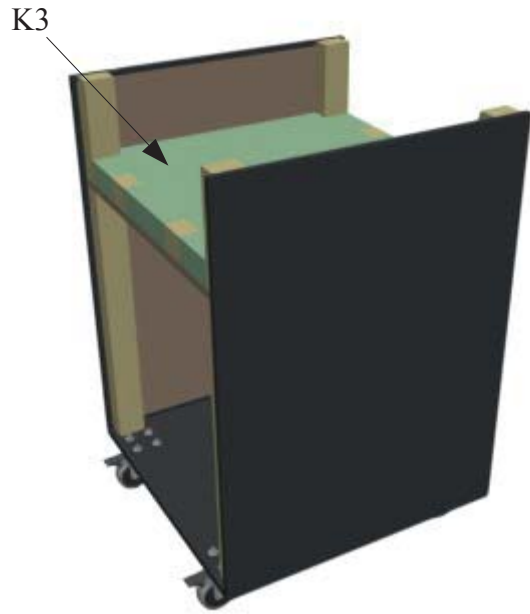
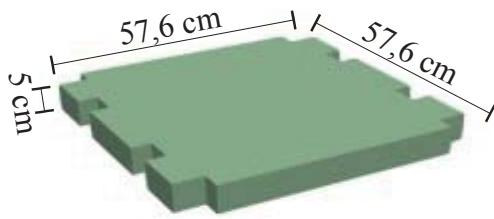
Nun werden die Rollen mit den Schrauben (S3), den Kreisscheiben (S7) und den Muttern (S4) befestigt. Da man für den Transport der Nebelkammer an den vorne angebrachten Griffen zieht, sollten sich die Lenkrollen (G11) vorne und die Bockrollen (G10) hinten befinden.



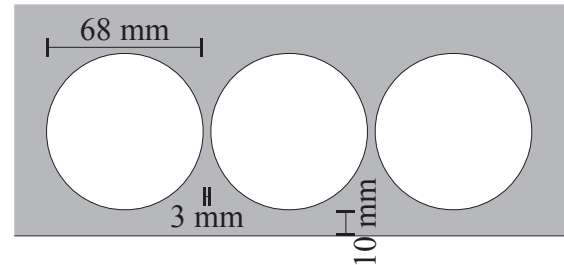
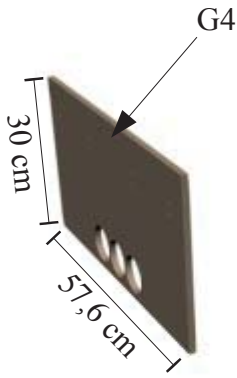
Nun wird die Gehäuseunterseite und die Gehäusemittelplatte (G6) an den Streben der vorbereiteten Außenwände mit den Schrauben (S1) befestigt.



Aus der Dachlatte (G8) werden nun die Fortführungen der äußeren Streben mit einer Länge von 20,4 cm und die vier Holzblöcke für spätere Befestigungen mit jeweils 5 cm Länge gesägt und mit den Schrauben (S1) am Gehäuse verschraubt.

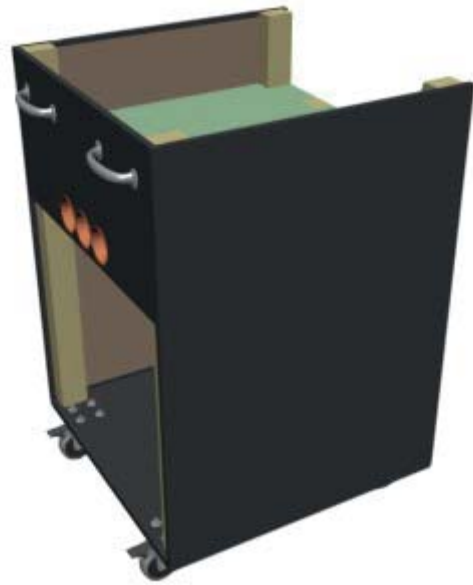
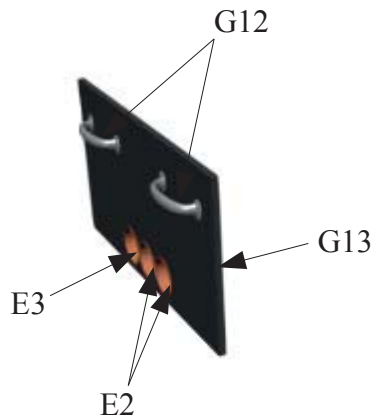


Anschließend wird die Wärmeisolierung für den unteren Bereich der Kammer aus dem Styrodur (K3) mit einem Messer passend zurecht geschnitten, so dass die gesamte Gehäusemittelplatte abgedeckt ist. Diese wird dann mit dem Klebstoff (W2) auf der Platte befestigt.

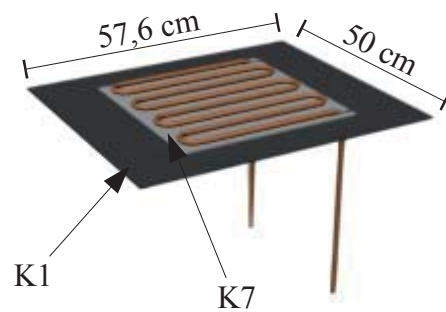
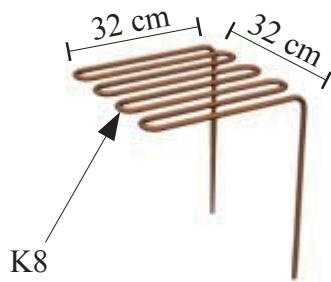


In die vordere Gehäusewand (G4) müssen zunächst die Bohrungen für die Griffe (G12) und die Hohlwanddosen (E3) und (E2) gesetzt werden. Hierbei ist es wichtig möglichst genau zu arbeiten, damit der Schalterahmen später ohne größere Nacharbeiten aufgesetzt werden kann. Es empfiehlt sich mit einem 5 mm Bohrer die Mitten der Kreislöcher vorzubohren und erst dann die 68 mm Lochfräse zu verwenden.

Die Griffe können natürlich in der Bauart unterschiedlich ausfallen. Bei den Bohrungen für die Löcher muss darauf geachtet werden, dass sie einen kleinen Abstand zu den Streben des Gehäuses haben, damit die Muttern und Schrauben problemlos passen. Wichtig ist auch, dass die Griffe stabil befestigt werden, da später das Gewicht der gesamten Kammer daran gezogen und mitunter gehoben wird.

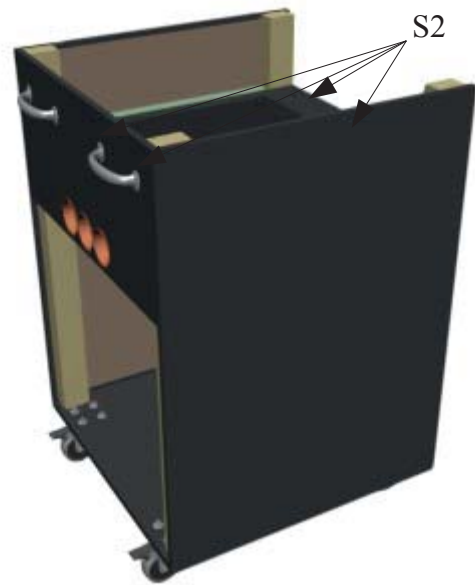
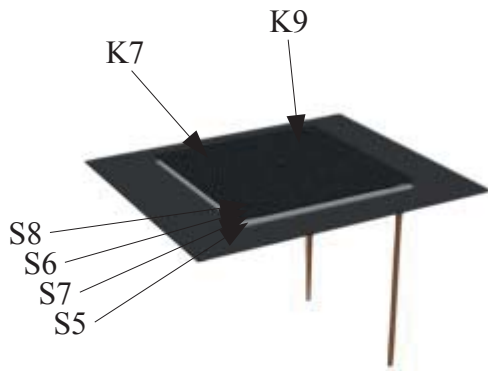


Bevor die Frontabdeckung mit der Dekorfolie (G13) beklebt wird sollte sie einmal in das Gehäuse eingesetzt werden und die Seiten so abgefeilt werden, dass sie genau hinein passt. Danach wird sie mit der Folie verklebt und die Griffe sowie die Hohlwanddosen befestigt. In der größeren Dose (E3) werden später die Kabel zusammengeführt, weshalb sie an der linken Seite platziert wird. Abschließend wird sie mit jeweils zwei Schrauben (S1) an den Streben des Gehäuses verschraubt.



Für diesen Schritt benötigt man eine spezielle Biegezange für Rohre mit einem Durchmesser von 10 mm und einem Biegedurchmesser von 4 cm. Mit dieser wird das Kupferrohr (K8) zur Kühlschlange gebogen, so dass es nach sieben Biegungen eine Dimension von etwa 32 cm x 32 cm besitzt und die Enden um 90° nach unten gebogen sind. Diese sollten dann noch mindestens 40 cm lang sein um das Kühlaggregat leicht anschließen zu können.

In die 35 cm x 35 cm große untere Kälteplatte (K7) werden die Aussparungen für die Enden der Kühlschlange gefeilt, damit sie mittig direkt aufliegt. Der Kammerboden (K1) wird auf 57,6 cm x 50 cm zugeschnitten und die zwei 10 mm großen Löcher für die Kühlschlange gebohrt, so dass sich die untere Kälteplatte genau mittig befindet.



In den Kammerboden (K1) und die beiden Kälteplatten (K7) werden die 5 mm großen Löcher für die Schrauben an der jeweils gleichen Position gebohrt, vier in den Ecken mit jeweils 5 cm Abstand zu den Rändern der Kälteplatten und eins in der Mitte.

Nachdem die Bauteile passend vorbereitet sind, wird zwischen Kammerboden (K1) und unterer Kälteplatte (K7) gleichmäßig und dünn der Klebstoff (W2) aufgetragen und beide zusammen verklebt. Dadurch soll verhindert werden, dass sich in dem Zwischenraum Feuchtigkeit sammelt und bei Betrieb vereist. Danach wird die Kühlschlange eingesetzt und an der Oberseite dünn mit der Wärmeleitpaste (W3) bestrichen um einen effizienten Wärmeaustausch zur oberen Kälteplatte zu erreichen. Anschließend wird auch diese aufgesetzt und die Konstruktion mit den Schrauben (S5) und Kreisscheiben (S7) von unten und Muttern (S6) von oben fest zusammen gezogen. Nun wird die obere Kälteplatte mit der schwarzen Klebefolie (K9) überzogen und die Muttern mit den Abdeckungen (S8) versehen.

Durch die Isolierung und die Gehäusemittelplatte werden an den Stellen, an denen die Kühlschlange von oben hindurchgeführt wird, 10 mm große Löcher gebohrt und die Konstruktion eingesetzt. Auch hierbei sollte die Fläche zwischen der Isolierung und dem Kammerboden mit dem Klebstoff (W2) abgedichtet werden.

Abschließend wird die Konstruktion eingesetzt und an den vier Holzblöcken mit den Schrauben (S2) befestigt.



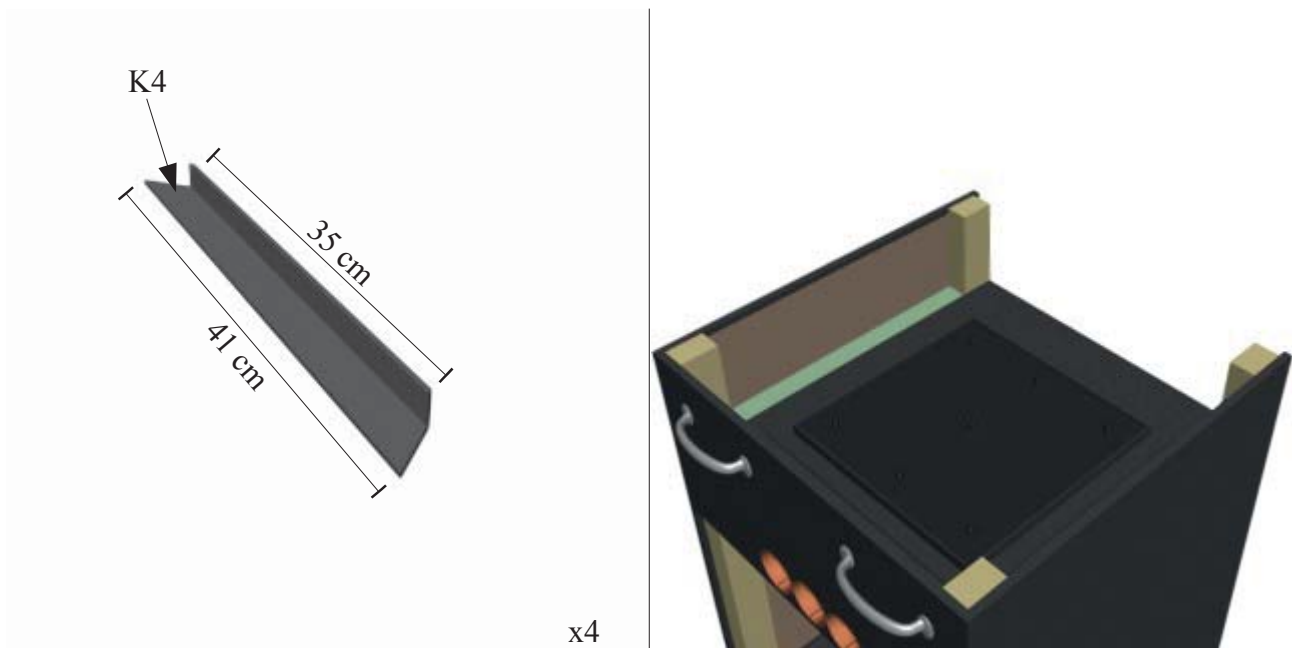
- Diese Schritte müssen von einem ausgebildeten Kältetechniker durchgeführt werden -

Das Kühlaggregat sollte am hinteren Ende der Kammer positioniert sein, dort aber noch einige Zentimeter zum Rand lassen, damit die Luft problemlos zirkulieren kann. Die Enden der Kühlschlange werden passend gekürzt und gebogen und dann die jeweiligen Leitungen miteinander durch Hartlöten verbunden. Die Wärmeisolierung der Leitungen erfolgt mit einem Schaumstoffschlauch, der bei dem rücklaufendem Ende der Kühlschlange ausgespart wird, damit hier noch flüssiges Kältemittel durch Energieabgabe an die Umgebung verdampfen kann und nicht zurück in den Kompressor des Aggregats fließt, wo es sonst zu Schäden führen würde.

Dann kann das Kühlaggregat mit einem Vakuum-Kompressor evakuiert und anschließend bei laufendem Betrieb mit dem Kältemittel (R404A) befüllt werden. Hierbei muss darauf geachtet werden nicht zu viel Kältemittel einströmen zu lassen, sondern gerade so viel wie für die Temperatur von ca. -35 °C in der Kühlschlange benötigt wird. Ansonsten würde es nach längerem Betrieb ebenfalls zu dem zuvor angesprochenem Problem führen.

13. Umrandung der Kälteplatte

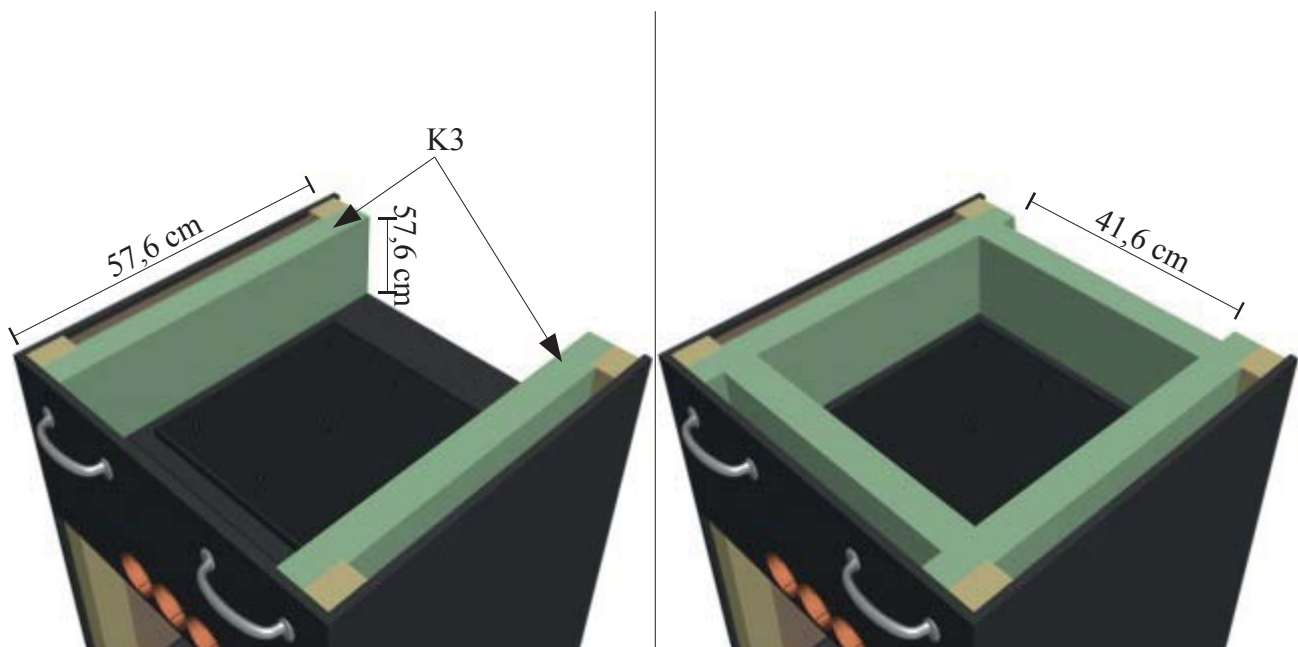
B14



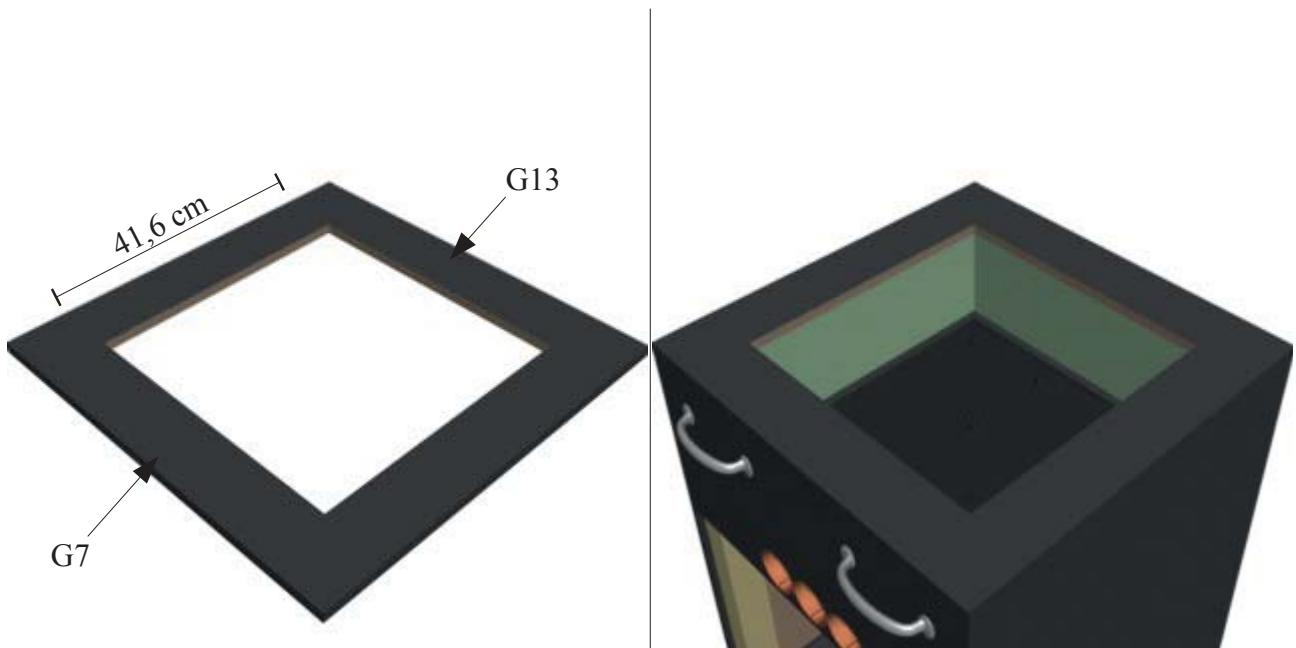
Für die Umrandung der Kälteplatte werden aus den Kunststoffleisten im Winkel von 45° vier Profile auf eine äußere Länge von 41 cm gesägt und um die Kälteplatte angelegt. Die endgültige Befestigung erfolgt später.

14. Seitliche Isolierung der Kammer

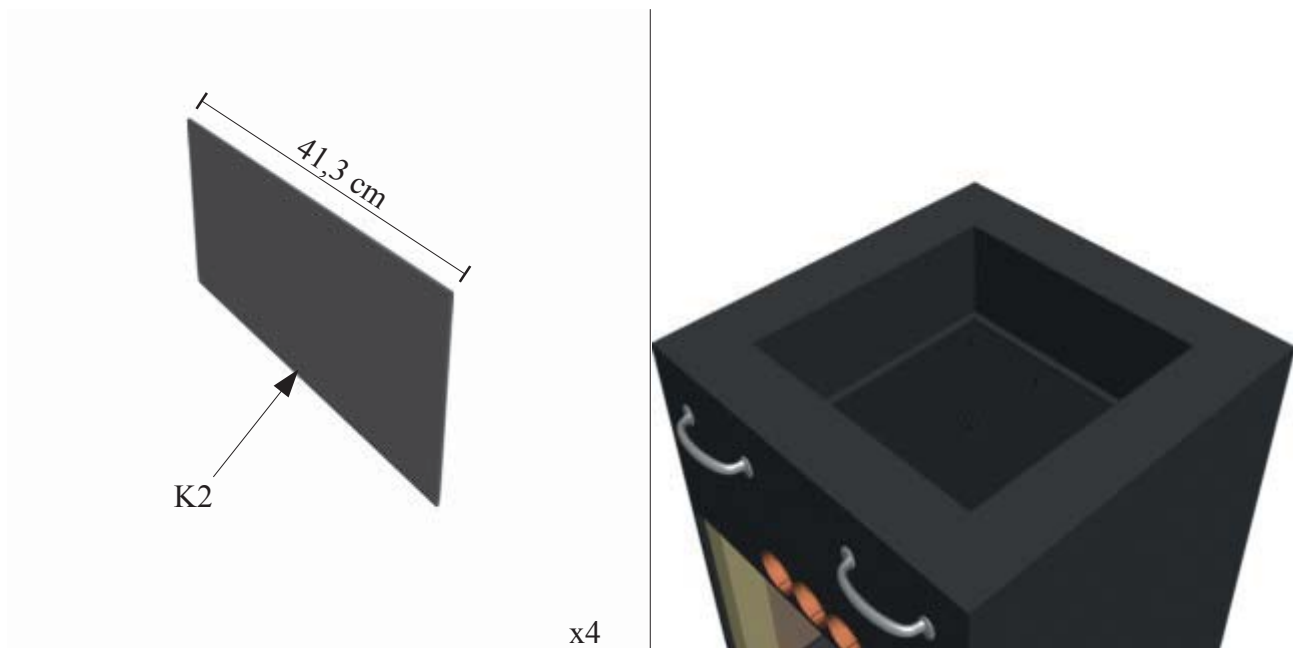
B14



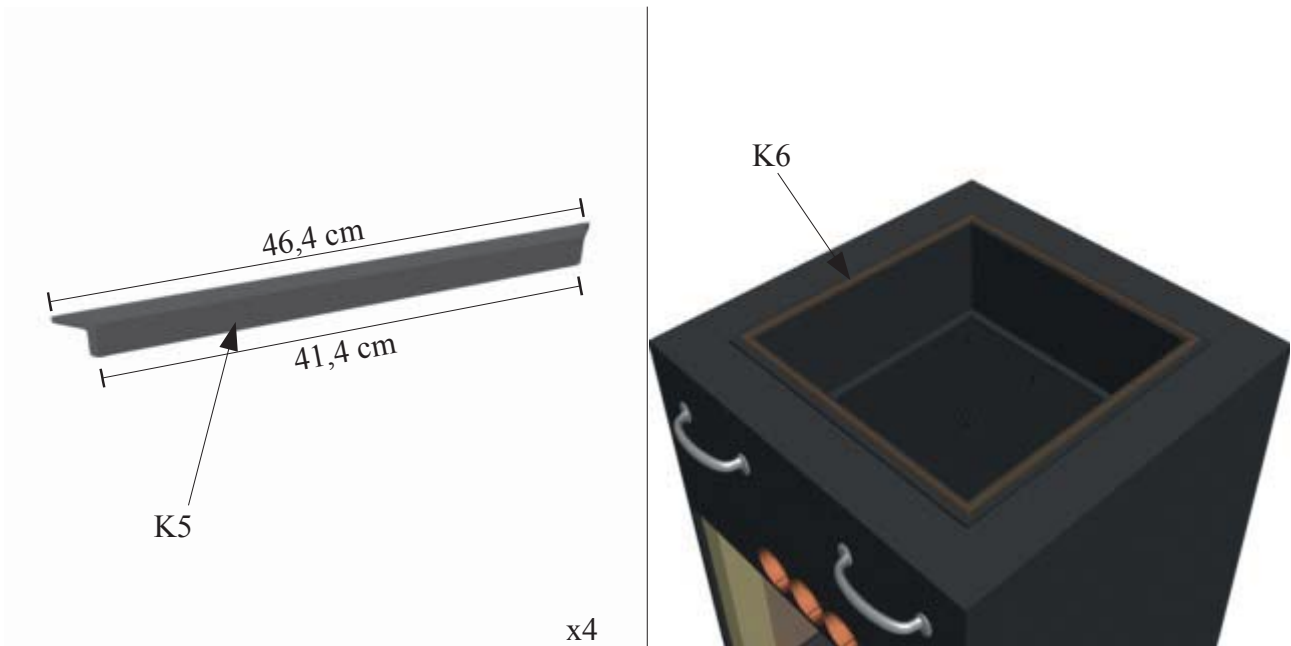
Aus dem Styrodur (K3) werden zwei 57,6 cm lange und 15,1 cm hohe Stücke ausgeschnitten. In diese werden dann an den äußeren Ecken Aussparungen für die Streben des Gehäuses geschnitten, so dass sie sich 41,6 cm weit auseinander befinden. Danach werden noch zwei 41,6 cm lange und 15,1 cm hohe Stücke zugeschnitten und alle in das Gehäuse eingesetzt. Sie sollten dann jeweils einen Abstand von 3 mm zu der Umrandung der Kälteplatte haben.



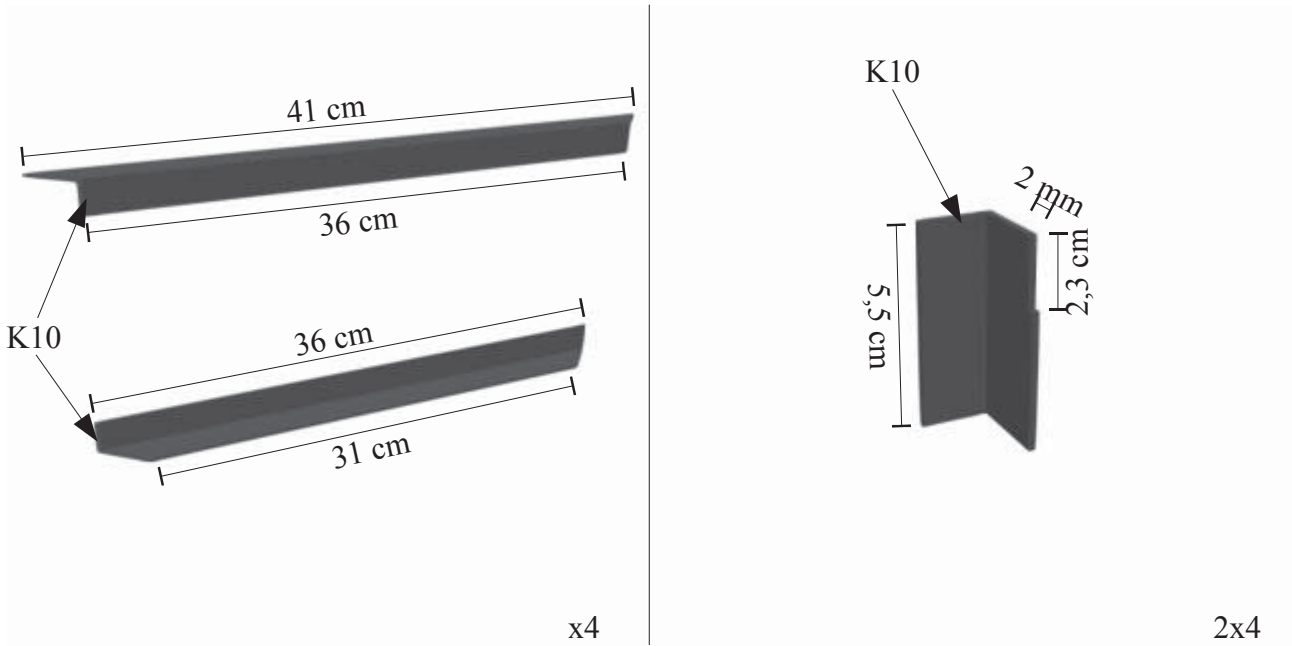
Aus der Gehäuseoberseite (G7) wird ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 41,6 cm gesägt. Anschließend wird sie mit der Dekorfolie (G13) beklebt, auf das Gehäuse gelegt und mit den Schrauben (S1) an den Streben des Gehäuses befestigt.



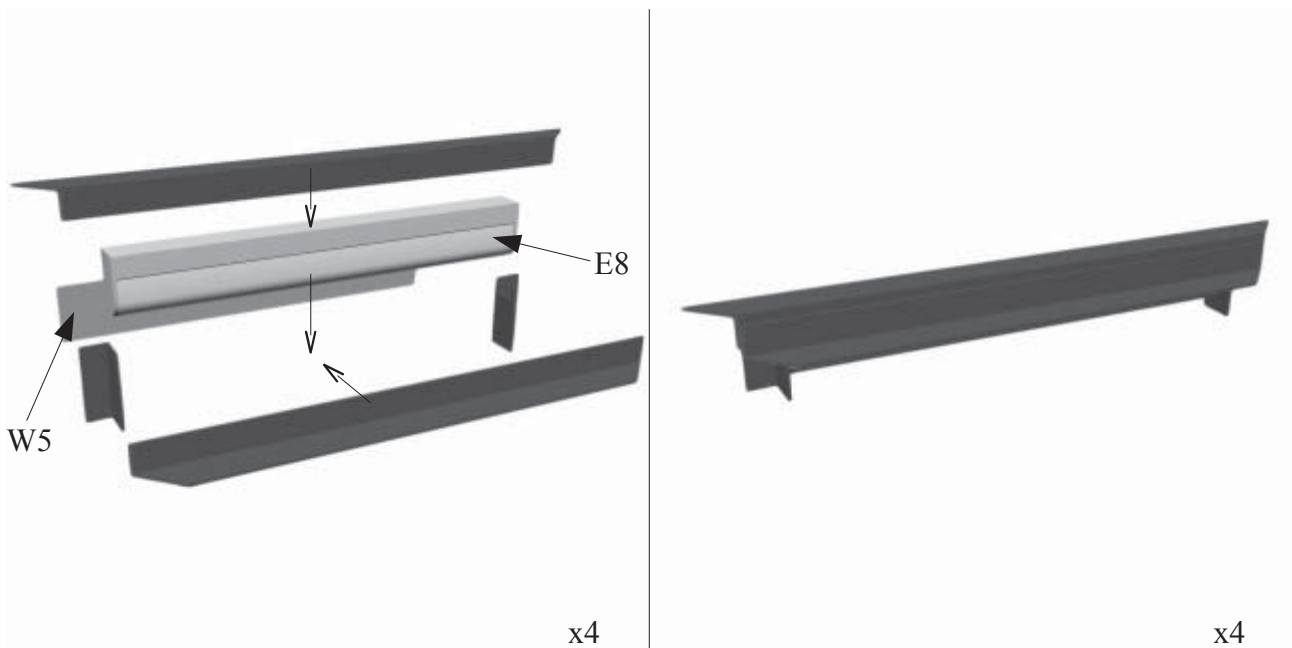
Die vier Kammerwände werden aus der PVC-Platte (K2) und den Resten der PVC-Platte (K1) mit einer Länge von 41,3 cm und einer Höhe von 16,7 cm geschnitten und in die Kammer eingesetzt. Überstehende Kanten sollten mit einer Feile passend nachgekürzt werden.



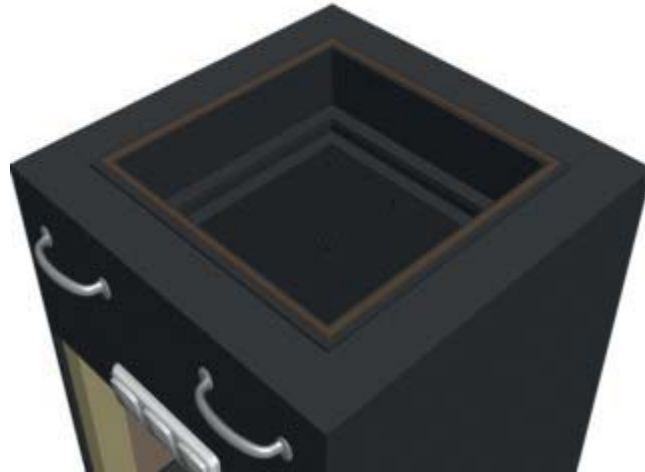
Aus den Kunststoffleisten werden die vier oberen Kammerrandstücke (K5) in einem Winkel von 45° so gesägt, dass sie genau in die Aussparung passen, die die Kammerwände in der Kammeroberseite lassen. Diese werden dann eingeklemmt und mit der Gummidichtung (K6) beklebt. Sie soll später verhindern, dass der Alkoholdampf zwischen dem Gehäuse und der Deckelplatte ausströmt.



Um die Gehäuse für die vier Leuchtstofflampen zu bauen werden zunächst die Kunststoffleisten (K10) auf die passenden Dimensionen zurecht gesägt. Die Standfüße (rechte Abbildung) werden noch einmal spiegelverkehrt zur Abbildung gefertigt und eine Aussparung für das aus der Lampe gehende Stromkabel gefeilt.

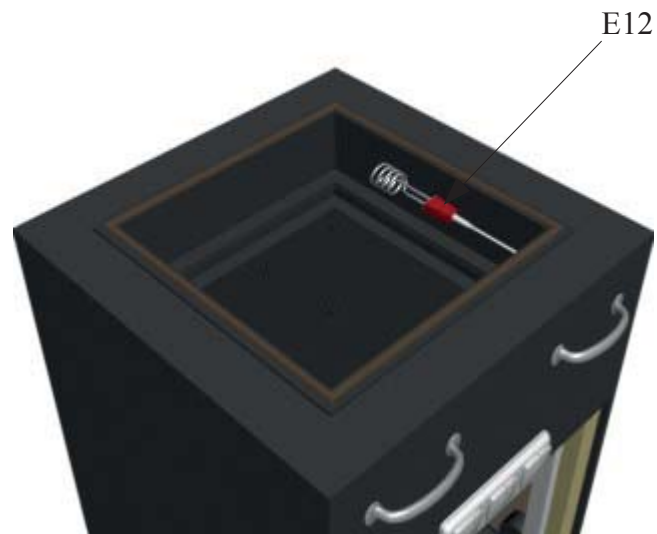


Jetzt wird die Lampe (E8) mit den vorbereiteten Teilen verbaut. Die Füße werden mit dem Klebstoff (W2) an den Seiten der Lampe, die obere Leiste an der Oberseite der Lampe und die vordere Leiste danach als Blendschutz an die obere Leiste geklebt. Schließlich wird noch eine Aluminium-Folie (W5) an der Rückseite des Lampengehäuses befestigt, damit das nach hinten fallende Licht nach vorne reflektiert wird.



Um die Lampen in das Gehäuse der Nebelkammer einzubauen, müssen die Stecker abgeschnitten werden und anschließend die Kabel durch die Kammerwände, die Isolierung und die mittlere Gehäuseplatte in den unteren Bereich gezogen werden, wo sie später an den Schaltern angeschlossen werden. Dazu müssen einige Bauteile wieder herausgenommen und mit einem der Kabelbreite entsprechendem Bohrer auf Höhe der Anschlüsse an den Lampen durchbohrt werden. Die Kabel werden dann durch die Bohrungen geführt, so dass in den Hohlräumen zwischen den seitlichen Isolierungen der inneren Kammer und den Gehäusewänden die überschüssige Kabellänge verstaut wird. Dies ist nötig um die Kabel zum Verbinden mit den Lampen etwas herausziehen zu können.

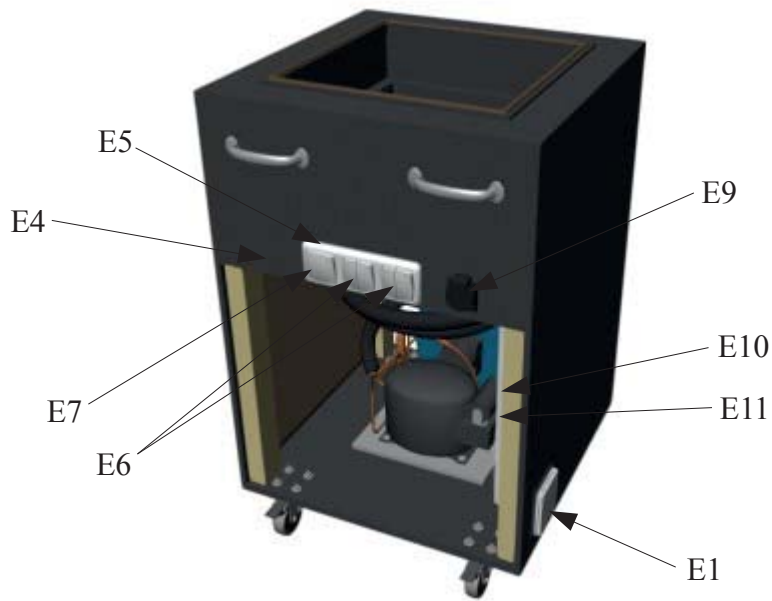
Bevor die Bauteile wieder eingesetzt werden, wird wie im nächsten Schritt beschrieben der Tauchsieder zum Erhitzen des Isopropanols eingebaut.



Wie zuvor beim Verlegen der Kabel für die Beleuchtung werden auch hier zunächst Bohrungen entsprechend der Kabelbreite des Tauchsieder (E12) durch die Kammerwände, die Isolierung und die Gehäusemittelplatte gesetzt und der Stecker abgeschnitten. Die Bohrung durch die Kammerwand und deren Isolierung sollte hierbei möglichst weit oben geschehen, damit der Tauchsieder frei in der Kammer bewegt werden kann.

Anschließend wird das Kabel durch die Bohrungen in die Unterseite des Gehäuses geführt. Der Tauchsieder sollte dabei noch mindestens bis zur Mitte der Kälteplatte reichen.

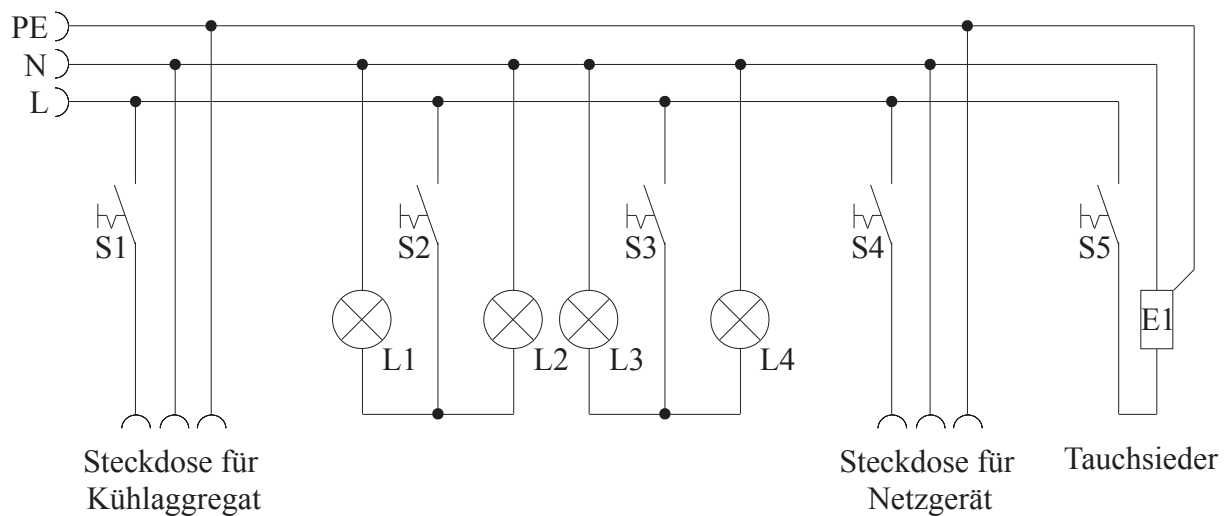
Nachdem dies geschehen ist, werden die Bauteile wieder eingesetzt, die Kabel mit den Lampen verbunden und diese in die Umrandung der Kälteplatte gestellt.

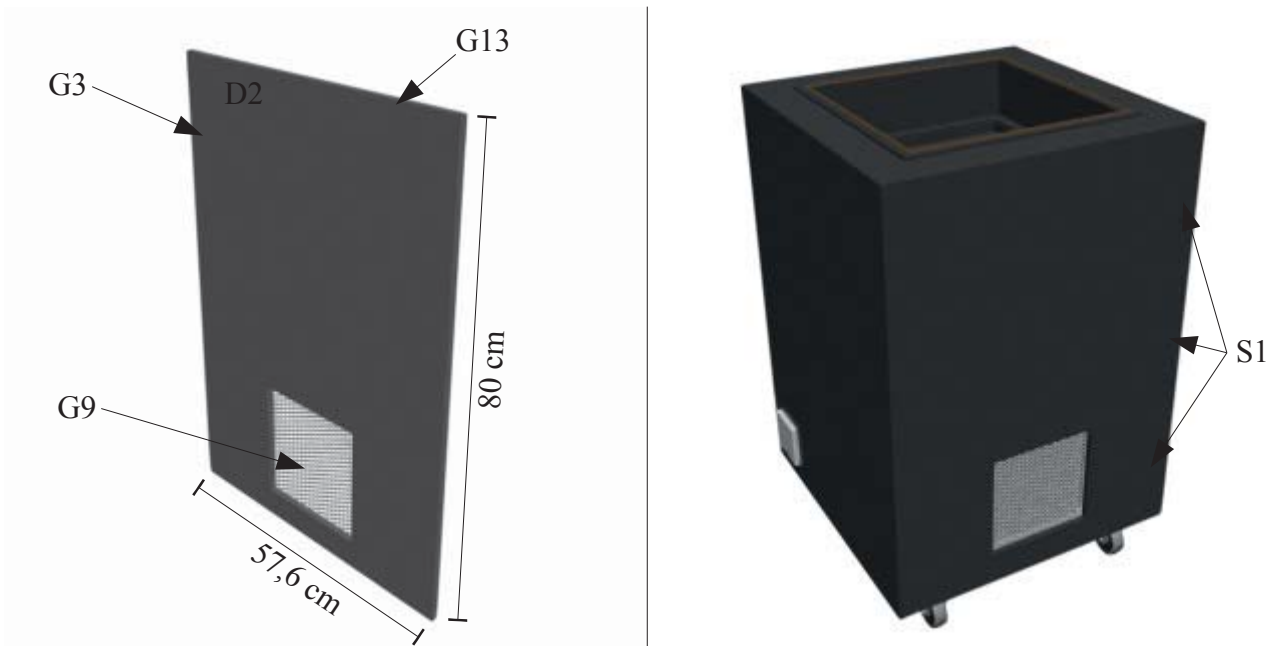


- Diese Schritte müssen von einem ausgebildeten Elektriker durchgeführt werden -

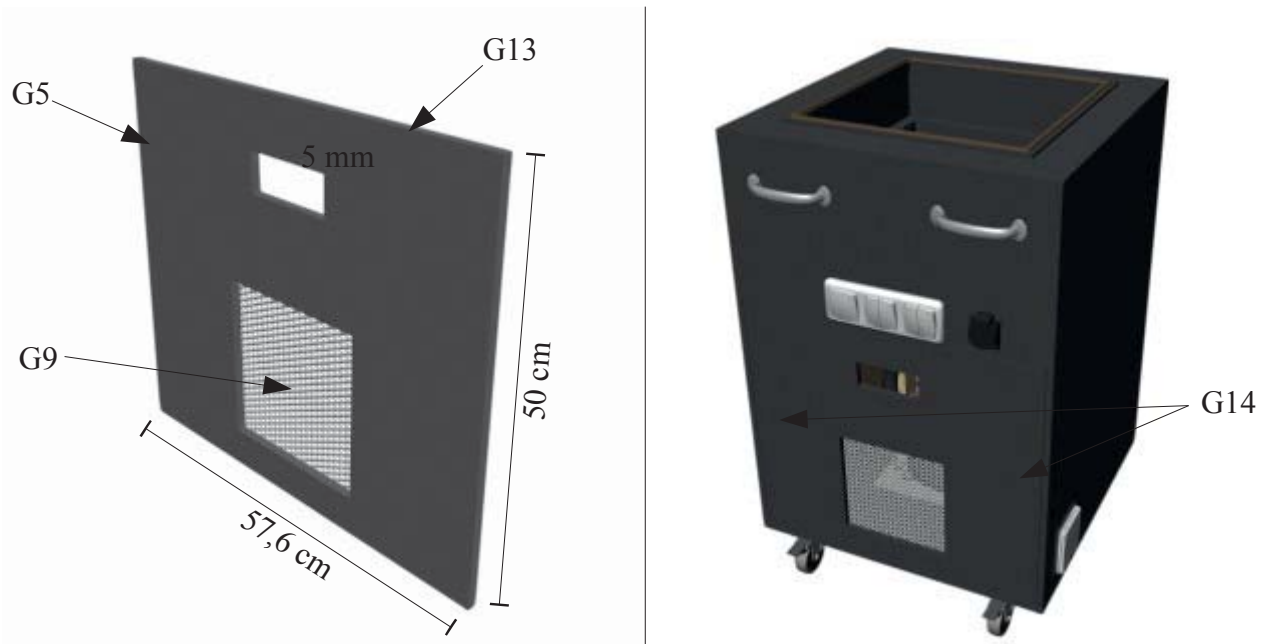
Für die Einspeisungssteckdose (E1) und die Steckdose (E9) werden zunächst passende Ausschnitte mit der Lochfräse gebohrt. Dann werden sie eingesetzt und die Aufputzsteckdose (E4) für das Kühlaggregat hinter der vorderen Gehäuseplatte befestigt. Durch den Kabelkanal (E11) wird das Stromkabel (E10) bis zur größeren Hohlwanddose verlegt, in der die elektrischen Leitungen zusammengeführt werden und von wo aus sie an den Schaltern angeschlossen werden.

Die Schaltung der elektrischen Bauteile wird nach folgendem Plan gefertigt:

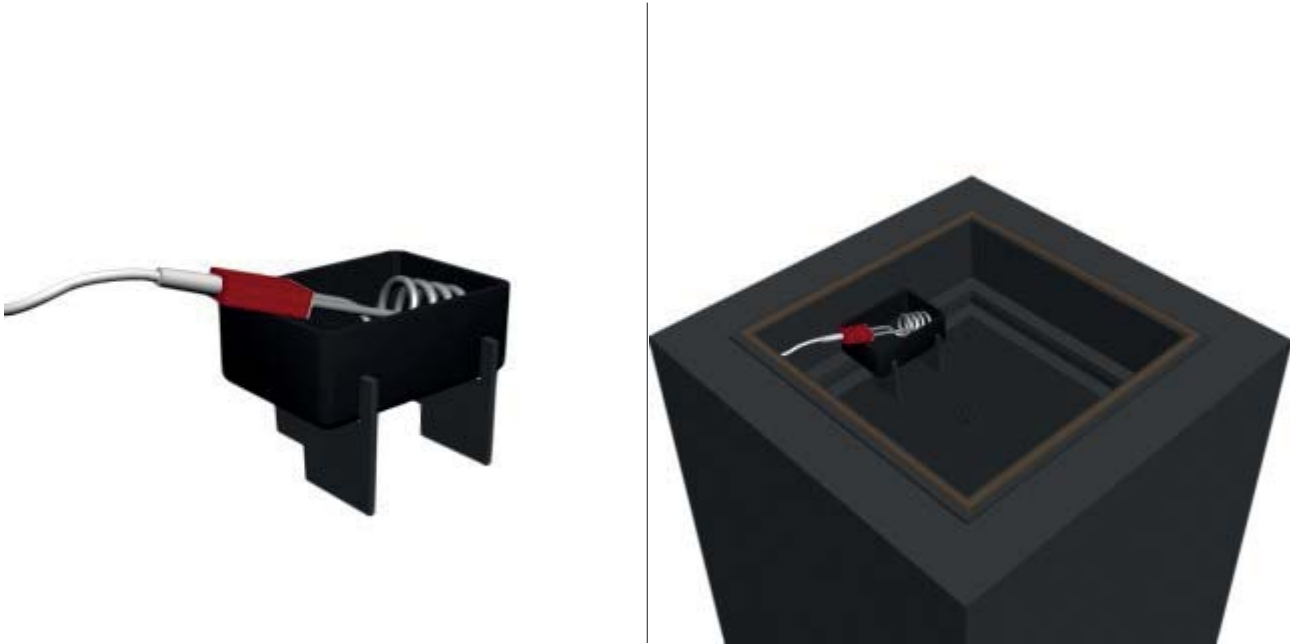




Aus der MDF-Platte (G3) für die hintere Gehäusewand wird ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 21 cm und einem Abstand von 5 cm über der unteren Kante der Platte gesägt. Dann werden die Ränder der Platte mit einer Flachfeile bearbeitet, bis sie genau in die Rückseite des Gehäuses passt. Nachdem sie mit der Dekorfolie (G13) versehen und das Lüftungsgitter (G9) mit den Spaxschrauben (S2) befestigt wurde, wird sie mit drei Schrauben (S1) je Seite an den Streben des Gehäuses verschraubt.

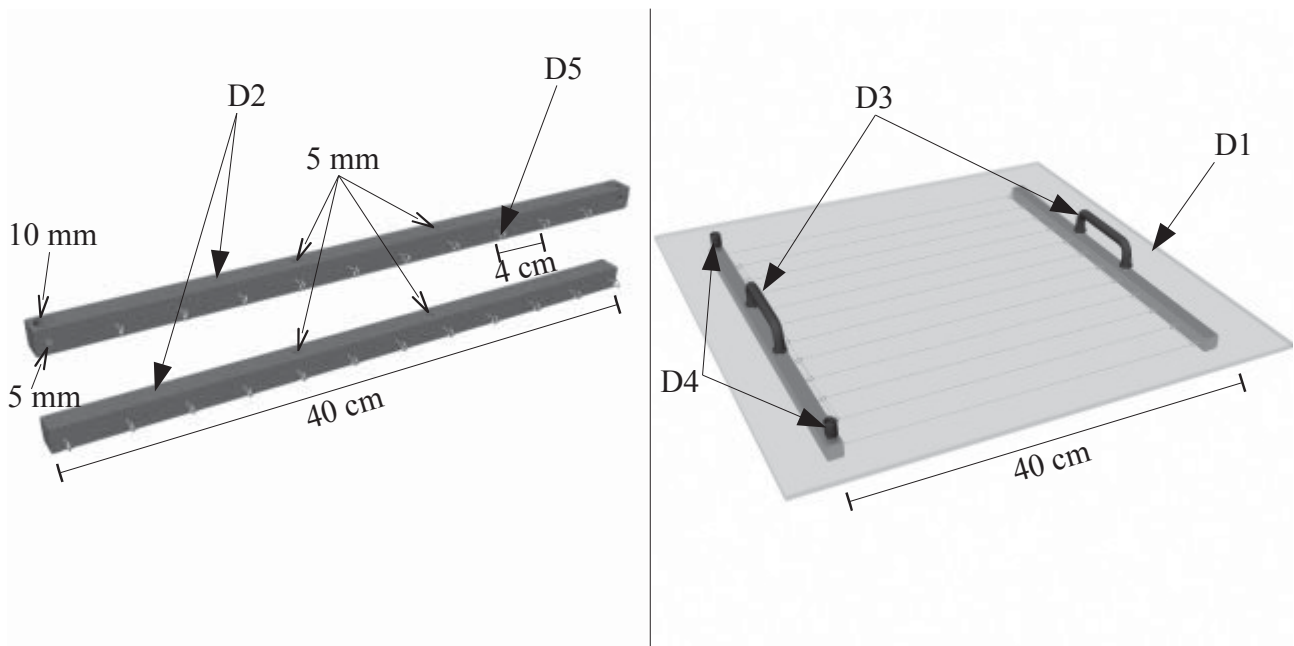


Wie zuvor bei der hinteren Gehäusewand wird in die MDF-Platte für die Serviceluke (G5) ein Quadrat der Seitenlänge 21 cm in einem Abstand von 5 cm über der unteren Kante gesägt und die äußeren Kanten mit einer Flachfeile passend nachbearbeitet. 7 cm unter der oberen Kante wird ein 12 cm x 5 cm großes Rechteck gesägt, an dem man die Serviceluke später fassen und entnehmen kann. Nachdem sie mit der Dekorfolie (G13) versehen wurde, werden die zwei Kugelschnäpper (G14) an der Rückseite der Serviceluke und an den Streben des Gehäuses befestigt und die Serviceluke eingesetzt.



Exakte Maße für den Alkoholbehälter und seiner Halterung sind hier nicht angegeben, da das Gefäß unterschiedlich ausfallen wird. Verwendet wird ein rechteckiges Keramikgefäß, das dunkel sein sollte um störende Reflexionen des Lichts zu vermindern. Es bietet sich dafür eine rechteckige Schale oder der Deckel einer Butterdose an. Wichtig ist, dass der Heizkopf des Tauchsieders vollständig darin eingelegt werden kann.

Über die Konstruktion einer Halterung aus den Überresten der schwarzen PVC-Platten (K1/K2) und der Kunststoffwinkel (K4/K5) wird der Behälter über der Beleuchtung an einer der inneren Kammerwände stabil untergebracht und der Tauchsieder eingelegt.



Die Deckelleisten (D2) werden auf eine Länge von 40 cm gekürzt und dann die vier Bohrungen für die Griffe (D3), die Anschlussbuchsen (D4) an den Enden einer Leiste und die 22 Ringschrauben (D5) gesetzt. Besonders bei den Bohrungen für die Ringschrauben muss wegen des dünnen Bohrers (1 mm) sehr vorsichtig vorgegangen werden. Wenn er einmal abbricht ist er nur schwer oder gar nicht wieder herauszubekommen und die Leiste muss ersetzt werden. Auf einer Seite werden 12 Ringschrauben in einem Abstand von je 4 cm angebracht und auf der anderen 10, da die äußeren durch die Anschlussbuchsen ersetzt sind.

Im Anschluss werden die Löcher für die Griffe und die Anschlussbuchsen in die Deckelplatte (D1) gebohrt, so dass die Leisten einen äußeren Abstand von 40 cm haben. Mit den Schrauben der Griffe werden diese dann an der Deckelplatte befestigt und schließlich die Anschlussbuchsen in deren Löcher gesteckt. Damit sie möglichst fest in den Löchern stecken, sollten diese mit einem etwas kleineren Bohrer gebohrt und entsprechend mit einer Rundfeile nachbearbeitet werden.

Abschließend werden die zwei Heizdrähte mit einer Länge von mindestens 3 m durch die Ringschrauben geführt, so dass sie jeweils eine Hälfte der Fläche bespannen und von den mittigen Ringschrauben zu den Buchsen geführt werden, wo sie nach festem Strammziehen um die Kontakte der Buchsen gewickelt werden. Die Enden sollten vorher mit einem Messer abgeschliffen werden, da die Drähte mit einer dünnen Isolierschicht überzogen sind.

Abschließend müssen wieder einige Bauteile herausgenommen werden, um die innere Kammer für eine langlebige Betriebsbereitschaft fähig zu machen. Zwischen der Styrodur-Isolierung und den Kammerwänden muss gleichmäßig und dünn der Klebstoff aufgetragen werden, damit sich keine Zwischenräume bilden, in die Feuchtigkeit eindringen kann. Zusätzlich müssen alle Fugen in der inneren Kammer mit Silikon abgedichtet werden. Dies verhindert zum einen den Kontakt des Alkoholdampfes und des Klebstoffs, der sich daraufhin ausdehnen würde, und zum anderen das Abfließen des Alkohols in die Isolierung.

Auf die sichtbaren Schraubköpfe werden die Abdeckungen (S8) gesteckt, um die Optik zu verbessern. Sollte die Dekorfolie an einigen Stellen Lücken aufweisen, was besonders bei den Kanten auftreten kann, so können diese mit schwarzer Farbe ausgebessert werden.

Nachdem die Deckelplatte aufgelegt wurde ist die Nebelkammer einsatzbereit. Vor jedem Betrieb müssen aber noch die Vorbereitungen getroffen werden, wie sie in der Bedienungsanleitung beschrieben sind.

