Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG

Herausgeber: Eisenbibliothek

Band: 72 (2000)

Artikel: Vom Vogelflug zum Flugzeug

Autor: Lackner, Helmut

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-378347

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Vom Vogelflug zum Flugzeug

Dr. Helmut Lackner
Technisches Museum Wien
Mariahilfer Strasse 212
A-1140 Wien

Einleitung

Der Traum vom Fliegen, von der Eroberung des Luftraumes, ist Bestandteil der frühen mythischen Erzählungen beinahe aller Völker. Der für den Menschen unerreichbare Himmel wurde zum Sitz der Götter erklärt. Die Erde und mit ihr das Wasser hatten im Laufe der Entwicklung Pflanzen, Tiere und der Mensch erobert. Allein im Luftraum konnten sich neben den Göttern (und Engeln) nur die Vögel behaupten. Diese im Laufe der Evolution ausgebildete Sonderstellung der Vögel als «Herren der Lüfte» ging allerdings zu Lasten ihrer Beweglichkeit am Boden und im Wasser. Manche Autoren sprechen sogar von einer Sackgasse der Evolution.[1] Die Konzentration auf die Beweglichkeit in der Luft schuf aus den Vögeln andererseits jedoch nahezu perfekte Flugapparate hoher Effizienz. Dass die entweder ruhig in der Luft gleitenden, segelnden oder mit gleichmässigem Flügelschlag sich über den Köpfen der Menschen bewegenden Vögel zum grossen Vorbild für die Eroberung des Luftraumes wurden, erscheint selbstverständlich und überrascht nicht.

In frühen griechischen und germanischen Mythen befreien sich künstlerisch begabte Helden durch das Fliegen aus der Gefangenschaft. Am bekanntesten ist wohl der von Ovid überlieferte griechische Mythos von Daedalos und Ikaros. Nachdem Daedalos seinen Neffen Talos, der ihm ein übermächtiger Konkurrent geworden war, ermordet hatte, gelang es ihm, auf Kreta erneut Fuss zu fassen. Hier baute er im Auftrag von König Minos das berühmte Labyrinth für dessen missgebildeten Sohn Minotauros. Als es dem Athener Theseus gelang, Minotauros zu töten, geriet Daedalos in Verdacht. Er und sein Sohn Ikaros mussten die Insel verlassen. Da der Bau eines Schiffes zu auffällig gewesen wäre, blieb nur der Weg in der Luft. Der Ausgang ist bekannt: Der junge, ehrgeizige Ikaros flog zu hoch. Das Wachs, welches die Federn zusammenhielt, schmolz und Ikaros stürzte ins Meer, während Daedalos erfolgreich Sizilien erreichte.[2] In der germanischen Heldendichtung gibt es in der jüngeren Edda mit Wieland dem Schmied ein vergleichbares Beispiel. Dem kunstreichen Schmied gelang mit Hilfe von Flügeln aus den Federn von Geiern und Adlern die Flucht aus der Gefangenschaft des Königs Nidhad in Jütland, nachdem dieser Wielands Fusssehnen durchschnitt, um ihn an der Flucht zu hindern.[3]

In der im 3. Jahrhundert n. Chr. entstandenen und in mittelalterlichen Bearbeitungen überlieferten Alexandersage – um noch ein weiteres Beispiel zu erwähnen – geht Alexander mit Hilfe von zwei Vögeln in die Luft, wird aber bald von einem geflügelten Wesen ermahnt, zur Erde zurückzukehren.[4]

Das verweist uns auf die mit diesen Erzählungen verbreitete Kritik an der Selbstüberschätzung des Menschen, an Hochmut und Überheblichkeit sowie am Diesseits orientierten Erkenntnistrieb und an der Neugierde («curiositas»- und «superbia»-Kritik).[5] Wenn Ikaros ins Meer stürzt und Alexander vom Himmel gewiesen wird, so soll damit die Anmassung der Menschen in ihre Schranken verwiesen werden.

Frühe Berichte über Flugapparate und Untersuchungen des Vogelfluges

Das seit dem Hochmittelalter erwachende selbstbewusste Interesse an der Natur und Technik führte auch zu ersten, in Handschriften überlieferten Vorstellungen technischer Konstruktionen zur Nachahmung des Vogelfluges. In der «gesta regum anglorum» des 12. Jahrhunderts berichtet William von Malmes-

Literaturhinweise

1 Georg Rüppel: Vogelflug. Reinbek bei Hamburg 1980.

2 Lexikon der Kunst III (1991), S. 385f., Vgl. Gustav Schwab: Die schönsten Sagen des klassischen Altertums. Wien 1955 , S. 55–63.

3 Peter Thoene: Eroberung des Himmels. Geschichte des Fluggedankens. Leipzig, Wien 1937, S. 24–26 und weitere Mythen S. 9–42.

4 Der Alexanderroman mit einer Auswahl aus den verwandten Texten. Übersetzt von Friedrich Pfister (= Beiträge zur klassischen Philologie 92). Meisenheim am Glan 1978, S. 104.

5 Sonja Zöller: Literatur und Technik im Mittelalter. In: Ute Lindgren (Hg.): Europäische Technik im Mittelalter 800 bis 1200. Tradition und Innovation. Ein Handbuch. Berlin 1996, S. 526f.

bury von aktiven Flugversuchen seines Klosterbruders Eilmar (Oliver) um das Jahr 1000. Die Benediktinerabtei Malmesbury gehörte im 10./11. Jahrhundert jedenfalls zu den bedeutendsten angelsächsischen Klöstern.[6]

Experiment bzw. Vision blieb auch die im «Opus maius» von Roger Bacon (um 1219 bis um 1292) erwähnte «Flugmaschine», «in denen Menschen sitzend oder suspendiert im Zentrum, indem sie irgendeine Kurbel drehen, die Flügel in Bewegung setzen, die dazu dienen, die Luft zu schlagen an Stelle jener der Vogelflügel.»[7] Wie zahlreiche seiner Nachfolger geht Bacon noch davon aus, dass sich der Mensch mit Flügeln wie ein Vogel durch die Luft bewegen könnte.

Darauf beruhen im wesentlichen auch die in Zeichnungen der Handschrift «I libri di meccanica» überlieferten Flugapparate des universellen Renaissance-Künstlers Leonardo da Vinci.[8] Da zu Leonardo ein eigener Beitrag von Marcus Popplow vorgesehen ist, soll hier dieser Hinweis genügen. Wir wissen heute, dass Leonardo in vielen Bereichen den technischen Möglichkeiten seiner Zeit weit voraus war.

Das gilt auch für seine Flugapparate. Bevor es zur Konstruktion und zum Bau weiterer Flugmaschinen kam, stand in den folgenden Jahrhunderten vorerst die Untersuchung des Vogelfluges im Mittelpunkt. Als Pionier der Analyse der Flügelbewegungen und deren Erklärung auf der Grundlage mechanischer Prinzipien, der Mathematik und Physik gilt der Italiener Giovanni Alfonso Borelli (1608–1679) mit seinem Werk «De Motu Animalium», posthum erschienen 1680/81.[9]

Zwar sind viele seiner Erklärungen – etwa das Steigen als Resultat der Differenz der Flügel- zur Rückprallgeschwindigkeit der Luft oder die Vorwärtsbewegung als umgekehrtes Keilprinzip der Flügel – heute überholt, doch blieb Borelli für Jahrzehnte der Massstab nachfolgender Untersuchungen. Aufgrund der Relation zwischen Muskeln und Körpergewicht beantwortete er die Frage nach der Möglichkeit des Menschenfluges aus eigener Kraft eindeutig negativ. Der Ballon zur Verringerung des Körpergewichts war noch nicht erfunden.

Rund hundert Jahre später befassten sich zwei deutsche Naturforscher mit dem Vogelflug. Silberschlag legte 1781 auf der Basis aerodynamischer Grundlagen und der Anatomie der Vögel eine grundsätzlich bis heute gültige Erklärung der Mechanik des Flügelschlages, insbesondere des Auf- und Abschlags der Flügel, vor. Aus seinen Untersuchungen ergab sich klar, dass dem Menschen zwar der Schwingen-, aber nicht der Gleitflug versagt blieb: «Ob nun gleich unter diesen Umständen dem Menschen die Kunst zu fliegen versaget ist: so folget doch daraus noch lange nicht, dass derselbe unter keinerlei Umständen in der Luft schweben könne.»[10] Carl Friedrich Meerwein versuchte durch umfangreiche Messungen erfolglos einen gesetzmässigen Zusammenhang zwischen Vogelgewicht und Flügelfläche nachzuweisen.[11]

Systematischer, komplexer und langfristiger legte Johann Joseph Prechtl, bekannt als Gründer und erster Direktor des Polytechnischen Instituts in Wien, seine um 1800 beginnenden Untersuchungen des Vogelflugs an, die er im Jahre 1846 im Druck vorlegte.[12] Prechtl kannte die gescheiterten Flugversuche von Alfred Ludwig Berblinger (1770–1829) in Ulm und Jakob Degen in Wien und war überzeugt, dass nur eine gründliche, naturwissenschaftliche Analyse des Vogelflugs in Bezug auf seine «mechanischen Gesetze» die Voraussetzungen für die Verwirklichung von Flugmaschinen «schwerer als Luft» leisten konnte. Allerdings deutet Prechtl diese Möglichkeit in seinem Buch nirgends konkret an. Er konzentrierte sich ausschliesslich auf den Vogelflug, untersuchte dazu unter Zuhilfenahme der Sektion die Anatomie, die Gestaltung der Flügel und des Vogelkörpers durch genaue Vermessung sowie die Mechanik des Fluges.[13] Obwohl Otto Lilienthal in seinem Standardwerk zum Vogelflug – vor Beginn seiner praktischen Versuche – Borelli und Prechtl nicht erwähnt, ist anzunehmen, dass er diese Arbeiten kannte.[14] Seine zwischen 1866 und 1889 vorgenommenen Versuche und Berechnungen des Luftwiderstandes wurden zur Grundlage seiner Gleitflüge. Dabei erwies sich die leichte Wölbung des Flügels als wichtigste Voraussetzung für die «Fliegekunst».[15] Lilienthal analysierte aber auch die Flügelbewegungen der

6 Helmut Flachenecker: Handwerkliche Lehre und Artes mechanicae. In: Ute Lindgren (Hg.): Europäische Technik im Mittelalter 800 bis 1200. Tradition und Innovation. Ein Handbuch. Berlin 1996, S. 500.

7 Übertragung nach Raimund Nimführ: Leitfaden der Luftschifffahrt und Flugtechnik. Wien, Leipzig 1909, S. 197. Vgl. Lexikon des Mittelalters VII (1995), Sp. 940f.

8 Charles Gibbs-Smith: Die Erfindungen von Leonardo da Vinci. Stuttgart, Zürich 1988.

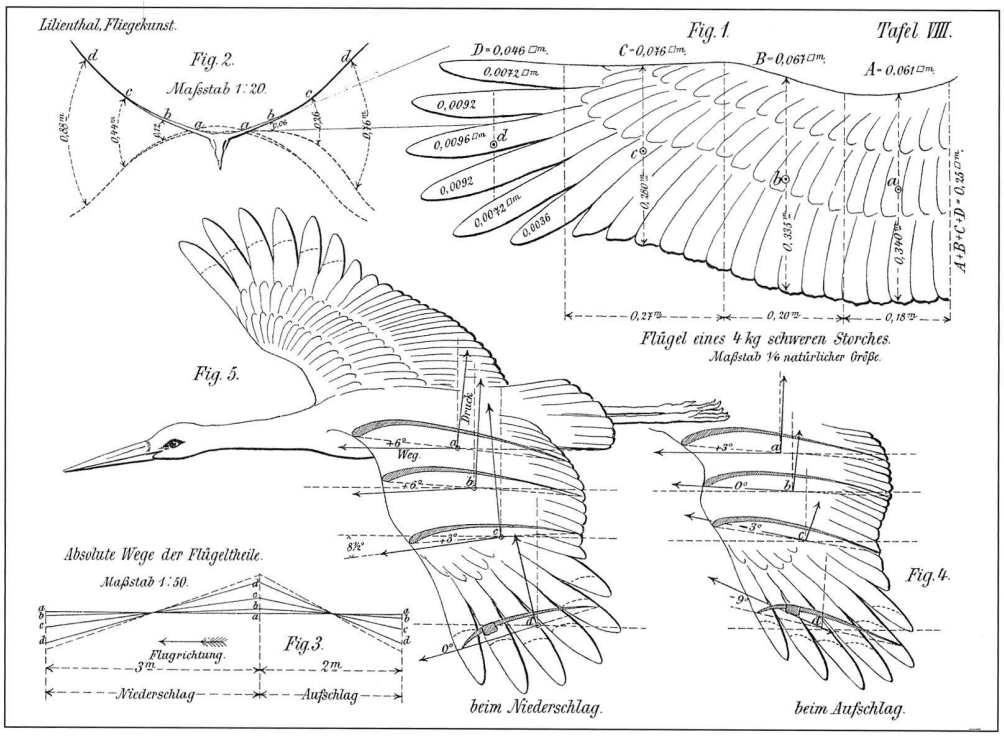
9 Johann Alfons Borelli: Die Bewegung der Tiere. Übersetzt und mit Anmerkungen versehen von Max Mengeringhausen (= Ostwald's Klassiker der exakten Naturwissenschaften 221). Leipzig 1927. Vgl. Werner Nachtigall: Phantasie der Schöpfung. Faszinierende Entdeckungen der Biologie und Biotechnik. Hamburg 1974, S. 46–49

10 Silberschlag: Von dem Fluge der Vögel: In: Schriften der Berlinischen Gesellschaft naturforschender Freunde 2 (1781), S. 214–270, hier S. 251.

11 Carl Friedrich Meerwein: Die Kunst zu fliegen nach Art der Vögel. Frankfurt, Basel 1784.

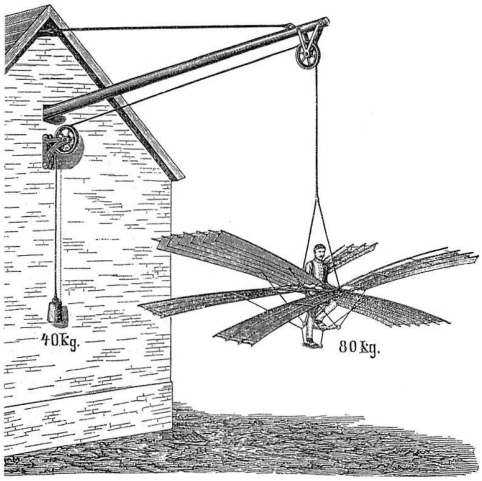
12 Johann Joseph Prechtl: Untersuchungen über den Flug der Vögel. Wien 1846.

13 Christian Hantschk: Johann Joseph Prechtl und das Wiener Polytechnische Institut (= Perspektiven der Wissenschaftsgeschichte 3). Wien 1988, S. 194–222 und Alfred Kluwick: Die «Untersuchungen über den Flug der Vögel» – über die Flugmechanik und insbesondere über den Luftwiderstand aus der Sicht der modernen Strömungslehre. In: Christian Hantschk (Hg.), Johann Joseph Prechtl.



Untersuchung der Flügel und deren Wölbung durch Otto Lilienthal (1889).

Vögel und wies nach, dass diese beim Schlagen eine schräge Bahn beschreiben, bei der Abwärtsbewegung nach vorne und bei der Aufwärtsbewegung nach hinten geneigt waren. Bei grosser Anstrengung war es Lilienthal mit einem Versuchsapparat 1868/69 für kurze Zeit möglich gewesen, durch Flügelschlag die Hälfte des Gesamtgewichts in der Luft zu halten. In weiterer Folge traten Untersuchungen zur Mechanik des Vogelflugs in dem Masse in den Hintergrund, wie die Aussichtslosigkeit der Nachahmung durch den Menschen sich herausstellte.[16]



Flügelschlag-Versuchsapparat von Otto Lilienthal (1889)

Für die Entschlüsselung des Bewegungsablaufs des Vogelflugs, der dem menschlichen Auge verborgen bleibt, leistete seit dem letzten Viertel des 19. Jahrhunderts die Photographie entscheidende Beiträge. 1874 hatte der französische Flugpionier Alphonse Penaud erstmals vorgeschlagen, dafür die Momentphotographie zu verwenden. Dabei erforderte die fotographische Erfassung des freien Vogelflugs einen hohen technischen Aufwand. Der französische Physiologe Etienne Jules Marey, der sich insbesondere damit befasste, entwickelte dafür seit 1881/82 ein fotographisches Gewehr und eine fahrbare Plattenkamera, den Chronophotographen. Durch die Verwendung eines beweglichen Films konnte Marey schliesslich bis zu 60 Bilder in der Sekunde belichten. Aufnahmen fliegender Möven aus drei unterschiedlichen Perspektiven ermöglichten ihm die Herstellung dreidimensionaler Modelle, deren Anordnung in einem drehbaren Zootrop den Bewegungsablauf in Zeitlupe zeigten.[17]
Einen vergleichbaren Effekt erzielte auch Ottomar Anschütz mit seinem 1887 vorgestellten elektrischen Schnellseh-Automaten.[18] Exakte Einzelaufnahmen von Vögeln im Flug gelangen in den 1930er Jahren Harold Edgerton mit seinem Stroboskop durch die Synchronisation von Bild und Blitz.[19]

Sichtweisen und Aktualität seines Werkes (= Perspektiven der Wisenschaftsgeschichte 8). Wien 1990, S. 79–83.

14 Otto Lilienthal: Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. Ein Beitrag zur Systematik der Flugtechnik. Berlin 1889.

15 Ebd., S. 77.

16 August Platte: Flugtechnische Betrachtungen. Wien 1893; Wilhelm Winter: Vogelflug. Erklärung der wichtigsten Flugarten der Vögel mit Einschluss des Segelns und Kreisens. München 1895; Friedrich Ahlborn: Zur Mechanik des Vogelfluges. In: Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften XIV (1896), S. 1134; Gustav Lilienthal: Die Biotechnik des Fliegens. Leipzig 1925; Reinhold Schmidt: Flug und Flieger im Pflanzen- und Tierreich. Berlin 1939 und Karl Egkher: Geheimnis des Vogelfluges und Muskelkraftflug des Menschen. Wien 1948.

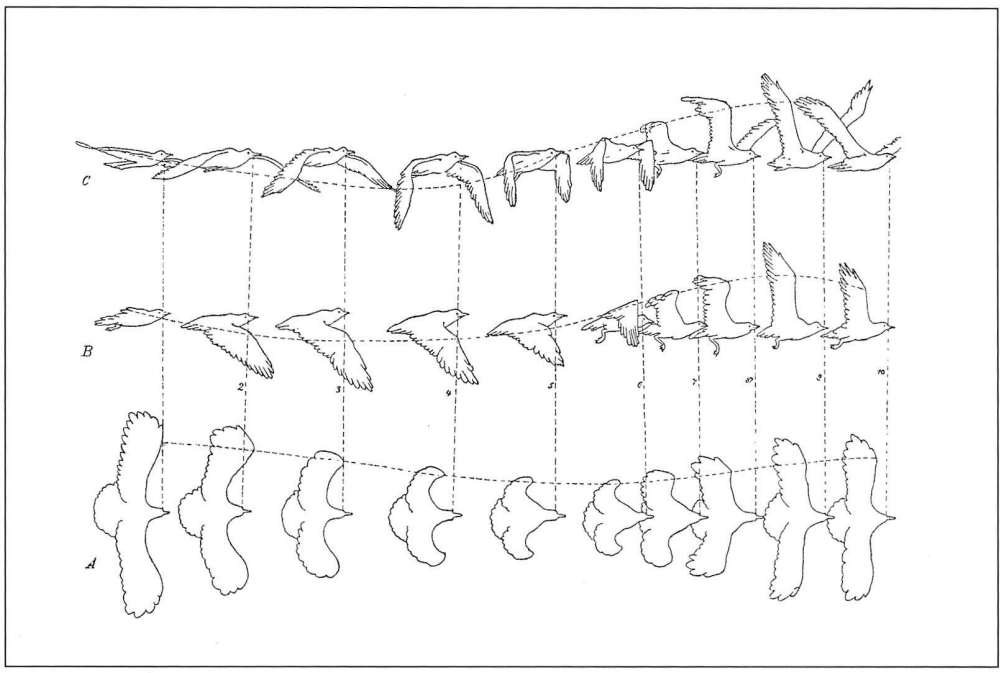
17 E.-J. Marey: Le Vol des oiseaux. Paris 1890. Vgl. Marlene Schnelle-Schneyder: Photographie und Wahrnehmung am Beispiel der Bewegungsdarstellung im 19. Jahrhundert. Marburg 1990, S. 112–142.

18 Anschütz' elektrischer Schnellseh-Automat. In: Offizielle Zeitung der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung. Frankfurt am Main 1891, Nr. 23, S. 763f.

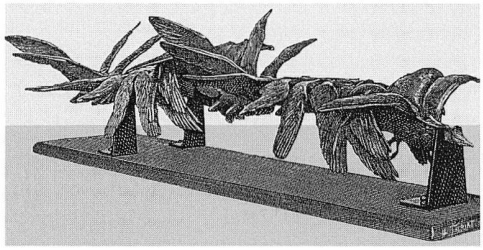
19 Stopping Times. Die Fotografie von Harold Edgerton. Schaffhausen 1988, S. 60–63.

20 Octave Chanute: Progress in Flying Machines. New York 1890; Nimführ (wie Anm. 7), S. 197–219; Hermann W.L. Moedebeck: Fliegende Menschen! Das Ringen um die Beherrschung der Luft mittels Flugmaschinen. Berlin 1909, S. 33–44; R. Süring (Hg.): Moedebecks Taschenbuch zum praktischen Gebrauch für Flugtechniker und Luftschiffer. Berlin 1911, S. 578–589 und Felix Stern: Die Flugzeuge. In: Die Eroberung der Luft. Stuttgart, Berlin. Leipzig 1920, S. 287–290 und 346–353.

21 Grundsätzlich dazu Charles H. Gibbs-Smith: The Aeroplane. An historical survey of its origins and development. London 1960; Werner Schwipps: Schwerer als Luft. Die Frühzeit der Flugtechnik in Deutschland (Die deutsche Luftfahrt 8). Bonn 1984 und Peter Almond: Aviation. Die Anfänge der Luftfahrt. Köln 1997.



Der Flug der Möwe. Zeichnungen nach Fotografien von Etienne Jules Marey (1890).

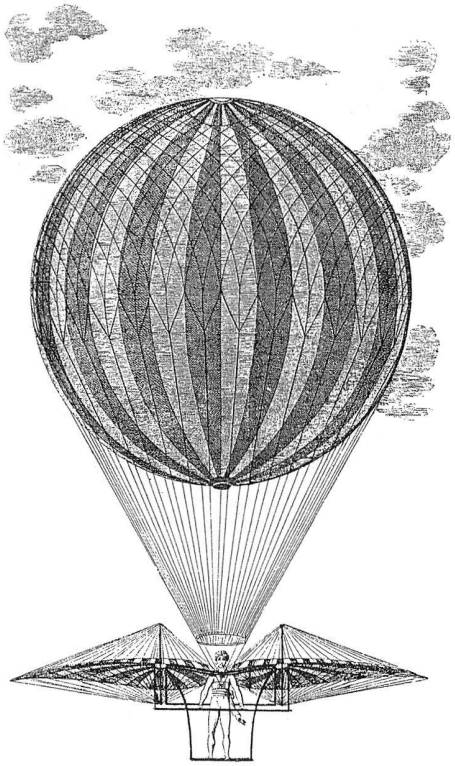


Serie der Relieffiguren einer Seemöwe im Augenblick eines Flügelschlags von Etienne Jules Marey (1890).

Schwingenflieger (Ornithoptère)[20]

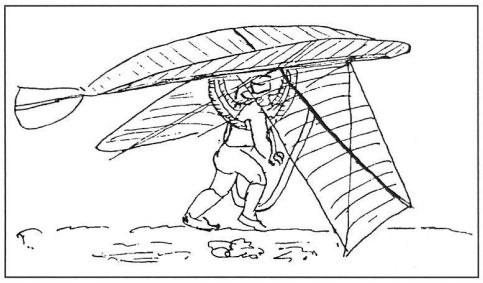
Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen den Systemen «leichter als Luft» – dem Ballon, der hier nicht das Thema ist – und «schwerer als Luft».[21] Dieses aerodynamische Fliegen kann prinzipiell durch die Bewegung der Flügel mit Muskel- oder Motorkraft oder durch Flugapparate mit starren Flügeln erfolgen. Bei diesem System ist weiter zwischen dem Gleit- und Segelflug sowie dem schliesslich seit 1903 erfolgreichen Prinzip des Motorflugzeugs zu differenzieren.

Die Realisierung des Fliegens durch die unmittelbare Nachahmung des Flügelschlags der Vögel bestimmte aber lange Zeit die Vorstellungen der Menschen. Dabei verdrängten alle Protagonisten dieser Idee bewusst oder unbewusst das im Vergleich zu den Vögeln beim Menschen für den Schwingenflug völlig ungeeignete Verhältnis zwischen Körpergewicht und Muskelkraft, abgesehen von der Anatomie. Wenn die Vögel Auftrieb und Vortrieb gleichzeitig durch den Flügelschlag erzeugen, so bleibt dem



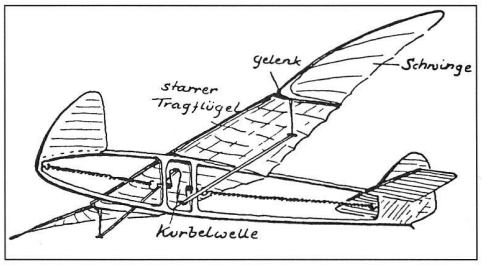
Schwingenflieger von Jakob Degen, den er nur mit Hilfe eines Ballons in der Luft halten konnte (1808/10).

Menschen diese Technik versagt. Trotzdem versuchten – abgesehen von Leonardo – seit dem 18. Jahrhundert immer wieder Einzelne erfolglos eine mechanische Umsetzung dieser utopischen Idee. Rückblickend stellt sich die Kopie des Schwingenflugs als eine Serie von Unfällen, technischen Absurditäten und tragischen Erfinderschicksalen dar.
Nach einigen gescheiterten Versuchen in Frankreich, u.a. von Jean Pierre Blanchard (1738–1799), erlangte Jakob Degen (1760–1848) in Wien grosse Popularität.[22] Sein Apparat bestand aus zwei durch eine Stange miteinander verbundenen Schirmflügeln. Der Flieger stand auf einem Stangengerüst und bewegte mit beiden Händen die Flügel aus Schilfrohr auf und ab. Zur Überwindung der Schwerkraft benötigte Degen bei seinen



Zeichnung eines Schwingenflieger-Apparats von Sir George Cayley (1808).

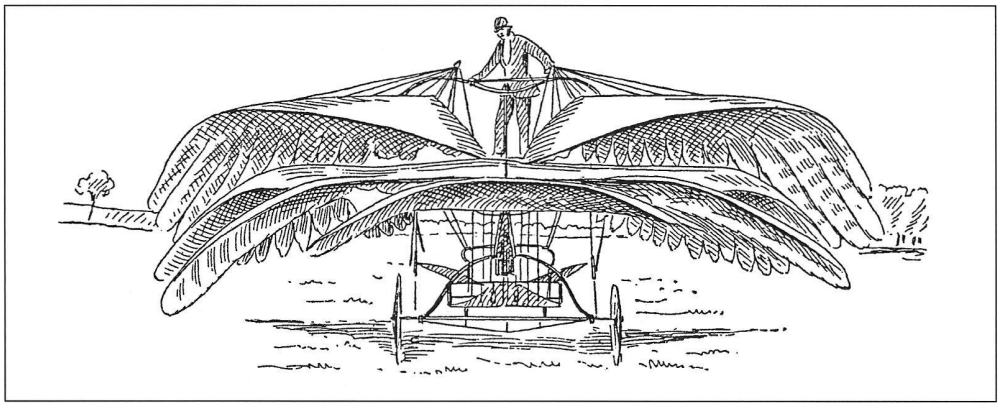
Vorführungen in Wien 1808 und 1810 zusätzlich einen mit Wasserstoff gefüllten Ballon. Als er damit zwei Jahre später in Paris auftrat und scheiterte, pfiff ihn das Publikum als Scharlatan und Betrüger aus. Praktisch gleichzeitig und im Wissen um Degens Vorführungen experimentierte in England der Pionier der Aerodynamik Sir George Cayley (1773–1857) mit Schwingenflug-Apparaten. Seine frühesten, recht simplen Vor-



Modell eines Schwingenfliegers mit (Gummischnurantrieb über eine Kurbelwelle von Alexander Lippisch (1936).

stellungen aus den 1790er Jahren zeigt eine Zeichnung des Jahres 1808.[23] Cayley blieb allerdings nicht stehen und gelangte schliesslich zur Konstruktion von Gleitflugzeugen und lenkbaren Luftschiffen mit Schraubenvortrieb.[24] Von den weiteren erfolglosen Projekten seien noch jene von Clément Ader (1872) und vom Hamburger A. Stentzel (1897), beide mit Muskelkraft, das Modell mit einem Kurbel-Gummiantrieb von Wilhelm Kress (1888–1905)[25] sowie aus dem 20. Jahrhundert beispielhaft die Modelle und Pläne der Ingenieure Viktor Hänisch (1904),[26] Alexander Lippisch (1936),[27] Ferdinand Fried (1965)[28] und Hans Grüner (1995)[29] erwähnt. Auch wenn inzwischen ein Flug von Rhodos nach Santorin über rund 116 km mit pedalangetriebener Luftschraube gelang, bleibt der Muskelkraftflieger eine Sackgasse der Entwicklung.[30]

Als alternative Möglichkeit der Nachahmung des Vogelflugs können die sogenannten Radflieger mit schaufel- bzw. flügelförmigen Flächen innerhalb eines Rades analog des Schaufelradantriebs bei Schiffen interpretiert werden. Alle diesbezüglichen Entwürfe, wie jener des Münchners Gustav Koch (1897), blieben



Flugapparat mit einer Dampfmaschine von E.P. Frost (1890). Die Zeichnung zeigt die verschiedenen Positionen beim Schlag der Krähen-Flügel.

22 Jakob Degen: Beschreibung einer neuen Flugmaschine. Wien 1808 und Johann Christian Stelzhammer: Jakob Degens erstes Aufsteigen mit der Flugmaschine in Verbindung mit dem Luftballe ohne Leitschnur. Wien 1810. Vgl. Bauer: Jakob Degen's Flugmaschine im Jahre 1808. In: Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 2 (1909), S. 155–158; Nimführ (wie Anm. 7), S. 202–208 und O. Prochnow: Vogelflug und Flugmaschinen. Leipzig 1910, S. 47–49.

23 George Cayley: On Aerial Navigation. In: Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts XXIV (1809), No. 112, S. 164–174; XXV (1810), No. 112, S. 81–87 und 161–169. Zu Cayley vgl. Charles H. Gibbs-Smith: Sir George Cayley's Aeronautics 1796–1855. London 1962 und ders.: Sir George Cayley 1773–1857. London 1968.

24 Mechanics' Magazine, 25. September 1852. No. 1520. Vgl. Werner Nachtigall: Phanthasie der Schöpfung. Faszinierende Entdeckungen der Biologie und Biotechnik. Hamburg 1974, S. 49–53.

25 Wilhelm Kress: Aviatik. Wie der Vogel fliegt und wie der Mensch fliegen wird. Wien 1905, S. 26–32.

26 Viktor Hänisch: Konstruktion zur Ermöglichung der «Intermittierenden Kraftausnützung» bei Fortbewegung von Massen in elastischen Mitteln unter spezieller Berücksichtigung des dynamischen Fluges. In: Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines 1904, Nr. 38.

27 Schmidt (wie Anm. 16), S. 64.

28 Technisches Museum Wien, S.A. 4892: Ferdinand Fried: Der Vogelflug. Masch. Mskr. 1965.

29 Hans Grüner: Tragende Schwingen. Fliegen mit bewegten Flügeln. Eine Abhandlung über Schwingenflieger. Wien 1995.

30 Günter Brinkmann, Hans Zacher: Die Evolution der Segelflugzeuge (= Die deutsche Luftfahrt 19). Bonn 1992, S. 198–205.

31 Cayley (wie Anm. 22). Vgl. Nimführ (wie Anm. 10) S. 181–196; Moedebeck (wie Anm. 19), S. 44–49 und Stern (wie Anm. 19), S. 346–353.

32 Chanute (wie Anm. 20); Nimführ (wie Anm. 7), S. 152–181; Moedebeck (wie Anm. 19), S. 27–31 und 49–57; Süring (wie Anm. 19), S. 589–616 und Stern (wie Anm. 19), S. 290–301. Vgl. Brinkmann, Zacher (wie Anm. 30).

33 Raimund Nimführ: Mechanische und technische Grundlagen des Segelfluges. Berlin 1937.

34 Yves Coineau, Biruta Kesling: Erfindungen der Natur. Bionik – Die Technik lernt von Tieren und Pflanzen. Nürnberg, Hamburg 1989, S. 59f.

35 L.P. Mouillard, L'Empire de l'air. Essai d'ornithologie appliquée à l'aviation. Paris 1881. Auf S. 27 nimmt Mouillard bereits auf die Bewegungsfotografie von Marey Bezug.

36 Lilienthal (wie Anm. 13)

Modell eines Schwingenfliegers des Wieners Ferdinand Fried (1965).

Makulatur. Wird die Rotationsachse vertikal angeordnet und sind die Flügel verstellbar, so spricht man vom Schraubenflieger bzw. Hubschrauber (Helicoptère). Klammern wir Leonardo aus, so liegt aus dem Jahre 1784 eine erste Zeichnung eines Schraubenfliegers mit zwei Schrauben aus je vier Vogelfedern an einem Stab vor, wie ihn ähnlich auch Sir George Caley1809 überlieferte.[31]

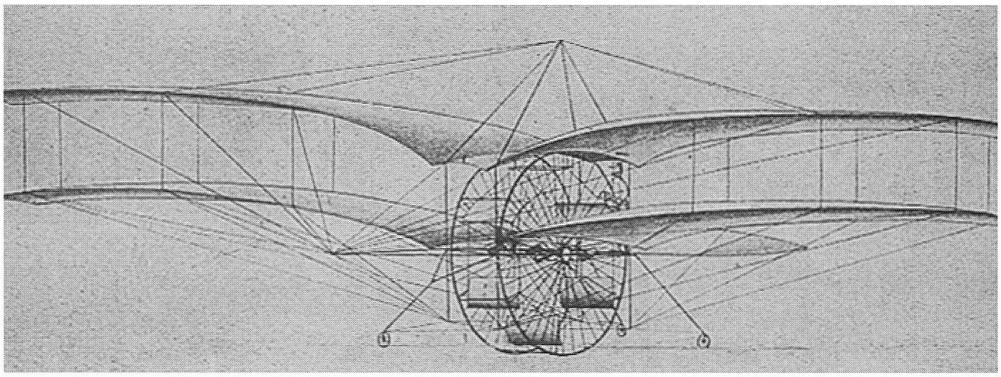
Gleit- und Segelflieger[32]

Erwies sich die Nachahmung des Flügelschlags der Vögel als Sackgasse auf dem Weg zum Bau von Flugzeugen, so sind die erfolgreichen Anfänge des Fliegens mit der Konstruktion der motorlosen Gleit- und Segelflieger mit starren Flügeln verbunden.[33] Vorbild dafür war die beobachtete Fähigkeit vieler grösserer Vögel, entweder im langsamen Sinkflug zu Boden zu gleiten oder – ebenfalls ohne Flügelschlag – unter Ausnützung von aufsteigenden Luftströmungen längere Zeit zu segeln und dabei sogar an Höhe zu gewinnen.

Als einer der Pioniere des Segelflugs gilt der Franzose Jean-Marie Le Bris (1817–1874). Nach dem Vorbild des Seevogels Albatros baute er 1856 einen Flugapparat mit spitz zulaufenden Flügeln und erreichte damit in den folgenden Jahren eine Flughöhe von 100 Meter. Für den Startvorgang stellte Le Bris sein Flugzeug auf eine Art Leiterwagen, mit dem ein Pferd gegen den Wind galoppierte, bis er abhob.[34]

Zur selben Zeit begann ein weiterer Franzose, Louis-Pierre Mouillard (1834–1897), in Algerien und Ägypten mit der Beobachtung des Vogelflugs, deren Ergebnisse er 1881 veröffentlichte.[35] Mit einem den Adlerflügeln nachempfundenen Gleitapparat gelangen ihm Flüge über 40 Meter und 10 Meter Höhe.

Diesen und ähnlichen Versuchen und Experimenten fehlten allerdings die wissenschaftlichen Grundlagen der Aerodynamik. Obwohl Deutschland bis dahin keine besondere Rolle bei der Entwicklung der Luftfahrt gespielt hatte, blieb es Otto Lilienthal (1848–1896) vorbehalten, diese Grundlagen im Laufe von Studien über drei Jahrzehnte zu erarbeiten[36] und auf deren Basis ab 1891 mehrere funktionstüchtige Gleitflugapparate zu bauen und tausende erfolgreiche Gleitflüge zu absolvieren.



Zeichnung einer Flugmaschine mit schaufelradförmig angeordneten Flächen von Gustav Koch (1897).

Lilienthals Vorbild war der Gleit- und Segelflug der grossen Raub- und Seevögel, namentlich der Möwen und Störche. Entscheidend für den Auftrieb war die den Vogelflügeln nachgeformte Wölbung der Gleitflächen. Damit lieferte er sowohl den theoretischen als auch den praktischen Nachweis, «dass auch der Mensch auf künstliche Weise diese Art des Fluges, die nur ein geschicktes Lenken, aber kein kraftvolles Bewegen der Fittiche erfordert, hervorrufen kann.»[37] Beim Bau seiner Gleiter liess sich Lilienthal dann von der Flügelform der Fledermäuse inspirieren.
Ein tödlicher Absturz aus 15 Meter Höhe beendete im August 1896 abrupt seine Karriere als erfolgreicher Flugpionier.

Die Kenntnis von Lilienthals Gleitflügen in Berlin hatte sich durch die Presse über die ganze Welt verbreitet. Zudem hatte er seine Gleitapparate in Serie gebaut und auch verkauft. Der Maler Arnold Böcklin,[38] Samuel Pierpont Langley (1834–1906), Percy Sinclair Pilcher (1867–1899),[39] Wilhelm Kress und viele andere Flugpioniere hatten Lilienthal in Berlin besucht.[40] Nach seinem Tod setzten daher viele den begonnenen Weg fort. Zum Lilienthal-Schülerkreis zu rechnen sind u.a. der Franko-Amerikaner Octave Chanute (1832–1910) und die Gebrüder Wright sowie die Österreicher Raimund Nimführ (1874–1954) und Franz Wels (1873–1940).[41] Chanute baute mehrere Doppel- und Mehrfachdecker und bemühte sich vor allem um eine ausreichende Flugstabilität der Apparate als Voraussetzung des Motorflugs. Hier setzten auch die Arbeiten von Wilbur (1867–1912) und Orville Wright (1871–1948) an. Die von ihnen ab 1900 gebauten Doppeldecker-Gleiter verfügten bereits über ein Höhen- und Seitenruder.
Zu jenen, die nach dem Tode Lilienthals dessen erhalten gebliebenen Gleitapparate erwarben, gehörten Ignatz Etrich (1839–1927) und dessen Sohn Igo (1879–1967) aus Oberaltstadt/Horejsí Staré Mesto in Böhmen. Ein glimpflich verlaufender Absturz Igo Etrichs 1901 führte nochmals drastisch die Unvollkommenheit der Lilienthal-Gleiter vor Augen. Bei Friedrich Ahlborn fanden die Etrichs einen Hinweis auf die Flugeigenschaften des Zanonia-Samens.[42] Ihr 1903 gebauter Gleitflieger beruhte daher nicht wie bislang auf dem Vorbild des Vogelfluges, sondern auf Vorbildern aus dem Pflanzenreich. Nach zahlreichen Versuchen mit Sandsäcken wagte 1905 Franz Xaver Wels, ein Mitarbeiter der Etrichs, die ersten bemannten Gleitflüge.[43]
In weiterer Folge blieb der Zanonia-Samen Vorbild für die Konstruktion der Nurflügelflugzeuge, wie dem amerikanischen B-2 Stealth Bomber. Für die Brüder Wright und Vater und Sohn Etrich waren die Gleitflugapparate nur eine notwendige Zwischenstufe auf dem Weg zum Bau von Motorflugzeugen. Erst damit gelang eine erfolgreiche technische Umsetzung der Beobachtungen des Vogelflugs, die auf konsequenter Trennung der zum Fliegen notwendigen Funktionen beruhte. Leistet der Vogel durch seinen Flügelschlag sowohl den notwendigen Auftrieb, Vortrieb und die Steuerung, so übernehmen beim Flugzeug die mit dem Rumpf starr verbundenen Flügel den Auftrieb, die Propeller mit Verbrennungskraftmotoren oder Strahltriebwerke den Vortrieb und verstellbare Leitwerke die Steuerung.

Drachenflieger und Motor-Flugzeuge (Aeroplane)[44]

Der Weg vom Drachenflieger mit Luftschraube bis zum Motorflugzeug mit Propeller war zwar seit dem frühen 19. Jahrhundert bekannt und vorgezeichnet, in der Praxis jedoch steinig und mühsam. Am Anfang standen phantastische Entwürfe am Papier, Miniaturmodelle und grosse unbemannte Versuchsapparate. Über alle bekannten und notwendigen Attribute wie starre Flügel, Höhen- und Seitenruder, zwei Luftschrauben und eine Gondel für Passagiere verfügte bereits der Entwurf des Engländers William Samuel Henson im Jahre 1842. Abgesehen von der unzureichenden Leistung der geplanten 20 PS-Hochleistungs-Dampfmaschine wäre ein Bau an den damaligen technischen Möglichkeiten gescheitert. In den folgenden Jahrzehnten stand deshalb vorerst der Bau von kleinen flugfähigen Modellen mit Motor und Propeller im Vordergrund. Das 700 Gramm schwere Modell von Félix de Temple war 1857 das erste überhaupt, das mit Erfolg startete, flog und landete.[45] Eine Übertragung ins Grosse scheiterte später. Einem anderen Franzosen, Alphonse Pénaud (1850–1880), gelang 1871 in Paris die öffentliche Demonstration des

37 Ebd., S. 136.

38 Felix Philipp Ingold: Auf Luftwegen. Fliegerei und Künstlertum. In: Bodo-Michael Baumunk (Hg.): Die Kunst des Fliegens. Malerei, Skulptur, Architektur, Fotografie, Literatur, Film. Ostfildern-Ruit 1996, S. 28f.

39 Pilcher verunglückte als zweiter Mensch nach Lilienthal bei einem Gleitflug tödlich.

40 Werner Schwipps: Lilienthal. Berlin 1979.

41 Werner Schwipps (Hg.): Die Schule Lilienthals. Der Einfluss Otto Lilienthals auf die Entwicklung der Flugtechnik in der Welt. Berlin 1992.

42 Friedrich Ahlborn: Über die Stabilität der Drachenflieger. Der handgrosse Samen des javanischen Kürbisgewächses «Macrozannonia macrocarpa» mit hauchdünnen symmetrischen Flügeln, seiner genau im Schwerpunkt lokalisierten Nuss und der einem Bumerang vergleichbaren Form verfügt über ausserordentlich stabile Flugeigenschaften.

43 Prochnow (wie Anm. 21), S. 63–65; Igo Etrich: Die historische Entwicklung des Taubenprinzips und dessen Bedeutung für die Zukunft. Berlin 1929; Reinhard Keimel: Österreichs Luftfahrzeuge. Geschichte der Luftfahrt von den Anfängen bis 1918. Graz 1981, S. 71–85 und Nachtigall (wie Anm. 9), S. 34–38.

44 Chanute (wie Anm. 20); Nimführ (wie Anm. 7), S. 220–325; Moedebeck (wie Anm. 19), S. 49–96; Stern (wie Anm. 19), S. 302–346; F. Ferber. Übersetzung von A. Schöning: Die Kunst zu fliegen, ihre Anfänge, ihre Entwicklung. Berlin 1910 und Thoene (wie Anm. 3). Vgl. Walter Rathjen: Historische Entwicklung des Flugzeugs im Überblick. In: Ein Jahrhundert Flugzeuge. Geschichte und Technik des Fliegens. Hg. Von Ludwig Bölkow 2. Düsseldorf 1990, S. 8–24.

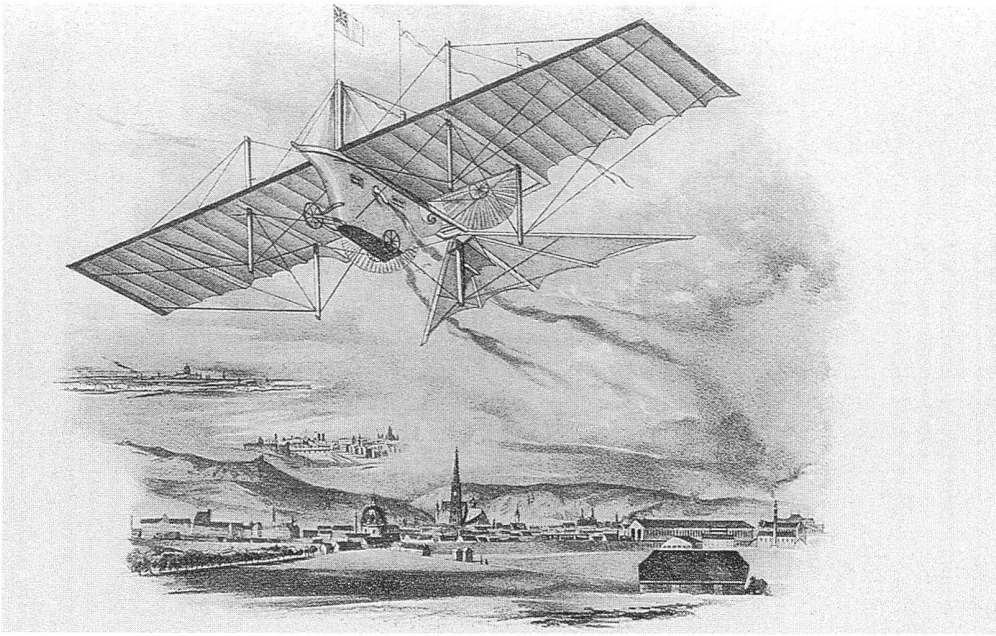
45 Coineau, Kresling (wie Anm. 33), S. 59.

46 Prochnow (wie Anm. 21), S. 66–68 und ausführlich Josef Popper-Lynkeus: Der Maschinen- und Vogelflug. Eine historisch-kritische flugtechnische Untersuchung. Mit besonderer Hervorhebung der Arbeiten von Alphonse Pénaud. Berlin 1911.

47 Wilhelm Kress: Die erste Entwicklung des Drachenfliegers in Wien. Wien 1912.

48 Wilhelm Kress: Aérovéloce. Lenkbare Flugmaschine. Wien 1880 und ders. (wie Anm. 24), S. 42–49. Vgl. Erich Kurzel-Runtscheiner: Wilhelm Kress: Ein österreichischer Pionier der Luftfahrt. In: Blätter für Technikgeschichte 10 (1948), S. 30–62 und Keimel (wie Anm. 42) 66–70.

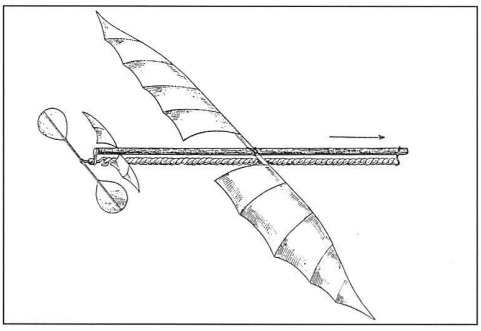
49 Thoene (wie Anm. 3), S. 127; Horst Heynert: Grundlagen der Bionik. Heidelberg 1976, S. 17 und Coineau, Kresling (wie Anm. 33), S. 61–65.



Entwurf eines Drachenfliegers mit zwei Luftschrauben von William Samuel Henson (1842).

ersten freifliegenden Drachenfliegermodells, genannt «Planophore».

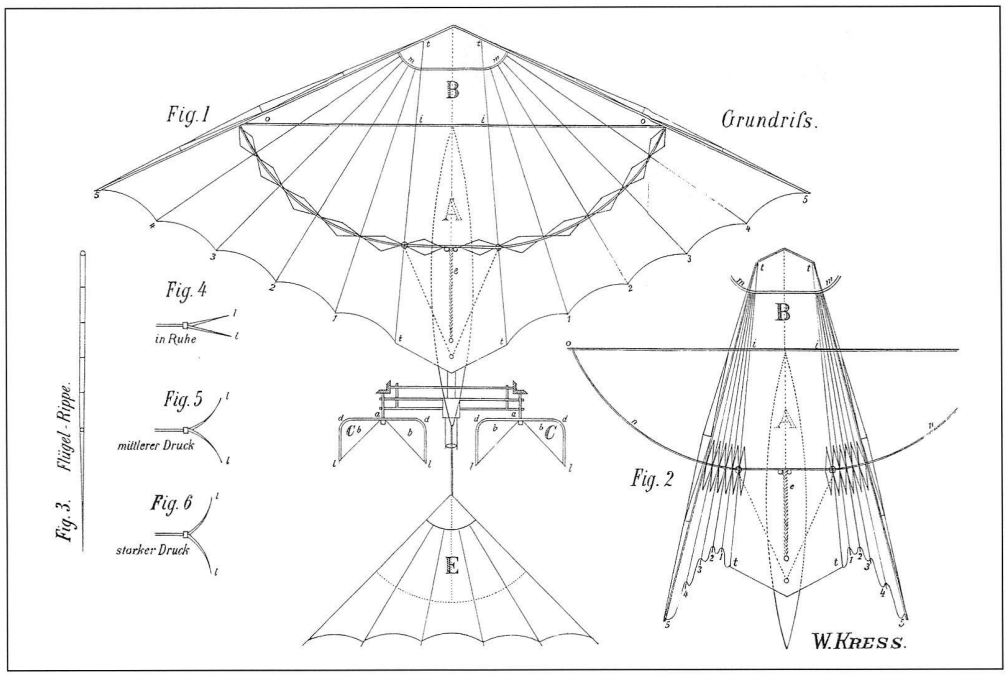
Das einfache, nur 16 Gramm schwere Modell mit einem Gummischnurantrieb der zweiflügeligen Schraube, verfügte zusätzlich über ein sogenanntes Pénaud-Steuer zur horizontalen Stabilisierung.[46]



Erstes freifliegendes Drachenfliegermodell mit Luftschraube und Gummischnurmotor von Alphonse Pénaud (1871).

Zu den schillerndsten Figuren der Pionierphase des Drachenflugs gehörte der in St. Petersburg geborene Wilhelm Kress (1836–1913). Anlässlich der Weltausstellung liess er sich 1873 in Wien als Klavierbauer und -stimmer nieder. Zuvor hatte er in Paris Pénaud kennengelernt. Zwischen 1876 und 1881 experimentierte Kress erfolgreich mit freifliegenden Drachenfliegermodellen. Nachdem es keinen entsprechend leichten Motor mit rund 5 kg je PS für einen manntragenden Flieger gab, wandte sich Kress zunächst anderen Erfindungen zu, beanspruchte jedoch später für sich die Priorität des ersten freifliegenden Drachfliegermodells,[47] obwohl sich nicht nur Pénaud, sondern auch zahlreiche andere seit den 1870er Jahren mit dem Motorflug befassten.[48]

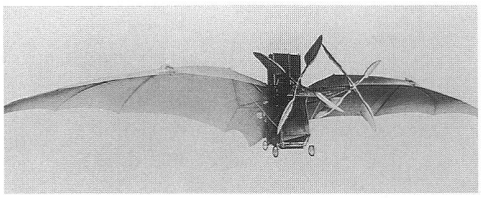
Am ehesten eigneten sich damals Dampfmaschinen für den Antrieb der Luftschrauben grosser Drachenflieger. In Anlehnung an Lilienthal wählte der Franzose Clément Ader (1841–1925) 1890 die Fledermaus als Vorbild für seinen Flugapparat mit einer Luftschraube, der mit einem Piloten kurz vom Boden abhob.[49] Hiram S. Maxim (1840–1916), Konstrukteur eines Maschinengewehrs, gelang 1893 mit einem 3200 kg schweren Mehrdecker mit zwei Dampfmaschinen, die zusammen 360 PS leisteten und dabei weniger als 3 kg je PS auf die Waage brachten, der prinzipielle Nachweis des Maschinenfluges. Weitere Flugversuche scheiterten am grossen finanziellen Aufwand. Ende der 1890er Jahre lag ein Erfolg bereits im wahrsten Sinne des Wortes in der Luft. Kress hatte inzwischen in Wien als ausserordentlicher Hörer an der Technischen Hochschule Maschinenbau studiert. 1898 brachte schliesslich ein «Kress-Komitee» die notwendigen Mittel zum Bau eines grossen Wasserflugzeuges auf. Aber Kress blieb vom Pech verfolgt. 1901 versank das niemals



Zeichnung des Modells einer lenkbaren Flugmaschine mit zwei Luftschrauben und Gummischnurmotor von Wilhelm Kress (1880).

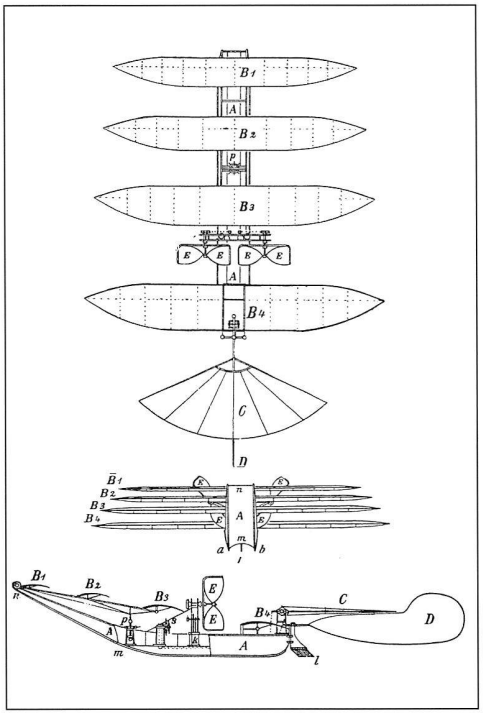
gestartete vierflügelige Objekt mit zwei Luftschrauben und einem zu schweren Daimler-Verbrennungskraftmotor im Wienerwald-Stausee.[50]

Es waren aber nicht nur Praktiker, die sich mit dem Motorflug befassten. In den USA widmete sich der Astronom und Physiker Samuel Piermont Langley seit 1886 Untersuchungen des Luftwiderstands. Nach Jahren des Messens und Experimentierens[51] schritt Langley an den Bau von insgesamt 31 Modellen mit Gummischnur-Antrieben und Dampfmaschinen im Massstab 1: 4.[52]



Drachenflieger mit Luftschrauben nach dem Vorbild der Fledermaus von Clément Ader (1890).

Als die USA 1898 beschloss, die reiche Antilleninsel Kuba von der spanischen Herrschaft zu befreien, erhielt Langley als Sekretär der Smithsonian-Institution 50'000 $ für den Bau eines manntragenden motorisierten Drachenfliegers. Das im Oktober 1903 fertige Flugzeug stürzte jedoch beim ersten Flugversuch in den Potomatic.[53] Noch im Dezember desselben Jahres brachen Wilbur und Orville Wright mit einem Flug über 260 Meter endgültig den Bann. Bei den vorangegangenen Gleitflügen hatten sie zuerst in liegender und dann in sitzender Position eine händische Steuerung des Höhen- und Seitenruders entwickelt. Der verwendete 25 PS-Benzinmotor war eine Eigenentwicklung der beiden Brüder. Den



Plan des motorbetriebenen Drachenfliegers von Wilhelm Kress, der 1901 im Wienerwald-Stausee versank.

50 Kress (wie Anm. 24), S. 50–100 und Kurzel-Runtscheiner (wie Anm. 47), S. 46–53.

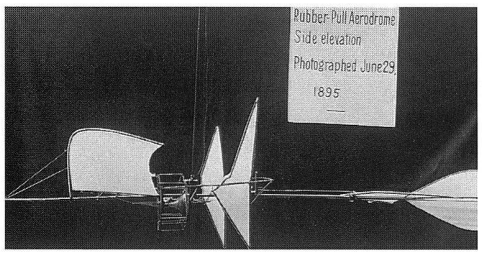
51 Samuel Piermont Langley: Experiments in Aerodynamics (= Smithsonian Contributions to Knowledge. Vol. 27. No. 1). Washington 1891.

52 Langley Memoir on Mechanical Flight. Part I. 1887 to 1896. Part II 1897 to 1903 (= Smithsonian Contributions to Knowledge. Vol. 27. No. 3). Washington 1911.

53 Prochnow (wie Anm. 21). S. 68f. und Thoene (wie Anm. 3), S. 127f.

54 Igo Etrich: Die Taube. Memoiren des Flugpioniers Dr. Ing. h.c. Igo Etrich. Wien 1962. Vgl. Reinhard Keimel: Die Flugzeuge im Technischen Museum Wien. In: Blätter der Technikgeschichte 36/37 (1974/75), S. 68–74; Ders. (wie Anm. 42), S. 86–93 und 154–163; Ders.: Flugzeuge der österreichischen Firma Lohner 1909–1923 (= Sonderheft der Blätter für Technikgeschichte). Wien 1990, S. 42–61 und Hanus Salz: Igo Etrich – Flugpionier, Flugtechniker, Flugbegeisterter. In: Im Flug über Salzburg. Igo Etrich und der Beginn des Flugwesens in Salzburg. Salzburg 1993, S. 9–55.

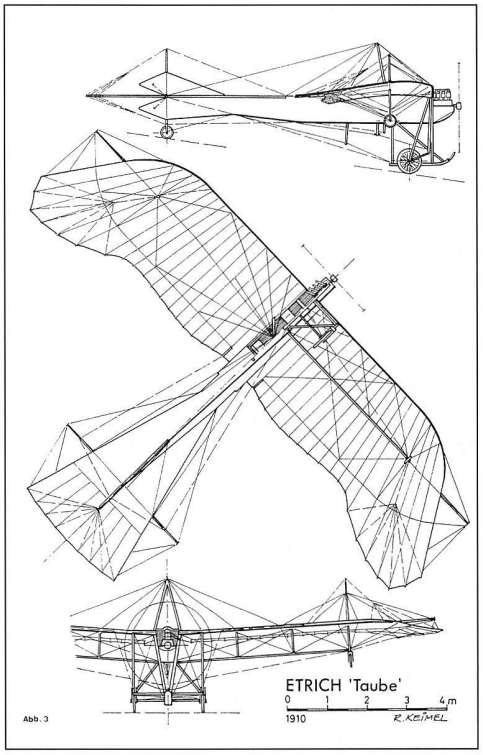
55 Etrich (wie Anm. 43), S. 7.



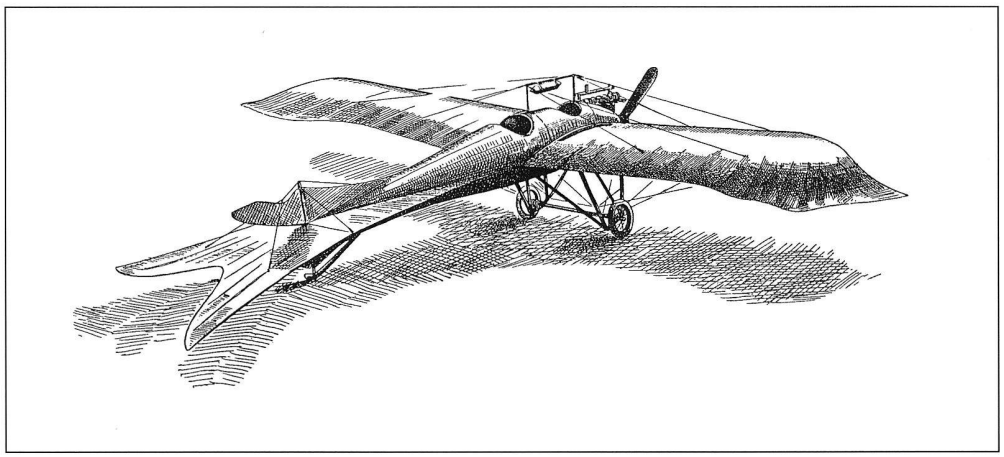
Eines von 31 Gummischnur-Modellen von Samuel Piermont Langley (1895).

Weg zu leichteren Motoren hatte der Automobilbau gewiesen. Die einzige Einschränkung ihres Erfolgs betraf den Start, für den eine Vorrichtung zur Erreichung der notwendigen Beschleunigung des Doppeldeckers verwendet werden musste.

Obzwar der Erfolg der Wrights sich nicht sofort über den Atlantik verbreitete, ging es nun Schlag auf Schlag. Dem Brasilianer Alberto Santos Dumont gelang 1906 der erste Motorflug in Europa, im Jahr darauf hob erstmals Louis Blériot vom Boden ab und 1908 kamen die Brüder Wright mit ihrem Doppeldecker nach Europa, zuerst nach Frankreich. In Deutschland und Österreich war nach Lilienthals Tod ein gewisser Stillstand eingetreten. Dynamisch verliefen jedoch die Aktivitäten der 1908 nach Wien übersiedelten Etrichs, nachdem sie ihr Gleitflugzeug 1909 mit einem 25 PS-Motor ausrüsteten und Karl Illner, der neue Mitarbeiter, damit flog. Als der dem Zanonia-Samen nachgebildete Motorgleiter sich bei Windböen als instabil erwies und zu wenig Auftrieb lieferte, entwickelte Igo Etrich dieses Grundmodell vor allem durch die Anfügung des Leitwerks am Heck in Taubenschwanzform zur Etrich-Taube weiter. Dieses erfolgreiche Flugzeug ging seit 1910 bei der Fa. Lohner in Wien und bei Edmund Rumpier in Berlin in Produktion.[54] Etrich hatte sich dazu ausdrücklich die «Vogelform als Vorbild» genommen: «Ich verlängerte die Tragflächen und behielt die Zanoniaform für die Flügelspitzen bei; ferner baute ich einen fischförmigen Rumpf mit Trapezquerschnitt, an den ich ein Taubenschwanzförmiges Höhensteuer aus elastischen Tonkinrohren ansetzte.»[55]



Plan der im Technischen Museum Wien erhaltenen Etrich-Taube von Igo Etrich (1910) Zeichnung von Reinhard Keimel



Ab 1910 erzeugten auch die Rumpler-Flugzeugwerke in Berlin die Etrich-Taube. Hier die Version als Renneindecker (1911/12)

Zusammenfassung

Obwohl sich die unmittelbare Nachahmung des Flügelschlags der Vögel als Sackgasse herausstellte, verwiesen vor allem in der Pionierphase zahlreiche Vogelnamen für Flugzeuge auf den engen Zusammenhang zwischen Vogelflug und Flugzeugbau: Etrich entwarf nicht nur die «Taube», sondern auch eine «Möwe» und eine «Schwalbe», Le Bris einen «Albatros», Blériot die «Ente» und die «Libelle», Pilcher ebenfalls eine «Möwe» und den «Habicht», Hans Grade eine «Schwalbe» und Gerhard Fieseler nach 1930 den bekannten «Fieseler-Storch». Die 1910 in Berlin-Johannisthal gegründete Flugzeugfabrik nannte sich «Albatroswerke» und in Wien baute die Fa. Lohner einen «Bussard».

Nach ersten zaghaften, mit hohem technischen und finanziellen Aufwand verbundenen Erfolgen des Menschenfluges dominierte unter den Ingenieuren ein Fortschrittsoptimismus, der die Tierwelt vermeintlich alt aussehen liess. Nach dem angeblichen Vorbild der Eisenbahn glaubten sie, auch in der Luft die Vögel technisch übertreffen zu können, verdrängten dabei jedoch die Eindimensionalität der technischen Apparate. Einer der Sprecher der Fraktion der Technikoptimisten war der Flugzeugpionier und -historiker Raimund Nimführ: «Fliegende Organismen werden wir freilich nie schaffen können, gewiss aber wird der Flugtechniker einmal Maschinen zu bauen vermögen, die den besten Flieger in der organischen Welt ebensosehr an Leistungsfähigkeit übertreffen, wie unsere modernen Eilzugslokomotiven den flinksten Renner» (1909).[56] Im Jahre 1937 verstieg sich Nimführ zur unkritischen Behauptung, «technische Automaten werden besser fliegen als Vögel».[57]

Es gab jedoch auch andere Stimmen, wie jene des Naturwissenschafters A. Putter, der bereits 1914 die Überlegenheit der Vögel gegenüber jeder Art «Kunstflieger» betonte: «Wenn die junge Kunst des dynamischen Menschenfluges mit der alten Virtuosität der Flugtiere, speziell der Vögel, verglichen wurde, so fiel dieser Vergleich stets zuungunsten der Kunstflieger aus.»[58] Einige Seiten weiter relativierte auch Putter seine Zurückhaltung und projizierte eine eventuell erreichbare Überlegenheit von Flugzeugen über Vögel in die Zukunft: «Da aber die Gesamtleistung einer Maschine bedingt ist durch ihre schwächste Eigenschaft, und diese bei den Flugzeugen die Betriebssicherheit ist, so müssen wir in der Gesamtleistung zurzeit den Vögeln noch den Vorrang zuerkennen. Auf wie lange noch?»[59]

Nimführ und Putter lagen mit ihrer Einschätzung falsch. Zwar gelang dem Menschen um 1900 der endgültige Beweis des Segel- und Motorflugs und in den folgenden Jahrzehnten deren weitere technische Zweck-Optimierung, doch bleibt die Virtuosität des Vogelflugs dem Menschen verwehrt. Keine noch so ausgeklügelte technische Konstruktion vermag den Vögeln Parole zu bieten.

56 Nimführ (wie Anm. 7), S. 27.

57 Nimführ (wie Anm. 33), S. 123.

58 A. Pütter: Vogel und Flugzeug. In: Die Naturwissenschaften 2 (1914), Heft 37, S. 861.

59 Ebd., S. 865.