

Ein Hauch von Silicium, S

Neben der großflächigen Ausführung, Sonnenlicht in elektrische Energie umzuwandeln den letzten Jahrzehnten als unentbehrliches Requisit für die Raumfahrt, der kleinen,

Erfunden wurde die Solarzelle 1954 in den USA. Mit ihrem Erscheinen lag findigen Modellfliegern nichtsnäher, als sie auch als Energiequelle für eine neue Sparte, den „Solarmodellflug“, einzusetzen. Doch erst 1976 gelangen in unseren Breiten dem Modellflugpionier Fred Militky, BRD, mit seinem Modell „Solaris“ die ersten Steigflüge. Von da an wurde nach Zellen geringsten Gewichts bei optimalem Wirkungsgrad gesucht. Glücklicherweise gab es zu jener Pionierzeit auch schon den einen oder anderen Idealisten, der trotz geringer Nachfrage den Vertrieb solcher Zellen in sein Programm aufnahm und zu erträglichen Preisen anzubieten versuchte. Nicht gemeint sind hier Solarpaneele die meist Hausdächer zieren.

Noch bis vor kurzem glänzte da die „Schindelstring“-Zelle mit einer Abmessung von 78,5 x 40,2 mm, einem Gewicht von ca. 2 g und einem Wirkungsgrad von > 15%. Wiederholt wurde über diese Zelle in prop berichtet, auch zum Solarflugmodell „Quäntchen“.

So intensiv wie an ihrer Weiterentwicklung geforscht wurde, so wenig dringt davon an die Öffentlichkeit und nur der Zufall und hartnäckige Nachfragerei machen es möglich, etwas über neuere Produkte zu erfahren. Sie jedoch zu erwerben, gleicht einer Detektivarbeit. Wie dem Autor unter vorgehaltener Hand mitgeteilt wurde, gäbe es bereits Zellen mit einem Wirkungsgrad von über 30%!, aber zu einem Preis, der, wie ein Pressesprecher eines großen Konzerns nach Nennung eines horrenden Betrages für diese Zellen bedauernd anmerkte: „Das dürfte wohl nicht im Bereich Ihrer Möglichkeiten liegen“! Dieses Gespräch fand aber erst statt, nachdem mich die Modellflieger der ETH Zürich mit Ihrem Artikel im „Aufwind“ 2/2009, „27 Stunden fliegen“, auf die Zellentype RWE S 32 aufmerksam gemacht hatten (Dank Herrn Walter Engel/CH für nähere Hinweise).

„Quäntchen VT“

Ganz unversehens brachte dann ein paar Monate später das Christkind in Gestalt eines deutschen Gönners der nicht genannt werden will, einen Satz ähnlicher Zellen. Der Bau einer dafür projektierten **Vergleichs-Tragfläche (VT** für Vergleichstragfläche) zum bisherigen Modell „Quäntchen“ wurde sofort in Angriff genommen (siehe auch prop 6/2000 und www.czepa.at).

Bei einer Fläche von 74 x 31,9 mm = 23,61 cm² und einer Dicke



3 Paneele á 8,0 V zu je 16 Zellen ergeben das ungewöhnliche Belegungsbild der neuen Tragfläche
Fotos O.Czepa und W. Wallner



„Quäntchen VT“

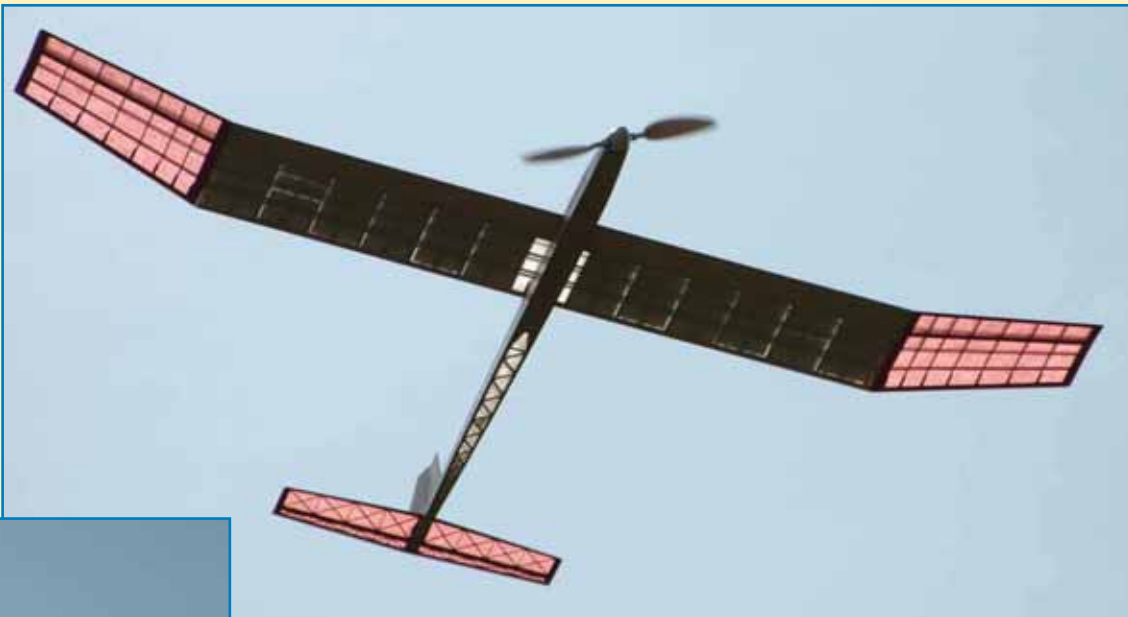
von 0,26 mm wiegt eine RWE-Zelle 1,52 Gramm. Sie ist also um 7,95 cm² kleiner als ein Schindelstring. Ihr Wirkungsgrad wird mit knapp 20% angegeben. Gegenüber der bisherigen TZSS 4020 ist ihre hauchdünne Silizium/Silberfläche nun noch mit einer ebenso dünnen Glasschicht überzogen, was ihr eine relative Bruchfestigkeit verleiht, aber auch zur Überschrift dieser

Silber und Glas

ndeln – sozusagen für den „Hausgebrauch“ und bekannt als Photovoltaik – wurde in n, leichten monokristallinen Solarzelle besonderes Augenmerk zuteil.

Arbeit anregte. Bei zu hoher Temperatur oder zu langer Verweildauer des Lötkolbens springt das Glas an der Lötstelle. Eine Zelle die zu Boden fiel, überlebte hingegen den Aufschlag auf dem Parkettboden schadlos!

Ungewöhnlich ist ihr Lötanschluß am Minuspol (Oberseite) in Form einer den Zellen anhängenden extrem dünnen Silberfolie mit bizarrer Struktur. Das Ver-



„Quäntchen VT“

sie sich einfach tot stellt, von den anderen Zellen eines Paneels gar nicht beachtet, also übergangen wird und dieses Mißgeschick bei einer einfachen Durchgangsmessung nicht weiter auffällt. Man bemerkt es meist erst bei der endgültigen Spannungsmessung. Dann heißt es, tote Zelle finden, mühselig auslöten und erneuern. Schlimm ist auch, dass solche Zellen kaum reparabel sind.

Um nun den gewünschten echten Leistungsvergleich zur „Schindelstring-Fläche“ zu ermöglichen, galt es, ein Pendant gleicher Fläche, gleichen Gewichtes und Belegungsgrades zu erstellen. Die bisherige Fläche war mit zwei Paneels à 36 Schindelstrings bei 12 V Nennspannung belegt. Für einen gleichen Belegungsgrad (11,36 dm²) mußten 48 neue Zellen auf einem Meter Spannweite untergebracht werden (vorhandenes Baumaterial begrenzte die Länge des Mittelteils auf 1 m). Zudem

sollte wegen besserer Energieausnutzung und Motoranpassung eine 8 Volt-Schaltung mit 3 Paneelen á 16 Zellen aufgebracht werden. All dies gelang gegenüber der Urfläche jedoch nur mit einer 15 mm größeren Flügeltiefe und geändertem Ohrengrundriss.

Einziger Wermutstropfen nach Fertigstellung: Wegen etwas großzügig verwendeten, härteren Balsa, nicht mehr zur Verfügung stehendem Spezial-Bespannpapier, aber auch der 1,5 dm² größeren Innenfläche, wiegt der neue Tragflügel leider um 20 g mehr und dies trotz geringerer Verlegungsgewichtes der neuen Zellen von fast 10 Gramm. Jetzt begann das allseits bekannte Warten auf geeignetes Flugwetter.

Waren bei dem nie enden wollenden Winter 2009/10 bis 25. Februar 2010 Testflüge illusorisch – bis dahin herrschte im Wiener Raum tiefwinterliches Nebelwetter – zeigte sich endlich an diesem Tag die Sonne bei mäßigem Westwind. Bei einer Einstrahlung von knapp 50 mW/cm² um 11 Uhr MEZ stieg das Modell mühelos mit dem errechneten Steigen von > 1,0 m/s. Die er-

binden der Zellen damit erfordert nicht nur eine ruhige Hand beim Gebrauch des Lötkolbens, sondern auch eine entsprechende Vorrichtung und vor allem eine Engelsgeduld. Darüber hinaus ist besonders zu beachten, dass kein Lot an die Kante der Solarzelle gelangt, sonst wird diese kurzgeschlossen. Daher sollte der Folienverbinder mindestens 1,0 mm von der Kante und mit möglichst wenig Lot verbunden werden. Das Hinterlistige einer kurzgeschlossenen Zelle ist, dass

wartete Schwanzlastigkeit konnte vorerst problemlos mit etwas Tiefentrimmung behoben werden. Die versenkte Anbringung der Zellen, gegenüber der Aufklebmethode bei den Schindelstrings auf die Tragfläche, erweckte subjektiv den Eindruck einer leichten Verbesserung des Gleitflugs.

Inzwischen wurde zur Behebung der Schwanzlastigkeit dem HLW, bevor es eine neue Bespannung erhielt, eine geringfügige Profiländerung eingeschliffen. Die 4% dicke ebene Platte wurde einfach zu einem Clark-Y-Profil umgewandelt.

Die Problematik des Antriebes:

Zum besseren Verständnis nachfolgenden Absatzes, aber auch zu zeigen, wie sorgfältig mit den vorhandenen Ressourcen beim Bau und der Erstellung des Antriebes bei einem Solarflugmodell umgegangen werden muss, zunächst einige Überschlagsrechnungen. Bringt das Modell 4 N (ca. 0,4 kg) auf die Waage und ist seine (errechnete) Sinkgeschwindigkeit 0,4 m/s, so zeigt das Produkt aus 4 N x 0,4 m/s = 1,6 Watt den Schwebeleistungsbedarf des Modells an. Dies stellt die reine aerodynamische Leistung dar, die der Propeller erbringen muss, um das Modell in einen Schwebeflug (weder Steigen noch Sinken) zu halten.

Die dafür erforderliche elektrische Leistung stellt hingegen der Antrieb zur Verfügung. Für ihre Berechnung muss der Gesamtwirkungsgrad des Antriebes bekannt sein. Er ist das Produkt aller Einzelwirkungsgrade. Z. B.: 0,80 Motor, 0,85 Getriebe, 0,74 Luftschaube. Also $0,8 \times 0,85 \times 0,74 = 0,5$ oder 50%. Damit lässt sich mit der aerodynamischen Schwebeleistung von 1,6 Watt die benötigte elektrische Leistung hochrechnen: 1,6 Watt: 50% x 100 = 3,2 Watt.

Um schließlich herauszufinden, bei welcher Einstrahlung der errechnete



Zellenvergleich, Schindelstring zu RWE S 32 mit bizarrem Lötanschluss (Ober- und Unterseite)

Schwebeleistungsbedarf vom Solar-generator geliefert wird, muss dessen Leistungsfähigkeit bekannt sein. Man errechnet sie, in den man die Leistung einer Zelle bei einer Einstrahlung von 100 mW/cm² mit der verarbeiteten Zellenanzahl multipliziert. Die neue Fläche zieren, wie schon oben vermerkt, 48 Stück RWE

S 32. Die Leistung einer Zelle ist mit 0,415 W angegeben. $48 \times 0,415 = 19,92$ Watt. Dividiert man nun den Schwebeleistungsbedarf durch die Generatorleistung, erhält man die Mindestbestrahlungsstärke mit $3,2 : 19,92 \text{ Watt} \times 100 = 16,0 \text{ mW/cm}^2$. Bei dieser geringen Bestrahlungsstärke wäre also das neue „Quant-



Propellermittelstück für leichten Blattwechsel- und Steigungs-Verstellmöglichkeit.

chen VT“ in der Lage, einen Schwebeflug auszuführen.

Eine besondere Herausforderung stellt beim reinen Solarflugmodell die Luftschraubenanpassung dar. Im Gegensatz zum gepufferten Solarflugmodell, das seine Antriebsenergie gleichsam aus dem Konstantstrom eines zwischengeschalteten Akkus bezieht, wird beim ungepufferten, reinem Solarflugmodell, der Antrieb direkt aus dem Solargenerator gespeist. Hier unterliegt die elektrische Leistung einer sich stets ändernden Bestrahlungsstärke, bedingt durch Sonnenstand und Bewölkungseinfluss. Mangels eines kleinen, leichten Solarstellers entfällt zudem noch die Einstellmöglichkeit einer Optimalanpassung an die momentan gegebene Abgabeleistung des Solargenerators.

Geringe Bestrahlungsstärken (morgens, abends), also bescheidene Generatorleistungen, verlangen hier, insbesondere zwecks Vermeidung eines zu großen Spannungsabfalls, nach kleineren Luftschrauben. Bei starker Bestrahlung jedoch würde dieser Propeller die nun vorhandene maximale Generatorleistung nicht optimal ausnützen. Also bedient man sich bei der Propelleranpassung nolens volens eines Mittelwertes zur Bestrahlungsstärke (etwa 50 mW/cm^2).

Sehr hilfreich für das „Luftschrauben-Finden“ ist ein Propellermittelstück mit klappbaren Blattanschlüssen, das einen Wechsel unterschiedlicher Blattgrößen ermöglicht und geringe Steigungskorrekturen zulässt. Nach rechnerischer und praktischer Vorarbeit wurde für mittlere Einstrahlung eine $12,2 \times 9,6$ Zoll ($\varnothing 31 \times 24,4 \text{ cm}$) Luftschraube gefunden, angetrieben von einem Maxon-Glockenankermotor RE016-039 mit einem Untersetzungsgetriebe $5,4 : 1$. Zur besseren Ausnützung der Generatorleistung bei Minimal-Einstrahlung wäre eine $30 \text{ cm } \varnothing$ -, bei Maximal-Einstrahlung,



Gerät zur Messung der Bestrahlungsstärke. Die aufgesteckte Messzelle zeigt im Millivolt-Bereich die Einstrahlung in mW/cm^2 an. Die angebrachte Libelle hilft, eine möglichst horizontale Lage der Messzelle während der Messung festzulegen. Die Abdeckklappe dient zum Schutz gegen Umschlagen der LCD Anzeige in ein Schwarzes Feld, die Kanten ihres Schattenbildes hingegen zur Ausrichtung für optimale Einstrahlrichtung

eher eine $32 \text{ cm } \varnothing$ - Luftschraube vorzuziehen (hier würde eine Verstellluftschraube hilfreich sein).

Aus obiger Rechenspielerei geht schließlich hervor: Das praktische Solarfliegen ist mit dem neuen RWE S 32 -Zellen des „Quäntchen VT“ bereits ab einer Bestrahlungsstärke von etwa 25 mW/cm^2 und darunter möglich, insbesondere bei tieferen Temperaturen, wegen des dann noch günstigeren Wirkungsgrades der Solarzellen, trotz Fehlen eines Solarreglers. Was jetzt aber besonders auffällt ist, dass beim „Quäntchen VT“ kaum noch ein Unterschied zwischen Steigflug mit der Sonne im Rücken oder gegen die Sonne zu bemerken ist. Das „Ur-Quäntchen“ hingegen war beim Steigflug gegen die Sonne mit mäßiger Einstrahlung bestenfalls zu einem Schwebeflug bereit (hier ist der Solargenerator während des Steigfluges zur Einstrahlung ungünstiger ausgerichtet

und liefert beträchtlich weniger Leistung).

Aber schon wartet eine neue Herausforderung. Die Umrüstung auf einen Außenläuferantrieb. Mehr darüber ein anderes Mal.

Oskar Czepa