

# Bauanleitung Schickard'sche Rechenmaschine

2020-01-19, jw

## 1. Übersicht Baugruppen

Die Teile der Maschine gliedern sich in fünf Gruppen:

- Speicherwerk (memory unit)
- Addierwerk (adder unit)
- Multiplikationswerk (napier unit)
- Seitenwände
- Schild

## 2. Material und Werkzeug

- Lasercut Bausatz Birkenesperrholz 3.2mm
- ca. 50 Zahnstocher, 2mm Durchmesser
- Weißer Holzleim (Bindulin Propellerleim, Ponal Express, ...)
- Kerzenstummel
- Schleifpapier Körnung 180
- Kreppklebeband
- viele Wäscheklammern
- kleine Feilen
- Sortierhilfen (Schalen, Plastikbeutel)
- Arbeitstisch groß.

## 3. Speicherwerk (memory unit)

Dieses Werk ist einfacher als die anderen, und sollte zuerst zusammengebaut werden.

Das Speicherwerk ist eine flache Kiste (ca. 33cm lang, 3cm hoch, 7cm tief) am unteren Ende der Maschine.

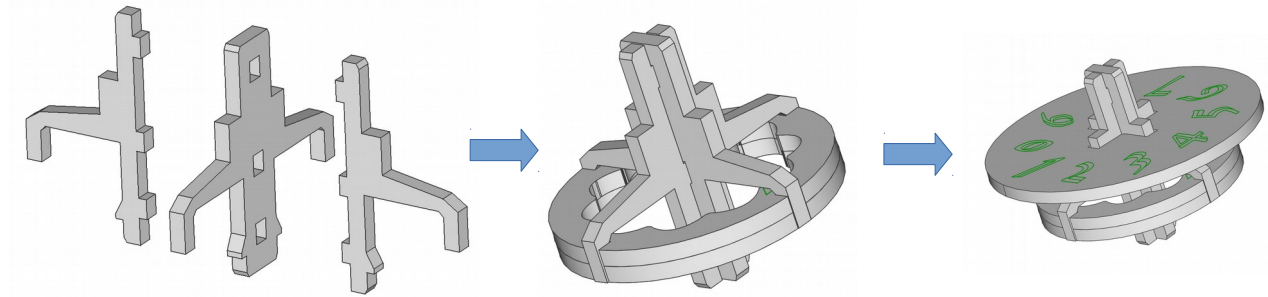
Auf der Oberseite sind sechs Drehknöpfe und sechs Fenster, die je eine Ziffer zeigen. Zu Beginn einer Multiplikation wird hier eine der beiden Zahlen durch die Drehknöpfe eingestellt.

Die Unterseite hat Aussparungen, um einen Blick in den Mechanismus zu erlauben.

## 6 Einstellräder

1x Welle Mittelteil, 2x Welle Seitenteil, 2x Zahnring, 1x Ziffernscheibe.

Auf den Zahnringen ist eine Ziffer "4" angebracht. Diese soll genau unter der großen "4" auf der Ziffernscheibe liegen. Die Ziffernscheibe wird nicht verklebt, nur lose aufgelegt.



## 6 Knöpfe,

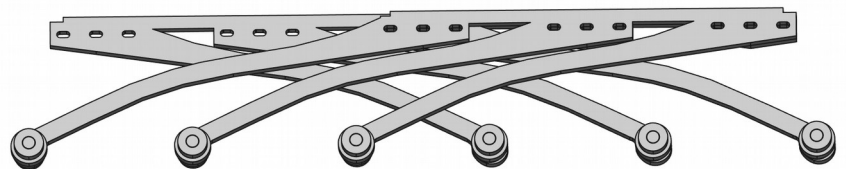
bestehend aus je zwei großen Teilen, einem kleinen ohne Loch, einem kleinen mit Loch. Weitere 6 Knöpfe werden je für das Addierwerk und Multiplizierwerk benötigt, also insgesamt 18.

Zum Verleimen der Knöpfe sollte eine fertige Welle als Positionierhilfe verwendet werden. Spararm leimen. Es soll kein Kleber ins Innere gelangen!



## Platt-feder

6x Achse 4mm, 12x Ring 8mm, 6x Ring 11mm, Federteil groß, Federteil klein, Die Federteile nur um die Langlöcher herum verkleben. Die Arme bleiben beweglich. Die kleinen Ringe sitzen fest auf den Achsen, der große Ring soll leichtgängig laufen. Alle 6 großen Ringe sollen auf gleicher Höhe positioniert werden. Bei den drei oben liegenden Armen wird die Welle weiter durchgesteckt, und je ein kleiner Ring kommt auf die Rückseite.



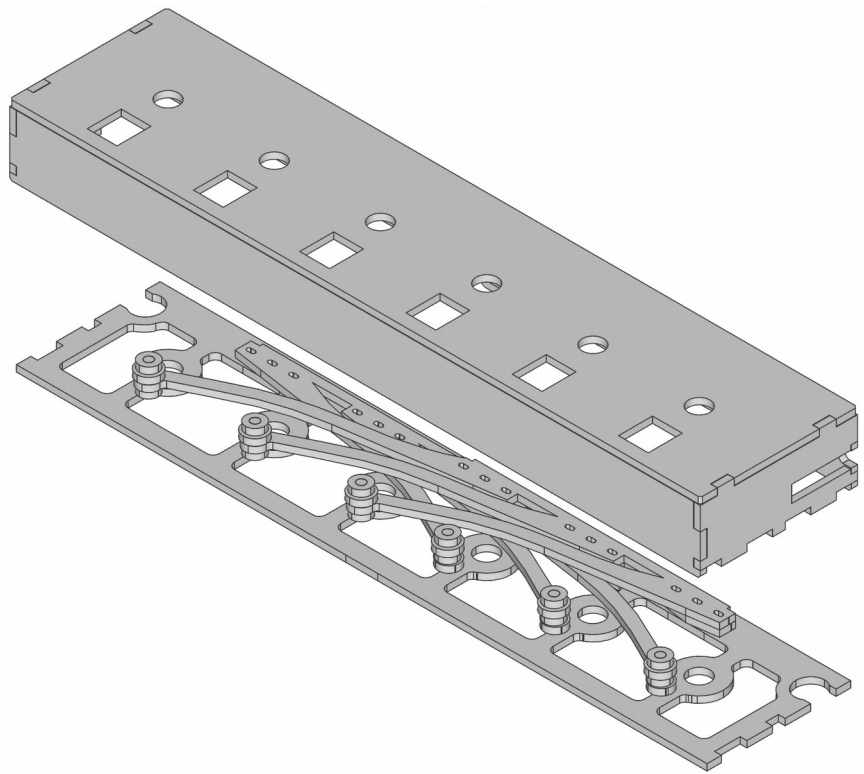
## Gehäuse

In die Bodenplatte werden 15 kurze Stücke Zahnstocher ein geleimt. Die Feder wird dort vorerst nur aufgesteckt, so dass die Zahnstocher mittig in den Langlöchern sind. Sollten später die Zahlen nicht mittig in den Fenstern stehen, kann die Feder noch justiert werden. Dann mit einem kleinen Punkt mit der Bodenplatte verleimen.

Zum Verleimen der Seitenteile und des Gehäuseoberteils Kreppband zum fixieren verwenden. Die Bodenplatte wird nicht mit dem Gehäuse verleimt, nur gesteckt.

Die Endmontage mit allen Wellen und Ziffernscheiben ist fummelig. Sobald alles seinen richtigen Platz hat, sollte die Bodenplatte mit Kreppband gesichert werden. Später ist sie durch die Seitenwände gesichert.

Die Knöpfe werden am Schluss auf die Wellen aufgesteckt, nicht verklebt.



#### 4. Multiplikationswerk (napier unit)

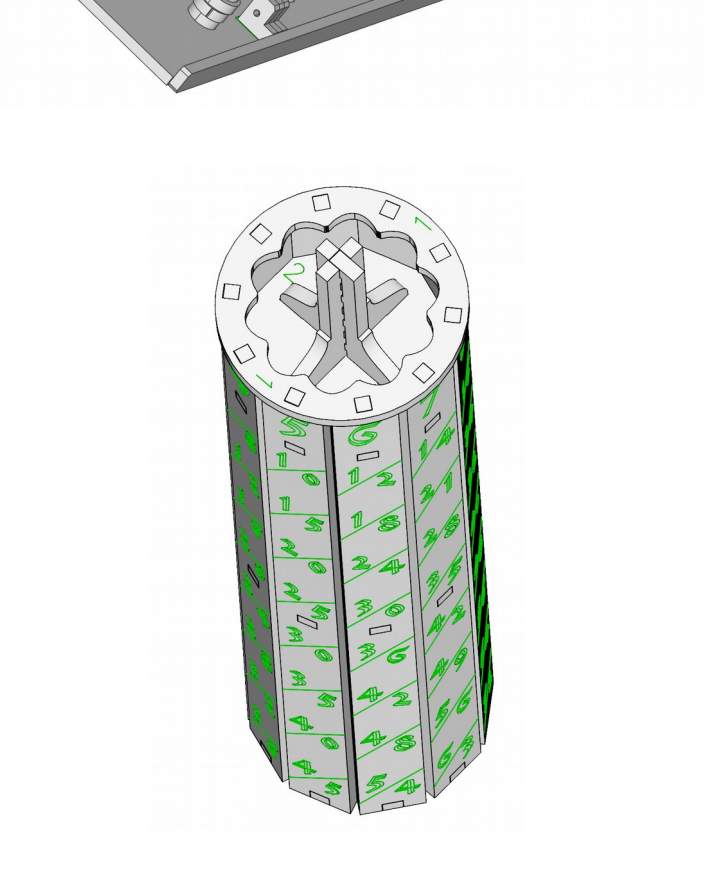
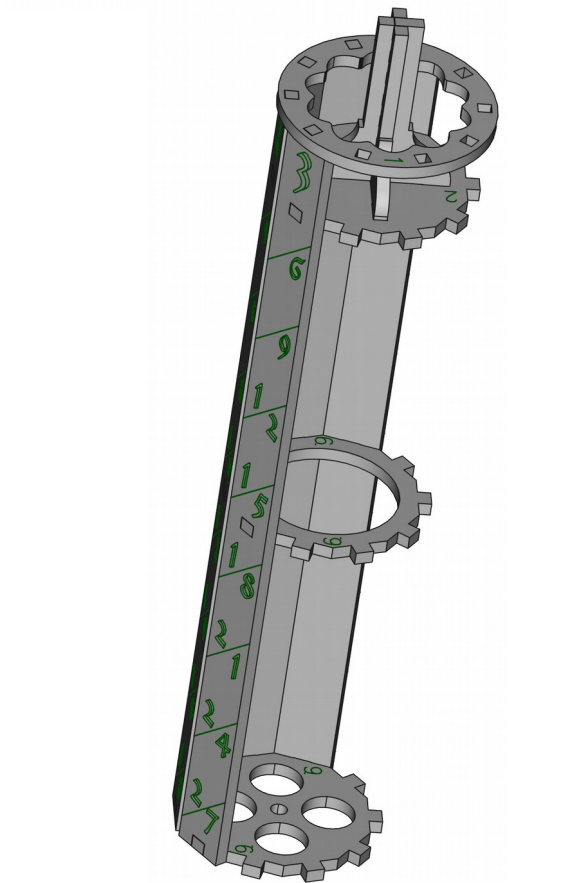
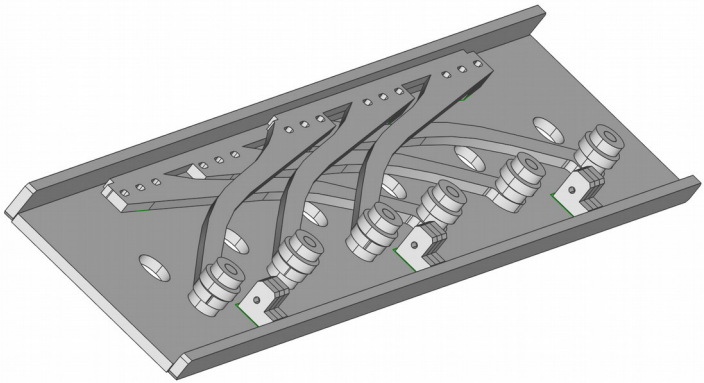
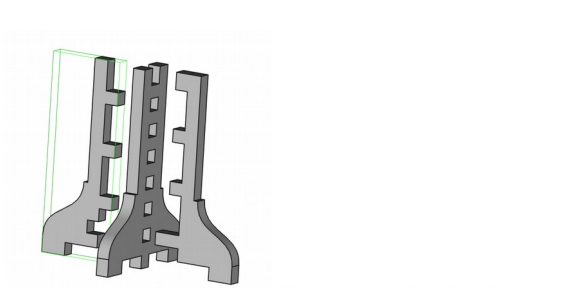
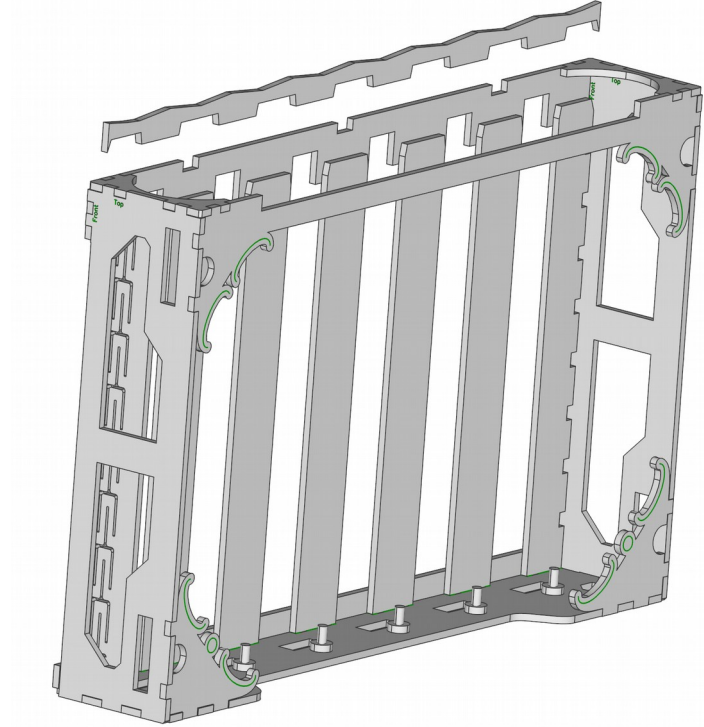
Dies ist der obere Teil der Maschine, wo Multiplikationen durchgeführt werden. Benannt nach John Napier welcher die Neper'schen Rechenstäbe erfand. Siehe auch [https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Napier](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Napier)

Dieser Teil sollte nach dem Speicherwerk gebaut werden, da er aufwändiger ist.

Das Multiplikationswerk ist eine Kiste (ca. 33cm x 21cm x 6cm) mit 6 aufrecht stehenden Walzen. Die Rückseite ist offen, um Anordnung der Walzen zu zeigen. Die Vorderseite wird von 8 Schiebern verdeckt, die in den Schlitzten der Seitenwände stecken und nicht mit dem Multiplikationswerk verbunden sind. Die Schieber können jeweils eine Zeile in der Multiplikationstabelle abdecken oder freigeben. An einer Seite wird eine Zickzack-Plattfeder mit 8 Federarmen eingeklebt, so dass die Köpfchen der Feder jeweils 2mm aus der Front herausragen. Diese Köpfchen bremsen die Schieber.

Im Deckel wird noch einmal die gleiche Federkonstruktion eingebaut wie im Speicherwerk. Hier sind allerdings die Löcher für die Zahnstocher nicht gebohrt, da diese sonst oben sichtbar wären. Die Federteile sollten nur punktuell verklebt und in den Deckel eingeklebt werden. Eventuell ist eine Nachjustage nötig, damit die Ziffern mittig in den Fensterchen stehen. Der Deckel wird nicht mit dem Rest der Einheit verklebt. Die Knöpfe werden erst nach Einbau in den Seitenwänden aufgesteckt, nicht verklebt.

Abbildungen:



## 5. Addierwerk (adder unit)

Das Addierwerk ist eine Kiste (ca. 33cm x 8cm x 8cm) in der Mitte der Maschine. Auf der Vorderseite sind sechs Knöpfe mit Scheiben mit je 10 Löchern. Das Addierwerk kann mit einem 6mm Rundstab oder einem Stift bedient werden, welcher in die Löcher einsticht. Die Oberseite der Kiste hat sechs Fenster, die das Rechenergebnis anzeigen.

Die Kiste hat keinen Boden und die Rückwand ist durchbrochen, so dass der komplizierteste Teil der Maschine gut sichtbar ist: Das Räderwerk. Dieser Mechanismus dient dem Zehnerübertrag zur jeweils nächsten Stelle. Wilhelm Schickard war vermutlich der erste, der einen solchen Mechanismus erdacht und gebaut hat. Siehe [https://en.wikipedia.org/wiki/Wilhelm\\_Schickard](https://en.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Schickard).

Die Frontplatte der Kiste hat am unteren Rand zwei Dreiergruppen Bohrungen für 2mm-Achsen. Diese Achsen werden aus Zahnstochern geschnitten, je ca. 10-15mm lang. Sie werden so in die Frontplatte eingeklebt, dass sie auf der Innenseite herausstehen. Nach dem Aushärten werden eventuelle Überstände außen verschliffen. Die Stifte halten später die Rastfeder.

Die Rastung der Räder wird durch eine komplexe Feder erreicht. Im Gegensatz zu den Federn im Speicherwerk und im Deckel des Multiplizierwerks besteht diese Feder aus einer Federplatte, die nach oben hin sechs kürzere, und nach unten hin 2 längere Federarme hat. Alle Arme dieser Federplatte müssen frei von Schäden sein, und mit Fingerkraft ca. 1mm nachgeben ohne zu brechen.

In die Augen der sechs kurzen Federarme werden 4mm-Achsen eingeklebt. Auf jede Achse werden zwei 11mm Ringe lose aufgesteckt, und mit einem verklebten 8mm Ring gesichert. Die 11mm Ringe müssen ohne Reib- oder Quietsch-Geräusche leichtgängig laufen. Mit reichlich Kerzenwachs schmieren. Die fertige Feder wird mit ihren 6 Langlöchern auf die Stifte gesteckt, aber nicht verklebt. Durch Verschieben in den Langlöchern wird das Addierwerk später justiert.

Die Rückwand besteht aus einer stark durchbrochenen Platte mit sechs großen Rundlöchern oben (beschriftet mit 1, 10, 100, 1.000, 10.000, 100.000) und 5 kleineren Rundlöchern unten (beschriftet mit A, B, C, D, E). An der oberen und unteren Kante der Rückwand werden je eine Stabilisierungsleiste (beschriftet mit "back wall strut") nach innen zeigend aufgeklebt. Die Rückwand wird (nach Einbau aller Räder) in die Seitenteile eingerastet. Nicht verklebt.

Die sechs Haupträder bestehen je aus einem Kopf mit Scheibe, einer Ziffernwalze, einer Kreuzwelle und diversen Zahnrädern. Knopf und Ziffernwalze sind immer gleich, aber Welle und Zahnräder müssen in zwei Varianten (zu je drei Stück) gebaut werden.

Lochscheibe und Knopf müssen so verklebt werden, dass immer die "schöne Seite" der Lochscheiben zum Knopf zeigt. Als Montagehilfe dafür können beide Teile auf eine Welle (siehe unten) aufgesteckt werden, die Welle ist zu ziehen bevor der Kleber aushärtet, da später die Wellen von innen und die Knöpfe von außen montiert werden müssen. Die Position der '0' ist mit einer kleinen Kerbe auf der Lochscheibe markiert. Diese Markierung muss bei der Endmontage beachtet werden.

Die Ziffernwalze wird aus einem Ring mit welliger Innenverzahnung, einer Scheibe und 10 Ziffernplättchen aufgebaut. Auf Ring und Scheibe ist die Position der '0' jeweils durch ein Rechteck markiert. Die '1' liegt links neben der '0', die '9' rechts.

Die Wellen bestehen aus drei Teilen, die kreuzförmig verklebt werden. Es gibt zwei verschiedene Sätze Wellenteile, beschriftet "1, 100, 10.000" bzw. "10, 1.000, 100.000".

Auf jedes Wellenkreuz wird zuerst eine fertige Ziffernwalze geklebt. Die Ziffernwalze wird von hinten aber mit der offenen Seite voran auf die Welle geschoben, so dass die Bodenscheibe der Ziffernwalze schließlich genau winklig auf 4 kleinen Zapfen sitzt und dort verklebt werden kann.

Zahnräder und Abstandsquadrat werden ebenfalls von hinten auf die Wellen gesteckt. Die Schrift zeigt bei allen Aufsteckteilen immer nach hinten. Alle Aufsteckteile haben je zwei Zahnstocherbohrungen. Diese müssen fluchten. Die großen 10-Zähne-Räder haben die Position der '0' mit einem Strich markiert.

Die Reihenfolge, in der die Teile auf die Wellen gesteckt werden, ist wie folgt:

3 Wellen "1, 100, 10.000":

- erst 2x Einzahn,
- dann 4x Abstandsquadrat,
- dann 2x 10-Zähne-Rad.

3 Wellen "10, 1.000, 100.000":

- erst 2x 10-Zähne-Rad,
- dann 4x Abstandsquadrat,
- dann 2x Einzahn.

Dabei sind die beiden Zahnstocherlöcher immer links. Mit den Zahnstochern werden alle Teile genau ausgerichtet. Alle bis auf das letzte Teil werden ohne Leim aufgesteckt, nur das letzte Teil und die beiden Zahnstocher werden verklebt. Überstehende Spitzen der Zahnstocher können abgeschnitten werden.

Die fünf Zwischenräder (carry wheels) bestehen aus je einer runden Welle, einer Gruppe Zahnrädern, und je zwei kleinen Ringen.

Die Wellen sind 6mm Buchenrundstäben, 90mm lang. Die Ringe haben 12mm Durchmesser.

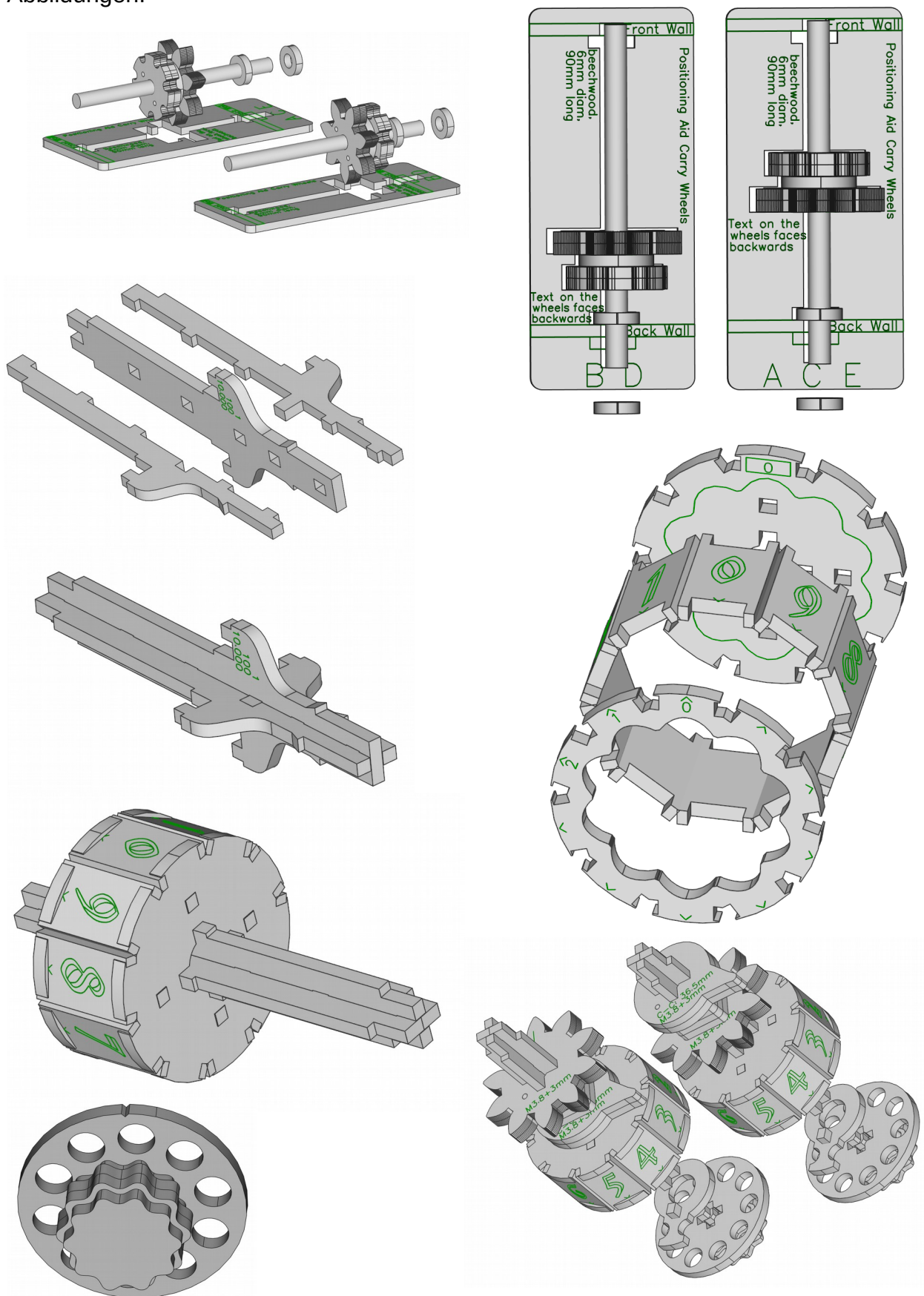
Auf der Rückwand sind die Positionen der Zwischenräder A, B, C, D, E beschriftet. Für die genaue Position der Zahnradgruppe gibt es zwei unterschiedliche Montagehilfe (Positioning Aid Carry Wheels). Mit der Montagehilfe "A,C,E" werden drei Stück aufgebaut, mit der Montagehilfe "B,D" nur zwei.

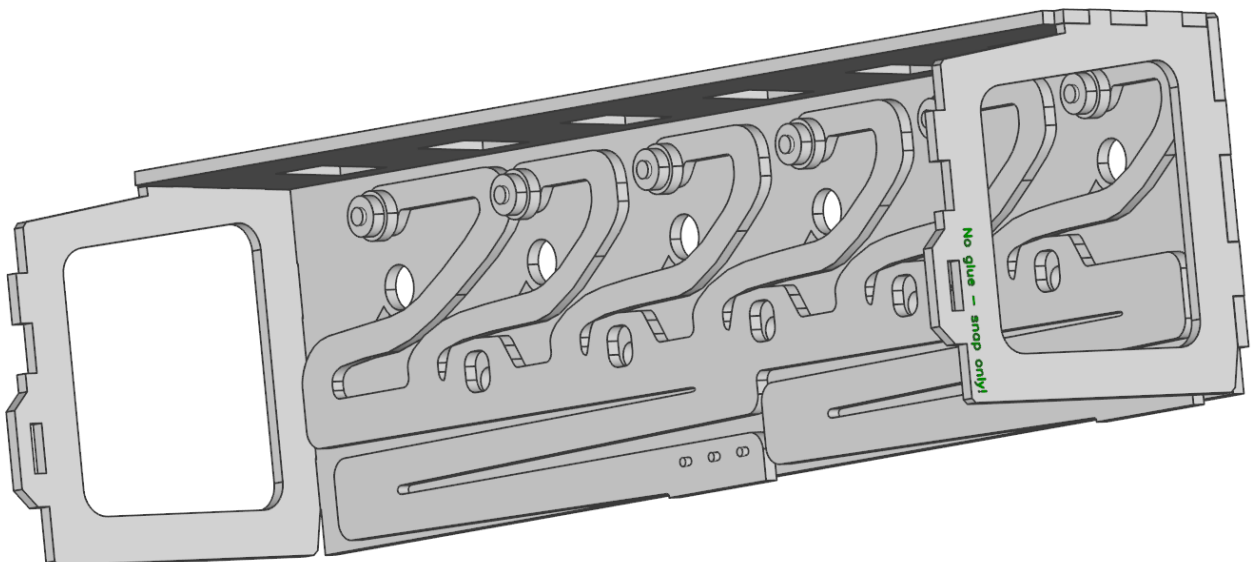
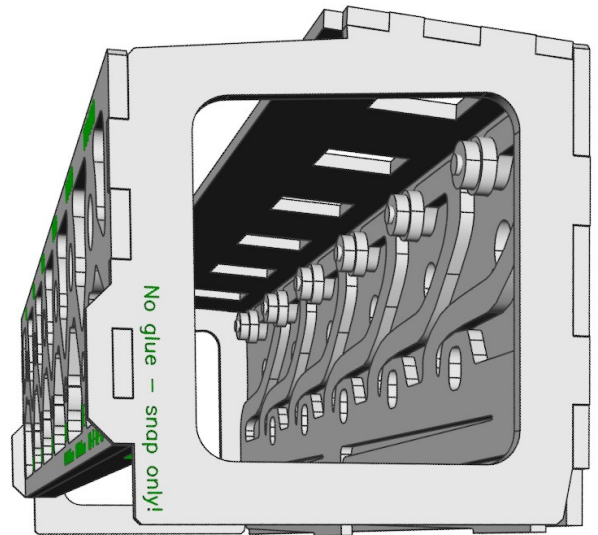
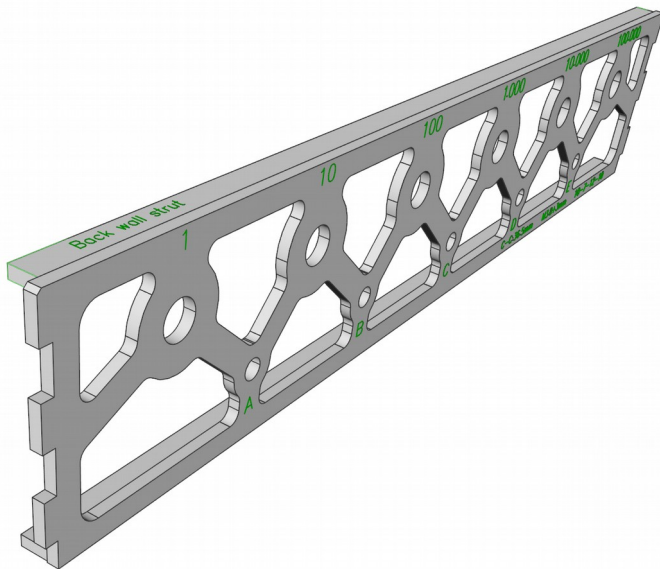
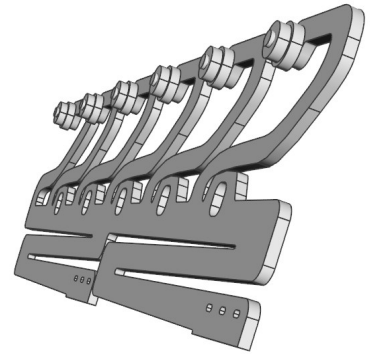
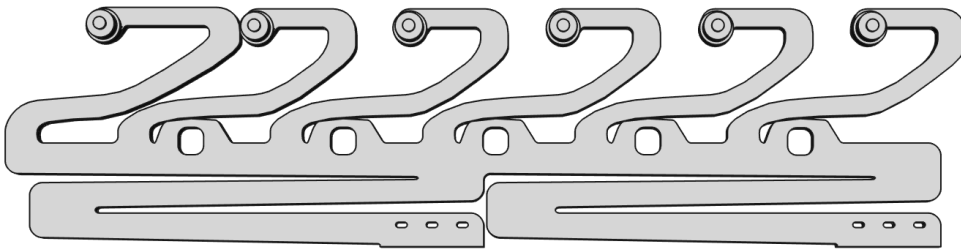
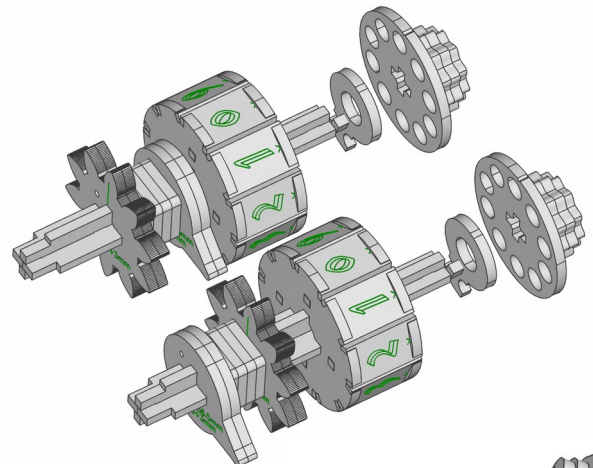
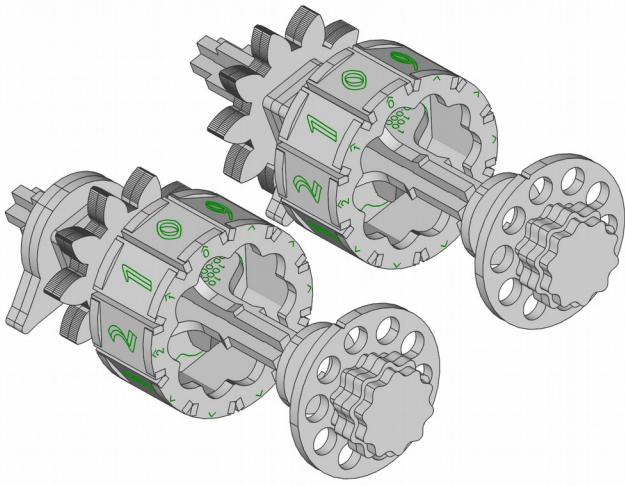
Die Montagehilfen entsprechen der Draufsicht von oben. Sie haben passende Öffnungen für die Ringe und Räder. Auch hier werden zwei Zahnstocher zur genauen Ausrichtung eingeklebt. Nur ein Ring wird entsprechend der Montagehilfe an der Innenseite der



Rückwand auf die Welle geklebt. Der zweite Ring wird später von außen auf die Welle gesteckt, um die Welle in der Rückwand zu positionieren. Sitzt dieser Ring locker, kann er leicht geklebt werden. Er sollte im Wartungsfall gelöst werden.

Abbildungen:







## 6. Seitenwände

Die Maschine ist modular aufgebaut. Jedes der drei Werke hat ein eigenes Gehäuse. Die linke und rechte Wand der Maschine halten die drei Werke in Position. Jede Wand besteht aus zwei Lagen Holz. Die innere Lage hat Aussparungen passend für die drei Werke. Zum Verleimen die beiden Lagen mit vielen Wäscheklammern exakt(!) fixieren.

Das Speicherwerk wird mit zwei Verbindern und zwei Keilen in den Wänden gehalten. Das Multiplizierwerk hat vier Verbinder und Keile, das Addierwerk keine.

Ein Wandverbinder besteht aus zwei gleichen Teilen. Diese werden mit Zahnstochern verstiftet und verleimt. Die lange gerade Grundfläche sollte geschliffen werden, damit die spätere Klebung auf der Seitenwand sehr gut hält. Für die genaue Positionierung aller Wandverbinder gibt es Positionierhilfen. Sollte bei einer Steckprobe ein Werk klemmen, dürfen die Öffnungen entsprechend ausgefeilt werden.

Es sind drei verschiedene Stärken Keile im Bausatz, insgesamt werden nur 6 Keile verwendet.

Abbildung:

