

# **Baudokumentation „Interminatus“**

Gebaut im Rahmen der Maturarbeit

**Interminatus**

—

**endlos in der Luft mit Sonnenenergie**

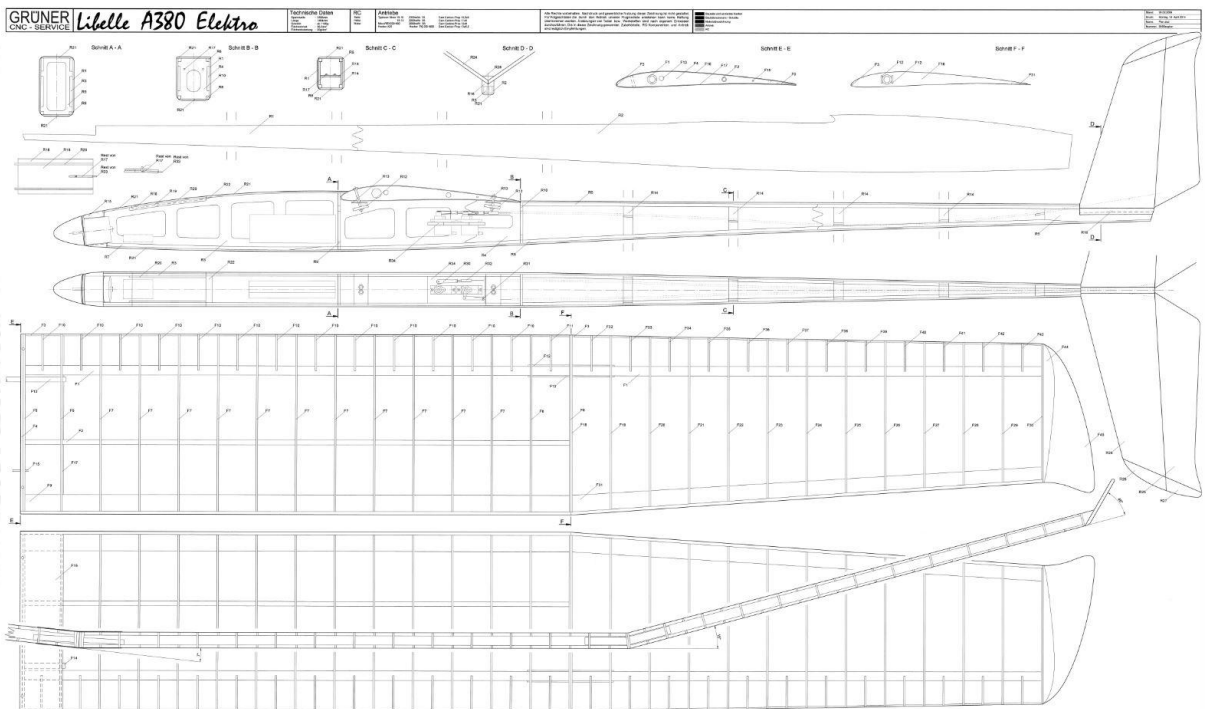
*Planung, Bau und Fliegen eines Solarflugzeuges*

von Marco Heim

# Das Flugzeug

Das Trägermodell *Libelle A380 elektro* ist ein Holzbausatz, bestehend aus lasergeschnittenen Balsa- und Sperrholzteilen. Die gesamte Konstruktion ist auf eine möglichst geringe Gesamtmasse und gute Segelflugeigenschaften ausgelegt. Der Rumpf ist klassisch als Kasten ausgeführt und bietet reichlich Platz für Komponenten. Der Flügel ist eine Rippenkonstruktion mit doppelter V-Stellung, verstärkt mit zwei Kohlefaser-Rohrholmen. Das V-Leitwerk trägt zur niedrigen Abflugmasse bei.

Gesteuert wird das Flugzeug über Motordrehzahl, Höhen- und Seitenruder. Die Spannweite beträgt ca. 2.6 m, die solare Abflugmasse liegt zwischen 1.15 und 1.65 kg (je nach Akku). Die maximale Leistung des Solarmoduls bei Testbedingungen (1000 W/m<sup>2</sup>, 25°C) ist 65 W.



**Originalbauplan der Libelle A380 elektro**

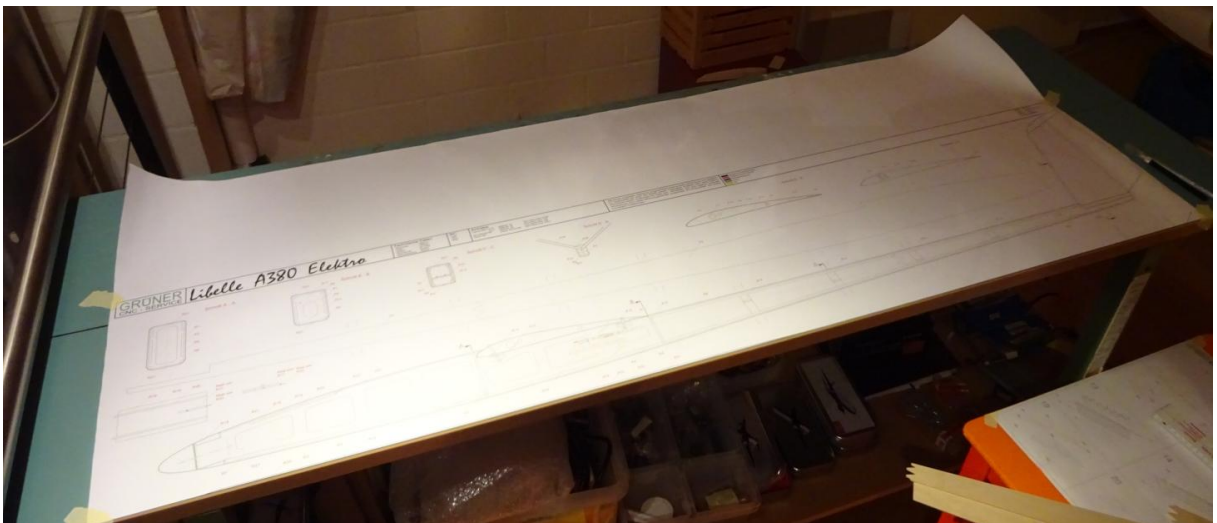
# Der Baukasten



**1. Die lasergeschnittenen Einzelteile des Bausatzes**



**2. Das benötigte Zubehör**



**3. Der Bauplan wird auf dem Bautisch befestigt.**

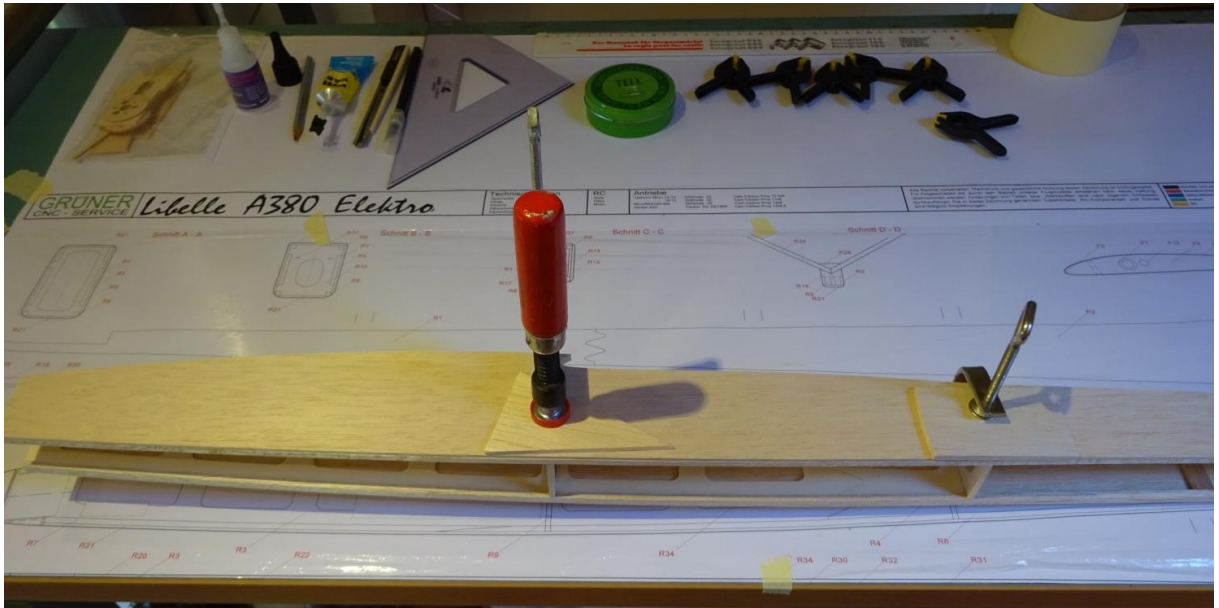


**4. Alle Bauteile werden auf dem Plan ausgerichtet und befestigt.**

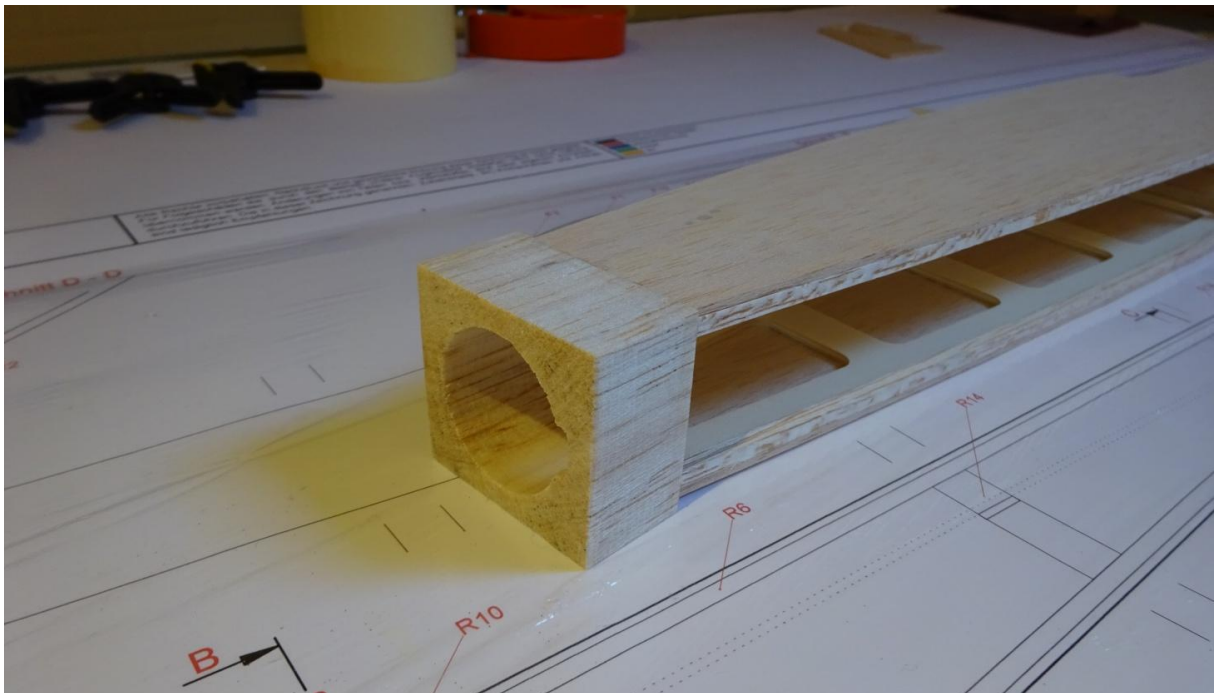
## ***Der Rumpf***



**5. Der Bau beginnt mit dem Rumpf. Im ersten Schritt werden die Verstärkungen und Spanten schrittweise auf die Rumpfseitenwände geklebt. Als Klebstoff werden grundsätzlich Holz- und Sekundenleim verwendet.**



**6. Anschliessend wird die zweite Rumpfseitenwand auf die Spanten geklebt.**



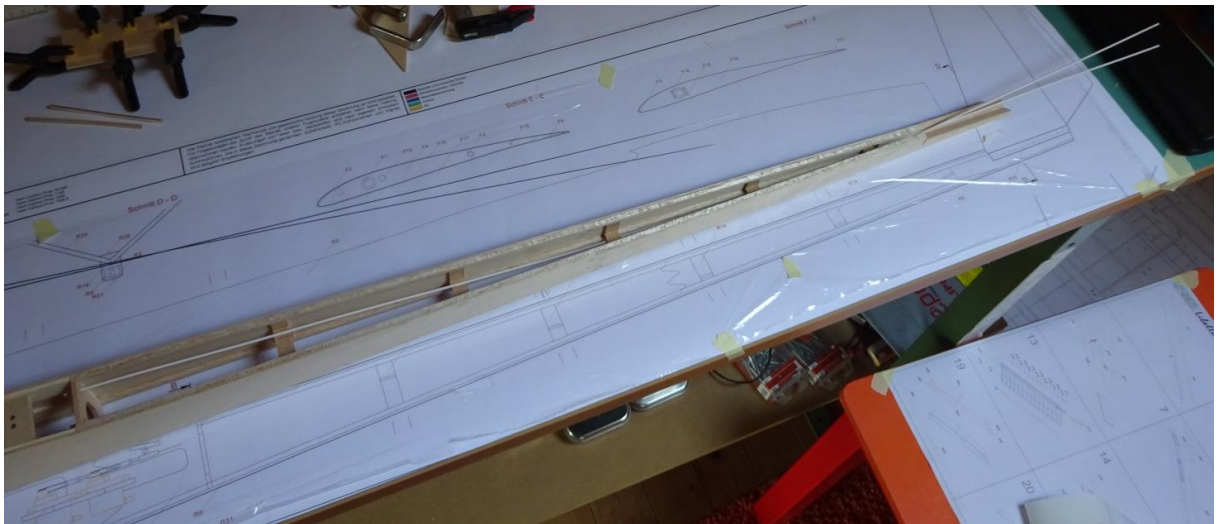
**7. An der Nase wird ein Balsaklotz angebracht, der später rund geschliffen werden kann.**

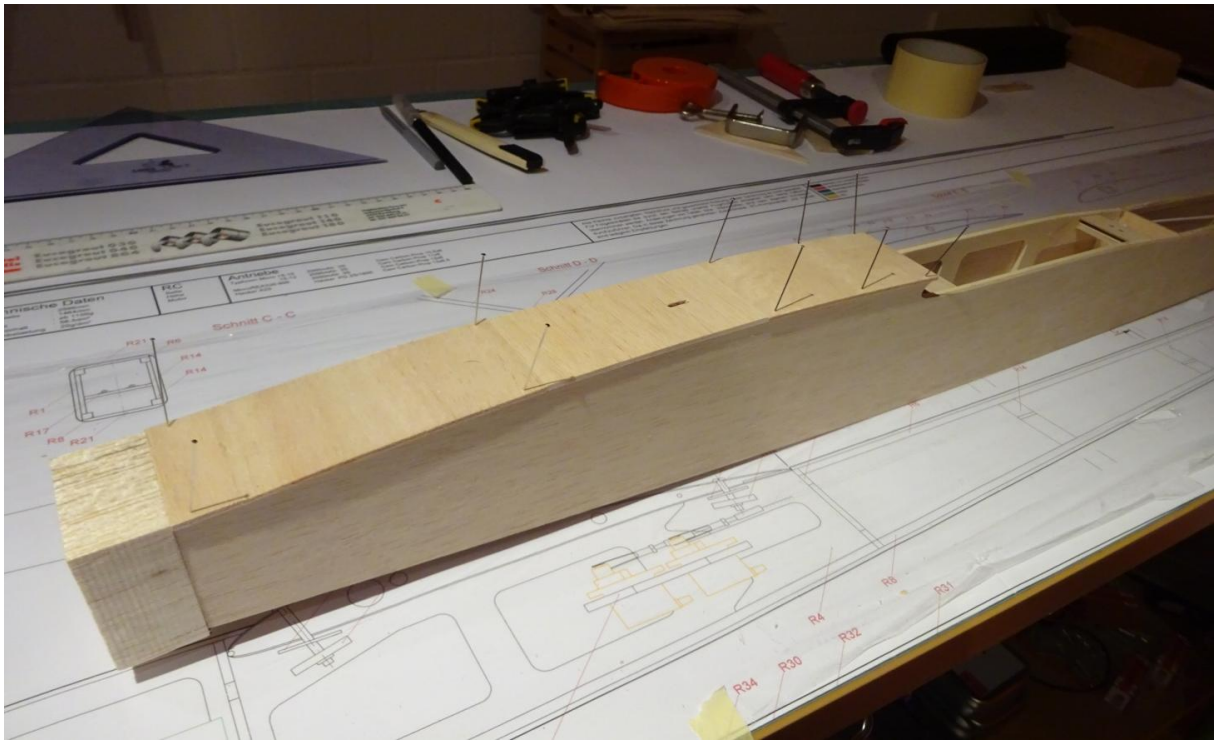


**8. Die Querstege im Rumpf, die den Abstand zwischen den Seitenwänden vorgeben**



**9. Die Bowdenzug-Rohre (weiss) sind im Rumpf verlegt. Sie sind die Führung für die Bowdenzüge (Drähte, die die Servos mit Höhen- und Seitenruder verbinden).**





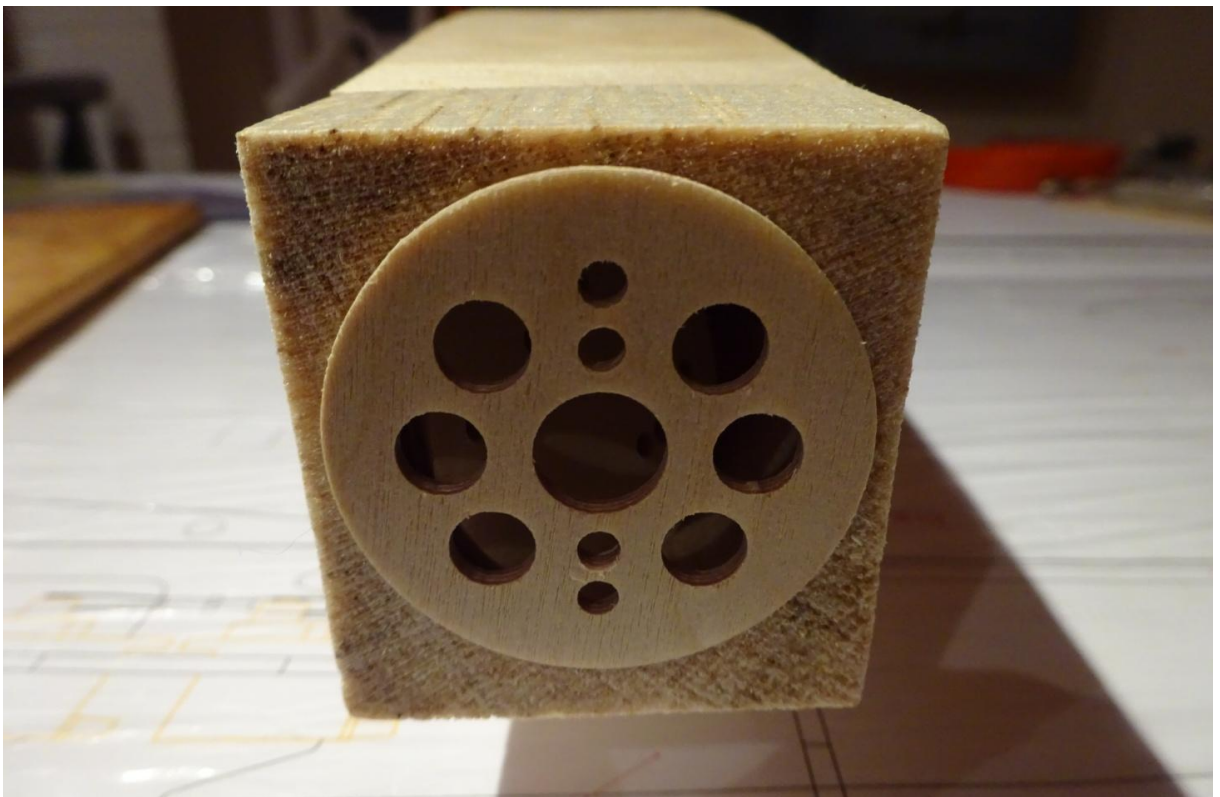
**10. Die Rumpfoberseite wird geschlossen.**



**11. Detailaufnahme des Rumpfdeckels**



**12. Der Rumpfboden**



**13. Auf dem Balsaklotz an der Nase wird der Motorspant ausgerichtet und mit Zweikomponentenharz aufgeklebt.**





**14. Die aufwändigste Arbeit am Rumpf ist das Verschleifen. So sieht das Resultat aus.**



**15. Detailaufnahme der Rumpfnase nach dem Schleifen**

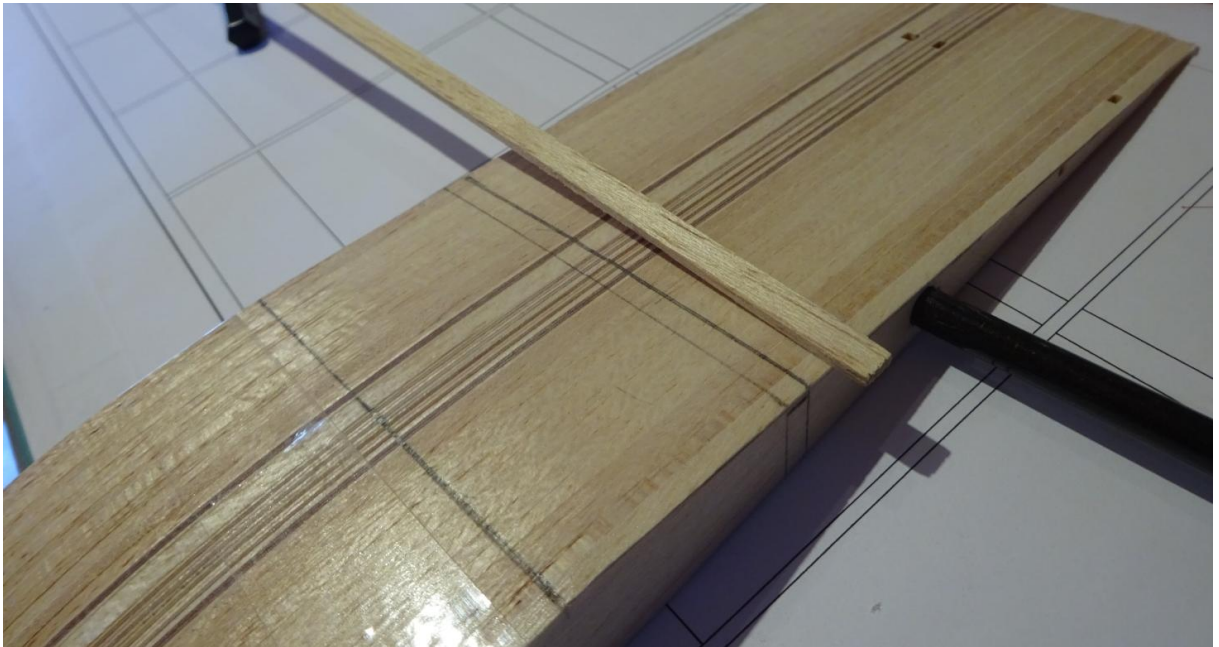


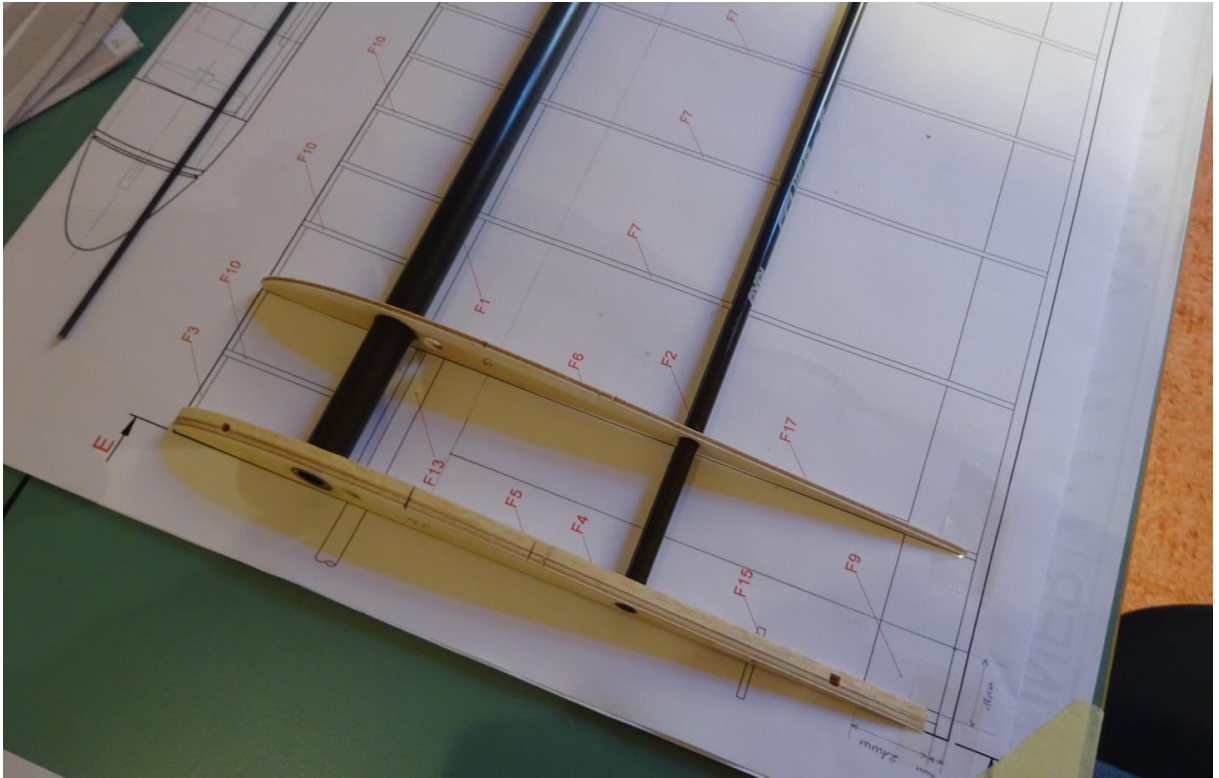
***16. Der Bereich der Flügelaufnahme auf der Oberseite des Rumpfes***

# Der Flügel



**17. Vor dem Bau werden die Flügelrippen für die Solarisierung vorbereitet: hier die Begradigung des Profils im Bereich der Solarzellen (oben) und die Aussparung für die zusätzlichen Leisten, die die Solarzellen unterstützen (unten).**





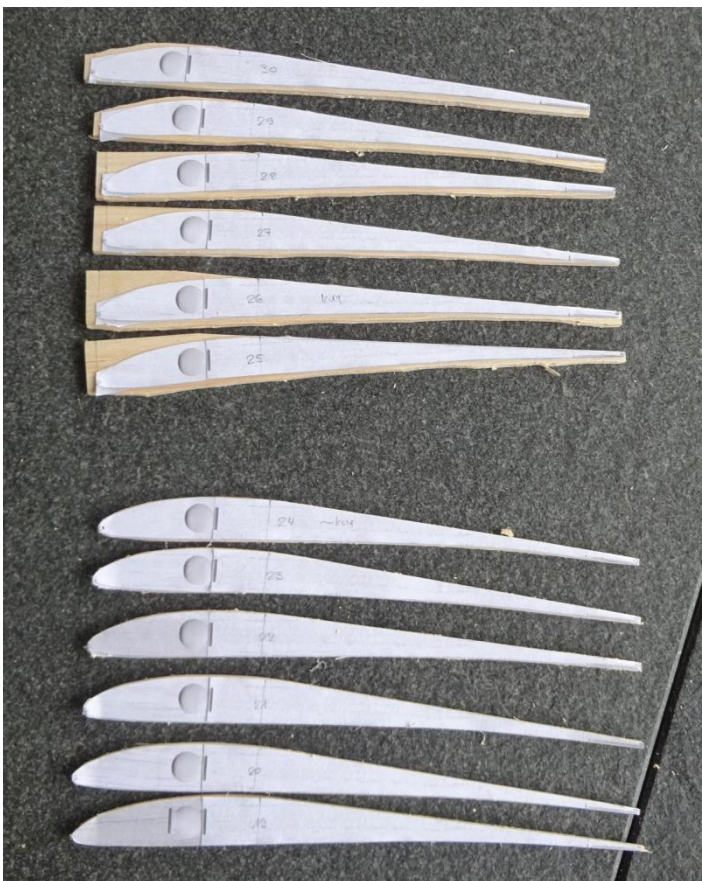
**18. Baubeginn: Die Rippen werden auf den Kohlefaserholmen aufgefädelt, am Plan ausgerichtet und festgeleimt.**



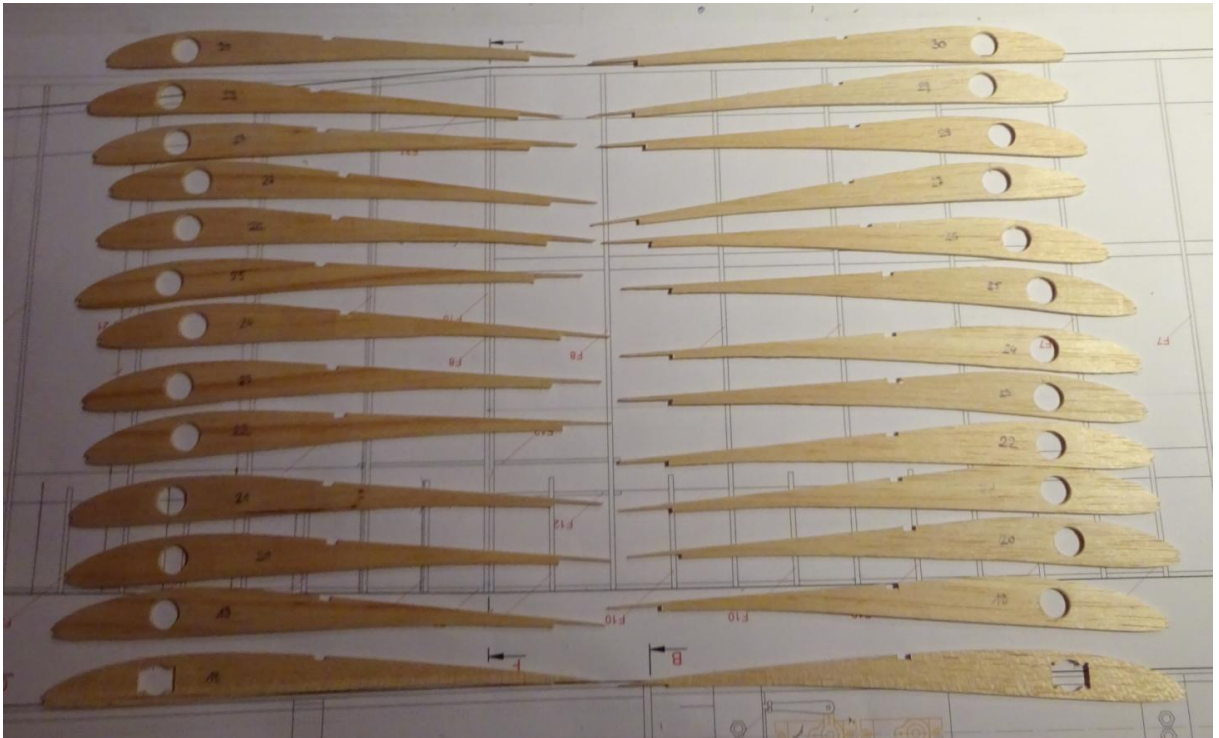
**19. Das fertige rechte Flügellinnenstück**



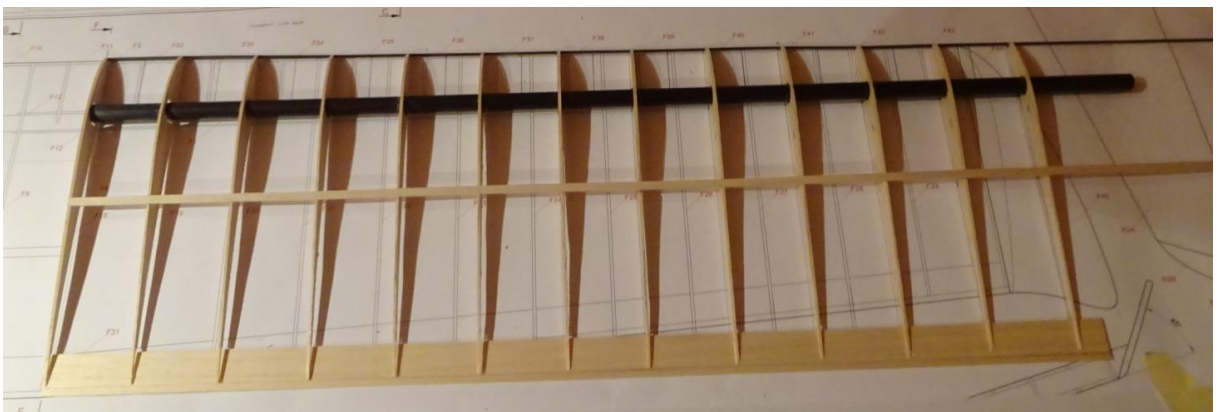
**20. Der Aussenflügel musste für die Solarisierung angepasst werden. Dazu wurden die Originalrippen mit neuen ersetzt. Um die Schablonen für die neuen Rippe zu erstellen, wurden die alten eingescannt und mit dem Computer entsprechend verändert.**



**21. Als erstes wurden die Rippen mit Übermass aus dem Balsaholz geschnitten. Anschliessend wurde das Holz Schritt für Schritt näher an die Konturen der Schablonen geschliffen**



**22. Nach dem Schleifen wurden die Rippen einzeln mit dem Loch für den Kohlefaserholm, der Kerbe für die zusätzliche Leiste und der Aussparung für die Endleiste versehen. Zwei Millimeter dickes Balsaholz kann nicht gebohrt werden: Die Löcher wurden geschliffen.**



**23. Das Resultat: Der rechte Aussenflügel, hier noch mit überstehenden Holmen und Leisten. Gut zu sehen: Der Grundriss des Flügels entspricht nicht mehr dem Originalbauplan unter dem Flügel.**

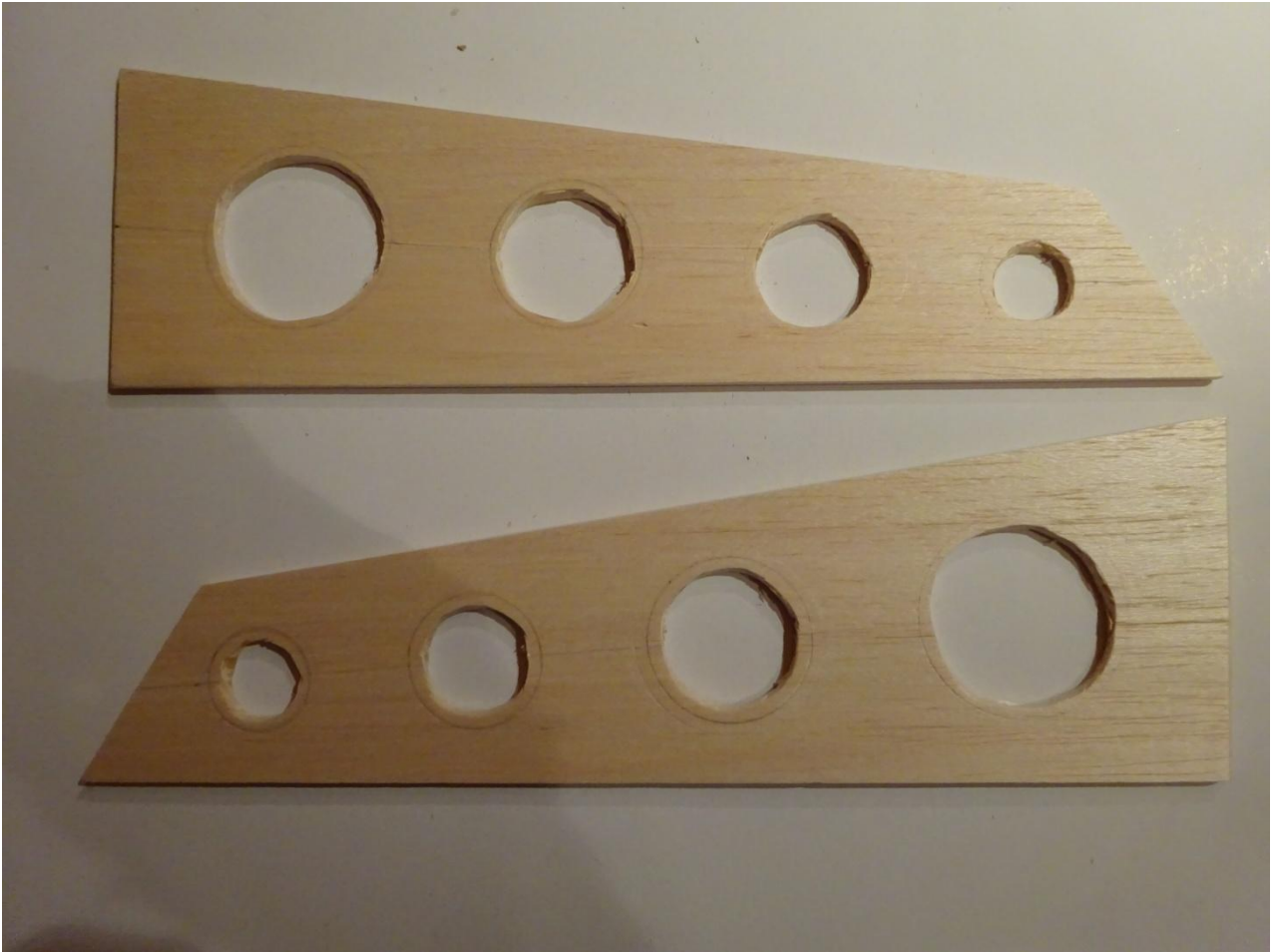


**24. Innenflügel und Aussenflügel**



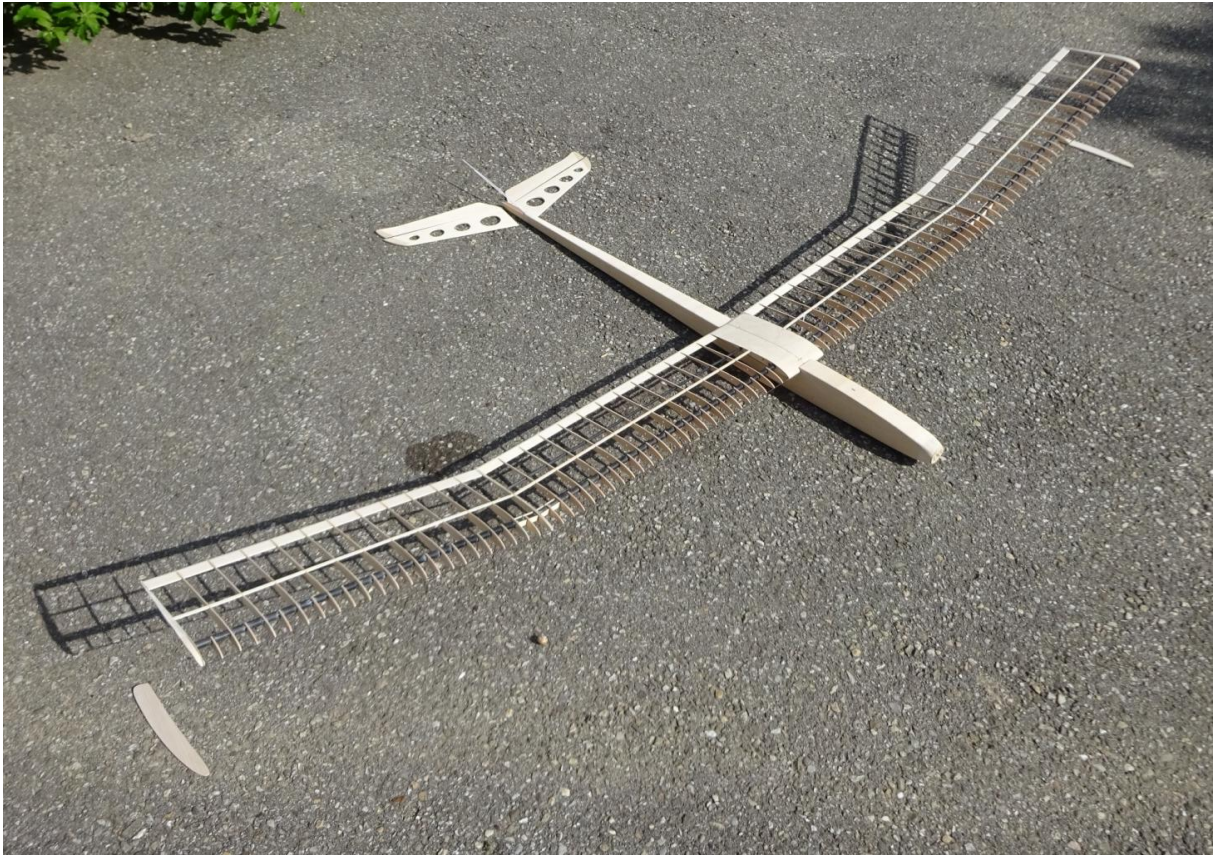
**25. Innen- und Aussenflügel werden mit Zweikomponentenharz verbunden. Klammern halten die beiden Teile während dem Trocknen zusammen.**

## ***Das Leitwerk***

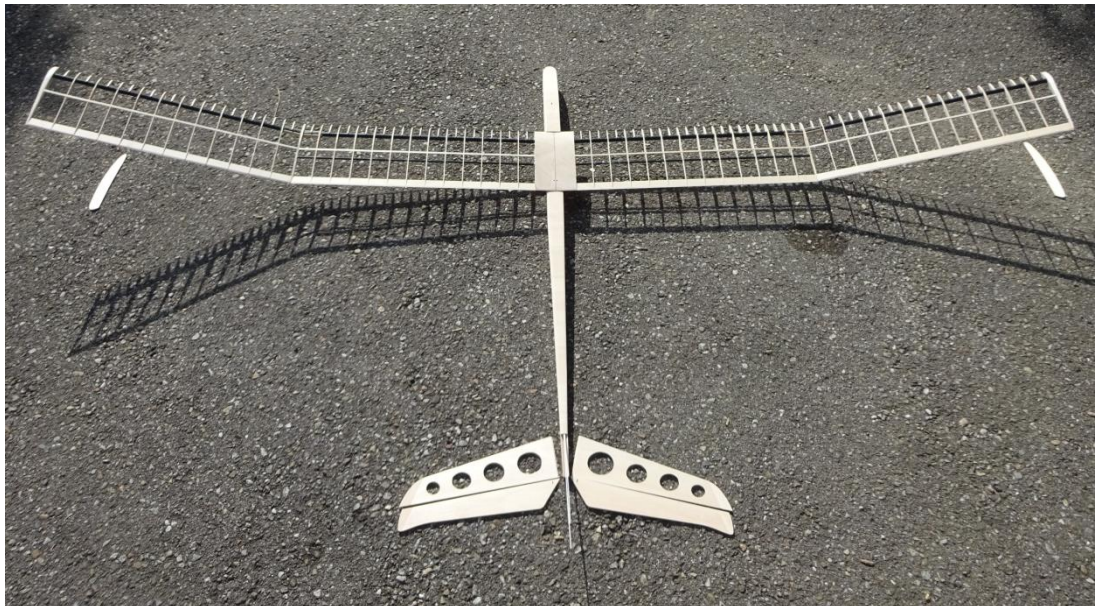


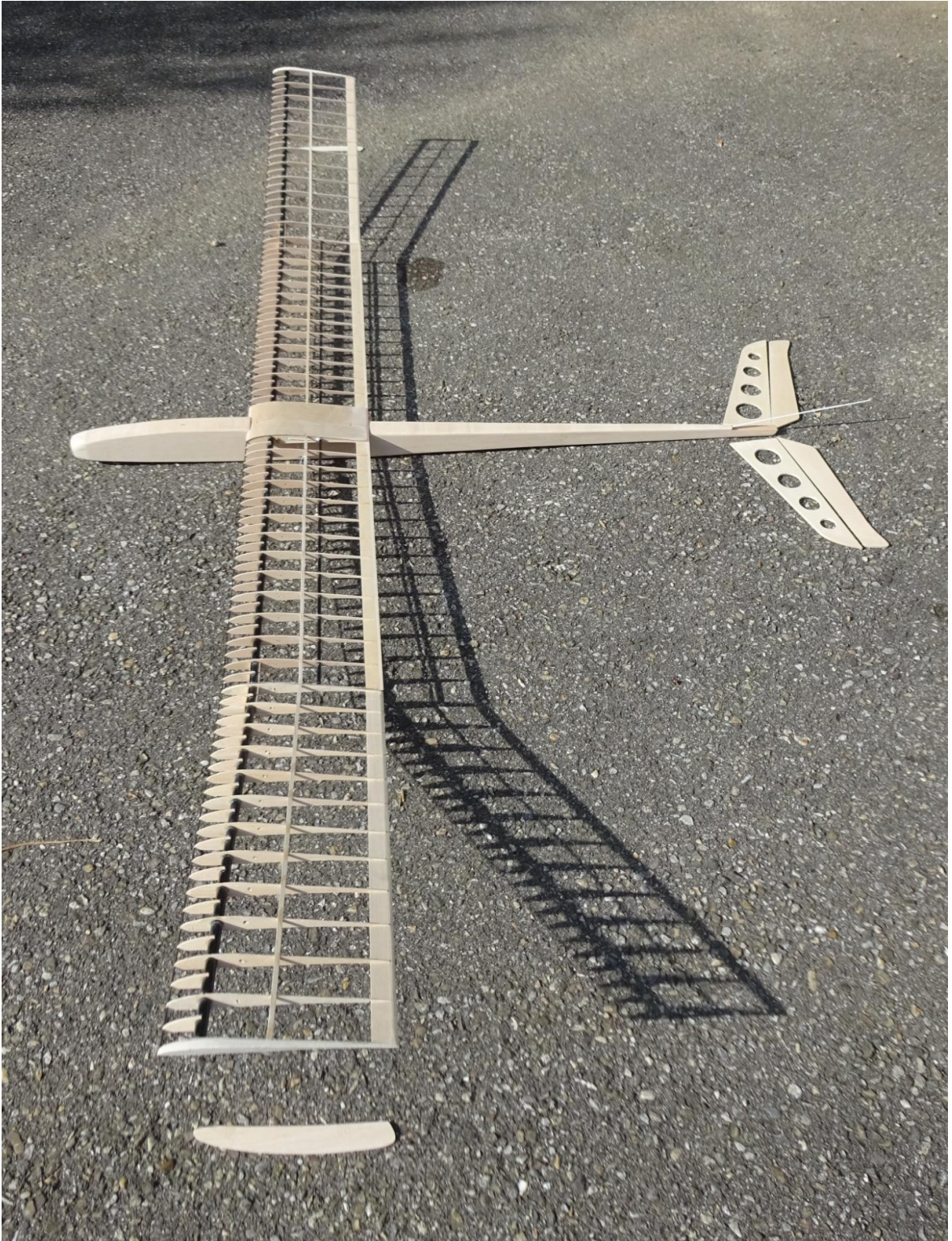
***26. Zum Schluss des Rohbaus werden die beiden Leitwerkshälften mit je vier Löcher zur Massereduktion versehen. Hier sind die Kreise noch zu klein und ungenau ausgeschnitten. Sie werden anschliessend mit einer Schleifpapierrolle rund geschliffen.***





***27. Der fertige Rohbau***



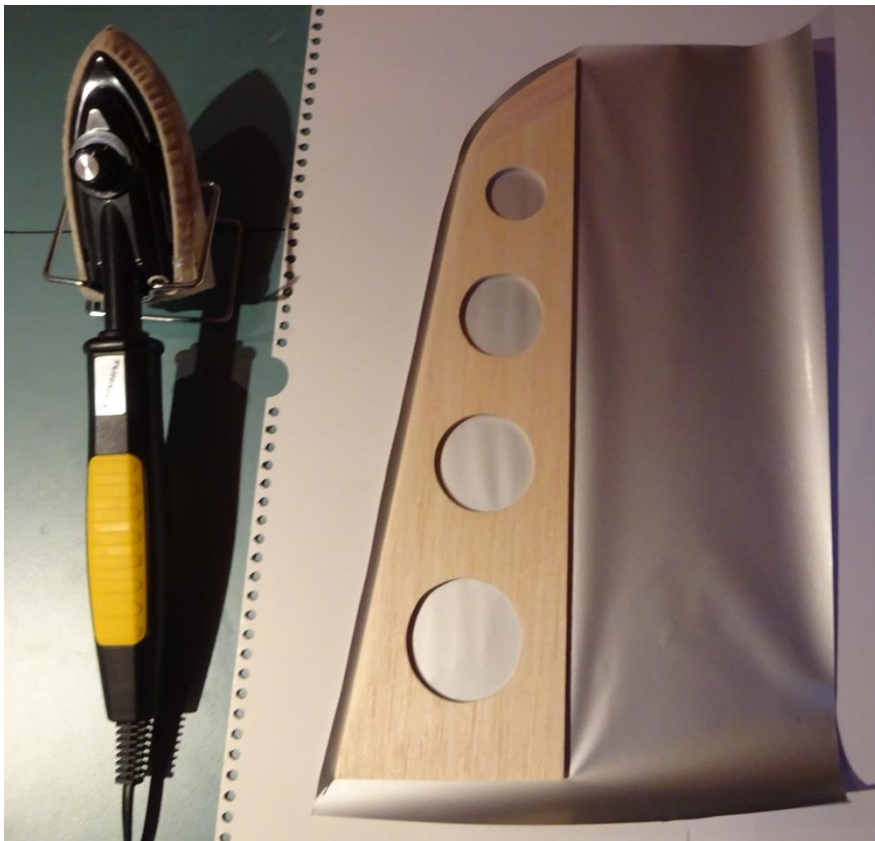


**28. Die Winglets und das Leitwerk sind noch nicht befestigt.**

## ***Das Bespannen***

Der gesamte Rohbau wird mit Folie bespannt. Die Bespannfolie ist auf der Unterseite mit einem Klebstoff beschichtet. Bei Erwärmung beginnt er zu kleben und die Folie zieht sich zusammen. Zum Aufbringen wird deshalb ein spezielles Bügeleisen verwendet. Mit einem Heissluftgebläse kann die Folie über Hohlräumen (Flügel) gestrafft werden. Es ist aber darauf zu achten, dass sich die Holzstruktur unter dem Zug der Folie nicht verformt.

Der Flügel wird mit einer besonders leichten, rötlich-durchsichtigen Folie bespannt. So ist der Flügelaufbau später auch noch zu sehen. Runde Formen wie an der Rumpfspitze sind schwierig zu bespannen.



***29. Das Bügeleisen und ein einseitig bespanntes Leitwerk***



**30. Fertig bespanntes Leitwerk**



**31. Die Folie für den Rumpf wird zugeschnitten.**



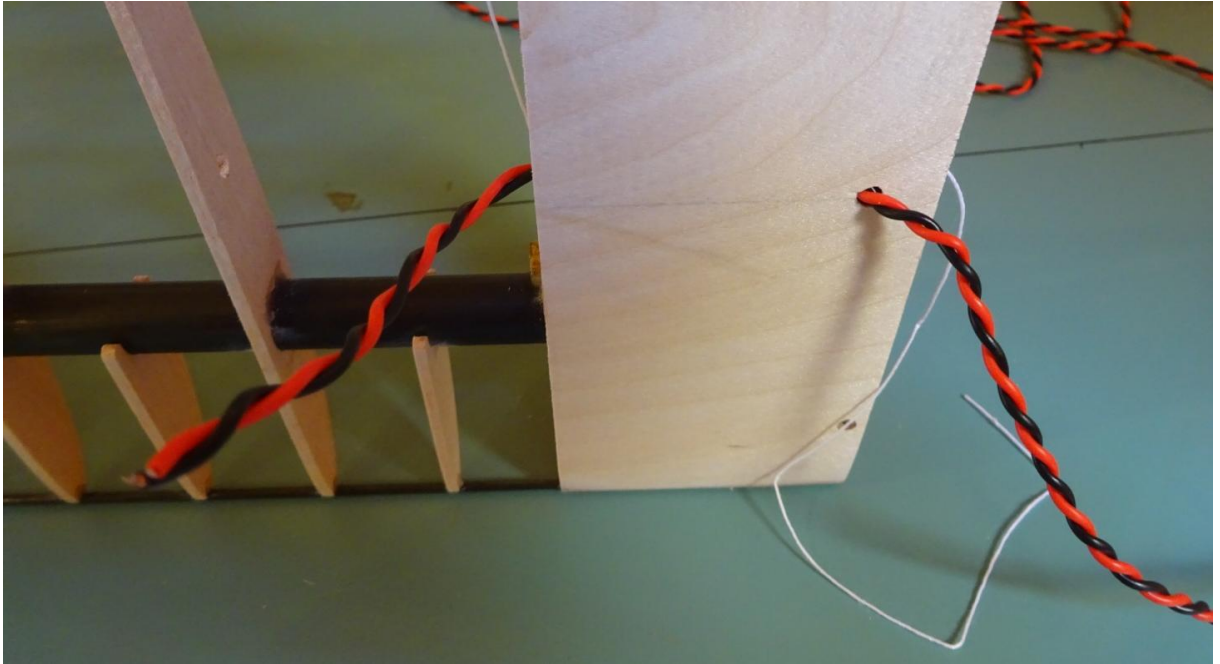
**32. Zuerst wird die Folie auf der Rumpfunterseite angebracht...**



**33. ...und dann seitlich nach oben gelegt.**

**34. Schwierigkeit Rumpfnase**





**35. Vor dem Bespannen des Flügels müssen die Kabel zu den Solarzellen eingezogen werden.**



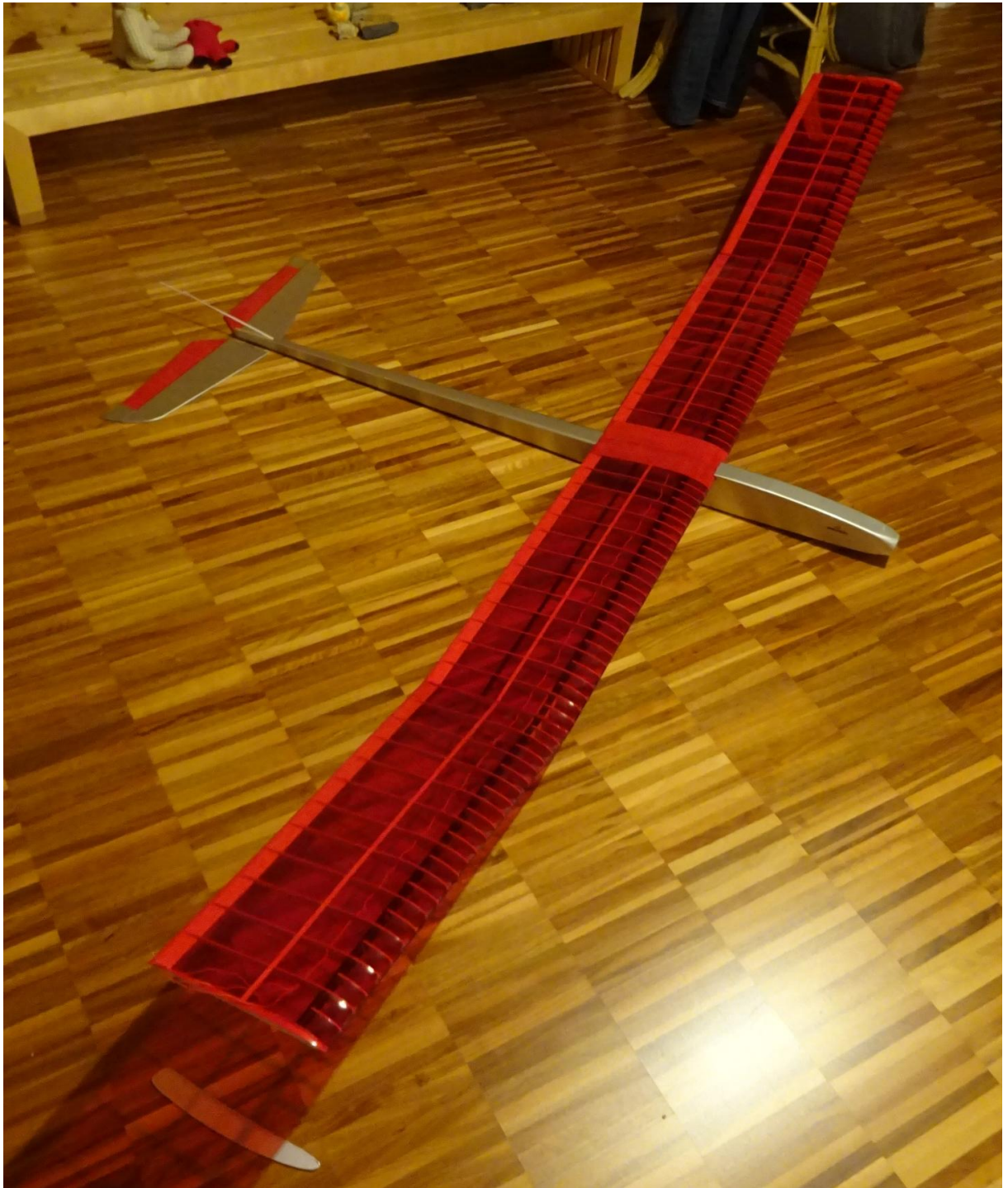
**36. Bespannen der Oberseite des linken Innenflügels**



**37. Die Unterseite folgt**



**38. Die Folie wird erst auf den Rippen festgebügelt und dann mit dem Heissluftgebläse gespannt.**



**39. Das fertig Bespannte Flugzeug**

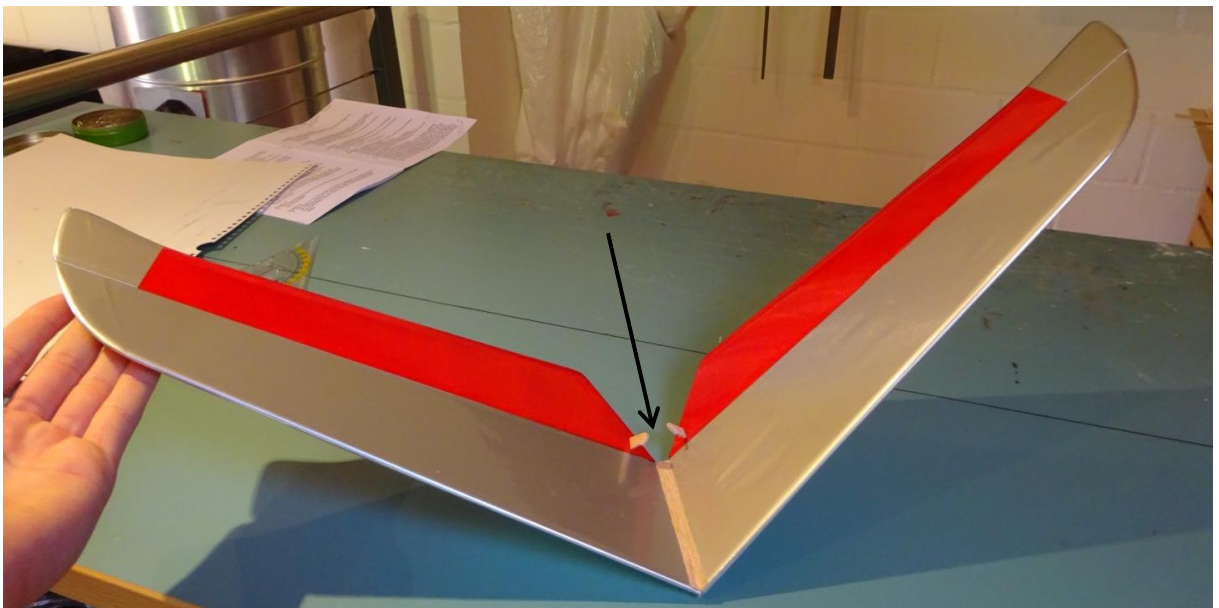


## ***Die Komponenten***

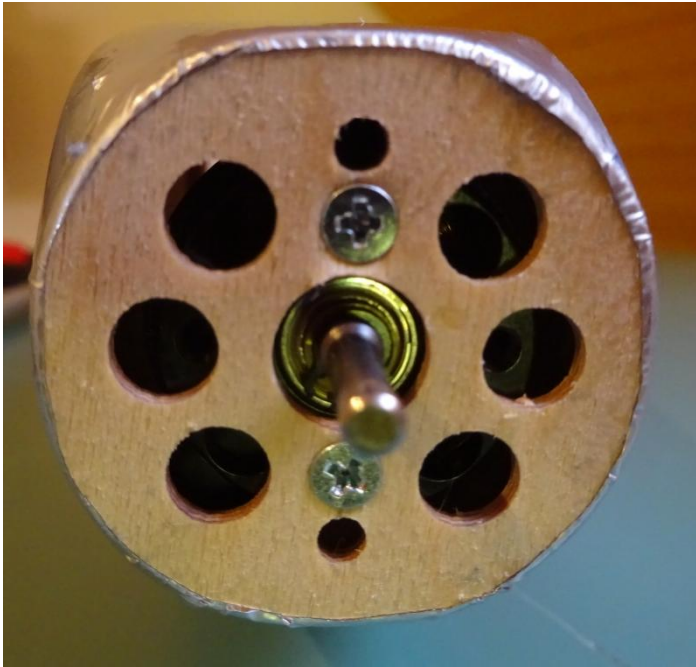
Die elektrischen Komponenten des gewöhnlichen Modellflugzeuges werden installiert: Motor, Regler, Empfänger und Servos.



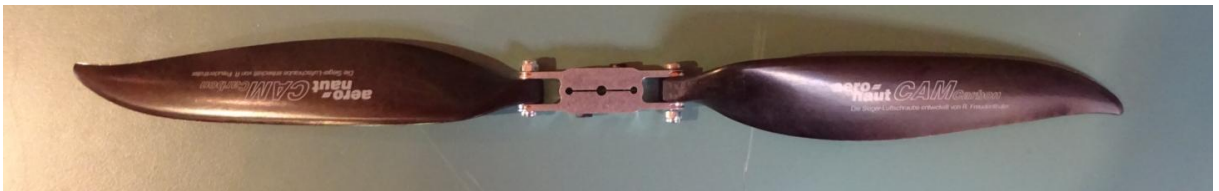
***40. Die Servos mit den drehbaren Servohörner, an denen die Bowdenzugdrähte festgemacht sind***



***41. Der Pfeil zeigt die Ruderhörner, an denen der Bowdenzugdraht ruderseitig eingehängt wird.***



**42. Der installierte Motor**



**43. Die Luftschraube**





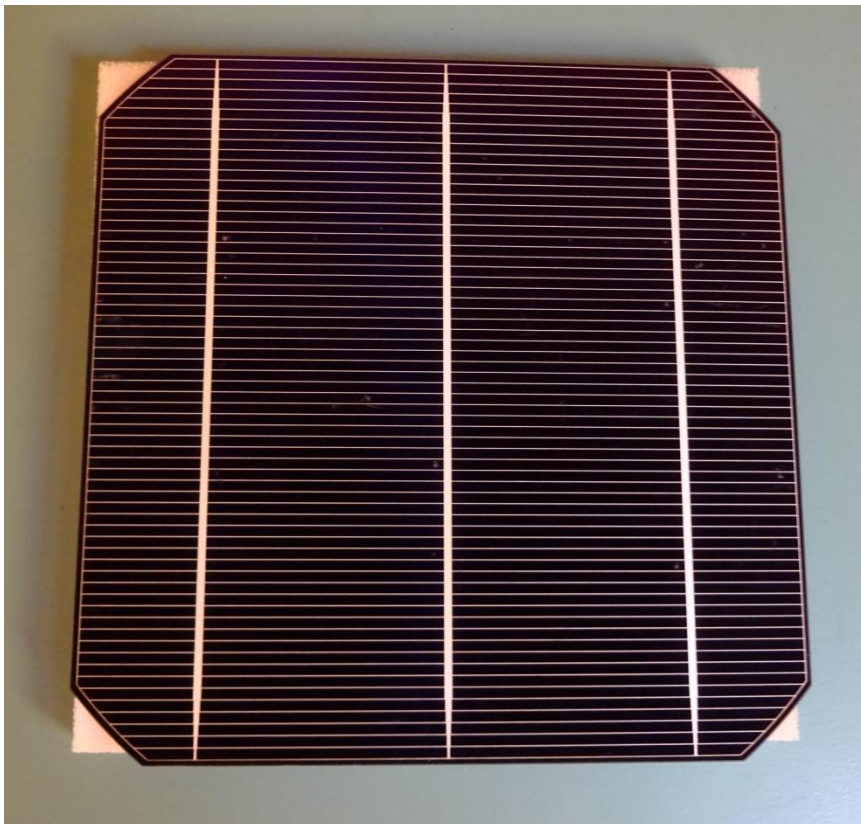
**44. Das flugfertige non-solare Modell**



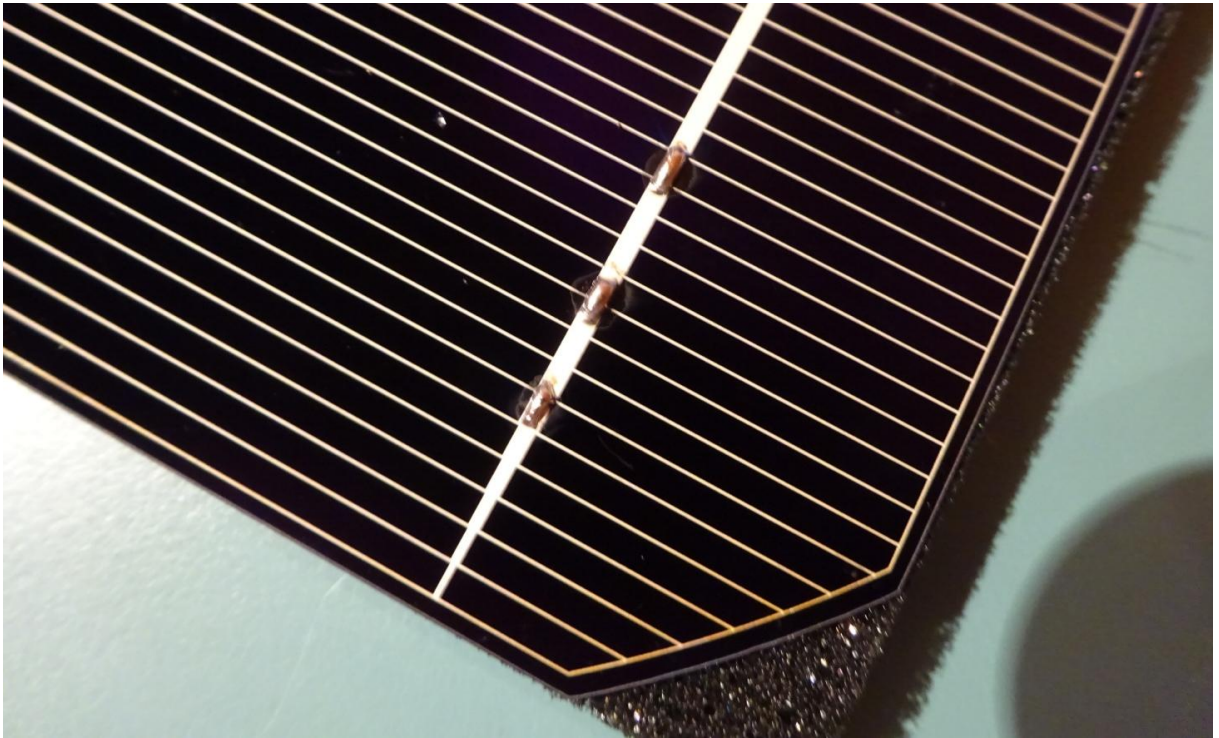
## ***Montage der Solarzellen***

Die Montage der Zellen ist der schwierigste Teil des Baus. Mit einigen vorrätigen Zellen muss der ganze Ablauf geübt werden:

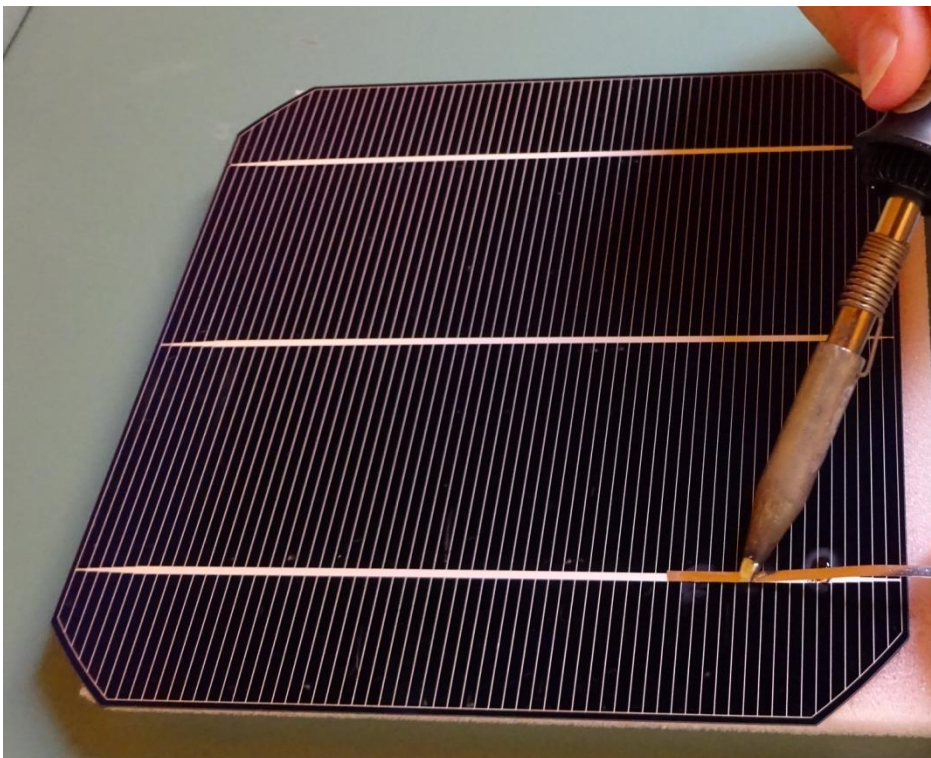
- Aufheben, Halten und Ablegen der Zellen
- Lötverbinder anlöten
- doppelseitiges Klebeband auf den Flügel aufbringen
- Zelle auf den Flügel legen und andrücken
- Verlöten mit den anliegenden Zellen
- Randzellen an die Kabel im Flügel anschliessen



***45. Solarzelle auf einer Schaumstoffunterlage***



**46. Die Kontakte der Solarzelle werden mit kleinen Lötzinn-Tropfen verzinnt (oben), damit der Lötverbinder aufgelötet werden kann (unten)**

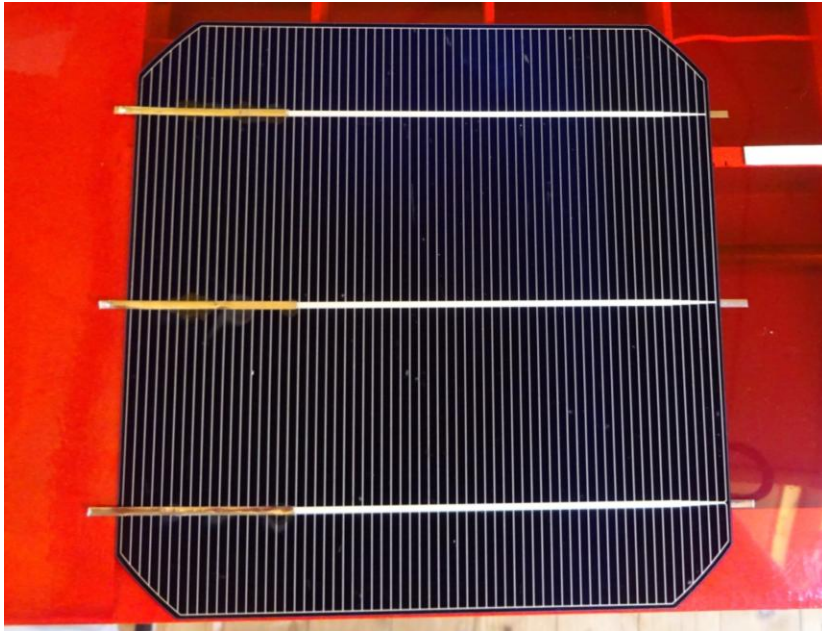




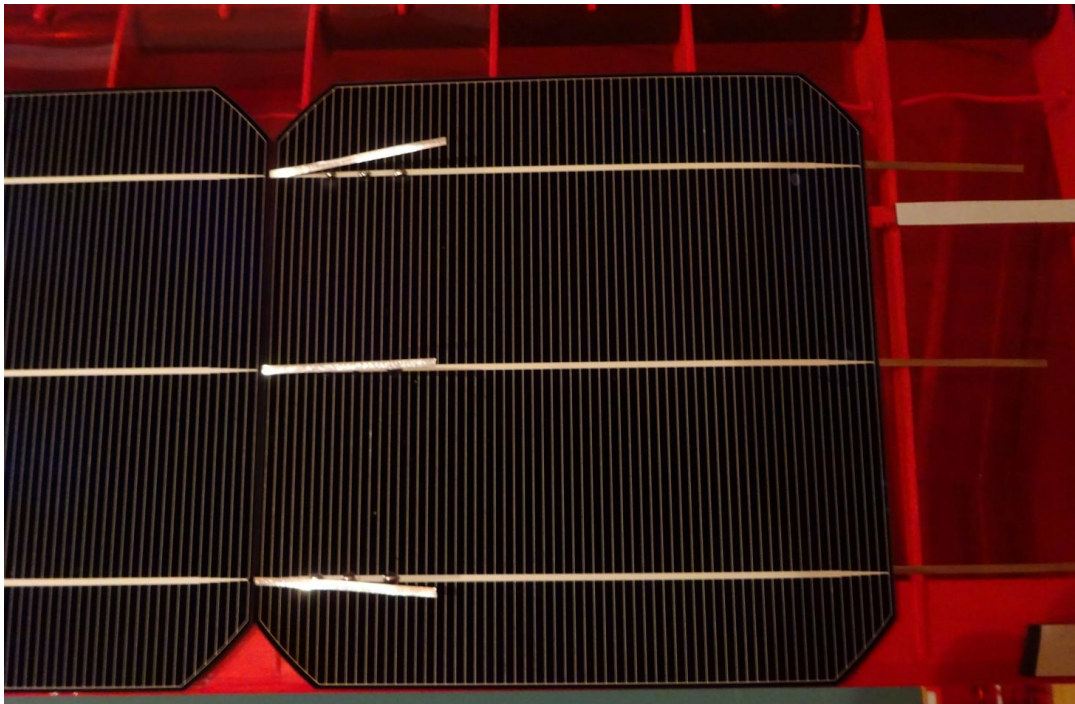
**47. Umdrehen einer Solarzelle zwischen zwei Schaumstoffelementen. Die silbrigen Streifen sind negativen Pole der Zellen auf der Rückseite.**



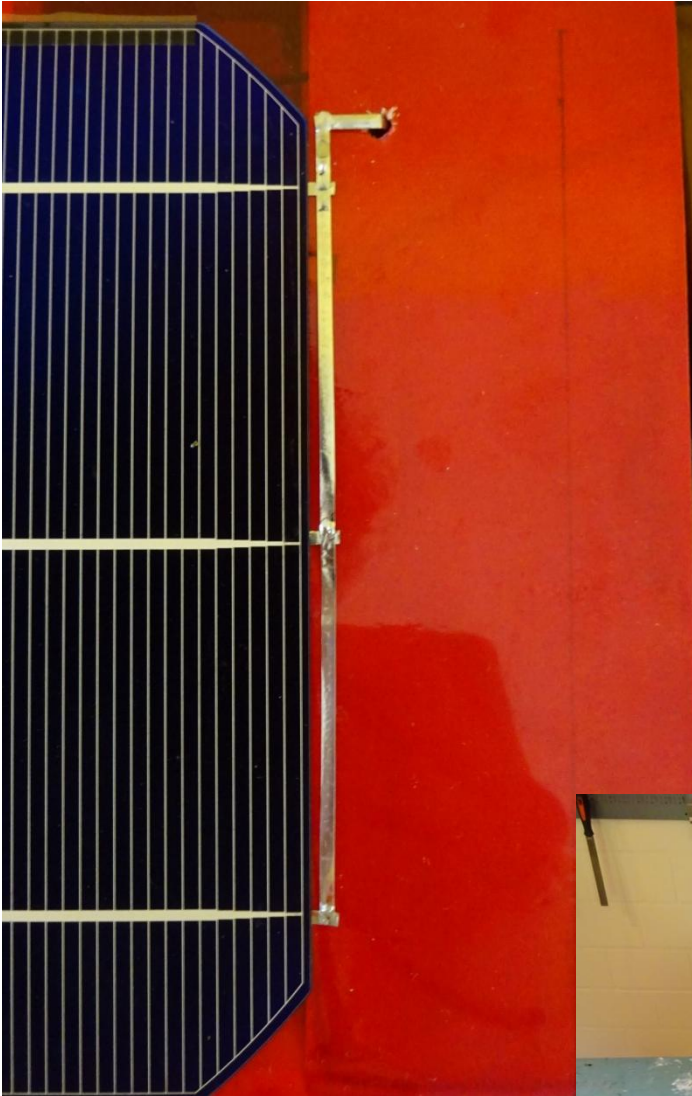
**48. Das doppelseitige Klebeband wird auf die Endleiste (unten) und auf die zusätzliche Leiste (oben) geklebt, die aus diesem Grund eingebaut wurde**



**49. Angeklebte Solarzelle mit Lötverbinder-Stücken.**

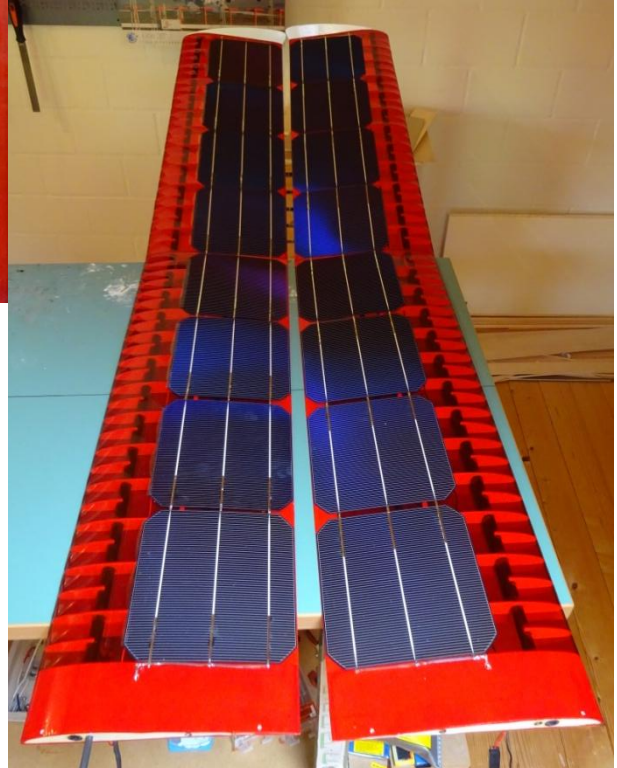


**50. Alle Solarzellen sind in Reihe geschaltet: Die Minuspole auf der Unterseite der linken Zelle werden mit den Pluspolen auf der Oberseite der rechten Zelle verbunden. Es ist hilfreich, dass der Lötverbinder weich und formbar ist.**



**51. Der Pluspol des Solarmoduls des rechten Flügels wird hier auf der Innenseite in das Loch geführt und versteckt im Flügel an das Verbindungskabel zum anderen Flügel angeschlossen.**

**52. Beide Flügelhälften mit fertig montierten Solarzellen**

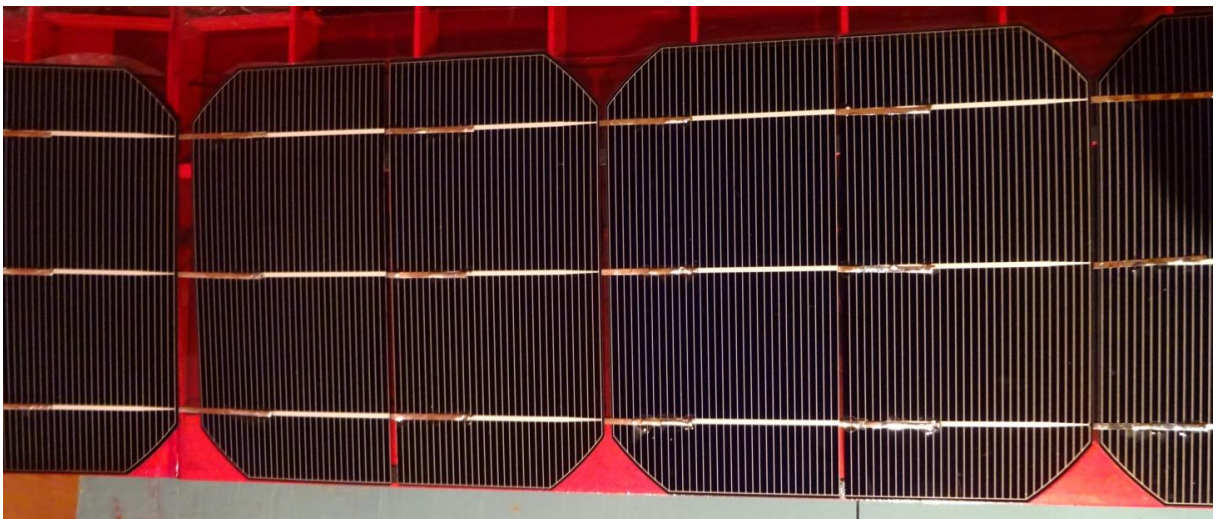






**53. Aufgrund eines Problems mit dem MPPT mussten die Zellen mit neuen, kleineren ersetzt werden. Hier das mühsame Abreißen der alten Zellen.**

**Eine alte Zelle wurde mit zwei neuen ersetzt, denn die neuen sind genau halb so gross.**



**54. Die neuen Solarzellen**



**55. Der Autor mit „Interminatus“ nach dessen Erstflug am 22.8.2015**

Diese Baudokumentation erfüllt wissenschaftliche Ansprüche nicht! Innerhalb der Arbeit dient sie nur als Beilage zum besseren Verständnis des Flugzeuges und vermittelt einen Eindruck vom Bau, so dass das Produkt besser bewertet werden kann.