

ANHANG E1

IDENTIFIKATION DER ERSATZTEILE

| | |
|------------------------------|---|
| M.A.-STUDIENGANG: | Umweltingenieurwissenschaften |
| EINGEREICHT AN DER: | Agrar und Umweltwissenschaftliche Fakultät |
| VORGELEGT VON: | Sven Mauch |
| MATRIKEL-NR.: | 222201954 |
| BEARBEITUNGSZEITRAUM: | 20 WOCHEN |
| ERSTGUTACHTERIN: | PD Dr. Ing. Habil. Abdallah Nassour |
| ZWEITGUTACHTERIN: | Dipl.-Ing. Erik Westphal, M.Sc. Julian Wiechert |
| LEHRSTUHL: | Abfall und Stoffstromwirtschaft |
| ROSTOCK: | 21.03.2025 |

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|--------------------|---|------------------|
| <i>I.</i> | <i>Identifikation der zu bewertenden Ersatzteile.....</i> | <i>1</i> |
| 1.1 | Allgemeine Produkt und Ersatzteilinformationen | 1 |
| <i>II.</i> | <i>Bewertung der Ersatzteile hinsichtlich ihrer Eignung für den 3D-Druck</i> | <i>3</i> |
| 2.1 | Bauteil 1: Türgriff | 4 |
| 2.2 | Bauteil 2 - Einschub transparent..... | 7 |
| 2.3 | Bauteil 3 - Einschub Tiefkühlfach | 10 |
| 2.4 | Bauteil 4: Scharnierabdeckung | 11 |
| <i>III.</i> | <i>Auswahl der Ersatzteile für die Masterarbeit</i> | <i>14</i> |
| <i>IV.</i> | <i>Literaturverzeichnis.....</i> | <i>16</i> |
| <i>V.</i> | <i>Eidesstattliche Versicherung</i> | <i>17</i> |

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| ABB 1: DARSTELLUNG DES KÜHLSCHRANKS: [1] | 1 |
| ABB 2: EXPLOSIONSZEICHNUNG UND FARBLICHE KENNZEICHNUNG DER DRUCKBAREN UND NICHT DRUCKBAREN ERSATZTEILE. QUELLE: [2]..... | 3 |
| ABB 3: DARSTELLUNG BAUTEIL 1 - TÜRGRIFF AUS ZWEI PERSPEKTIVEN UND MERKMALE A-D. QUELLE: [4] | 4 |
| ABB. 4 DARSTELLUNG BAUTEIL 2 - TRANSPARENTER EINSCHUBS UND BESTIMMTER MERKMALE A-C. QUELLE: [3]..... | 7 |
| ABB 5: DARSTELLUNG BAUTEIL 4 – SCHARNIERABDECKUNG MIT BESTIMMTEN MERKMALEN. QUELLE: [3] | 11 |
| ABB 6: DARSTELLUNG DER DEMONTAGEHINWEISE ZUR ABSCHÄTZUNG DER MECHANISCHEN BEANSPRUCHUNG QUELLE: BOSCH | 11 |
| ABB. 7: DARSTELLUNG DES TÜRGRIFFS IM GEDRUCKTEN ZUSTAND (RECHTS) UND DARSTELLUNG IN 3D SOFTWARE (LINKS) . QUELLE: [7]..... | 15 |
| ABB. 8: 3D SOFTWAREDARSTELLUNG DER SCHARNIERABDECKUNG VON OBEN UND UNTEN. QUELLE: [8] | 15 |

TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| TABELLE 1: ÜBERSICHT UND VORAUSWAHL DER ERSATZTEILE FÜR DIE BEWERTUNG..... | 2 |
| TABELLE 2: BEWERTUNG DER DRUCKBARKEIT VON BAUTEIL 1 MIT DEN FERTIGUNGSVERFAHREN SLA, SLS UND FDM | 6 |
| TABELLE 3 BEWERTUNG DER DRUCKBARKEIT VON BAUTEIL 2 MIT DEN FERTIGUNGSVERFAHREN SLA, SLS UND FDM | 9 |
| TABELLE 4: BEWERTUNG DER DRUCKBARKEIT VON BAUTEIL 2 MIT DEN FERTIGUNGSVERFAHREN SLA, SLS UND FDM | 13 |

ABKÜ

| | |
|------|--|
| ABS | Acrylnitrile Butadien Styrol Copolymer |
| FDM | Fused Deposition Modeling |
| HIPS | High Impact Polystrene |
| OT | Originalteil |
| SLA | Stereolithografie |
| SLS | Selective Laser Synthering |
| PP | Polypropylen |
| PS | Polystrol |

I. IDENTIFIKATION DER ZU BEWERTENDEN ERSATZTEILE

In diesem Dokument wird eine detaillierte Beschreibung der Produktkategorie sowie der Ersatzteil dargestellt. Des weiteren wird die Bewertung der Druckbarkeit der Ersatzteile detailliert durchgeführt und begründet.

1.1 ALLGEMEINE PRODUKT UND ERSATZTEILINFORMATIONEN

Nachfolgend soll der Kühlschrank kurz präsentiert werden. Die nebenstehende **Abb 1** [1] zeigt die Kühl-gefrier-Kombination mit den Außenmaßen 186x65,5 cm. Der Kühlschrank verfügt über verschiedene Einschübe, die teilweise im Gefrierbereich und teilweise im normalen Kühlbereich platziert sind.

Alle Ersatzteile, die in der entsprechenden Durchführungsverordnung aufgelistet sind, können auf der Website von Bosch gefunden werden. Neben diesen Ersatzteilen sind zahlreiche weitere Teile erhältlich, wie bspw. Scharnierabdeckungen, Eierhalter und Flaschenhalter.

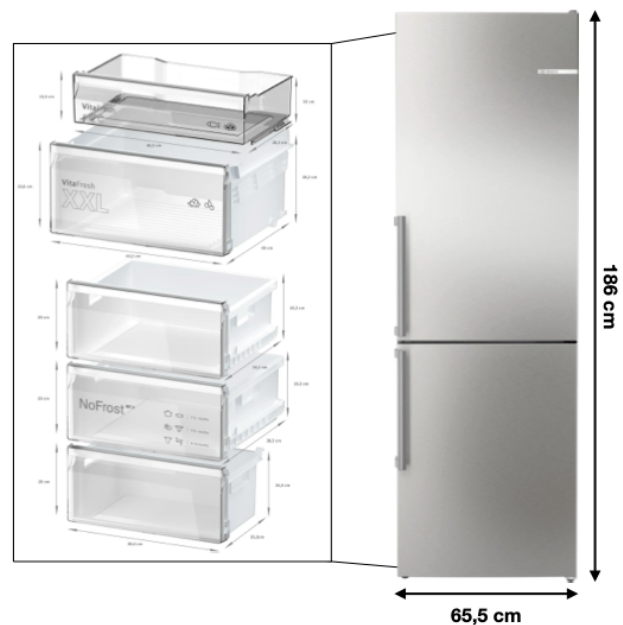












ABB 1: DARSTELLUNG DES KÜHLSCHRANKS: [1]

Da sich während der Evaluation herausgestellt hat, dass ein Großteil der gesetzlich vorgeschriebenen Ersatzteile nicht für 3D Druck geeignet ist, wurde ein weiteres Teil in die Betrachtung mitaufgenommen.

In der nachfolgenden **Tabelle 1** ist eine Übersicht der Ersatzteile aus den gesetzlich vorgegebenen Kategorien dargestellt. Dabei wird bereits eine Einschätzung darüber getroffen, ob die Ersatzteile potenziell für 3D Druck geeignet sind oder nicht. Rot markierte Teile sind nicht druckbar, weil die benötigte Technik entweder noch in der Entwicklung ist oder noch nicht existiert. Teile, die gelb markiert sind, könnten potenziell druckbar sein, weisen aber Charakteristiken auf, die von der angewendeten Bewertungsmethode nicht berücksichtigt werden. Grün markierte Teile sind potenziell druckbar und werden mit der angewendeten Bewertungsmethode anschließend genauer betrachtet. Alle Bilder und Informationen sind von der Bosch Service Seite und vom Ersatzteilanbieter Krempelshop.de [2], [3].

TABELLE 1: ÜBERSICHT UND VORAUSWAHL DER ERSATZTEILE FÜR DIE BEWERTUNG

| Ersatzteilgruppe | Beschreibung | Bild | Verfügbare Daten | Druckbarkeit |
|---------------------------|---------------------------------|---|------------------|--|
| Thermostat | El. Kontrolleinheit |  | Bild, Preis | Für alle elektrischen Ersatzteile wird von vorneherein ausgeschlossen, dass 3D Druck als sinnvolle Technologie zum Einsatz kommen kann |
| Temp. Sensoren | Temp. Fühler 1 |  | Bild, Preis | |
| | Temp. Fühler 2 |  | Bild, Preis | |
| Leiterplatten | <i>Siehe Thermostat</i> | - | - | |
| Lichtquellen | LED Leiste | - | Preis | |
| Türgriffe | Zwei identische Türgriffe |  | Bilder, Preis | Kunststoffteil, potentiell druckbar |
| Türscharniere | Scharnier-Typ 1 |  | Bilder, Preis | Metallteil, potenziell druckbar, in Methodik nicht abgebildet |
| | Scharnier-Typ 2 |  | Bilder Preis | Metallkunststoffverbünde, nicht druckbar |
| | Scharnier-Typ 3 |  | Bilder, Preis | |
| Einlegeböden | Glasplatte 1 | - | Preis | Glasteile, theoretisch druckbar, Technologie in Entwicklung |
| | Glasplatte 2 | - | Preis | |
| Einschübe | Schubkasten-Typ 1 (0 °C) |  | Bilder, Preis | Kunststoffteil, potentiell druckbar |
| | Schubkasten-Typ 2 (Gefrierfach) |  | Bilder, Preis | Kunststoffteil, potentiell druckbar |
| Nicht gesetzl. vorgegeben | Scharnierabdeckung |  | Bilder, Preis | Kunststoffteil, potentiell druckbar |

II. BEWERTUNG DER ERSATZTEILE HINSICHTLICH IHRER EIGNUNG FÜR DEN 3D-DRUCK

Nachfolgend werden die Ersatzteile hinsichtlich ihrer Eignung für den 3D Druck bewertet. Dazu wird die im Methodikkapitel beschriebene Bewertungsmethode angewendet.

Für die Durchführung wurden alle verfügbaren Daten zu den verschiedenen Ersatzteilen herangezogen. Häufig wurden nur Bilder und Außenmaße gefunden. Die Bilder reichten oft aus, um Aussagen über die Oberflächenbeschaffenheit, Materialkombinationen und andere Bewertungskriterien zu treffen. Teilweise konnte auf Grundlage von Materialstempeln auch das Material bestimmt werden (siehe Scharnierabdeckung). Häufig mussten aber auch allgemeine Quellen herangezogen werden, um Annahmen zu treffen.

In den nächsten Unterkapiteln wird für die einzelnen Teile eine möglichst detaillierte Beschreibung vorgenommen. Außerdem werden die Annahmen, die für die verschiedenen Bewertungskategorien getroffen wurden begründet. Anschließend wird für jedes Teil die ausgefüllte Bewertungstabelle dargestellt.

Zur Übersichtlichkeit sind in nachfolgender **Abb 2** die Ersatzteile in einer Explosionszeichnung dargestellt [2]. Die grün markierten Ersatzteile sind die als *potentiell druckbar* identifizierten, welche nachfolgend mit der Bewertungsmethode genauer betrachtet werden. Die roten Teile sind jene, die als *potentiell nicht druckbar* kategorisiert wurden.

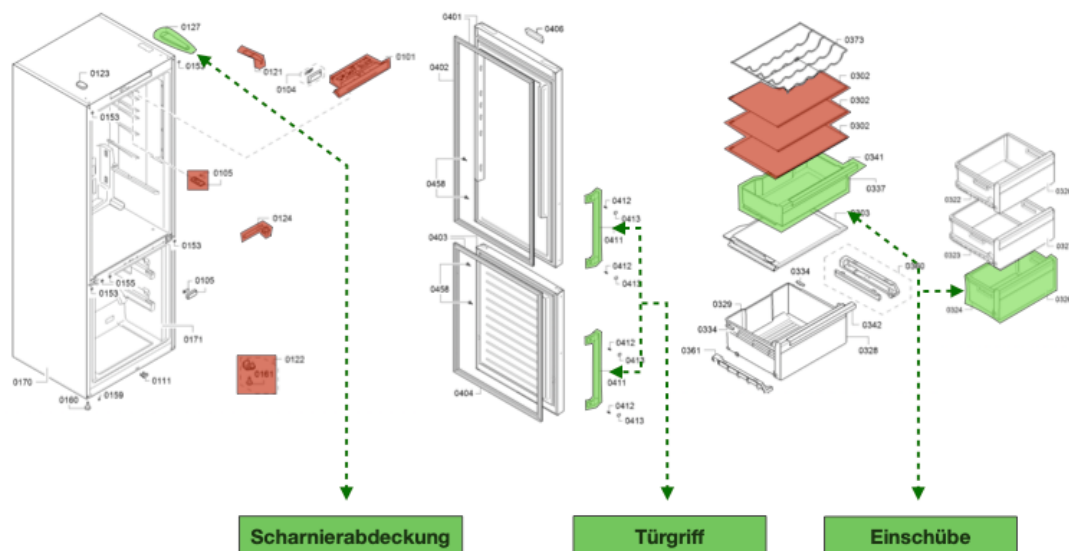


Abb 2: EXPLOSIONSZEICHNUNG UND FARBLICHE KENNZEICHNUNG DER DRUCKBAREN UND NICHT DRUCKBAREN ERSATZTEILE.
QUELLE: [2]

2.1 BAUTEIL 1: TÜRGRIFF

Allgemein: Weder auf der Hersteller- noch auf Ersatzteilseiten sind Informationen über Material und Größe des Türgriffs auffindbar. Lediglich einige Bilder sind auffindbar. Die äußeren Profile, an welchen der Mittelgriff befestigt wird, scheinen aus Kunststoff zu sein. Kennzeichnungen sind auf den Bildern allerdings nicht zu erkennen. Der Mittelgriff ist entweder aus Kunststoff mit Metalloptik oder tatsächlich aus Edelstahl bzw. Aluminium. Die Halterungen und der Griff scheinen entweder durch einen Aufsteckmechanismus oder durch eine Verklebung miteinander verbunden zu sein.

Material: Das Teil besteht zum Großteil aus Kunststoff. In Kühlschränken und anderen Haushaltsgeräten wird für optisch auffällige Teile häufig ABS verwendet. Es hat einen hohen Glanz bei gleichzeitig hoher Festigkeit und einfacher Verarbeitung [4]

Form: Die Außenmaße ließen sich über die Außenmaße des Kühlschranks abschätzen und liegen bei 40x4 cm. Es sind Überhänge vorhanden, die in jeglichen Orientierungen bestehen bleiben und dabei teilweise einen Winkel $> 45^\circ$ zur Horizontalen (Bauplattform) aufweisen (siehe Abb. 3 A).

Detail: Es sind keine Stellen zu erkennen, an denen die Wanddicke unter 5 mm liegt. Es gibt Bohrlöcher, welche aber vermutlich einen größeren Durchmesser als 1 mm haben (siehe Abb. 3 B). Ein eingravierter Text und einige kreisförmige Gravuren, deren Zweck nicht klar ist, sind vorhanden (siehe Abb. 3 C). Hier kann davon ausgegangen werden, dass die Höhe der Gravur max. 1 mm beträgt.

Detailgrad Toleranz: Der Türgriff wird mit Schrauben befestigt und muss nicht zwischen bestimmten Teilen eingeklickt werden, was die Anforderungen an die Toleranz verringert. Allerdings sind die Schrauben unter einer abnehmbaren Abdeckung versteckt, welche schon bei geringen Maßabweichungen nicht mehr passen könnte. Beruhend auf den Bildern und der Tatsache, dass es sich nicht um einen funktionellen Aspekt handelt, wird die Vermutung aufgestellt, dass ein Toleranzbereich $< 0,5$ mm ausreichen sollte (siehe Abb. 4 D).

Materialkombination: Es ist nicht klar, ob der Griff aus Metall besteht oder aus Kunststoff mit Metalloptik. Die Befestigungsteile scheinen jedoch aus Kunststoff zu sein.

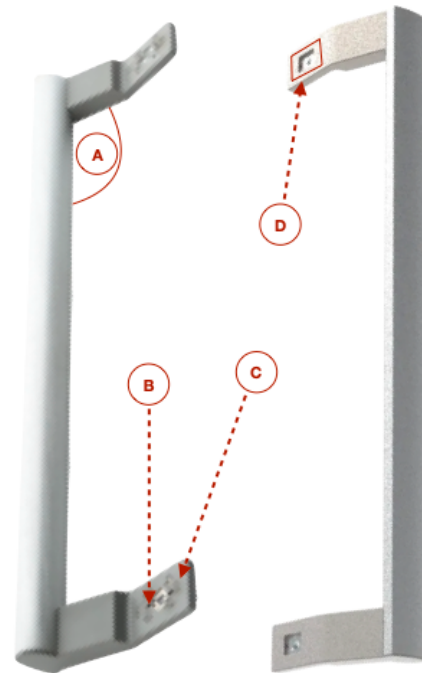


Abb 3: DARSTELLUNG BAUTEIL 1 - TÜRGRIFF AUS ZWEI PERSPEKTIVEN UND MERKMALE A-D. QUELLE: [4]

Es ist auch nicht klar, ob das Teil am Stück produziert wurde oder aus (minimal) drei Einzelteilen besteht, welche nach der Produktion verbunden wurden.

Oberflächengüte: Zum Großteil sind keine Unregelmäßigkeiten, Abstufungen oder Körnungen auf der Oberfläche des Teils zu erkennen. Allerdings sind an den Bohrlöchern einige Unregelmäßigkeiten zu sehen (*siehe Abb 3 B und C*).

Stärke: Bei normaler Benutzung sollte das Teil keinen regelmäßigen starken Zug,-, scher,- oder Dehnungskräften ausgesetzt.

Ermüdungswiderstand: Es gibt keine beweglichen Teile, die einer regelmäßigen Beanspruchung standhalten müssen.

Temperaturbeständigkeit: Das Teil wird bei normalem Gebrauch lediglich Raumtemperatur ausgesetzt.

UV-Beständigkeit: Im normalen Gebrauch wird das Teil im Innenraum verwendet und somit keiner übermäßigen UV Strahlung ausgesetzt.

Chemische Beständigkeit: Allgemeine chemische Beständigkeit, wenn das Teil bspw. mit Putzmitteln in Kontakt kommt.

Für alle nachfolgenden Kategorien wurden keine besonderen Anforderungen bei normaler Benutzung festgelegt:

- Wasser- und Luftdichtigkeit, Transparenz
- Flexibilität, Elastizität, Stoßfestigkeit, Abriebfestigkeit, Ermüdungswiderstand, Kriechstromfestigkeit
- Kältebeständigkeit
- Wasserbeständigkeit, Lebensmittelsicherheit

Die Bewertungstabelle wird auf der nachfolgenden Seite dargestellt (**Tabelle 2**).

TABELLE 2: BEWERTUNG DER DRUCKBARKEIT VON BAUTEIL 1 MIT DEN FERTIGUNGSVERFAHREN SLA, SLS UND FDM

| Kategorie | | Drucktechnologie | | |
|-----------------------|-------------------------|---|---|--|
| Überkategorie | Unterkategorie | SLA | SLS | FDM |
| Material | | Lediglich Harze mit ABS ähnlichen Eigenschaften | ABS kommt bei SLS nicht zum Einsatz. PS als Alternative mit ähnlichen Eigenschaften. | Ansprüche realisierbar |
| Geometrie | Form | Ansprüche realisierbar | Maße und Überhänge kein Problem. Thermische Schrumpfungen durch Teilgröße möglich. | Größe realisierbar. Überhänge müssen mit Brücken gestützt werden. |
| | Detail | Ansprüche realisierbar | Wanddicke und Löcher machbar. Text bei angegebener Schätzung zu fein. | Wanddicke und Löcher machbar. Text bei angegebener Schätzung zu fein. |
| | Toleranz | Ansprüche realisierbar | Annahmen sind im Toleranzbereich. Bauteilgröße könnte sich aber negativ auswirken | Ansprüche realisierbar |
| Konfiguration | Material Kombination | Multimaterialkombinationen sind Forschungsgegenstand. Griff könnte aber aus mehreren Teilen gefertigt werden. | Multimaterialkombinationen sind Forschungsgegenstand. Griff könnte aber aus mehreren Teilen gefertigt werden. | Metallkunststoffkombination nicht möglich. Mehrere Kunststoffe können miteinander kombiniert werden. |
| | Oberfläche | Ansprüche realisierbar | Nur durch Nachbearbeitungsprozesse erreichbar. | Nur durch Nachbearbeitungsprozesse erreichbar. |
| Mechanische Ansprüche | Stärke | Bei normaler Nutzung realisierbar. | Bei normaler Nutzung realisierbar. | Bei normaler Nutzung realisierbar. |
| Thermische Ansprüche | Wärmebeständigkeit | Raumtemp. Stellt kein Problem dar. | Raumtemp. Stellt kein Problem dar. | Raumtemp. Stellt kein Problem dar. |
| Chemische Ansprüche | UV-Beständigkeit | Auch geringe UV-Strahlung kann sich auf Optik und mechan. Eigenschaften auswirken. | Viele Materialien sind UV-beständig. | Viele Materialien mit guter UV-Beständigkeit. Zumischung UV-sicherer Additive möglich. |
| | Chemische Beständigkeit | Bei normaler Nutzung realisierbar. | Bei normaler Nutzung realisierbar. | Bei normaler Nutzung realisierbar. |

2.2 BAUTEIL 2 - EINSCHUB TRANSPARENT

Allgemein: Als zweites Bauteil wurde ein transparenter Einschub betrachtet. Die Funktion des Einschubs ist die Aufbewahrung von Lebensmitteln. Neben einem Bild (**Abb. 4**) waren auch die Außenmaße online verfügbar [3]. Auf dem Bild ist eine Lebensmittelkennzeichnung sowie eine Temperaturmarkierung zu erkennen.



ABB. 4 DARSTELLUNG BAUTEIL 2 - TRANSPARENTER EINSCHUBS UND BESTIMMTER MERKMALE A-C. QUELLE: [3].

Material: Das OT besteht aus transparentem Plastik. Für Materialien, die mit Lebensmittel in Verbindung kommen, müssen die Standards der EU-Verordnung (EG) Nr. 1935/2004 eingehalten werden. In der Verordnung EU 10/2011 sowie der Neuauflage EU 2016/1416 werden Kunststoffe und deren Bestandteile gelistet, welche als lebensmittelsicher gelten. Ein häufig eingesetzter Kunststoff ist Polystyrol bzw. General Purpose Polystyrol [4]. Dieses ist wärmeformbeständig und transparent. Das konkret eingesetzte Material muss ein Lebensmittelzulassungszertifikat haben.

Form: Größe: 46,5x25,5x12 cm (LxBxH). Das Teil weist an verschiedensten Stellen Überhänge auf, die teilweise aus optischen und teilweise aus funktionellen Gründen vorhanden sind. Stelle A im Bild zeigt einen Überhang am Griff. Stelle B zeigt einen großflächigen Überhang am Boden des Teils. Stelle C verweist auf die Überhänge an der Schienenführung. Es ist nicht genau klar, wie dick die Wände sind. An den dünneren Stellen muss davon ausgegangen werden, dass die Schichtdicke max. 0,5 cm beträgt. Gravuren oder ähnliche Details sind nicht zu erkennen.

Detail: Es gibt keine Gravuren oder Details, die kleiner als 1 mm sind. Auch die Wanddicke liegt schätzungsweise zwischen 1-5 mm.

Detailgrad Toleranz: An der Führung für die Schiene (**Abb. 4 C**), muss ein bestimmter Toleranzbereich eingehalten werden. Gleichzeitig muss zwischen Schiene und Halterung ein gewisses Spiel bestehen, um die Beweglichkeit des Schubkastens auf der Schiene zu gewährleisten. Es ist daher davon auszugehen, dass der Toleranzbereich relativ hoch sein kann.

Oberflächengüte: Die Oberfläche sieht extrem glatt aus und es sind keine Unregelmäßigkeiten zu erkennen.

Transparenz: Das Teil ist transparent.

Stärke: Bei normaler Benutzung wird das Teil keinen regelmäßigen starken Zug,- scher,- oder Dehnungskräften ausgesetzt.

Abriebfestigkeit: Die Schienenführung könnte durch häufiges rein und Rausschieben des Einschubs und der dabei aufkommenden Reibung zwischen Schiene und Schienenführung beansprucht werden.

Ermüdungswiderstand: Es gibt keine beweglichen Teile, die einer regelmäßigen Beanspruchung standhalten müssen.

Wärmebeständigkeit: Der Schubkasten ist im Inneren des Kühlschranks installiert und eine Markierung mit der Aufschrift „0 °C“, weist darauf hin, dass das Teil lediglich bei einem Waschgang in der Spülmaschine höheren Temperaturen bis 70 °C ausgesetzt wird.

Kältebeständigkeit: Das Teil muss einer durchgängigen Temperatur von 0 °C standhalten.

Wasserbeständigkeit: Sollte Wasserbeständig sein. Vor allem für Waschvorgänge in der Spülmaschine.

Chemische Beständigkeit: Allgemeine chemische Beständigkeit, wenn das Teil bspw. mit Putzmitteln in Kontakt kommt.

Lebensmittelbeständigkeit: Wie bereits unter dem Punkt *Material* beschrieben, ist das Teil bei normalem Gebrauch in Kontakt mit Lebensmitteln. Es muss daher den gesetzlichen Anforderungen an solche Teile standhalten.

Für alle nachfolgenden Kategorien wurden keine besonderen Anforderungen bei normaler Benutzung festgelegt:

- UV-Beständigkeit
- Kriechstromfestigkeit, Flexibilität, Elastizität, Stoßfestigkeit
- Wasser und Luftdichtheit

Da für die Druckverfahren SLA und FDM aktuell keine lebensmittelsicheren Verfahren existieren, wurde die Bewertung lediglich für SLS in allen Kategorien durchgeführt.

Für die beim SLA-Druck verwendeten Harze gilt, dass sie aufgrund ihrer Toxizität nicht lebensmittelecht sind. Das Teil hat eine relativ glatte Oberfläche, die mit Beschichtungen versiegelt werden kann, was aber keine Garantie für Lebensmittelsicherheit ist. Die Beschichtung kann mit dem Harz interagieren oder sich im Laufe der Zeit abbauen, wodurch die ursprüngliche, potenziell nicht sichere Oberfläche freigelegt wird.

Für FDM gilt, dass ohne intensive Nachbearbeitung keine Lebensmittelechtheit gewährleistet werden kann. Dies liegt an der Oberflächenbeschaffenheit. Zwischen den einzelnen Schichten kann zur vermehrten Ansiedlung von Bakterien führen. Studien weisen darauf hin, dass selbst lebensmittelechte Materialien ihre Charakteristik während des Druckens verlieren können. Außerdem kann sich die Wahl der Düsen negativ auf die Lebensmittelechtheit auswirken.

Tabelle 3 ist auf der nachfolgenden Seite zu sehen.

TABELLE 3 BEWERTUNG DER DRUCKBARKEIT VON BAUTEIL 2 MIT DEN FERTIGUNGSVERFAHREN SLA, SLS UND FDM

| Kategorie | | Drucktechnologie | | |
|-----------------------|------------------------|---|---|---|
| Überkategorie | Unterkategorie | SLA | SLS | FDM |
| Material | | Es gibt keine Harze die ähnliche Eigenschaften wie GPPS aufweisen | PP und Nylon kann die Ansprüche der Lebensmittelechtheit erfüllen. Die Firma Oceanz bietet lebensmittelechte Nylonteile an. | GPPS als Filament Online nicht zu finden. Alternative: HIPS oder PP |
| Geometrie | Form | | Maße und Überhänge kein Problem. Thermische Schrumpfungen durch Teilgröße möglich. | |
| | Detail | | Ansprüche realisierbar | |
| | Toleranz | | Ansprüche realisierbar | |
| Konfiguration | Oberfläche | | Nur durch Nachbearbeitungsprozesse erreichbar. | |
| | Transparenz | | Keine transparenten SLS-Materialien verfügbar. | |
| Mechanische Ansprüche | Stärke | | Ansprüche realisierbar | |
| Thermische Ansprüche | Wärmebeständigkeit | | Bei PP bis 90 °C. Bei Nylon bis 110 °C [5], [6] | |
| | Kältebeständigkeit | | Nylon ist bis -30 °C kältebeständig und PP bis -10 °C [5], [6] | |
| Chemische Ansprüche | Wasserbeständigkeit | | Nylon und PP bieten gute Wasserbestdkt. SLS teilweise porös. Nachbearbeitung sinnvoll. | |
| | Lebensmittelsicherheit | Lebensmittelechte Materialien mit SLA nicht herstellbar. | Porosität kann zu Bakterienansiedlung führen. Nachbearbeitung könnte empfehlenswert sein. | Lebensmittelechte Materialien mit SLA nicht herstellbar. |

2.3 BAUTEIL 3 - EINSCHUB TIEFKÜHLFACH

Allgemein: Es handelt sich um ein weißes Kunststoff Schubfach (siehe **Abb 5**). Auf der Seite eines Ersatzteilanbieters [3] wird es als Einschub für den Tiefkühlbereich des Kühlschranks bezeichnet. Auf der Produktinfoseite des Kühlschranks von Bosch [1] lassen sich Maße finden. Auf der Vorderseite des Einschubs kann eine transparente Kunststoffscheibe befestigt werden, welche nicht zum Umfang des Ersatzteils gehört. Eine Kunststoffkennzeichnung oder ähnliches sind weder auf der Ersatzteilservice-Website von Bosch noch auf der Seite des Ersatzteilauslieferers angegeben.



Abb. 5 DARSTELLUNG BAUTEIL 3- EINSCHUB TIEFKÜHLFACH. QUELLE: [3]

Material: Das OT besteht aus weißem Plastik. Für Materialien die mit Lebensmitteln in Verbindung kommen, müssen die Standards der EU Verordnung (EG) Nr. 1935/2004 eingehalten werden. In der Verordnung EU 10/2011 sowie der Neuauflage EU 2016/1416 werden Kunststoffe und deren Bestandteile gelistet, welche als Lebensmittelsicher gelten. Da das Teil Temperaturen bis ca. -20°C aushalten muss, kommen PS und PP nicht in Frage, da diese eine geringere Kältebeständigkeit aufweisen. Ein alternatives Material wäre Polyethylen (PE), welches Temperaturen bis -260°C aushalten kann, spülmaschinentauglich ist und Chemikalienresistent.

Aus den oben genannten Gründen müssen SLA und FDM wegen der Lebensmittelechtheit ausgeschlossen werden.

Auch SLS muss für dieses Bauteil aufgrund der erforderlichen Materialeigenschaften ausgeschlossen werden, da keine Materialien mit ähnlicher Kältebeständigkeit für SLS zur Verfügung stehen.

2.4 BAUTEIL 4: SCHARNIERABDECKUNG

Die Scharnierabdeckung (siehe **Abb 5**) gehört nicht zu den Bauteilgruppen, welche von den EU Gesetzen vorgegeben werden. Das Bauteil, um die Auswahl für den praktischen Versuch der Masterarbeit zu vergrößern.

Allgemein: Die Infos über das Scharnier stammen von der Website des Ersatzteilerherstellers [3]. Auf den dort zur Verfügung gestellten Bildern war die Kennzeichnung "ABS" deutlich sichtbar. Außerdem sind die Außenabmessungen einsehbar, wodurch sich Schätzungen über die Größe der Wanddicke ableiten lassen. Das Teil dient als Abdeckung für ein Scharnier. Montage und Demontage können in der Reparaturanleitung (siehe **Abb 6**) eingesehen werden, wodurch sich bessere Annahmen über die mechanische Belastung des Teils treffen lassen.

Material: Das Teil ist deutlich mit der Kennzeichnung ABS versehen.

Form: Die Außenmaße des Teils betragen 16,7x3,3x1,2 cm. Insgesamt sind wenig

Überhänge zu erkennen. Lediglich an der markierten Stelle A in **Abb 5** ist ein Überhang zu sehen.

Detail: Da alle Bilder perspektivisch und nicht orthogonal aufgenommen wurden, können mithilfe der Außenmaße lediglich Abschätzungen über die Wanddicke etc. getroffen werden. An einigen Stellen ist die Wanddicke voraussichtlich nicht dicker als 1 mm (siehe **Abb 5 B**). Außerdem ist die Höhe der Textinformationen max. 1 mm hoch (siehe **Abb 5 D**).

Detailgrad Toleranz: Da das Teil als Abdeckung für ein Scharnier dient, sollte es möglichst genau an die Form des Scharniers bzw. die vorgesehenen Befestigungsstrukturen angepasst sein. Schon geringe Abweichungen könnten dazu führen, dass das Teil wackelt und somit nicht seinem Nutzen gerecht wird.



ABB 5: DARSTELLUNG BAUTEIL 4 – SCHARNIERABDECKUNG MIT BESTIMMTEN MERKMALEN. QUELLE: [3]

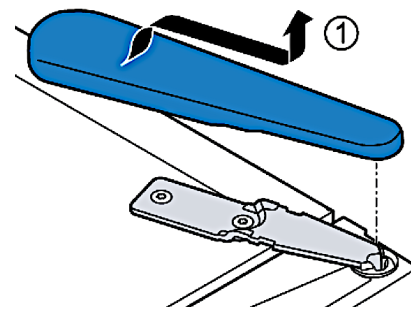


ABB 6: DARSTELLUNG DER DEMONTAGEHINWEISE ZUR ABSCHÄTZUNG DER MECHANISCHEN BEANSPRUCHUNG
QUELLE: BOSCH

Oberflächengüte: Zum Großteil sind keine Unregelmäßigkeiten, Abstufungen oder Körnungen auf der Oberfläche auf den Bildern zu erkennen. Allerdings sind auf der Unterseite einige Unregelmäßigkeiten zu sehen (**Abb 5 C**). Die Vorderseite ist dahingegen extrem glatt und es sind keine Strukturen zu erkennen.

Stärke: Bei normaler Benutzung wird das Teil keinen regelmäßigen starken Zug,-, scher,- oder Dehnungskräften ausgesetzt. Lediglich bei Demontage kommt es zu geringen Beanspruchungen.

Flexibilität: Halbstarre Flexibilität, die erforderlich ist, um das Teil bei der Montage und Demontage korrekt zu positionieren. Erhöhte Flexibilität kann zu geringerer Genauigkeit führen (*siehe **Abb 6**– Demontagehinweis*).

UV Beständigkeit: Muss den Bedingungen in einem geschlossenen Raum standhalten. Für alle nachfolgenden Kategorien wurden keine besonderen Anforderungen bei normaler Benutzung festgelegt:

- Wasser und Luftdichte, Materialkombination, Transparenz
- Elastizität, Stoßfestigkeit, Abriebfestigkeit, Ermüdungswiderstand, Kriechstromfestigkeit
- Wärmebeständigkeit, Kältebeständigkeit
- Wasserbeständigkeit, Lebensmittelsicherheit

Die Bewertungstabelle (**Tabelle 4**) wird auf der nachfolgenden Seite dargestellt.

TABELLE 4: BEWERTUNG DER DRUCKBARKEIT VON BAUTEIL 2 MIT DEN FERTIGUNGSVERFAHREN SLA, SLS UND FDM

| Kategorie | | Drucktechnologie | | |
|-----------------------|-------------------------|---|---|---|
| Überkategorie | Unterkategorie | SLA | SLS | FDM |
| Material | | Lediglich Harze mit ABS ähnlichen Eigenschaften | ABS kommt bei SLS nicht zum Einsatz. PS als Alternative mit ähnlichen Eigenschaften. | Ansprüche realisierbar |
| Geometrie | Form | Größe, Details, Überhänge möglich. Stützstrukturen notwendig, welche in der Nachbearbeitung entfernt werden müssen. | Maße und Überhänge kein Problem. | Größe, Details, Überhänge möglich. Stützstrukturen notwendig, welche in der Nachbearbeitung entfernt werden müssen. |
| | Detail | Ansprüche realisierbar | Wenn Wanddicke tatsächlich >1 mm, dann machbar. Text bei angegebener Schätzung zu fein. | Wanddicke könnte teilweise zu Problemen führen. Text zu fein. |
| | Toleranz | Ansprüche realisierbar | Toleranzbereich nicht klar abzuschätzen. Könnte zu Problemen führen | Toleranzbereich nicht klar abzuschätzen. Könnte zu Problemen führen |
| | Oberfläche | Ansprüche realisierbar | Nur durch Nachbearbeitungsprozesse erreichbar. | Nur durch Nachbearbeitungsprozesse erreichbar. |
| Mechanische Ansprüche | Flexibilität | Haltbares Harz kann semi-steife Biegefestigkeit erreichen. | PA11 kann die semi-steife Biegefestigkeit erreichen | ABS wahrscheinlich ausreichend für die Montage. Nylon könnte geeignete Option sein. |
| Chemische Ansprüche | UV-Beständigkeit | Auch geringe UV-Strahlung kann sich auf Optik und mechan. Eigenschaften auswirken. | Viele Materialien sind UV-beständig. | Viele Materialien mit guter UV-Beständigkeit. Zumischung UV-sicherer Additive möglich. |
| | Chemische Beständigkeit | Bei normaler Nutzung realisierbar. | Bei normaler Nutzung realisierbar. | Bei normaler Nutzung realisierbar. |

III. AUSWAHL DER ERSATZTEILE FÜR DIE MASTERARBEIT

In diesem Kapitel soll aus den zuvor bewerteten Bauteilen eine Auswahl getroffen werden, die im praktischen Teil der Masterarbeit betrachtet wird. Eine quantitativ bewertende Entscheidungsfindung (mittels Punktesystem und festgelegten Gewichtungen) wurde bewusst nicht vorgenommen, da an vielen Punkten komplexe Abwägungen zu machen wären. Diese werden nachfolgend beschrieben.

Der praktische Versuch für die Masterarbeit soll mit FDM-Druckern durchgeführt werden, weshalb die Teile ausgewählt wurden, bei welchen FDM in der Bewertung ausreichende Resultate erzielt hat. Aufgrund der Lebensmittelsicherheit sind Bauteil 2 und 3 nicht für FDM geeignet. Lediglich durch das Auftragen einer Beschichtung, könnten die Standards eingehalten werden. Diese Art von Nachbearbeitungsprozessen, sollen aber nicht betrachtet werden.

Für Bauteil 1 und 3 bestehen bei der Produktion mit FDM zwar mögliche Nachteile im Vergleich zum Originalersatzteil, allerdings handelt es sich nicht um Ausschlusskriterien. Entsprechend der Farbkodierung könnten die Nachteile mit geringen Anpassungen am Design ausgeglichen werden. Dies bezieht sich vor allem auf Überhänge, Wanddicke, Toleranzbereich und Oberflächengüte. Oberflächengüte und Überhänge könnten eine Nachbearbeitung notwendig machen. Die anderen Aspekte könnten vor allem durch Anpassungen im Design ausgeglichen werden. Da die Teile nicht als Original vorliegen, kann gleichzeitig nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob die beschriebenen Aspekte überhaupt zu Problemen führen.

Grundlegende Ausschlusskriterien wie die Lebensmittelsicherheit oder die Verfügbarkeit geeigneter Materialien bestehen jedoch nicht, weshalb sowohl Bauteil 1 als auch Bauteil 2 als geeignet für FDM betrachtet werden können.

Da die Bauteile weder im Original vorliegen, noch technische Details oder Baupläne online zu finden waren, wurde nach ähnlichen Bauteilen auf Opensource Plattformen gesucht.

Tatsächlich konnten dabei zwei sehr ähnliche Teile gefunden werden. Auf der Seite printables.com hat ein User einen Türgriff für einen Boschkühlschrank hochgeladen [7]. Zwar gehört der Griff nicht zum exakt gleichen Modell, ist aber nahezu identisch. Er weist eine Edelstahloptik auf und besteht aus zwei Befestigungsteilen und einem Zwischenstück, dass als Griff dient. Auch die Maße sind ähnlich wie für das Originalteil.

In der Beschreibung merkt der User an, dass das Teil aus PETG gefertigt wurde, aber nicht besonders lange gehalten hat. Er empfiehlt die Nutzung eines anderen Materials. Abb. 7 auf der nachfolgenden Seite zeigt das Bauteil [7].

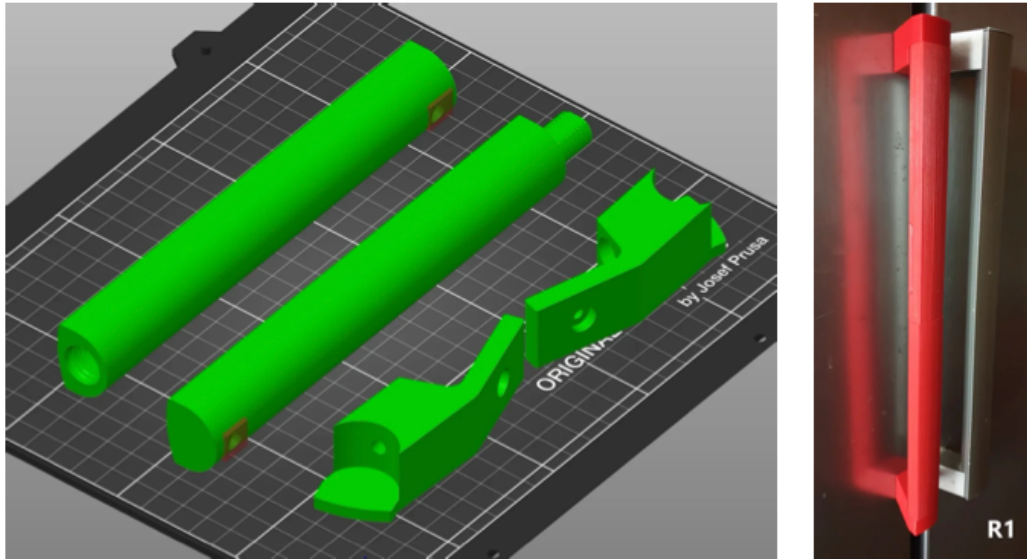


ABB. 7: DARSTELLUNG DES TÜRGRIFFS IM GEDRUCKTEN ZUSTAND (RECHTS) UND DARSTELLUNG IN 3D SOFTWARE (LINKS) . QUELLE: [7]

Für die Scharnierabdeckung wurde auf der Seite thingiverse.com ein ähnliches 3D Modell gefunden, welches von einem User hochgeladen wurde [8]. Es dient ebenfalls bei einem Kühlschrank als Scharnierabdeckung und hat eine ähnliche Form, wie das Originalteil. Auf der Unterseite sind ähnliche Strukturteile wie beim Originalteil vorhanden, welche vermutlich der passgenauen Befestigung dienen. Anders als beim Originalteil sind keine Überhänge vorhanden. Das Bauteil ist auf nachfolgender Abb. 8 dargestellt [8].

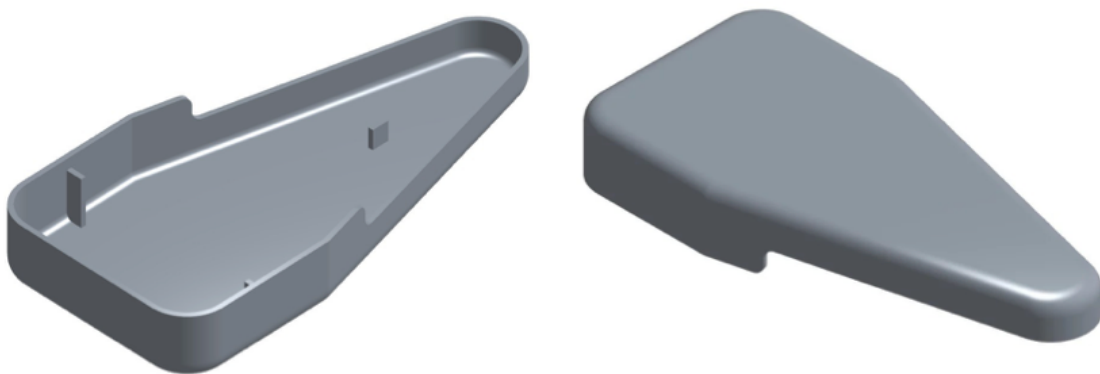


ABB. 8: 3D SOFTWAREDARSTELLUNG DER SCHARNIERABDECKUNG VON OBEN UND UNTEN. QUELLE: [8]

Für beide Bauteile sind die STL Files frei zu downloaden.

IV. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] W. Bosch, „Kühlschrank: KGN36VICT“. Zugriffen: 2. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bosch-home.com/de/de/product/kuehlen-gefrieren/kuehl-gefrier-kombinationen/freistehende-kuehl-gefrier-kombinationen-gefrierteil-unten/KGN36VICT>
- [2] W. Bosch, „Ersatzteile, Zubehör & Support | Bosch“, bosch-home.com. Zugriffen: 2. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bosch-home.com/de/supportdetail/product/KGN36VICT/02#/Tabs=section-spareparts/>
- [3] H. Krempel, „Fachhandel Shop für Hausgeräte Ersatzteile Zubehör“, krempelshop.de. Zugriffen: 2. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://krempelshop.de/>
- [4] W. Polyrocks Chemical, „Plastics in refrigerator production“, Polyrocks Chemical Co., Ltd. Zugriffen: 2. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.polyrocks.net/news/plastics-commonly-used-in-refrigerator.html>
- [5] W. mcm-systeme, „Eigenschaften: Polypropylen“, mcm-systeme. Zugriffen: 3. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mcm-systeme.de/PP-Polypropylen>
- [6] W. 3D-Alu, „Merkmale von Polyamid 3“, 3D-Alu Online-Shop. Zugriffen: 3. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://3d-alu.de/PA-Polyamid-Nylon>
- [7] U. acorderob, „Fridge Handle Bosch KSV33VL30-01 by acorderob“, Printables.com. Zugriffen: 4. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.printables.com/model/133706-maneta-frigorifico-fridge-handle-bosch-ksv33vl30-0>
- [8] U. OnShape, „Refrigerator Upper Hinge Cover by OnShape - Thingiverse“, Thingiverse. Zugriffen: 4. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.thingiverse.com/thing:2101433>

V. EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

Ich versichere eidesstattlich durch eigenhändige Unterschrift, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht und ist in gleicher oder ähnlicher Weise noch nicht als Studienleistung zur Anerkennung oder Bewertung vorgelegt worden. Ich weiß, dass bei Abgabe einer falschen Versicherung die Prüfung als nicht bestanden zu gelten hat.

Ort

Rostock, 21.03.25

(Abgabedatum)



(Vollständige Unterschrift)