

BLOCS

modulare Klemmsteine aus recyceltem PET

Nele Drechsler

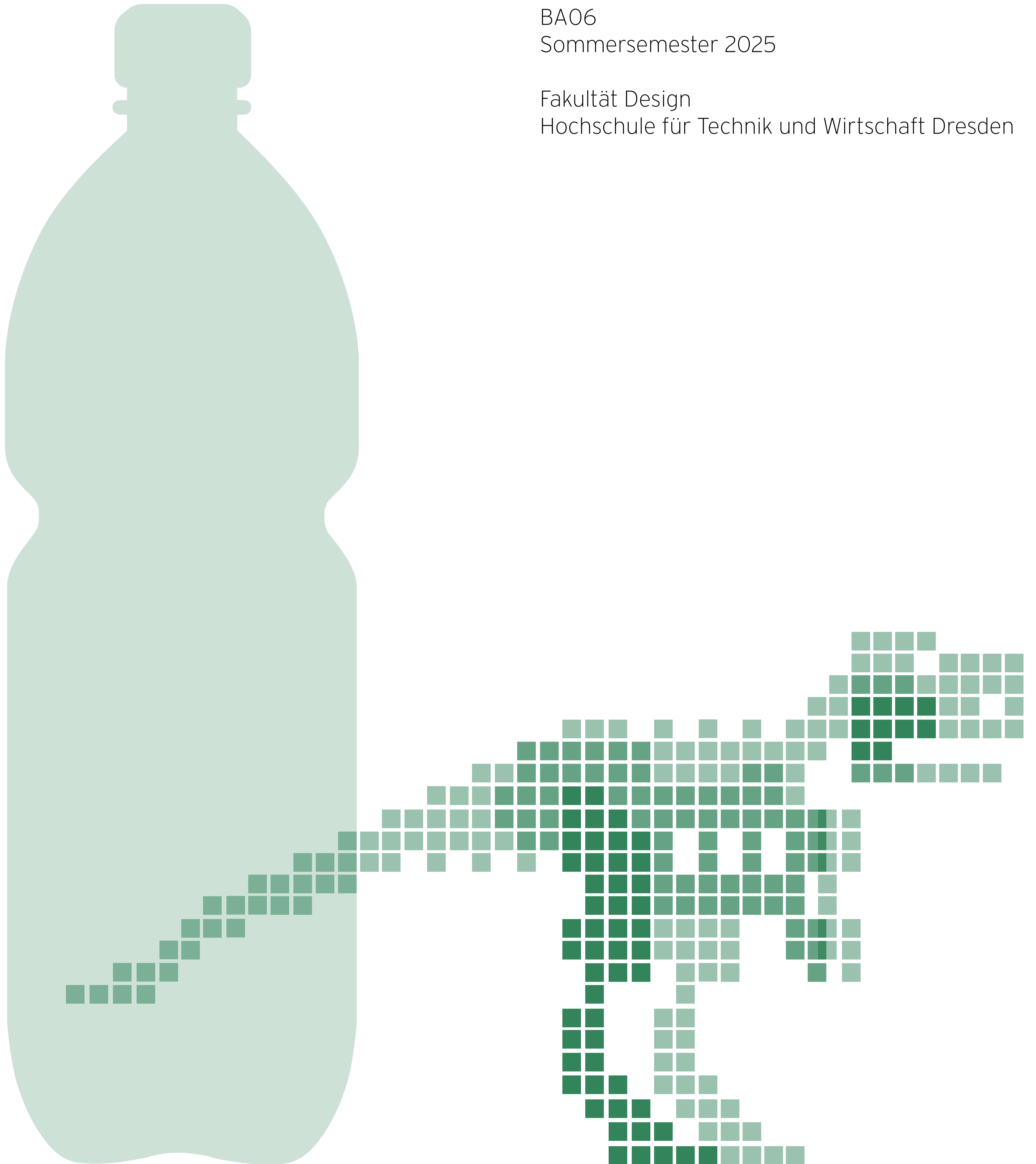
Betreuerin: Linda Elsner

BA06

Sommersemester 2025

Fakultät Design

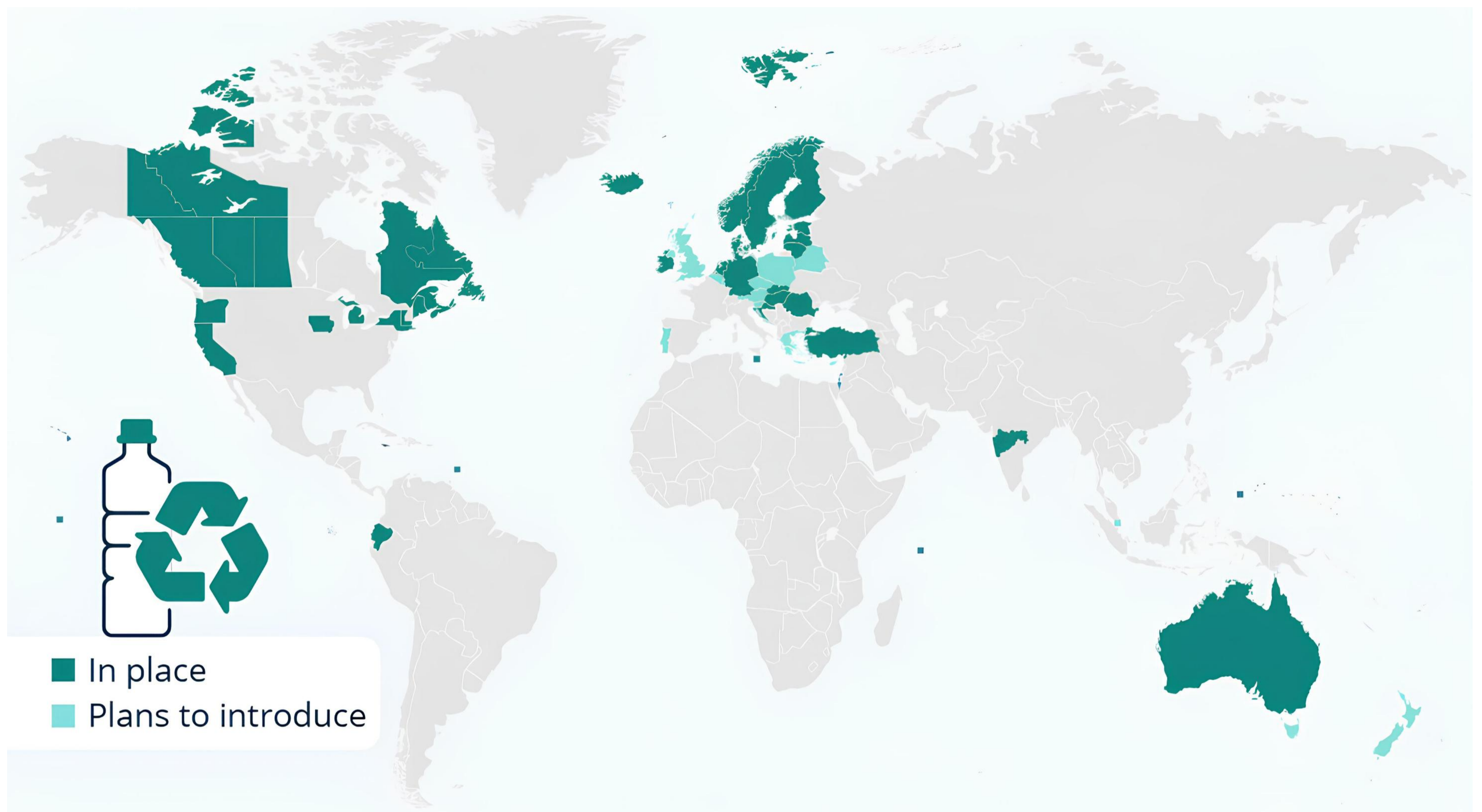
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden



Inhaltsverzeichnis

Inspiration	3
Materialstudie	4
Recherche	5
Recyclingprozess	6
Testdrucke	9
Ideen	12
Modelle in Rhino 8	15
Concepts und Ergebnisse	17
Prototypen	18
Ausblick	19
Fazit	20
Umfrage	21

Inspiration



<https://www.statista.com/chart/22963/global-status-of-plastic-bottle-recycling-systems/>

Aktuell haben etwa 30 Länder weltweit Pfandsysteme für Plastikflaschen eingeführt (Stand 2024). Darunter zählen u. a. Ecuador, Teile Australiens und Kanadas, Deutschland, die Niederlande, Kroatien und alle skandinavischen Staaten. EU-Vorgaben zur Steigerung der Recyclingquoten forcieren zudem neue Pfandpläne in Ländern wie Belgien, Polen, Tschechien, Griechenland, Österreich und Portugal.

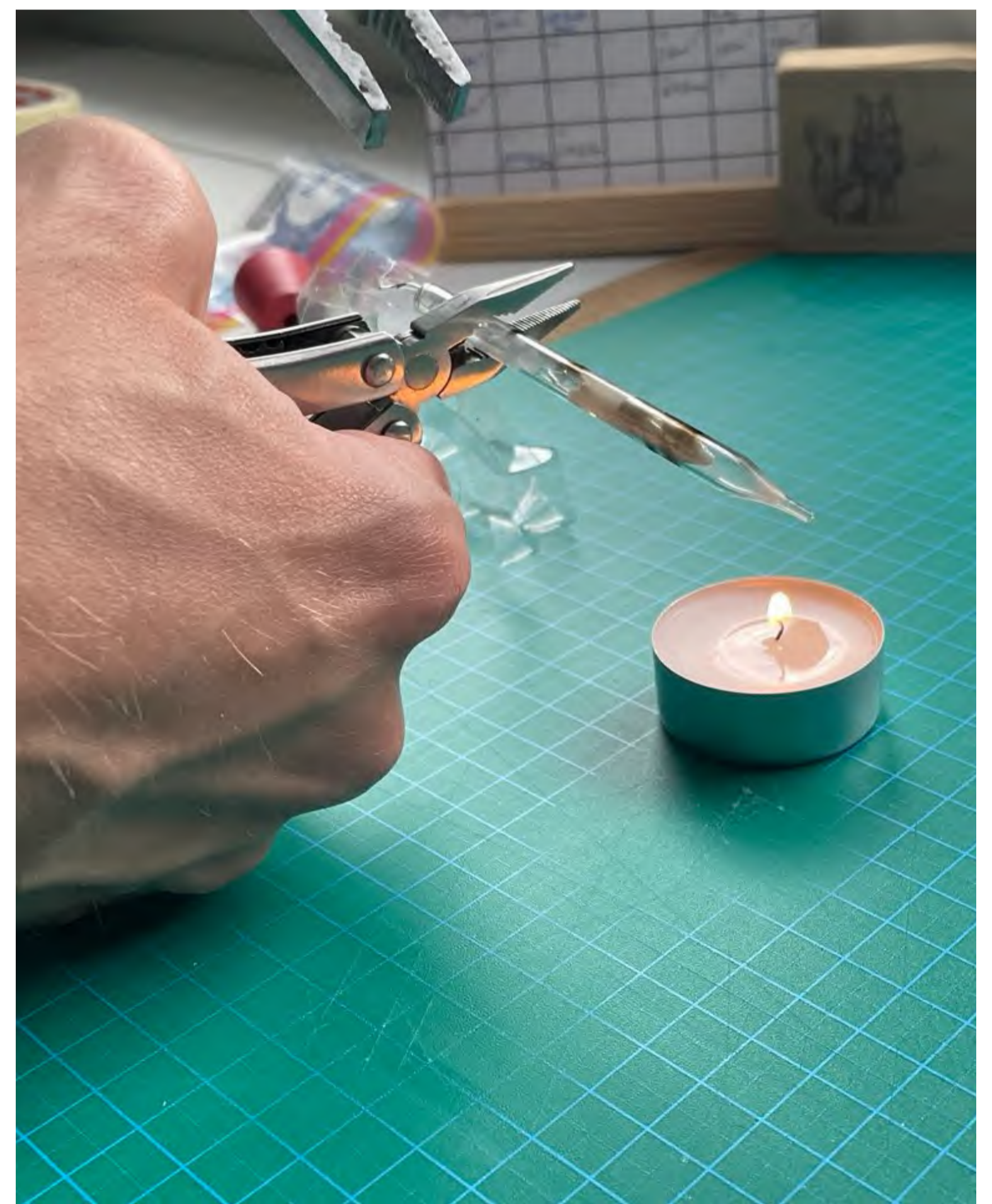
In den USA existieren Recyclingsysteme für PET-Flaschen in zehn Bundesstaaten sowie auf der Insel Guam, um das Recycling zu fördern und Abfall zu reduzieren.

Trotz ihrer Wirksamkeit sind Pfandsysteme weltweit noch selten. Viele Länder haben sie bislang nicht eingeführt, obwohl politische Initiativen und Diskussionen zunehmen.

Vergleichend dazu haben nur 68 % der Menschheit Zugang zu Trinkwasser. Nutzung und Transport von Wasser in Form von Einwegflaschen sind daher aktuell immer noch notwendig.

In meinem Projekt möchte ich ein Bewusstsein dafür schaffen, wie viel Plastik jeder Einzelne täglich in Form von PET-Getränkeflaschen verwendet. Durch die Gestaltung eines Produktdesigns möchte ich zeigen, wie sich diese wertvolle Ressource sinnvoll wiederverwenden lässt.

Materialstudie



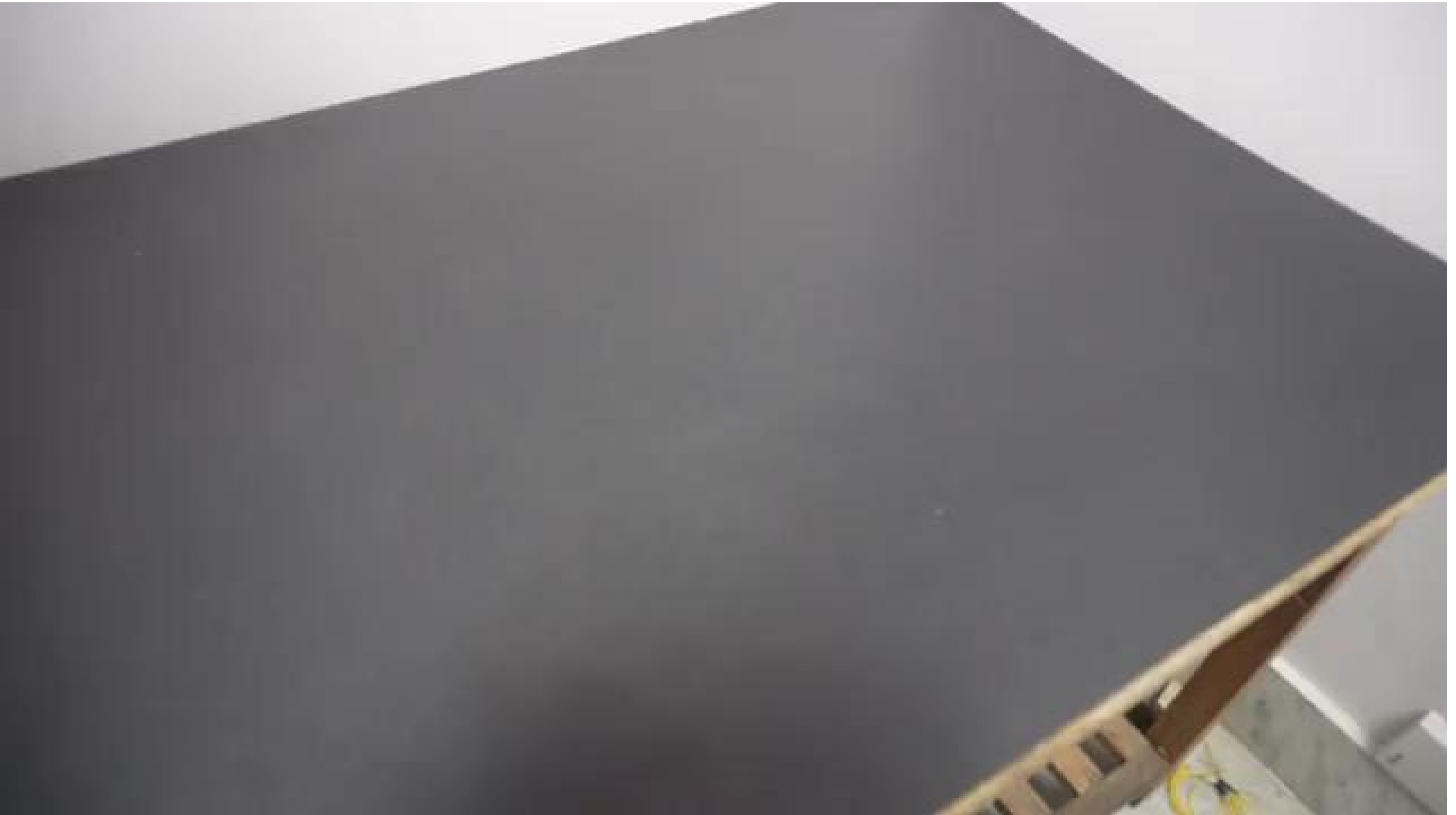
Vor Beginn der Entwurfsphase wurde zunächst eine Materialstudie durchgeführt.

PET besitzt einen Erweichungspunkt von 73°C und einen Schmelzpunkt von 255°C . Die Höchsttemperatur im Dauerseinsatz sollte 70°C dabei nicht überschreiten.¹

PET lässt sich demzufolge in einem Wasserbad händisch verformen. Der Versuch, es über einer Kerzenflamme oder einem Bunsenbrenner schrittweise zu erhitzen und es anschließend in einer Glaspipette zu extrudieren, ist gescheitert, da die Hitze nicht gleichmäßig reguliert werden konnte und es somit relativ schnell schmolz und verbrannte.

¹: Quelle: "Materialogy - HANDBUCH FÜR KREATIVE: MATERIALIEN UND TECHNOLOGIEN", Daniel Kula, Élodie Ternaux und Quentin Hirsinger, matéiO, Frame Publishers, S. 212.

Recherche

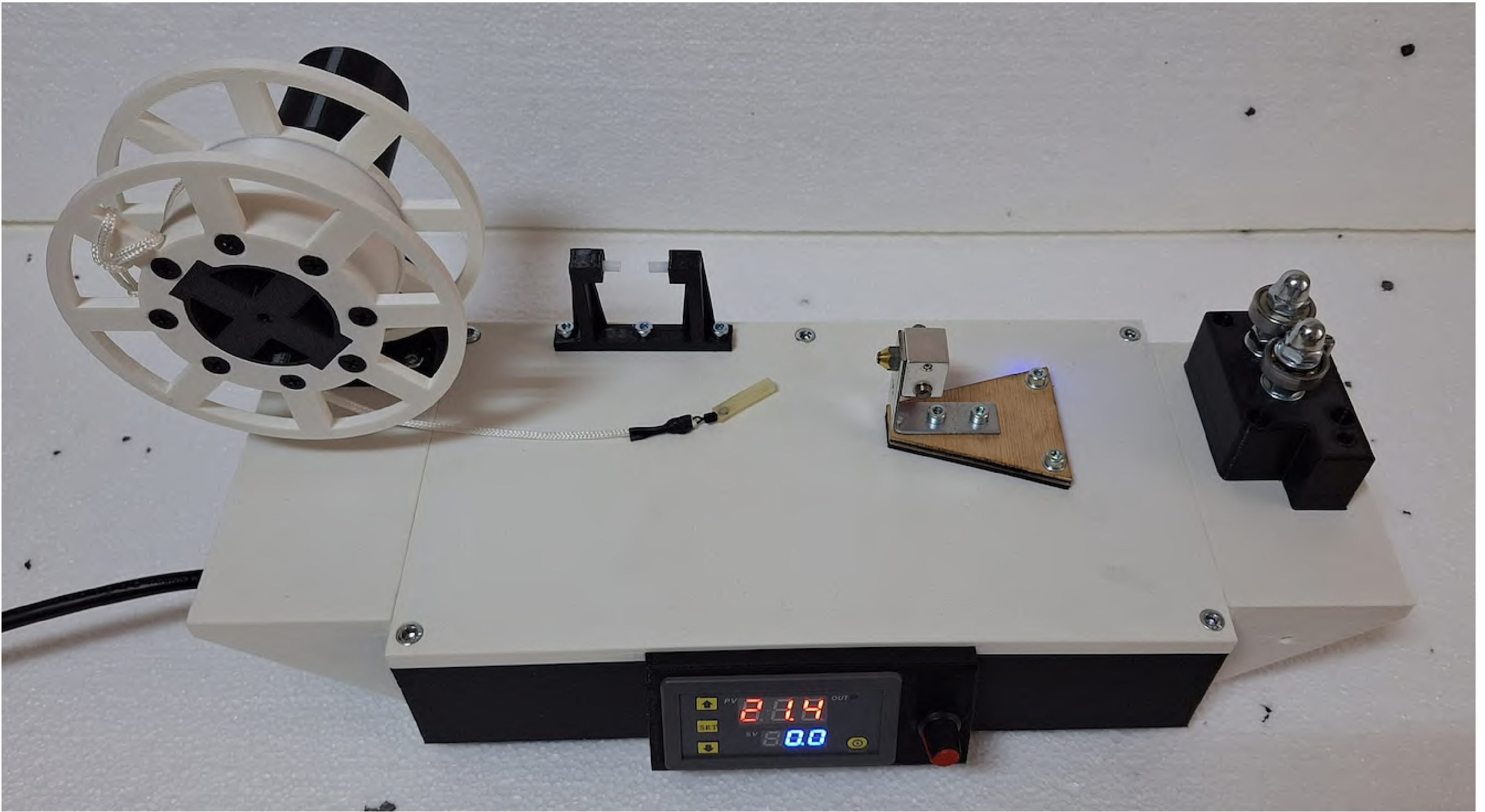


<https://www.youtube.com/watch?v=S9NEJM3mqwM>

Während meiner Recherche zum Recycling von PET-Einwegflaschen bin ich auf verschiedene Communities aufmerksam geworden, welche sich mit diesem Thema beschäftigen.

Diese Communities zeigen, wie man kostengünstig eine Maschine bauen kann, die PET-Flaschen zerschneidet und durch gleichmäßige Hitzezufuhr in ein Filament für 3D-Drucker umwandelt.

Recyclingprozess



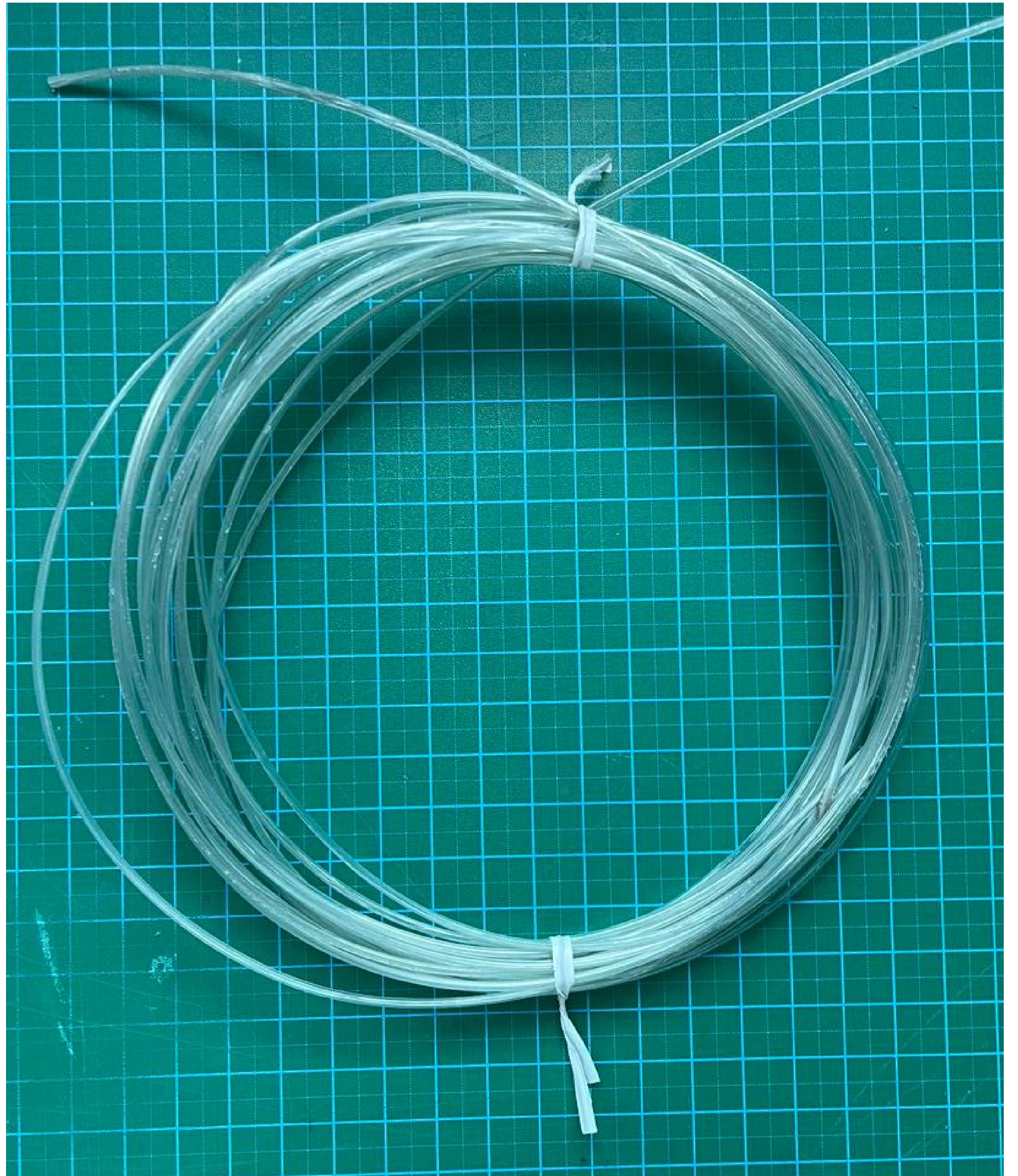
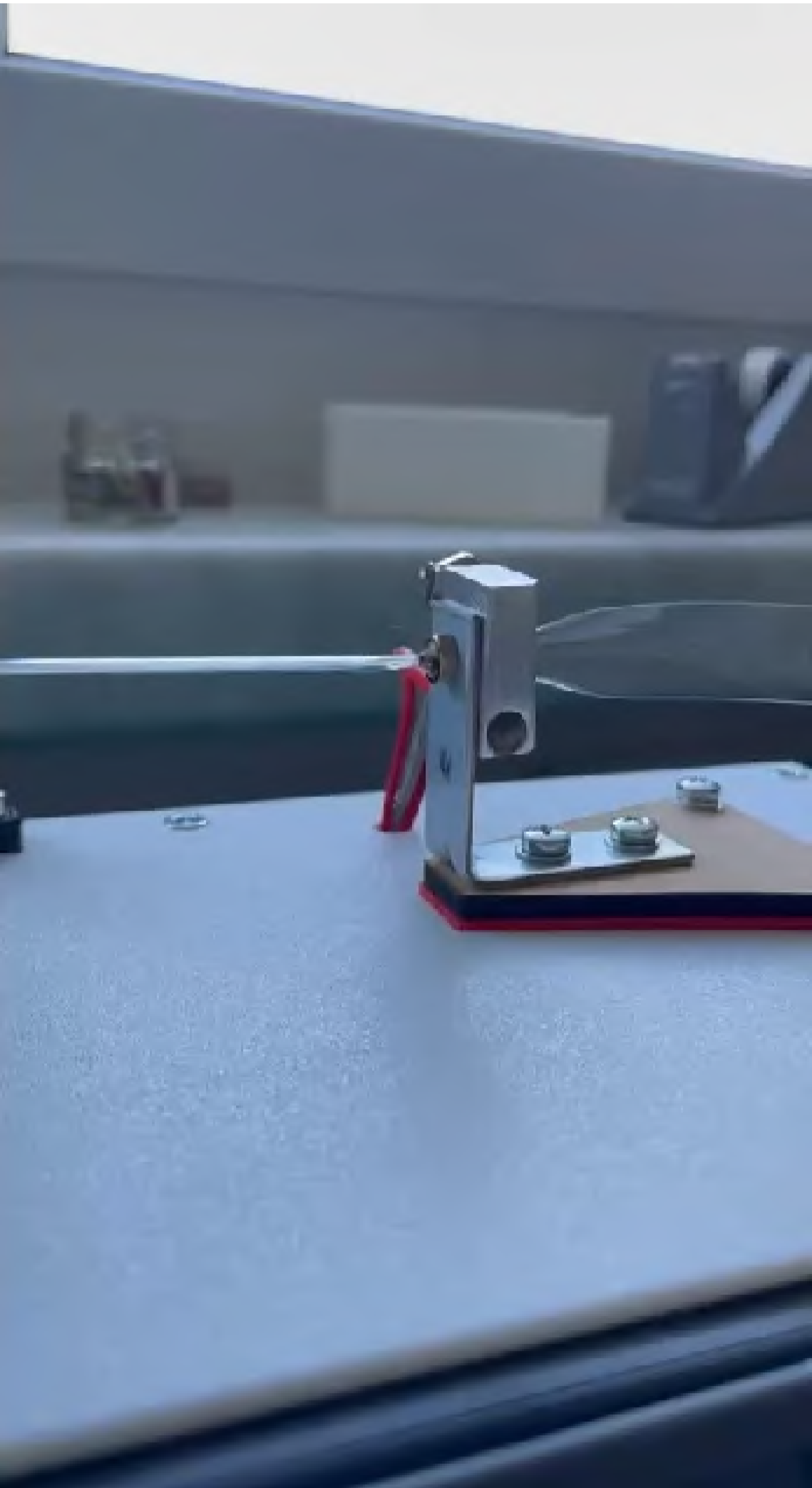
https://www.etsy.com/de/listing/1501105570/3d-filamentherstellungsmaschine-aus-pet?ref=yr_purchases

Der Fokus meiner Arbeit liegt im Bereich Recycling, Materialforschung und Produktentwicklung. Während meiner Online-Recherche bin ich auf einen Anbieter gestoßen, der eine Maschine zur Herstellung von 3D-Druck Filament aus PET Flaschen anbietet. Aufgrund der begrenzten Bearbeitungszeit für dieses Projekt habe ich mich entschlossen, diese Maschine zu erwerben und für die Herstellung des Filamentes zu verwenden.

Sowohl der Bauplan als auch die benötigten Teile sind online erhältlich oder als 3D Objekte druckbar, sodass Bau und Wartung der Maschine auch in Eigenregie durchgeführt werden können.

Recyclingprozess

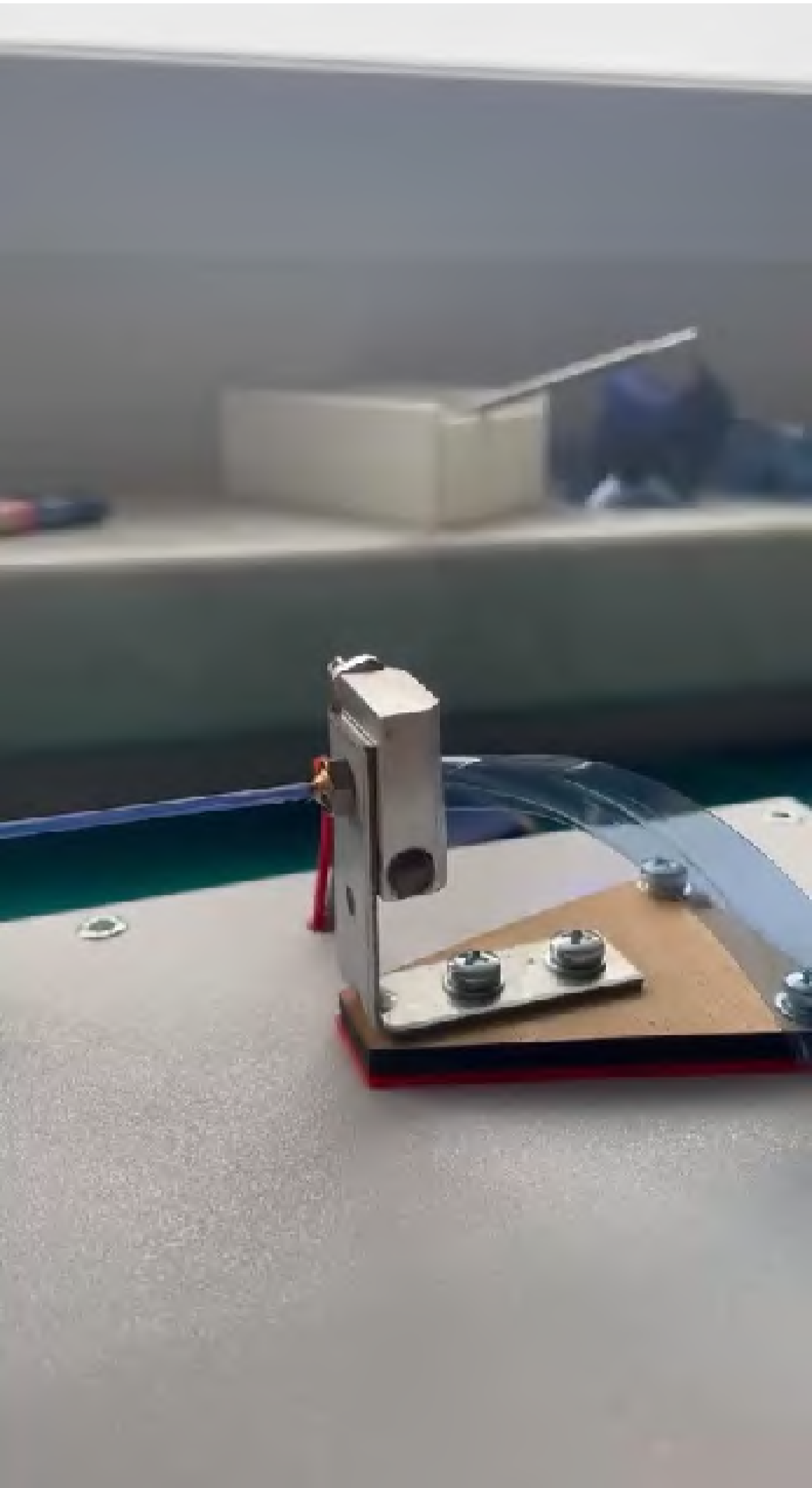
Auf das Bild klicken um Video abzuspielen



Für den ersten Testlauf nutzte ich das Material einer handelsüblichen transparenten 1 Liter PET-Wasserflasche. Nach einer kurzen Testphase konnte bereits relativ früh das erste druckfähige Material hergestellt werden. Die Temperatur der Filamentmaschine kann manuell reguliert werden. Eine Einstellung von 210°C hat sich hierbei als optimal für ein gleichmäßiges Ergebnis und einen kontinuierlichen Betrieb erwiesen.

Recyclingprozess

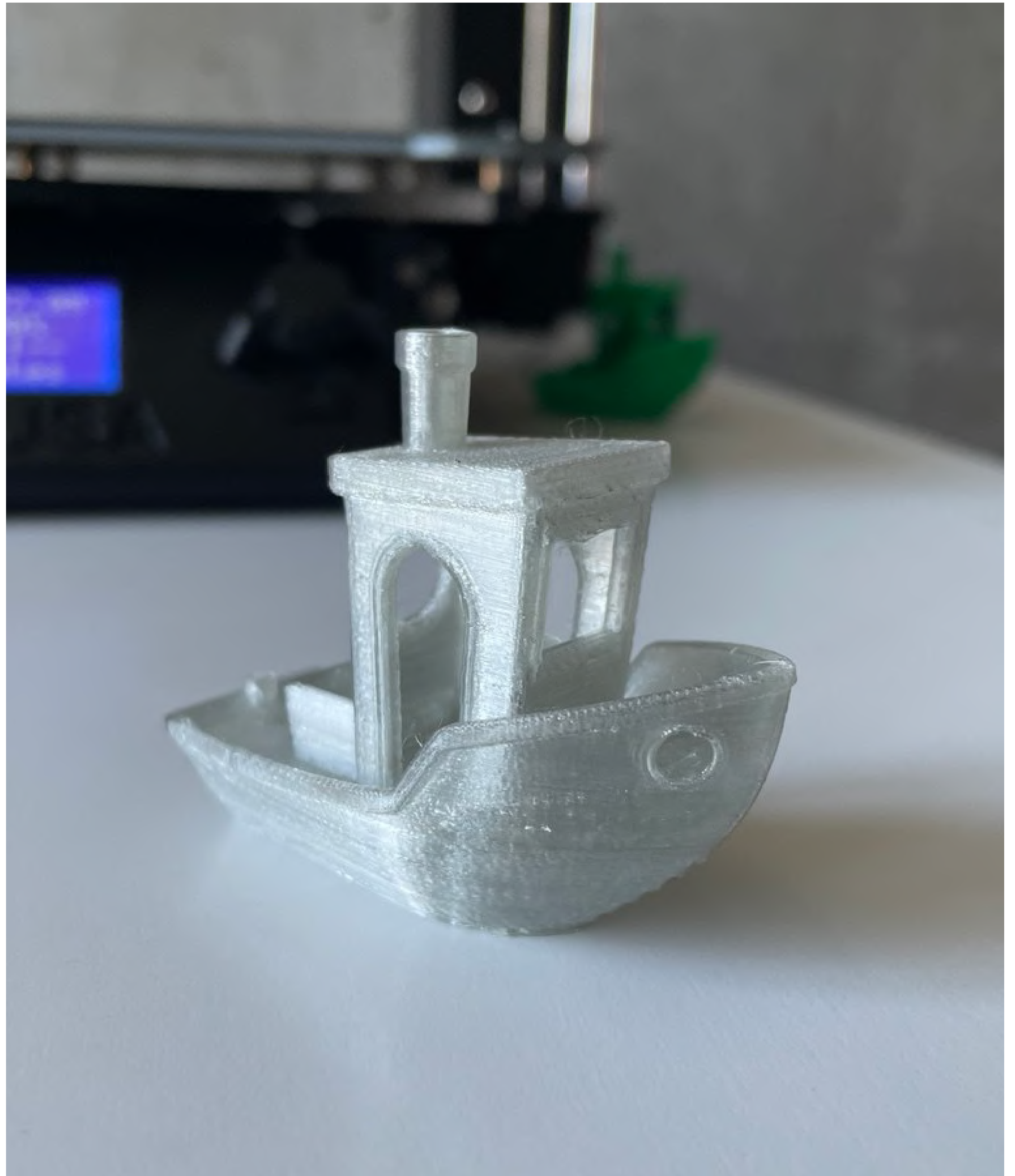
Auf das Bild klicken um Video abzuspielen



Im zweiten Durchlauf wurde versucht, das Material grüner und blauer PET-Flaschen zu extrudieren. Dieses ließ sich deutlich schwerer verformen, der Prozess dauerte länger und wurde schließlich bei einer höheren Betriebstemperatur von 235°C durchgeführt. Das entstandene Filament war in diesem Testlauf deutlich spröder und ungleichmäßiger als bei dem transparenten Material.

Testdrucke

Auf das Bild klicken um Video abzuspielen



Die optimalen Druckeinstellungen für den 3D-Druck mit dem selbst hergestellten Filament sind:

Temperatur Düse: 260°C

Temperatur Druckbett erste Schicht: 85°C

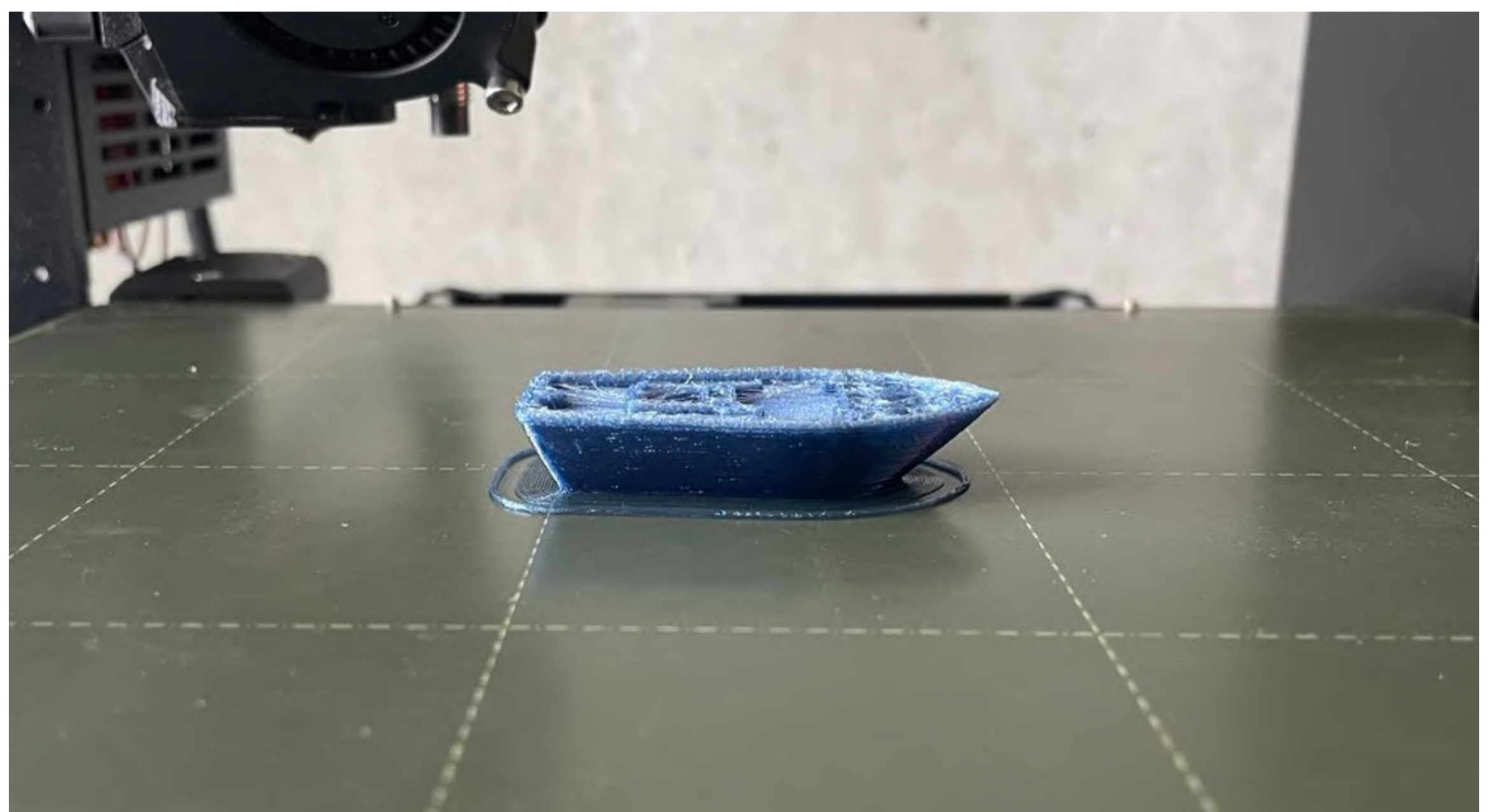
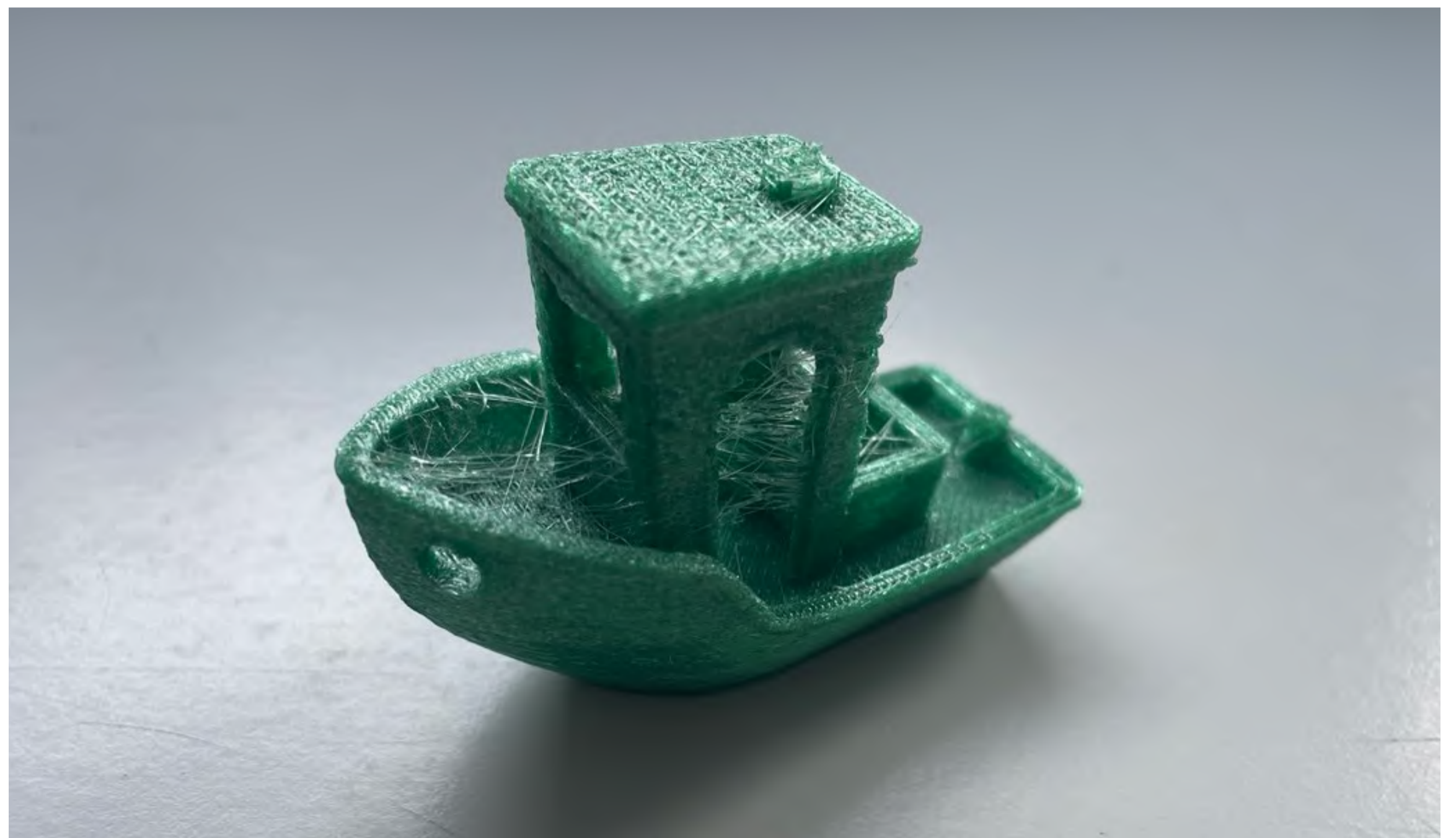
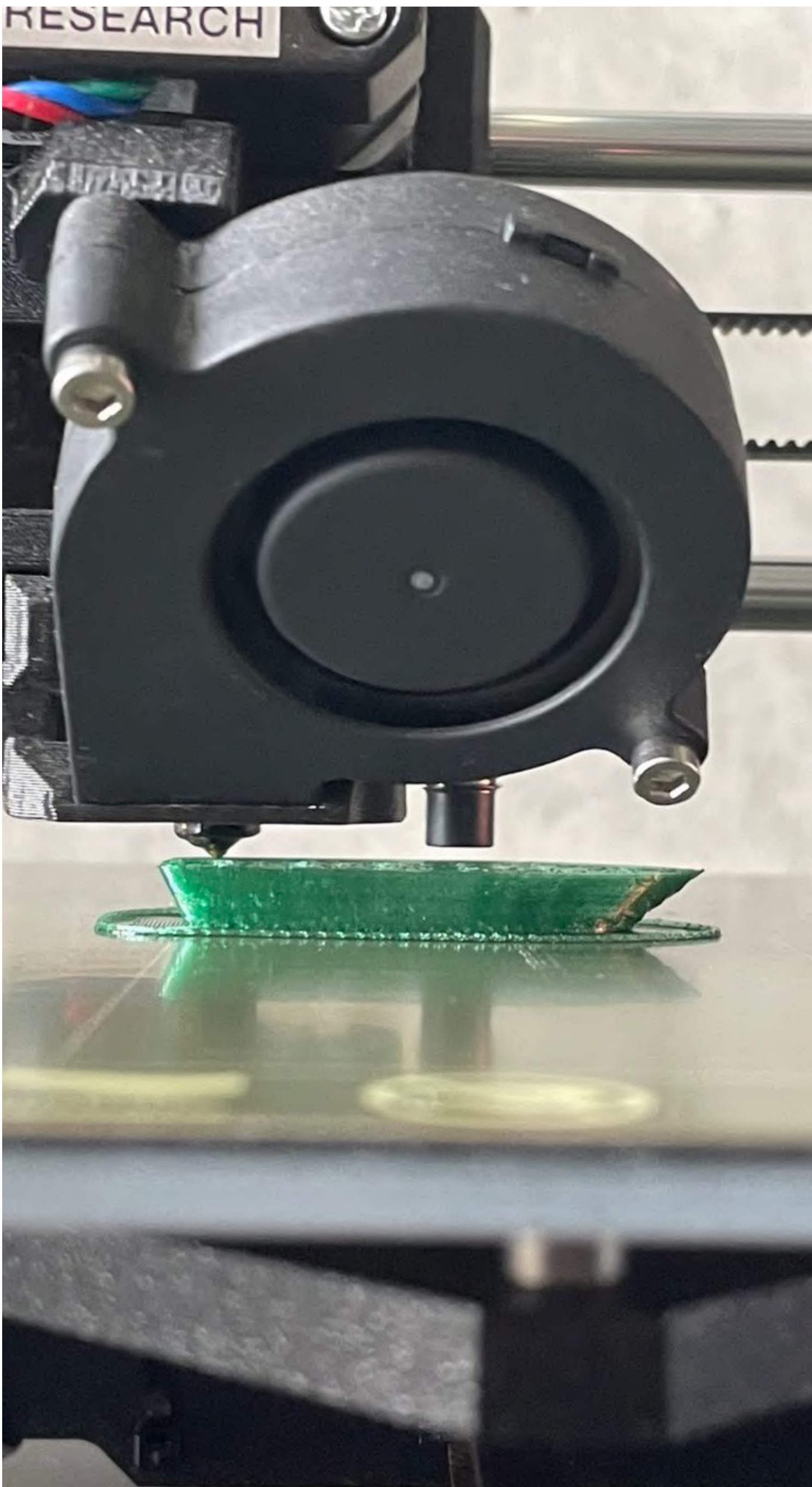
Temperatur Druckbett ab der zweiten Schicht: 90°C

Druckergebnis: gleichmäßig, weiß-grau-glänzend

Druck ohne Probleme

Rohmaterial: Flasche bestand bereits aus 50 % recyceltem Material

Testdrucke



Das grüne Filament zeigte deutliche Unterschiede zum transparenten Material: Beim Druck ergab sich ein unregelmäßiges Schmelzverhalten. Dies führte zu einer Versprödung des Materials und in den meisten Fällen zu einem vorzeitigen Abbruch des Drucks bei ca. 90 %. Die gleichen Probleme traten auch bei dem blauen Filament in deutlich ausgeprägterer Form auf, sodass der Druck bereits bei ca. 30 % abbrach. Der Grund für dieses Druckverhalten könnte wahrscheinlich in der Zusammensetzung des Rohmaterials liegen.

Temperatur Düse: 260°C

Temperatur Druckbett erste Schicht: 85°C

Temperatur Druckbett ab der zweiten Schicht: 90°C

Druckergebnis: ungleichmäßig, zieht Fäden, grün/blau-glänzend

Druck unvollständig

Rohmaterial: Flasche bestand bereits aus 100 % recyceltem Material

Testdrucke

Auf das Bild klicken um Video abzuspielen



Zusatz: Mir ist es im Rahmen des Projektes gelungen, auch aus PET Shampooflaschen ein druckfähiges Filament herzustellen. Hierbei war das Grundmaterial deutlich dicker und musste in dünnere Streifen geschnitten werden. Somit konnte aus einer Shampooflasche ebenfalls 13 g druckfähiges Filament gewonnen werden.

Temperatur Düse: 260°C

Temperatur Druckbett erste Schicht: 85°C

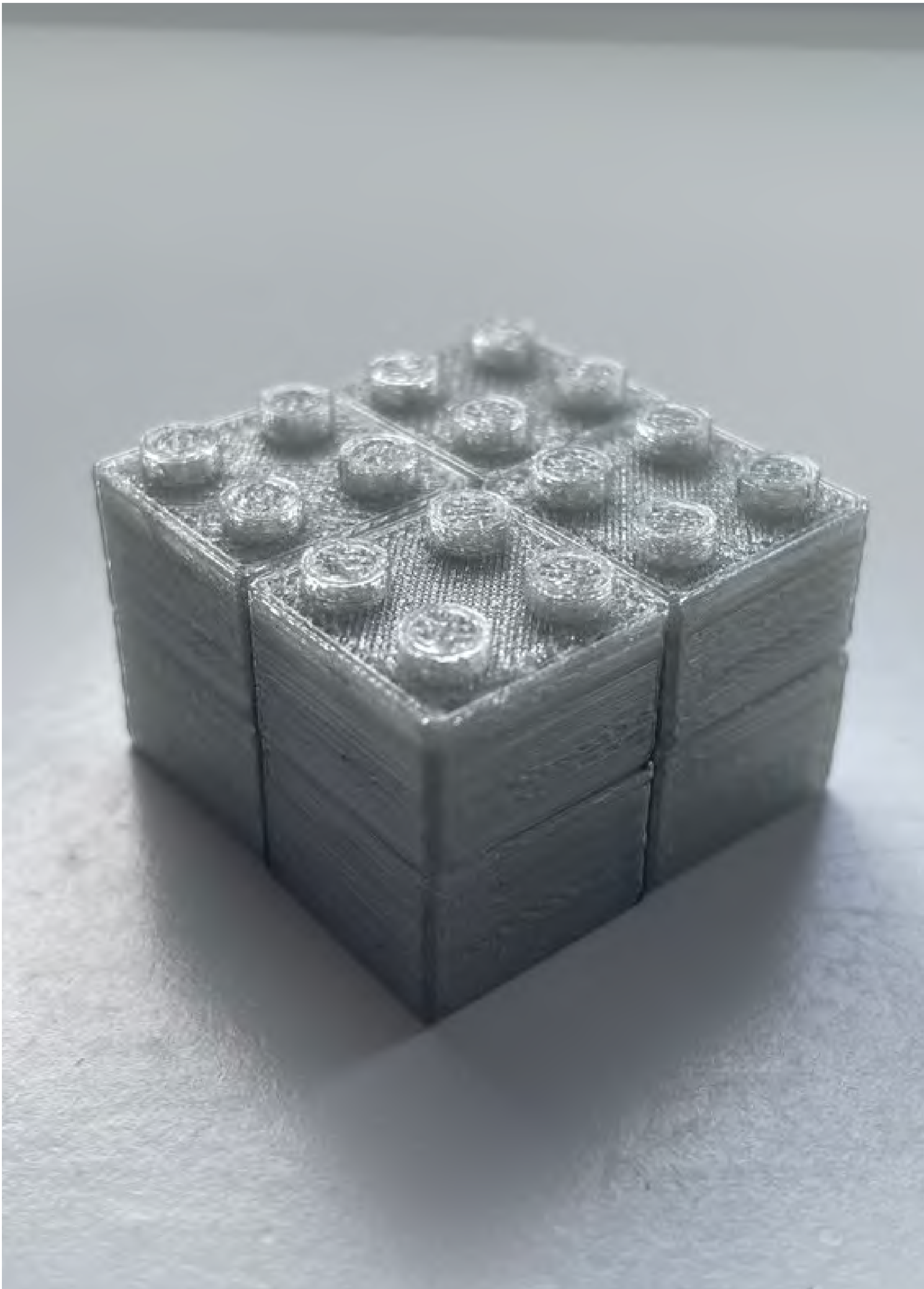
Temperatur Druckbett ab der zweiten Schicht: 90°C

Druckergebnis: gleichmäßig, magenta

Rohmaterial: Recyclingrate unbekannt

Da in dieser Arbeit jedoch der Fokus auf Getränkeflaschen liegt, kann dieser Beitrag als zusätzlicher Ausblick betrachtet werden.

Ideen



<https://cults3d.com/en/3d-model/tool/bolt-action-pen-pilot-g2>

Idee 1 - Bewusstsein schaffen

Eine 1 Liter Flasche besteht aus ca. 18 g PET. Hiervon können 13 g mit dem gezeigten Verfahren recycelt werden. Das entspricht ca. acht 2x2-LEGO© Würfeln.

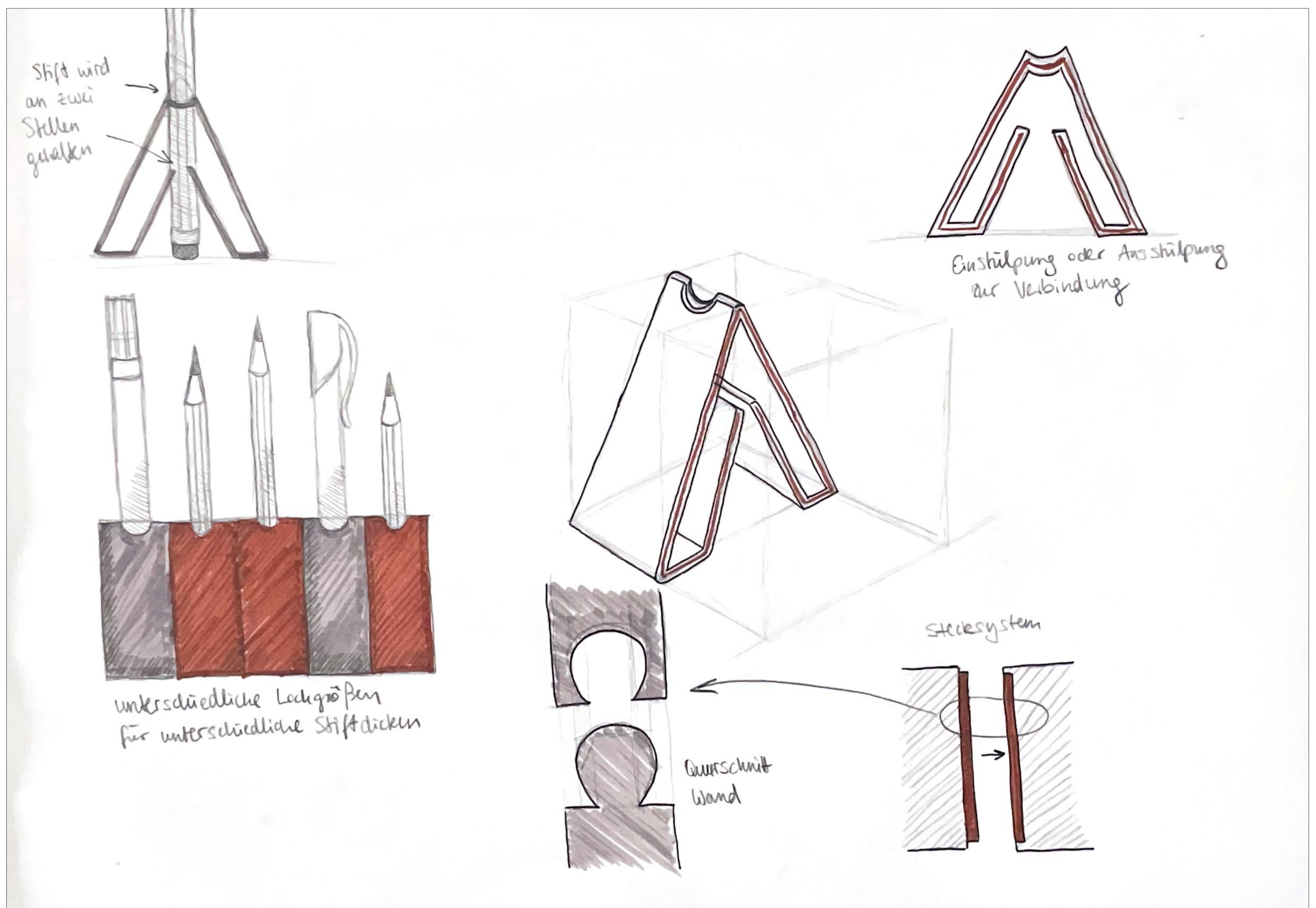
Kann durch ein geeignetes Produktdesign ein besseres Bewusstsein für diese Ressource geschaffen werden? Welches Produkt kann aus dem Material einer 1 Liter PET-Flasche hergestellt werden?

Meine erste Idee war die Gestaltung eines Kugelschreibers. Hierfür sind 13 g Filament für einen Druck ausreichend.

Diese Idee wurde schnell verworfen, da es bereits ähnliche Projekte gibt² und der Kugelschreiber wieder ein Wegwerfprodukt ist und daher nicht meinem Anspruch auf Nachhaltigkeit entspricht.

2: Quelle: https://www.wir-machen-druck.de/pet-druckkugelschreiber-hauff-guenstig-drucken,category,27251.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=WmD%20%7C%20DE%20%7C%20SEA%20%7C%20DSA&utm_id=1931347826&gad_source=1&gad_campaignid=1931347826&gclid=CjwKCAjwgb_CBhBMEiwA0p3oOLMJFDP8qNgXU074uONDHpsJDPLqM5OzHHy6BDfaQbLgSHF3GNzbjhoChkc-QAvD_BwE; zuletzt geöffnet: 16.06.2025, 12:45 Uhr

Ideen



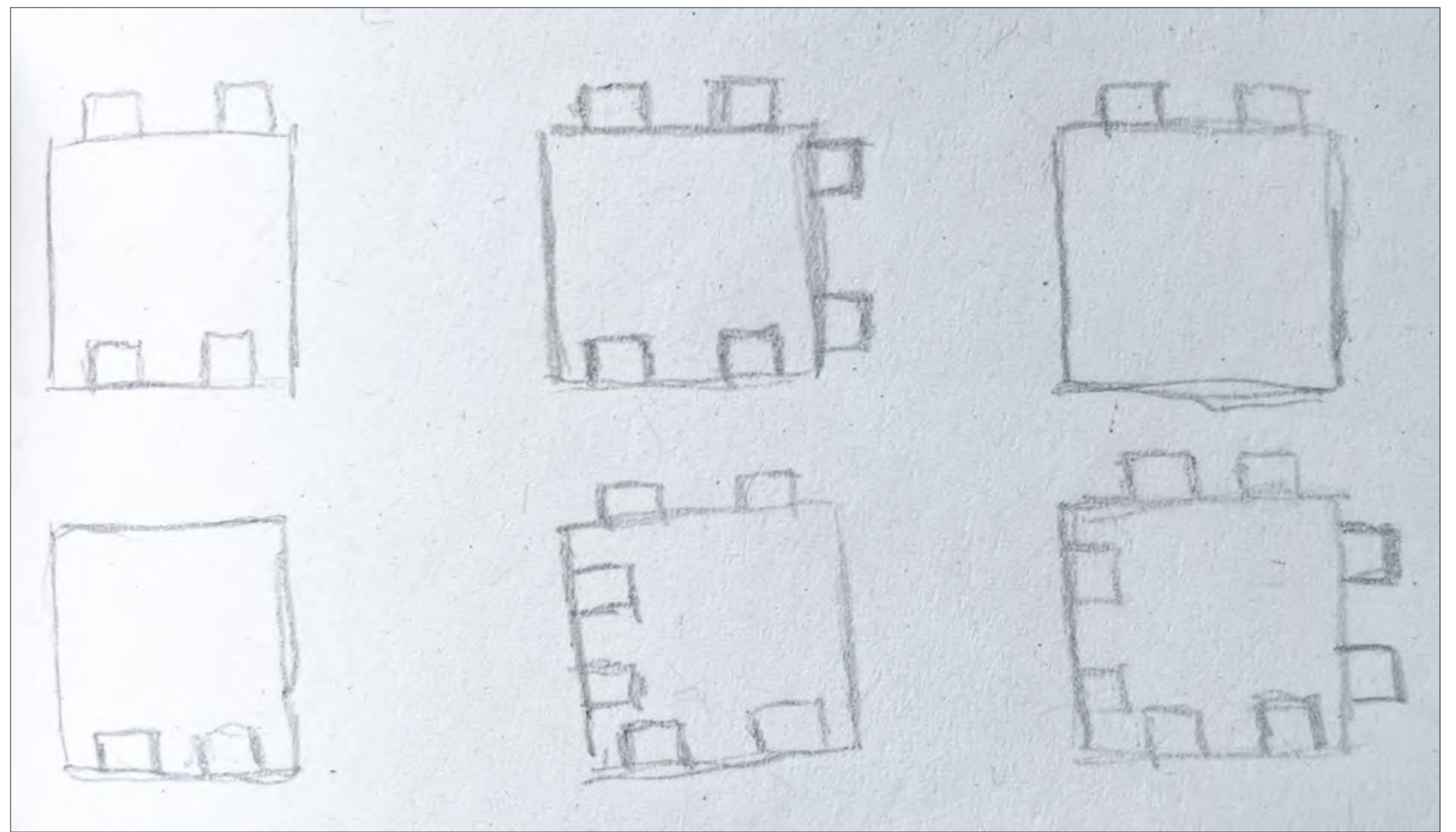
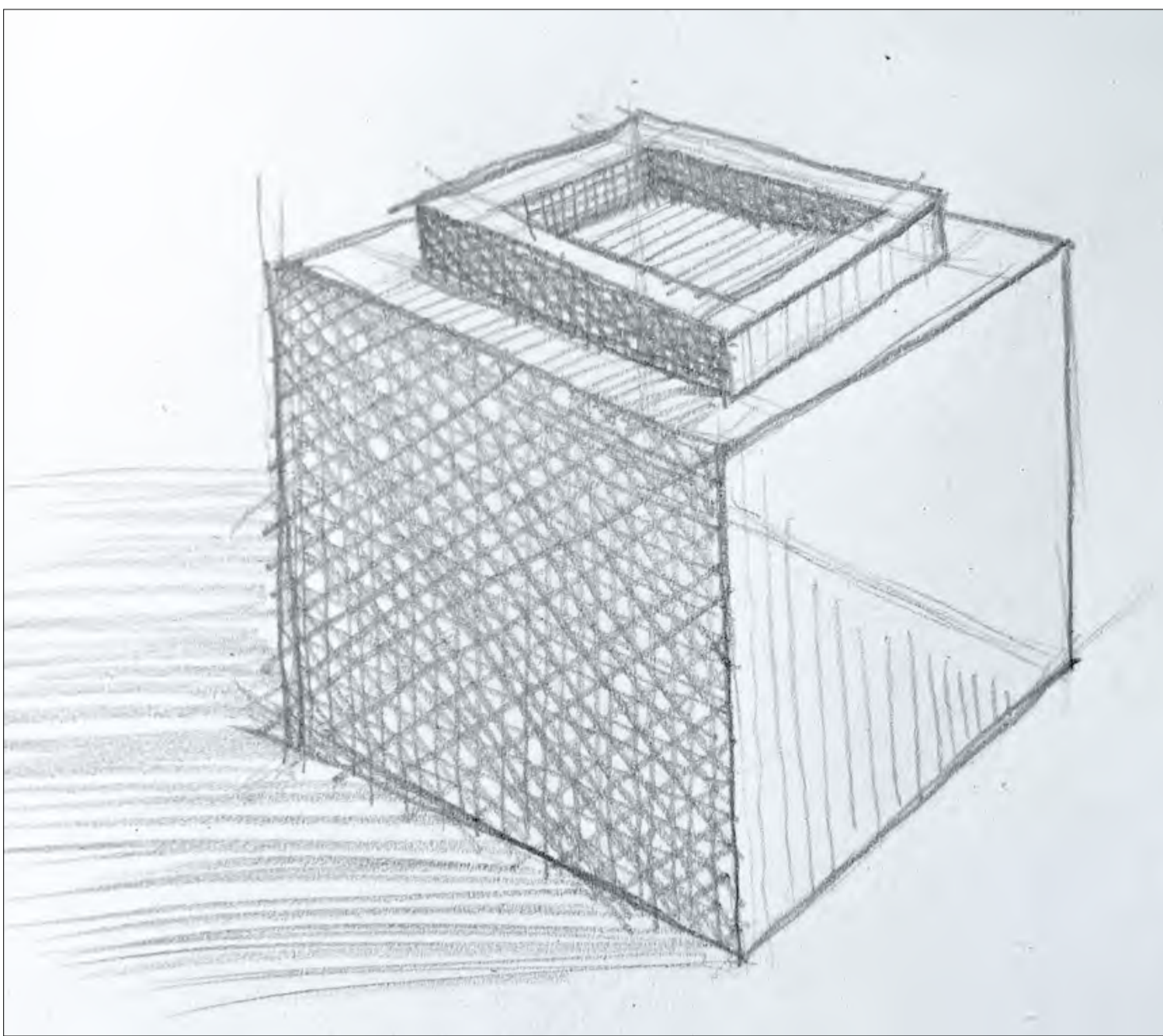
Idee 2 - Mehrweg Produkt gestalten

Mein nächster Ansatz bestand darin, aus einer Einwegverpackung ein Mehrwegprodukt zu schaffen: Dafür wurde meine Idee eines Stifthealters aus dem ersten Semester aufgegriffen. Das vorherige Design bestand aus einem monolithischen Objekt, welches es durch entsprechende Aussparungen ermöglicht, fünf Zeichenbleistifte zu verstauen.

Der Entwurf wurde in ein modulares Stecksystem umgewandelt - hierbei soll es möglich sein, einzelne Module für Stifte mit verschiedenen Durchmessern zu drucken und ineinander stecken zu können.

Diese Designidee konnte aktuell von mir aufgrund der begrenzten Zeit für dieses Projekt nicht realisiert werden und wurde deshalb vorerst verworfen. Ich schließe nicht aus, diesen Ansatz zu einem späteren Zeitpunkt weiter zu verfolgen.

Ideen

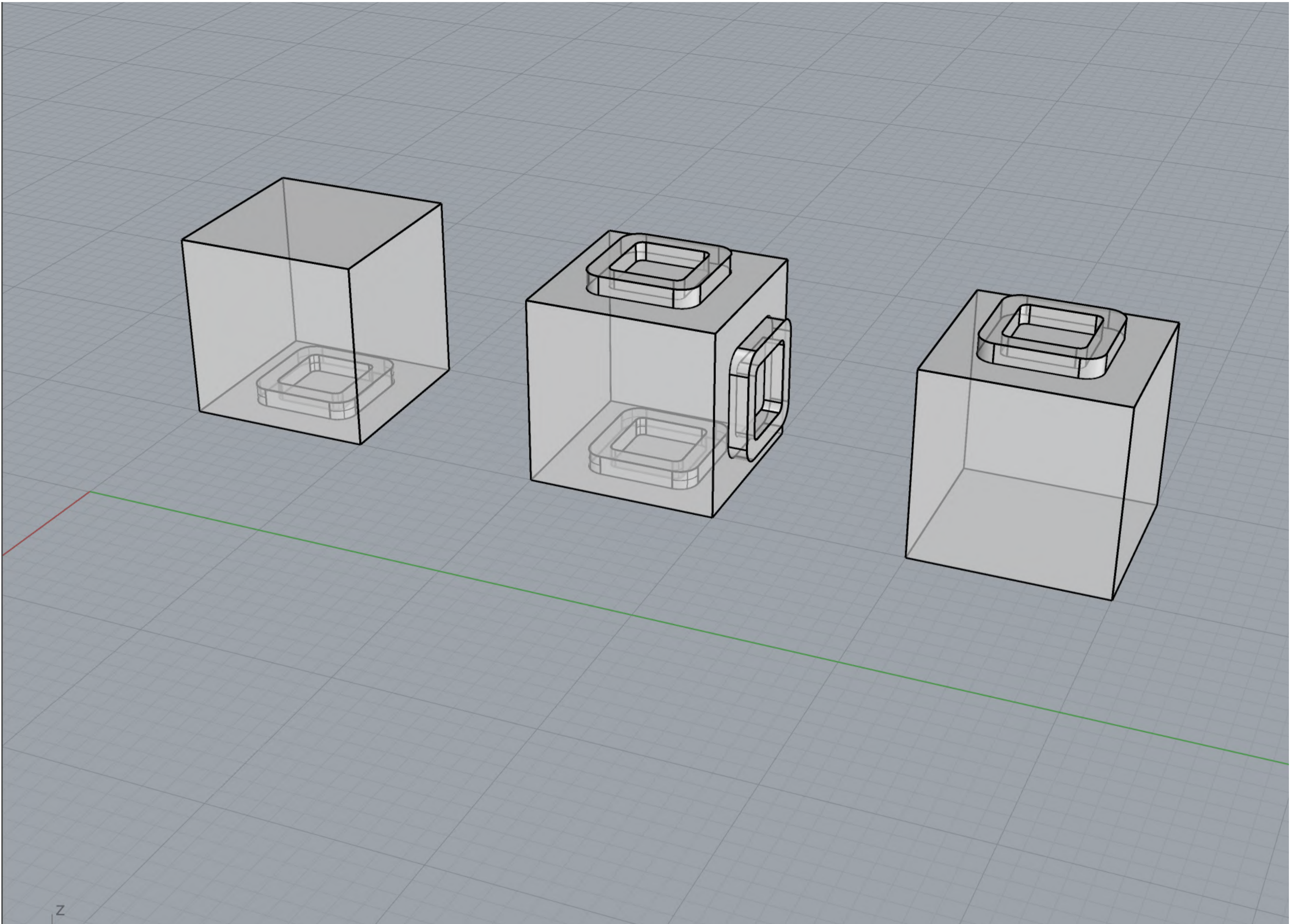


Idee 3 - Modulares Steckspielzeug

Die Idee, aus recyceltem Material ein Spielzeug für Kinder zu entwickeln, gefiel mir sehr gut. Da Kinder sehr gern mit Bauklötzen ihre Kreativität ausleben, wollte ich ein modulares System gestalten. Letzteres hätte zusätzlich den Vorteil, dass sich die einzelnen Module unabhängig von der Menge an PET-Material herstellen lassen. Diese Idee ist nicht abwegig, da pro Jahr ca. 36 Milliarden LEGO© Steine produziert werden. Wenn man annimmt, dass es sich dabei um 2x2 Steine handelt, entspricht dies einer potentiellen Einsparung von 58.500 Tonnen neuem Plastikmüll.

LEGO© ist eine eingetragene geschützte Marke. Aus diesem Grund habe ich als Designerin ein eigenes Stecksystem konzipiert: Meine Klemmsteine „BLOCS“ sind Würfel mit den Maßen 10 x 10 x 10 mm. Die verschiedenen Ein- und Aussparungen ermöglichen es, individuelle Steckverbindungen herzustellen.

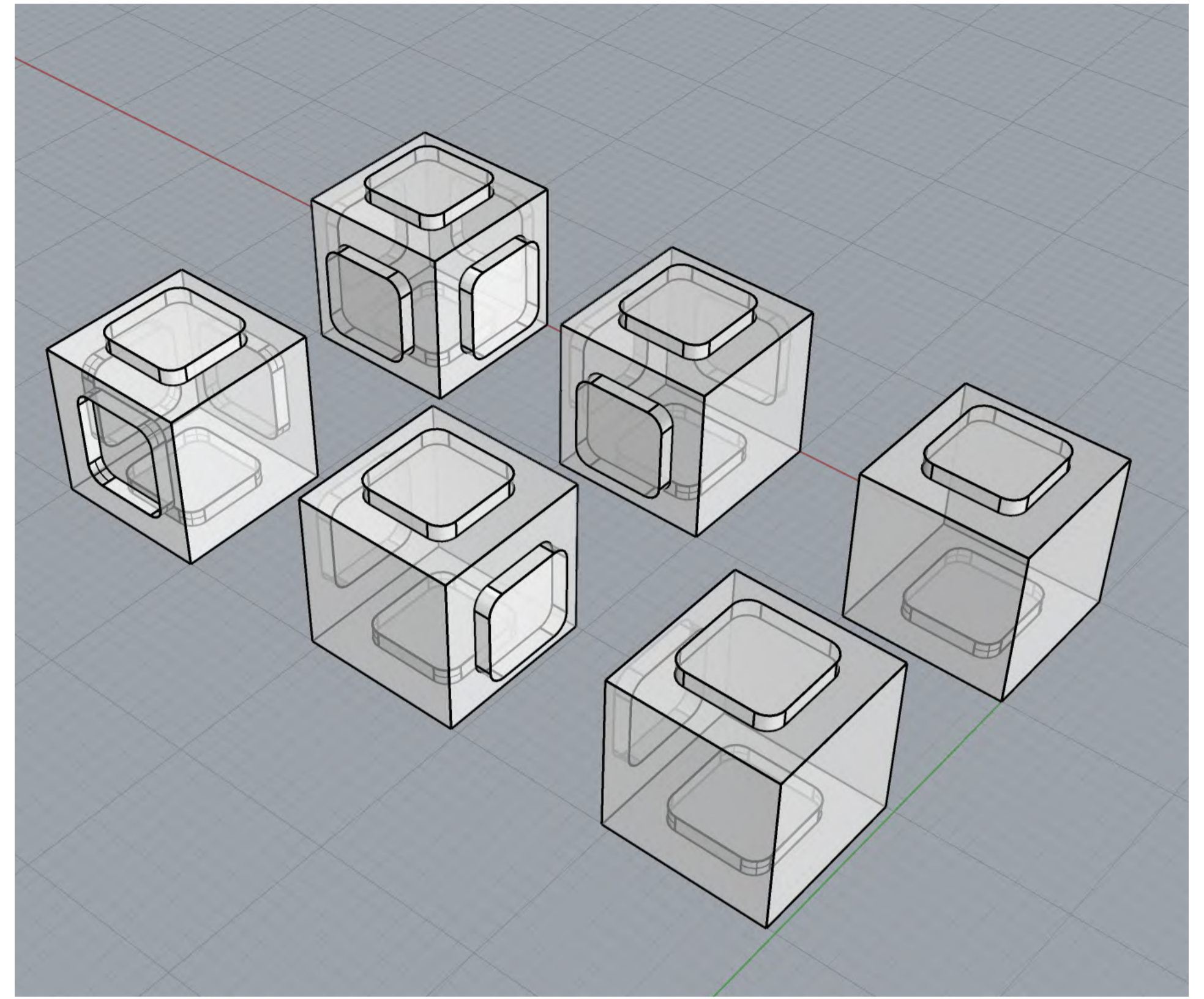
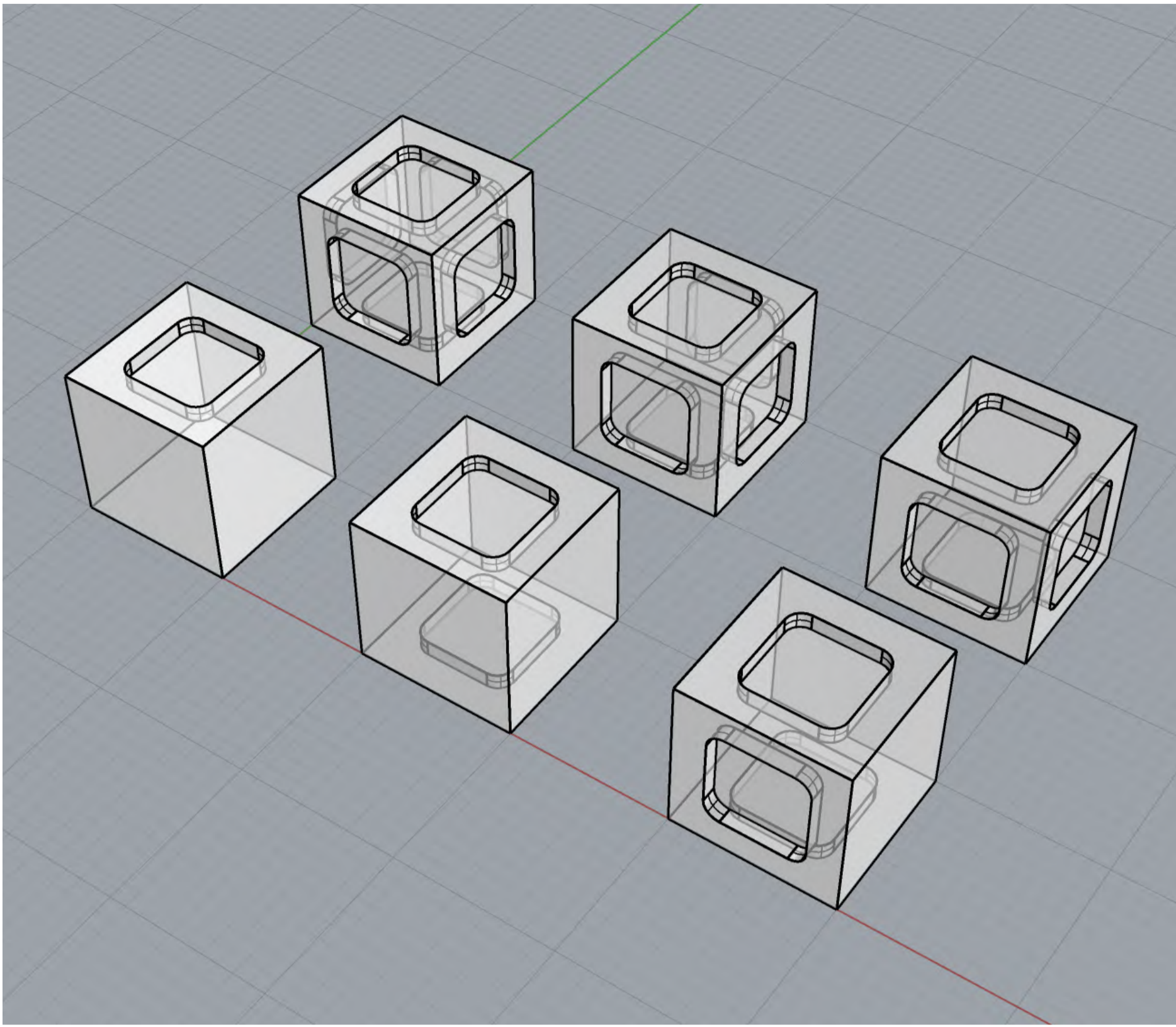
Modelle in Rhino 8



Modell 1

Das erste Modell hatte rahmenförmige Ein- und Aussparungen. Der 3D-Druck funktionierte gut; durch geringfügige Differenzen beim Drucken hielt die Steckverbindung allerdings teilweise nicht zuverlässig.

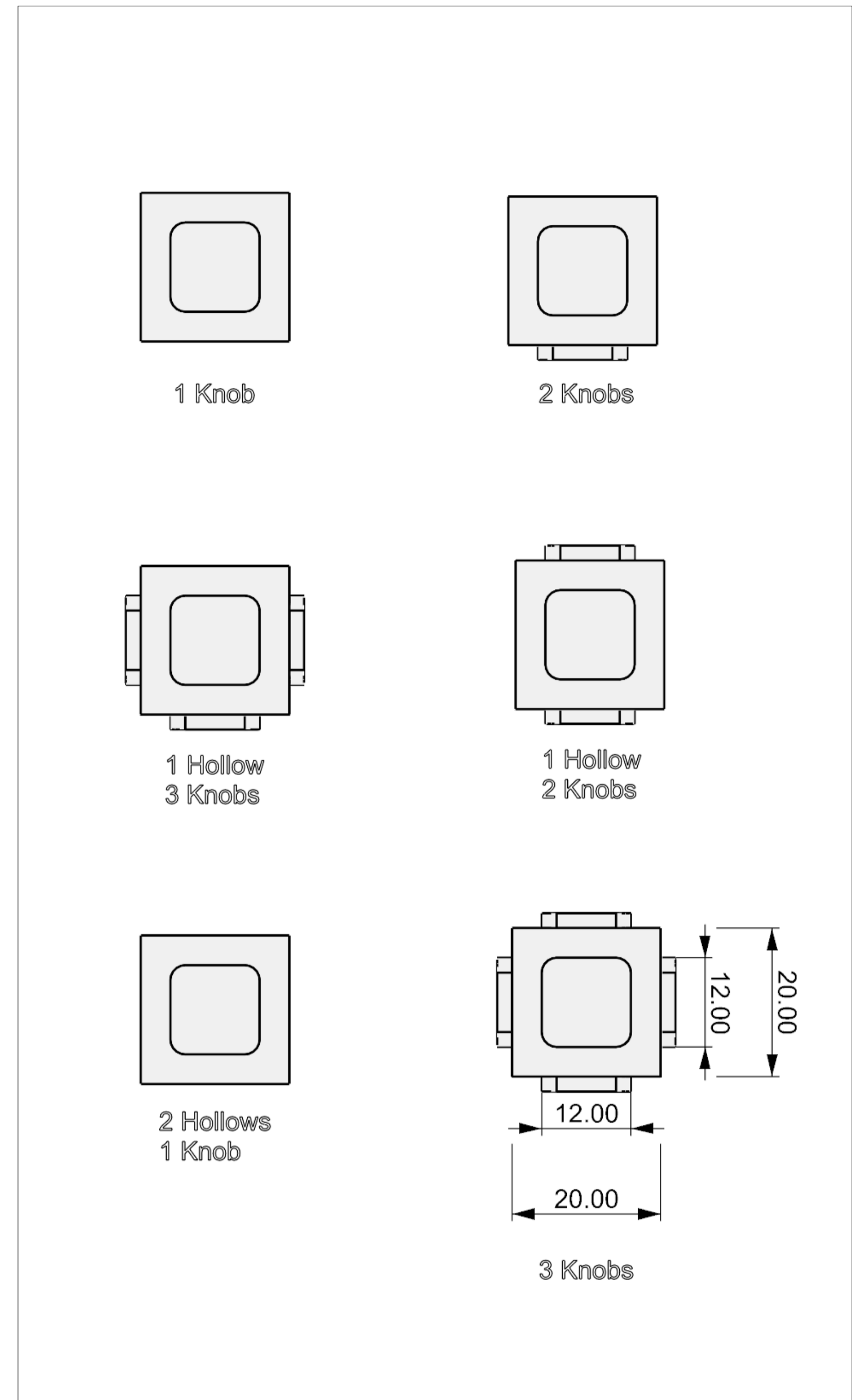
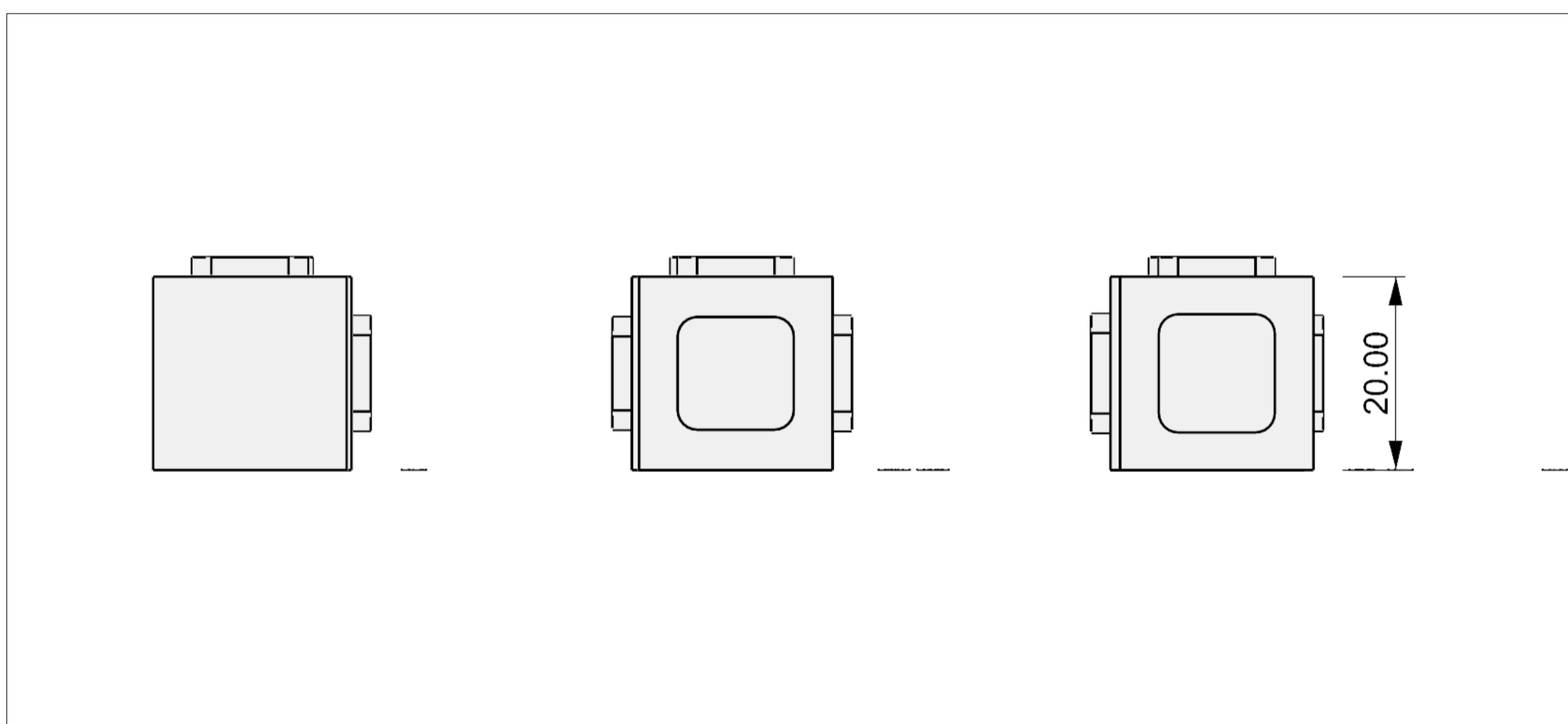
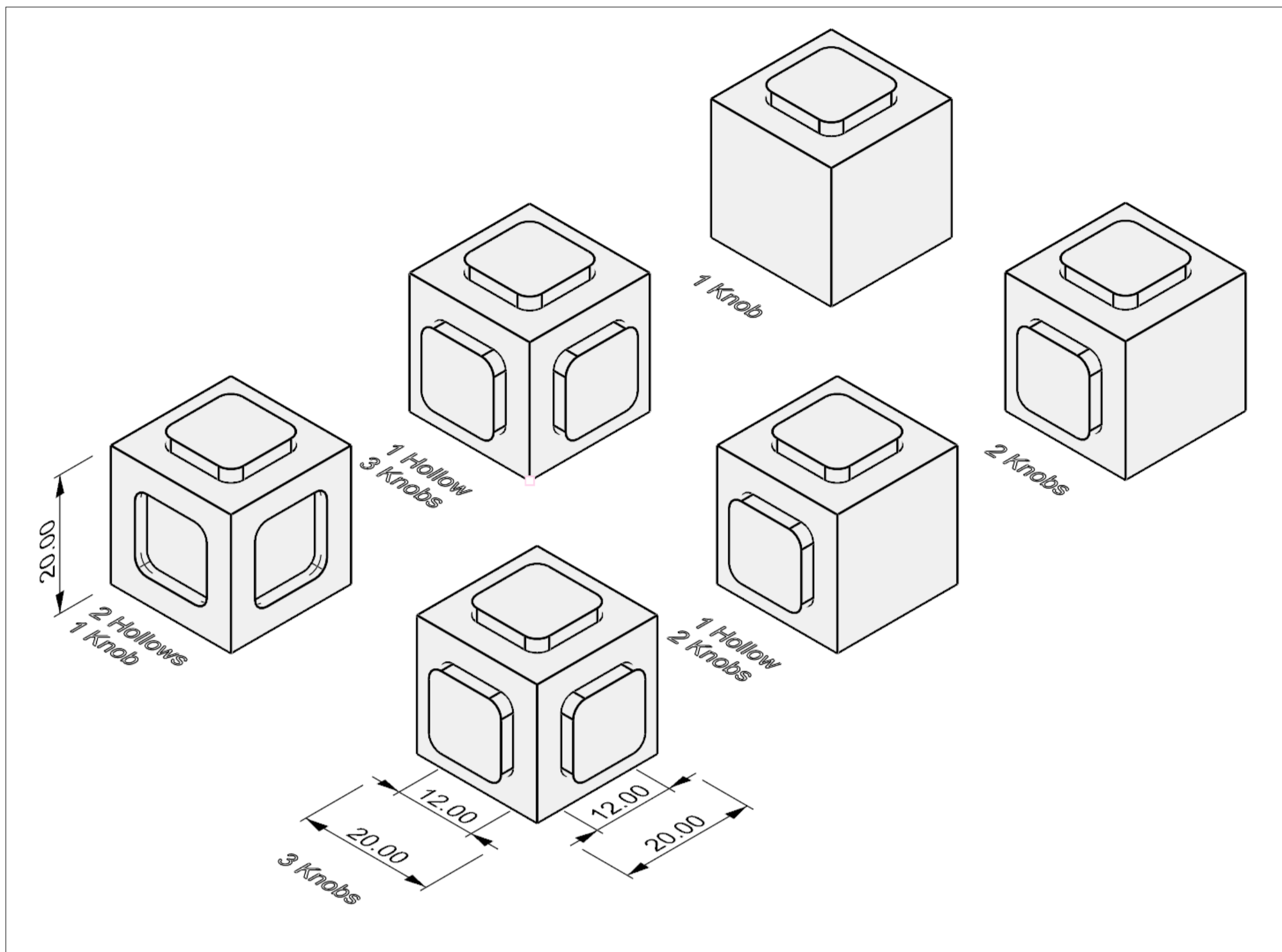
Modelle in Rhino 8



Modell 2

Bei meinem nächsten 3D-Modell verwendete ich statt eines Rahmens eine massive quadratische Fläche mit abgerundeten Ecken, um den Druckdifferenzen entgegenzuwirken.

Concepts und Ergebnisse



Hier ist eine bemaßte Skizze der Klemmsteine zu sehen.
Die erste Testgröße erwies sich als zu klein. Somit passte ich die Größe der Würfel auf 20 x 20 x 20 mm an.

Prototypen



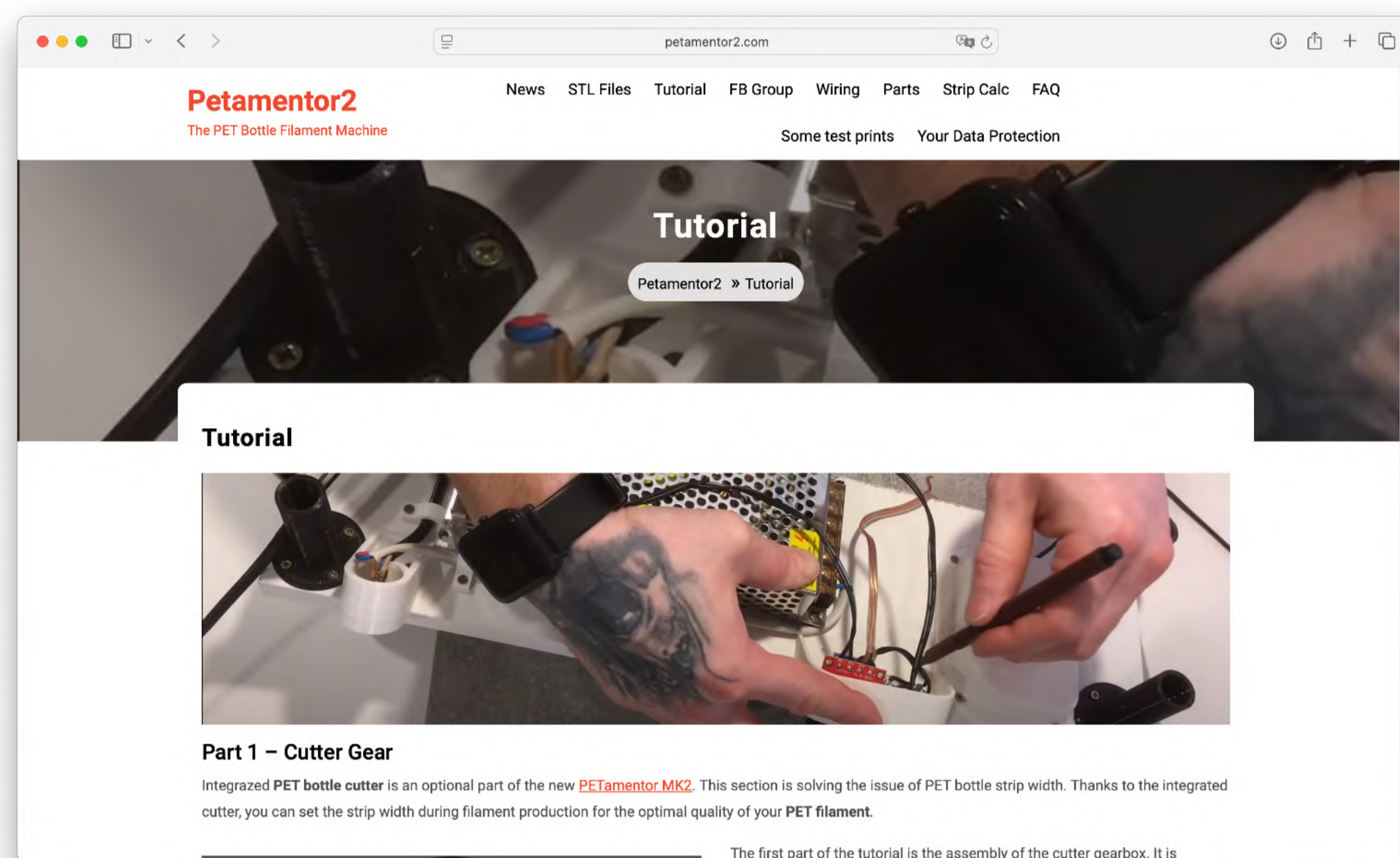
Mathematisch gesehen gibt es 57 verschiedene Möglichkeiten, die Klemmsteine zu gestalten, abhängig davon ob die individuelle Fläche glatt ist oder eine Ein- bzw. Aussparung besitzt. Innerhalb der begrenzten Projektzeit war es mir möglich 31 verschiedene Varianten in Rhino 8 zu erstellen und auszudrucken.

Durch minimale Differenzen während des Drucks funktionieren die verschiedenen Steckverbindungen unterschiedlich gut; ein erstes Usertesting könnte jedoch bereits durchgeführt werden.

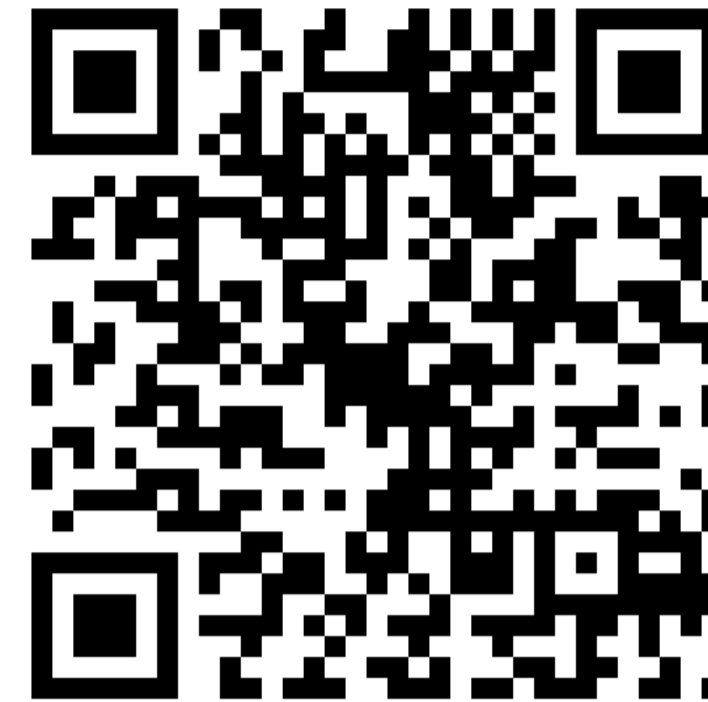
Während der Herstellung des Filaments ist mir die Optimierung des Recyclingprozesses durch Anpassung der Temperatur gelungen. Somit konnte druckbares grünes und blaues Filament in besserer Qualität hergestellt werden.

Für die Prototypen wurde ebenfalls eine erste Probeverpackung gestaltet.

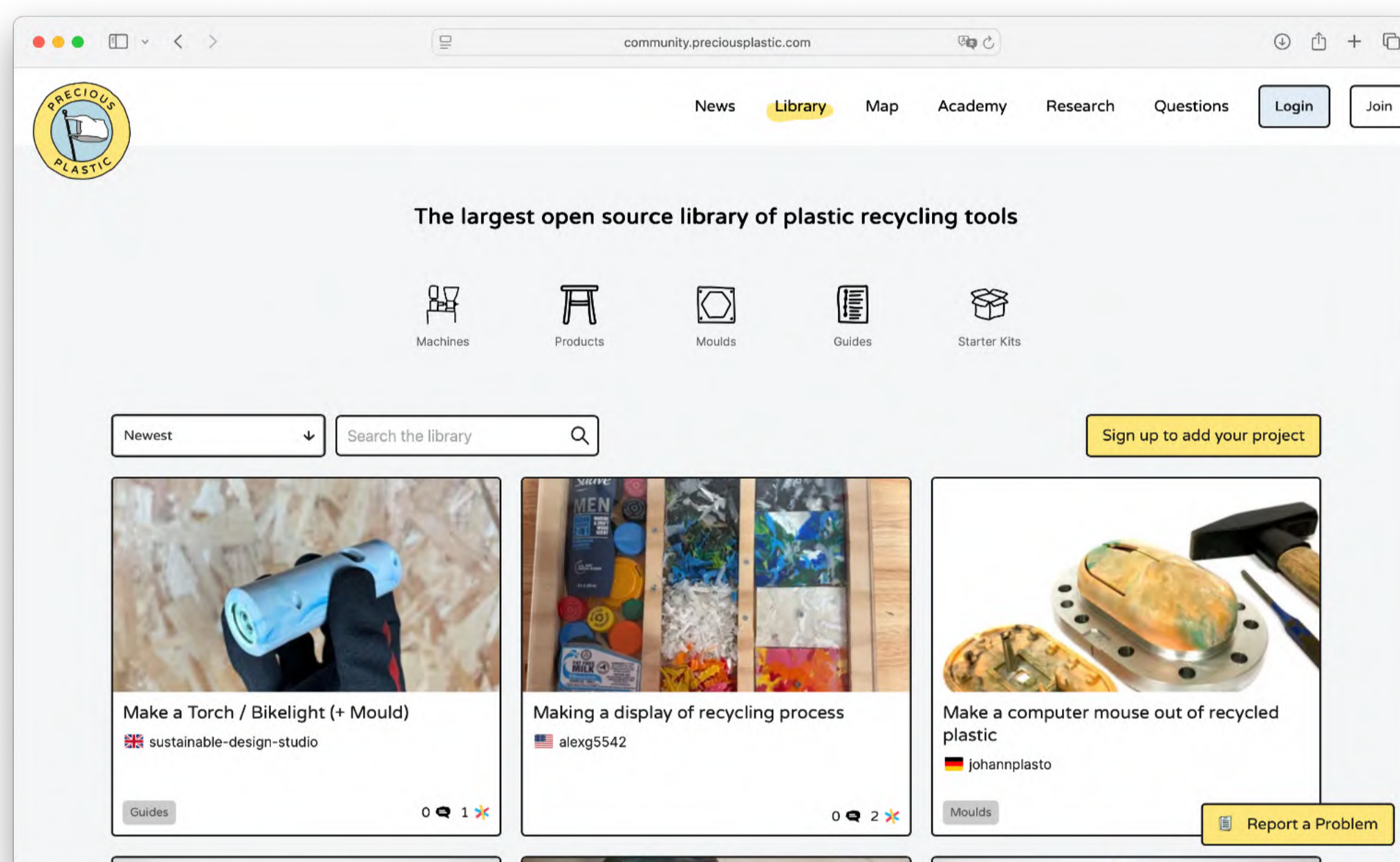
Ausblick



Bau einer PET-Recyclingmaschine:



petamentor2.com



PET Recyclingprojekte



community.preciousplastic.com

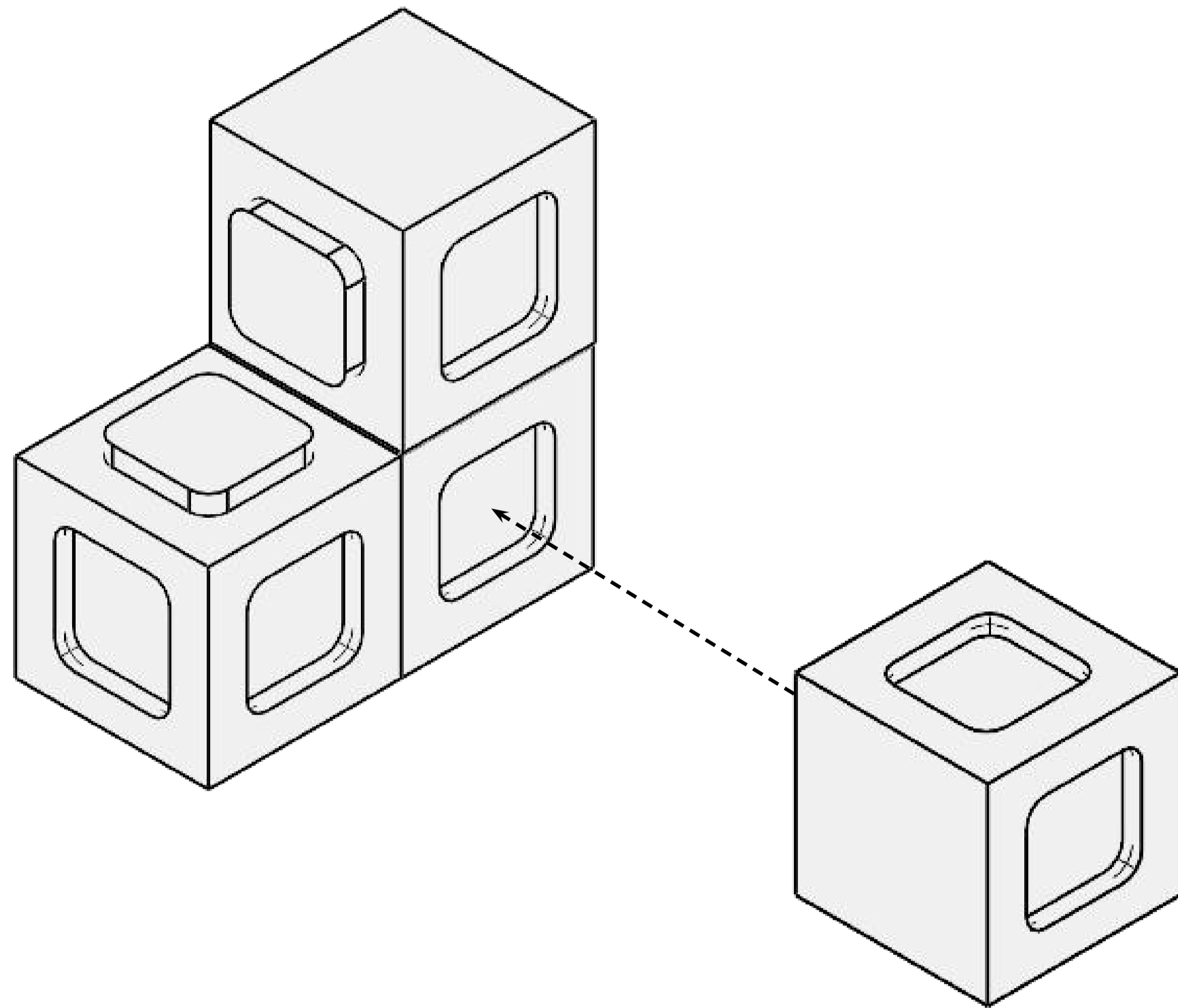
Für ein marktfähiges Produkt ist eine Evaluation notwendig. Des Weiteren könnten Bauanleitungen für die Kinder gestaltet werden. Dieses Recyclingprojekt für PET ließe sich auch auf andere Verpackungen aus PET ausweiten, z.B. auf Shampooflaschen, Lebensmittelverpackungen und Ähnliches.

Mein Projekt hat gezeigt, dass es möglich ist, aus PET-Flaschen ein nachhaltiges Produkt herzustellen. Für eine praktische industrielle Umsetzung ist jedoch ein stromeffizienteres automatisiertes Verfahren notwendig.

In diesem Projekt lag der Fokus auf der Umsetzung im Privathaushalt, um ein Spielkonzept zu gestalten, welches jede Person individuell zu Hause selbstständig nachbauen könnte.

Mein Projekt soll die Vernetzung von Recycling Communities fördern, kreative Anstöße geben und ein Bewusstsein für die Ressource PET schaffen.

Fazit



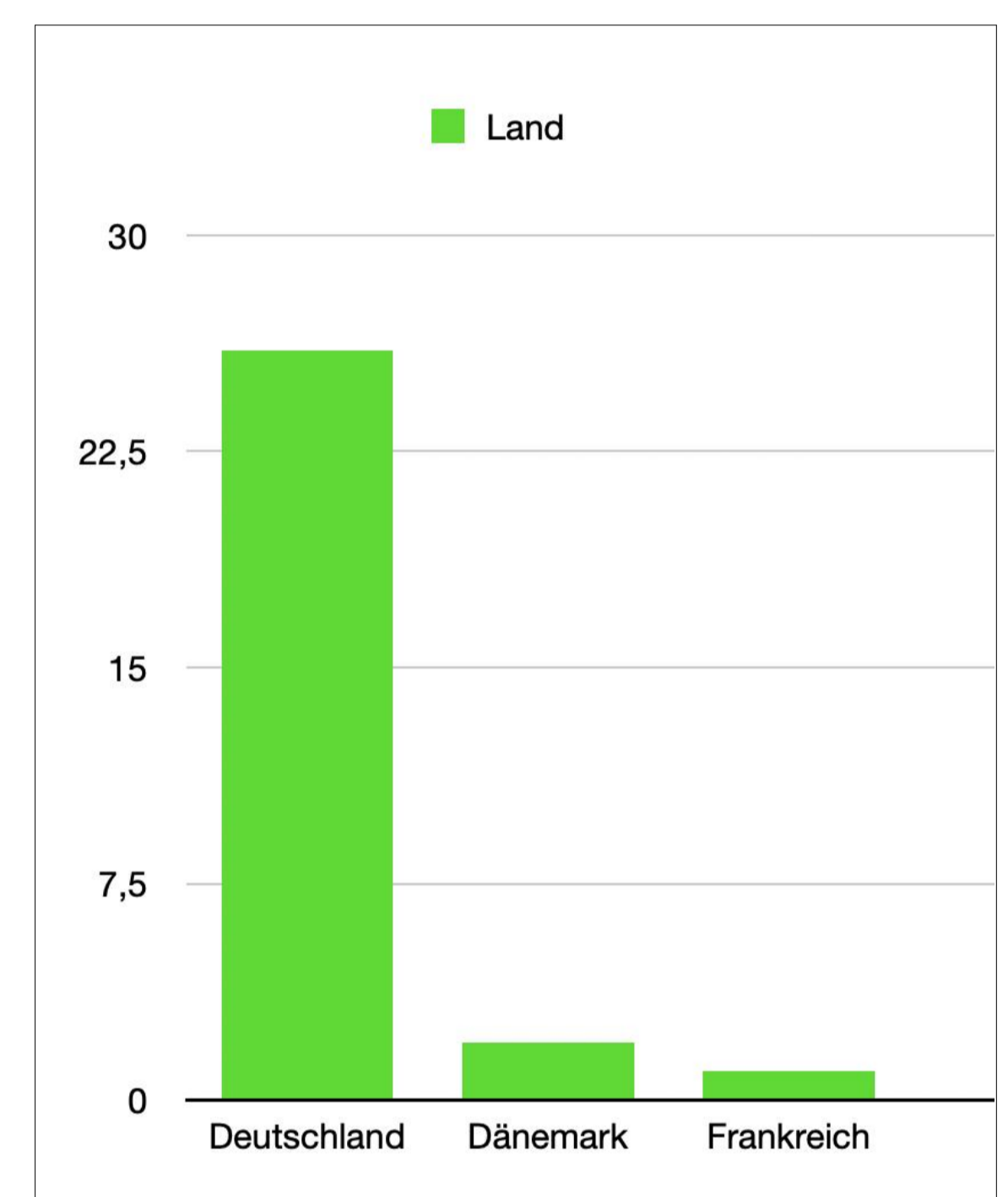
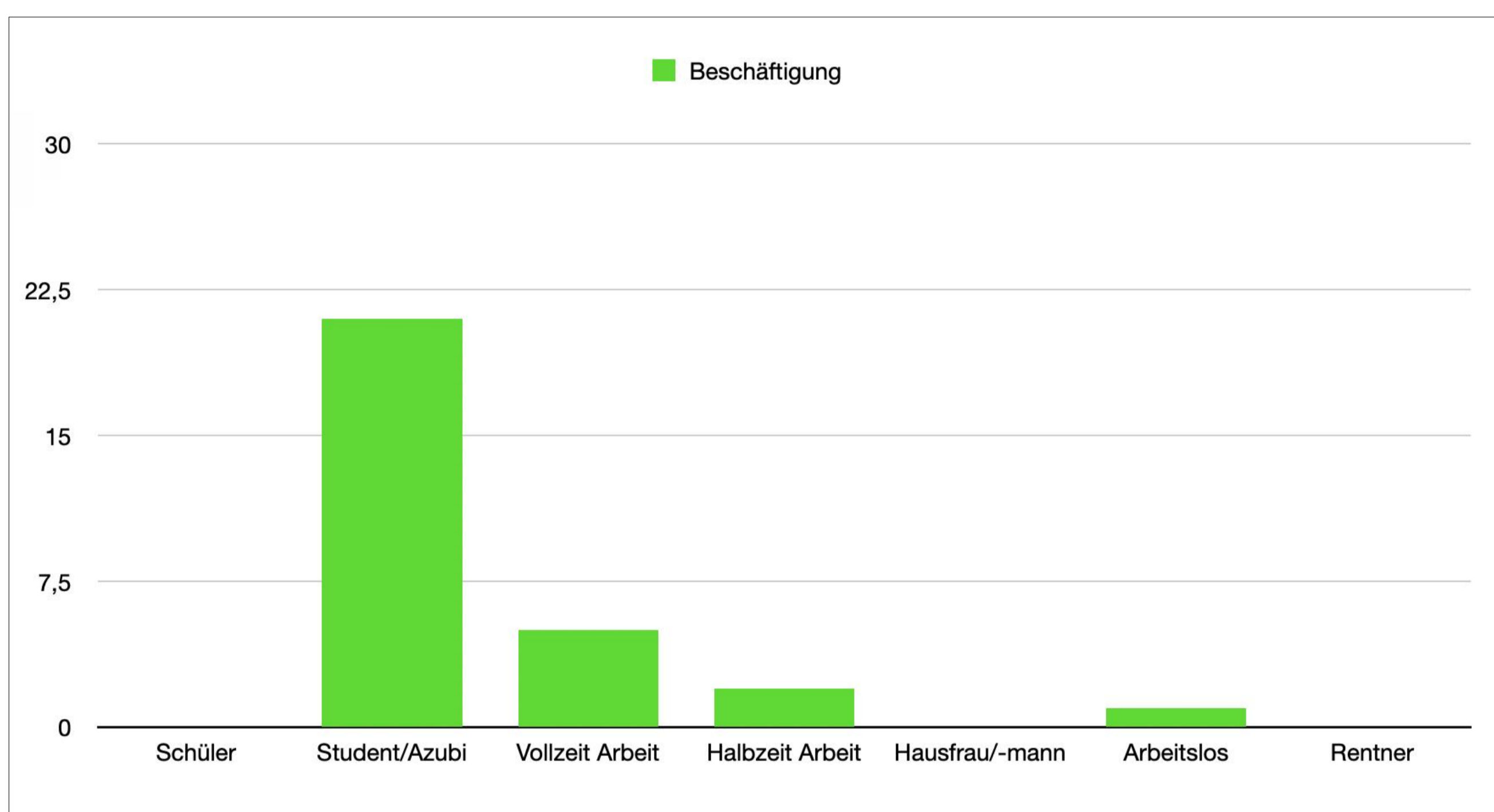
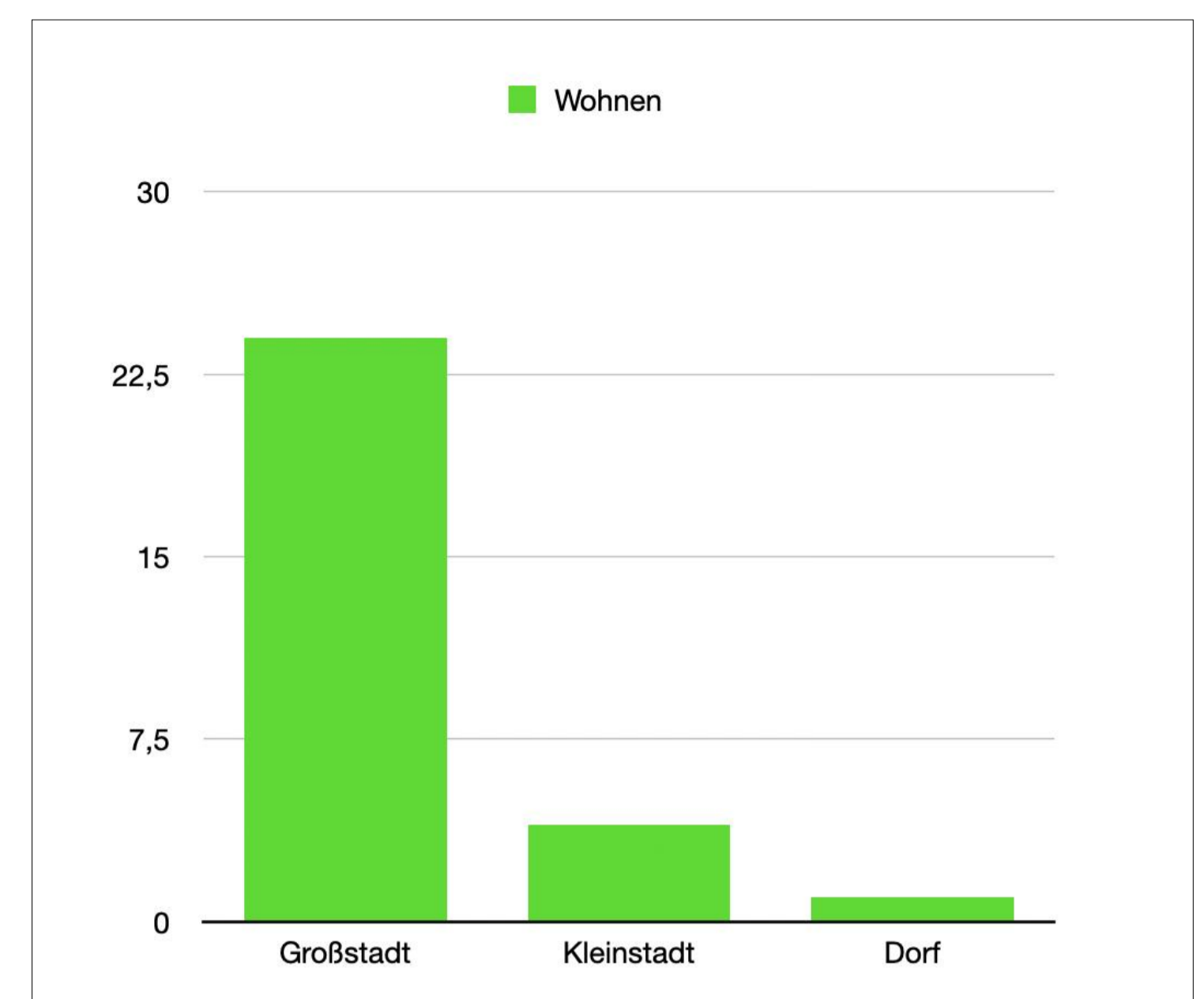
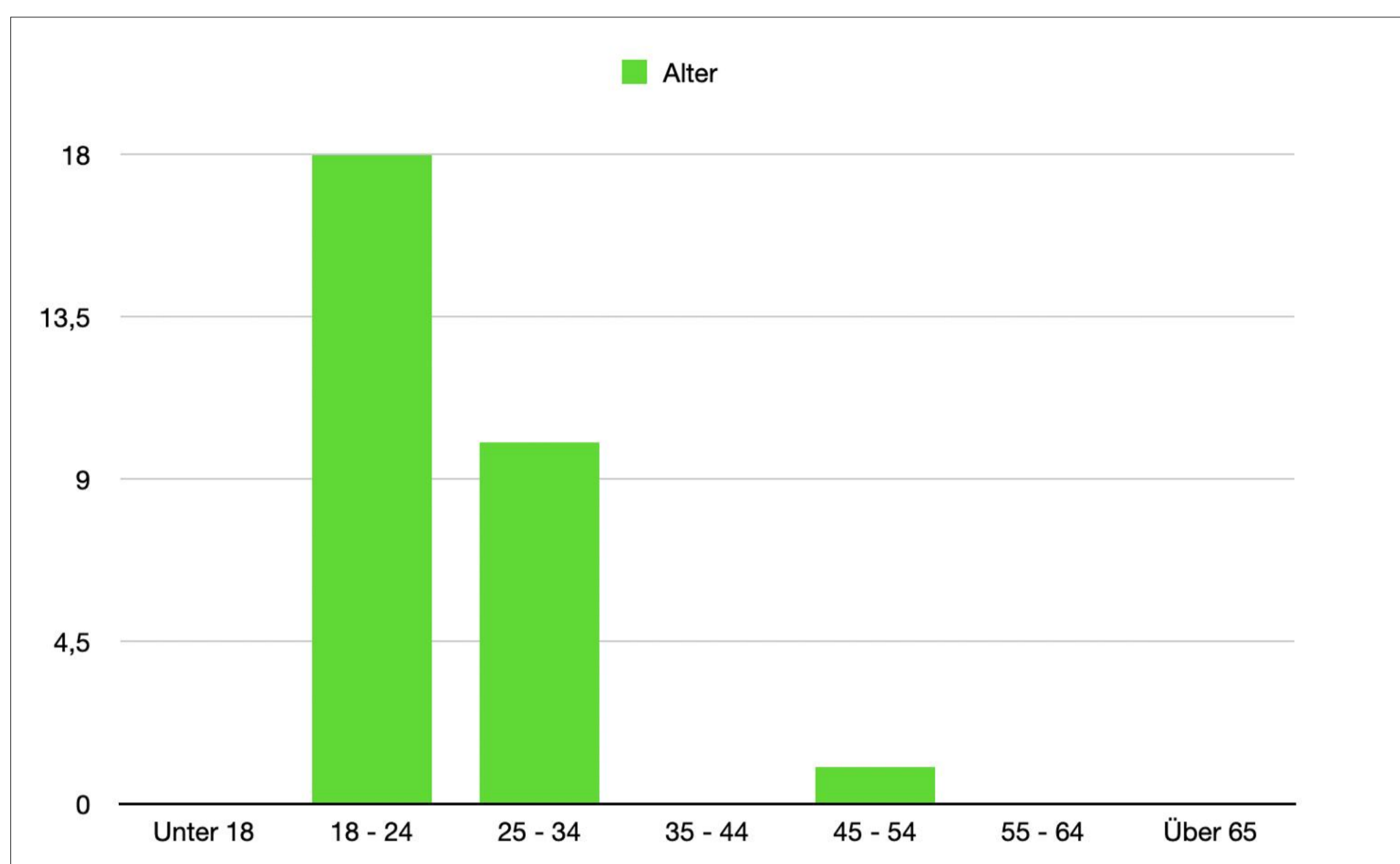
Das bereits erhaltene Nutzerfeedback von ca. 15 Befragten ergab eine positive Kritik hinsichtlich allgemeiner Gestaltung, Einfachheit des Produktes, der Modularität, sowie der Farbgebung. Für eine Weiterentwicklung des Produktes ist jedoch die Befragung einer größeren Versuchsgruppe notwendig. Diese sollte insbesondere die Zielgruppe der 6 - 14 Jährigen umfassen.

Neben der Produktentwicklung führte ich auch eine Umfrage zum Nutzungsverhalten von PET- und Mehrwegflaschen durch. Durch diese Umfrage ergab sich ein klareres Bild über die Verwendung von PET- und Mehrwegflaschen im Alltag.

Durch die Materialforschung sind mir die Möglichkeiten der Ressource PET sowie Stärken und Schwächen des Materials insbesondere im 3D-Drucks bewusster geworden.

Ein Dankeschön gilt Maria Ettelt für die Gestaltung des Logos.

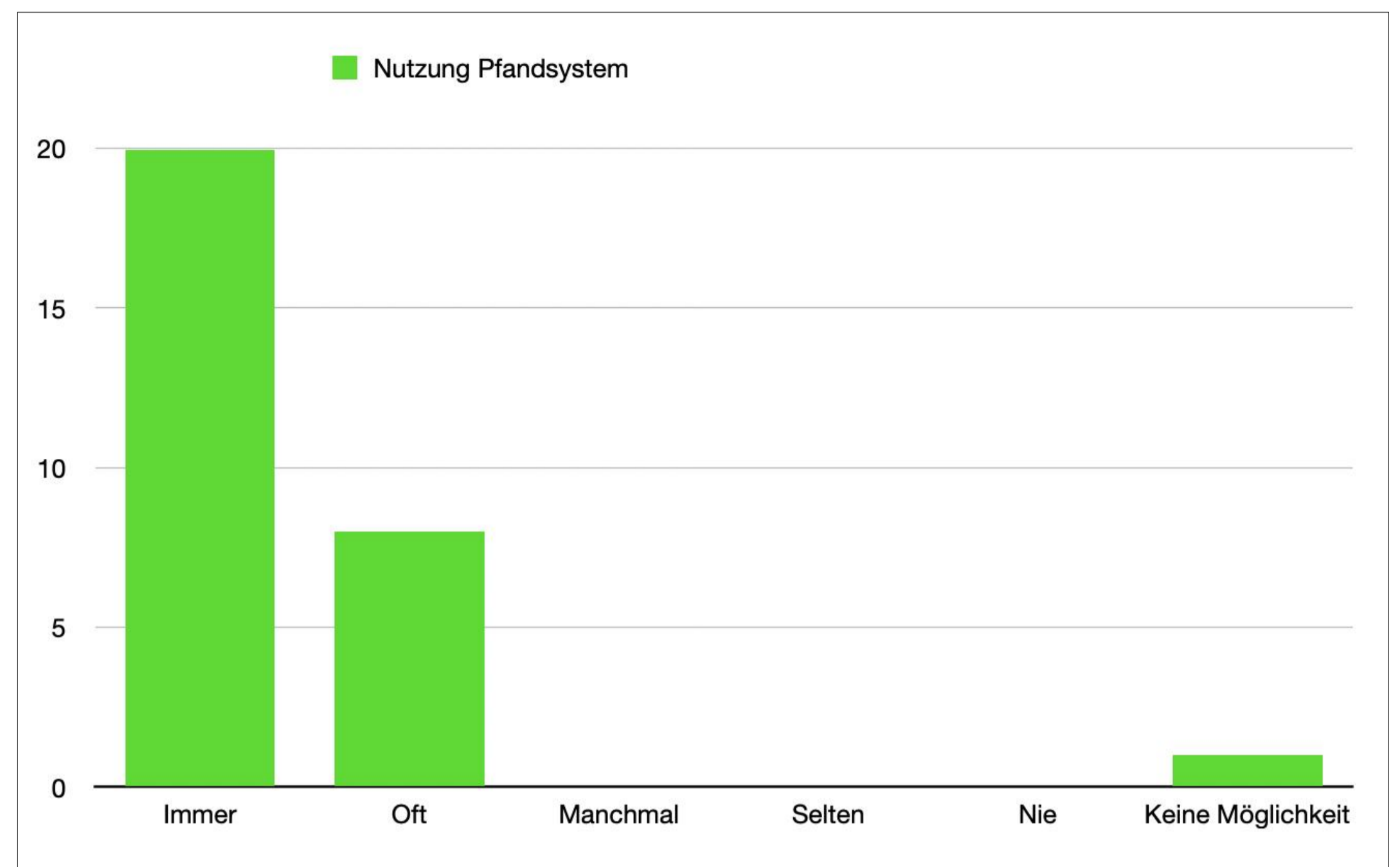
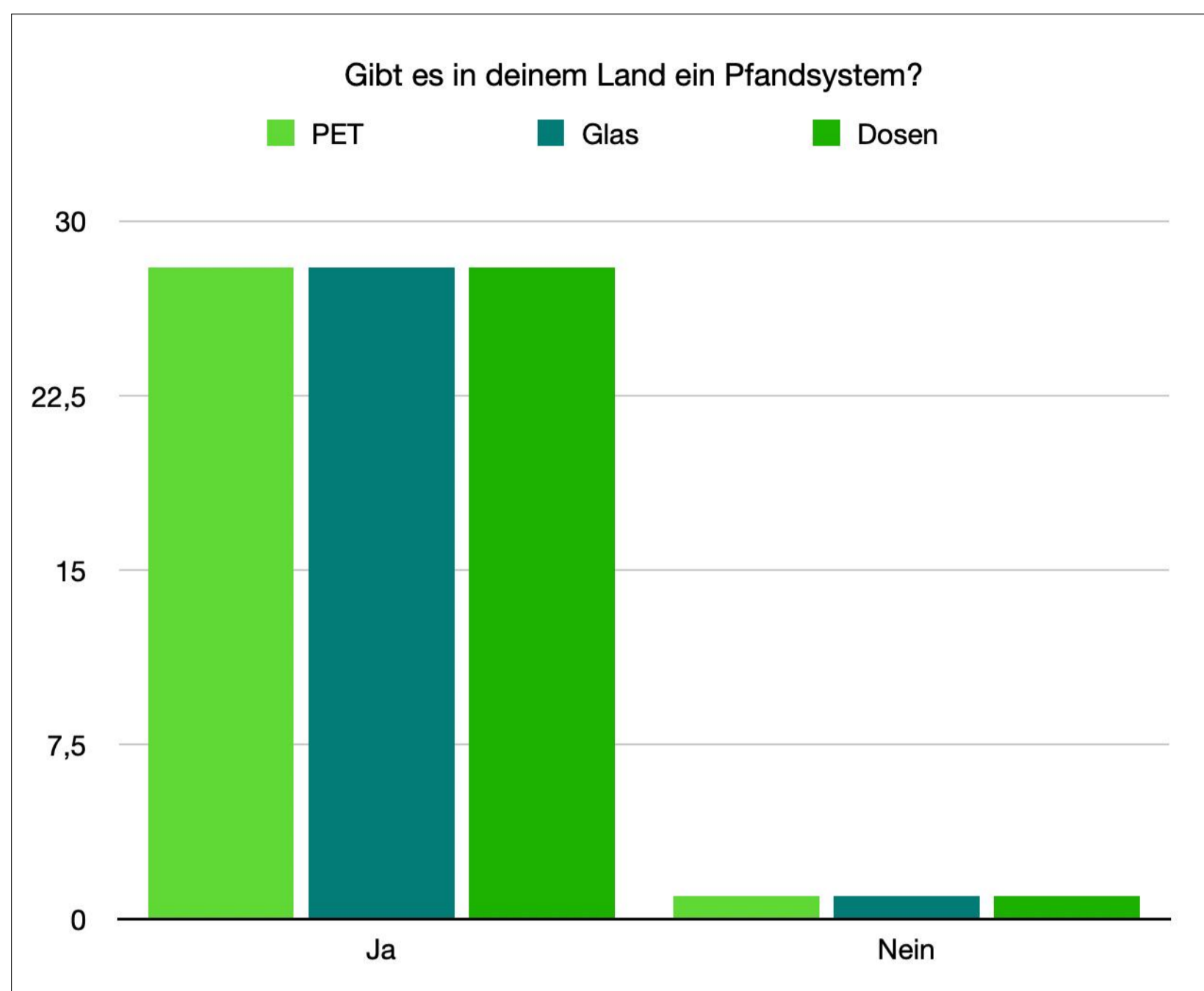
Umfrage



Bei der Umfrage wurden demographisch gesehen junge Menschen (18 - 34 Jahre) befragt. Ein Großteil der Befragten wohnt in der Großstadt, befindet sich in Ausbildung oder Studium und ist teilweise berufstätig. Fast alle der Befragten wohnen in Deutschland; es gab 2 Befragte aus Dänemark und eine Person aus Frankreich.

Alle Befragten haben Zugang zu trinkbarem Leitungswasser.

Umfrage



Alle Befragten aus Deutschland und Dänemark haben die Möglichkeit, ein Pfandsystem für PET- und Glasflaschen sowie für Getränkedosen zu nutzen. Ausschließlich die befragte Person aus Frankreich hat keinen Zugang zu einem Pfandsystem.

Hierbei gibt es in Deutschland folgende Pfandbeträge:

- Für PET-Flaschen gibt es 0,15 € - 0,25 €.
- Für Glasflaschen gibt es 0,08 € - 0,15 €.
- Für Dosen gibt es 0,25 €.

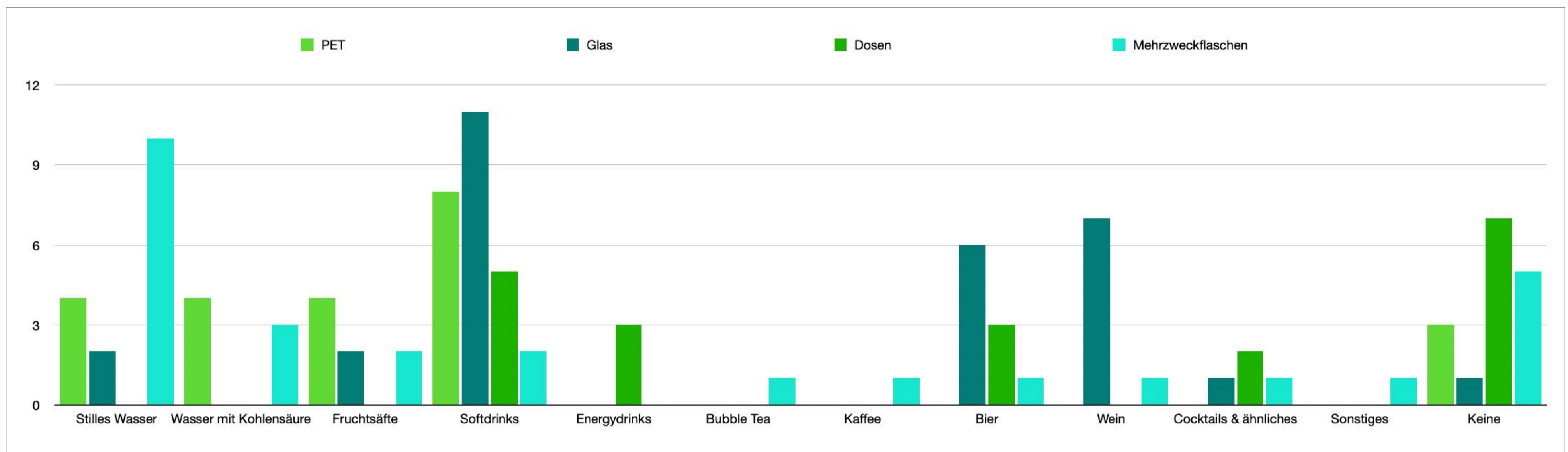
In Dänemark gibt es folgende Pfandbeträge:

- Für PET-Flaschen gibt es 2 - 3 DKK (ca. 0,27 € - 0,40 €).
- Für Glasflaschen gibt es 1 DKK (ca. 0,13 €).
- Für Dosen gibt es 1 DKK (ca. 0,13 €).

Einigen der Befragten war nicht bewusst, wie viel Pfandgeld sie für die genannten Flaschen ausgezahlt bekommen.

Alle Befragten, die Zugang zu einem Pfandsystem haben, nutzen dieses regelmäßig.

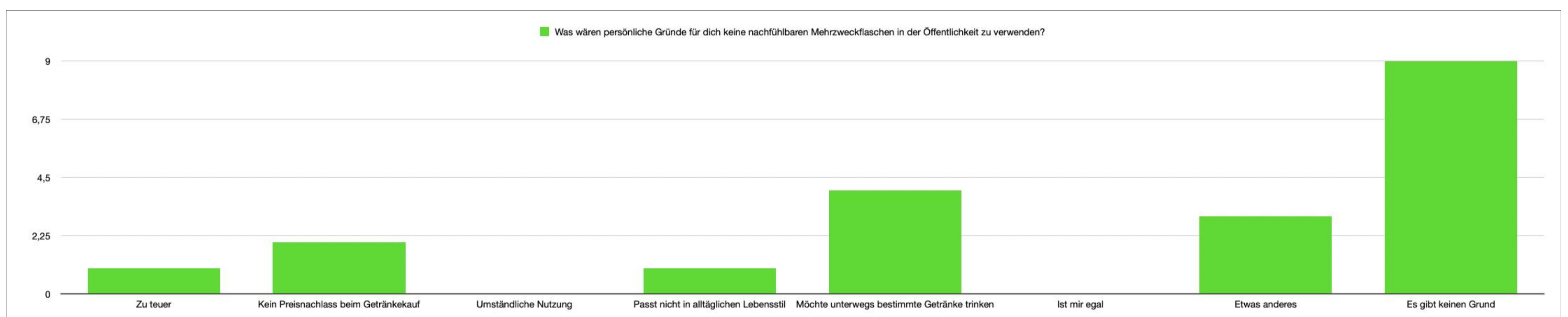
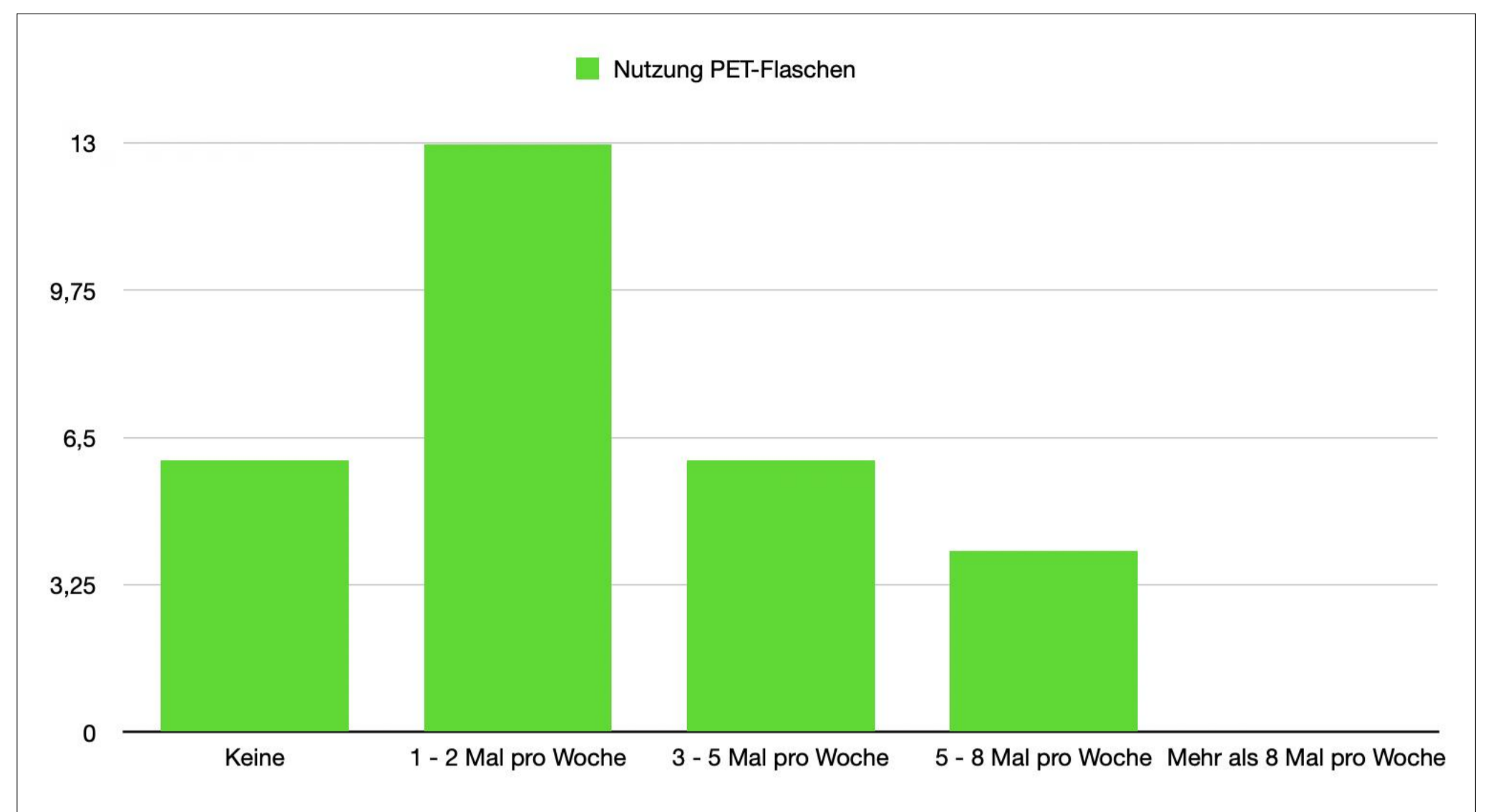
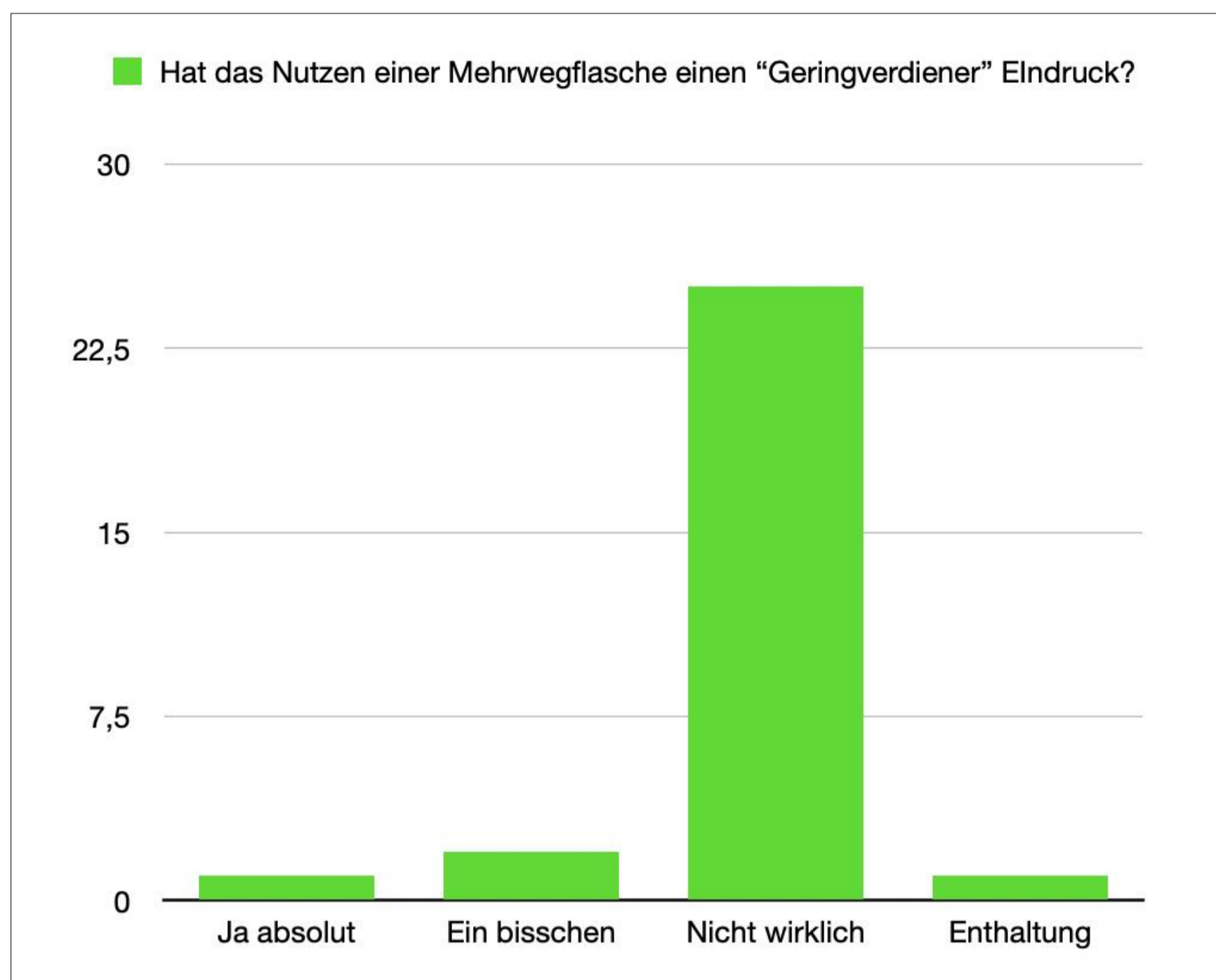
Umfrage



Die Befragung über die Nutzung von PET- und Glasflaschen, Getränkedosen und Mehrwegflaschen ergab Folgendes:

- Wasser: konsumiert aus PET-, Glas-, und Mehrwegflaschen.
- Softdrinks: konsumiert aus PET- und Glasflaschen sowie Dosen.
- Fruchtsäfte: konsumiert aus PET-, Glas- und Mehrwegflaschen.
- Softdrinks: konsumiert aus PET-, Glas- und Mehrwegflaschen sowie Getränkedosen.
- Energydrinks: konsumiert aus Getränkedosen.
- Bubbletea: konsumiert aus Mehrwegflaschen.
- Kaffee: konsumiert aus Mehrwegflaschen.
- Bier: konsumiert aus Glas- und Mehrwegflaschen sowie Getränkedosen.
- Wein: konsumiert aus Glas- und Mehrwegflaschen.
- Cocktails & Ähnliches: konsumiert aus Glas- und Mehrwegflaschen sowie Getränkedosen.
- Sonstiges: konsumiert aus Mehrwegflaschen.
- Keine Nutzung: nicht konsumiert aus PET-, Glas- oder Mehrwegflaschen sowie Getränkedosen (stattdessen z. B. aus einem Trinkglas).

Umfrage

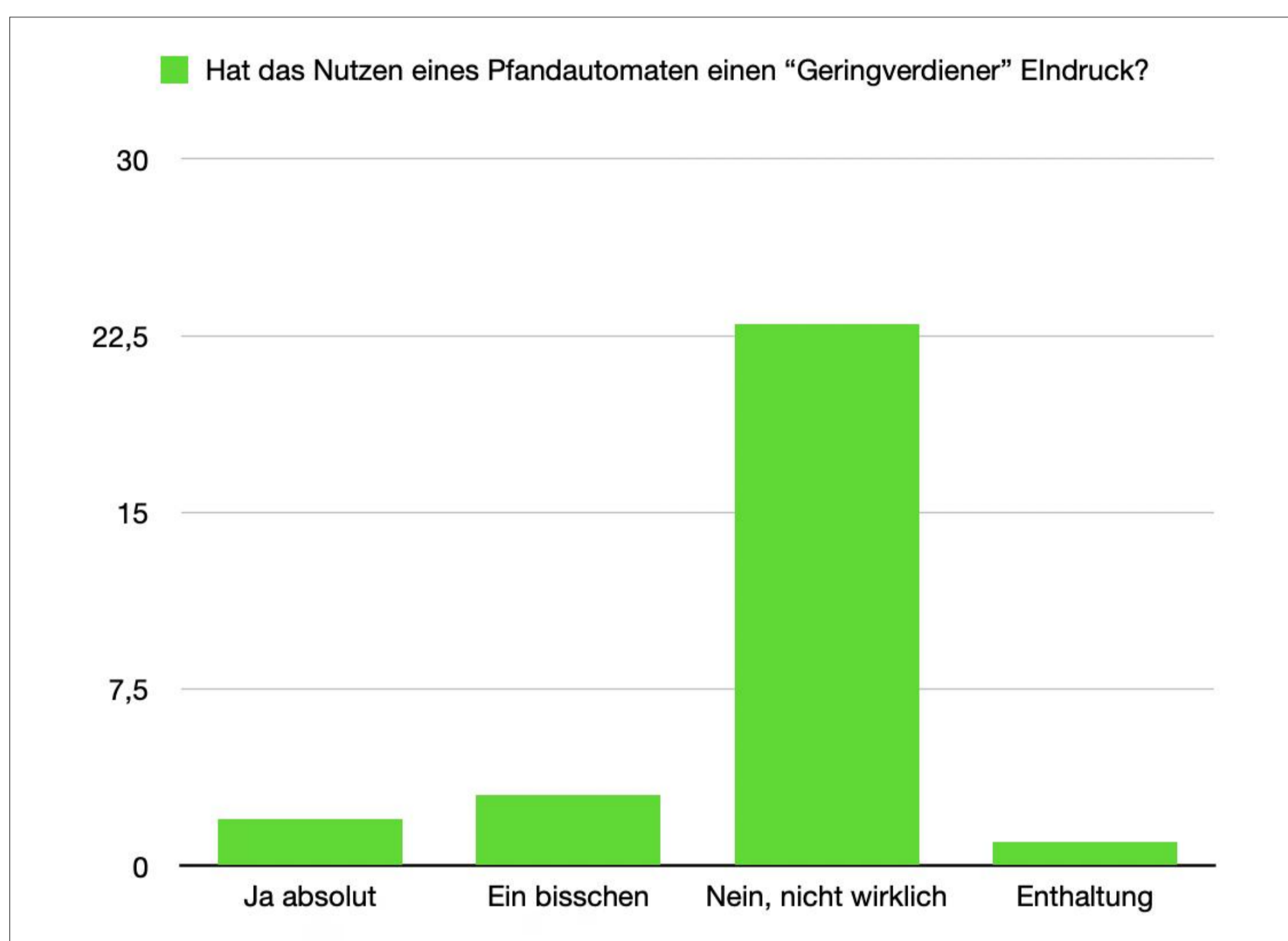
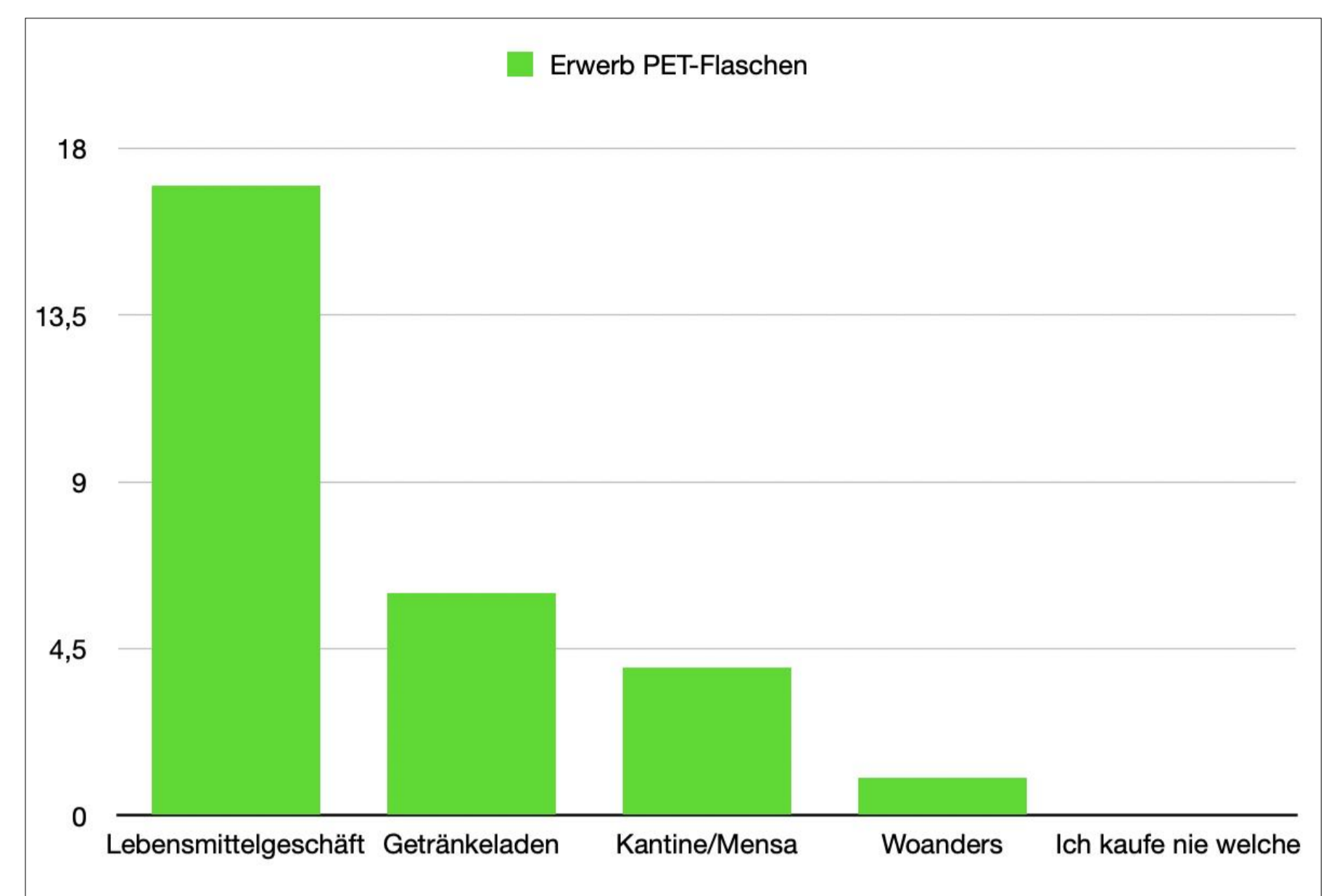
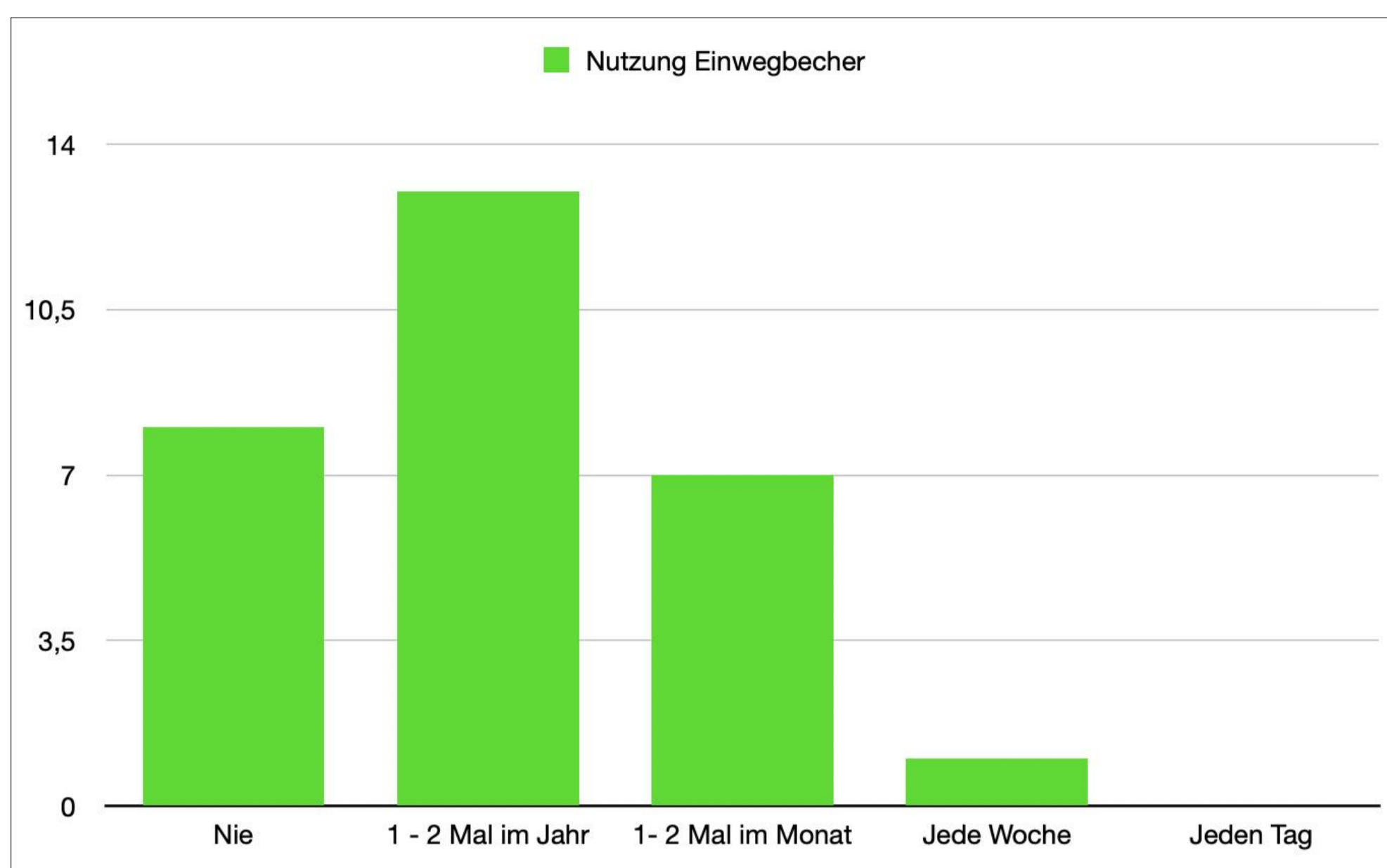


Knapp die Hälfte der Befragten nutzt PET-Flaschen 1 bis 2 Mal pro Woche, ca. ein Fünftel seltener und ein Fünftel gar nicht.

Die Gründe für das Nicht-Nutzen einer Mehrwegflasche sind vielfältig: Die Hälfte der Befragten gab an, dass es dafür keinen Grund gibt. Einige gaben an, dass sie unterwegs gekaufte Getränke konsumieren möchten, wie z.B. Softdrinks. Wenige der Befragten empfanden die Nutzung einer Mehrwegflasche als unpraktisch. Stattdessen wurde angeregt, Möglichkeiten zur Wiederauffüllung und einen damit verbundenen Preisnachlass zu schaffen. In der Freitext-Eingabe gab eine Person an, dass sie Mehrwegflaschen unhygienisch findet.

Fast alle Befragten gaben an, dass die Nutzung einer Mehrwegflasche keinen "Geringverdiener"-Eindruck macht.

Umfrage

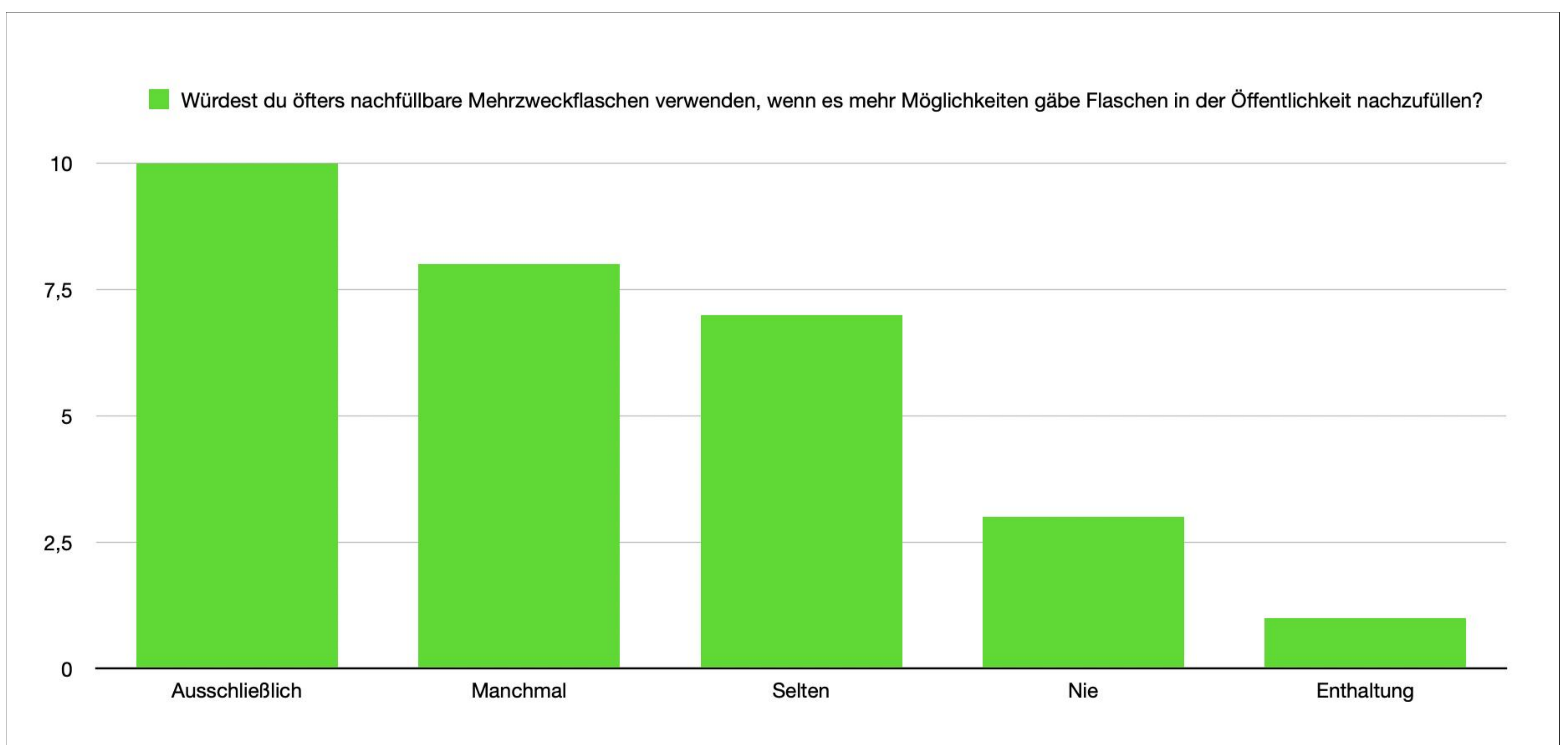
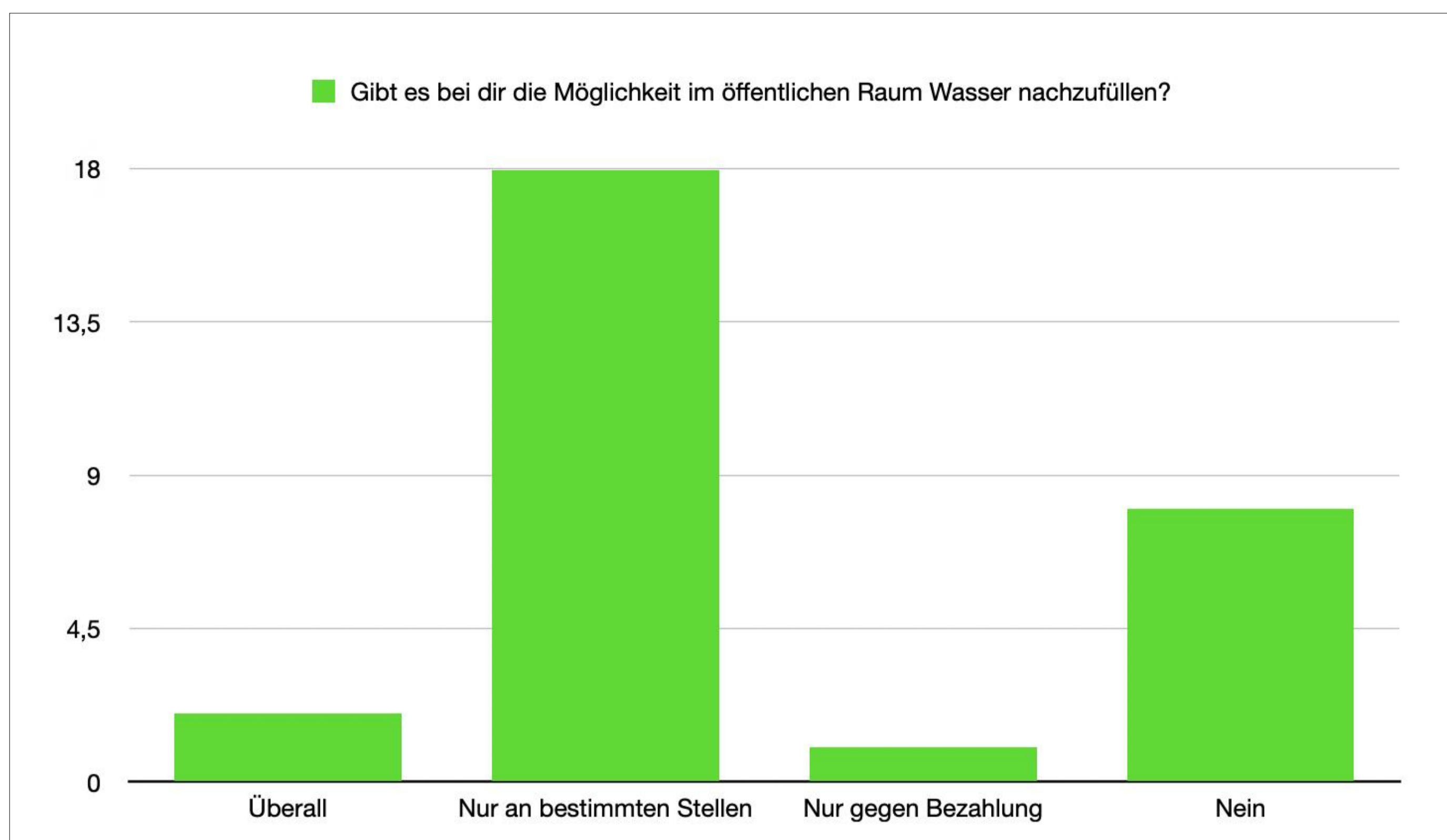


Es wurde auch gefragt, ob Einwegbecher regelmäßig gekauft werden. Hier gab ein Großteil der Befragten an, dass sie nie oder nur ein- bis zweimal im Jahr Einwegbecher erwerben.

Getränke in PET-Flaschen werden von zwei Dritteln der Befragten im Lebensmittelgeschäft erworben; nur wenige kaufen PET-Flaschen in Getränkeläden, Kantinen oder Mensen oder anderswo.

Ein Großteil der Befragten gab an, dass die Nutzung eines Pfandautomaten keinen "Geringverdiener"-Eindruck macht.

Umfrage



Fast alle Befragten gaben an, dass es kaum möglich ist, im öffentlichen Raum Flaschen mit trinkbarem Leitungswasser nachzufüllen.

Lediglich die Person aus Frankreich gab an, dass es dort überall möglich ist, Flaschen mit Trinkwasser nachzufüllen.

Die meisten Befragten würden die Nutzung einer Mehrwegflasche bevorzugen, wenn es mehr Möglichkeiten zur Wiederbefüllung im öffentlichen Raum gäbe.