

Wassermengenbegrenzer



Dominic Brügger, Sandro Berger, Kevin Schmid

IDM Thun, PM2020a

2. Mai 2023

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	3
Ausgangslage.....	DB 3
Persönlicher Bezug zum Projekt	Alle 3
Motivation.....	DB 3
Projektdefinition	4
Gesammelte Ideen	KS 4
Ziele des Projekts.....	SB 4
Zu erwartende Schwierigkeiten	DB 4
Projektplanung.....	5
Arbeitsplanung	KS 5
Zeitplanung	DB 5
Umsetzung	6
Konstruktion	KS / SB 6
Fertigung	Alle 7
Montage und Funktionstest.....	DB 8
Berechnung	SB 9
Auswertung.....	9
Rückblick.....	DB 9
Erkenntnisse.....	DB 10
Perspektiven.....	SB 10
Quellenverzeichnis	10
Anhang	11
Alle Ideen	SB 11
Zeichnungen.....	KS 11

Legende: Sandro Berger (SB), Dominic Brügger (DB), Kevin Schmid (KS)

Einleitung

Ausgangslage

Gemäss Statistiken wird in den Haushalten durch die Warmwasseraufbereitung die zweitgrösste Menge an Energie verbraucht, nämlich 15 Prozent der jährlich verbrauchten Energie eines Haushaltes. [Literatur; Quelle 1] Dieses Warmwasser wird grösstenteils zum Duschen genutzt. Somit wird klar, dass sich durch Verbesserungen in diesem Bereich wesentliche Energieeinsparungen erzielen lassen.

Persönlicher Bezug zum Projekt

Kevin Schmid: Da durch unnötig langes Duschen ziemlich viel Energie verschwendet wird, finde ich die Idee spannend, ein Gerät zu entwickeln, welches den Nutzer daran erinnert, mit dem Duschen aufzuhören und damit Energie zu sparen. Ausserdem finde ich es von der beruflichen Seite her interessant, einen Prototyp zu konstruieren und im Anschluss zu fertigen. Durch meine Tätigkeit im Lehrbetrieb habe ich schon ein wenig Vorkenntnisse, was den Aufbau und die Funktion von Fluidsystemen angeht.

Sandro Berger: Um Wasser zu erwärmen wird sehr viel Strom benötigt. Deshalb kam mir dies als erste Energiesparmöglichkeit in den Sinn. Die Begrenzung des verwendeten Warmwassers beim Duschen ist aus meiner Sicht eine sehr sinnvolle Idee, da man meistens länger duscht als nötig. So entschieden wir uns für diese Projektidee.

Dominic Brügger: Mir ist bewusst, wie durch zu langes Duschen viel zu viel Energie sprichwörtlich «den Abfluss runtergelassen» wird. Wahrscheinlich wissen alle aus eigener Erfahrung, wie schnell man mehr Warmwasser verbraucht hat als nötig. Deshalb fasziniert mich der Gedanke, mit einem Gerät, welches in der Anwendung möglichst einfach ist, den Energiebedarf zum Duschen verringern zu können.

Motivation

Uns motiviert die Tatsache, dass unser Projekt mit unserem Beruf zu tun hat. Somit können wir die Tätigkeiten ausführen, welche uns Spass machen. Ausserdem können wir in unseren Lehrbetrieben auf die benötigten Grundlagen zurückgreifen. Zudem möchten wir mit unserem Projekt an einer Möglichkeit arbeiten, mit welcher im Haushalt ohne grossen Aufwand Energie gespart werden kann.

Projektdefinition

Gesammelte Ideen

Zu Beginn der Ideenfindung haben wir eine Brainstorming-Runde durchgeführt. Es geht darum, dass jeder Teilnehmer innerhalb kurzer Zeit möglichst viele verschiedene Ideen aufschreibt, egal ob diese später von Bedeutung sind. Im Anschluss daran haben wir diese Ideen in einem Machbarkeitsraster angeordnet. (Die gesammelten Ideen befinden sich im Anhang.) So konnten wir überprüfen, welche Ideen das beste Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen aufweisen. So sind drei Favoriten übriggeblieben: Die Reduktion der benötigten Heizenergie bei uns zu Hause, die Reduktion des Energieverbrauchs in unseren Lehrbetrieben sowie der Bau eines Prototyps, um die Warmwassermenge beim Duschen zu verringern. Wir haben uns für die dritte Idee entschieden, da dieses Projekt aus unserer Sicht rechtzeitig umsetzbar ist und in der Anwendung über ein grosses Energiesparpotential verfügt. Ausserdem verbindet dieses Thema das Projekt mit unserer beruflichen Tätigkeit, was uns zusätzlich motiviert.

Ziele des Projekts

Unser Team hat das Ziel einen Prototyp zu bauen, welcher die verwendete Wassermenge beim Duschen begrenzen soll.

Das Gerät wird an die Armatur angeschlossen und misst dabei die verbrauchte Wassermenge. Mit Hilfe eines Auslösemechanismus soll nach einer bestimmten Menge der Durchfluss gestoppt werden. Das Ventil kann anschliessend von Hand wieder entsperrt werden. Hierdurch soll das Gerät den Anwender dazu bringen, nicht zu lange zu duschen. Durch das gesparte Warmwasser wird Energie eingespart. Die Funktion erfolgt rein mechanisch, das Gerät benötigt keinen Strom.

Zu erwartende Schwierigkeiten

Da wir einen Prototyp entwickeln, müssen wir damit rechnen, dass die Konstruktion noch nicht so funktioniert wie gewünscht. Dies lässt sich bei der Entwicklung eines Produktes nicht verhindern. Ausserdem müssen wir gewisse Probleme bei der Herstellung der Teile erwarten, da immer wieder unvorhergesehene Schwierigkeiten auftauchen können. Gerade die Teile, welche wir mittels 3D-Druck herstellen wollen, werden eine Herausforderung bezüglich der zu erreichenden Genauigkeit darstellen.

Projektplanung

Arbeitsplanung

Zu Beginn des Projekts haben wir eine Liste mit allen zu erledigenden Arbeiten erstellt. Daraufhin haben wir die verschiedenen Arbeiten entsprechend den jeweiligen Möglichkeiten zur Konstruktion (CAD) und Fertigung (Maschinen und Werkzeuge) im Lehrbetrieb auf die Gruppenmitglieder aufgeteilt. Das Projekt lässt sich in die drei Phasen Konstruktion, Fertigung und Montage aufteilen.

Praktische Arbeiten

Arbeitsplanung	KS	Fräsbearbeitungen	SB
Zeitplanung	DB	Drehbearbeitungen	DB / KS
Entwurf	Alle	3D-Drucken	DB / KS
Berechnungen	SB	Montage	DB / KS
Konstruktion	KS / SB	Funktionstest	Alle

Dokumentation

Einleitung	DB	Umsetzung	Alle
Projektdefinition	Alle	Berechnungen	SB
Projektplanung	KS	Auswertung	DB / SB

Legende: Sandro Berger (SB), Dominic Brügger (DB), Kevin Schmid (KS)

Zeitplanung

Damit wir die uns zur Verfügung stehende Zeit besser einteilen können, haben wir einen Zeitplan erstellt, auf welchem die verschiedenen Phasen des Projekts auf die Kalenderwochen verteilt sind.

Zeitplan

KW 6	Ideenfindung	KW 12	Dokumentation Mittelteil
KW 7	Entwurf	KW 13	Drehteile, 3D-Druck
KW 8	Berechnung	KW 14	Frästeile
KW 9	Dokumentation Einleitung	KW 15	Montage
KW 10	CAD Einzelteile	KW 16	Dokumentation Schlusswort
KW 11	CAD Baugruppe	KW 17	Reserve

Umsetzung

Konstruktion

In der ersten Phase der Projektumsetzung geht es um die Konstruktion der einzelnen Bauteile sowie des Baugruppenmodells. Die Konstruktion war eine der grössten Herausforderungen des Projekts, da wir gewisse Teile in der Form zum ersten Mal umsetzen. Zu Beginn haben wir unseren Entwurf skizziert, um nach dieser Vorlage die Teile zu modellieren. Zur Konstruktion verwenden wir das CAD-Programm Autodesk Inventor. Die Vorgehensweise zur Erstellung eines Modells im CAD folgt fast immer folgendem Schema: Zuerst wird eine zweidimensionale Skizze des Bauteils gezeichnet, aus welchem anschliessend ein dreidimensionaler Volumenkörper erstellt wird. Zum Schluss folgen Detailbearbeitungen wie zum Beispiel Kantenverrundungen. Als nächstes erstellen wir im CAD eine Baugruppe, damit wir das System als Ganzes überprüfen und die Bauteile besser aufeinander abstimmen können. So können allfällige Unstimmigkeiten frühzeitig festgestellt und im Idealfall bereits in der Konstruktionsphase behoben werden. Jedoch kommt es trotz diesem praktischen Hilfsmittel während der Fertigung eines Prototyps immer wieder zu Anpassungen. Mit fortschreitender Zunahme der Einzelteile in der Konstruktion wird es schwieriger, die Übersicht über die Baugruppe zu halten. Auch der Platzbedarf aller Bauteile im System haben wir zu Beginn etwas unterschätzt. Als letzten Schritt erstellen wir für alle Bauteile, ausser denen für den 3D-Druck, Fertigungszeichnungen.

Die Funktion des Gerätes läuft folgendermassen

ab [Abbildung 1]: Das Wasser strömt durch ein Turbinenrad (links unten), welches die Bewegung über ein Getriebe an ein Schneckenrad weitergibt. Das Schneckenrad verfügt über eine eingefräste Kurve, welche durch die Drehung das Ventil entriegelt. Der Wasserfluss stoppt. Zum Öffnen des Ventils wird der Knopf (rechts oben) nach unten gedrückt und das Ventil durch eine Drehbewegung des Knopfs wieder verriegelt.

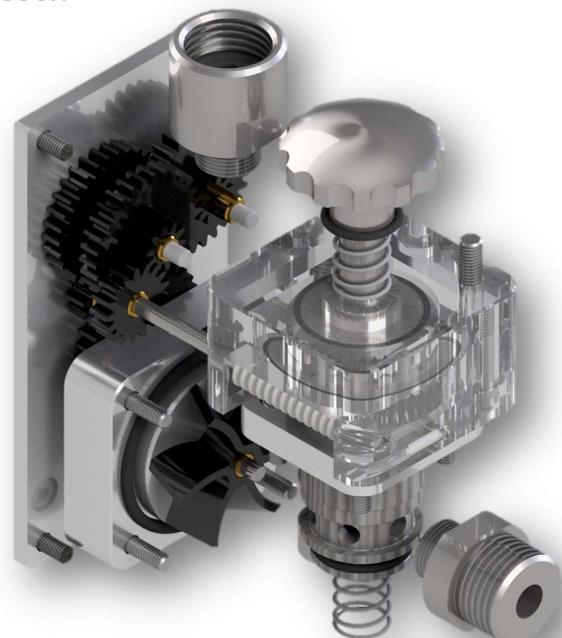


Abb. 1, Baugruppe ohne Gehäuse

Fertigung

In der zweiten Phase unseres Projekts steht die Herstellung der Einzelteile auf dem Programm. Dabei haben wir wie bereits erwähnt darauf geachtet, dass jedes Gruppenmitglied die Teile fertigen kann, für welche es die am besten geeignete Ausrüstung zur Verfügung hat.

Die Drehteile sind mehrheitlich einfache Teile, weshalb wir diese auf konventionellen Maschinen fertigen. Konventionell bedeutet, dass der Bediener die Vorschubbewegungen an der Maschine hauptsächlich manuell ausführt. Viele Drehmaschinen verfügen über eine Einrichtung zum Gewindedrehen, die Leitspindel. Diese haben wir unter anderem bei der Fertigung der Schnecke benötigt. [Abbildung 2]

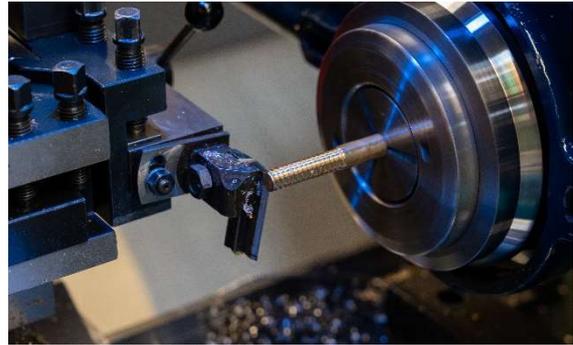


Abb. 2, Herstellung der Schnecke

Zum Fräsen nutzen wir eine CNC-Fräsmaschine mit Rundtisch und schwenkbarem Kopf. Zum Programmieren verwenden wir das CAM-Programm «HyperMill». Mit dieser Software kann auf Basis von 3D-Modellen das Fräsprogramm generiert werden. Am Anfang werden jeweils die Aussenkonturen und Planflächen überfräst. Anschliessend werden alle Taschen und Bohrungen geschruppt. Bei diesem Arbeitsschritt wird am meisten Material abgetragen. Im nächsten Schritt werden alle Flächen sauber und auf Mass gefräst [Abbildung 3]. Diesen Schritt nennt man Schlichten. Er nimmt in der Regel die meiste Zeit in Anspruch, da mit kleinen Vorschüben gearbeitet werden muss, um eine schöne Oberfläche zu erhalten. Zudem ist es nötig, zwei Durchgänge zu machen, um Massabweichungen nach dem ersten Durchgang zu korrigieren. Als letzten Schritt werden die Gewindebohrungen sowie die Passbohrungen fertiggestellt. Zudem werden die Teile entgratet, damit man sich an den scharfen Kanten nicht verletzt.

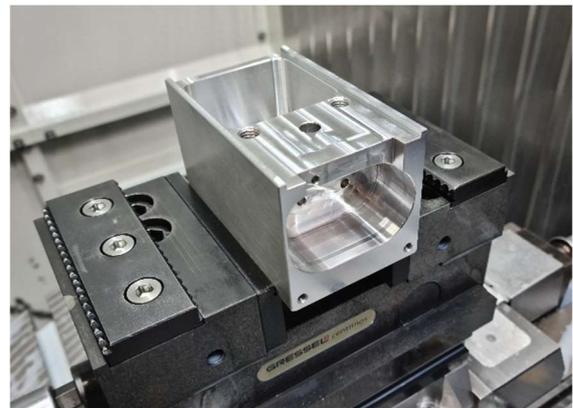


Abb. 3, Getriebeblock nach dem Schlichten

Der 3D-Druck ermöglicht es, komplexe Teile wie beispielsweise das Schneckenrad ohne zusätzliche Werkzeuge herzustellen. Ein grosser Vorteil des Verfahrens ist, dass die Maschine autonom arbeitet. Der Bediener muss lediglich das Programm erstellen.

Die Programmierung erfolgt ähnlich wie beim Fräsen, jedoch ist die Software eine andere. Diese sogenannten «Slicer» werden von verschiedenen 3D-Druckerherstellern angeboten. Der 3D-Druck hat allerdings auch Nachteile: Das von uns verwendete Verfahren ist nicht sehr genau, weshalb die Zahnräder zuerst nicht gepasst haben. Deshalb haben wir sie ein zweites Mal hergestellt. Zum Teil ist auch Nacharbeit an den Teilen erforderlich.

Montage und Funktionstest

Bei der Montage beginnen wir mit der Nacharbeit der 3D-gedruckten Teilen. Dazu gehören das Entfernen der Grate sowie das Nachreiben der Bohrungen. So erreichen wir bei der Montage der Teile eine bessere Passgenauigkeit. Anschliessend werden die Messinghülsen in die Zahnräder eingepresst. Die Hülsen sind notwendig, damit die Zahnräder auf den Stiften frei drehen können. Im Anschluss platzieren wir alle Bauteile der Reihe nach in den Aluminiumblöcken, um sie danach zu verschrauben oder mittels Stifte zu fixieren. Wichtig ist auch die sorgfältige Montage der O-Ringe, damit die Dichtwirkung nicht beeinträchtigt wird. Zum Schluss werden die beiden Blöcke zusammengeschraubt und der Deckel montiert. [Abbildung 4] Nachdem wir auch die Anschlüsse angebracht haben, kann der Test losgehen. [Abbildung 5]

Das Ergebnis: Das Wasser fliesst wie gewünscht durch das Gerät. Die Zahnräder drehen sich, ebenso das Schneckenrad und die Kurvenscheibe. Ist der Endpunkt erreicht, sperrt das Ventil und der Wasserfluss stoppt. Soweit funktioniert also alles wie gewünscht. Jedoch lässt sich die Kurvenscheibe nach der Entriegelung des Ventils nicht zurückdrehen. Bei genauerer Betrachtung stellen wir fest, dass die Sperrklinke der Kurvenscheibe ihre Funktion nicht erfüllt. Trotzdem, die anderen Schritte funktionieren und auch dieses Problem lässt sich lösen.



Abb. 5, Montage abgeschlossen



Abb. 4, Bereit für den Test

Berechnung

Durchschnittlicher Energieverbrauch pro Jahr eines/-er Schweizers/-in fürs Duschen, bei einer Duschzeit von 6 Minuten. (Q_{J1})

$$m = \dot{V} \cdot t = 6 \frac{l}{min} * 6 min = 36 l = 36 kg$$

$$Q_d = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) \quad Q_d = 36 kg \cdot 4.18 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (35^\circ C - 10^\circ C) = 3762 kJ$$

$$Q_J = \frac{Q_d \cdot 365 d}{3600 kJ/kWh} \quad Q_{J1} = \frac{3762 kJ \cdot 365 d}{3600 kJ/kWh} = \mathbf{381.43 kWh}$$

Energieverbrauch pro Jahr eines/-er Schweizers/-in fürs Duschen mit unserem Mengenbegrenzer bei einer Duschzeit von 3 Minuten. (Q_{J2})

$$m = \dot{V} \cdot t = 6 \frac{l}{min} * 3 min = 18 l = 18 kg$$

$$Q_d = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) \quad Q_d = 18 kg \cdot 4.18 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (35^\circ C - 10^\circ C) = 1881 kJ$$

$$Q_J = \frac{Q_d \cdot 365 d}{3600 kJ/kWh} \quad Q_{J2} = \frac{1881 kJ \cdot 365 d}{3600 kJ/kWh} = \mathbf{190.71 kWh}$$

Differenz = Gesparte Energie pro Jahr. (ΔQ)

$$\Delta Q = Q_{J1} - Q_{J2} = 381.43 kWh - 190.71 kWh = \mathbf{190.72 kWh}$$

(Theoretischer Energieverbrauch, ohne Berücksichtigung von Wirkungsgraden. Das Wasser wird von 10°C auf 35°C aufgeheizt. Wasserverbrauch $\dot{V} = 6l/min$)

Auswertung

Rückblick

Der Prototyp ist fertig montiert und der Funktionstest durchgeführt. In diesem Bereich haben wir unser Ziel erreicht. Bei der Funktion ist jedoch die Sperrklinke des Auslösemechanismus in dieser Form nicht einsetzbar, sie müsste umschaltbar sein. Wir mussten damit rechnen, dass am Ende etwas nicht funktioniert. Da die Zeit nicht gereicht hat, um die betroffenen Teile nochmals zu fertigen, besteht die Lösung für das Problem im Moment nur als Idee. Trotzdem sind wir mit dem Projekt, was die gefertigten Bauteile und insbesondere die Erkenntnisse angeht, zufrieden. Der Lerneffekt ist bekanntlich bei den Dingen, die nicht funktionieren am grössten. Wir bedanken uns bei unseren Lehrbetrieben (Wandfluh AG in Frutigen, Huber Mechanik AG in Uttigen, Halter AG Frutigen) für die Unterstützung bei unserem Projekt.

Erkenntnisse

Für zukünftige Projekte müssen wir mehr Zeitreserve für unvorhergesehene Umstände einplanen. Dies haben wir bei unserem Projekt einige Male erlebt. Bei der Entwicklung kommt es immer vor, dass etwas nicht so funktioniert, wie ursprünglich geplant.

Auch fachlich konnten wir einige neue Dinge dazulernen. Zum Beispiel die Konstruktion und Herstellung eines Schneckenradgetriebes war für uns Neuland. Auch bei den übrigen Fräs- und Drehbearbeitungen konnten wir zusätzliche Erfahrungen sammeln, wie auch bei der Herstellung von Kleinteilen mittels 3D-Druck. Die Dateifreigabe via Cloud hat gut funktioniert und die Zusammenarbeit erleichtert.

Im Zusammenhang mit dem Projektthema die wohl wichtigste Erkenntnis für uns: «Warmwasser sparen, ob mit oder ohne technische Hilfsmittel!»

Perspektiven

Damit das Gerät vollumfänglich so funktioniert wie gewünscht, muss die Sperrklinke umschaltbar sein. Ausserdem wäre es wünschenswert, wenn die Menge an Bauteilen reduziert werden kann. Im Moment widmen wir uns anderen Projekten, behalten unsere Verbesserungsideen aber im Hinterkopf.

Quellenverzeichnis

Literatur

Stiftung myclimate (2020). Klimabooklet. Klimawandel und Klimaschutz in der Schweiz. Herausgeber: Stiftung myclimate, Zürich.

Abbildungen

Alle Bilder wurden von den Teammitgliedern aufgenommen oder mit dem Programm Inventor Studio gerendert.

Anhang

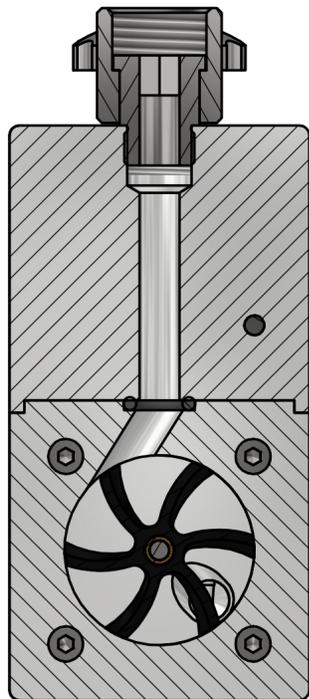
Alle Ideen

- Solaranlage für Inselbetrieb
- Kleinwindkraft
- Warmwasseraufbereitung durch Solarthermie
- Sensibilisierung zum Klimaschutz im Betrieb
- Heizenergie sparen im Wohnbereich
- Druckluftverbrauch reduzieren
- Energieverbrauch der Maschinen im Standby-Betrieb reduzieren
- Energierückgewinnung durch Abwärmenutzung
- Umweltfreundliche Heizung und Kühlung für Industriegebäude

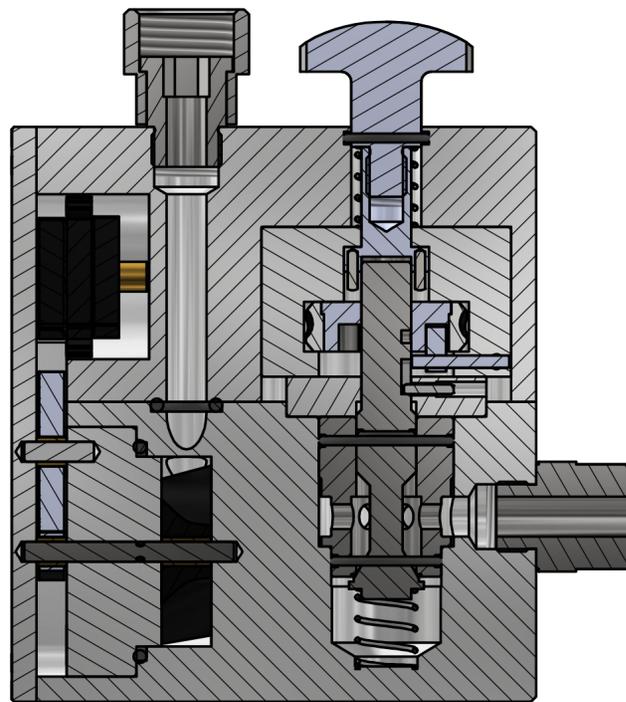
Zeichnungen

- Baugruppe mit Schnittansichten
- Explosionsansicht

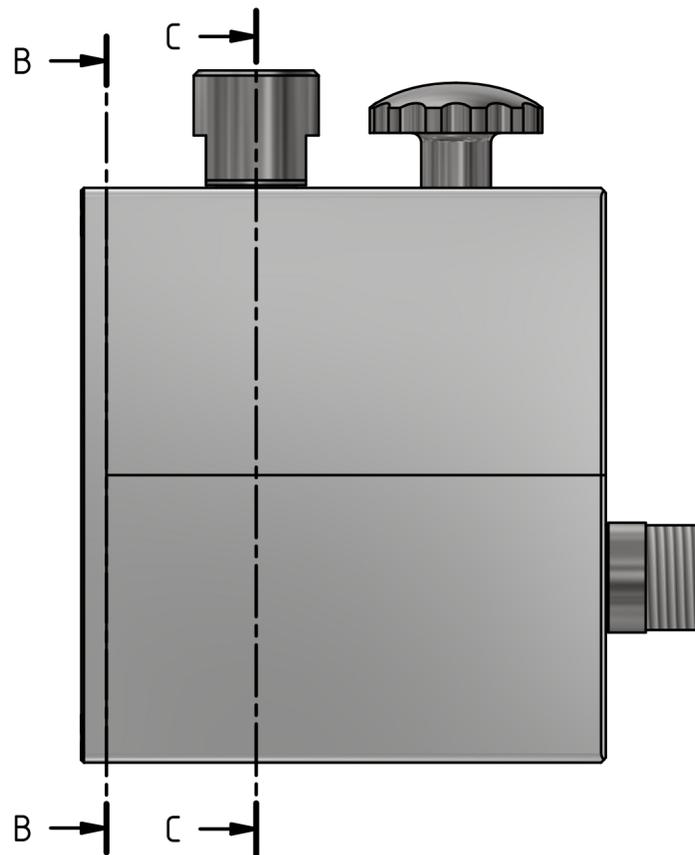
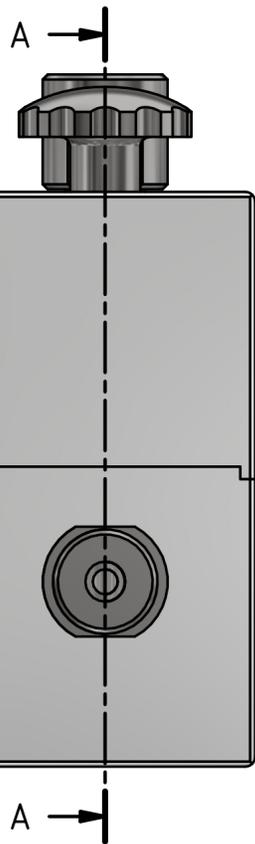
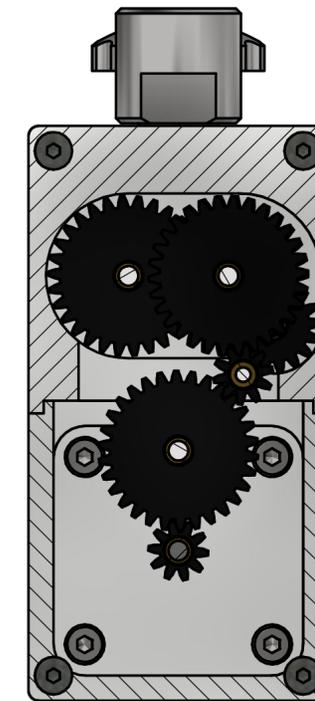
C-C (1:1)



A-A (1:1)



B-B (1:1)



 	Allgemeintoleranzen nach ISO 2768-mK		Material:											
			Nachbehandlung:											
<table border="1"> <tr> <th>Datum</th> <th>Name</th> </tr> <tr> <td>30.04.2023</td> <td>Kevin Schmid</td> </tr> <tr> <th>Gezeichnet</th> <th>Kontrolliert</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>Norm</th> <td></td> </tr> </table>	Datum	Name	30.04.2023	Kevin Schmid	Gezeichnet	Kontrolliert			Norm		<h1>Wassermengenbegrenzer</h1>			Gewicht 2.016 kg
Datum	Name													
30.04.2023	Kevin Schmid													
Gezeichnet	Kontrolliert													
Norm														
	Baugruppe		Massstab 1:1											
				Format A2										
				Revision Blatt 1										

Explosionszeichnung

