Quelle: Swiss Aero-Revue 8/1966

Übersetzt aus dem Englischen

Muskelkraftgetriebene Flugzeuge

von B. S. Shenstone, B.O.A.C., Flughafen London

Vorgestellt auf dem 10. OSTIV-Kongress in South Cerney (England) im Juni 1965 (aktualisiert im Februar 1966)

Dies ist der vierte Vortrag über muskelkraftgetriebene Flugzeuge, der vor der ISTUS oder der OSTIV gehalten wurde; der erste stammte von Silva im Jahr 1938 (7. ISTUS-Mitteilung), der zweite von Nonweiler im Jahr 1958 (OSTIV-Publikation V) und der dritte vom Verfasser dieses Artikels im Jahr 1960 in Köln auf dem VIII. Kongress, wurde jedoch nicht veröffentlicht. Diese früheren Vorträge befassten sich hauptsächlich mit den Möglichkeiten und Erfolgsaussichten des Menschenkraftflugs, wobei auf die Bemühungen in Deutschland und Italien in den 1930er Jahren Bezug genommen wurde.

Zwar ist es nun möglich, über einige konkrete Erfolge der jüngsten Zeit zu berichten, doch sind diese Erfolge zu einem großen Teil den früheren Bemühungen aus der Vorkriegszeit zu verdanken; daher ist es nur fair, Sie an diesen Hintergrund zu erinnern.

Ich habe mich willkürlich dazu entschlossen, meine Ausführungen auf Versuche des muskelkraftgetriebenen Flugs zu beschränken, die auf fundierten wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen. Das bedeutet, dass ich fast alle Versuche auslassen muss, da die meisten von ihnen rein individualistisch und unwissenschaftlich waren und in vielen Fällen von äußerst geringem technischem Können zeugten. Diejenigen, die sich einen Überblick über alle Bemühungen verschaffen möchten, die seit vielen Jahren zu diesem Thema unternommen wurden, verweise ich auf das 1936 erschienene Buch mit dem Titel „Flug durch Muskelkraft“ (Lit. 1).

Einer der frühesten Versuche eines Ingenieurs, ein muskelbetriebenes Flugzeug zu konstruieren, war der von Alexander Lippisch im Jahr 1929, als er für Dr. Brustmann eine Maschine mit Flügelschlag entwarf, die auf den von Dr. Brustmann gelieferten Schätzungen zur menschlichen Kraft basierte. Lippisch stellte jedoch bald fest, dass die von Dr. Brustmann gesammelten Informationen fehlerhaft waren und dass der Mensch bei weitem nicht so viel Kraft aufbringen konnte, wie Brustmann geschätzt hatte. (Lit. 2.)

Haessler und Villinger, die 1934 eine Maschine namens „Mufti“ entwarfen und diese 1936 fliegen ließen (Abbildungen I und 2), stützten sich ebenfalls auf Brustmanns Angaben und stellten auf dieselbe Weise fest, dass ihr Flugzeug nicht über genügend Leistung verfügte, um den von der Polytechnischen Gesellschaft in Frankfurt ausgelobten Preis für einen Flug von 1 km um zwei 500 m voneinander entfernte Pylone zu gewinnen. Es war in der Tat dieses 1933 ausgelobte Preisgeld, dass die Entwicklung von muskelkraftgetriebenen Flugzeugen in Deutschland in den Jahren kurz vor dem

Zweiten Weltkrieg vorantrieb, doch leider wurde der Preis nie gewonnen – man könnte allerdings sagen, dass er beinahe gewonnen worden wäre. Haessler und Villinger erhielten für ihre Bemühungen einen Sonderpreis.

Im August 1935 absolvierten sie mehrere offiziell beobachtete Flüge von etwa 200 m sowie einen Flug von 400 m und erreichten später, zusammen mit einem anderen Piloten, im Jahr 1937 eine Strecke von 720 m (Tabelle I.).

Es war bedauerlich, dass Oskar Ursinus sein Muskelflug-Institut in Frankfurt nicht schon früher ins Leben gerufen hatte. Hätte er es früher gegründet, wären seine Erkenntnisse rechtzeitig für den oben erwähnten Wettbewerb verfügbar gewesen. An dieser Stelle möchte ich auf die sechs Berichte des Muskelflug-Instituts verweisen, die in „Flugsport“ (Ref. 3) veröffentlicht wurden und größtenteils von Gropp verfasst wurden, der die Arbeiten im Labor durchführte und alle möglichen Methoden ausprobierte, um einem Menschen Kraft zu entlocken, einschließlich aller praktikablen Körperhaltungen. Wie sich herausstellte, war die Tretbewegung offenbar die beste und etwas besser als Rudern und einige andere Methoden. Die Einschränkungen von Gropps Ergebnissen liegen darin, dass sie nicht über die ersten paar Minuten der Anstrengung hinausgingen und daher nicht bis zu den tatsächlichen Bedingungen der Dauerleistung reichten. Glücklicherweise haben neuere Arbeiten von Wilkie und Nonweiler den Untersuchungszeitraum auf etwa eine Stunde ausgedehnt.

Das einzige nennenswerte Flugzeug aus der Vorkriegszeit, dass die Erkenntnisse von der Ursinus-Gruppe nutzen könnten, war das Bossi/Bonomi-Flugzeug „Pedaliante“, das um 1936 seinen Erstflug absolvierte (Abb. 3 und 4). Entworfen wurde es im Wesentlichen von Herrn Enea Bossi, einem Italiener, der nach der Konstruktion von Wasserflugzeugen und Propellern während des Ersten Weltkriegs nach Amerika auswanderte, dort die amerikanische Staatsbürgerschaft annahm und bis heute dort lebt (Lit. 4 und 5). Er war beruflich für die Firma Budd in Europa tätig und arbeitete mit Vittorio Bonomi bei der Entwicklung dieses Flugzeugs zusammen, bei dem es sich um einen Einsitzer mit einer Spannweite von 17 m (55,7 ft) handelte, der von einem Piloten gesteuert wurde, der zwei gegenläufig rotierende Propeller antrieb. Trotz seiner großen Abmessungen und seines relativ hohen Gewichts soll diese Maschine laut Bossi allein durch die Kraft des Piloten, Emilio Casco, gestartet sein. Dies wurde jedoch von Silva und Rovesti bestritten. Der längste Flug (Dezember 1936), der durch einen Bungee-Start ermöglicht wurde, betrug etwa 900 m und umfasste zwei 90°-Kurven. Diese Maschine wurde von Silva in seinem 1938 vor der ISTUS vorgelegten Beitrag ausführlich beschrieben. Tabelle II zeigt einige der von Casco durchgeführten Flüge.

Das Flugzeug von Bossi und Bonomi hatte mit politischen Schwierigkeiten zu kämpfen, da Herr Bonomi ein Antifaschist und Herr Bossi amerikanischer Staatsbürger war; infolgedessen durfte ihr Flugzeug 1937 nicht an einem italienischen Wettbewerb für muskelkraftgetriebene Flüge teilnehmen. Es gab jedoch keine anderen Teilnehmer, und es gibt weder einen offiziellen Rekord noch die Möglichkeit, einen solchen zu erlangen.

Herr Bonomi organisierte eine Pressevorführung des Flugzeugs, die sehr erfolgreich verlief, obwohl ich die besagte Urkunde nicht gesehen habe. Herr Enea Bossi teilte mir bei einem Treffen in New York im Jahr 1960 mit, dass diese möglicherweise irgendwo in den Unterlagen des verstorbenen Vittorio Bonomi zu finden sei.

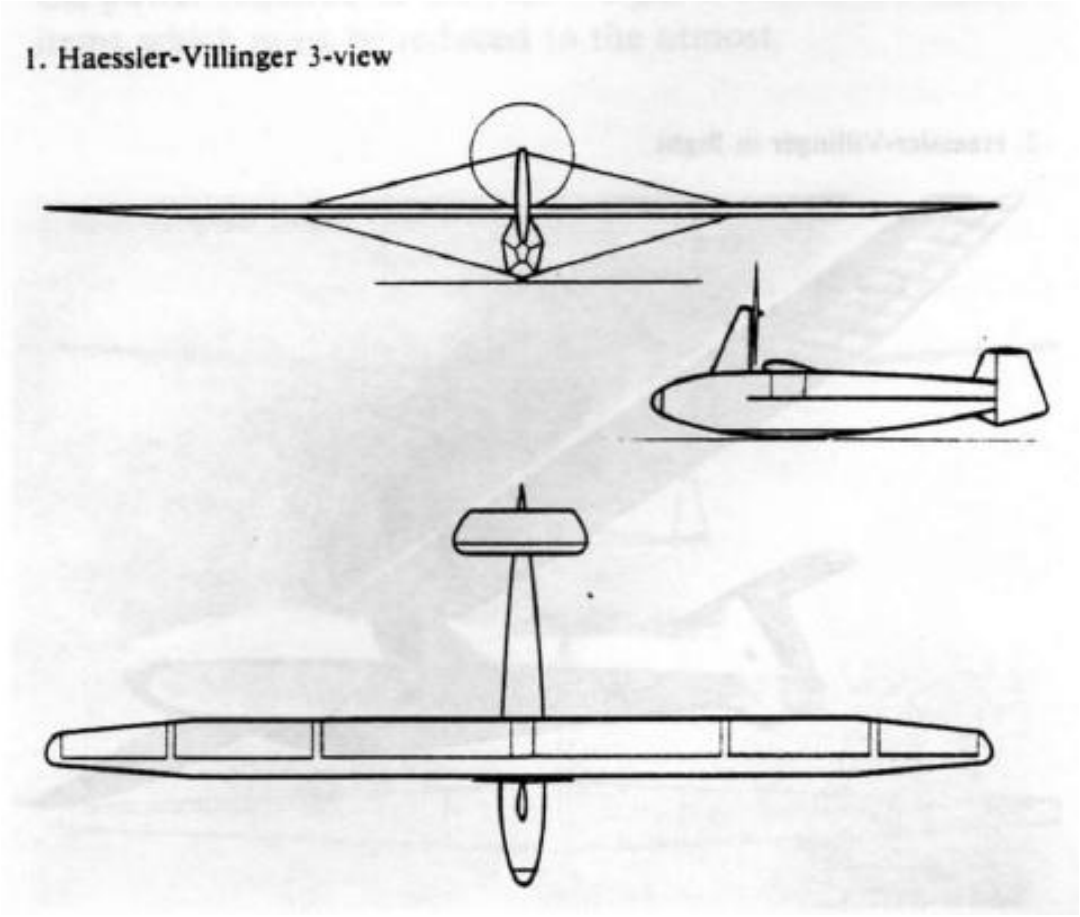


Tabelle I: Flüge von Haessler-Villinger „Mufli“
(a)Mit Dünnebeil als Pilot

	Distanz		Dauer		Höhe		
Datum	Uhrzeit	m	Fuß	Sek.	m	Fuß	Anmerkungen
29. 8. 1935	11.10	120	394	17	1	3	leichte Schäden
29. 8. 1935	18.22	195	635	20	1	3	
29. 8. 1935	18.43	177	580	18,5	1	3	
30. 8. 1935	07:45	235	770	24	1	3	
30.8. 1935	08:14	150	490	14	—	—	Strömungsabriss, Beschädigung der Rumpfnase
31. 8. 1935	17.55	220	720	21	4–5	12–16	

31. 8. 1935	18.44	204	667	20	4–5	12–16

(b) Mit Hofmann als Pilot

	Distanz		Dauer	Geschwindigkeit	
Datum	Meter	Fuß	Sekunden	km/h	mph
21. 11. 1936	435	1.420	—	—	—
1937	610	2.000	60	37	23
4. 7. 1937	720	2.360	72	35	22

Seit dem Zweiten Weltkrieg waren bis 1948 kaum Aktivitäten jeglicher Art zu verzeichnen, bis mein ehemaliger Kollege Brian Worley eine Übersicht über die Flugzeuge von Haessler-Villinger und Bossi-Bonomi verfasste (Ref. 6). Möglicherweise war die nächste Veröffentlichung ein Vortrag des vorliegenden Autors, der vor der Low Speed Aerodynamics Research Association in London sowie vor dem Canadian Aeronautical Institute zum Thema „Das Problem des sehr leichten, hocheffizienten Flugzeugs“ gehalten wurde (Ref. 7). Im Anschluss an diesen Vortrag stellte sich heraus, dass Professor T. R. F. Nonweiler am College of Aeronautics in Cranfield, England, sich bereits mit dem Problem des muskelkraftgetriebenen Flugs befasste, und dieses gemeinsame Interesse bestärkte uns beide.

Ich möchte interessierte Leser insbesondere auf einen späteren Beitrag von Nonweiler mit dem Titel „The Man-Powered Aircraft: A Design Study“ (Ref. 8) hinweisen, der viele nützliche technische Details und Daten sowie einen fundierten wissenschaftlichen Ansatz enthält.

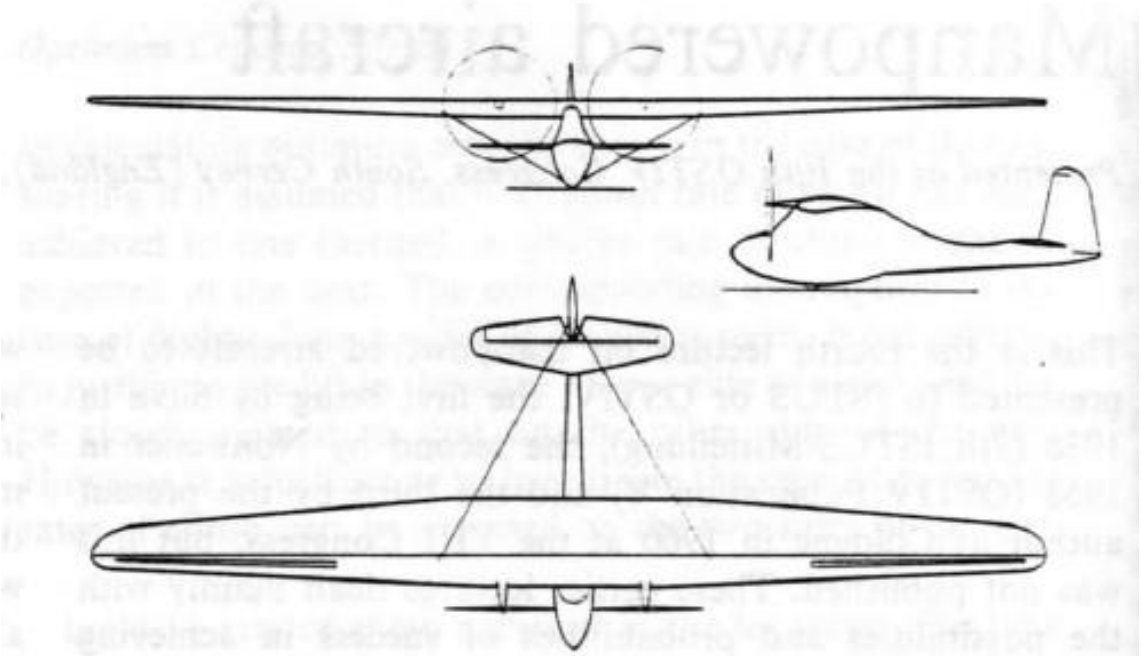
Dann wurde bekannt, dass Emiel Hartman, ein in London lebender südafrikanischer Bildhauer, großes Interesse daran hatte, ein muskelkraftgetriebenes Flugzeug mit schlagenden Flügeln zu bauen, und dass Dan Perkins in Cardineton ein aufblasbares, propellergetriebenes, muskelkraftgetriebenes Flugzeug konstruierte. Keines dieser beiden Flugzeuge ist bisher erfolgreich mit Muskelkraft geflogen.

Irgendwie kamen mehrere Personen, die sich für verschiedene Aspekte des muskelkraftgetriebenen Fliegens interessierten, ins Gespräch darüber. Infolgedessen wurde am 10. Januar 1957 am College of Aeronautics in Cranfield, England, ein „Manpowered Aircraft Committee“ gegründet, dessen Gründungsmitglieder folgende Personen waren:
H. B. Irving (Chairman)
Dr. J. R. Brown. London School of Hygiene and Tropical Medicine
Robert Graham, Microcell Ltd.

Thurstan James, Editor The Aeroplane** Professor T. R. F. Nonweiler. Queen's University of Belfast

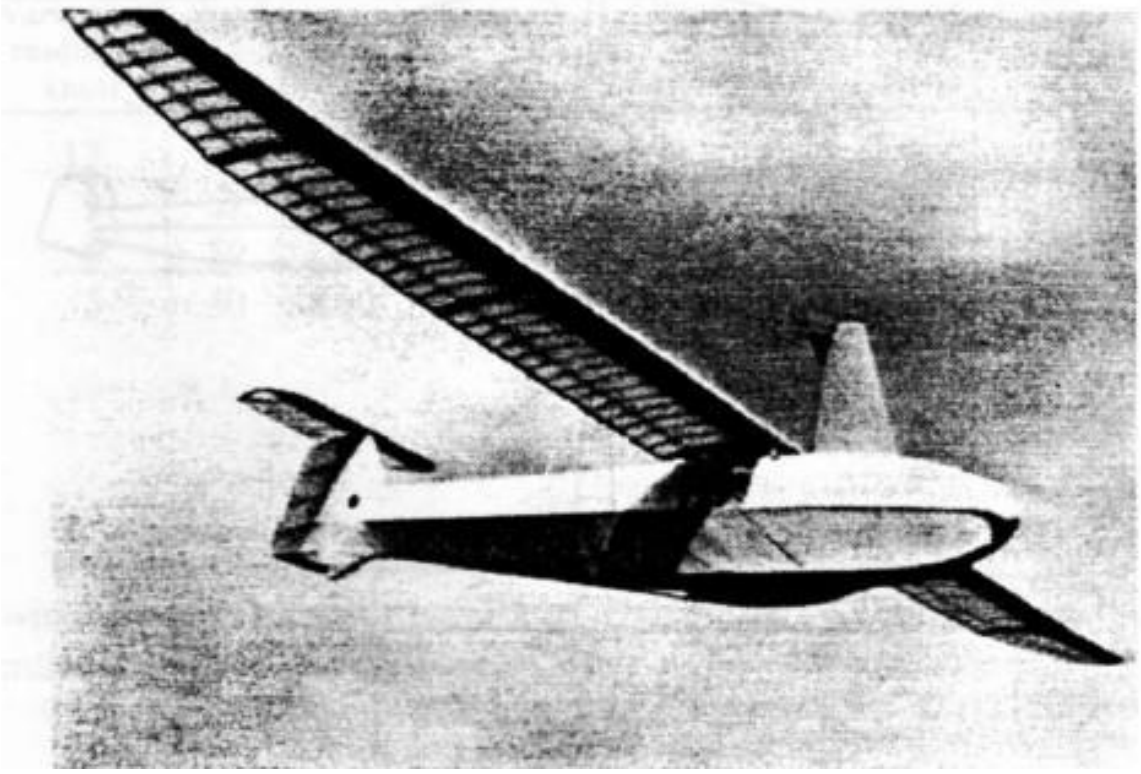
A. Newell. College of Aeronautics

B. S. Shenstone. Chief Engineer. British European Airways



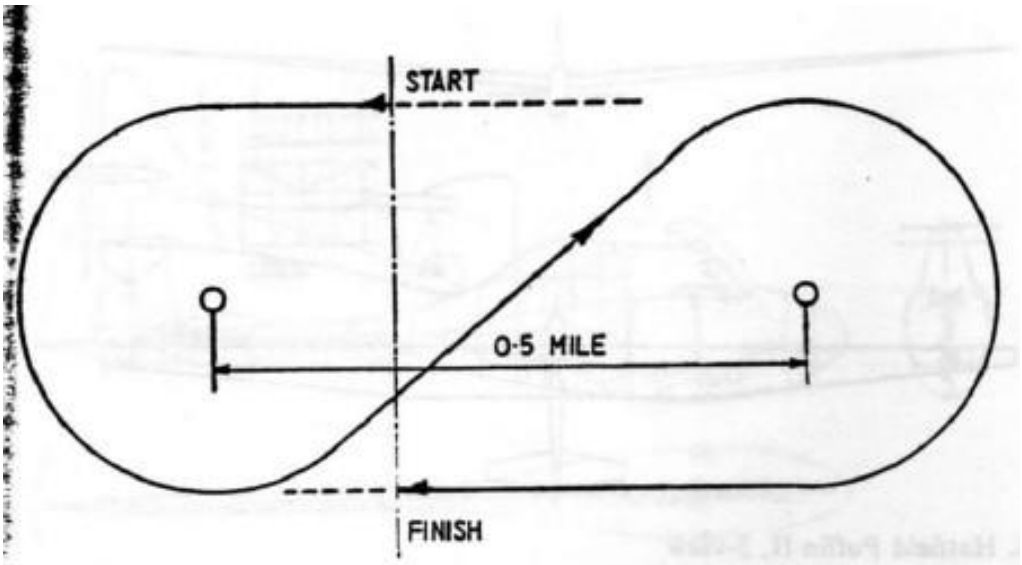
3. Bossi-Bonomi 3-view

2. Haessler-Villinger in flight



4. Bossi-Bonomi in flight





5. Kremer figure 8 course

Seitdem gehören oder gehörten folgende Personen dem Ausschuss an:

J. M. Gray
C. H. Latimer Needham
Professor G. M. Lilley
D. G. A. Rendel
Dr. D. R. Wilkie

Peter Scott
R. P. Itter S. Scott-Hall
W. C. Holloway
R. Graves.

Dieses Komitee wurde aus dem Nichts gegründet und verfügte außerhalb seines eigenen Mitgliederkreises weder über Rückhalt noch über Autorität. Die erste Initiative des Komitees bestand darin, Informationen für alle Interessierten bereitzustellen, die ein muskelbetriebenes Flugzeug entwickeln wollten. Es wurden eine Reihe von Artikeln verfasst, und es wurden Kontakte zu Haessler, Villinger und Bossi geknüpft, die alle zusätzlichen Informationen lieferten, die über die in der Literatur verfügbaren hinausgingen.

Es wurde beschlossen, junge Konstrukteure zur Entwicklung von Versuchsflugzeugen zu ermutigen. Um dies zu ermöglichen, ging das Komitee eine Partnerschaft mit der Royal Aeronautical Society ein, und es wurde eine „Manpowered Aircraft Group“ gegründet, deren Zweck darin bestand, vielversprechende Entwürfe finanziell zu unterstützen. Man ging davon aus, dass keine finanziell solide Organisation ein derart aussichtsloses Projekt in Angriff nehmen würde.

Während die Mitglieder der Gruppe Geld sammelten, trat im November 1959 ein Industrieller, Herr Henry Kremer, scheinbar aus heiterem Himmel mit einem Angebot von 5.000 £ für den ersten Flug eines muskelbetriebenen Flugzeugs auf einer „8er“-Strecke auf, die auf zwei Markierungen basierte, die eine halbe Meile voneinander entfernt waren (Abb. 5) (Anhang A). Der Fonds zur Unterstützung von Konstrukteuren und Herstellern erreichte schließlich 5.000 Pfund, sodass zunächst insgesamt 10.000 Pfund für Fördermittel und den Preis zur Verfügung standen.

Die Royal Aeronautical Society gab daraufhin die Verfügbarkeit dieser Mittel bekannt und legte fest, dass jeder wer finanzielle Unterstützung erhalten wollte, musste bestimmte technische Informationen vorlegen (Einzelheiten siehe Anhang B), damit der Wert seines Entwurfs vom „Manpowered Aircraft Committee“ beurteilt werden konnte. Es wurden sechs Projekte eingereicht – allesamt Starrflügler mit Propellerantrieb. Die beiden zunächst vielversprechendsten Entwürfe stammten von der „Southampton Manpowered Aircraft Group“ und der „Hatfield Manpowered Aircraft Group“ und betrafen jeweils Einsitzer mit einem einzigen Heckpropeller. Später wurde das nebeneinander angeordnete Zweisitzer-Flugzeug aus Southend gefördert, und schließlich erhielt auch das „Woodford Manpowered Aircraft“ Unterstützung. Derzeit sind die Flugzeuge aus Southampton, Hatfield und Southend fertiggestellt, das Flugzeug aus Woodford ist jedoch noch unvollständig.

Tabelle II
Flüge mit der Bossi-Bonomi „Pedaliante“ (1936 und 1937)

Distance		Time	Speed	
Meter	feet	seconds	mph	km/h
900	2,950	71	28.3	45.5
750	2,450	53	31,5	51
500	1,640	47	24	39
860	2,820	74	26	42

Der Erstflug des Flugzeugs aus Southampton fand am 9. November 1961 statt (Abb. 6 und 7), und die „Hatfield Puffin I“ hob am 16. November 1961 zum ersten Mal ab (Abb. 8 und 9 zeigen die Version Mark 11). Beide Flüge wurden ohne gespeicherte Energie und allein mit der Kraft der Piloten durchgeführt. Damit war eine der größten Kontroversen beendet. Es war klar, dass ein Pilot, solange das Landungsrad angetrieben werden konnte, aus eigener Kraft abheben und eine angemessene Strecke zurücklegen konnte. Die volle Anerkennung für diese Eigenschaft gebührt Bossi, der sie bereits 1936 in seinen „Pedaliante“ integrierte (Abb. 10).

Die Southend-Maschine (Abb. 11) ist der einzige Zweisitzer, der fertiggestellt wurde. Aufgrund mechanischer Probleme mit dem Antrieb ist sie jedoch noch nicht geflogen.

Das zweite Problem, das diese Flugzeuge lösten, betraf die Debatte und Diskussion über die erreichbaren Strukturgewichte. Dank der Weiterentwicklung struktureller und aerodynamischer Techniken war es möglich, leichte freitragende Tragflächen mit einer Spannweite von über 80 ft (24,4 m) zu bauen, wobei die resultierenden Flugzeuge ein Leergewicht aufwiesen, das nicht größer war als das einer durchschnittlichen Freundin oder der frühen Haessler-Villinger-Flugzeuge mit deutlich kürzerer Spannweite.

Die erreichten Gewichte deuten auf zwei Dinge hin: Erstens, dass überraschend geringe Gewichte möglich sind, und zweitens, dass man zu dem Schluss kommen muss, dass Segelflugzeuge übermäßig schwer sind. Dies mag für Segelflieger als unwichtig erscheinen, und tatsächlich spielt das hohe Gewicht von Segelflugzeugen in vielen Fällen keine Rolle, da es den Gleitwinkel nicht beeinflusst, wohl aber die Sinkgeschwindigkeit.

Bei muskelkraftgetriebenen Flugzeugen kommt es auf die erforderliche Leistung an, sodass das Gewicht einer der wesentlichen Faktoren ist, der so weit wie möglich reduziert werden muss.

Die Abbildungen 12 und 13 zeigen die Unterschiede zwischen den Gewichten von Segelflugzeugen und muskelkraftgetriebenen Flugzeugen. Man könnte sich nun fragen,

wie sich die Beladungsfaktoren dieser beiden Flugzeugtypen im Vergleich darstellen. Es ist anzunehmen, dass der maximale Belastungsfaktor für das muskelbetriebene Flugzeug in der Größenordnung von 5 liegt, während für das Segelflugzeug ein wahrscheinlicher Durchschnittswert von 8 anzunehmen ist. Andererseits wird das muskelbetriebene Flugzeug bei einer wesentlich geringeren Geschwindigkeit und in niedrigeren Höhen betrieben und ist daher deutlich geringeren Windböen Belastungen ausgesetzt. Es zeigt sich jedoch, dass selbst bei einer Verdopplung oder Verdreifachung des Flügelgewichts dieses immer noch geringer wäre als das Gewicht eines durchschnittlichen Segelflugzeugs. Ich bin der Meinung, dass diese Leistung Segelflugzeugkonstrukteure dazu anregen sollte, ihre Gewichtsangaben noch einmal zu überprüfen, denn das Gewicht ist beispielsweise unter grenzwertigen Thermikbedingungen zweifellos von entscheidender Bedeutung, auch wenn, wie wir alle wissen, ein hohes Gewicht bei Versuchen, schnelle Rundflüge zu absolvieren, oft von Vorteil ist.

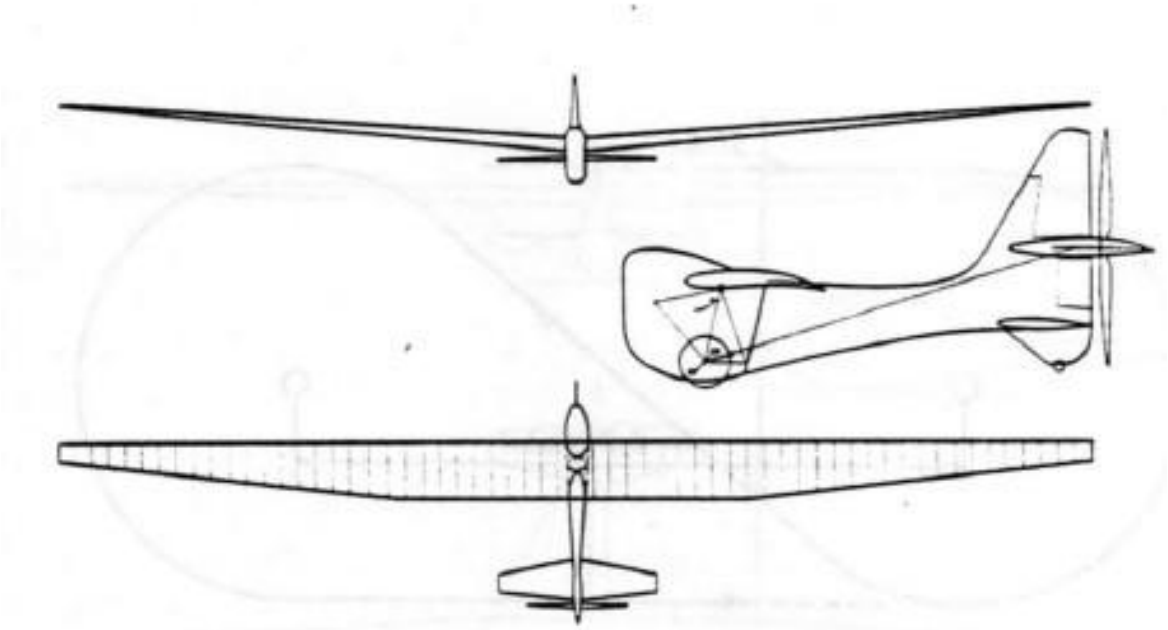
Ein weiterer Punkt wurde ganz deutlich gemacht, nämlich dass – vor allem dank der Arbeiten von Oskar Ursinus, Nonweiler und Wilkie (Ref. 9) – bekannt ist, dass die von einem Menschen erzeugbare Reiseleistung in der Größenordnung von 1/2 PS liegt. Die theoretisch erforderliche Leistung für das bislang beste muskelbetriebene Flugzeug liegt in der Größenordnung von 0,4 PS.

Der längste Flug, der ausschließlich durch die eigene Kraft des Piloten – einschließlich des Starts – zurückgelegt wurde, gelang John Wimpenny am 2. Mai 1962 mit der „Hatfield Puffin“ über eine Entfernung von 910 m in gerader Linie. Zufälligerweise wurde dieser Flug von Vertretern dreizehn Nationen (dem Technischen Ausschuss der IATA) beobachtet. Dieser Flug zeigt, dass bereits ein Flugzeug gebaut wurde, das für den Flug in Bodennähe etwa 0,5 Pferdestärken benötigt.

Erfahrungen mit dem muskelbetriebenen Flugzeug aus Southampton unter der Steuerung von Derek Piggott zeigten, dass bestimmte mechanische Verbesserungen vorgenommen werden konnten, und solche Verbesserungen wurden in den letzten Jahren von der London Manpowered Aircraft Group unter der Leitung von Alan Lassiere umgesetzt. Leider stürzte dieses Flugzeug am 12. November 1965, und wird nicht wieder aufgebaut.

Das muskelbetriebene Flugzeug aus Hatfield erlitt 1963 einen Landeunfall, bei dem der Flügel zerstört wurde, der jedoch weder am Flugzeug noch am Piloten weitere schwerwiegende Schäden verursachte. Die Hatfield-Gruppe hat diese Gelegenheit voll ausgeschöpft, um ihren Flügel neu zu konstruieren, und die Spannweite von 84 ft (25,6 m) auf 93 ft (28,3 m) vergrößert. Die Konstruktion wurde grundlegend überarbeitet und vom klassischen Flügel mit D-förmiger Nase auf einen Zweiträgerflügel umgestellt, der mit geeigneten Diagonalverstrebungen zwischen den Trägern versehen ist, um die erforderliche Torsionssteifigkeit zu gewährleisten. Die Rippen verlaufen über die Träger, und die gesamte Außenhaut besteht aus transparentem Melinex, wodurch eine

vollkommen glatte Oberfläche entsteht, die dank des sehr engen Abstands der Nasenrippen zu einer äußerst präzisen Oberfläche führt.



8. Hatfield Puffin II, 3-view

Gleichzeitig hatte die Hatfield Group das Glück, von Dr. F. X. Wortmann ein speziell entwickeltes Flügelprofil angeboten zu bekommen. Dieser Flügel wurde fertiggestellt, und das überarbeitete Flugzeug, die „Puffin II“, flog am 27. August 1965.

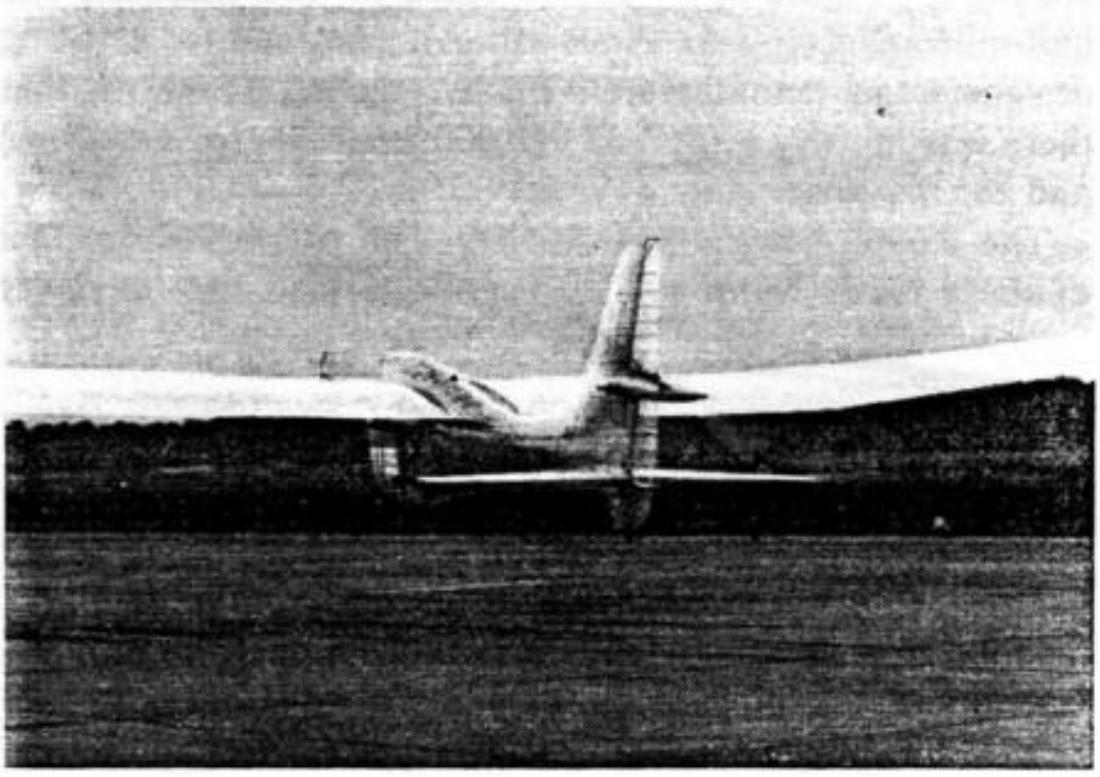
Es ist interessant zu wissen, dass – abgesehen vom Flugzeug aus Southampton (das im Wesentlichen aus Fichte mit einem gewissen Anteil an Balsaholz gebaut wurde) – die anderen drei Flugzeuge fast ausschließlich aus Balsaholz gefertigt wurden, mit Ausnahme der Flügelholme, die aus Fichte bestehen. Sorgfältig ausgewähltes Balsaholz hat sich bislang als leichter und besser geeignet erwiesen als jede bisher verfügbare Kunststoffart, die sich wirtschaftlich für Prototypen einsetzen lässt.

Andererseits ist die „Manpowered Aircraft Group“ in Ottawa der Ansicht, dass der Rumpf vorteilhafterweise aus dünnwandigen Leichtmetallrohren gefertigt werden könnte, die mittlerweile erhältlich sind: beispielsweise mit einer Wandstärke von nur 0,4 mm bei einem Durchmesser von 4 cm oder 0,6 mm bei einem Durchmesser von 7,5 cm. Diese Wandstärken sind so gering, dass sich diese Rohre mit herkömmlichen Mitteln nur schwer miteinander verbinden lassen, weshalb die Ottawa-Gruppe ein Verfahren entwickelt hat, bei dem mit geeignetem Kunststoff imprägnierte Glasfaserschnüre zum Einsatz kommen.

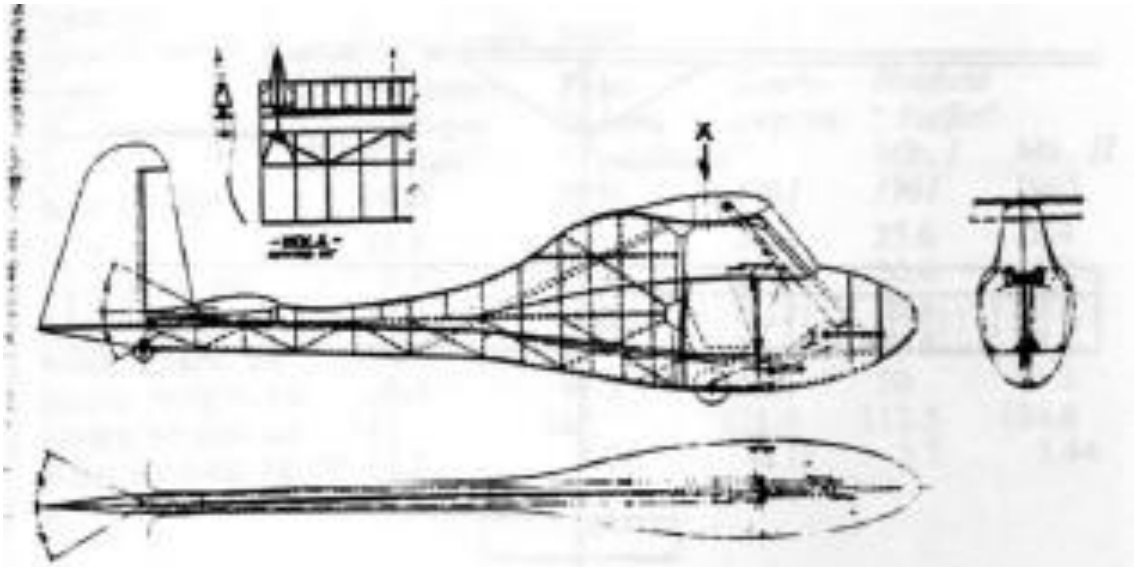
7. Southampton in flight



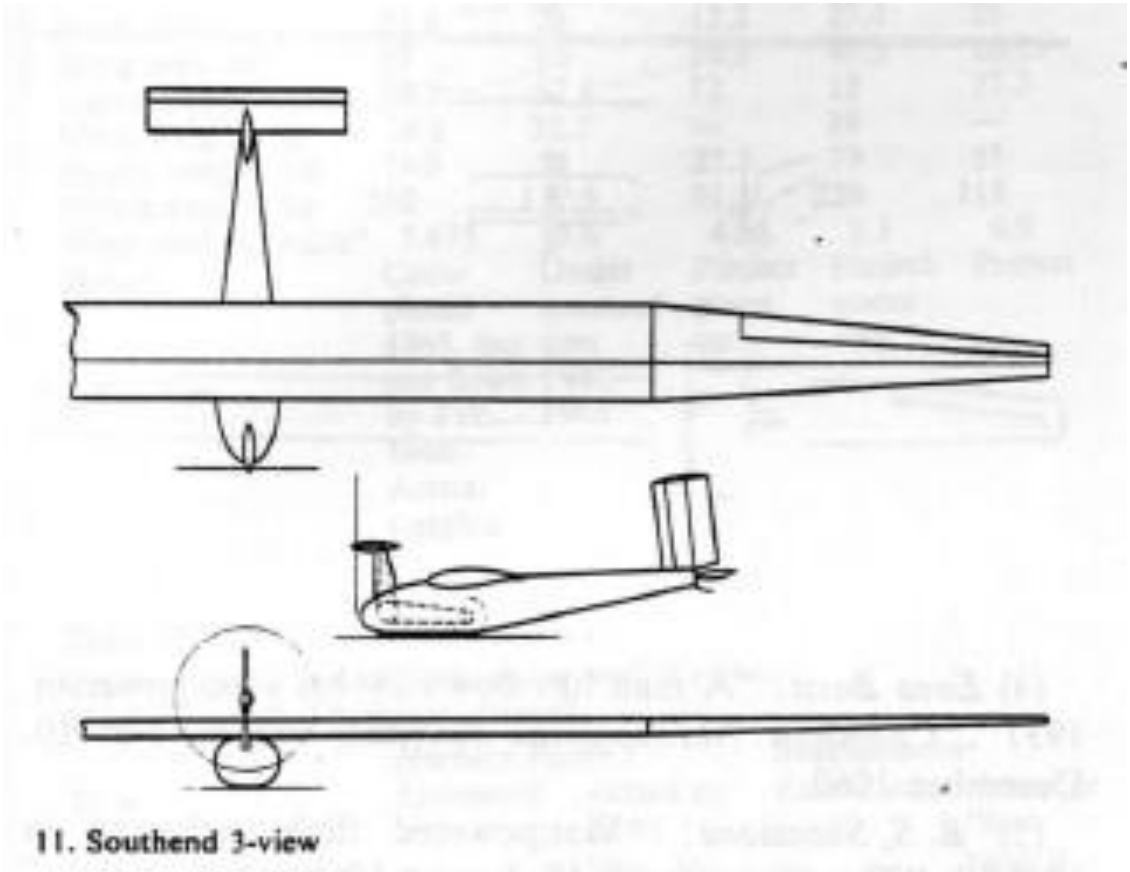
9. Hatfield Puffin II in flight



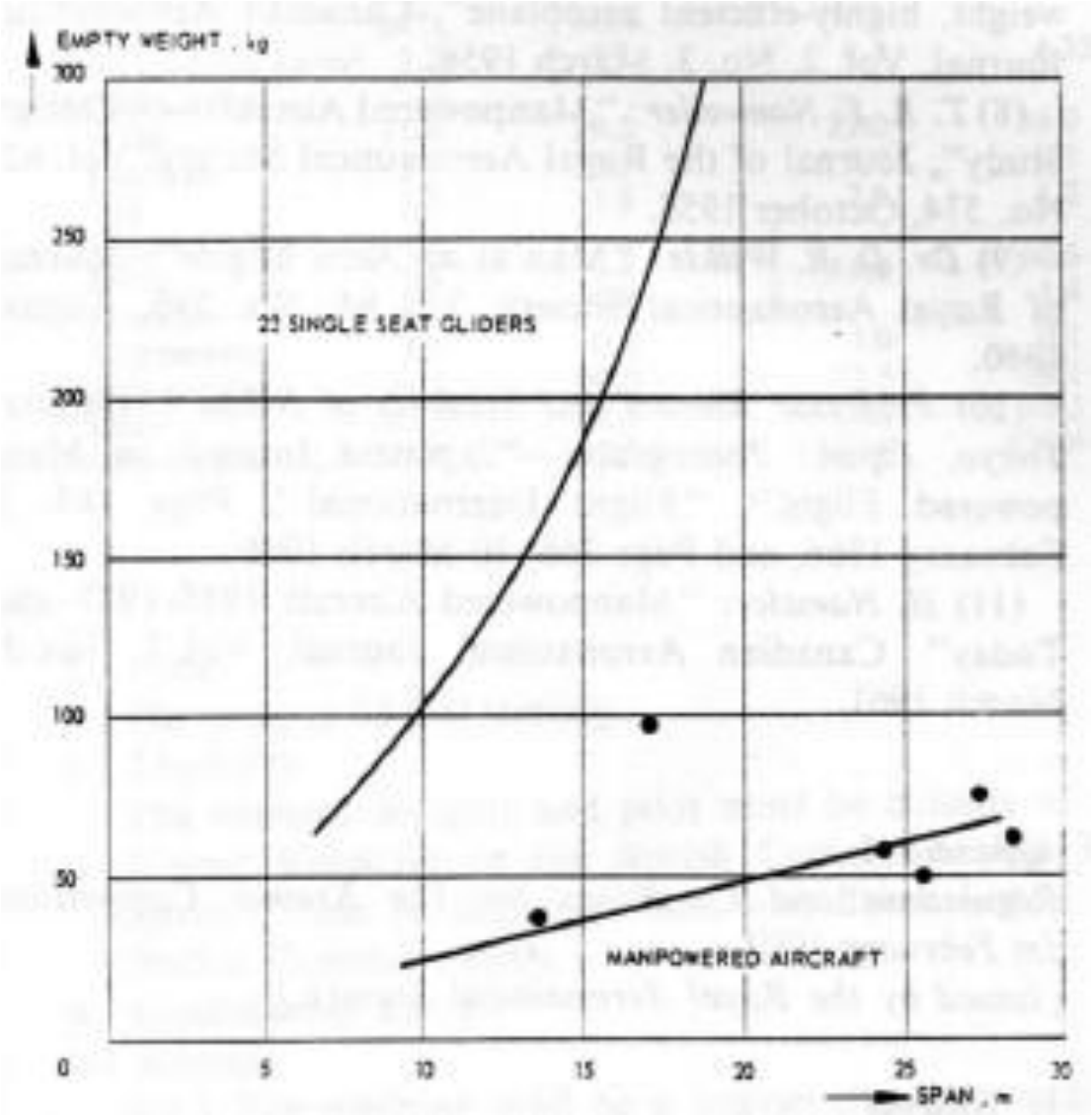
Was die Antriebe betrifft, so kommen bei den Flugzeugen der Hatfield Group ausschließlich Zahnräder und keine Ketten zum Einsatz. Die Maschine aus Southampton verwendete Ketten und Riemen, während die Maschinen aus Woodford und Southend ausschließlich Ketten nutzen. Eine Alternative zu Zahnrädern wurde von W. Czerwinski in Ottawa entwickelt, wobei eine ausgeklügelte Anordnung von Doppelgelenken mit reibungsarmen Lagern zum Einsatz kommt, wie in Abb. 14 dargestellt.



10. Bossi-Bonomi fuselage showing wheel-drive



11. Southend 3-view



12. Leergewicht im Vergleich zur Spannweite – Von links nach rechts: Haessler-Willinger, Bossi-Bonomi, Southampton, Hatfield I, Southend, Hatfield II

Obwohl dieser Beitrag im Wesentlichen einen Bericht über den aktuellen Stand der Entwicklung muskelkraftgetriebener Flugzeuge im Vereinigten Königreich darstellt, darf ich bedeutende Entwicklungen in anderen Teilen der Welt nicht außer Acht lassen.

Ich habe bereits erwähnt, dass Alexander Lippisch, Konstrukteur bekannter Vorkriegssegelflugzeuge wie „Professor“, „Wien“ und „Fafnir“, 1929 ein muskelkraftgetriebenes Flügelschlagflugzeug entwarf und sich weiterhin für dieses Thema interessiert. In Cedar Rapids, Iowa, USA, gründete er eine Gruppe zur Konstruktion und zum Bau eines sehr leichten, muskelkraftgetriebenen Flugzeugs (Abb. 15). Dieses sollte eine Spannweite von 15,2 m (50 ft) und eine Flügelfläche von 19,5 m^2 (208 sq.ft) haben und voraussichtlich ein Leergewicht von nur 60 lb (27 kg) erreichen. Der Entwurf zeigt einen verstrebenen Flügel, und die Steuerung sollte über Seile erfolgen, ähnlich wie bei der Haessler-Villinger-Maschine, wobei der gesamte Flügel um den Flügelträger gedreht werden sollte, um bei entgegengesetzter Drehung eine

Rollbewegung und bei Drehung in derselben Richtung eine Nickbewegung zu erzeugen. Leider konnte Lippisch dieses interessante Projekt nicht zum Abschluss bringen.

Das Canadian Aeronautics and Space Institute hat eine Abteilung für muskelkraftgetriebene Flüge gegründet. Dort wurde ein Fahrradergometer entwickelt und ein Flügelkonstruktionsmodell angefertigt; derzeit wird unter der Leitung von Czerwinski an der detaillierten Konstruktion gearbeitet, bei der es sich um einen verstreben Tandem-Zweisitzer mit einer Spannweite von 90 ft (27,4 m) handelt (Abb. 16).

Wir haben kürzlich ein Foto eines japanischen muskelbetriebenen Flugzeugs gesehen, das von Professor Kimura von der Nihon-Universität entwickelt wurde. Es verfügt wie das Hatfield-Flugzeug über einen Propeller hinter dem Heck, dürfte sich in anderen Punkten jedoch deutlich davon unterscheiden. Die einzigen zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Artikels verfügbaren Daten sind: Diese Maschine hob am 27. Februar 1966 erstmals ab und flog etwa 10 m in einer Höhe von 3 m. Die Spannweite beträgt 23 m, die Länge 5,9 m und das Leergewicht 50 kg (Quelle 10).

Genaue Daten sind für Konstrukteure stets hilfreich, daher führe ich einige in den Tabellen III, IV und V auf. Tabelle III enthält grundlegende Messdaten zu muskelkraftgetriebenen Flugzeugen, die bereits geflogen sind. Tabelle 1% zeigt ähnliche geschätzte Daten zu bestimmten muskelkraftgetriebenen Flugzeugen, die noch nicht geflogen sind, darunter ein interessantes Projekt von Haessler, das im Wesentlichen den Haessler-Villinger „Mufti“ von 1935 weiterentwickelt, indem die Spannweite vergrößert und ein Antriebsrad hinzugefügt wird (Ref. II). Tabelle V vergleicht die berechneten und gemessenen Gewichte der Flugzeuge aus Southampton und Hatfield in ihrer ursprünglichen Flugausführung. Es ist interessant festzustellen, dass die Gruppe aus Southampton zuvor noch nie ein Flugzeug konstruiert hatte, während die Gruppe aus Hatfield über umfangreiche Konstruktionserfahrung verfügte.

Abbildung 17 zeigt einen Vergleich der Flügelprofile, die bei muskelkraftgetriebenen Flugzeugen der Nachkriegszeit zum Einsatz kamen.

Es gibt noch viele ungelöste Probleme, darunter unter anderem:

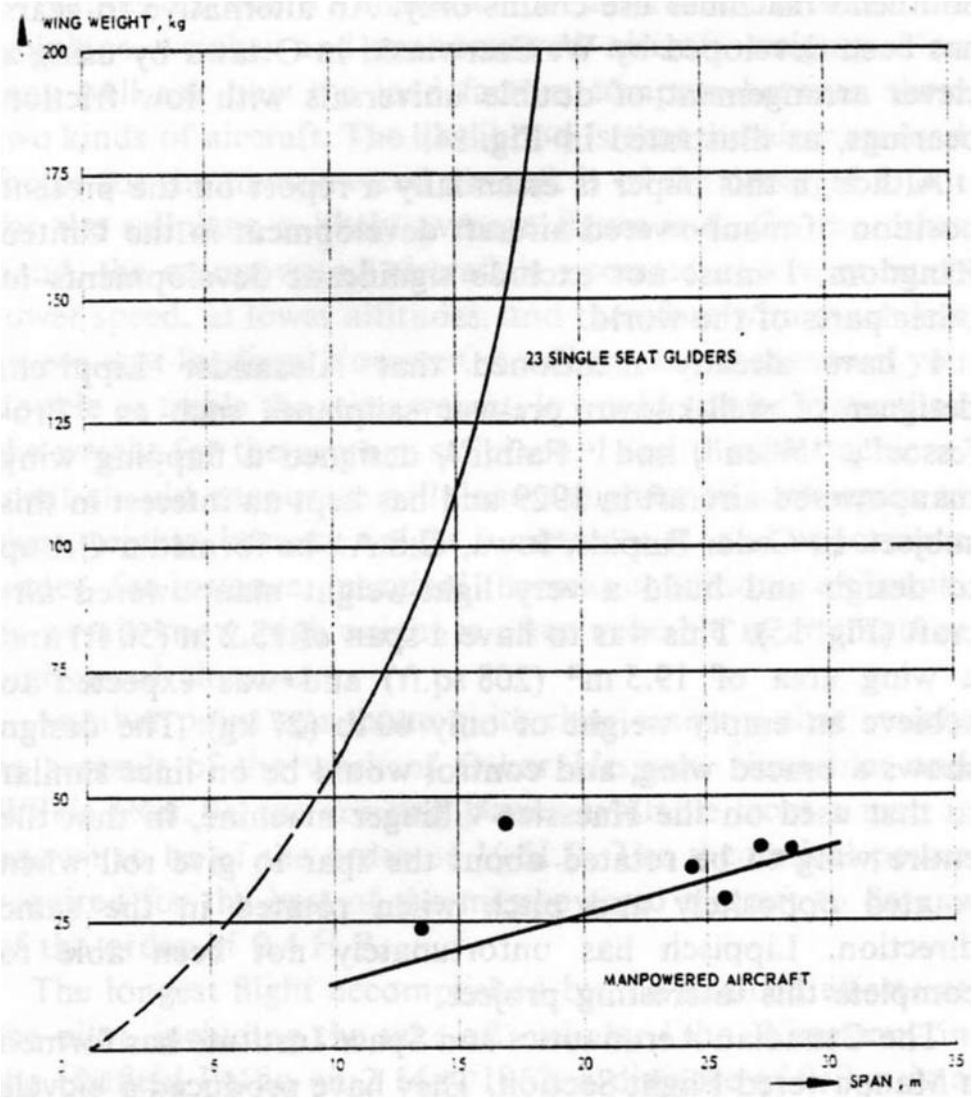
1. Die genaue Leistung, die für den Horizontalflug bei den verschiedenen Projekten sowohl in Bodennähe (etwa in einer Höhe von 0,1 Spannweiten) als auch in Höhen über 0,5 Spannweiten erforderlich ist.

2. Der Grad der laminaren Grenzschichtbedingungen, die im Flug am Flügel erreicht werden. Dieses Problem hängt nicht nur mit dem Flügelprofil und der Oberflächenrauheit zusammen, sondern auch mit der Reynolds-Zahl in der Nähe der Flügelspitzen, wo bei kürzeren Sehnenlängen das Problem der laminaren Ablösung auftritt.

3. Die tatsächlichen Propellerwirkungsgrade.

4. Die Verluste im Antrieb abgesehen von den Propellerverlusten. 5. Das beste Training für den menschlichen Motor.

6. Die optimale Kopplung der Besatzung.



13. Flügelgewicht im Vergleich zur Spannweite – von links nach rechts: Haessler-Villinger, Bossi-Bonomi, Southampton, Hatfield I, Southend, Hatfield II

Literaturverzeichnis

(1) H. G. Schulze und W. Stiasny: „Flug durch Muskelkraft“, Naturkunde und Technik. Verlag Fritz Knapp, Frankfurt a. M., 1936.

(2) A. M. Lippisch: „Manpowered Flight in 1929“, Journal of Royal Aeronautical Society, Bd. 64, Nr. 595, Juli 1960.

(3) „Flugsport“. Mitteilungen des Muskelflug-Instituts, Nr. 1–6, 1936/1937.

(4) Enea Bossi: „Ein Mann ist 1937 aus eigener Kraft geflogen“. Canadian Aeronautical Journal, Bd. 6, Nr. 10, Dezember 1960.

(5) B. S. Shenstone: „Menschkraftflug 1936 gelungen?“, „The Aeroplane“, 19. August 1960.

(6) Brian Worley: „Kann der Mensch fliegen?“, „Aeronautics“. Februar 1948.

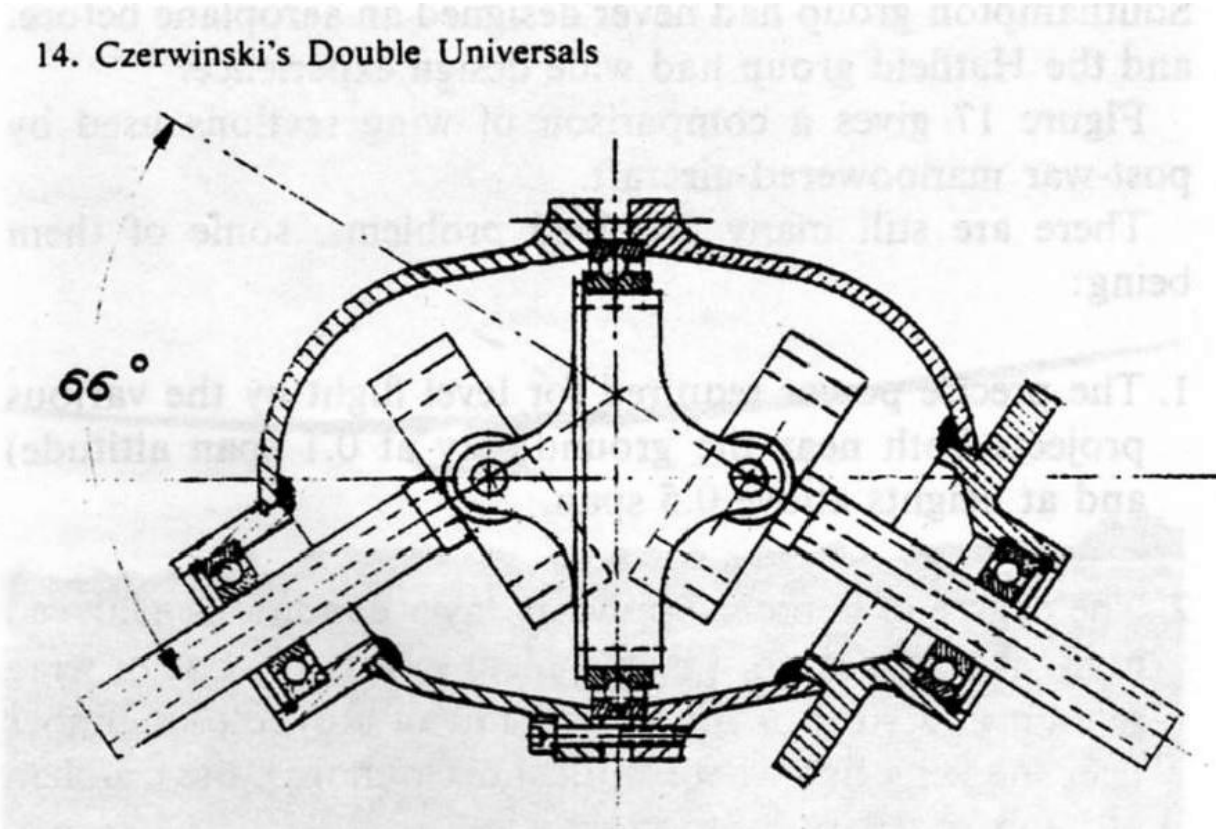
(7) B. S. Shenstone: „Das Problem des sehr leichten, hocheffizienten Flugzeugs“, Canadian Aeronautical Journal, Bd. 2, Nr. 3, März 1956.

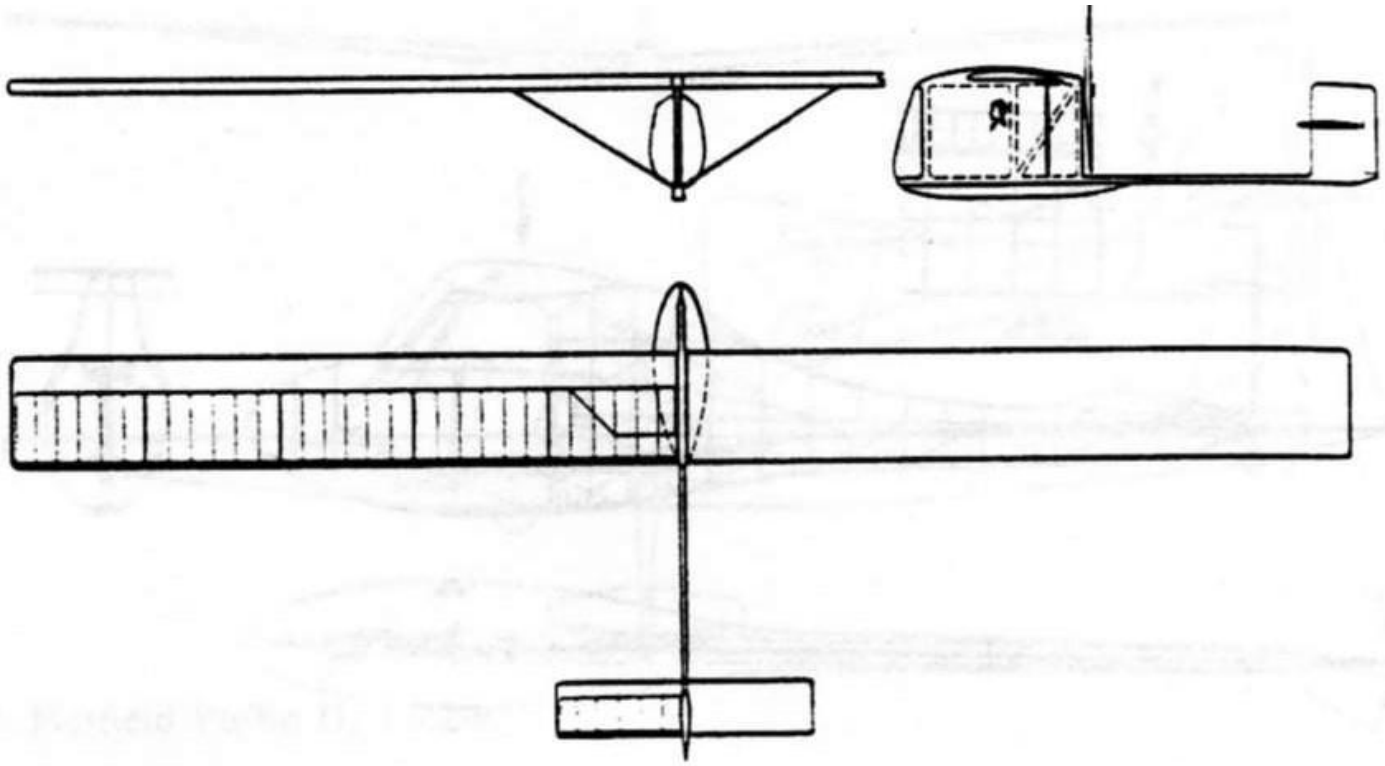
(8) T. R. F. Nonweiler: „Manpowered Aircraft – A Design Study“, Journal of the Royal Aeronautical Society, Bd. 62, Nr. 574, Oktober 1958.

(9) Dr. D. R. Wilkie: „Man as an Aero Engine“, Journal of the Royal Aeronautical Society, Bd. 64, Nr. 596, August 1960.

(10) Professor Kimura und Studenten der Nihon-Universität. Tokio, Japan: Foto – „Japanese Interest in Man-powered Flight“, „Flight International“, Seite 167, 3. Februar 1966, und Seite 366, 10. März 1966.

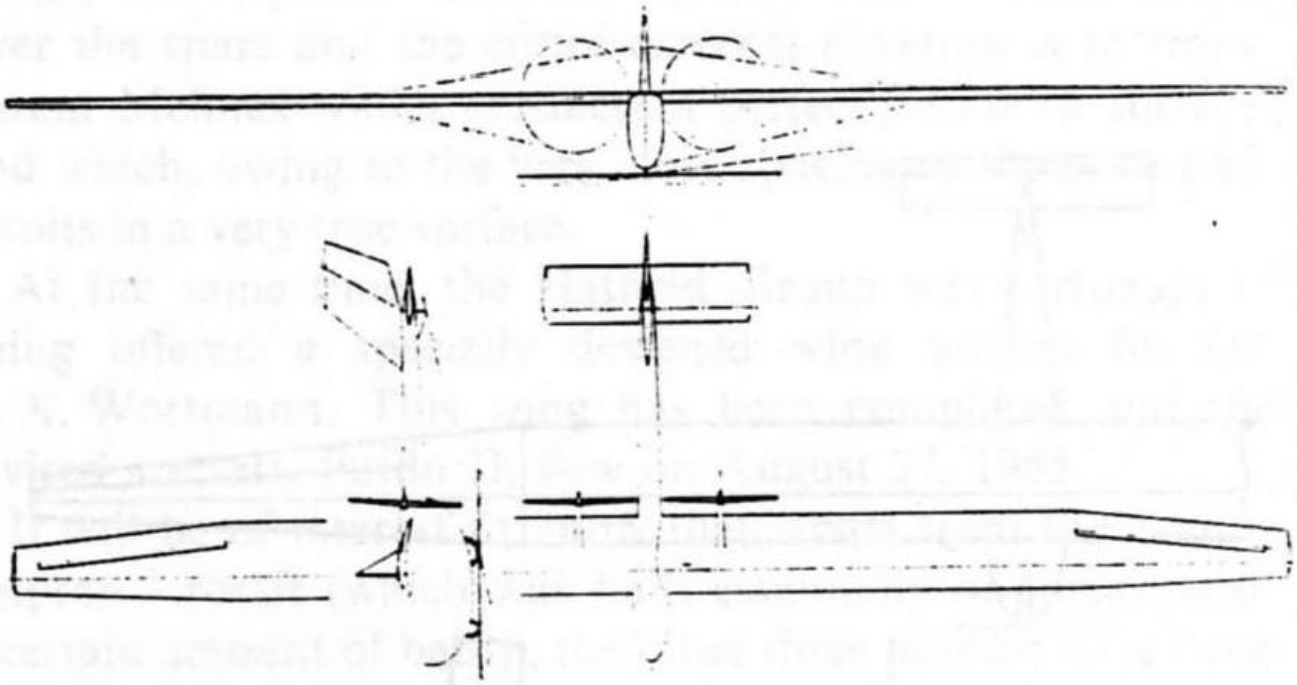
(11) H. Haessler: „Manpowered Aircraft 1935–1937 and Today“, Canadian Aeronautical Journal, Bd. 7, Nr. 3, März 1961.





15 Lippisch 3-view

16. Ottawa 3-view



7. Wing sections used by various manpowered aircraft

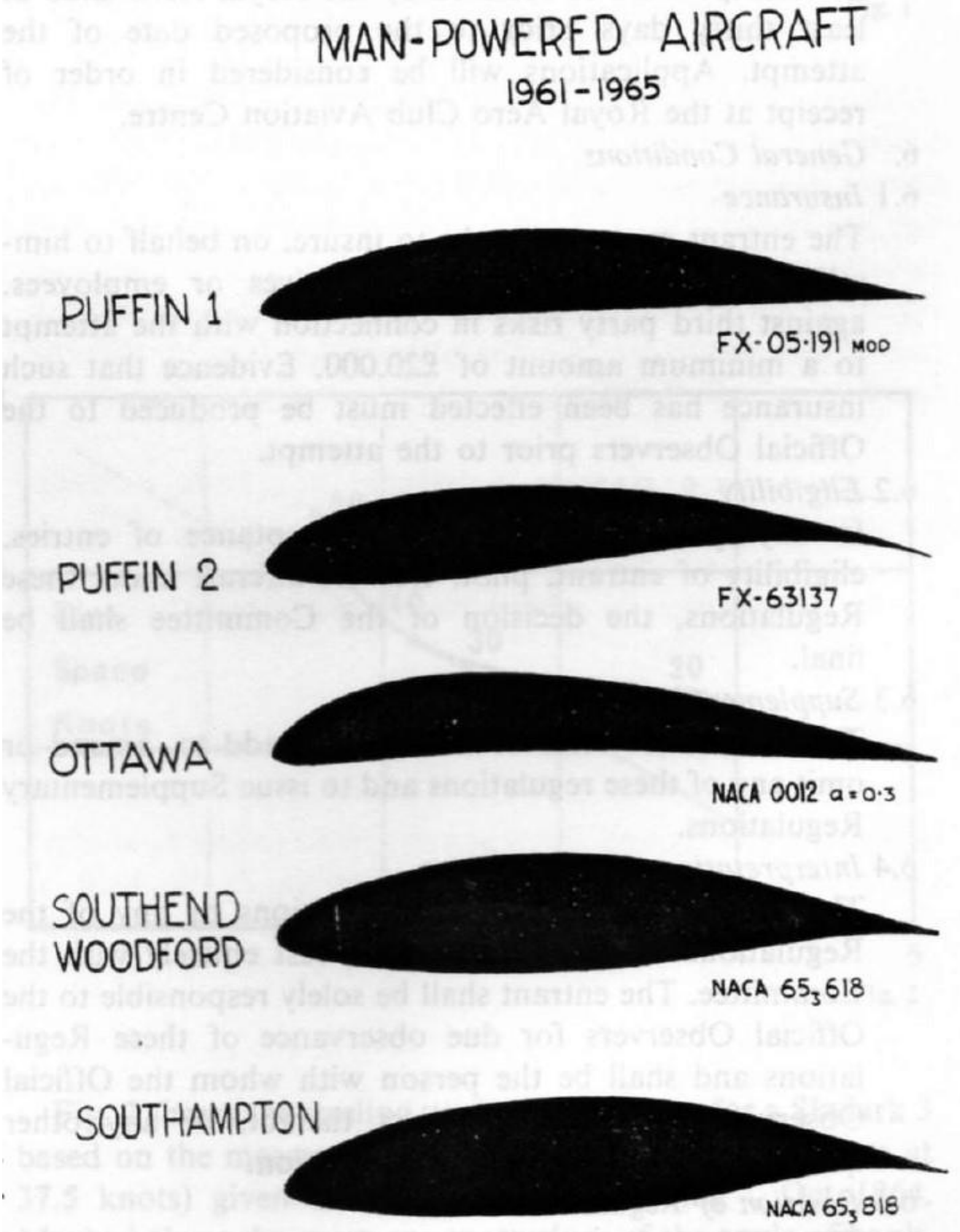


Tabelle III

Flugzeuge, die bereits geflogen sind (Anfang 1966)

Typ	Haessler-Villinger „Mufti“	Bossi-South-Bonomi „Pedaliante“	South-ampton	Hatfield „Puffin“		
				Mk.I	Mk.II	
Erstflug	1935	1936		1961	1961	1965
Spannweite, m	13,5	17		24,4	25,6	28,4
Flügelfläche, m^2	9,65	21,4		27,9	30,6	36,2
Seitenverhältnis	18,8	13,4		21,3	21,4	22
Flügelgewicht, kg	24,1	45		36	29,5	38,6
Leergewicht, kg	36,4	97,3		58,1	50	61,3
Betriebsgewicht, kg	111	162		121,6	113,5	124,8
Flächenbelastung, kg/m^2	11,5	7,56		4,35	3,7	2,44

Tabelle IV:

Flugzeuge, die noch nicht geflogen sind (Anfang 1966)

Typ	Southend	Woodfort	Lippisch	Ottawa	Mufli
Spannweite, m	27,4	24	15,2	27,4	25
Flügelfläche, m^2	37	33	19,5	41,5	16,75
Streckung	20,3	17,6	12	18	37,3
Flügelgewicht, kg	38,6	32,7	--	39	--
Leergewicht, kg	74,9	54	27,3	79	55
Fluggewicht, kg	210	117,5	91	220	115
Flächenbelastung, kg/m^2	5,675	3,6	4,65	5,3	6,9
Status	1965 fertiggestellt, aber bis Februar 1966 noch nicht geflogen Tatsächliche Gewichte von1966	Im Februar 1966 im Bau	Projekt aufgegeben	Projekt läuft	Projekt fliegt

Tabelle V:

Geschätzte und tatsächliche Abmessungen und Gewichte der Flugzeuge aus Hatfield und Southampton

Hatfield Puffin I			Southampton	
Typ	geschätzt	tatsächlich im Flug	geschätzt	tatsächlich im Flug
Datum des ersten Fluges		16/11/1961		9/11/1961
Spannweite, m	24,4	25,6	24,4	24,4
Flügelfläche, m^2	29,7	30,6	27,9	27,9
Streckung	20	21,4	21,3	21,3
Flügelprofil an der Flügelwurzel	Laminar14%	FX-05-191Mod.	65,818	65,818
Flügelbelastung kg/m^2	3,28	3,7	4,3	4,35
Gewichte in kg				
Flügel	17,9	29,5	29	36
Rumpf	5,9	10,5	7,6	9,1
Heck	3,3	1,8	2,9	1,2
Fahrwerk	5,9	6,8	13	10,3
Antrieb	5,9	6,8	13	10,3
Propeller	5,9	0,5	13	1,4
Ausstattung	1,1	0,5	3,0	0,1
Leergewicht	34,1	50	55,5	58,1
Pilot	63,5	63,5	63,5	63,5
Gesamtgewicht, kg	97,5	113,5	119	121,6

Anhang A

Reglement und Teilnahmebedingungen für den Kremer-Wettbewerb vom 1. Februar 1960.

(Herausgegeben von der Royal Aeronautical Society.)

1.Allgemeines Der Preis wird an den Teilnehmer vergeben, der die Bedingungen als Erster erfüllt.

2.Preis

Der Preis beträgt 5.000 Pfund Sterling.

3. Teilnahmeberechtigung

Der Teilnehmer, der Konstrukteur und der Pilot müssen Staatsangehörige des Vereinigten Königreichs oder des Britischen Commonwealth sein. Das Flugzeug muss innerhalb des Britischen Commonwealth konstruiert, gebaut und geflogen werden.

4. Teilnahmebedingungen

4.1 Flugzeug

4.1.1 Das Flugzeug muss schwerer als Luft sein.

4.1.2 Die Verwendung von Gasen, die leichter als Luft sind, ist untersagt. 4.1.3 Die Maschine muss während des gesamten Fluges von der Besatzung der Maschine angetrieben und gesteuert werden.

4.1.4 Es sind keine Vorrichtungen zur Speicherung von Energie – weder für den Start noch für den Einsatz während des Fluges – zulässig.

4.1.5 Während des gesamten Fluges, einschließlich des Starts, darf kein Teil der Maschine abgeworfen werden.

4.2 Besatzung

4.2.1 Die Besatzung besteht aus den Personen, die sich während des Starts und des Fluges in der Maschine befinden; ihre Anzahl ist nicht begrenzt.

4.2.2 Kein Besatzungsmitglied darf die Maschine zu irgendeinem Zeitpunkt während des Starts oder des Fluges verlassen.

4.2.3 Ein Helfer oder ein Mitglied des Bodenpersonals darf beim Start dabei helfen, die Maschine an der Flügelspitze zu stabilisieren.

4.3 Bodenbedingungen

4.3.1 Alle Versuche, einschließlich des Startlaufs, müssen auf annähernd ebenem Boden und auf einer vom Royal Aero Club zu genehmigenden Strecke durchgeführt werden.

4.3.2 Alle Versuche müssen bei Windstille durchgeführt werden, wobei unter Windstille eine Windgeschwindigkeit von durchschnittlich höchstens etwa 10 Knoten während der gesamten Flugdauer zu verstehen ist.

4.4 Flugstrecke

4.4.1 Die Flugstrecke muss eine Acht bilden und zwei Wendepunkte umfassen, die mindestens eine halbe Meile voneinander entfernt sein müssen.

4.4.2 Das Fluggerät muss jeden Wendepunkt in sicherem Abstand und außerhalb desselben überfliegen.
4.4.3 Die Startlinie, die zugleich die Ziellinie ist, muss sich zwischen den Wendepunkten befinden und ungefähr im rechten Winkel zur Verbindungslinie der Wendepunkte verlaufen.
4.4.4 Die Höhe muss sowohl am Start als auch im Ziel mindestens zehn Fuß über dem Boden betragen; ansonsten gibt es keine Höhenbeschränkung.
4.4.5 Das Fluggerät muss über die gesamte Strecke hinweg ununterbrochen in der Luft bleiben.
4.5 Beobachtung Jeder Versuch muss vom Royal Aero Club oder von einer vom Royal Aero Club zur Beobachtung befugten Stelle oder Person beobachtet werden.
5. Anmeldeformular
5.1 Anmeldeformulare sind beim Royal Aero Club, Aviation Centre, Artillery Mansions, 75 Victoria Street, London, S.W.I., erhältlich.
5.2 Die Anmeldegebühr beträgt 1 £ und wird nach Durchführung des Versuchs zurückerstattet.
5.3 Jedes Anmeldeformular muss einen Antrag auf offizielle Beobachtung des Versuchs des Teilnehmers enthalten.
5.4 Die Gebühr für die offizielle Beobachtung beträgt EIS I5s. Od. und ist zusammen mit dem Anmeldeformular einzureichen.
5.5 Der Teilnehmer verpflichtet sich, die auf dem Anmeldeformular aufgeführten Bedingungen für die offizielle Beobachtung einzuhalten und alle im Zusammenhang mit der offiziellen Beobachtung des Versuchs anfallenden Kosten zu tragen.
5.6 Anmeldeformulare und Anträge auf offizielle Beobachtung eines Versuchs müssen spätestens dreißig Tage vor dem geplanten Datum des Versuchs beim Royal Aero Club eingegangen sein. Die Anträge werden in der Reihenfolge ihres Eingangs im Aviation Centre des Royal Aero Club berücksichtigt.
6. Allgemeine Bedingungen
6.1 Versicherung Der Teilnehmer muss sich verpflichten, für sich selbst, seine Piloten, seine Besatzung, seine Vertreter oder Mitarbeiter eine Haftpflichtversicherung gegen Schäden gegenüber Dritten im Zusammenhang mit dem Versuch in Höhe von mindestens 20.000 £ abzuschließen. Der Nachweis über den Abschluss einer solchen Versicherung muss den offiziellen Beobachtern vor dem Versuch vorgelegt werden.
6.2 Teilnahmeberechtigung Bei allen Fragen bezüglich der Annahme von Anmeldungen sowie der Teilnahmeberechtigung von Teilnehmern, Piloten, Besatzungsmitgliedern oder Flugzeugen gemäß diesen Bestimmungen ist die Entscheidung des Komitees endgültig.
6.3 Ergänzende Bestimmungen Das Komitee behält sich das Recht vor, diese Bestimmungen zu ergänzen, zu ändern oder zu streichen sowie ergänzende Bestimmungen zu erlassen.
6.4 Auslegung der Bestimmungen Die Auslegung dieser Bestimmungen oder aller künftig erlassenen Bestimmungen obliegt ausschließlich dem Ausschuss. Der Teilnehmer ist gegenüber den offiziellen Beobachtern allein für die ordnungsgemäße Einhaltung dieser

Bestimmungen verantwortlich und ist der Ansprechpartner der offiziellen Beobachter in Bezug auf diese Bestimmungen sowie alle anderen Fragen, die sich aus diesem Wettbewerb ergeben.
6.5 Überarbeitung der Bestimmungen Diese Bestimmungen bleiben für einen Zeitraum von zwei Jahre ab dem Datum der Veröffentlichung. Nach Ablauf dieser Frist behält sich die Royal Aeronautical Society das Recht vor, diese Bestimmungen zu überprüfen und zu ändern, falls der Preis nicht vergeben wurde.

Anhang B
Gruppe für muskelkraftgetriebene Flugzeuge – Bedingungen für die Gewährung von Zuschüssen
(Journal of the Royal Aeronautical Society)
(Band 64, Nr. 594, Juni 1960)

Bedingungen für die Gewährung von Zuschüssen
1. Die Royal Aeronautical Society (Gruppe für muskelkraftgetriebene Flugzeuge) erwägt die Gewährung finanzieller Zuschüsse an eine oder mehrere Personen oder Organisationen, die vielversprechende Projekte einreichen, die der Verwirklichung des muskelkraftgetriebenen Flugs dienen.
2. Die Einreichungen müssen so detaillierte Informationen wie möglich enthalten und sollten beispielsweise im Falle eines Projekts für ein komplettes Flugzeug die folgenden Angaben sowie alle weiteren Informationen umfassen, die die einreichende Person oder Organisation für relevant hält.
(a) Allgemeine Beschreibung des Projekts in einfachen Worten: dabei sind insbesondere die interessanteren oder ungewöhnlicheren Merkmale zu beschreiben.
(b) Dreiachsansicht des Projekts im Maßstab 1:24 oder größer.
(c) Gewichtsaufschlüsselung nach Struktur, Antriebsmechanismus, Steuerungssystem, Ausrüstung und Gewicht der Besatzung.
(d) Eine Analyse des Projekts, einschließlich Luftwiderstand und Leistungsbedarf, vorzugsweise in grafischer Form, die den Bereich von Nullgeschwindigkeit bis zur Reisegeschwindigkeit abdeckt.
(e) Beschreibende Analyse der Antriebsmethode (z. B. Propeller oder Flügelschlag).
(f) Belastungsannahmen (einschließlich V-n-Diagramm).
(g) Berechnungen zur Darstellung der zu erwartende Flugdauer und Manövrierfähigkeit.
(h) Eine möglichst detaillierte Schätzung der für das Projekt erforderlichen Gesamtkosten sowie des monatlichen Finanzbedarfs über die gesamte Projektlaufzeit. Diese Angaben müssen auf den Gesamtkosten basieren und dürfen nicht auf einem etwaigen Beitrag der Royal Aeronautical Society beruhen.
(i) Ein zeitlicher Ablaufplan vom Projektbeginn bis zum Abschluss der ersten Flugtests. Dieser Plan sollte in Etappen gegliedert sein, z. B. Fertigstellung des Flügels, des Rumpfs usw.
3. Die Einreichungen müssen spätestens am 31. Oktober 1960 bei der Royal Aeronautical Society eingegangen sein.

4. Die eingereichten Entwürfe werden von der Royal Aeronautical Society nicht vergütet und verbleiben Eigentum der Person oder Organisation, die den Entwurf eingereicht hat. Die Entwürfe werden von der Royal Aeronautical Society aufbewahrt, bis über die Gewährung von Zuschüssen entschieden wurde.
5. Bei allen Fragen hinsichtlich der Eignung der eingereichten Entwürfe für eine Förderung ist die Entscheidung der Royal Aeronautical Society endgültig.
6. Auf Anfrage nehmen Vertreter der Einreicher an einer von der Royal Aeronautical Society veranstalteten Rundtischdiskussion teil, bei der die Merkmale der verschiedenen eingereichten Entwürfe erörtert werden. Eine solche Sitzung findet statt, bevor etwaige Förderungen durch die Gesellschaft bekannt gegeben werden.
7. Eine solche Förderung schließt die Teilnahme des Empfängers am Kremer-Wettbewerb nicht aus.