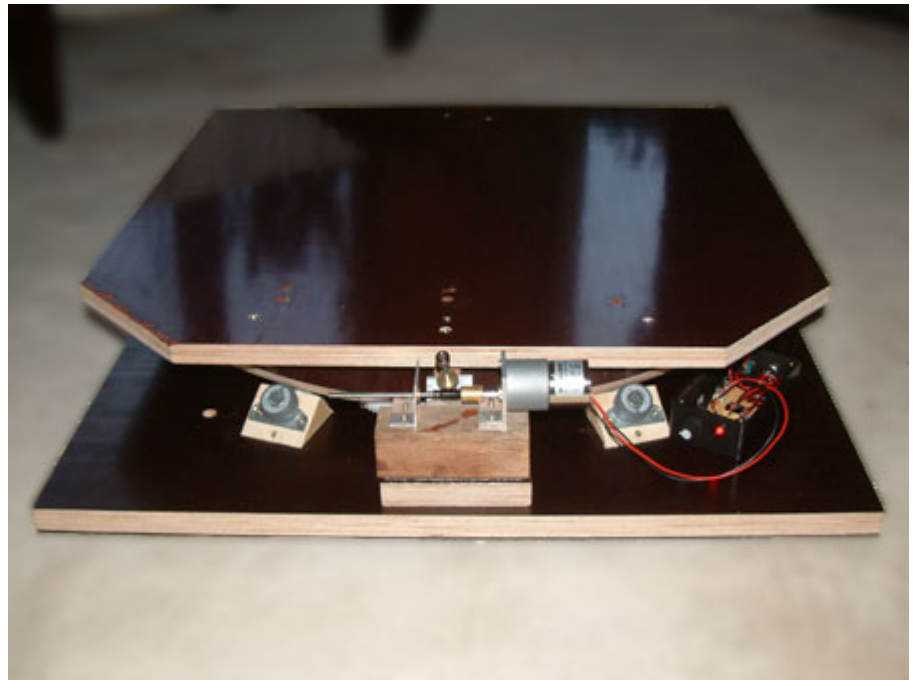


Die EQ-Plattform - Eine automatische Nachführung für den Dobson

Wer ein Dobson Teleskop besitzt, der liebt es für seine gleichsam intuitive wie genial einfache Konstruktion. Ein Objekt aufzusuchen geht vergleichsweise schnell, da man das Teleskop sanft mit „Handgeschwindigkeit“ in die richtige Richtung führen kann. Doch bleibt der Wermutstropfen, dass die zu beobachteten Objekte durch den Einfluss der Erdrotation recht schnell aus dem Okulargesichtsfeld wandern. Bei geringen



Vergrößerungen fällt dies noch nicht so sehr ins Gewicht, man schiebt das Teleskop eben regelmäßig hinterher. Bei hohen Vergrößerungen wird aber schnell klar, dass eine automatische Nachführung eine prima Sache wäre...

Angeregt durch die großartigen Seiten von [Reiner Vogel](#) und [Fred van Gestel](#) entschloss ich mich, eine EQ-Plattform (=Äquatoriale Plattform) für den 12“ Lightbridge Dobson anzufertigen. Das Funktionsprinzip ist einfach und entspricht der Philosophie von John Dobson, mit einfachen Mitteln hohe Funktionalität zu erreichen. Im Folgenden möchte ich berichten, wie ich eine solche Plattform angefertigt und an meine Bedürfnisse angepasst habe. Es gibt im Web eine Vielzahl von Links zum Thema, wobei ich die Lektüre der beiden oben erwähnten Webseiten im Vorwege ausdrücklich empfehlen möchte, um ein grundsätzliches Verständnis für die Funktion und den Bau einer EQ-Plattform herzustellen.

Wer den Link zu Freds Seiten verfolgt hat, der wird auf das Excel-Spreadsheet bzw. den [Onlinerechner](#) für die Planung einer EQ-Plattform gestoßen sein. Dieses Tool ist sehr wertvoll, denn es erspart später die mühevollen Rechnerei bei der Ermittlung der benötigten Maße. Dennoch ist es absolut ratsam, sich eine maßstabsgerechte Zeichnung der Plattform anzufertigen, und die berechneten Werte dort einzuzeichnen. Vieles wird so auf einen Blick deutlich.

Aber selbst mit der Zeichnung in der Hand ging es zumindest mir so, dass ich bei der Planung der Plattform Fragen hatte, deren Antworten sich nur mühsam und verstreut auf den Webseiten finden ließen. Insbesondere scheint es keine deutschsprachige Webseite zu geben, in der die benötigten Berechnungen komplett und nachvollziehbar dargestellt sind. Da dies für die Planung der Plattform aber naturgemäß nicht unerheblich ist, habe ich mich daran gemacht, insbesondere die Planungsphase meiner EQ-Plattform zu dokumentieren. Ich hoffe, mit diesem Beitrag die bestehende Lücke rund um die Planung einer Plattform ein wenig zu schließen und andere zu ermuntern, ebenfalls mit dem Bau einer Plattform zu beginnen.

Die hier vorgestellte EQ-Plattform ist ein typischer Nachbau der Konstruktion von Reiner Vogel, mit einigen Ideen von Fred sowie den nötigen Anpassungen an meine Bedürfnisse. Entschieden habe ich mich für die Version mit schräggestelltem Kreissegment sowie schrägem Südlager. Der Antrieb erfolgt mittels Zahnstange und einem RB35 1:600 Motor.

Nicht zuletzt möchte ich an dieser Stelle allen jenen danken, die mir per eMail oder ihre Webseiten Ideen und Kniffe vermittelt haben. Insbesondere gilt mein Dank Reiner Vogel, Mario Weidner, Christof Gurdan und Ekkehard.

Ein ganz besonderes Dankeschön geht an Fred van Gestel - Fred, Deine Einkaufsliste ist genial!

Autor: Harry Siegel
Version 0.1 - Stand 20.04.08

Die jeweils aktuellste Version dieses Dokuments findet sich unter:
<http://www.hasipara.de/astro>

Für Korrekturen oder Ergänzungen bin ich jederzeit aufgeschlossen. Bitte hierfür eine Mail an: harry@hasipara.de schicken

Schritt 1 – Den Schwerpunkt des Teleskops ermitteln

Da die Polachse bei einer EQ-Plattform durch den Schwerpunkt des gesamten Teleskops gehen sollte, muss zunächst der Schwerpunkt des gesamten Teleskops (also Tubus + Rockerbox) ermittelt werden. Dies ist für den Tubus recht einfach: im Idealfall liegt der Schwerpunkt in der Drehachse der Höhenräder. Im Falle des 12“ Lightbridge stimmt dies aber nur, wenn neben der Zuladung auch entsprechende Gegengewichte an der Spiegelzelle angebracht werden. Da sich das Gesamtgewicht dadurch entsprechend erhöht, muss dies beim Ermitteln des Tubusgewichts berücksichtigt werden. Da ich ohnehin den Schwerpunkt des leeren Lightbridges überprüfen wollte, habe ich das Teleskop in seine Bestandteile zerlegt und den Schwerpunkt der Komponenten zunächst einzeln ermittelt.

Es gilt: Drehmoment = Gewicht der Komponente * Strecke zum Nullpunkt

Der Nullpunkt ist dabei der untere Rand der Spiegelzelle.

Weiterhin gilt: Schwerpunkt = Summe aller Momente / Summe aller Gewichte

Nicht jede Komponente ist auf diese Weise exakt zu bestimmen (wo hat der Telrad seinen Schwerpunkt?). Die Praxis zeigt aber, dass im Zweifelsfall mit einer vernünftigen Daumenpeilung und einem Maßband zurechtzukommen ist. Bei nicht symmetrischen Körpern wie der Rockerbox, führt eine andere Methode evt. schneller zum Ziel: Das Austarieren mit dem Besenstiel. Dabei wird der Körper quer auf zwei Besenstiele gelegt, welche dann langsam aufeinander zu bewegt werden. Dort wo sie sich treffen ist der Schwerpunkt. Diese Methode funktioniert am besten zu zweit ;-)

Für den Lightbridge ergaben sich die folgenden Werte:

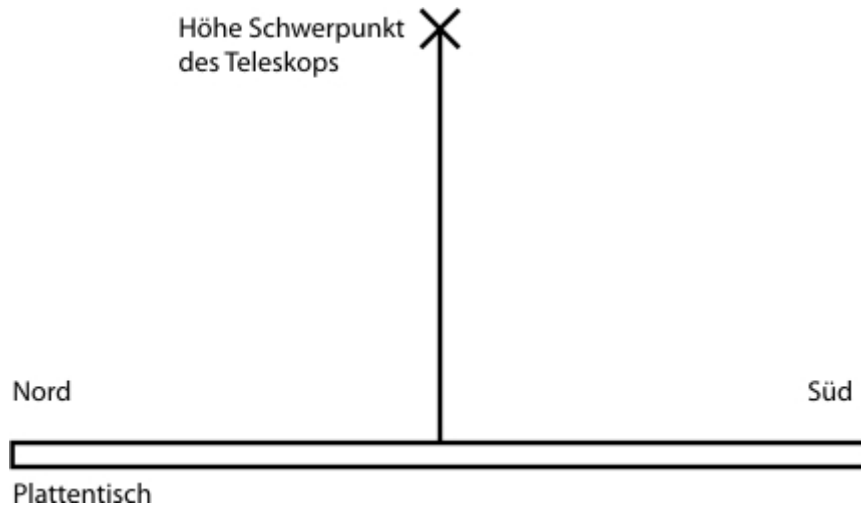
Schwerpunkt Tubus (mit Zuladung): 430 mm / Gewicht: 23 kg

Schwerpunkt Rockerbox: 100 mm / Gewicht 13 kg

Schwerpunkt gesamtes Teleskop: 310 mm

Der Schwerpunkt des leeren Tubus liegt übrigens bei 41 cm, also satte 3 cm über dem Mittelpunkt der Höhenräder. Um ihn auf die verbauten 38 cm zu bekommen müsste ich 4,5 kg Gegengewichte installieren. Das widerspricht meinem Anspruch das Teleskop auch transportieren zu können, weshalb ich derzeit maximal 2 kg an der Spiegelzelle montiere und dafür die Höhenradbremse nutze.

Was passiert, wenn der Schwerpunkt zu hoch oder zu niedrig angesetzt wird? Nun, in beiden Fällen wird die Plattform nicht mehr kräftefrei bewegt. Ist der wahre Schwerpunkt niedriger, muss der Motor mehr Kraft aufwenden. Liegt der wahre Schwerpunkt (sehr) viel höher, besteht in letzter Konsequenz die Gefahr, dass das Teleskop von der Plattform kippt. Aber keine Angst, die Konstruktion hat sich in der Praxis als äußerst fehlertolerant erwiesen. Man sollte nur nicht mutwillig schlampen.



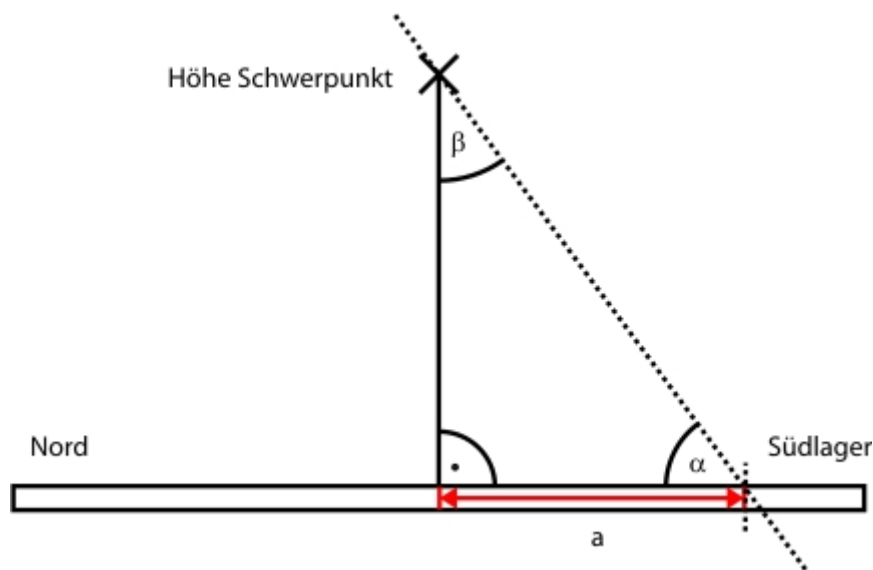
Für die anzufertigende Zeichnung gilt natürlich, dass der Schwerpunkt auf der Azimutachse des Dobsons eingezeichnet wird. Sozusagen mittig im Bild ;-)

Weiterhin bezieht sich der so gewonnene Schwerpunkt für die folgenden Berechnungen auf die Höhe über dem Plattentisch.

Schritt 2 – Position des Südlagers bestimmen

Mit unserem nagelneuen Schwerpunkt können wir nun die genaue Position **a** des Südlagers bestimmen. Hierzu benötigen wir allerdings zuvor noch die nördliche Breite unseres Standortes. In meinem Fall $53,5^\circ$ (Hamburg). Die sportliche Variante ist, den Wert mit einem GPS zu ermitteln. Alle anderen nehmen GoogleEarth. Die nördliche Breite entspricht dem Winkel des Äquators zum Himmelspol und um diese Achse wollen wir unsere Plattform ja schwenken. Winkel α ist also ermittelt. Da die anstehende Berechnung in einem (rechtwinkligen) Dreieck stattfindet, benötigen wir noch β , welcher $[90-\alpha]$ entspricht.

Die Strecke **a** berechnet sich wie folgt:



$$\begin{aligned} & (\text{Schwerpunkt} / \sin(\alpha)) * \sin(\beta) \\ & = (310 / \sin(53,5)) * \sin(36,5) = 229 \text{ mm} \end{aligned}$$

Da ungerade Zahlen das Rechnen erschweren und wir sowieso nicht auf den letzten Millimeter genau arbeiten werden, runden wir großzügig auf 230 mm.

Wir wissen jetzt, in welcher Entfernung zur Azimutachse die Polachse durch unseren Tisch stößt und somit, wo das Südlager zu montieren ist. Idealerweise befindet sich an diesem Punkt auch ein Teflonpad / Standfuß, so dass die auftretenden Kräfte direkt abgeführt werden können. Liegt das Südlager deutlich weiter außen, gibt es mehrere Möglichkeiten, die Konstruktion stabil zu halten:

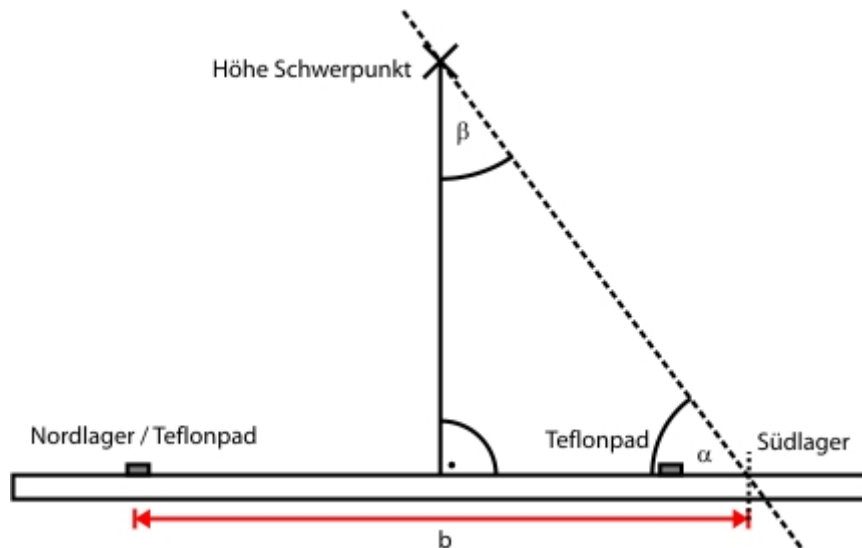
1. Die Konstruktion wird z.B. durch Leisten entlang der Platte versteift.
2. Alternativ wird das Südlager parallel versetzt (näher an das Nordende und höher)
3. Dritte und schlechteste Lösung ist das stumpfe Verkürzen von **a** auf einen besseren, näheren Wert. Damit verschiebt sich die Polachse aber nur näher an das Nordende und somit aus dem Schwerpunkt des Teleskops. Bei einem sowieso vorher schon daumengepeilten Schwerpunkt könnte dies die Funktion der Plattform evt. empfindlich stören.

Beim Bau dieser Plattform ergaben sich diese Probleme nicht. Die Teflonpads liegen 220mm von der Azimutachse entfernt und mit 10mm Abstand zum Südlager – absolut im grünen Bereich der Konstruktion.

Es ist noch zu beachten, dass die errechnete Position nur den vorderen Punkt eines Bereiches markiert, den das Südlager abdeckt. Die Verlängerung der der Achse reicht ja bis auf die Grundplatte, also weiter nach außen. Dies ist wichtig für die Position der Lagerböcke. Bei einem Auflager muss der Lagerpunkt irgendwo entlang der Achse liegen und nicht direkt unterhalb der soeben errechneten Position! Bei einem schrägen Lager muss beachtet werden, dass der untere Lagerbock sich weiter nach Süden verschiebt, wenn später der Abstand von Plattentisch zu Grundplatte vergrößert wird. Die Grundplatte muss also entsprechend dimensioniert sein.

Schritt 3 – Position des Nordlagers bestimmen

Der Abstand des Nordlagers zum Südlager ist in sinnvollen Grenzen frei wählbar. Wie schon beim Südlager ist es ratsam, das Nordlager so dicht wie möglich zu den Teflonpads / Standfüßen der Rockerbox zu bringen, um eine optimale Kraftableitung zu gewähren. Bei Verwendung von Freds Tabelle wird der Abstand **b** zwischen Nord- und Südlager bestimmt, indem einfach zu **a** der Abstand zwischen Teflonpad und Azimutachse addiert wird.



So habe ich es auch getan, deshalb ergibt sich für diese Plattform $230\text{mm} + 220\text{mm} = 450\text{mm}$ – Und fertig.

Diese Vorgehensweise ist aber eigentlich falsch, denn unsere nördlichen Teflonpads liegen ja gar nicht auf der Nord-Süd-Achse, sondern idealer Weise in einem Winkel von 60° davon. Korrekt würde der Abstand **b** in obigen Beispiel also per $a \cdot \cos(60) + \text{Abstand Azimutachse}$ bei 354mm liegen.

Beide Varianten haben Vor- und Nachteile. Die erste Variante hat den Vorteil, dass der Motor später entlastet wird, da die Kräfte dezentral und mehr in Richtung des Südlagers abgeleitet werden. Durch die dezentrale Kraftableitung ergibt sich aber eine stärkere Schwingungsanfälligkeit.

Die zweite Variante ist weniger schwingungsanfällig, da im Idealfall alle drei Lagerpunkte ein Drittel der Kräfte ableiten. Dafür muss der Motor bei schweren Teleskopen mehr arbeiten.

Im Falle dieser Plattform bin ich erst in der mittleren Bauphase über diesen Umstand gestolpert. Für den Lightbridge ist Freds Herangehensweise aber gar nicht so schlecht, denn das Teleskop ist sehr schwer, und ich wollte den Antrieb gerne 1:1 übernehmen. Sollte das ganze zu sehr schwingen, werde ich noch Versteifungen unterhalb des Plattentischs montieren.

Schritt 4.1 – Radius des Kreissegmentes bestimmen

Dieser Schritt ist von allen der wichtigste und zugleich auch der rechenintensivste. Durch den Abstand **b** wissen wir nun, an welcher Position unser gedachter Kreis die Platte schneiden muss. Was noch fehlt ist der korrekte Radius des Kreises. Zeichnerisch wäre die Sache schnell erledigt. Senkrecht zur Polachse wird eine Verbindungslinie zu **b** gezeichnet. Dann weiter durch den Tisch, bis auf die Höhe über der Grundplatte, welche wir als Platz für unsere Gegenrollen benötigen.

Überraschenderweise führt diese Strecke nicht unbedingt durch den Schwerpunkt, wie es vielleicht zu erwarten wäre. Dies ist korrekt und hat mit der Geometrie des Kreissegmentes zu tun. Allerdings darf das einmal berechnete Kreissegment anschließend nicht mehr in Nord-Südrichtung verschoben werden. Denn unser gedachter Kreis stellt in Wirklichkeit ja einen Schnitt durch einen Konus dar, welcher auf unserem Plattentisch liegt. Und wie schon erwähnt kann die Position des Nordlagers zunächst in sinnvollen Grenzen frei bestimmt werden. Würde **b** nun irgendwo anders liegen, würde sich der Kreisradius entsprechend vergrößern oder verringern - die Drehachse läge aber immer noch auf der Polachse der Konstruktion. Bei einer nachträglichen Verschiebung des Segments jedoch würde sich der Winkel zur Polachse verändern. Dies würde zwangsläufig zu einer taumelnden Bewegung der Plattform führen und letztlich in einer Verkantung des Segments mit den Rollen enden. Ein Millimeter mehr oder weniger ist sicher nicht kritisch. Bei einer größeren Abweichung wird es aber schnell unangenehm.

Wir merken uns deshalb: Wichtig für die Funktion der Plattform ist, dass das Kreissegment

1. im rechten Winkel zur Polachse montiert wird (entspricht Winkel β zum Tisch)
2. und dass das einmal errechnete Kreissegment seinen vorher bestimmten Abstand zum Südlager beibehält. Es ist anschließend nicht mehr verschiebbar!

Aber zurück zum Berechnung des Kreissegmentes. Wir haben an das Segment mehrere Ansprüche. Zunächst soll es eine gewisse Breite haben, entsprechend der Breite unseres Plattentisches. Zum zweiten möchten wir die gesamte Plattform nicht unnötig hoch bauen, so dass wir die Höhe des Segments im Auge behalten müssen. Bei der Konstruktion der vorliegenden Plattform war mir die Höhe wichtiger als die Breite, deshalb zäumen wir das Pferd nun von unten auf:

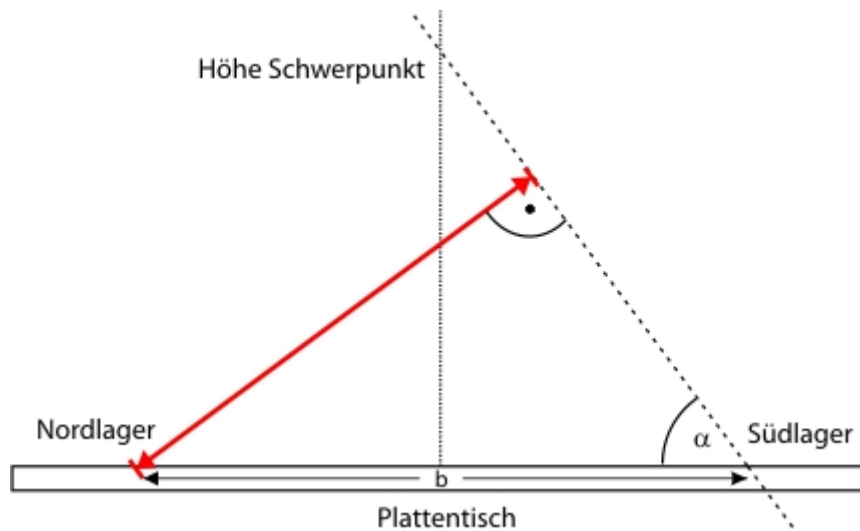
- die Bodenplatte hat eine Höhe von 18mm
- darüber schwebt das Kreissegment in einem Abstand von 18mm (wir benötigen ja auch Platz für unsere Gegenrollen)
- im Abstand von 70mm befindet sich der Tisch
- welcher nochmals mit 18mm zu Buche schlägt.

Macht insgesamt 106mm.

Die Höhe der Gegenrollen ist von mir grob geschätzt worden, und in der Realität wurde die Plattform dann doch höher. Dies ist aber nur insofern wichtig als sich mit zunehmender Höhe der Lagerbock auf der Grundplatte in Richtung Süden verschiebt. Bei einer zunächst überdimensionierten Grundplatte kann die endgültige Höhe auch noch nach der Berechnung empirisch ermittelt werden. Schlussendlich kommen für die Gesamthöhe der Plattform noch die Füße unter der Bodenplatte hinzu, aber auch diese spielen für die weiteren Berechnungen keine Rolle.

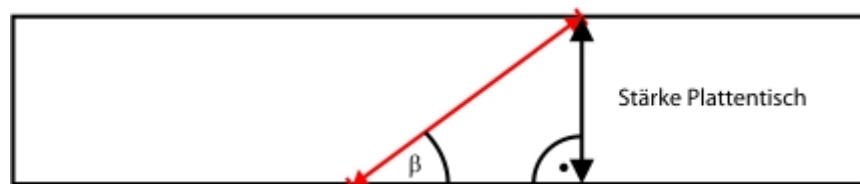
Um den Radius unseres Segmentes zu Berechnen benötigen wir vier Komponenten:

1. Länge der Strecke von der Polachse zum Durchstoßpunkt b



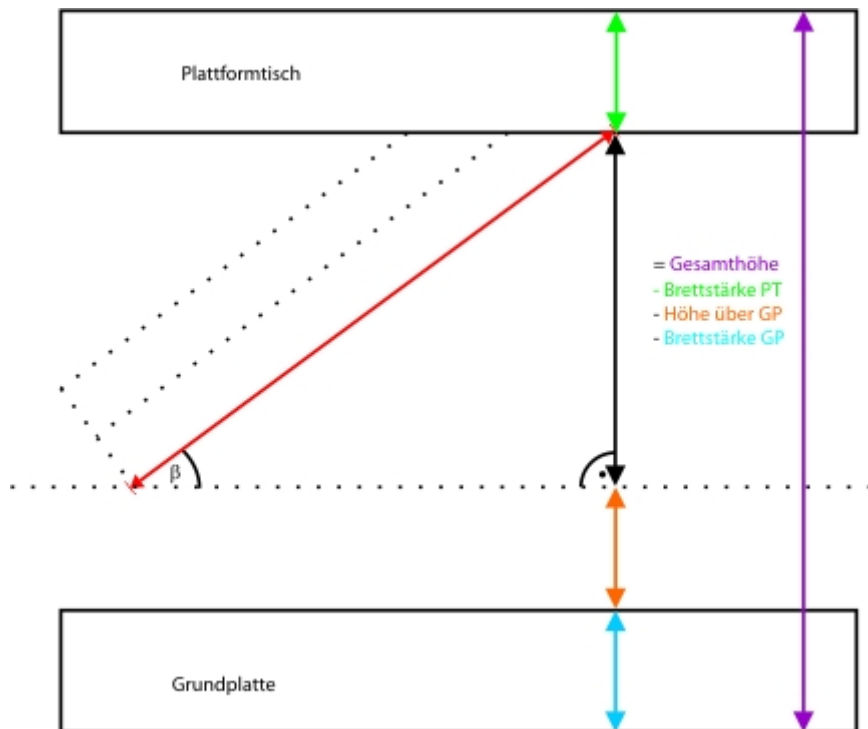
$$b * \sin(\alpha) \\ = 450 \text{ mm} * \sin(53,5) = 361,7 \text{ mm}$$

2. Länge der Strecke vom Durchstoßpunkt b zum Durchstoßpunkt auf der Unterseite des Tisches



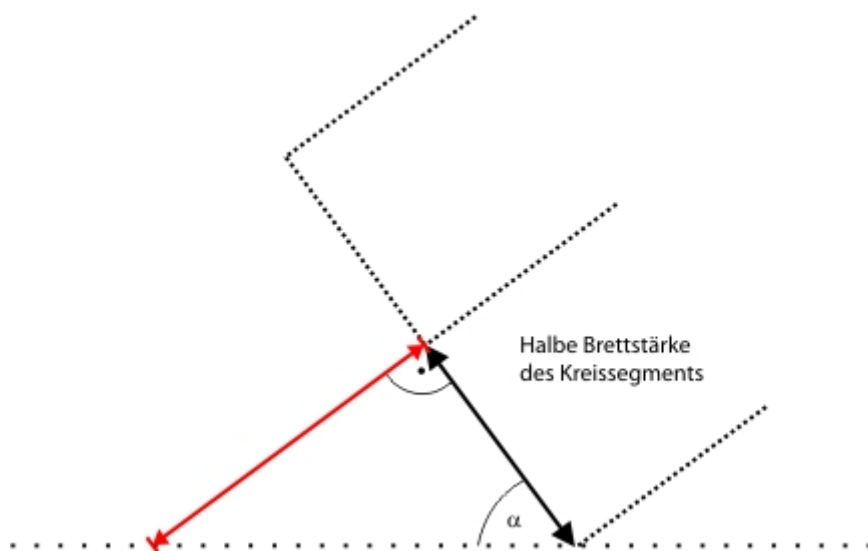
$$\text{Stärke Plattentisch} / \sin(\beta) \\ = 18 \text{ mm} / \sin(36,5) = 30,3 \text{ mm}$$

3. Länge der Strecke der südwärts gewandten Seite des Segments (Höhe des Segments)



$(\text{Abstand Grundplatte zum Plattentisch} - \text{Abstand Grundplatte zum Segment}) / \sin(\beta)$
 $= 52 \text{ mm} / \sin(36,5) = 87,4 \text{ mm}$

4. Differenz zwischen der Höhe in der Mitte des Segments zur Höhe des Segments (Südliche Seite)



$(\text{Stärke des Segmentbretts} / 2) * \sin(\alpha)$
 $= 9 \text{ mm} * \sin(53,5) / \sin(36,5) = 12,2 \text{ mm}$

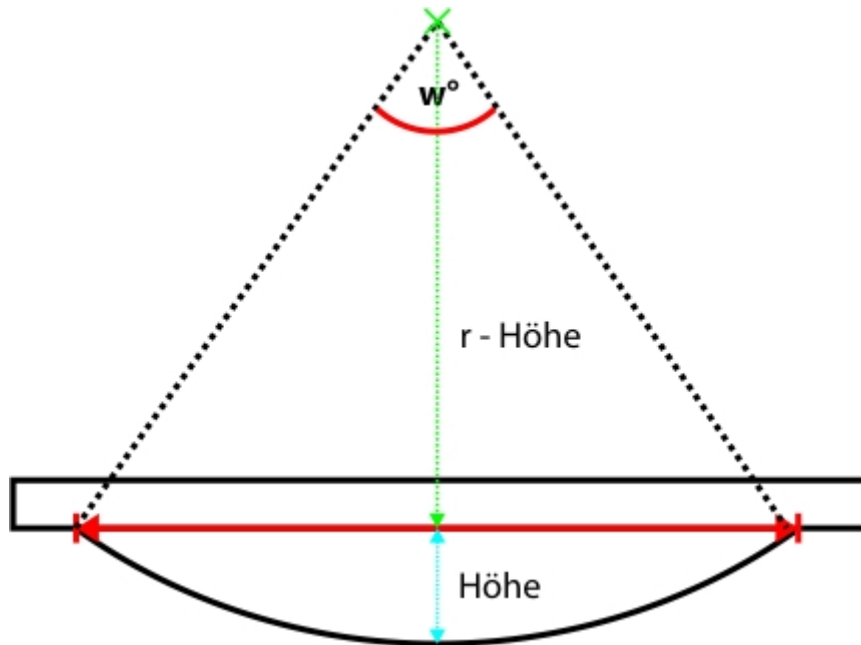
Der Radius des Kreissegments ist folglich:

$$361,7 \text{ mm} + 30,3 \text{ mm} + 87,4 \text{ mm} - 12,2 \text{ mm} = 467 \text{ mm}$$

Da die Stirnseite des Kreissegments später im Winkel α abgesägt wird, ergeben sich zwei Segmenthöhen. Die dem Südlager zugewandte Seite ist die lange Seite des Kreissegments (Höhe des Segments). Die dem Nordlager zugewandte Seite ist entsprechend die kurze Seite.

Schritt 4.2 – Breite und Lauffläche des Kreissegmentes bestimmen

Um nun die Breite des Kreissegmentes zu berechnen, müssen wir zunächst den Winkel, den das Segment aufspannt, berechnen:



$$w = 2 * \arccos ((\text{Radius} - \text{Höhe des Segments}) / \text{Radius})$$

Für unser Beispiel ergibt sich also $w = 2 * \arccos ((467 - 87) / 467) = 71,08^\circ$

Durch den ermittelten Winkel können wir nun die Breite des Segments berechnen:

$$\begin{aligned} \text{Breite} &= 2 * \text{Radius} * \sin (w/2) \\ &= 934 * \sin (35,54) = 543 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hiermit ist logischerweise auch die minimale Breite des Plattentisches ermittelt.

Die gesamte Lauffläche unseres Segments beträgt

$$\text{Radius} * \pi * (w/180) = 579 \text{ mm}$$

Für eine Stunde Nachführung muss sich die Plattform aber nur um 15° drehen, weshalb sich mit obiger Rechnung und $w=15$ eine Lauffläche von 122mm ergibt.

Schritt 4.2 – Plattenmaße

Für die hier vorgestellte Plattform wurde der Plattentisch von mir zunächst mit 640mm x 640mm deutlich überdimensioniert, da die Rockerbox des Lightbridge mit 64cm Durchmesser nicht gerade klein ist, und ich für einen ersten Funktionstest die komplette Rockerbox auf den Plattentisch stellen wollte. Die Maße für die Grundplatte orientieren sich mit 640mm x 740mm wiederum an den Maßen für den Plattentisch, wobei am Nordende von mir noch 100mm zugegeben wurden, um Platz für die Lagermechanik sowie den Antrieb zu lassen (einmal zu wenig abgesägt ist generell immer besser, als einmal zuviel). Je nach weiterem Vorgehen und verfügbaren Materialien unterscheiden sich die benötigten Plattenmaße ab hier ohnehin, so dass eine starre Vorgabe während der Planung eher kontraproduktiv wäre.

Es ist noch zu beachten, dass sich die unter Schritt 2 und Schritt 3 errechneten Positionen des Süd- und Nordlagers auf die Oberfläche des Plattentischs beziehen (Durchstoßpunkt). Die wahren Montagepositionen ergeben sich aus den jeweiligen Verlängerungen der Geraden durch den Plattentisch. Die zur Ermittlung erforderlichen Dreiecksberechnungen sind analog zu den bisher getätigten und sollten kein Problem darstellen.

Es sei nicht unerwähnt, dass mir beim Zusammenbau eben dieser Fehler unterlaufen ist – trotz Zeichnung. Es ist also ratsam, die Sache langsam angehen zu lassen, und sich lieber zweimal bei den Maßen zu versichern, als einmal zuviel zu bohren / sägen.