

LILIENTHALS FLUGZEUGKONSTRUKTIONEN WEGBEREITER FÜR DEN MOTORFLUG

S. Nitsch

MTU Maintenance Hannover GmbH
Münchner Straße 31 D-30855 Langenhagen

“Lilienthal war auch der erste Motorflieger” – diese Auffassung wurde Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts von dem Ingenieur Paul Schauer verbreitet. Er war einige Jahre Mitarbeiter bei Lilienthal und wollte damit auch seine persönliche Rolle in ein entsprechendes Licht setzen.

Lilienthal war nicht der Schöpfer des Motorflugzeuges, aber er war **der** entscheidende Wegbereiter. Welche Rolle dabei seine Flugzeugkonstruktionen und auch Flugmotoren gespielt haben, soll hier gezeigt werden.

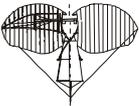
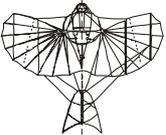
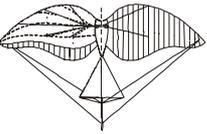
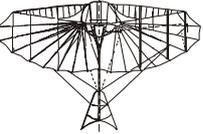
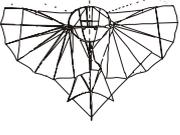
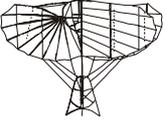
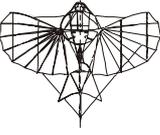
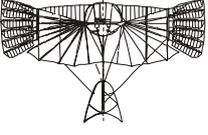
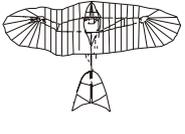
Der Autor hat sich viele Jahre in Theorie und Praxis mit der Rekonstruktion der Flugzeuge Lilienthals beschäftigt. Auch heute ist kaum bekannt, daß es mehr als 10 unterschiedliche Typen gab und daß zwei davon sogar motorisiert waren.

1. KONZEPT FÜR DEN GLEITFLUG

Lilienthal war Ingenieur, Praktiker, ein echter Neuzeitmensch. So ist es zu erklären, daß er in einer Einzelleistung den Schritt vom Grundlagenexperiment zur Verwirklichung des Menschenfluges realisiert hat.

Er sah sich vor die Aufgabe gestellt, ein Fluggerät zu entwerfen, zu bauen und in der dritten Dimension zu erproben. Lilienthal mußte sich also das Fliegen selbst beibringen, ohne daß er sicher wußte ob das Gerät wirklich dafür geeignet war.

Für diese komplexe Aufgabe hat er einen genial einfachen Weg gefunden – “Vom Schritt zum Sprung vom Sprung zum Flug”. Diesem Konzept entsprechen auch seine Flugzeugkonstruktionen.

Derwitz-Apparat	1891		Normal-Segelapparat	1894	
Südende-Apparat	1892		Vorflügelapparat	1895	
Maihöhe-Rhinow-Apparat	1893		Kleiner Doppeldecker	1895	
Kleiner Schlagflügelapparat	1893		Großer Doppeldecker	1895	
Modell Stölln	1894		Großer Schlagflügelapparat	1896	
Sturmflügelmodell	1894		Gelenkflügelapparat	1896	

2. DERWITZ-APPARAT

Die ersten Typen waren nur für Stehübungen und kurze Sprünge gedacht. Lilienthal hat einem Schüler einmal den Rat gegeben: "Übertriebene Sorgfalt ist nicht angebracht. Die ersten Apparate gehen doch bei den Proben bald entzwei." [1]

So war der erste erfolgreiche Gleiter auch vielfach geflickt, gezeichnet von Fehlversuchen und Stürzen. Was Lilienthals Körper ertragen mußte, wird nur am Rande erwähnt, von Schrammen und Verstauchungen wird berichtet. Als sich einmal bei starkem Wind der Gleiter überschlug, brach ein Teil des Außenflügels ab. Lilienthal nahm ein Messer und kürzte auch die andere Seite. In dieser Form kennen wir den Apparat von Fotos.



BILD 1: Lilienthal 1891 - Derwitz-Apparat



BILD 2: Nachbau 1987 - Derwitz-Apparat (ursprüngliche Form)

3. SÜDENDE-APPARAT

Lilienthals erste Flugzeugtypen hatten Möwenform. Ein starres Gerüst aus Weidenruten und Kantenholmen war mit imprägniertem Baumwollstoff bespannt. Besonders der "über Leererüst gebaute Segelapparat" hatte gute aerodynamische Eigenschaften und einen Gleitwinkel von 1:8.



BILD 3: Lilienthal 1892 - Südende-Apparat



BILD 4: Nachbau 1992 - Derwitz-Apparat

4. MAIHÖHE-RHINOW-APPARAT

Diese aerodynamische Güte hatten die folgenden Typen nicht. Dafür waren sie aber besser transportierbar. Mit einer Breite von 2 Metern im zusammengelegten Zustand konnten diese Geräte im Zug transportiert und in engen Räumen untergestellt werden. Dieser Aspekt war für Lilienthal ebenso wichtig wie die Flugeigenschaften, weil er nur so die wirklich guten Fluggelände erreichen konnte. Im Aufbau erinnern diese Apparate an Fledermausflügel.

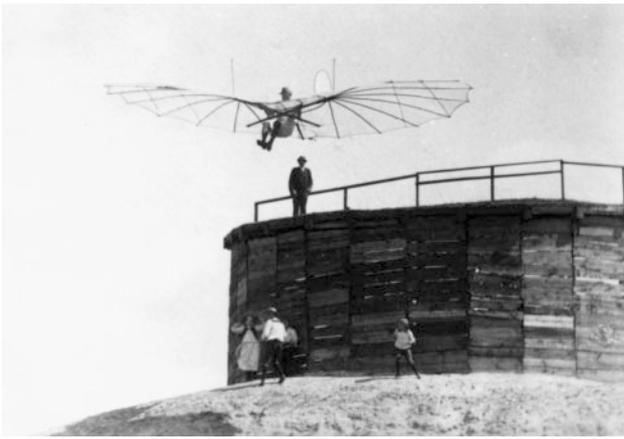


BILD 5: Lilienthal 1893 - Maihöhe/Rhinow-Apparat



BILD 6: Nachbau 1988 - Rhinow-Apparat

Ein solides Gestell in der Mitte realisierte die Verbindung mit dem Flieger. Die Flügel hatten strahlenförmige Rippen und konnten gefaltet werden. Die Tragfläche erhielt ihr aerodynamisches Profil durch aufgeschobene Schienen. Auf diese Weise konnte Lilienthal mit unterschiedlichen Wölbungen experimentieren. Diese Versuche waren aber auch gefährlich und führten Ostern 1894 zu einem ersten Zwischenfall:

Ein stark gewölbtes Profil machte das Gerät kopflastig und Lilienthal mußte den Körperschwerpunkt weit nach hinten verlagern. Dadurch gerieten die Arme in eine gestreckte Lage und der Schwerpunkt wanderte nach hinten. Der Apparat erhielt einen extrem großen Anstellwinkel, schoß in die Höhe und kam in der Luft zum Stillstand. Darauf flog er zunächst rückwärts und stürzte dann aus geringe-

rer Höhe vorwärts zu Boden. Lilienthal blieb unverletzt, ein neues Sicherungssystem, der Prellbügel, hat den Sturz gedämpft.

5. NORMAL SEGELAPPARAT

Die nächsten Konstruktionen waren ausgereifter und hatten neun statt bisher sieben Rippen. Dadurch hatten die Apparate eine bessere statische Stabilität. Über mehrere Stufen entstand so der Normal Segelapparat. Diesen Standardgleiter ließ Lilienthal in Serie bauen und verkaufte ihn an Flugenthusiasten in der ganzen Welt.



BILD 7: Lilienthal 1894 - Normal Segelapparat



BILD 8: Nachbau 1994 - Normal Segelapparat

6. WELTWEITE BEACHTUNG

Bereits nach drei Jahren praktischer Flugversuche präsentierte Lilienthal einer aufmerksam werdenden Weltöffentlichkeit sensationelle Fakten:

- Zum Fliegen braucht es keinen Motor.
- Wichtiger als ein Antrieb ist eine zweckmäßige Flügelform.
- Um ein Fluggerät in der Luft zu stabilisieren und zu steuern bedarf es nicht unbedingt komplizierter Mechanismen.

“Der Mensch fliegt.” Ein neues Medium - die gedruckte Fotografie - ließ kaum einen Zweifel übrig. Stand bisher in Wissenschaftskreisen besonders die Kraftfrage im Mittelpunkt, so zeigte Lilienthal überdeutlich, worauf es zunächst ankam. Eine aerodynamisch geformte Tragfläche und die Gewichtskraft als Vortrieb reichten aus, um dem Menschen das Fliegen zu ermöglichen.

Auf einmal erschien alles ganz einfach. Sogar amerikanische Gymnasiasten fragten bei Lilienthal nach Bauplänen für Gleiter an. Überall auf der Welt bauten Enthusiasten nach Fotos und Skizzen die Flugzeuge nach. Doch ganz so einfach war es nicht. Die Bauausführung erforderte erhebliche Erfahrung und in den Konstruktionen steckte mehr know how, als man Fotos entnehmen konnte. Lilienthal war freizügig mit seinem Wissen, aber einen Artikel “wie baue ich mein eigenes Flugzeug” gab es damals noch nicht.

Die Ergebnisse seiner Grundlagenforschung hatte er im Buch “Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst” bereits 1889 veröffentlicht. Die aus den praktischen Flugversuchen resultierenden neuen Erkenntnisse waren einem breiten Publikum aber nicht zugänglich.

Als die Brüder Wright sich 1896 der Flugfrage annahmen, fehlten ihnen diese Erkenntnisse aus über sechs Jahren Flugerfahrung. Sie konnten nur auf das Buch aufbauen und auf einen Ratgeber, der mit Lilienthal im Kontakt gestanden hatte - Octave Chanute. Das erklärt einige Missverständnisse, verdeutlicht aber auch in ganz besonderem Maße die Eigenständigkeit ihrer Leistung.

7. KLEINER SCHLAGFLÜGELAPPARAT

Das geschickte Nachbilden der Natur mit ihren mühelos gleitenden Vögeln hatte Lilienthal zum Erfolg gebracht. Warum sollte nicht auch nach dem Vorbild des Schwingenfluges der dauerhafte Flug möglich sein. Für den Propeller als Vortriebsmittel gab es kein natürliches Vorbild. Lilienthal kannte die Bedeutung der gleichmäßigen unverwirbelten Strömung für die Erzeugung der Auftriebskraft und er befürchtete, ein Propeller würde diese Strömung zerstören. Darum widmete er sich ab 1894 der Umsetzung des Schwingenfluges. Auch hier folgte er seinem Prinzip der kleinen Schritte. Das bewährte Grundkonzept der Gleiter bildete die Basis. Der Apparat konnte daher gut im Gleitflug erprobt werden.



BILD 9: Lilienthal 1894 - Kleiner Schlagflügel-Apparat



BILD 10: Nachbau 1988 - Kleiner Schlagflügel-Apparat

Die Schwingen als Vortriebsmechanismus wurden nach dem Vorbild der großen Greifvögel harmonisch eingefügt. Sie waren an den verlängerten Flügelrippen angeordnet. Das hatte den Nachteil, daß für die Auf- und Abbewegung ein erheblicher

Formwiderstand überwunden werden mußte. Die Anlenkung der Schwingen erfolgte von Winkelhebeln am Gestellkreuz über die Unterverspannung bis zu Gummizügen in der Oberverspannung.

8. ERSTER KOHLENSÄUREMOTOR

In ersten Entwürfen plante Lilienthal noch einen Muskelkraftantrieb, aber er brauchte die Beine zum Starten, Landen und Steuern. Außerdem war er sich bewußt, daß die Körperkraft für einen Dauerflug nicht ausreichen würde. Es ist bezeichnend, daß er als Experte für leichte Dampferzeuger und Dampfmaschinen nicht diese Form des Antriebes wählte. Lilienthal wußte, daß das Mitführen des notwendigen Dampferzeugers in seinen leicht gebauten Apparaten nicht in Frage kam. Da die Verbrennungsmotoren noch nicht ausgereift waren, kam er auf ein damals häufiger verwendetes Prinzip zurück, den Kohlendioxidmotor. Die in Druckflaschen verfügbare komprimierte Kohlendioxid lieferte zwar nur eine begrenzte Zeit Energie, aber für die zunächst geplante Verlängerung der Gleitflüge war das ausreichend.

Der Motor arbeitete in 3-Takten [2]:

- Einlaßtakt (Pos. 1)

Ein federbelasteter Stift (n) drückt auf den Ventilhebel (16). Die Ventilpfanne (21) wird dadurch so verschoben, daß der Einströmkanal frei liegt und die komprimierte Kohlendioxid von der Druckleitung (nicht gezeichnet) über Ventilkammer und Einströmkanal in den Zylinder strömt und den Kolben (30,31) vorwärts bewegt.

- Dekompressionstakt (Pos. 2)

Die Führungsstange (3) macht die Bewegung des Kolbens mit und bewirkt über das Repetierhebelsystem ein Verschließen des Einströmkanals. Die im Zylinder (1) befindliche Kohlendioxid entspannt sich und treibt den Kolben weiter. Dadurch wird der kontinuierliche Zug auf die Seile und der Niederschlag der Schlagflächen fortgesetzt.

- Auslaßtakt (Pos. 3)

Kurz vor dem Erreichen der Endposition des Kolbens bewirkt die Führungsstange erneut eine Ver-

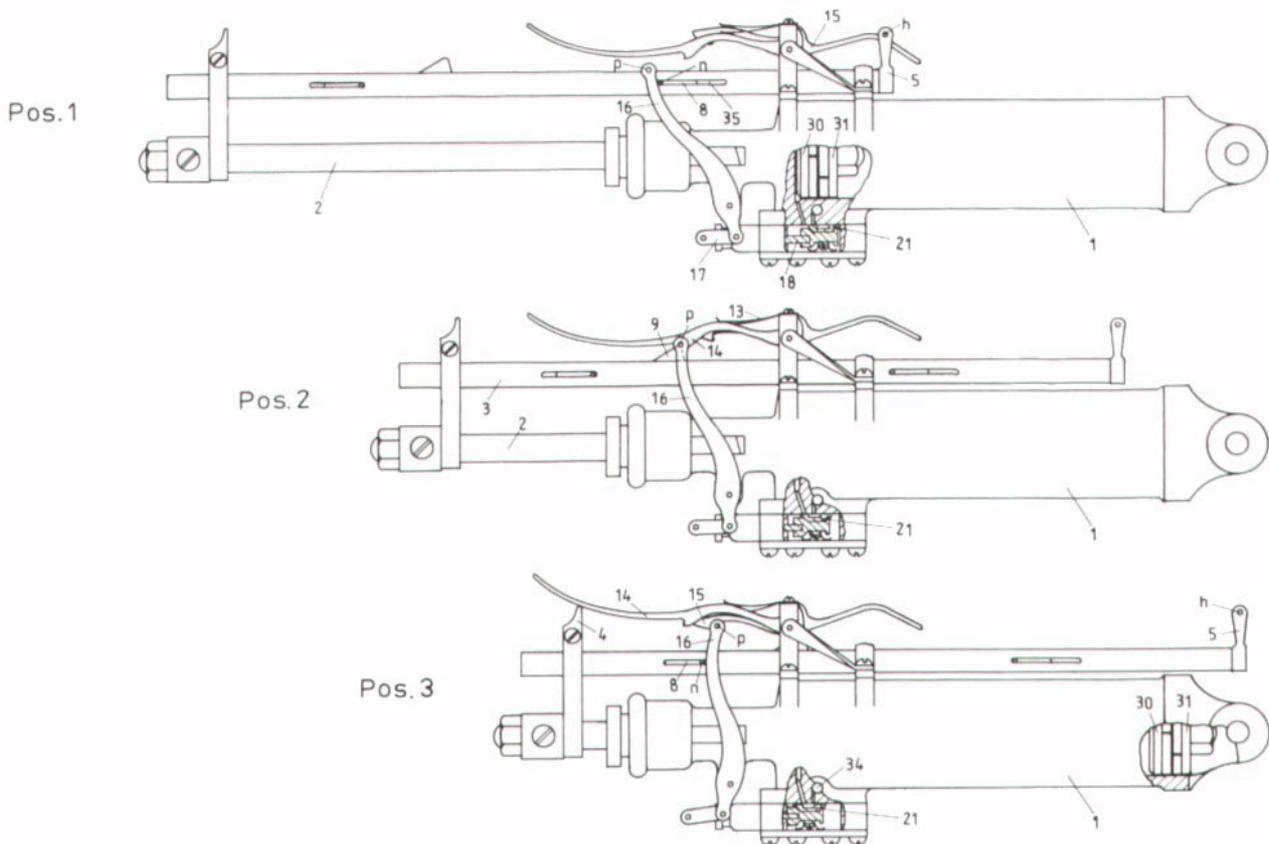


BILD 11: Erster Kohlendioxidmotor 1894

schiebung der Ventilpfanne. Durch den Zug der Gummiseile in der Oberverspannung und durch den im Flug von unten auf die Schlagflächen wirkenden Luftdruck wird die Kolbenstange in die Ausgangsposition zurückgezogen, wobei die entspannte Kohlendioxid über die Auslaßöffnungen (34) ausströmen kann.

Der Motor wurde tatsächlich im Flug erprobt, arbeitete aber nicht zuverlässig weil er immer wieder einfro. Die Versuche zogen sich über mehrere Jahre hin. Später wurde ein einfacherer Motor ohne Repetiervorrichtung verwendet, der für jeden Schlag einzeln ausgelöst werden mußte. Offenbar funktionierte dieser besser, denn es wurde wenig später ein neuer großer Schlagflügelapparat gebaut.

9. GROSSER SCHLAGFLÜGELAPPARAT

Dieser Apparat hatte über Scharniere angelenkte Schwingen und eine doppelseitig bespannte profilierte Vorderkante. Er wurde im Sommer 1896 fertiggestellt aber nicht mehr erprobt.



BILD 12: Lilienthal 1896 - Großer Schlagflügelapparat

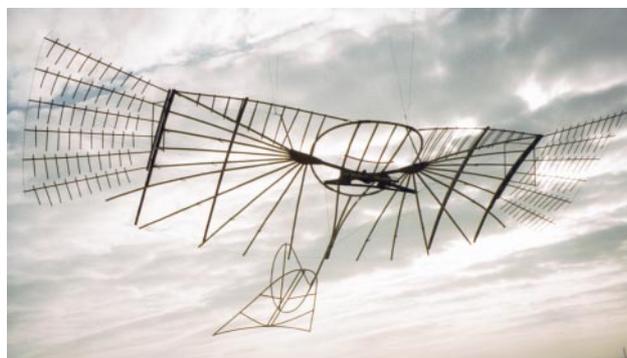


BILD 13: Modell 1:5

Im Rückblick auf die Entwicklungsgeschichte des Motorfluges mit unserem heutigen Wissen hatten Lilienthals Schwingenflieger keine Erfolgschancen. Sie hätten nicht den Qualitätssprung zum Motorflug ermöglicht.

Auch seine Versuche zur Verbesserung der Steuerung hatten nicht den erwünschten Erfolg.

10. VORFLÜGEL-APPARAT

Die Flügelklappe im vorderen Bereich dieser Konstruktion war kein Vorflügel im heutigen Sinne. Sie sollte eine negative Anströmung verhindern.

Außerdem experimentierte Lilienthal bei diesem sehr großen Eindecker mit einem aktiv angelenkten Leitwerk, mit Steuerflächen auf den Flügeln und bereits vor den Wrights auch mit einer Verwindung.



BILD 14: Lilienthal 1895 - Vorflügel-Apparat



BILD 15: Nachbau 1989 - Vorflügel-Apparat

11. GELENKFLÜGEL-APPARAT

Weitere Neuerungen waren für Lilienthals letzte Konstruktion geplant. Ein doppelt profilierter Flügel sollte wie beim Vogel in einer Art Ellbogengelenk einknicken. Es kann nur vermutet werden, daß diese Methode auch zur Steuerung im Flug verwendet werden sollte.

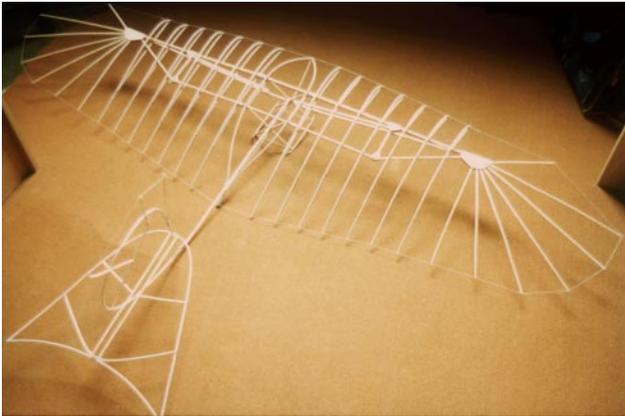


BILD 16: Gelenkflügel-Apparat
Rekonstruktionsversuch 1:5

12. DOPPELDECKER

Ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Flugstabilität waren Lilienthals Doppeldeckerkonstruktionen. Durch den tiefer liegenden System-schwerpunkt waren diese Apparate sicherer und trotz der großen Fläche gut steuerbar.

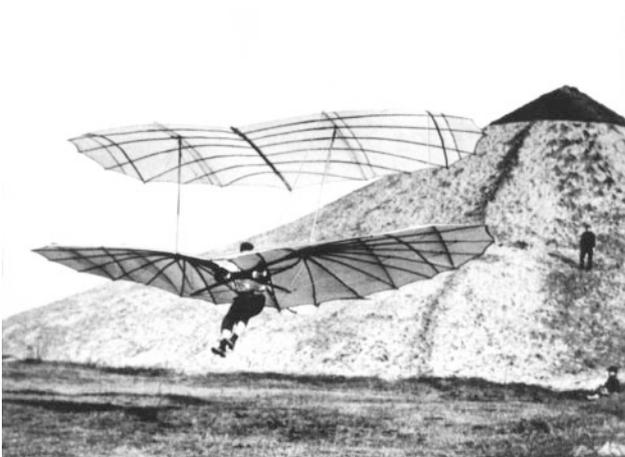


BILD 17: Lilienthal 1895 - Großer Doppeldecker



BILD 17: Nachbau 1993 - Großer Doppeldecker

13. FAZIT

Insgesamt hat Lilienthal zur Vorbereitung des Motorfluges Entscheidendes beigetragen

Die Theorie

als Ergebnis seiner Grundlagenforschung war in Lilienthals Buch „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ dargelegt. Die Wrights konnten darauf zurückgreifen. Wichtige Erkenntnisse aus den praktischen Flugversuchen fanden dagegen nicht die gleiche Verbreitung wie das Buch.

Die Zelle

entsprach den Anforderungen für den abwärts gerichteten Gleitflug und war geeignet, einen Menschen zu tragen. Für den Einbau eines Motors und für hohe Flächenbelastungen war die fragile Struktur weniger geeignet. Das zeigen Versuche einiger Schüler.

Hier waren die stabilen Doppeldecker von Chanute und Herring das Bindeglied zwischen Lilienthal und den Wrights.

Die Steuerung

durch Gewichtsverlagerung war einfach und wirkungsvoll, aber ebenfalls für den Motorflug kaum geeignet. Lilienthals Versuche mit aktiv angelenkten Steuerflächen und einer Verwindung brachten nicht den gewünschten Erfolg und blieben weitgehend unbekannt. Hier schufen die Wrights mit wirkungsvollen Höhen- und Seitensteuern sowie der Verwindung die notwendigen Voraussetzungen für den Motorflug. Sie waren noch Jahre später den europäischen Konstruktionen überlegen.

Die Vorgehensweise

zunächst die Zelle im Gleitflug zu erproben war ein Schlüssel zum Erfolg. Nach Lilienthal gingen diesen Weg auch die Wrights und anderen Flugpioniere.

Der Verbrennungsmotor

als leichter kraftvoller Antrieb stand Lilienthal noch nicht zur Verfügung. Hier konnten die Wrights auf die Leistungen anderer Technik-Pioniere aufbauen.

Lilienthal hat der Welt gezeigt, daß der Mensch fliegen kann. Seine Flugzeuge waren zum Gleitflug geeignet, weniger für den Motorflug.

Das wichtigste Verbindungsglied zum Wright Flugzeug war die Doppeldeckerkonstruktion von Chanute und Herring.

Die Wrights bauten auf Vorhandenes auf, ihre Leistungen waren aber ebenso eigenständig wie die Lilienthals.

BILD 19: Doppeldecker im Vergleich:
Wright;
Lilienthal; Chanute/Herring



BILD 18: Nachbau 1994
Chanute-Herring Doppeldecker

LITERATUR:

- [1] Lilienthal, Otto: Brief an Strauss vom 8.11.1892; Technisches Museum, Wien
- [2] Nitsch, Stephan: Vom Sprung zum Flug - Der Flugtechniker Otto Lilienthal, Brandenburgisches Verlagshaus, Berlin 1991

ABBILDUNGEN:

Autor; Otto Lilienthal Museum Anklam; Deutsches Museum München

