

---

**Michael Waßermann**

**Otto Lilienthal**

Biografien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Band 81

1985 BSB B. G. Teubner Leipzig

Abschrift und LaTeX-Satz: 2023

<https://mathematikalpha.de>

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Kindheit und Jugend in Anklam</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Berufsausbildung, Studium, Beruf</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Von den ersten Flugversuchen bis zum erfolgreichen Abschluss theoretisch-experimenteller Untersuchungen</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Die erfolgreichen Jahre ab 1891</b>	<b>25</b>
5.1	Erprobung einer richtungsweisenden Methode auf den verschiedensten Flugplätzen . . . . .	25
5.2	Besondere Flugzeugkonstruktionen . . . . .	31
<b>6</b>	<b>Der weltweit anerkannte Flugzeugkonstrukteur</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Soziales Arrangement und Reformbestrebungen</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>Die Familie. Der Bruder Gustav Lilienthal</b>	<b>51</b>
<b>9</b>	<b>Unvollendete Ideen, Vorhaben, Konstruktionen. Der letzte Flug</b>	<b>55</b>
<b>10</b>	<b>Chronologie</b>	<b>57</b>
<b>11</b>	<b>Literatur (Auswahl)</b>	<b>58</b>

## 1 Einleitung



1 Otto Lilienthal (23. 5, 1848 bis 10. 8. 1896)

Den Tag, an welchem Lilienthal im Jahre 1891 seine ersten fünfzehn Meter in der Luft durchmessen hat, fasse ich auf als den Augenblick, seit dem Menschen fliegen können.  
F. Ferber

„Otto Lilienthal? Natürlich weiß ich, dass das der erste Flieger war.“

Es vergeht kein Tag, an dem im Heimatmuseum „Otto Lilienthal“ in Anklam nicht diese Antwort zu hören ist. Damit wird meist aber auch schon fast der gesamte Fundus an Wissen mitgeteilt.

Dagegen ist das Ergebnis seines Wirkens jedem geläufig. Er war es, der den entscheidenden Anstoß zur Flugzeugentwicklung gab. Wenn heute davon die Rede ist, dann denkt jeder sofort an die Verwendung des Flugzeuges als Verkehrs- und Sportmittel, als Waffe oder an seine Bedeutung für die Volkswirtschaft.

Für den Laien ist die Vielzahl der modernen Bauausführungen und technischen Varianten äußerst verwirrend und kaum durchschaubar, Um so größer ist das Erstaunen, wenn wir vor dem ersten erfolgreichen Flugzeug der Luftfahrtgeschichte stehen und mit Bewunderung auf ein Gerät aus Weidenholz und Leinwand blicken. Damit ist Otto Lilienthal tatsächlich geflogen? Und das noch nicht einmal vor 100 Jahren!

Jahrtausende versuchten die Menschen, den Vogelflug zu kopieren.

Was wurde nicht alles an Sagen und Märchen übermittelt, an utopischen Erzählungen erdacht, an Projekten gezeichnet und in den verschiedensten Materialien gebaut? Für die Technikgeschichte gilt das wissenschaftliche Herangehen an technische Lösungen durch Lilienthal als Standardbeispiel. Die These, dass die Nachahmung des Vogelfluges, die einzige Methode ist, um den Menschenflug zu ermöglichen, konnte er beweisen.

Dabei erahnte er bereits mögliche enge Zusammenhänge zwischen Biologie und Technik, auch wenn die Flugzeugentwicklung dann anderen naturwissenschaftlichen Gesetzen folgen musste. Lilienthal kannte wesentliche Ergebnisse der zahlreichen Versuche vor ihm und überblickte die zeitgenössischen Projekte. Viele der Konstrukteure hatten dabei irgendeinen richtigen Grundgedanken, legten Bausteine zum großen Werk der Luftfahrt. Zu seiner Zeit glaubten die meisten Erfinder, das Problem mit einem einzigen „großen“ Einfall sofort, auf einmal lösen zu können.

Bei allem Scharfsinn und aller Opferbereitschaft blieben ihre Anstrengungen Versuche, mit denen sich der Historiker auseinandersetzen hat, die heute benutzt werden, um den mühsamen Weg der Eroberung des Luftraumes durch den Menschen zu illustrieren.

„Es wird seinen ersten Flug nehmen der große Vogel vom Rücken des Hügels aus. Das Universum mit Verblüffung, alle Schriften mit seinem Ruhm füllend. Und ewige Glorie dem Ort wo er geboren ward.“

Mit diesem Ausspruch erahnte 1497 Leonardo da Vinci den kommenden Flugzeugkonstrukteur. 400 Jahre musste die Menschheit auf diesen noch warten, ehe Otto Lilienthal, geboren in Anklam, von Berlin aus mit eindrucksvollen Fotos belegen konnte, dass die Zeit des Hoffens und Suchens, des Herumtastens vorbei ist.

Am Beginn des Weges zum modernen Flugzeug war auf diesen Bildern eine Persönlichkeit zu sehen, die eine wesentliche Voraussetzung zum Start für diesen Entwicklungsprozess erfüllte. Lilienthal konnte die Ergebnisse der Naturwissenschaften und die durch die industrielle Revolution geschaffenen Kenntnisse des Maschinenbaus vereinen. Er löste die zu seiner Zeit für die weitere Entwicklung notwendige Aufgabe durch die wissenschaftliche Erforschung der physikalischen Voraussetzungen.

Besessen von seiner Idee konnte er jahrzehntelang ein selbstgestelltes Programm mit vielen Methoden, selbstgebauten Modellen und Experimentiergeräten zielstrebig erfüllen und erfolgreich zum Abschluss bringen.

Aber Lilienthal leistete noch wesentlich mehr! Noch mit 43 Jahren war er in der Lage, seine vorgelegten theoretischen Erkenntnisse in der Praxis zu überprüfen. Bereit, Gesundheit und Leben zu opfern, mit großer Kühnheit und Wagemut war es ihm möglich, sechs Jahre lang in Tausenden von Flügen den Wunsch nach einem Fluggerät aus der Spekulation in die Realität eines Konstruktionsbüros, einer Werkstatt und eines Flugplatzes zu holen.

Mit außerordentlicher handwerklicher Geschicklichkeit und körperlicher Gewandtheit setzte er seine theoretischen Erkenntnisse in die Praxis um. Nicht sofort der große Flug über einen Fluss, einen Berg, sondern methodisch klug „vom Schritt zum Sprung, vom Sprung zum Flug“ lernte er mit jedem Start neue Anforderungen an den Segelflieger kennen. Anforderungen an Material und Konstruktion, psychologischer Einstellung und sportlichem Verhalten.

Als ihm Gleitflüge von 250 m Weite gelangen, war er im Stande, über unwissenden Spott und überhebliche Besserwisserei gelassen hinwegzusehen und mit großer Begeisterung und Bescheidenheit einem internationalen Fachpublikum seine Erfahrungen zu übermitteln.

Otto Lilienthal war der erste erfolgreiche Flieger und zugleich derjenige, dessen Erkenntnisse in aller Welt Bewunderer und vor allem Schüler fanden, die sein Werk fortsetzten. Schon sieben Jahre nach seinem Tode konnten die „Lilienthal-Schüler“ Wilbur und Orville Wright mit ihren zusätzlichen Ideen und Konstruktionen aus einer Anzahl weiterer erfolgversprechender Bewerber den Ruhm erringen, die ersten Piloten eines Motorflugzeuges zu sein.

Wer in seinem Leben Großes leistet und ein entwicklungsträchtiges Erbe hinterlässt, der kommt nicht daran vorbei, dass seine Biographen auch danach fragen, was für ein Mensch er war. Im Falle Lilienthal ist die Antwort darauf nicht so schnell gegeben.

Wir verehren in ihm den ersten Flugzeugkonstrukteur und blicken zugleich mit Respekt auf Taten und Meinungen eines humanistisch gesinnten Menschen.

Ein völkerverbindendes, friedensförderndes Kulturelement sollte das Flugzeug nach seinen Vorstellungen werden. Er musste, um an diesem Ziel mitarbeiten zu können, die finanziellen Mittel dazu nach den Gesetzen seiner kapitalistischen Umwelt erwerben.

Als Kleinunternehmer, der mit seinen Patenten Marktlücken ökonomisch vorteilhaft auszunutzen verstand, erwarb er soviel finanzielle Mittel, um wirtschaftlich unabhängig seinen technischen Ambitionen folgen zu können. Aber nicht nur das Erziehung und eigener Sozialstatus ließen ihn nicht über die materiellen und kulturellen Lebensbedingungen der Arbeiter in Berlin vor der Jahrhundertwende hinwegsehen.

Der Fabrikant Lilienthal orientierte sich an den Leitsätzen eines christlichen Sozialethikers und führte loohnerhöhende Maßnahmen für die Arbeiter seines Betriebes ein, er finanzierte ein großes Theater, um seinen Arbeitern kulturelle Erlebnisse zu verschaffen. Sein weitgespanntes künstlerisches Interesse ging soweit, dass er sogar ein Theaterstück schrieb und darin antihumanes Verhalten derjenigen Kräfte und Vertreter seiner Klasse anprangerte, die sich zu seiner Zeit gerade zu Monopolkapitalisten entwickelten.

Auch wenn die Geschichte über diese Seiten seines Wirkens schon längst hinweggeschritten ist, seine philosophischen und sozialen Auffassungen uns heute fremd erscheinen mögen, sie gehören zur Persönlichkeit Lilienthals.

Der erste Flieger der Geschichte war ein Mensch, der sich den Fragen der Zeit stellte. Von bürgerlichen Klassenpositionen ausgehend, setzte er sich in seiner Arbeit, im gesellschaftlichen Leben, bei der Verwirklichung seiner Lebensaufgabe für eine friedvolle, materiell sorgenfreie und kulturell niveauvolle Gestaltung des Lebens ein.

Das Erbe Lilienthals ist nicht einfach nur ein Apparat aus Weidenholz und Leinwand. Der Jahrtausende alte Traum vom Fliegen beinhaltete stets mindestens zwei Wünsche. Es ging zunächst um ein technisches Produkt. Aber eben nicht nur darum. Mit diesem wollten Menschen dann in die Lage versetzt werden, sich aus Knechtschaft und Unterdrückung zu befreien, ein neues Lebensgefühl zu erringen, ihre Vorstellungen vom Leben anderer Völker und Kulturen zu bereichern, Feinde dieser Ziele zu vernichten, neue Möglichkeiten der friedlichen Kooperation in der Arbeit und im Zusammenleben aufzuspüren.

## 2 Kindheit und Jugend in Anklam

Karl Wilhelm Otto Lilienthal wurde am 23. Mai 1848 in Anklam geboren. Das Geburtshaus in der Peenstraße wurde im 2. Weltkrieg zerstört, an seiner Stelle steht heute eine vom Bildhauer Walter Howard geschaffene Porträtbüste.

Otto war das älteste von insgesamt acht Kindern des Kaufmanns Gustav Lilienthal und dessen Ehefrau Caroline. Nur der ein Jahr jüngere Bruder Gustav und die acht Jahre jüngere Schwester Marie wuchsen heran, alle anderen Geschwister starben in frühester Jugend.

1894, im Alter von sechsundvierzig Jahren verfasste Otto Lilienthal eine Familienchronik, in der er festhielt:

"Die Lilienthals sollen aus Schweden stammen und den entsprechenden schwedischen Namen ‚Liliendal‘ oder auch ‚von Liliendal‘ führen. Nach einer Überlieferung soll ein Vorfahre unserer Linie Prediger in Vorpommern gewesen sein und als Geistlicher den Adel abgelegt haben. Sicheres ist hierüber mir nicht bekannt. Der Name ‚von Lilienthal‘, welcher mehrfach unter preußischen Offizieren und im pommerschen Landadel vorkommt, soll von den adelig gebliebenen Linien desselben Stammes herrühren, Es ist aber auch möglich; dass diese ‚von Lilienthal‘ Nachkommen unseres geadelten Urgroßonkels Philipp sind.

Fast die ganze Verwandtschaft setzt sich aus vorpommerschen Landwirten zusammen und ist meist mit dem vorpommerschen, teilweise aus Schweden stammenden Landadel verschwägert. Meine Großmutter väterlicherseits war eine geborene ‚von Tiegerström‘ und meine Urgroßmutter eine geborene ‚von Homeyer‘. Meine Vorfahren waren ein gesundes, äußerst stattliches Geschlecht, die Männer von hervorragender körperlicher Kraft und Gewandtheit. Ihr Beruf hat ihnen aber kaum die genügende Gelegenheit geboten, ihre Intelligenz vielseitig zu entwickeln; denn die Landwirtschaft wurde früher noch sehr primitiv betrieben. Was von den Vorfahren erzählt wird, bezieht sich daher auch mehr auf ihre körperliche Leistungsfähigkeit." [11, S. 58]

Der Vater, Karl Friedrich Gustav Lilienthal, war gelernter Tuchhändler und besaß von 1845-1852 ein Geschäft, das wir heute als Herrenkonfektionsgeschäft bezeichnen würden. Aus zeitgenössischen Berichten in der Anklamer Lokalzeitung geht hervor, dass er in diesen Jahren - die wesentlich bestimmt sind durch die bürgerlich-demokratische Revolution von 1848 - zu den Bürgern der Stadt gehörte, die an den politischen Ereignissen lebhaften Anteil nahmen.

Diese Revolution - eingebettet in die europäische revolutionäre Bewegung von 1848/49 - hatte die Aufgabe, das adlig-junkerliche Herrschaftssystem zu vernichten, der kapitalistischen Gesellschaftsordnung zum Durchbruch zu verhelfen und einen bürgerlichen Nationalstaat zu errichten.

Gustav Lilienthal gehörte zu den begeisterten Vertretern der Revolution. Schon drei Wochen nach dem 18. März 1848 unterzeichnete er in Anklam das Statut des konstitutionellen Klubs, der von Liberalen im Begeisterungstaukel der ersten Teilerfolge gegründet wurde. Sie sahen ihre Aufgabe darin, unter dem Schutz des konstitutionellen Königtums das politische Bewusstsein der Vereinsmitglieder zu erhöhen, vor den Maßnahmen der Reaktion zu warnen und Beratungen darüber abzuhalten, auf welchem Wege die Lage der arbeitenden Klasse und der Gewerbetreibenden gesichert und verbessert werden könne [19, S. 207].

Doch schon 2 Jahre später war die Situation völlig anders. Der Reaktion war es gelungen, die wichtigsten Zugeständnisse von 1848 wieder zu revidieren. Alle Anhänger revolutionärer Veränderungen mussten nun mit entsprechenden Konsequenzen fertig werden. Für den Kaufmann Gustav Lilienthal bedeutete das, dass er den zahlungskräftigen Teil seiner Kundschaft verlor.

Zusammen mit anderen Gründen, wie die Aufnahme von Schulden bei der Geschäftseröffnung, aber vor allem ein Hang zu technischen Projekten und Versuche zu deren Realisierung führte dies schließlich zum Konkurs.

Im Alter von 43 Jahren, sein ältester Sohn war 13 Jahre alt, starb er 1861, inmitten der Vorbereitung für die Auswanderung nach Amerika.

In der Erziehung der Kinder werden durch die Mutter und Großmutter liebenswerte Erinnerungen an ihn wachgehalten und darunter besonders die Tatsache, dass der Vater „stets der demokratischen Richtung und dem freiesten Fortschritt angehörte“ [11,S. 59].



2 Caroline Lilienthal

Otto Lilienthal hatte in seinem späteren Leben vielfach Gelegenheit, dieses geistige Erbe zu erwähnen. Die Mutter, Caroline Lilienthal, geborene Pohle, war 44 Jahre alt, als der Ehemann starb und sie mit den noch unmündigen Kindern zurückblieb. Sie hatte vor der Eheschließung durch Unterstützung wohlhabender Verwandter in Berlin und Dresden Gesang studiert.

Nach dem Konkurs des Konfektionsgeschäftes verdiente sie in dem mit Hilfe der Verwandten gekauften kleinen Haus als Putzmacherin, mit Gesangsunterricht und Zimmervermietung den Lebensunterhalt.

Die vorhandenen Vormundschaftsakten belegen eine normale Entwicklung der Kinder, Alljährlich legte der Onkel Wilhelm Lilienthal dem Gericht als Vormund einen Erziehungsbericht vor, der in knappen Worten Auskunft über die „gute“ und „normale“ geistige und körperliche Entwicklung gab. Bis zum Ende der Schulzeit in Anklam konnte er für Otto Lilienthals Berufswunsch immer nur ein „noch nicht anzugeben“ eintragen [15].

Angaben über schon frühzeitig vorhandene „flugtechnische“ Interessen sind dagegen von seinem Bruder Gustav Lilienthal überliefert. Dieser konnte, als nach 1909 in Deutschland das Interesse für die Leistungen seines Bruders aufkam, in einem Aufsatz, „Die Entwicklung“ seine Erinnerungen mitteilen. Darin spricht er von der Anregung, die die beiden Jungen durch eine damals viel gelesene Jugendschrift über die Reisen des Grafen Zambecari erhielten [25, S. IX].

Dieser Graf Francesco Zambecari war italienischer Ballonfahrer. Im ersten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts gehörte er zu den bekanntesten Aeronauten Europas. Er benutzte zu seinen Flügen eine Kombination von Heißluft- und Wasserstoffballon und verunglückte im Alter von 60 Jahren tödlich.

Nach Gustav Lilienthal war für die Jungen jedoch nicht die technische Konstruktion des Ballons und dessen Flug das entscheidende, sondern die in dieser Schrift enthaltene Schilderung über einen Storchenflug. Dadurch motiviert bauten sie nach einer Zeit intensiver Naturbeobachtung im Alter von 14 und 13 Jahren mit Wissen der Mutter ein erstes „Fluggerät“.

Die Flügel sollen etwa zwei Meter lang und einen Meter breit gewesen sein, aus Buchenspanbrettchen zusammengeleimt, und an der Unterseite waren sie mit Riemen zur Befestigung an den Armen versehen. Damit liefen sie 1862 eine Anhöhe hinab.

Der so versuchte Muskelkraftflug konnte natürlich nichts werden. Vermutlich hatten sie auch keine Ahnung von den zahlreichen Versuchen, Anstrengungen und Mühen zahlloser Vorgänger dieser Idee.

Trotz aller Unsicherheit der vorliegenden Quellen über die ersten Flugversuche scheint eine Tatsache bedeutungsvoll zu sein. Wie auch immer die Flugapparate aussahen, das Bemerkenswerte ist nicht das technische Detail, sondern das schon in frühester Jugend geweckte Interesse für die Teilnahme an der Realisierung einer technischen Idee, deren Lösung sich Otto Lilienthal zur Lebensaufgabe machte.

Mit acht Jahren wurde er in das Anklamer Gymnasium eingeschult. Er besuchte es sieben Jahre lang. Das Zeugnis aus dem Jahre 1864 machte schon deutlich, in welche Richtung sich seine Fähigkeiten entwickeln werden. Auffallend ist darin der Unterschied in der Beurteilung der Leistungen in den Sprachen und andererseits den naturwissenschaftlichen Fächern, Ordinarius Heinze bescheinigte, „da er nun von der Schule ins bürgerliche Leben übertritt“, dass Otto Lilienthal in Mathematik „im ganzen befriedigende Kenntnisse erlangte“, in „Geografie, Geschichte und Naturgeschichte ... eine elementare Übersicht erlangt hat“.

Dagegen werden die Leistungen in Deutsch, Latein, Griechisch und Französisch mit den Wertungen „... nur geringes ...“, „... nur - mittelmäßiges ...“, „... wenig sicher ...“ und „... nicht hinreichend sicher ...“ versehen. Am besten auf dem Zeugnis ist die Bewertung im Zeichnen. Dazu heißt es: „Für das Zeichnen hat er stets viel Teilnahme und Geschick bewiesen und darin gutes geleistet.“ [16]

Wer nach der Schulausbildung als Techniker und Konstrukteur erfolgreich sein will, muss in den entsprechenden Disziplinen in der Regel möglichst schon in jungen Jahren besondere Fähigkeiten und Begabungen besitzen und Lehrer haben, die diese mitentwickeln. Das Zeugnis bewies der Familie, dass an einem Gymnasium mit seinen damaligen Bildungsinhalten, in denen Sprachen und geisteswissenschaftliche Disziplinen dominierten, ein Junge mit praktischen Interessen nicht vorteilhaft eingeschult war.

Auffallend ist, dass er in den Fachgebieten, die seinen Neigungen am meisten entsprachen, auch Lehrer hatte, die noch heute dem Fachhistoriker bekannt sind. In Mathematik und Naturgeschichte wurde Otto Lilienthal von Prof. Gustav Spörer unterrichtet. Dieser ist in die Geschichte der Astrophysik als erfolgreicher Beobachter der Sonnenfleckenperiodizität eingegangen. Er konnte auf Grund seiner international beachteten Leistungen, in richtiger Analyse des damaligen Kenntnisstandes in Physik und Astronomie, und durch Unterstützung von Prof. Wilhelm Förster, dem damaligen Leiter der Berliner Sternwarte und Gründer der Urania, zum Inspirator des 1874 gegründeten Astro-physikalischen Observatoriums in Potsdam werden [50, S. 245].

In den 25 Jahren seiner Tätigkeit in Anklam leistete er in einer einfachen Beobachtungsstation mit einem allerdings damals sehr guten Fernrohr Beachtliches und erzog seine Schüler durch sein Vorbild zu Begeisterungsfähigkeit und Beharrlichkeit.





3 Otto (stehend) und Gustav Lilienthal

Heute noch von Otto Lilienthal vorhandene Originale - Zeichnungen und ein im Alter von 14 Jahren aus Ton geformtes Selbstbildnis - demonstrieren die gute Beurteilung im Fach Zeichnen auf dem Gymnasium, Das ging so weit, dass in der Familie eine Zeitlang diskutiert wurde, ob der älteste Sohn nicht nach dem Vorbild seines Zeichenlehrers eine Ausbildung zum Bildhauer aufnehmen sollte. Die dazu notwendigen finanziellen Aufwendungen verhinderten jedoch eine derartige Absicht.

Zeichenlehrer am Gymnasium war damals Bernhard Peters. Dieser hatte eine akademische Malerausbildung und viele Studienreisen hinter sich, als er 1849 als Zeichenlehrer in Anklam berufen wurde. Seine Werke - vor allem Gebirgslandschaften - hinterließen nachhaltigen Eindruck und waren in großen Galerien auch außerhalb Preußens oft ausgestellt. Seine gezeichneten Ansichten von Anklam wurden hier viel gekauft [20, S. 565].

Die Familie zog konsequente Schlussfolgerungen aus den insgesamt nicht sehr guten Leistungen des ältesten Sohnes und nahm ihn 1864 vom Gymnasium. Mit 16 Jahren verließ er nun seine Heimatstadt, um die Ausbildung zunächst in Potsdam fortzusetzen.

Großmutter, Mutter und die beiden Geschwister Gustav und Marie blieben zunächst noch in Anklam. Als Otto später in Berlin tätig war, folgten ihm nach und nach die Familienangehörigen.

1868 ging Gustav Lilienthal zum Studium nach Berlin. 1872 wollte die Mutter mit der Tochter Marie und Großmutter Pohle zu den Söhnen nach Berlin ziehen, starb jedoch zuvor an einer Lungenentzündung. Die Jungen nahmen Großmutter und Schwester zu sich. Bis zum Jahre 1877 führte Frau Pohle in geistiger und körperlicher Frische ihren Enkelkindern den Haushalt, Schwester Marie konnte in Berlin noch an wichtigen Flugexperimenten teilnehmen, bis sie 1880 heiratete und nach Australien auswanderte.

### 3 Berufsausbildung, Studium, Beruf

Der Besuch des Gymnasiums bis zur Obertertia und das Angebot einer Tante, in ihrem Haus zu wohnen, ermöglichten es Lilienthal, an der Provinzial-Gewerbeschule zu lernen. Das waren Voraussetzungen, um den mit 16 Jahren erstmals fixierten Berufswunsch - Maschinenbauer - realisieren zu können [15].

Dementsprechende Unterrichtsgebiete wie Physik, Mechanik, Maschinenbau, Konstruktionslehre und Zeichnen waren Fächer, in denen Otto Lilienthal nun mit glänzenden Leistungen aufwarten konnte.

Nach zwei Jahren verließ er diese Schule mit dem besten Prüfungsergebnis, das bis dahin jemals dort erzielt worden war. Er erhielt das Zeugnis der Reife mit dem Prädikat „Mit Auszeichnung“ zuerkannt; „vorzüglich gut“ war ein oft gefälltes Urteil [17].

Im Herbst 1866 zog Lilienthal von Potsdam nach Berlin, um zunächst für ein Jahr als Praktikant in der Maschinenfabrik Schwartzkopff tätig zu werden. Der Beginn seines Lebens in Berlin dürfte nicht einfach gewesen sein. Ein Freund Otto Lilienthals, der Meteorologe Prof. Karl Kassner, erfuhr Jahrzehnte später von ihm über diese Zeit:

"Ich mietete mir eine Schlafstelle, zusammen mit einem Droschken- und Rollkutscher. Der Droschkenkutscher fuhr nachts aus, so dass ich das Bett nur mit dem Rollkutscher zu teilen brauchte. Am Oranienburger Tor saß ein Invalide, bei dem ich mir täglich mein Kommissbrot kaufte." [28, S. 10]

Doch was interessierten einen Achtzehnjährigen einfachste materielle Lebensumstände, wenn er sich am Fluidum der königlichen Haupt- und Residenzstadt Berlin begeisterte. Die Tätigkeit als Praktikant in der renomierten Maschinenfabrik Schwartzkopff füllte ihn voll aus. Vielfach hatte er Gelegenheit, seine Geschicklichkeit unter Beweis zu stellen. Mit Schraubstock und Drehbank war er bald vertraut, und auch im Zeichenbüro fiel er durch exakte Arbeit auf. Daraufhin erhielt er die Möglichkeit, im Konstruktionsbüro zu arbeiten.

Das bedeutete nicht nur die Erfüllung eines geheimen Wunsches, sondern auch eine willkommene Aufbesserung des schmalen Praktikantenlohnes.

Nach dem so erfolgreich absolvierten Praktikantenjahr schrieb er sich im Oktober 1867 zum Studium an der „Königlichen Gewerbe-Akademie“ ein. Diese Bildungseinrichtung war ein Jahr zuvor aus dem von Peter Christian Wilhelm Beuth 1821 gegründeten Gewerbeinstitut, einer der ersten Fach- und Fortbildungsschulen für Gewerbetreibende in Preußen, hervorgegangen und hatte einen ausgezeichneten Ruf. Sie war zugleich eine Vorläuferinstitution der im Jahre 1879 gegründeten Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg.

Beuth war in seinen Gründungsideen stark von den Vorstellungen des englischen ökonomischen Liberalismus geprägt. Sie enthielten drei Elemente: Verstärkung der Fachausbildung, Verarbeitung der neuesten wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse und Förderung von jeglicher Initiative, die diese Erkenntnis in die Praxis umsetzen wollte.

Die Bildungseinrichtung konnte bedeutende Wissenschaftler für eine Lehr- und Forschungstätigkeit gewinnen. Zu Lilienthals Studienzeiten waren kurz zuvor z. B. die Lehrstühle für Mathematik (Christoffel) und für Maschinenbau (Reuleaux) mit zwei bekannten Wissenschaftlern von der Polytechnischen Hochschule Zürich besetzt worden.

Viel Unterstützung für das Studium konnte Otto Lilienthal durch die Familie nicht erhalten. Er erhielt zunächst kein Stipendium.

Zusammen mit dem Bruder Gustav, der 1869 ein Studium an der Bau-Akademie in Berlin

aufnahm, wurde Otto Lilienthal „Lebenskünstler“. Gustav Lilienthal erinnerte sich später:

"... wir wurden wahre Virtuosen im billigen Leben. Für einen Groschen Kirschen und für dieselbe Summe Schrippen war ein beliebtes Mittagsbrot. Als aber durch die Fürsprache des Direktors Reuleaux mein Bruder schließlich das Salingersche Stipendium von dreihundert Talern jährlich erhielt, da lebten wir beide wie die Fürsten von dieser fabelhaften Summe." [25,S. XII]

Mit „Direktor Reuleaux“ ist Prof. Franz Reuleaux gemeint, seit 1866 in dieser Funktion an der Königlichen Gewerbe-Akademie und zugleich Leiter der für Lilienthal wichtigen Abteilung Maschinenbau und Ingenieurwesen, Dieser gilt in der Geschichte der Technik als einer der großen Schöpfer der deutschen technischen Wissenschaften.

Er leistete Bahnbrechendes in der Kinematik und machte das Erfinden neuer Mechanismen zu einer Wissenschaft [36, S. 223]. Lilienthal belegte bei ihm vier Semester Kinematik, Regulatoren, Maschinenelemente und Entwerfen von Maschinenelementen und erhielt auf dem Abgangszeugnis in den letzten beiden Fächern die Note „vorzüglich“.

Mit Reuleaux kam Otto Lilienthal auch nach dem Studium noch oft zusammen. Es ist anzunehmen, dass der Wissenschaftler mit seinem entscheidenden Einsatz und Einfluss auf die Orientierung der Industrie zur Qualitätsarbeit, auf die Schaffung eines Reichspatentgesetzes und seine Bemühungen für die Entwicklung eines allgemeinen Verständnisses für die Technik und ihren Kulturwert [48] auf seinen ehemaligen Studenten nicht ohne Wirkung blieb. Lilienthals spätere Leistungen und Verhaltensweisen brachten das zum Ausdruck.

Beide waren Mitglieder im renomierten Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes und gehörten zu den Autoren der wissenschaftlich-technischen Zeitschrift „Prometheus“. Während der Berliner Gewerbeausstellung 1896 gehörten Franz Reuleaux und Otto Lilienthal zu denen, die dadurch ausgezeichnet wurden, dass sie Vorträge über ihre Arbeiten halten durften.

Daten auf dem Abgangszeugnis der Königlichen Gewerbe-Akademie lassen etwas von den Aufregungen der Zeit ahnen, in der Lilienthal sein Studium im Sommer 1870 beendete. Am 19. Juli hatte der Deutsch-Französische Krieg begonnen. Lilienthal war bis zum 23. Juli Student und erhielt sein, mit den Noten von „vorzüglich“ bis „recht gut“ und „sehr gut“ versehenes Zeugnis, mit dem Datum vom 29. 7. 1870 [18].

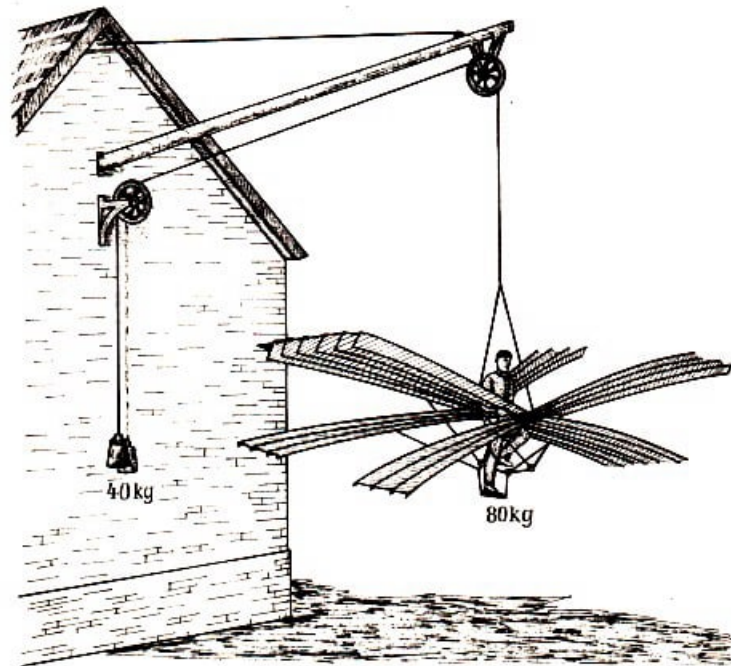
Laut Militärpass trat er am 22. Juli in das preußische Garde-Füsilier-Regiment ein. Seine Dienstzeit endete am gleichen Tage des folgenden Jahres. Er schied im Range eines Unteroffiziers und mit der Qualifikation zum Reserveoffizier aus. Über dieses eine Jahr im Kriege liegen keine detaillierten Angaben vor bzw. sind bis heute noch nicht zugänglich, da sie sich im Privatbesitz befinden.

In der flughistorischen Literatur wird für diese Zeit stets das Lilienthal bewegende Erlebnis des Einsatzes von Ballons vom belagerten Paris aus angeführt.

Lilienthal lehnte nach dem Kriege ein Angebot von Franz Reuleaux, Assistent an der Gewerbe-Akademie zu werden, ab. Er verzichtete auf eine wissenschaftliche Laufbahn, da er seine theoretischen Kenntnisse und Erkenntnisse lieber in der Praxis, erproben wollte.

Vermutlich gibt es noch einen Grund. Ohne bisher auf Einzelheiten eingegangen zu sein, wurde bereits gesagt, dass sich Lilienthal seit seinem 14. Lebensjahr - natürlich mit unterschiedlicher Intensität - mit dem Flugproblem beschäftigte, Während des Studiums an der Gewerbe-Akademie führte er auch eine Anzahl von Experimenten durch. Das für ihn bedeutungsvollste soll hier kurz erwähnt werden, weil auch Lilienthal in späteren Jahren immer wieder darauf Bezug nahm.

Im Sommer 1868 experimentierte er mit einem Flügelschlagapparat auf dem Gut des Onkels in Demnitz bei Altwigshagen (Kreis Ückermünde). Der Flügelapparat wurde durch einen Menschen in Bewegung gesetzt und war an einem Seil aufgehängt. Das Seil wurde über zwei Rollen geführt und am anderen Ende durch ein Gegengewicht belastet. Dieser Apparat bestand aus einem doppelten Flügelsystem, bei welchem immer ein System mit geschlossenen Ventilen sich herunterbewegte, während das andere System mit geöffneten Ventilen sich hob, so dass die Hebewirkung eine gewisse Gleichmäßigkeit erhielt. Die Flügel konnten durch Tretbewegungen gehoben und gesenkt werden.



4 Experimente mit einem Flügelschlagapparat

In einer später gegebenen Bewertung dieses Versuches betonte Lilienthal die praktische Nutzlosigkeit, legte aber auch gleichzeitig dar, dass es dadurch zur Verringerung der Flugarbeit beim fliegenden Vogel kommt.

Die Kommilitonen erfuhren von den Experimenten und über diesen Weg auch Franz Reuleaux. In einem Gespräch darüber brachte dieser zum Ausdruck, dass er von Geldausgaben auf diesem Gebiet nichts halte. Auch er teilte die damals in Wissenschaft und Technik nicht seltene Auffassung, dass die Lösung des Flugproblems - wenn überhaupt - nur durch den lenkbaren Ballon zu erreichen wäre.

Alle anderen Versuche - und das war nicht nur Meinung von Franz Reuleaux - seien Versuche von Narren und Scharlatanen. Bei so einer Auffassung war natürlich keine Einigung zu erzielen, wenn nicht der entsprechende Beweis erbracht wurde. So zog es Lilienthal vor, in der Industrie eine befriedigende Arbeit und Möglichkeiten für Flugexperimente zu suchen.

Er begann zunächst bei der Maschinenfabrik M. Weber in Berlin unter Leitung von Emil Rathenau, dem späteren Direktor der, AEG, zu arbeiten.

Ein Jahr später wurde Lilienthal als Konstruktionsingenieur in der Maschinenfabrik von Carl Hoppe eingestellt. Im Auftrage dieser Firma - die auch Bergbaumaschinen herstellte - reiste er in den folgenden Jahren in wichtige Bergbauggebiete nach Sachsen, Schlesien und Galizien.

Neben seiner Berufstätigkeit begann sich Lilienthal nun erneut mit Flugexperimenten zu beschäftigen. Immer wieder wurde der Konstrukteur und, Experimentator in seiner Tätigkeit vor

das gleiche Problem gestellt: Geld war in jedem Falle notwendig. Es entsprach damals üblichen Vorstellungen, durch Patente zu einem wirtschaftlich unabhängigen Betätigungsfeld und einer selbständigen Lebensstellung zu kommen. Auch Otto Lilienthal hatte dieses Ziel, um sich dann mit mehr Zeit und mehr Mitteln dem Flugproblem widmen zu können.

Schwipps [31] gibt im Anhang seiner Biografie eine Übersicht über die von Lilienthal in den Jahren 1877 bis 1895 im In- und Ausland erworbenen Patente. Bei der Erarbeitung dieser Zusammenstellung galt es, eine Unterscheidung der Patente von Otto und seinem Bruder Gustav zu erreichen. Wirtschaftliche und rechtliche Belange führten des öfteren dazu, dass einer der Brüder seine Patentansprüche auf den Namen des anderen anmeldete.

So ist z. B. Otto Lilienthals erstes Patent von 1877, für „Verbesserung an Schrämmaschinen mit Messerscheibe“, mit dem Namen Gustav Lilienthal beantragt worden. Von den acht Patenten Gustav Lilienthals sind vier Patente auf den Namen von Otto Lilienthal ausgestellt. Eine Erklärung dafür dürfte einfach sein.

1877 war Otto Lilienthal noch Konstruktionsingenieur in der Firma Hoppe. Diese fertigte u. a. Bergbaumaschinen, darunter auch eine - allerdings nach einem anderen Prinzip arbeitende - Schrämmaschine. Der Patentanspruch auf einen anderen Namen und zunächst nur für Sachsen beantragt, sollte eine tatsächlich vorliegende Konkurrenzabsicht „moralisch“ rechtfertigen. Das war ein damals übliches Verfahren.

Etwas komplizierter lagen die Verhältnisse bei der Anmeldung der Patente von Gustav Lilienthal auf den Namen des Bruders. Entscheidend sind hier die im Leben der beiden Brüder eine nicht unwichtige Rolle spielenden Probleme mit dem Steinbaukasten.

Gustav Lilienthal hatte die Idee, die auf einer Anregung Friedrich Fröbels fußte, Baukästen für Kinder aus Holz durch solche aus schwereren Kunststeinen zu ersetzen. Die Kunststeine, legte er dar, würden im Gegensatz zum Holzklotz unzerbrechlich sein, würden Form und Farbe behalten und fester als der Holzklotz auf dem Untergrund liegen.

Gustav Lilienthal fand in monatelangen Versuchen mit Hilfe der Geschwister das richtige Mischungsverhältnis von Firnis, Kreide, Sand und Farbe heraus, um die Kunststeine den Bauelementen des Maurers nachzuempfinden. Die von ihm entworfenen Formen wie Würfel, Pyramide, Prisma, Säule, Bogen wurden in von Otto Lilienthal konstruierten Pressen hergestellt.

Die Geschwister hofften, sich mit diesen Arbeiten Voraussetzungen für eine selbständige wirtschaftliche Existenz aufbauen zu können. Diese Rechnung ging nicht auf. Da mit den Experimenten die Ersparnisse aufgebraucht wurden, musste das Verfahren zur Herstellung künstlicher Steine für 1000 Mark an Friedrich Adolf Richter verkauft werden.

Dieser war in der Lage, ab 1882 in Rudolstadt die Produktion aufzunehmen. Unter dem Namen „Anker-Steinbaukasten“ wurde dieses Spielzeug weltberühmt und bis zum Jahre 1963 produziert und benutzt. Die Brüder versuchten Jahre später mit einer anderen Baukastenvariante an diesem gewinnbringenden Markt einen Anteil zu erlangen. Da sie sich aber beim Verkauf an Richter verpflichtet hatten, solche Steine selbst nicht mehr herzustellen, und Richter das Verfahren 1880 auf seinen Namen patentieren ließ, kam es zu einem nervenaufreibenden und kostspieligen Zivilprozess, der für sie verloren ging.

Bedingt durch diesen drei Jahre dauernden Prozess ließ Gustav Lilienthal weitere Patente auf den Namen seines Bruders ausstellen, um sie vor einem möglichen Zugriff Richters zu schützen. Nicht ein Spielzeug, sondern ein „Gefahrloser Dampfkessel aus Schlangenrohr-Elementen“ mit den Vorteilen: geringster Raumbedarf, kein Kesselhaus, kein Fundament, kein Mauerwerk, billigster Betrieb, wie es in einem Werbeprospekt hieß, wurde die Grundlage für Otto Lilienthals

wirtschaftliche Selbständigkeit.

Im Herbst 1881 eröffnete er eine Werkstatt in Berlin, Köpenicker-Straße 113, zum Bau von Schlangenrohrkesseln, für die er im Frühjahr 1881 das erste Patent erhielt. In einem Aufsatz in der Zeitschrift „Prometheus“ führte Lilienthal an, dass zur Vermeidung von oftmals verheerenden Kesselexplosionen eine Konstruktion verwendet werden muss, die „... jede größere Gefäßform am Kessel vermeidet und die Zusammensetzung des ganzen Kessels aus lauter engen Röhren“ vorsieht.

Er führte aus - und dachte dabei an seine eigene Konstruktion -, dass solche Röhrenkessel nach Lösung der Kesselsteinfrage nun sinnvoll seien [9].

Mit diesem Dampfkessel verstand es Lilienthal, eine Marktlücke in den beiden Jahrzehnten vor 1900 auszunutzen. Reuleaux hatte zum Zeitpunkt der Produktionsaufnahme in der Öffentlichkeit darauf hingewiesen, dass für die Entwicklung des Handwerks und für die Konkurrenzfähigkeit der Kleinindustrie gegenüber der Großindustrie die Nachfrage nach Antriebsmöglichkeiten für das Kleingewerbe zunehmend größer wird.

1881 hatte die Technische Hochschule in Darmstadt eine Würdigung der in Deutschland erteilten 282 Patente im Dampfkesselbau nebst Ausrüstungen vorgenommen. Daraus geht hervor, dass sich Lilienthal für seinen Schlangenrohrkessel Erkenntnisse aus fünf bereits vorliegenden Patenten zu diesem Konstruktionsprinzip zunutze machen konnte.

Adolf Slaby, ehemaliger Kommilitone Lilienthals und später Professor an der Gewerbehochschule in Berlin-Charlottenburg, beschäftigte sich in jenen Jahren auch mit den Anwendungsmöglichkeiten und Absatzchancen für die damals produzierten Arten von Kraftmaschinen, Im Vergleich zwischen Heißluftmotoren, Gasmaschinen, dem sich entwickelnden Elektromotor und der Dampfmaschine urteilte er 1883, dass die letzteren trotz größerer Vorteile der anderen Antriebsarten noch erfolgreich sein könnten. Es müsste sich aber um kleine Maschinen handeln, die durch ihre besondere Kesselkonstruktion von polizeilichen Konzessionen befreit wären.

Noch nicht überall vorhandene Gas- und Elektroinstallationen, bzw. der Preis für Gas und Elektroenergie gaben dem Dampftrieb unter den gegebenen wirtschaftlichen Verhältnissen spezielle Anwendungsaufgaben. Die nach der Reichsgründung 1871 von allen Hemmnissen befreite kapitalistische Entwicklung in Deutschland führte bald zur Monopolbildung, besonders schnell und intensiv in der chemischen und in der Elektroindustrie.

Lilienthal erlebte die Entstehung und Entwicklung solcher Monopole, so auch der von seinem ehemaligen Chef Emil Rathenau geleiteten Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und konnte zugleich in einem noch nicht ausschließlich zum Kartell sich organisierenden Wirtschaftszweig Entwicklungschancen für seine Fabrik nutzen. Für seinen Schlangenrohrkessel erhielt er die „Silberne Staatsmedaille für gewerbliche Leistungen“. Viele hundert Kessel wurden produziert und verkauft, da der Vorteil der Gefährlosigkeit noch verbunden war mit dem der Wirtschaftlichkeit.

Günstig für die Entwicklung der Maschinenfabrik war weiterhin, dass es ihr Gründer verstand, seine insgesamt 20 Patente (einschließlich der Flugzeugpatente) im In- und Ausland überwiegend in absetzbare Produkte eingehen zu lassen. Zum Produktionsprogramm der Fabrik gehörten schon Mitte der achtziger Jahre auch Dampfmaschinen, Dampfheizungen, Transmissionen und schmiedeeiserne Riemenscheiben; später kam noch die Produktion einer Akkordsirene für Nebelhörner für den Küstenschutz hinzu.

Im amtlichen Bericht über die Berliner Gewerbeausstellung von 1896 wurde außerdem angeführt, dass sich in Berlin die Firma Lilienthal um die Pflege der Dampfturbine verdient gemacht

hatte [49, S. 540]. Vermutlich handelte es sich hierbei um die Umsetzung des Patentes für ein Dampfstrahlrad mit offenen Hohlschaufeln und feststehenden Gegenschaufeln von 1890.

Die Fabrik entwickelte sich so gut, dass Lilienthal bald bis zu sechzig Arbeiter beschäftigen konnte. In einer speziellen Abteilung seiner Fabrik war ab 1893 der Monteur Paul Beylich ausschließlich mit dem Bau von Flugzeugen beschäftigt.

Mit der erfolgreichen Entwicklung seiner kleinen Maschinenfabrik hatte Otto Lilienthal erreicht, wonach er seit vielen Jahren strebte. 1885 konnte er an die in Neuseeland verheiratete Schwester Marie schreiben:

"Da mein Geschäft so glatt geht und viel abwirft, kann es Gustav hier natürlich auch nicht schlecht gehen. Ich habe die Hoffnung, dass ich und Gustav in einiger Zeit so weit sein werden, dass wir uns irgendwo ohne ein bestimmtes Geschäft niederlassen können und uns mit allerhand Erfindungen beschäftigen, so namentlich auch mit dem Fliegen. Hierdurch ist zunächst nichts zu verdienen und man muss von seinen Zinsen leben. Das ist so ungefähr das Ideal, auf das wir lossteuern werden. (nach [31, S. 160])

Lilienthal hatte sich mit dieser relativ unabhängigen Stellung notwendige Voraussetzungen geschaffen, um den technischen Fortschritt in der Luftfahrtentwicklung mitzugestalten. Zeit seines Lebens war er wirtschaftlich nun so unabhängig, dass er, ohne besondere Wünsche von Geldgebern beachten zu müssen, experimentieren, konstruieren, bauen und erproben konnte. Dass er mit seinen Flugzeugen auch Geld verdienen wollte und in bescheidenem Maße auch verdiente, war nur normal. Viele Luftfahrzeugkonstrukteure in den verschiedensten Ländern Europas verfügten über solch eine finanzielle Situation nicht.

## 4 Von den ersten Flugversuchen bis zum erfolgreichen Abschluss theoretisch-experimenteller Untersuchungen

Wie bereits beschrieben, bauten die Brüder Lilienthal 1862 ihren ersten Flugapparat. Neunundzwanzig Jahre später, im Alter von 43 Jahren, stand Otto Lilienthal mit einem Fluggerät am Windmühlenberg in Derwitz bei Potsdam und schaffte im freien Gelände Weiten bis zu 25 Meter.

Aus einem Kinderwunsch war Wirklichkeit geworden - zunächst für den Konstrukteur selbst, aber auch für die vielen anderen, die an der Entwicklung des Fluges der Menschen arbeiteten: Laien und wissenschaftlich Gebildete, Scharlatane und gesellschaftlich angesehene Persönlichkeiten. Alle blickten 1891 auf erste Fotos, lasen nüchtern beschreibende und sensationell ironisierende Zeitungsberichte.

Wie war das möglich? Was hatte dieser Ingenieur Otto Lilienthal an Wissen, Erfahrungen und Kenntnissen eingebracht in den Fundus der „Flugwissenschaft“? Flugtechnik und Aerodynamik gab es ja damals noch nicht.

In Frankreich, England, Amerika, Russland, Österreich und vielen anderen Ländern hatten Konstrukteure das gleiche versucht. Meist im Alleingang, glücklich diejenigen, die in Gleichgesinnten Freunde und Förderer fanden. So viele hatten so viele Ideen, dass sie dazu - weil deren Verwirklichung natürlich Geld kostete - die Regierungen ihrer Länder mit Projekten überschütteten.

Vermutlich wurde u. a. deswegen in Berlin eine Kommission gebildet, um zu einer wissenschaftlich fundierten Auffassung zu diesen Anträgen zu kommen. Im Ergebnis der Tätigkeit dieser Kommission kam es zu Missdeutungen, die in den Anfängen der deutschen Fluggeschichte eine Rolle spielten und daher kurz dargestellt werden sollen.

Als Vorsitzender der Kommission hielt Hermann von Helmholtz 1872 und 1873 zwei damals viel diskutierte Vorträge zum Problem der Luftschiffahrt. Vor dem Hintergrund der Erfolge der Dampfmaschine für den Verkehr zu Wasser und zu Lande sowie der großen Erwartungen an die Entwicklungsmöglichkeiten für einen Luftverkehr stellte der Physiker den damaligen Stand der Theorie und die Möglichkeiten für Grundlagenversuche dar, Differentialgleichungen für Strömungsvorgänge waren seit 1826 gegeben.

Jedoch hatte man sehr bald eingesehen, dass die mathematische Beschreibung der Umströmung eines Flugkörpers auf sehr große Schwierigkeiten stieß. Grundlegende experimentelle Erkenntnisse waren durch die Vorträge des Ingenieurs Hagen (1839) und des Mediziners Poiseuille (1841) vor den Akademien in Berlin und Paris über das geschichtete Fließen in geraden Röhren mit Kreisquerschnitt vermittelt worden. Der Physiker Magnus, Vorgänger von Helmholtz an der Berliner Universität, hatte den Auftrieb rotierender angeblasener Zylinder nachgewiesen. Detaillierte Informationen über den Auftrieb an Flügeln oder über den Widerstand von Luftschiffkörpern gab es noch nicht. Helmholtz standen sowohl von seiten der Theorie als auch von seiten des Experiments nur spärliche Unterlagen zur Verfügung.

Er musste davon ausgehen, dass die Wissenschaft bei der Untersuchung von Strömungsvorgängen auf tastende Versuche angewiesen war und dass nur wenig und auch nur unsicheres über die Realisierbarkeit neuer Vorstellungen von Fortbewegungsapparaten und über deren Leistungen aus der Theorie vorhersagbar sei. Im Ergebnis seiner Untersuchungen schuf Helmholtz eine Ähnlichkeitstheorie für Strömungen, die Erkenntnisse von Reynolds, Froude, Mach u. a. einschloss bzw. vorwegnahm.



Am 26. Juni 1873 trug er seine Ergebnisse in einer Gesamtsitzung der Akademie unter dem Titel „Über ein Theorem, geometrisch ähnliche Bewegungen flüssiger Körper betreffend, nebst Anwendung auf das Problem, Luftballons zu lenken“ vor [38]. Darin führte er aus, dass im Modell der großen Geier schon die Grenze gegeben sei, um mit Muskeln als arbeitsleistende Organe fliegen zu können. Er kam zur Schlussfolgerung, dass:

"es kaum als wahrscheinlich zu betrachten sei, dass der Mensch auch durch den allgeschicktesten flugähnlichen Mechanismus, den er durch seine eigene Muskelkraft zu bewegen hätte, in den Stand gesetzt werden würde, sein eigenes Gewicht in die Höhe zu heben und dort zu erhalten" [38, S. 509].

Mindestens seit 1912, als der Franzose Poulain zweimal in einem Meter Höhe mit einem Schwingenfluggerät zehn Meter flog und dafür den Preis der Peugeot-Werke erhielt, ist diese Aussage relativiert. Der Flug von Bryan Allen 1979 mit dem „Grossamer Albatros“, bei dem über ein Fahrradgetriebe der Propeller des Flugapparates zwei Stunden in Bewegung gehalten wurde, machte erneut deutlich, dass Helmholtz besser statt „eigene Muskelkraft“ „Armmuskulatur“ formuliert hätte.

Doch das war und ist nicht der Kern des Problems. Die Luftfahrtgeschichte zeigt uns heute, dass die Versuche, mit vogelähnlichen Schwingenflugzeugen zu operieren, nicht erfolgreich waren.

Fortschritte stellten sich erst ein, als Konstruktionen entwickelt wurden, die nicht mehr die natürliche Flügelbewegung kopieren wollten. Schon zu Helmholtz Lebzeiten waren solche Experimente seltener geworden, standen Bemühungen im Vordergrund, den Ballon mit Motor anzutreiben bzw. Luftfahrzeuge „schwerer als Luft“ zu entwickeln.

Seine Aussagen über die sehr geringe Wahrscheinlichkeit des dynamischen Fluges mit menschlicher Muskelkraft und die Möglichkeit des angetriebenen Ballonfluges waren eindeutig. Die Voraussagen basierten auf Ähnlichkeitsbetrachtungen und hatten nichts mit der späteren technischen Entwicklung zu tun.

Helmholtz legte Ergebnisse vor, die weit über den Rahmen des geforderten eng umrissenen technischen Problems hinausgingen. Seine Aussagen über den Flug mit Muskelkraft wurden von der Öffentlichkeit jedoch völlig falsch interpretiert. In oberflächlicher Betrachtungsweise hieß es nun, dass damit die Unmöglichkeit des Fluges mit einer Maschine schwerer als Luft überhaupt bewiesen sei.

Ein wichtiger Grund für das Fehlurteil muss darin gesehen werden, dass damals die auch heute noch gültigen Unterschiede in der Arbeitsweise von Technikern und theoretischen Physikern nicht beachtet wurden. Die Technik muss sich unmittelbar mit den komplexen Naturvorgängen auseinandersetzen und alle praktisch, auftretenden Bedingungen berücksichtigen. In der Physik und Mathematik dagegen werden zur Denkvereinfachung Bedingungen, die geringerer Ordnung zu sein scheinen, vernachlässigt.

Über die Berechtigung solcher Vorgehensweise muss dann jeweils das Experiment, also der modellmäßig nachgebildete Naturvorgang entscheiden. Auch heute haben wir noch die Situation zu verzeichnen, die schon in der Frühphase des Flugzeugbaus vorlag. Die hier vorliegenden theoretischen Probleme sind äußerst komplex. Das führte dazu, dass im vorigen Jahrhundert die technische Entwicklung der technikwissenschaftlichen voraus war.

Auf Grund seines fast empirischen Ursprungs hat das Flugzeug in den ersten Jahrzehnten seiner Existenz mehr zur Wissenschaft beigetragen als von ihr empfangen. Jahre nach Lilienthals Tod gab es erst ernsthafte Bemühungen um die Ausarbeitung der Aerodynamik, die dann ihrerseits

Rückwirkungen auf die Technik hatte. Dennoch ist es gegenwärtig immer noch nicht möglich, Grundvorgänge der Turbulenz mit Hilfe eines mathematischen Apparates physikalisch exakt zu beschreiben.

Da Helmholtz im zeitgenössischen Wissenschaftsbetrieb großes Ansehen hatte und über bedeutenden Einfluss auf leitende und finanziell leistungsfähige Kreise des Staatsapparates und der Wirtschaft verfügte, musste die sich entwickelnde Flugzeugtechnik auch mit dem an seinen Namen gebundenen Fehl- und Vorurteil fertig werden.

Achtzehn Jahre nach dem Helmholtz-Vortrag von 1873 gelangen Otto Lilienthal die ersten Gleitflüge. Obwohl die Schlussfolgerungen der theoretischen Untersuchung sich nicht auf diese Flugart bezogen, fanden die Flüge zunächst nicht die ihnen gebührende Würdigung in der Öffentlichkeit. Helmholtz dagegen verhielt sich zu Lilienthals Ergebnissen viel aufgeschlossener. Ab 1890 kannte er die theoretischen Erkenntnisse und den Fortgang der praktischen Flugversuche Lilienthals und machte fluginteressierte Besucher auf den ersten erfolgreichen Praktiker aufmerksam.

Es gibt einen direkten Hinweis dafür, dass sich Otto Lilienthal mit den Helmholtzschen Arbeiten von 1872/73 auseinandersetzte, 1893 äußerte er in einem Zeitschriftenaufsatz: „Man hatte von Staatswegen eine besonders gelehrte Kommission feststellen lassen, dass der Mensch ein für alle Mal nicht fliegen könne“ [5].

Er ließ sich aber dadurch nicht von seiner Zielvorstellung abbringen. Bekannt ist, dass er im gleichen Jahr, in dem Helmholtz seine zweite Arbeit zum Thema Luftfahrt publizierte, im Potsdamer Gewerbeverein seinen ersten Vortrag zur „Theorie des Vogelfluges“ hielt und in diesem, vom Vogelflug ausgehend, die Grundlage eines aktiven Fluges des Menschen und die hier möglichen Vorteile im Vergleich zur Luftschiffahrt darstellte. Unter den Zuhörern war auch Adolf Slaby, damals Lehrer an der Gewerbeschule in Potsdam, der ihm Jahre später die Möglichkeit zu einem wichtigen Vortrag in Berlin einräumte.

Der Vogelflug - seine Untersuchung und die gelungene technische Umsetzung gewonnener Erfahrungen waren es, die zum Erfolg Lilienthals führten. Er war dabei nicht der einzige, der den Vogelflug erforschte. Namen wie Anschütz, Böcklin, Marey, Milla, Mouillard, Müllenhoff, Parseval, Steiger, Winter stehen nur als Beispiele für viele andere, die sich auch damit beschäftigten. Wesentlich ist, dass Lilienthal zur Fülle der einzelnen Erkenntnisse entscheidende Momente hinzufügte.

1889 veröffentlichte er die Ergebnisse seiner wissenschaftlichen Untersuchungen unter dem Titel „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. Ein Beitrag zur Systematik der Flugtechnik“ in Buchform [1].

Karl Müllenhoff, der mit seiner Wahl zum Vorsitzende des „Berliner Vereins für Luftschiffahrt“ im Jahre 1886 nicht unwichtigen Anteil an der „flugtechnischen Periode in der Entwicklung dieses Vereins hatte“ [43, S. 26], schrieb noch im gleichen Jahr eine Rezension zu Lilienthals Buch. Darin heißt es:

"Eine wissenschaftliche Erklärung der Flugmechanik kann erst gegeben werden, nachdem die beim Vogelflug zur Wirkung kommenden Luftwiderstandsgesetze sicher festgestellt sind. Nun lassen sich aber, das zeigten die zahlreichen Untersuchungen der Mathematiker und Physiker, die so außerordentlich komplizierten Widerstände am bewegten Vogelflügel nicht am Studierische berechnen; nur der Versuch mit strenger Innehaltung der in der Natur beim Vogelfluge obwaltenden Bedingungen könnte wirklich brauchbare, praktisch anwendbare Ergebnisse liefern. Das Verdienst, derartige Versuche zuerst angestellt zu haben, gebührt dem Ingenieur O.

Lilienthal." [44, S. 286]

Lilienthal verfolgte mit seiner Arbeit das Ziel, volle wissenschaftliche Klarheit über die Vorgänge des Fliegens zu erlangen. „Es kann und darf die Fliegekunst nicht für ewig dem Menschen versagt sein.“ [1, S. 2]

Das Buch, so urteilte Ludwig Prandtl, einer der Pioniere der Aerodynamik, bei der 1939 erfolgten dritten Auflage einer Faksimile-Wiedergabe der ersten Auflage mit den handschriftlichen Ergänzungen Otto Lilienthals,

"zeige fast 50 Jahre später, wie gering damals das technische Wissen über diese Dinge war, die der Flugtechniker nötig hat, und wie dadurch Lilienthal genötigt war, sich alle Grundlagen selbst zu schaffen. Wir sehen, wie jede Erkenntnis in mühevoller Experimentalarbeit errungen wurde, für die alle Vorrichtungen ... selbst ... [gebaut werden mussten] ... und wie trotzdem eine Güte der Messungen dabei erreicht wurde, die erst durch die modernen Arbeiten am Windkanal hat übertroffen werden können.

Die Art, wie Lilienthal seine Versuche durchführt, und wie er aus ihnen Schlüsse zieht, zeigt uns dabei deutlich, dass er sich all das, was das Wissen seiner Zeit dem jungen Ingenieur zu geben vermochte, nicht nur vorzüglich angeeignet hat, sondern diese Lehren auch überall mit durchdringendem Verstande anzuwenden wusste." [1]

Nach seinem Studium an der Gewerbe-Akademie erkannte der 23jährige Otto Lilienthal, dass er mit seinen bisher durchgeführten, von sehr einfachen Vorstellungen geprägten Versuchen mit Schlagflügelapparaten, nicht weiter kommen würde. Ihm wurde klar - und dafür ist als Ursache bestimmt die Ausbildung an einer technischen Bildungseinrichtung zu nennen -, dass nur systematische Untersuchungen über die Gesetze des Luftwiderstandes weiterhelfen konnten.

So begann er 1872 mit planmäßigen Versuchen. Jetzt sollte nicht mehr das Probieren mit „mantragenden“ Fluggeräten, sondern das Messen im „Labor“ Fortschritte bringen. Der Bau von Flugmodellen, die Konstruktion und Erprobung von Experimentiergeräten, das Zusammentragen und Auswerten von Messprotokollen wurde wichtigster Teil seiner Freizeitbeschäftigung, die von nun an systematische Flugforschung war.

Weil es Freizeitbeschäftigung war, konnten diese Experimente natürlich nur in Abhängigkeit von dem durch die Berufsarbeit bestimmten Zeitvolumen erfolgen, gab es im Laufe der folgenden Jahre verschiedene Intensitätsphasen.

1871-1874 war die erste Phase dieser planmäßigen experimentellen Arbeiten. Diese Etappe seiner flugtheoretischen Untersuchungen endete für ihn mit der experimentellen Entdeckung der Vorzüge der leicht gewölbten Flügelfläche im Jahre 1874.

1888 nahm Otto Lilienthal - nach der Sicherung der materiellen Grundlage für die Versorgung der Familie und die Experimentierarbeiten – die flugtechnischen Experimente wieder auf, indem er mit verbesserten Geräten die Messergebnisse von 1874 überprüfte. Diese zweite Phase endete mit dem Zusammentragen aller Erkenntnisse im Jahre 1889, indem Ende September das Buch über den Vogelflug erschien.

Wie sehr für ihn aber die Sicherung der selbständigen Existenzgrundlage und das Suchen nach Möglichkeiten für die Realisierung des Menschenfluges zusammenhingen, lässt sich an folgendem zeigen.

Vor der erneuten Aufnahme seiner theoretischen-experimentellen Arbeiten hatte er sich zwei Möglichkeiten zur Nutzung des Gedankenaustausches, des Meinungsstreites und der Förderung seiner Fabrik und der Flugstudien geschaffen. Zunächst war er dazu auf eigenen Antrag 1885 vom „Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes“ als Mitglied aufgenommen worden.

Ein Jahr später trat er dann in den 1881 gegründeten „Deutschen Verein zur Förderung der Luftschiffahrt“ ein.

Mit dem erstgenannten, seit 1821 erfolgreich wirkenden Verein war es Lilienthal möglich, zu einem Kreis von Personen aus der Wirtschaft, der Wissenschaft und des Regierungsapparates Beziehungen aufzunehmen, die auf die ökonomische und wissenschaftspolitische Situation in Deutschland entscheidenden Einfluss hatten. Im Mitgliederverzeichnis finden wir neben solchen Namen wie „Seine Majestät der Kaiser und König“, Krupp, Siemens und vielen anderen auch die Männer, die im Verein als aktive Mitglieder auftraten und im Leben Lilienthals eine Rolle spielten: Carl Hoppe, Emil Rathenau, Franz Reuleaux, Adolf Slaby, Hermann von Helmholtz, Heinrich von Stephan.

Im Sommer 1890 konnte er in einer Vereinssitzung unter Vorsitz von Staatsminister Martin Friedrich Rudolf Delbrück einen Vortrag „Über die Möglichkeit des freien Fluges“ halten. Da dieser Vortrag zur „technischen Tagesordnung“ gehörte und dafür in dieser Zeit Adolf Slaby zuständig war, ist anzunehmen, dass er es auch war, der Lilienthal die Möglichkeit dazu ebnete. Mit der Kenntnis der vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse brachte Lilienthal die Meinung eines Spezialisten zum Ausdruck, der in dem Thema des Vortrages „ein Stiefkind der Technik“ behandeln will, „weil gerade die Techniker diesen Gegenstand über Gebühr vernachlässigt haben“.

Nach dem Erscheinen seines Buches hatte Lilienthal hier erstmals Gelegenheit, in der Öffentlichkeit alle wesentlichen Ergebnisse seiner langjährigen Forschungen vorzutragen. Dabei ging er davon aus,

"dass das Interesse für die Kunst des freien Fluges im erfreulichen Wachsen begriffen ist, und auch seitens höherer technischer Kreise eine regere Betätigung an der Lösung der Flugfrage in Aussicht steht." [14, S. 114]

Es ist anzunehmen, dass er als Ursache für dieses wachsende Interesse auch die Wirkung des Deutschen Vereins zur Förderung der Luftschiffahrt ansah. Da er hier seit Beginn der flugtechnischen Periode in der Vereinstätigkeit auch Mitglied war, gehörte Lilienthal zu den profilbestimmenden Persönlichkeiten. Schon 1888 hielt er den ersten und 1889 zwei weitere, vielbeachtete Vorträge vor den Vereinsmitgliedern.

Wesentlicher Gedanke zu Beginn der Darstellungen in seinem Buch und in den ersten Vorträgen war die Feststellung, dass die zum Fliegen erforderliche Arbeit überschätzt wurde. Es wurde niemand genannt; es ist aber anzunehmen, dass Lilienthal auch damit Hermann von Helmholtz meinte. Nach seiner Meinung sei

"die geringe Kenntnis der Gesetze des Luftwiderstandes ... schuld, dass sich für die Arbeit, welche die Vögel beim Fliegen leisten müssen, eine Meinung herausgebildet hat, wonach die Vögel wahre Ungeheuer von Muskelkraft sein sollten. Man maß nicht die Geschwindigkeit, mit welcher die Vögel ihre Flügel wirklich bewegen, sondern maß die Größe der Flügelflächen und berechnete, wie schnell sie dieselben bewegen müssen, um einen genügend großen Luftwiderstand zu erzeugen." [1, S. 25]

Für den weiteren Fortschritt seiner späteren praktischen Versuche war wichtig, dass Lilienthal folgende Beobachtung festhielt:

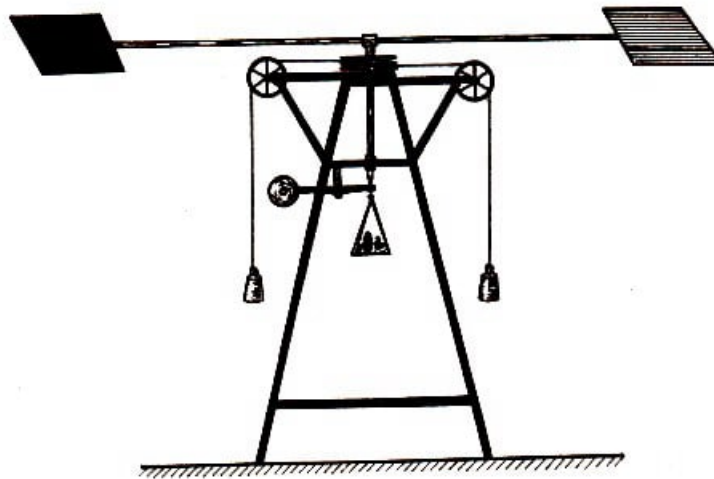
"... jeder aufmerksame Beobachter der Vogelwelt weiß, [dass] viele Vögel imstande sind, fast ohne Flügelschlag, also auch fast ohne Muskelanstrengung sich scheinbar segelnd oder schwebend in der Luft zu halten, ohne zu sinken." [1, S. 27]

Diese hier in Erscheinung tretende geringe Flugarbeit sei das zunächst vor ihm stehende Rätsel, dessen nähere Untersuchung seine Aufgabe werden sollte. Diese Art des Fliegens, welche wir mit Schwebeflug zu bezeichnen haben ... erweckt insofern das größte Interesse, als sie den Beweis liefert, dass "die Lösung des Fliegeproblems durch den Menschen nicht von der Kraftbeschaffung abhängt ..." [1,S. 32]

Diesem Problem galt es auf die Spur zu kommen, Eine unübersehbare Menge von Fragen ergaben sich daraus. Was er brauchte, waren genaue Daten und exakte Kenntnisse über die Luft und die in ihr wirksamen Gesetze. Wie verhält sich die Luft, wenn ein runder, zylindrischer, viereckiger, spindelförmiger Körper, eine ebene, gewölbte, wellenförmige, konkave, konvexe Fläche durch sie bewegt wird? Treten dabei irgendwelche Kräfte auf und welche? Wie sind diese von der Geschwindigkeit abhängig?

Welche Folgen hat es, wenn man die Fläche mehr oder weniger stark gegen den Luftstrom neigte? Welche Wirkung zeitigte das Durchschneiden der Luft an einem Fledermausflügel, an einem Storch-, Bussard- oder Albatrosfittich? Wie war das Verhältnis von Spannweite und Flügeltiefe, von Flügelfläche und Körpergewicht bei den verschiedenen Flugtieren?

Der Maschinenbauingenieur war in der Lage, durch sinnvolle Konstruktionen Messapparate zu entwickeln und diese Fragen zu beantworten. Darunter wurde das „Rundlaufgerät“ am erfolgreichsten. An diesem wurden Flügel der verschiedensten Form befestigt, durch Drehung des Apparates bewegt und die hierbei auf sie wirkende Kraft nach Größe und Richtung gemessen. Mit diesem Experiment gelangen, einige Entdeckungen von grundlegender Wichtigkeit. Zunächst erkannte Otto Lilienthal, dass die Kraft, die an einem tragflügelähnlichen Gebilde auftritt, nicht, wie man bisher meinte, dem Newtonschen Gesetz folgt, sondern dass sie bei flachen Anstellungen weit größer und im wesentlichen senkrecht zur Geschwindigkeit gerichtet war.

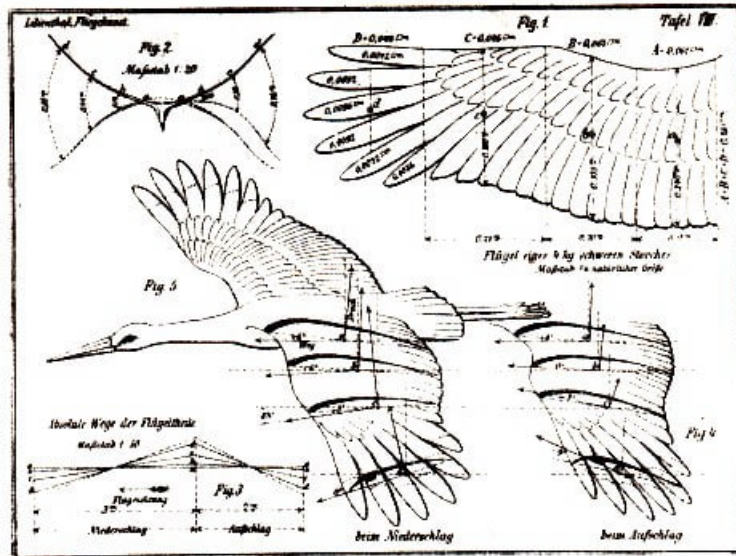


5 Rundlaufgerät

Im Ergebnis seiner Untersuchungen formulierte Lilienthal den Satz: „... der Vogel fliegt, weil er mit geeignet geformten Flügeln in geeigneter Weise die ihn umgebende Luft bearbeitet.“ [1, S. 185]

Die Antwort auf die Frage: „Wie diese geeigneten Flügel beschaffen sein müssen“, wurde von ihm gegeben, war wesentliches Moment seines Erfolges. Er erkannte durch seine Versuchsergebnisse, dass das eigentliche Geheimnis des Vogelfluges in der Wölbung der Vogelflügel zu erblicken ist, durch welche der natürliche geringe Kraftaufwand der Vögel beim Vorwärtsfliegen

seine Erklärung findet, und durch welche in Gemeinschaft mit den eigentümlichen hebenden Windwirkungen das Segeln der Vögel überhaupt nur verstanden werden kann." [1, S. 185]



6 Untersuchungen am Storchenflügel

Es schmälert überhaupt nicht seinen Erfolg, wenn an dieser Stelle nun angeführt werden muss, dass Otto Lilienthal keine Kenntnis der verschiedenen Arten von Aufwinden hatte, weswegen er in seinen Betrachtungen die Eigentümlichkeiten von Hangaufwind für den erst Ferdinand Schulz ein Menschenalter später die richtige Technik fand - und thermischen Aufwind - erst 1930 von Wolf Hirth in Elmira/USA nutzbar gemacht - vermengte.

Vor dem Schlusswort gab er in seinem Buch zusammenfassend noch einmal die Gesichtspunkte an, nach denen die Konstruktion der Flugapparate zu erfolgen hätte, wenn die von ihm veröffentlichten Versuchsergebnisse berücksichtigt werden.

Dreißig Punkte nannte er, die bei der Konstruktion brauchbarer Flugvorrichtungen berücksichtigt werden müssten. Das war zugleich ein Programm für die Konstruktion und Erprobung von Gleitflugzeugen, das in den nächsten Jahren von Otto Lilienthal selbst realisiert und in Wechselwirkung von Theorie und Praxis ständig vervollkommenet wurde.

Abgesehen von den Thesen über den Ruder- und Muskelkraftflug, sind die von ihm gefundenen Erkenntnisse noch heute bedeutend, auch wenn seine Begriffe den modernen Definitionen nicht entsprechen. Die Orientierung auf den Gleitflug sollte sich als der Weg zur Verwirklichung des Menschenfluges erweisen.

"Die ... von uns vielfältig ausgeführten Versuche zeigen, dass der Luftwiderstand gewölbter Flächen Eigenschaften besitzt, mit Hilfe derer ein wirkliches Segeln in der Luft sich ausführen lässt." [1, S. 130]

Mit dieser Feststellung - gewonnen ohne experimentelle Erfahrungen und theoretische Erkenntnisse durch den Windkanal und ohne erfolgreiche Flugerfahrung - begann er, den Schlüssel zum Erfolg zu feilen!

Auch wenn er noch nicht erklären konnte, warum dieses Profil die Lösung bedeutete, war der angetretene Nachweis, dass es notwendig ist, das entscheidende.

Auch über die zweckmäßige Form des Flügelabschnittes fand er, weit seiner Zeit voraus, wichtige Beziehungen. Als günstigste Form ergab sich ein Flügel mit verdicktem abgerundeten Kopf und demgegenüber spitzer, nicht abgerundeter Hinterkante.

Größte Bedeutung hatte auch die Erkenntnis, dass der Flügel mit großer Erstreckung quer zur Bewegungsrichtung - wie man es heute nennt: mit großer Schlankheit - weniger schlanken Flügeln sehr stark überlegen war.

Die Erklärung, die Lilienthal hierfür gab, dass nämlich bei weniger schlanken Flügeln die Umströmung der Ränder einen sehr viel stärkeren Auftriebsabfall verursacht als bei schlanken Flügeln, ist physikalisch richtig und heute noch gültig. Er nahm damit ein Ergebnis voraus, das erst Jahrzehnte später durch die Prandtl'sche Tragflügeltheorie bestätigt und in seinen Einzelheiten erklärt wurde. Die Ergebnisse seiner Messungen stellte er in einer neuartigen Weise dar, in der nach ihm benannten Lilienthalschen Polaren, aus der man unmittelbar die Komponenten der Kraft senkrecht zur Bewegung und in Richtung der Geschwindigkeit, d. h. Auftrieb und Widerstand, ablesen kann.

Messungen im natürlichen Wind zur Ergänzung der am Rundlauf gewonnenen Erkenntnisse führten zur Entdeckung, dass der Wind in Bodennähe eine, wenn auch sehr schwache, so doch deutlich feststellbare aufwärts gerichtete Komponente hat. Eine Erklärung hierfür gab erst einige Jahre später Ludwig Prandtl in seiner Grenzschichttheorie.

Ein so geformtes Flügelprofil erscheint uns heute so selbstverständlich, dass wir Schwierigkeiten haben, die zu Lilienthals Lebzeiten vorhandenen anderen Auffassungen zu verstehen. Lilienthal schickte ein Exemplar seines Buches an Hureau de Villeneuve, den Herausgeber der Zeitschrift „L'Aeronaute“, der zugleich führender Flugtechniker Frankreichs war. Als Reaktion darauf erhielt er einen Brief, in dem dieser die Anwendung gewölbter Tragflächen ablehnte. Noch 1894 nannte er in seiner Zeitschrift Lilienthals Flugapparat einen lenkbaren Fallschirm.

Ähnlich verhielt sich auch Samuel P. Langley in den USA. Als er Lilienthal in Berlin besuchte, hoffte dieser in seinem berühmten Gast einen Förderer seiner Experimente und Flugversuche kennenzulernen. Dennoch dauerte es noch Jahre, bis Langley von der Überlegenheit gewölbter Flächen überzeugt werden konnte. Das sind nur zwei Beispiele, die demonstrieren sollen, wie schwer die genauen und nachprüfbareren Daten und Versuchsreihen Otto Lilienthals Anerkennung fanden.

Dabei war Lilienthal nicht einmal der erste, der die Vorteile gewölbter Flächen beschrieb. Der Engländer Sir George Cayley erkannte bei seinen Versuchen mit einem Rundlaufgerät, dass gewölbte Profile, wie sie die Vögel besitzen, einen bedeutend höheren Auftrieb liefern als ebene Flächen. Cayleys Versuche wurden Lilienthal durch eine Veröffentlichung in den Jahresberichten der „Aeronautical Society of Great Britain“ bekannt. Dies war im Jahre 1877, als Lilienthals Versuche an gewölbten Tragflächen schon zu eigenen, über Cayley hinausgehenden Ergebnissen geführt hatten.

Und noch ein anderer erkannte den Vorteil gewölbter Flächen. Fünf Jahre vor dem Erscheinen des Buches von Lilienthal erhielt der Engländer Horatio Phillips 1884 ein Patent auf gewölbte Tragflächen. Allerdings blieb dieses ohne Wirkung und Nachahmung.

Wir müssen also feststellen, dass die Entdeckung des Vorteils gewölbter Profile allein nicht zum Erfolg führte. Untersucht man die Zusammenhänge noch näher, stößt man auf folgendes. Lilienthal kam durch das Beobachten des Flugverhaltens der Vögel, durch seine Experimente sowie durch Versuche mit Flugdrachen zur Erkenntnis,

"... dass die genaue Nachahmung des Vogelfluges in Bezug auf die aerodynamischen Vorgänge einzig und allein für einen zweckmäßigen Flug des Menschen sich eignet." [1, S. 185]

In seinem 30 Punkte-Programm formulierte er als erste Erkenntnis: „1. Die Konstruktion brauchbarer Flugvorrichtungen ist nicht unter allen Umständen abhängig von der Beschaffung

starker und leichter Motore.“ [1, S. 178] Damit formulierte Lilienthal andere Auffassungen als z. B. Cayley und Helmholtz.

Cayley ist in der Geschichte der Luftfahrt der erste Konstrukteur, der flugtüchtige Gleitmodelle baute. Allerdings bereits 85 Jahre vor der Herausgabe des Lilienthalschen Buches! Sein größtes „Modell“ hatte einen Flächeninhalt von etwa 30 m<sup>2</sup>. Verschiedene Bemerkungen in seinen Veröffentlichungen deuten an, dass damit auch Flüge von Menschen durchgeführt wurden. Leider wurden diese vereinzelt Versuche nicht konsequent fortgeführt. Die Gründe dafür sind nicht genau bekannt. Wahrscheinlich hielt der Irrtum, dass ein geeigneter Motor unabdingbare Voraussetzung für einen wirklichen Fortschritt sei, Cayley von weiteren Arbeiten ab.

Auch Helmholtz erblickte in den Problemen der Dimension und der Materialien eines Motors eine Hauptschwierigkeit der praktischen Ausführung [40].

Lilienthal trennte sich zunächst von dem damals nicht zu lösenden Motorenproblem. In „Moebecks Taschenbuch für Flugtechniker“ teilte er 1895 mit, dass für ihn Fliegen „Kunstflug“ ist. Der Kunstflug bedeutet willkürliches Fliegen eines Menschen mittels eines, an seinem Körper befestigten Flugapparates, dessen Gebrauch persönliche Geschicklichkeit voraussetzt. Der Kunstflug des einzelnen Menschen ist der Ausgangspunkt für alles künstliche Fliegen... [12, S. 313]

Mit diesen Auffassungen löste sich Lilienthal von Vorstellungen, die jahrtausendlang versucht wurden, um die Sage von Ikarus Wirklichkeit werden zu lassen. Als Junge war er Anhänger des Ruderfluges, wollte er mit der Kraft seiner Muskeln fliegen - als über 40 Jahre alter Mann stand er vor der Aufgabe, zu probieren und zu erfahren, wie sich der Mensch im Luftraum mit einem Gleitapparat zu verhalten hat.



## 5 Die erfolgreichen Jahre ab 1891

### 5.1 Erprobung einer richtungsweisenden Methode auf den verschiedensten Flugplätzen

Der französische Flugtechniker Ferdinand Ferber schrieb:

"die Erfindung eines Fliegers ... bedeutet [nicht viel], ... sein Bau schon mehr ..., denn beim Bau musste man unendlich viel Einzelfragen lösen, von denen jede an sich einer Erfindung gleichkam, aber das alles wollte nicht viel heißen, wenn man nicht die Möglichkeit hatte, Versuche zu machen und mit den Versuchen immer wieder von vorne anzufangen. Und das war's, was Lilienthal geleistet hatte, es war unermesslich." [39, S. 12]

Nach der Niederschrift der Bestandsaufnahme seines Wissens begann Otto Lilienthal wieder mit praktischen Flugversuchen. Frühere Fehlschläge und Erfahrungen mit Flügelflächen beim Experiment hatten ihn gelehrt, schrittweise vorzugehen. Auch jetzt arbeitete er, wie er es aus dem Labor gewöhnt war. Auch die kleinsten Versuche und Stehübungen würden protokolliert. Bruder Gustav berichtete darüber:

"noch während der Drucklegung seines Buches beschloss mein Bruder, auf seinem Grundstück an größeren gewölbten Flächen die Tragwirkung und die Übereinstimmung mit den gemessenen Werten zu vergleichen." [25, S. XXI]

Von einem Sprungbrett aus war er imstande gewesen, gegen den Wind langsam abwärts zu gleiten. Da es aber in dem stark mit Bäumen bewachsenen Garten häufig an Wind mangelte, so berichtet der Bruder weiter, wurden die Versuche auf ein freies Gelände im Wohnort Berlin-Lichterfelde verlegt.

Über solche Versuche ist ein handschriftliches Protokoll von Lilienthal erhalten. Es hat folgenden Wortlaut:

"Es konnten mit der Flugmaschine nur Stehübungen gemacht werden. Der Wind wechselte beständig die Richtung und hob bei nicht ganz genauer Stellung in den Wind den zuvorderst liegenden Flügel mehr an als den anderen.

Die Übung bestand darin, dass, wenn dieses eintrat, der gehobene Flügel sofort zurückgezogen wurde, wodurch das Gleichgewicht sich wieder einstellte. Bei ungeteilter Aufmerksamkeit konnte man freistehend das Gleichgewicht aufrecht halten.

Wenn ein Flügel erst hoch gekommen war, so war man nicht imstande, denselben wieder niederzudrücken, sondern musste dem Wind nachgeben, um ein Zerbrechen der Flügel zu verhüten. Dabei drehte sich das ganze System herum, so dass der Wind von hinten unter die Flügel blies und der Apparat umkippte, so dass man auf den Kopf zu stehen kam.

Ein Laufen gegen den Wind war unmöglich, weil es nicht gelang, das Gleichgewicht zu erhalten. Es schien, dass das Gleichgewicht dadurch selbsttätig aufrecht erhalten werden könne, wenn ein vertikaler Schwanz den Apparat beständig genau in den Wind einstellen würde." [28, S. 71]

An dieser Stelle muss nun etwas zur Typologie der Lilienthal-Flugzeuge gesagt werden. Seit der Untersuchung von Gerhard Halle im Jahre 1962 ist es üblich geworden, diese mit Zahlen von 1 bis 18 zu unterscheiden [29]. Obwohl es darüber gegenwärtig Diskussionen gibt, andere Kriterien vorgeschlagen werden, soll dieses Einteilungsprinzip hier benutzt werden. Die Zahlen sollen die zeitliche Reihenfolge und die mehr oder weniger umfangreichen Abänderungen der Konstruktionen zum Ausdruck bringen.

Nach Schwipps handelte es sich in dem hier wiedergegebenen Protokoll um Lilienthal-Flugzeug Nr. 2 von 10 m Spannweite und 14 m<sup>2</sup> Tragfläche [31, S. 219].

Die Weiterentwicklung von Flugzeug Nr. 1 bestand darin, dass jeder Flügel zwei Holme besaß, die sich an der Flügelspitze vereinigten. Es hatte ferner ein festes waagrechtes Leitwerk, ähnlich dem Schwanz eines Vogels.

Seine theoretischen und praktischen Erfahrungen stellte Lilienthal im März 1891 in einem Vortrag vor dem Verein zur Förderung der Luftschiffahrt dar. In dem mit „besonderer Anerkennung“ bedachten Vortrag zum Thema „Über Theorie und Praxis des freien Fluges“ legte er sein Programm zur Realisierung des persönlichen Kunstfluges vor [23].

Darin ging er davon aus, zunächst den abwärts geneigten Segelflug üben zu wollen, da dies die einzige zur Zeit mögliche Flugart sei. Er erklärte, dass solche Gleitflüge sich nahezu gefahrlos ausführen ließen, wenn man den Flugapparat zunächst nur für abwärts gerichtete Sprünge benutzt und erst nach und nach zu längeren Flügen übergeht.

Mit dieser Methode würde es gelingen, durch die Praxis solche Lücken zu schließen, welche in der Flugtheorie bis dahin noch erhalten waren. So könne man die Einflüsse der Flügelform studieren, die Eigenschaften des Luftwiderstandes erfahren und den Umgang mit der Luft und Wind erlernen. Es sei verkehrt, betonte er, auf Grund theoretischer Überlegungen sogleich eine Flugmaschine vollständig bauen zu wollen. Herumraten und planloses Probieren sei für die Fliegekunst nicht entwicklungssträchtig.

Der Übergang von der Theorie zur Praxis müsse zur Beantwortung der Frage führen, ob die Benutzung größerer Flugfahrzeuge möglich ist und ob unter Hinzuziehung motorischer Elementarkräfte wohl gar der große Weltverkehr sich in die Luft verlegen lassen.

Der große Weltverkehr in der Luft? Mit dieser Vorstellung knüpfte Lilienthal erneut an ein schon seit längerem diskutiertes Problem an, und meinte damit nicht die in der utopischen Literatur seines Zeitgenossen Jules Verne vorgestellten Projekte. Vielmehr reagierte er damit auf den zu Beginn des Jahres 1891 mit großen Aufwand begangenen sechzigsten Geburtstag des Staatssekretärs im Reichs-Postamt, Heinrich von Stephan.

Dessen Lebenswerk feierte das regierungsoffizielle Deutschland mit der Behauptung, dass die Welt am Ende des 19. Jahrhunderts unter den Zeichen des Verkehrs, und darunter des beginnenden Luftverkehrs stehe.

Die Erörterung dieser Frage beschäftigte seit 1874 viele Menschen, die bisher den speziellen Problemen der Luftfahrt fern standen.

In diesem Jahr hielt der Reorganisator des Postwesens in Deutschland und Begründer des Weltpostvereins Heinrich von Stephan in Berlin einen viel diskutierten Vortrag zum Thema „Weltpost und Luftschiffahrt“, der im gleichen Jahr auch gedruckt vorlag. Zu einer Zeit, als Millionen Menschen in Deutschland noch von der Postkutsche transportiert wurden, entwarf Heinrich von Stephan eine optimistische, von den realen Bedingungen und den neuesten wissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen ausgehende Vision eines großen Luftverkehrs durch geeignete Motoren und Raketen zur Beförderung von Personen und Gütern, zur Erforschung der Erdoberfläche [45].

Otto Lilienthal konnte in den nächsten Jahren wesentliche Schritte in dieser Richtung gehen. Im Frühjahr des Jahres 1891, in dem er der Öffentlichkeit sein Programm vorstellte, gelangen ihm von einem bis zu zwei Meter hohen Sprungbrett im Garten seines Hauses Sprünge von sechs bis sieben Meter Weite. Dabei hatte er das Gefühl, als ruhe der Körper in der Luft mit seinem Gewicht bereits auf dem tragenden Flugapparat. Außerdem erfuhr er so, dass der

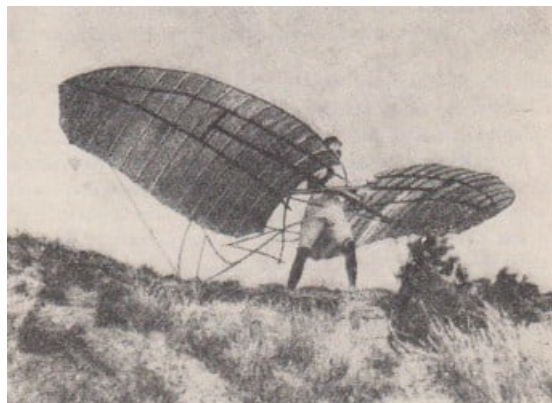
Aufprall der Füße auf dem Erdboden nicht allzu stark war, so dass er an einem Abend fünfzig- bis sechzigmal springen konnte [2]. Ferdinand: Ferber beurteilte später:

"Man kann sagen, dass Lilienthal die Methode, fliegen zu lernen, gefunden hatte, welche darin bestand, zu konstruieren, auf ziemlich niedriger, dem Boden paralleler Bahn, Versuche zu machen, die sich abspielenden Vorgänge zu verstehen, alsdann Verbesserungen anzubringen und wieder von vorn anzufangen. Das ist die Methode, die ich „Vom Schritt zum Sprung, vom Sprung zum Flug“ genannt habe." [42, S. 54]

Wir können heute beim Lesen der Lilienthalschen Berichte nur noch ahnen, wie aus den ständigen Übungen - jede freie Stunde an Werktagen und alle Sonntage wurden zu Steh-, Lauf- und Flugübungen benutzt - sich allmählich Fähigkeiten und Fertigkeiten - entwickelten und Otto Lilienthal die Überzeugung gewann, seine Versuche auf einem „größeren Flugplatz“ fortsetzen zu können.

Diesen fand er im Sommer 1891 an der Bahnstrecke Potsdam-Magdeburg, zwischen Werder und Groß Kreutz, am Windmühlenberg in Derwitz.

Lilienthal war jetzt dreiundvierzig Jahre alt, gesund und körperlich noch so gewandt, dass er die oftmals wie artistische Übungen erscheinenden Flugversuche im wesentlichen ohne Schaden durchführen konnte. Nach jedem Fluge wurde die zurückgelegte Strecke gemessen. Augenzeugen berichteten später, Lilienthal hätte sich jedesmal wie ein Kind gefreut, wenn er wieder ein paar Meter weitergeflogen sei.



7 1891. Im Fluggelände bei Derwitz

Natürlich verliefen die Versuche nicht gefahrlos, ging es nicht ohne Verletzungen ab. Lilienthal musste sich beispielsweise mit der Erscheinung vertraut machen, dass beim Sprung durch plötzliche Zunahme des Windes inmitten des Fluges eine Verzögerung der Geschwindigkeit gegenüber dem Erdboden fast bis zum Stillstand eintrat.

Wiederholt wurde er auch durch unvorhergesehene Windstöße samt Apparat mehrere Meter hochgeschleudert und konnte schweren Unfällen nur dadurch entgehen, dass er sich aus dem Apparat herausfallen ließ. Die verstauchten Füße und Arme waren dann jeweils in wenigen Wochen wieder geheilt.

Von dem in Derwitz benutzten Flugapparat Nr. 3 gibt es heute keine Konstruktionsunterlagen mehr, dafür aber Fotografien. Karl Kassner war der Fotograf. Lilienthal wurde dadurch der erste Mensch, der mit einem erfolgreichen Flugapparat fotografiert werden konnte.

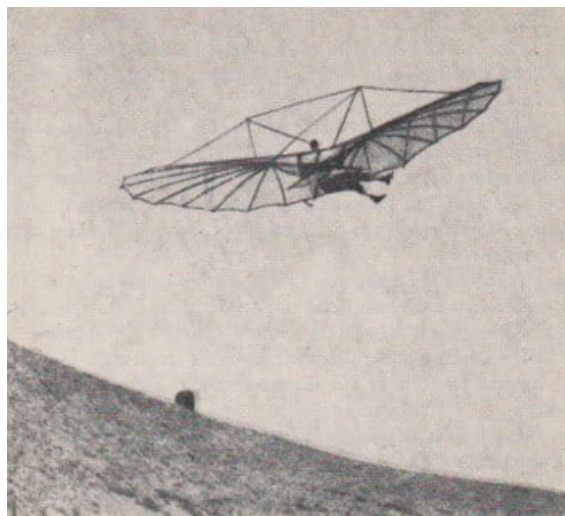
Die Tragfläche des Gerätes betrug anfangs 10 m<sup>2</sup>, verringerte sich aber später durch Reparaturen auf 8 m<sup>2</sup> bei 7 1/2 m Spannweite und 2 m größter Flügeltiefe. Entsprechend Lilienthals Versuchsergebnissen hatte dieses Flugzeug einen ziemlich weit herausragenden vertikalen

Schwanz und auch eine feste waagerechte Flosse in Form eines Vogelschwanzes dicht an der Hinterkante der Flügel.

Gestartet wurde aus einer Absprunghöhe von fünf bis sechs Metern. Der weiteste Flug betrug unter diesen Bedingungen 25 Meter. Lilienthal steuerte hier und später seine Apparate dadurch, dass er durch Veränderung seiner Körperhaltung den Schwerpunkt verlagerte, indem er, auf die Unterarme gestützt, Beine und Unterkörper nach links oder rechts, nach vorn oder hinten warf.

Ferber war der erste Zeitgenosse, der in den Derwitzer Flugversuchen den Beginn des Menschenfluges erblickte. In einem Vortrag 1898 äußerte er:

"Den Tag des Jahres 1891, an dem Lilienthal erstmals fünfzehn Meter weit die Luft durchmessen hat, fasse ich auf als den Augenblick, an dem die Menschheit das Fliegen gelernt hat." [42, S. 49]



8 Veränderung der Körperhaltung zur Steuerung

Lilienthals Bericht über die Flugversuche des Jahres 1891 endeten mit den Worten:

"Das Übungsterrain an der besagten Stelle gestattet nun nicht, größere Strecken von größeren Höhen aus zu durchfliegen; ich bin daher genötigt, für die Fortsetzung dieser Versuche ein anderes Terrain aufzusuchen, um auch den Sprung von noch größeren Höhen und den Flug für größere Entfernungen zu üben. Immerhin konnte man durch die bisherigen Versuche die Überzeugung gewinnen; dass der schräg abwärts geführte Segelflug mit einem sehr einfachen Apparat sich ausüben und für beliebige Höhen sich gefahrlos einüben lässt." [2]

Ein neues Fluggelände fand er 1892 in der Nähe seines Wohnorts Berlin-Lichterfelde, auf dem Rauhen Berg in Steglitz, Hier flog er zunächst von der Stechwand einer Sandgrube in Südende, im Jahr darauf vom Dach eines Schuppens auf der Steglitzer Maihöhe.

Für die Flüge des Jahres 1892 benutzte er zwei neue Konstruktionen, über die wir teilweise durch Konstruktionszeichnungen und Kassner-Fotos informiert sind.

Flugzeug Nr. 4 vom Frühjahr 1892 hatte eine Spannweite von  $9 \frac{1}{2}$  m,  $15 \text{ m}^2$  Tragfläche und 20 kg Masse. Die Flügel hatten wieder zwei durchgezogene, in der Flügelspitze zusammengeführte Holme. Der Abstand der Rippen wurde verändert: Jeder Flügel hatte neun profilgebende Rippen gegenüber vierzehn bei Flugzeug Nr. 3.

Vom Flugzeug Nr. 5 gibt es nur die Fotos von Kassner. Seine Spannweite betrug mehr als 11 m, die Tragfläche  $16 \text{ m}^2$ , die größte Flügeltiefe fast  $2 \frac{1}{2}$  m, die Masse 24 kg. Jeder Flügel hatte

drei durchlaufende Holme und achtzehn Rippen. Als Spannturm wurden zwei Weidenruten wie Schenkel eines Dreiecks auf den Apparat aufgesetzt.

Jeder der beiden Flugapparate hatte wieder eine vertikale und eine horizontale Schwanzfläche. Ohne diese war ein Üben im Winde schon nicht mehr denkbar. Mit Flugzeug Nr. 5 getraute er sich bei Windgeschwindigkeiten bis zu 7 m/s zu fliegen. Mit diesem Apparat erreichte er auf diesem Gelände Flugweiten bis zu 80 Metern.

Über die Versuche des Jahres 1892 berichtete er vor dem Verein zur Förderung der Luftschiffahrt:

"Diesmal hatte ich ein Terrain zwischen Steglitz und Südende gewählt. Die hier vorhandenen Bergabhänge haben jedoch den Nachteil, dass nur der westliche Absprung möglich ist. Die vielen Süd- und Ostwindperioden dieses Sommers konnten daher von mir nicht genutzt werden, da man beim Üben des Segelns stets genau dem Winde zugekehrt sein muss.

Dennoch fand ich Gelegenheit, auch den großen Apparat im Winde wiederholt zu versuchen, und die Übung brachte mich dahin, von zehn Meter hohen, steilen Abhängen gefahrlos herabzusegeln, Zuschauer, welche am Rande des Abhanges stehend, mein Unternehmen beobachten wollten und mich anfangs für einen Wagehals erklärten, versicherten nach den ersten Flügen, dass diese Bewegung durch die Luft den Eindruck vollkommener Sicherheit mache und dass es ein schöner, befriedigender Anblick sei, wenn der große Apparat so ruhig dahinschwebe." [4]

Ein entscheidendes Ergebnis der Flugversuche von 1892 war, dass Lilienthal mit Flugzeug Nr. 5 an der äußersten Grenze der Flügelgröße angelangt war. Bei starkem Wind war es nicht mehr möglich, einen so großen Apparat durch Schwerpunktverlagerung zu beherrschen. Deshalb kam Lilienthal von den großen Spannweiten wieder ab und baute die Apparate künftig so, dass die Flügelspanne nicht größer als sieben Meter war.

Für das Jahr 1893 stellte er sich die Aufgabe Flugapparate zu konstruieren, mit denen er von erhöhten Punkten möglichst weit, also unter möglichst schwacher Neigung, stabil und gefahrlos bei mittelstarken Winden durch die Luft segeln konnte,

Dazu errichtete er nun im Frühjahr einen turmartigen Schuppen auf der Steglitzer Maihöhe, von dessen Dach er absegelte. Der Schuppen diente gleichzeitig zur Aufbewahrung der Apparate. Das flache Dach war geneigt und mit Rasen belegt, um einen sicheren Absprung zu gewährleisten. Beim Bau dieses Schuppens stieß Lilienthal erneut auf das Problem der Windrichtungen, worauf er in seinem Jahresbericht vom Vorjahr schon hingewiesen hatte.

Die Konstruktion des Schuppendaches erlaubte den Absprung in westliche Richtungen. Damit dachte er den vorherrschenden Windrichtungen Rechnung getragen zu haben. In der ersten Hälfte des Sommers wehte der Wind aber hartnäckig aus Ost und Nord, und die Fliegestation stand fast drei Monate ungenutzt.

Erneut wurde er auf die sorgfältige Auswahl von Flugplätzen verwiesen. Schon Ende 1892 hatte er geschrieben:

"Die Umgebung Berlins ist leider arm an guten Übungsstätten für den Segelflug. Das Ideal des letzteren bildet ein nach allen Seiten abfallender sandiger Hügel von wenigstens zwanzig Meter Höhe, der den Absprung nach jeder Richtung gestattet. Für diejenigen, welche sich angeregt fühlen sollten, ebenfalls den Segelflug zu üben, sei bemerkt, dass zwischen Rathenow und Neustadt an der Dosse ein Landstrich liegt, das sogenannte Ländchen Rhinow, welches die gewünschten Berge in großer Auswahl enthält." [4]

Das Problem eines besseren Fluggeländes stellte sich immer dringender. Lilienthals Flugappa-

rate waren jetzt besser konstruiert, seine Erfahrungen umfangreicher, Auf der Steglitzer Maihöhe gelangen ihm Gleitflüge von fünfzig Metern Weite. Der Flugapparat hatte 7 m Spannweite und 2 1/2 m größte Flügeltiefe. Mit rund 14 m<sup>2</sup> Tragefläche wogen die Apparate 20 kg. Als besondere Neuerung führte Lilienthal 1893 an seinen Apparaten ein, dass sie zusammenlegbar waren.

"Die Flügel sind aus strahlenförmig gestellten Rippen gebildet und können, ähnlich wie ein Fledermausflügel, zusammengelegt werden. Ich erzielte hierdurch eine bessere Transportfähigkeit und die Möglichkeit der Aufbewahrung in jedem beliebigen Raum,"

schrrieb er dazu in einem Aufsatz [5]. Mit dieser konstruktiven Neuerung konnte er seine Flugapparate in öffentlichen Verkehrsmitteln transportieren. Dem Beginn von Flugversuchen in den Rhinower Bergen stand nun nichts mehr im Wege.



9 Flug in den Rhinower Bergen

In den nächsten Jahren benutzte er dieses Gelände als Hauptübungsplatz. Einhundert Kilometer nordwestlich Berlins gelegen, wurde der Gollenberg nahe der Gemeinde Stölln der Flugplatz, von dem ihm bereits 1893 Flüge bis zu 250 Meter Weite gelangen.



10 Der Gollenberg

In seinem Jahresbericht führte er aus, dass ihn ein ängstliches Gefühl überkam, als er vom Gollenberg weit in das Land hinaussegeln wollte. Aber nach den ersten vorsichtigen Sprüngen war die Sicherheit wieder vorhanden, als er feststellte, dass der Segelflug hier wesentlich sanfter vonstatten ging, als bei den bisherigen Flugplätzen. In diesem Bericht ist noch etwas

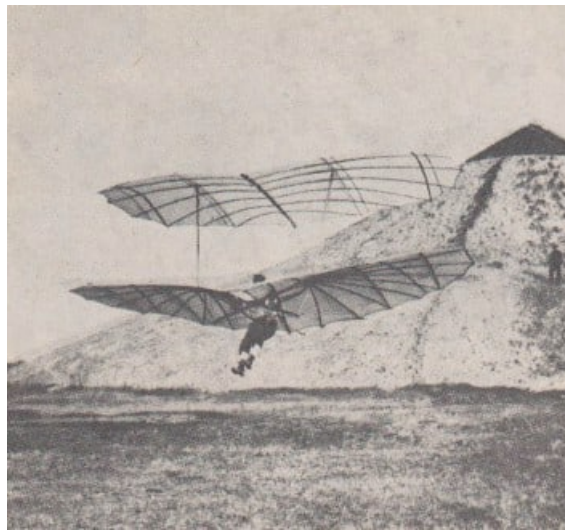
interessant. Hier benutzt Lilienthal das Wort „Flugzeug“ zum erstenmal. Darüber hinaus ist er aber auch der erste, der es überhaupt gebraucht.

Erst Jahrzehnte später wird dieses Wort allgemein verwendet werden.

Der nach dem ersten Weltkrieg geäußerte Vorschlag, mit dem Begriff „Lil“ für dieses Verkehrsmittel den Konstrukteur zu ehren, hat sich nicht durchgesetzt.

Spätestens nach dem ersten erfolgreichen "Flug-Wochenende" wurde jedoch auch der Nachteil dieses Fluggeländes deutlich. Es war zunächst die große Entfernung von Berlin. Lilienthal konnte hierher nur nach einer Stunde Bahnfahrt und einer fünfzehn Kilometer langen Fahrt mit der Pferdedroschke zu seinen in der Scheune des Gasthofes in Stölln untergestellten Flugzeugen gelangen.

Zu diesem Nachteil kam die große „Einsamkeit“. Der Flugpionier wollte mit vielen Methoden den Fliegesport populär machen. Dazu stellte er sich auch ein Übungsgelände nahe der Großstadt Berlin vor. Da er aber bereits in seinem Bericht über das Jahr 1891 die fehlenden günstigen Übungsstellen in der Nähe Berlins beklagte, realisierte er 1894 ein auch heute noch als ungewöhnlich zu bezeichnendes Projekt.



11 Am Fliegeberg

Nicht weit von seinem Wohnhaus entfernt, ließ er aus der Abraumhalde einer Lehmgrube einen 15 m hohen Fliegeberg errichten. Dieses Fluggelände hatte eine Neigung von etwa dreißig Grad. In der Spitze des Fliegeberges war ein fensterloser Schuppen eingebaut, in dem die Flugapparate untergestellt waren. Das Dach des Schuppens, mit Rasenflächen belegt, war die Fläche für den Ablauf.

Dieser Fliegeberg erlangte für Lilienthal große Bedeutung. Hier konnte er täglich in jeder freien Stunde Flugübungen durchführen, hier wurden fortan alle neuen Typen und Modelle eingeflogen, auch neue Steuerungsmethoden erprobt. Waren an einem neuen Modell dessen Flugeigenschaften erkundet, wurde es allerdings für längere Flüge und weitere Strecken nach wie vor in den Rhinower Bergen weiter getestet.

Am Fliegeberg waren im günstigen Fall „nur“ Weiten bis zu einhundert Metern zu erreichen.

## 5.2 Besondere Flugzeugkonstruktionen

Wenn nun ausgewählte Flugzeugtypen hervorgehoben werden, so geschieht das einzig aus dem Grund, weil im Rahmen dieser Biografie Lilienthals nicht alle seine verschiedenen Konstruktionen vorgestellt werden können. Die besondere Darstellung der Flugzeuge Nr. 6, Nr. 11 und Nr.

16 nach der Typeneinteilung von Halle wird hier vorgenommen, weil diese Flugzeuge in vielerlei Hinsicht als entscheidende Konstruktionen von ihrem Konstrukteur verstanden wurden.

Doch zuvor einige Angaben, die Lilienthals Flugzeuge in Beziehung zu zeitgenössischen Konstruktionen setzen sollen. Wilhelm Kress, Mitglied des 1887 gegründeten Wiener flugtechnischen Vereins - er experimentierte jahrzehntelang mit Flugdrachen und opferte sein Vermögen für die Flugidee - veröffentlichte 1880 seine Ansichten über lenkbare Flugmaschinen [40].

Darin ging er davon aus, dass die Öffentlichkeit ein „Mißtrauen gegen diese Erfindungen“ vor allem aus zwei Gründen habe. Die vielen misslungenen Versuche bedeuteten sehr oft, dass die Erfinder beim praktischen Versuch ihr Leben verlieren und die Erfindung mit dem Erfinder zu Grabe getragen wird.

Nachdem er zuvor seine Erfindung beschrieb, appellierte er an einflussreiche und bemittelte Personen, um die Bildung einer Kapitalgesellschaft anzuregen. Das war eine durchaus verständliche Vorgehensweise, wenn wir uns vor Augen halten, dass die zahlreichen - von den verschiedensten Flugbegeisterten in ganz Europa vorgeschlagenen Baupläne - oftmals in den Dimensionen sehr große Apparaturen waren, die damit natürlich auch sehr viel finanzielle Aufwendungen beanspruchten.

Damals wurde das Drachenflugzeug von Hiram Maxim vielfach diskutiert. Es wog mit drei Mann Besatzung 3600 kg, besaß Tragflächen von insgesamt 540 m<sup>2</sup> und wurde durch eine Dampfmaschine angetrieben, die bei nur 300 kg Masse 360 PS leistete.

Bei den Startversuchen 1894 erhob sich dieses Flugzeug zwar zunächst mit einer Geschwindigkeit von 30 m/s in die Luft, wurde aber sofort durch einen leichten Windstoß zertrümmert. Lilienthal schrieb dazu:

"Es ist ja höchst ehrenwert, wenn Herr Maxim seine bedeutenden Mittel auch der Flugtechnik, diesem Stiefkind der technischen Wissenschaft zuwendet; aber im Grunde genommen wird uns durch die Ergebnisse seiner Arbeiten doch nur gezeigt, wie man es nicht machen soll." (nach [28, S. 129])

Mit diesem untauglichen Projekt eines Riesenflugzeuges gehörte Maxim zum bekanntesten Repräsentanten ... jener Schule, ... die sich für den sofortigen Bau von Motorflugzeugen aussprach ... [30, S. 135] F. Ferber machte deutlich,

"dass man sich bei diesen Versuchen [gemeint waren die Versuche von Maxim, Langley u.a. - M. W.] nach einer überaus teuren Methode abmühte und alles auf einmal zu erfinden trachtete, dagegen ersann ... Lilienthal ... eine weniger kostspielige Methode, die von einer ganzen Reihe von Forschern nacheinander angewandt wurde und zum endgültigen Erfolg führte." [42, S. 49]

Lilienthal verwendete für den Bau seiner Apparate im Laufe seines Lebens folgende Materialien: Er begann als Junge mit Holzleisten aus Buche und Palisander zu arbeiten, auf Leinwand aufgenähte Gänseschwungfedern kamen dazu.

Als die Apparate größer werden sollten, baute er das Gerüst aus Weidenruten und bespannte es mit Schirting, einem Baumwollgewebe. Dieses Gewebe erhielt zunächst einen Lacküberzug und wurde, als er die Apparate zusammenlegbar konstruierte, mit Wachs getränkt. Die Masse der verschiedenen Typen von Gleitflugapparaten betrug zwischen 15 bis 24 kg. Einige der Apparate konnte ihr Konstrukteur für 300 bzw. 500 M verkaufen.

1893 hielt Lilienthal seine Konstruktionen für so ausgereift, dass er ein Patent darauf nahm. Das Patent wurde, wie alle Luftfahrzeuge damals, in der Klasse Sport geführt und für Deutschland



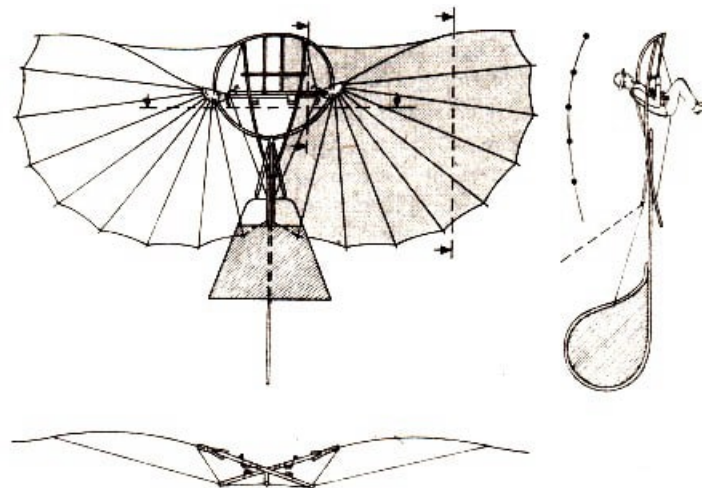
vom 3. September 1893 ab patentiert, In der Patentschrift heißt es:

"Der vorliegende Flugapparat soll zur Ausübung des freien Fluges für den Menschen dienen und sowohl den Segelflug ohne Flügelschlag als auch den Ruderflug mit bewegten Flügeln bewirken." [10]

Lilienthal erhob folgende Patentansprüche:

1. Auf die Flügelverspannung und die Zusammenlegbarkeit der Flügel.
2. Auf ein feststehendes Vertikalsteuer und ein bewegliches Horizontalsteuer, welches unter dem Druck der Luft nach oben ausschlagen kann, um ein Überschlagen des Apparates zu verhindern.
3. Auf eine Ausführungsform des Flugapparates, bei welcher eine Bewegung der Flügel durch Maschinen- oder Menschenkraft erfolgt.
4. Auf eine Ausführungsform, bei der beim flügelschlagenden Flugapparat der äußere Flugteil in einzelne, ventilkappenartig wirkende Flügel zerlegt ist.

Die schematische Darstellung im Flugzeugpatent von 1893 entspricht dem Flugzeug Nr. 6 vom Frühjahr 1893. Nicht alle Konstruktionselemente dieses Flugzeugtyps erwähnte Lilienthal in der Patentschrift, wahrscheinlich weil er diese für den Patentanspruch für unwesentlich hielt.



12 Zeichnungen zum Flugzeugpatent

Der Stand in der Entwicklung seiner Konstruktionen wird also nur durch die Betrachtung von Patentschrift und Flugzeug Nr. 6 sichtbar.

Die von diesem Typ vorhandene Konstruktionszeichnung wird durch zahlreiche Momentaufnahmen dieses Eindeckers auf der Steglitzer Maihöhe und in den Rhinower Bergen ergänzt. Die Zeichnung von Flugzeug Nr. 6 zeigt im wesentlichen den Grundriss mit Leitwerk, den Aufriss mit der Verspannung, den Schnitt in der Flugrichtung sowie den Apparat in zusammengeklappter Form. Sie trägt die Aufschrift „Zusammengeklappter Flugapparat von 14 m<sup>2</sup> Tragfläche“.

Die Spannweite beträgt 6,6 m bei einer Flügeltiefe von 2,5 m; die Leermasse war 20 kg, so dass die Gesamtmasse (mit Lilienthal als Pilot) gerade auf 100 kg kam.

Ferner führte Lilienthal eine wesentliche Änderung bei dem waagerechten Leitwerk durch. Dieses war bis dahin unter einem schwach negativen Einstellungswinkel fest eingebaut. Hierdurch wurde aber das schnelle Aufrichten der Tragfläche zum Bremsen der Fluggeschwindigkeit kurz vor der Landung gehindert. Jetzt wurde das Leitwerk mit seiner Vorderkante am Flugzeug-

Mittelteil drehbar befestigt, konnte aber nur nach oben frei aufklappen. Die Bewegung nach unten wurde durch zwei Schnüre begrenzt, die von den beiden Schwanzspitzen zur Oberkante der senkrechten Flosse führten. Dadurch behielt das waagerechte Leitwerk während des normalen Flugzustandes einen schwach negativen Einstellwinkel.

Jeder der Flügel bestand aus sieben strahlenförmig angeordneten Rippen (in der Patentschrift sowie bei allen anderen späteren Eindeckern sind es neun Rippen), die durch zwei aufgeschobene Profilschienen einen zu bestimmenden Wölbungsgrad erhielten. Da diese Profilschienen auswechselbar waren, konnte Lilienthal verschiedene Wölbungen bei der gleichen Wetterlage und am gleichen Hang miteinander in ihrer Wirkung vergleichen.

Durch die Zusammenlegbarkeit des Apparates und die mögliche Veränderung des Wölbungsgrades wurde damit ein Fluggerät geschaffen, das zugleich ein guter Experimentierapparat war. Wie bereits ausgeführt konnte die wichtigste Entdeckung der langjährigen Experimente nicht Gegenstand des Patentes sein, da Phillips bereits 1884 für die Flügelwölbung ein Patent erhielt.

1894 bekam Lilienthal für seinen Flugapparat ein englisches Patent, und 1895 wurde ihm in den USA ein Patent dafür erteilt. In dem amerikanischen Patent fehlte allerdings der zweite Teil des deutschen Patents, das Flügelschlag- oder Schwingenflugzeug. Eine Begründung dafür lässt sich nicht genau angeben.

Lilienthal baute in der zweiten Phase der Erprobung manntragender Flugapparate von 1889 bis 1896 (wenn wir, wie ich das vorschlagen möchte, die Jahre 1862-1868 als erste, „kindliche“ Experimentierphase mit manntragenden Apparaten bezeichnen) 18 verschiedene Flugzeuge. Darunter ist das Flugzeug Nr. 11, fußend auf den Konstruktionserfahrungen der vergangenen, von besonderem Interesse.

Dieser Apparat war das erste Serienflugzeug der Welt. Es wurden mindestens neun Apparate dieses Typs gebaut und nachweisbar acht davon verkauft. Von diesen verkauften Apparaten existieren heute noch 3 Originale, und zwar im Shukowski-Museum in Moskau, im Air and Space Museum in Washington und im Science Museum in London.

Damit sind also von den fünf heute noch in der Welt existierenden Original-Lilienthal-Flugzeugen drei Apparate vom Flugzeugtyp Nr. 11. Der im Technischen Museum in Wien vorhandene Apparat ist ein Lilienthal-Flugzeug Nr. 10, und im Deutschen Museum in München befindet sich ein originaler Doppeldecker.

Alle anderen Lilienthal-Gleiter sind Nachbauten. In der DDR existieren davon 5 Stück. Jeweils einer in Berlin, Dresden und Stölln. Das Heimatmuseum „Otto Lilienthal“ in Anklam hat zwei Lilienthal-Flugzeuge. Davon ist der hier seit 1925 vorhandene Eindecker vom Typ Nr. 11 von Hans Richter gebaut. 1983 wurden in München Dokumente gefunden, die möglicherweise belegen können, dass Hans Richter für den für Anklam gebauten Apparat Originalteile verwenden konnte, die sich noch 1913 im Rittergut Stölln befanden. Seit 1983 existiert in Anklam noch ein von Stefan Nitsch gebauter Doppeldecker.

Im Nachlass Lilienthals, aufbewahrt im Deutschen Museum München, befindet sich auch die Konstruktionszeichnung für dieses Flugzeug Nr. 11. Es trägt die Aufschrift „Normal Segelapparat von 13 qm Segelfläche“. Darunter ist der Maßstab 1:10 angegeben. Schwipps weist darauf hin, dass das neben dem Maßstab handschriftlich hinzugefügte Datum „4. 2. 95“ nicht gleichzusetzen ist mit einer Angabe über den Baubeginn für diesen Typ.

Es gebe vielmehr eindeutige Beweise, dass der Apparat bereits 1894 gebaut und erprobt, in zwei Exemplaren auch schon verkauft wurde, und zwar an Alois Wolfmüller in München sowie

an Comte Charles de Lambert in Versailles. Dieser Comte de Lambert war vermutlich der erste Käufer eines Normal-Segelapparates.

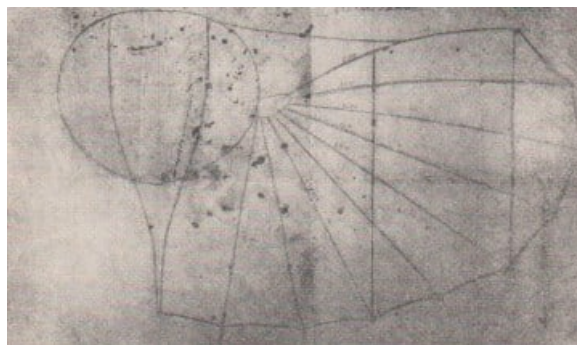
In die Luftfahrtgeschichte ist er eingegangen als einer der ersten Schüler von Wilbur Wright in Frankreich und als erster Pilot, der mit einem Motorflugzeug den Eiffelturm in Paris umflog. Ihm teilte Lilienthal schon am 18. August 1894 brieflich mit, dass der bestellte Apparat fertiggestellt und als Eilgut zur Beförderung aufgegeben sei. Über mögliche Versuche mit diesem Gerät ist leider nichts bekannt, auch nicht über den Verbleib des Apparates [31, S. 292].

Lambert hat seine Kontakte zu Lilienthal und den Kauf des Gleiters niemals erwähnt. Da der Verbleib des Gleiters nicht bekannt ist, waren auch nähere Angaben über diesen ersten verkauften Normal-Segelapparat bis vor kurzem nicht möglich.

1982 gelang es dem Heimatmuseum „Otto Lilienthal“ in Anklam, im Nachlass von Paul Beylich, Flugzeugmonteur bei Lilienthal von 1893 bis zu dessen Tode, eine Werkstattskizze zu entdecken, die die vorhandene Lücke in den Konstruktionszeichnungen Lilienthals schließen kann. Die Skizze - nach ihr hat Beylich das Flugzeug gebaut - trägt in der Handschrift Lilienthals die Aufschrift „Modell Lambert“.

Daneben ist die Größe  $13 \text{ m}^2$  angegeben. Der dargestellte halbe Flugapparat entspricht dem von der Konstruktionszeichnung vom 4.2. 1895, Sie enthält allerdings nicht so viele und andere Maßangaben.

"Normal-Segelapparat" nannte Lilienthal diese Konstruktion, weil er zu Recht glaubte, damit einen Standardtyp für die Ausübung des Fliegensports, wie man damals sagte, entwickelt zu haben. Er selbst benutzte ihn zu Übungszwecken und Demonstrationsflügen sehr oft.



13 Werkstattskizze zum „Modell Lambert“

Mit einer Spannweite von 6,7 m und einer größten Flügeltiefe von 2,4 m erreichte der Normal-Segelapparat eine Tragfläche von  $13 \text{ m}^2$ . Die Flügel sind, wie im Flugzeugpatent vom 3. 9. 1893 ausgeführt, zusammenklappbar. Sie werden aus strahlenförmig angeordneten Rippen gebildet, die von Scharnirtaschen am inneren Gestellkreis ausgehen, und können entfaltet und zusammengelegt werden.

Jeder Flügel hat neun Rippen und ist mit wachsgetränktem Schirting bespannt. Nach dem Entfalten werden auf jeden Flügel in Flugrichtung zwei formgebende Profilschienen von vorn nach hinten aufgeschoben und durch Wirtel befestigt. Die Profilschienen haben die Form eines umgedrehten „T“ und können leicht ausgewechselt werden.

Im Unterschied zu den vorangegangenen Konstruktionen ist beim Normal-Segelapparat das waagerechte Leitwerk weiter nach hinten versetzt und bildet mit der vertikalen Schwanzfläche ein von Lilienthal „Schweif“ genanntes Kreuzsteuer. Die waagerechte Fläche ist noch kein eigentliches Höhenruder, sondern in heutigen Begriffen wohl am besten als Höhenflosse zu

bezeichnen. Sie ist geschlitzt und wird auf die vertikale Seitenflosse aufgesetzt. An der Vorderseite mit einem Gelenk befestigt, kann die Höhenflosse passiv nach oben ausschlagen, während die Bewegung nach unten durch zwei Halteschnüre begrenzt ist.

Neben dem „Patentflugzeug Nr. 6“ und dem „Normal-Segelapparat“ wurden und werden die Lilienthalschen Flügelschlag-Flugzeuge intensiv diskutiert.

Lilienthal war neunzehn Jahre alt, als er im Jahre 1867, einen Monat vor Beginn des Studiums an der Königlichen-Gewerbe-Akademie, auf dem Dachboden des Hauses Peenstr. 35 in Anklam mit einem Schlagflügelapparat am Seil experimentierte. Ein Jahr später nahm er derartige Versuche in Demnitz bei Altwigshagen, Kreis Ueckermünde, wieder auf.

Zweiundzwanzig Jahre später, als er im Jahre 1890 Stehversuche im Wind machte, beschäftigte er sich gleichzeitig mit den Problemen eines Schwingenflugzeuges. Neben den Versuchen mit den Gleitapparaten sowie mit drei Doppeldeckern kam er immer wieder auf solche Schwingenflugzeugkonstruktionen zurück.

In dem Flugzeug-Patent vom 3. 9. 1893 beschrieb er im zweiten Teil die Konstruktion für ein Flügelschlag-Flugzeug. Von diesem Jahr an erstreckten sich seine praktischen Flugversuche in zwei Richtungen. So war er einerseits bemüht, mit den Gleitflugapparaten durch ständiges Üben bei immer stärkeren Winden die Dauer und Weite von Segelflügen zu verbessern. Andererseits erstrebte er den dynamischen Flug mit einem Flügelschlag- oder Schwingenflugzeug. Für jemand, der den „Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ betrachtete, war das nur konsequent.

In den hier skizzierten beiden Richtungen der Bestrebungen Lilienthals liegen - gemessen an dem Wissen unserer Zeit - Größe und Grenzen seiner Leistungen.

Obwohl er natürlich über Versuche im In- und Ausland informiert war, in denen mit Propellerflugzeugen experimentiert wurde, lehnte er dies für seine eigenen Experimente ab. Er war der festen Überzeugung, dass der Schwingenflug dem Propellerflug mit den damals zur Verfügung stehenden Motoren überlegen ist.

Er glaubte, dass jeder Flugapparat einen großen Teil seiner Segelfähigkeit einbüßt, wenn die Luft durch den Propeller verwirbelt wird.

Durch die Misserfolge der Versuche von Maxim, Phillips und Langley in jenen Jahren sah er seine Auffassung bestätigt. Den Sinn und die Aufgabe der Flügelschlagapparate sah er darin, den Gleitflug durch Flügelschläge zu verlängern. Das wollte er auf zwei Wegen erreichen. In den Zeichnungen der Patentschrift sind sie beide zu sehen. Lilienthal skizzierte einen Zylindermotor, der vor der Brust des Piloten am Gestellkreis befestigt werden sollte, und er gab zugleich eine Vorrichtung für den Antrieb mit Muskelkraft an.

Flugzeug Nr. 16, der erste gebaute Flügelschlagapparat, besaß eine Spannweite von 8 m und hatte 13 m<sup>2</sup> Tragfläche. Die Flügel waren wie beim einfachen Segelapparat durch strahlenförmig angeordnete Rippen gebildet, liefen jedoch in lamellenartigen Schwungfedern aus. Zugdrähte sollten die Flügelenden herunterziehen, Gummizüge sollten sie in die Ausgangsstellung bringen. In der Zeitschrift „Prometheus“ befasste sich Lilienthal 1893 mit dem Übergang vom Segelflug zum durch Flügelschlag möglichen Horizontalflug. Er schrieb, nachdem er seinen Wunsch von einem Fluggelände, auf dem Hunderte von jungen Leuten Segelflüge üben, darstellte:

"Auch kraftvolle Flügelschläge würden dem einfachen Segeln sich bald zugesellen, denn, nachdem eine größere Gewandtheit im Herabsegeln aus größeren Höhen erst erzielt ist, steht nichts mehr im Wege, mit den Füßen oder auf mechanische Art die entsprechend umgeformten Flügel so zu bewegen, dass dadurch die Tragfähigkeit und die Weite des freien Fluges immer mehr

und mehr vergrößert werden, bis endlich der dauernde Horizontalflug ... erreicht wird. Die Hauptschwierigkeit beim Fluge des Menschen ist und bleibt der erste Anfang des Fluges und nicht die Kraftfrage für die Flügelbewegung." [6]

Im Frühjahr 1894 begannen mit der Erprobung des Flügelschlagapparates am Fliegeberg, indem er einfache Gleitflüge ausführte.

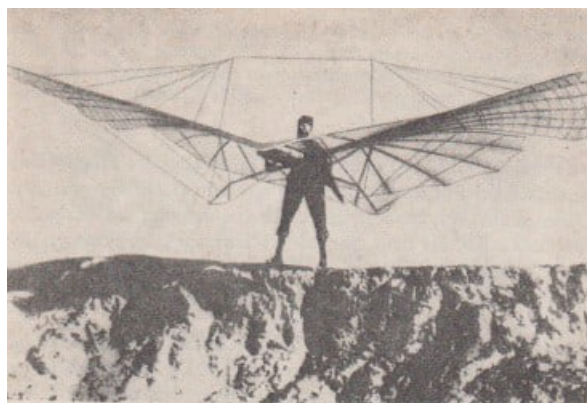
Dabei stellte sich heraus, dass solch ein Apparat schwieriger zu handhaben war als der „Normal-Segelapparat“. Im Sommer 1894 führte er dann einen Motor im Fluge mit. Das Flugzeug wog nun vierzig Kilogramm und war dadurch kopflastig und sehr schwer zu steuern.

Dieser Motor existierte in der Konstruktion von Lilienthal als Einzylindermotor mit 1 PS Leistung und 20 kg Masse und außerdem in wesentlich besser konstruierter Form von dem bei Lilienthal angestellten Ingenieur Paul Schauer. In beiden Fällen handelte es sich aber um einen Kohlendioxidmotor. Dieser arbeitete nach dem Prinzip der Dampfmaschine und wurde durch verdampfende Kohlendioxid angetrieben.

Der Motor von Schauer hatte zwei Zylinder, 2,5 PS und war für eine Betriebsdauer von nur vier Minuten eingerichtet. Betätigte man einen Fingerzug am Handgriff des Flugzeugs, strömte verdampfende Kohlendioxid mit großem Druck in beide Zylinder und trieb die Kolben nach außen. Dabei wurden die Flügelspitzen nach unten gezogen. Ließ man den Fingerzug los, wurde die Zufuhr von Kohlendioxid unterbrochen, und die verbrauchte trat durch Ventile an den Zylinderköpfen aus. Flügel und Kolben gingen in die Ausgangsstellung zurück. Folge und Ausmaß der Flügelschläge konnten auf diese Weise beliebig reguliert werden.

Dieser Motor wurde im Frühjahr 1896 von Lilienthal in das Flugzeug Nr. 16 eingebaut und probiert. Als Augenzeuge bestätigte Schauer später, dass erst wenige und leichte, dann kräftigere Flügelschläge deutlich hebend und beschleunigend wirkten. Dieser Versuch wirkte motivierend für den Bau eines noch größeren Flügelschlagapparates.

Flugzeug Nr. 17 hatte 20 m<sup>2</sup> Tragfläche, der maximale Ausschlag des bewegten, mit Scharnieren befestigten Flügelteils erreichte eineinhalb Meter. Am Motor waren die beiden Zylinder jetzt anders angeordnet. Sie lagen in einer Flucht quer vor dem Piloten und waren an ihren Köpfen gelenkig miteinander verbunden. Der Tod Lilienthals verhinderte die Erprobung dieses Flugzeuges.



14 Lilienthal mit dem Schwingenflugzeug

Dreiunddreißig Jahre nach dem Tode Lilienthals wurden seine Versuche mit Motoren erneut heftig diskutiert. 1929 behauptete Schauer, dass Lilienthal auch der erste Motorflieger gewesen sei und machte damit den Brüdern Wright diesen Anspruch streitig. Er schrieb:

"Mit diesem Flugzeug [Flugzeug Nr. 16 - M. W.] führte Lilienthal zunächst einige Gleitflüge

aus, ohne den Motor in Tätigkeit zu setzen. Später begann er, während der Gleitflüge vorsichtig Flügelschläge auszuführen. Die Stabilität des Flugzeuges wurde durch die Flügelschläge nicht im erheblichen Maße beeinträchtigt. Es war deutlich zu erkennen, wie die Flügelschläge hebend und vorwärtstreibend wirkten." [27]

Die Diskussion darüber ist bis zum heutigen Tag nicht abgerissen.

Bestimmt war sie schon 1929, als Schauer die Diskussion darüber begann, als Prioritätsfrage nicht mehr zu beantworten. Angesichts der Fülle von heute vorliegendem historischen Faktenmaterial aus vielen Ländern, erscheint es auch berechtigt, solche Diskussionen, die überwiegend aus „national-egoistischen“ Motiven erfolgten, abzulehnen.

## 6 Der weltweit anerkannte Flugzeugkonstrukteur

Als der Flug des Menschen noch nicht Wirklichkeit war, gehörte die Diskussion über die Möglichkeit seiner Realisierung zum Themenkreis aller literarischen Genres. Jahrhundertealt sind die Anfänge der wissenschaftlichen Untersuchung des Flugproblems. Experimente, Projekte (oft von gewaltigen Dimensionen), vergeblich ausgeführte Konstruktionen und vorgetäuschte Tatsachen kennzeichnen den Weg zur technischen Verwirklichung der Luftfahrt.

Wer auf diesem Gebiet Bleibendes schaffen wollte, der betrat kein Niemandland, der hatte Vorläufer und Zeitgenossen, die das gleiche Ziel verfolgten.

Da der zum Fliegen oder Schweben notwendige Auftrieb durch zwei unterschiedliche Auftriebsarten - durch die Ausnutzung des statischen Auftriebs eines Gases, das leichter als Luft ist, oder durch die Erzeugung eines dynamischen Auftriebs, wie er beim Bewegen einer angestellten Fläche durch die Luft entsteht - erzeugt werden kann, gab es natürlich dementsprechend auch mit dem Fortschreiten wissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse zahlreiche Spezialdisziplinen und Spezialisten.

Lilienthal konnte den Gleitflug verwirklichen und auf diesem Spezialgebiet die Ideen seiner Vorläufer direkt oder indirekt bewusst oder unbewusst mit realisieren. Der Gleitflug war aber nur eine der zahlreich versuchten anderen Möglichkeiten zur Beherrschung des Luftraumes. Seitdem die Brüder Montgolfier 1783 den ersten Ballonflug durchführten, gehörte die Luftfahrt zeitweise zu den am meisten diskutierten Problemen innerhalb der naturwissenschaftlich-technischen Entwicklung und konnte stets mit einem, starken Interesse in der Öffentlichkeit rechnen. Die „Leipziger Zeitung“, die „Gartenlaube“, das „Polytechnische Journal“, u.a. Zeitschriften und Zeitungen hatten jahrzehntelange Traditionen in der Propagierung der Luftfahrt.

Zu Lebzeiten Otto Lilienthals entstanden wissenschaftliche Vereine in vielen Ländern Europas und Amerikas, die versuchten, Mittel und Ideen, private Initiative und staatliche Förderung zu konzentrieren. Hier wurden national und bald auch international alle am Problem der Luftfahrt Interessierten zusammengeführt.

Damit im Zusammenhang stand die Herausgabe wissenschaftlicher Zeitschriften, wozu seit 1882 die Zeitschrift des „Deutschen Vereins zur Förderung der Luftschiffahrt“, als erste deutsche Fachzeitschrift auf diesem Gebiet, gehörte. Zu ihren Mitarbeitern gehörte von 1891-1896 auch Lilienthal.

Im Rückblick auf die Geschichte der Luftfahrt wird sichtbar, dass, je näher die Verwirklichung dieses Traumes heranrückte, die Anzahl der daran Beteiligten in allen Ländern wuchs. Otto Lilienthal war also einer von Hunderten. In der Fluggeschichte berühmte und verdienstvolle Persönlichkeiten waren seine Förderer, Briefpartner, Freunde, Schüler, aber auch Widersacher.

Groß ist die Zahl derjenigen, die damals Rang und Namen in der Theorie und Praxis des Fliegens hatten, deren Leistungen aber durch bessere Entdeckungen und Erfindungen in Vergessenheit gerieten.

Mit dem Fortschreiten Lilienthalscher Erkenntnisse beschäftigten sich dann auch Wissenschaftler und wissenschaftliche Vereinigungen, die diesen Bestrebungen bisher abwartend gegenüberstanden, mit Fragen der Verwirklichung des Menschenfluges. So wurde 1893 die Physikalische Gesellschaft zu Berlin durch Allard du Bois-Reymond mit den Versuchen Otto Lilienthals vertraut gemacht, beschäftigte sich der Physiker Ludwig Boltzmann in seinen populären Vorträgen in Wien damit und wartete in Russland W. I. Wernadskij auf weitere Ergebnisse.

Fünfundzwanzig Jahre nach der Gründung des Deutschen Vereins zur Förderung der Luftschiff-

fahrt konnte Moedebeck über diese Zeit urteilen:

"Wenn man irgend ein Mitglied des Berliner Vereins als bahnbrechend in seiner Tätigkeit bezeichnen kann, so verdient das in erster Linie der Ingenieur Otto Lilienthal." [43, S. 30]

1886 war Lilienthal Mitglied dieses Vereins geworden. Den Vorteil der Mitgliedschaft in einer solchen wissenschaftlichen Vereinigung hatte er in den Jahren 1873-1876 gespürt, da er als Mitglied der Aeronautical Society of Great Britain deren Annual Reports bezog. Erstmals erfuhr er damals von gleichartigen Bestrebungen in anderen Ländern. Zum Zeitpunkt des Beitritts zum Deutschen Verein zur Förderung der Luftschiffahrt war er nun allerdings in einer anderen Situation.

Die erste Experimentierphase, die 1874 mit der Entdeckung der Vorzüge der leicht gewölbten Flügelfläche und Experimenten mit Vogeldrachen geendet hatte, lag zwölf Jahre zurück. Er war kein Anfänger mehr, sondern hatte schon Vorstellungen für ein Programm.

Im Verein begann Lilienthal schon wenige Wochen nach dem Beitritt aktiv aufzutreten. In einem Vortrag über leichte Motoren und ihre mögliche Verwendung für die Luftschiffahrt führte er aus, dass diese nicht nur für Ballons zu benutzen wären, sondern auch für die Nachahmung des Vogelfluges mit Apparaten schwerer als Luft. In diesem Zusammenhang konnte er auch von seinen Modellversuchen mit Federkraft und leichten Dampfmaschinen berichten. Er legte dar, dass einzig und allein vieltausendfache Experimente Aussicht auf Erfolg versprechen würden. Der Vorsitzende des Vereins Müllenhoff dankte für den „hochinteressanten, die Arbeit des Vereins bereichernden Vortrag“ und sprach die Hoffnung aus;

"dass Herr Ingenieur Lilienthal Gelegenheit finden werde, seine zur Zeit unterbrochenen Experimente von neuem aufzunehmen, durch einen Bericht über die Versuche werde er die Interessen des Vereins in der wirksamsten Weise fördern, zumal, wenn es sich als tunlich herausstelle, die Experimente in der Sitzung selbst auszuführen." [20, S. 223]

Diesem ersten Auftritt folgten bald zahlreiche weitere Vorträge und Aktivitäten Lilienthals. Vor allem durch seine Vorträge über den Vogelflug, die er vor dem Verein 1888 und 1889 hielt, wurde er zu einem angesehenen und bald auch vielfach konsultierten Vereinsmitglied. Im Protokoll des ersten Vortrages wurde festgehalten, dass sich die Anwesenden am Ende zu Ehren des Vortragenden von ihren Plätzen erhoben [21, S. 349].

Noch deutlicher erhielt Lilienthal schon drei Monate später Anerkennung ausgesprochen, als er im Januar 1889 zum Mitglied der technischen Kommission des Vereins gewählt wurde. 1891 wurde er dann Schriftführer, und 1892 wurde er als Mitglied der Technischen Kommission wiedergewählt. In der Vereinszeitschrift war er Mitglied des Redaktionsausschusses.

Mit diesen Funktionen hatte er nun die besten Möglichkeiten, um auch seine Ansichten über zahlreiche flugtechnische Veröffentlichungen zu äußern. Dazu wurde er außerdem genötigt, weil nach dem Erscheinen seines Buches sich zahlreiche Erfinder und Techniker mit ihren Ideen, Projekten und Vorschlägen direkt an ihn wandten.

Zugleich konnte er auch beträchtliches leisten, um seinen Zeitgenossen nahezubringen, dass er mit dem Beginn seiner flugtechnischen Experimente nun nicht in die Berufsgruppe der Artisten überzuwechseln gedachte, Denn sehr oft hatte er zu spüren, dass man ihn - und Artist war dann noch die höflichste Bezeichnung - für einen sehr „merkwürdigen Menschen“ hielt. So soll nach den Aussagen seines Monteurs Paul Beylich in einer Berliner Zeitung damals geschrieben worden sein: wer zwei Verrückte sehen wolle, der sollte nur nach Lichterfelde fahren.

1892 setzte Lilienthal sich in einem Aufsatz in der Vereinszeitschrift mit der Situation in der



flugtechnischen Literatur auseinander. Er legte dar, dass es hier von Irrtümern und mechanischen Trugschlüssen nur so wimmele. Zwar würden die Trugschlüsse oft von sachverständiger Seite widerlegt, aber meistens noch öfter durch andere Irrtümer übertrumpft.

Er sprach von drei Kategorien flugtechnischer Veröffentlichungen.

Da seien erstens viele Schriften von Laien, die von Mechanik nichts verstanden. Solche Laien gerieten oft auf Irrwege und wären so in ihre fixen Ideen verrannt, dass sie sich nicht von deren Sinnlosigkeit überzeugen ließen. Denen gegenüber ständen zweitens die Werke wissenschaftlich gebildeter Forscher, deren mechanischer Teil über jeden Zweifel erhaben sei. Zwischen diesen beiden Kategorien liege als dritte die der wissenschaftlich Halbgebildeten. Diese würden sich mit gelehrtem Gepränge umgeben und vorhandene Irrtümer und Trugschlüsse verdecken [3, S. 180].

Lilienthal war durch die Tätigkeit in der Technischen Kommission zu einer solchen Einschätzung durchaus berufen. In diesem Gremium hatte er sich mit Vertretern aller drei Kategorien auseinanderzusetzen. Die einzelnen Berichte der Vereinszeitschrift geben darüber ausführliche Informationen.

Er selber verlangte strenge Wissenschaftlichkeit, gepaart mit hervorragender praktischer Erfahrung, und meinte, nur so könne man Schritt für Schritt dem Ziele näher kommen. Dazu benutzte er die Spalten der Vereinszeitschrift und der Zeitschrift „Prometheus“, einer Wochenschrift über die Fortschritte der angewandten Naturwissenschaften. Insgesamt vierzehn Artikel veröffentlichte er in diesen Zeitschriften über seine theoretischen und praktischen Erkenntnisse.

Diese Veröffentlichungen brachten Lilienthal neben seinem Buch noch aus einem anderen Grund nationale und internationale Autorität. Er konnte seinen Artikeln oft Fotos von seinen Flügen beigeben.

Zum ersten Male erschienen nun Bilder von einem wirklich fliegenden Menschen, der dabei erfolgreich war, diese Flüge beliebig oft wiederholen konnte. Die Wirkung war sehr groß. Es gab keine größere Tageszeitung oder Illustrierte in der Welt, die nicht Meldungen oder Bildberichte über Lilienthal brachte.

Wenigstens sechs Fotografen waren es, die in den Jahren von 1891 bis 1896 bei Flugübungen Lilienthals mit ihren Apparaten anwesend waren. Auf Karl Kassner wurde weiter oben schon eingegangen. Ottomar Anschütz gehört in die Reihe dieser Fotografen zu den interessantesten, er spielt auch in der Geschichte der Fotografie eine Rolle.

1882 machte er von sich reden durch Serien- und Momentaufnahmen von fliegenden Störchen und Tauben und ermöglichte durch seine Methode neue Erkenntnisse über die Vorgänge beim Vogelflug. Es ist nur zu verständlich, dass er mit den von ihm entwickelten neuen technischen Einrichtungen auch den „fliegenden Menschen“ fotografieren wollte. Fünfzehn Fotos sind von ihm von Flugversuchen Lilienthals auf der Maihöhe in Berlin-Steglitz bekannt und erhalten.

Das Ergebnis der so gewonnenen Popularität war ein umfangreicher Briefwechsel und ein ständig ansteigender Besucherstrom vor allem am Fliegeberg. Auf einige der interessantesten Besucher und Briefpartner soll im folgenden eingegangen werden.

1895 und 1896 besuchte der Engländer Percy Pilcher Lilienthal am Fliegeberg. Pilcher war Seemann und hatte an der Londoner Universität Ingenieurwesen studiert. Seit der ersten Kenntnisnahme von Versuchen Otto Lilienthals verfolgte er mit wachsendem Interesse dessen Veröffentlichungen. Er trat mit Lilienthal in Briefwechsel und begann 1895 an Hand der Berichte und Fotografien ein eigenes Gleitflugzeug zu bauen.

Während seines Besuches bei Lilienthal führte er unter dessen Anleitung eine große Anzahl von Flügen durch. Die dabei gewonnenen theoretischen und praktischen Erfahrungen wandte er in England bei der Konstruktion und Erprobung einiger Gleitflugzeuge erfolgreich an.

Der „Hawk“ wurde Pilchers berühmtestes Flugzeug. Es glich im Aufbau völlig den Gleitflugzeugen Otto Lilienthals und hatte eine Spannweite von 8,63 Metern, einen Tragflächeninhalt von 13,7 m<sup>2</sup> und eine Leermasse von 22,6 kg.

Bambus, Leinwand und Klaviersaitendraht waren die Baumaterialien. Als Neuerung war ein Fahrgestell angebracht, das die Beine des Piloten vom Landestoß entlasten sollte.

Pilcher stützte sich auch nicht mehr auf die Unterarme, wie es Lilienthal noch getan hatte, sondern hing mit den Achseln im Gerüst des Gleiters.

Bei seinem zweiten Besuch bei Lilienthal fuhr er mit diesem nach Rhinow und flog hier auch einen Doppeldecker. Pilcher gehörte zu den erfolgreichsten Schülern Lilienthals. 1897 erreichte er eine Flugstrecke von fast 230 Metern und eine Flughöhe von 61 Metern über der Talsohle. Sein Tod im Jahre 1899 verhinderte die Erprobung eines Benzinmotors eigener Konstruktion an einer „Hawk“-Variante.

Ein weiterer, damals schon berühmter Besucher Lilienthals war 1895 der Amerikaner Prof. Samuel Pierpont Langley. Der Mathematiker und Physiker Langley beschäftigte sich seit 1886 mit dem Flugproblem und war durch sein Werk „Experiments in Aerodynamics“ seit 1891 international anerkannter Flugexperte.

Als er Lilienthal in Berlin besuchte, hoffte dieser, in ihm einen Gönner für seine Experimente und einen Mäzen für einen größeren Fliegeberg zu finden. Der Sekretär der Smithsonian Institution in Washington hatte aber andere Vorstellungen über den Weg zur Verwirklichung des Flugproblems.

Wissmann nennt Langley einen „der letzten Experimentatoren der verfehlten Methode Henson-Moshaiski ...“ [37, S. 226]. Mit beträchtlichem finanziellen Aufwand, den Langley zeitweilig auch vom amerikanischen Kriegsministerium erhielt, baute er motorgetriebene Modelle und später Flugzeuge, für die er den ersten Sternmotor in der Geschichte der Luftfahrt konstruieren ließ. Einen durchschlagenden Erfolg konnte er aber nicht erringen. Langley beurteilte in einem Brief den Flugapparat Lilienthals als „schwerfällig und klobig“ und meinte, bei den Flugversuchen nicht viel zu lernen [33].

Dieses Urteil äußerte er ausgerechnet gegenüber Augustus M. Herring, der, als er diesen Brief erhielt, schon drei Lilienthal-Gleiter in den USA nachgebaut hatte und damit auch erfolgreich nach Lilienthalscher Methode geflogen war. Im Sommer 1895 arbeitete Herring kurze Zeit bei Langley und konnte diesen erst in dieser Zeit davon überzeugen, dass gewölbte Flächen den ebenen überlegen seien.

Lilienthal lernte somit 1895 in Langley einen anerkannten „Skeptiker“ der von ihm entwickelten Konstruktionsprinzipien und der bereits erprobten Methode kennen.

Mit einer anderen Auffassung über die ihm bereits durch die Veröffentlichungen bekannten Ergebnisse Lilienthals kam im Herbst 1895 als dritter „wichtiger“ Besucher Nikolai Jegorowitsch Shukowski aus Moskau an den Fliegeberg.

Seit 1890 interessierte sich dieser für die theoretischen und praktischen Versuche Lilienthals und hatte bereits mehrmals auf den Tagungen der Gesellschaft der Freunde der Naturwissenschaften und der Russischen Technischen Gesellschaft über die Leistungen des deutschen Ingenieurs berichtet. Als Professor für Mechanik an der Moskauer Universität beschäftigte sich Shukowski mit Aerodynamik und zählt heute zu den Begründern dieser Disziplin.

Zusammen mit Kutta schuf er nach der Jahrhundertwende die Grundlagen der Auftriebslehre. Beide erkannten den Zusammenhang zwischen aerodynamischem Auftrieb und der Zirkulationsströmung um die Tragfläche.

Als Shukowski Lilienthal in Berlin besuchte, hatte er schon einige aerodynamische Arbeiten publiziert. Seinen Bericht über diesen Besuch, gehalten im November 1895 in der Sitzung der Abteilung für physikalische Wissenschaften der Gesellschaft der Freunde der Naturwissenschaften, begann Shukowski mit dem Satz: "Die wichtigste Erfindung auf dem Gebiet der Luftfahrt ist der Flugapparat des deutschen Ingenieurs Otto Lilienthal." [34]

Seinen Zuhörern konnte er diesen, von der Moskauer Universität erworbenen [35] und heute im Shukowski-Museum noch vorhandenen Apparat vorzeigen. Shukowski betonte in seinem Vortrag die weltweite Anerkennung, die Lilienthal erreicht hatte, indem er aufzählte, dass mit ihm noch zwei russische Techniker, ein deutscher Fotograf, ein Engländer und ein Amerikaner bei den Flügen anwesend waren.

Neben zahlreichen einzelnen Besuchern empfing Lilienthal, besonders am Fliegeberg, auch größere Gruppen von Interessierten. So waren Mitglieder des Vereins zur Förderung der Luftschiffahrt des öfteren aufmerksame Beobachter. Zu diesem Besucherstrom kamen für ihn dann noch im zunehmenden Maße die Anforderungen einer ständig anwachsenden Korrespondenz. Zu den wichtigsten Briefpartnern Lilienthals gehörten die Amerikaner James Means und Octave Chanute.

Means war führendes Mitglied der 1895 gegründeten Boston Aeronautical Society und hatte im gleichen Jahr erstmals das Sammelwerk „The Aeronautical Annual“ herausgegeben. Dieses Werk erschien von 1895-1897 und zählte zu den wichtigsten flugtechnischen Handbüchern der damaligen Zeit.

In den elf Briefen, die den Hauptteil der erhalten gebliebenen Korrespondenz zwischen Lilienthal und Means bilden, beschäftigten sich beide Briefpartner primär mit den Fragen der Zuarbeiten von Lilienthal, für das Aeronautical Annual und mit dem Patentverkauf für Lilienthals Flugapparat in den USA. In einem Brief vom 10. März 1896 schlug Means Lilienthal erstmals vor, für zwei oder drei Monate zu einer Vortragsreise in die USA zu kommen, den Flugapparat im Fluge vorzuführen und Interessierte den Gebrauch des Gleiters zu lehren. Lilienthal schlug die Einladung zunächst aus und kündigte seine Reise für 1897 an. Sein Tod verhinderte dieses Vorhaben [32].

Chanute wurde 1889, mit der Veröffentlichung von Lilienthals Buch, auf diesen aufmerksam. Als Eisenbahningenieur, der auch das notwendige technische Verständnis für Flugprobleme besaß, beschäftigte er sich historisch, technisch und organisatorisch-praktisch mit den Fragen der Verwirklichung des Menschenfluges. Zu alt, um noch eigene Flugversuche machen zu können, gründete er mit Herring und anderen eine flugtechnische Interessengemeinschaft.

1896 führten sie in den Sanddünen am Michigansee Versuche mit Lilienthal-Eindeckern durch. Auf der Suche nach Verbesserungen für die Stabilität dieser Apparate während des Fluges experimentierten sie dann später mit eigenen Konstruktionen.

Chanute war so von der Notwendigkeit durchdrungen, den Gleitflug erst völlig zu beherrschen, dass er sich lange Zeit nicht zum Einbau eines Motors entschließen konnte. Über Lilienthal äußerte er:

"dieser hat bisher am meisten dazu beigetragen, zu zeigen, dass menschliches Fliegen wahrscheinlich möglich ist; ... er war in jeder Hinsicht so gut ausgerüstet, dass er vermutlich endgültigen Erfolg erreicht hätte, wenn er am Leben geblieben wäre." (nach [28, S. 1671])

Chanutes 1894 herausgegebenes Werk „Progress in Flying Machines“ galt bald neben den Arbeiten von Means und Moedebeck als Standardliteratur. Auch ein Beitrag von Otto Lilienthal wurde darin veröffentlicht und auf die Bedeutung dieser Arbeiten verwiesen. In den Briefen zwischen Chanute und Lilienthal ging es um Fragen der Popularisierung der Erkenntnisse des deutschen Flugtheoretikers und -praktikers in den USA.

Mit dem Namen Otto Lilienthal ist also in der Fluggeschichte auch die Schule dieses Flugpioniers verbunden. Bereits mit den Veröffentlichungen von Ferber (1910) [39] und Nimführ (1910) [42] wurde der Begriff „Schule Lilienthal“ geprägt. Darunter versteht man noch heute die Flugtechniker, die nach seiner Methode arbeiteten und mit ihm direkt oder über Vermittler in Beziehung standen.

Zu den bedeutendsten Schülern Lilienthals rechnet man: Pilcher in England, Ferber in Frankreich, Chanute und Herring in den USA. Die Brüder Wilbur und Orville Wright, die 1903 den ersten Motorflug verwirklichten, wurden durch die Arbeiten von Means und Chanute mit Lilienthals Ergebnissen bekannt und dadurch seine „Schüler“.

Ihr Interesse für die Luftfahrt wurde durch die Nachricht vom Todessturz Otto Lilienthals wieder geweckt, nachdem sie als Jungen schon Experimente mit Modellen anstellten. Im Jahre 1900 begannen sie nach historischen und theoretischen Studien in Kitty Hawk (Nord Carolina) mit praktischen Versuchen. Nach Wilbur Wright wählten sie als Leitspruch für ihre Flugversuche:

"Wenn man vollkommene Sicherheit wünscht, so tut man gut, sich an ein Fenster zu setzen und die Vögel zu beobachten - aber wenn man wirklich etwas lernen will, muss man ein Flugzeug besteigen und sich durch praktische Versuche mit seinen Eigenheiten vertraut machen." [37, S. 278]

Die Wrights wurden die ersten Motorflieger, weil sie dafür „konstruktive Originalität“ [37] besaßen. In der Bauweise hielten sie sich an ihre Vorbilder. Bei der Konstruktion ihrer Steuermechanismen gingen sie jedoch völlig neue Wege. Ihre erfolgreiche Idee war die Verwindung. Genaue Naturbeobachtung führte sie zur Erkenntnis, dass Vögel, die durch eine Böe nach einer Seite gedrückt werden, sich wieder aufrichten, weil sie den Einstellwinkel der geneigten Flügelfläche vergrößern können und dieser damit mehr Auftrieb geben, wodurch die Fläche wieder bis zur Normallage gehoben wird.

Von dieser Beobachtung ausgehend, konstruierten sie Tragflächen mit flexiblen Flügelen, die über einen Seilzug wechselseitig verdreht, „verwunden“ werden konnten, die eine nach oben, die andere nach unten. Dadurch bekam die abwärts gebogene Seite mehr Auftrieb und stieg an, und die andere Seite sank gleichzeitig.

Zusammen mit anderen neuen konstruktiven Elementen und ihrer Fähigkeit, sich einen eigenen Vierzylinder-Viertaktmotor zu bauen, da die Automobilindustrie nur zu schwere Motoren liefern konnte, wurden sie zu den erfolgreichsten Schülern Lilienthals.

Es wäre jedoch nicht gerecht, nur die erfolgreichsten und berühmtesten Schüler zu nennen. Lilienthal hatte noch viel mehr Anhänger und Schüler. In Polen war es Czesław Tanski, der 1893 Gleitflüge durchführte, in der Schweiz Carl Steiger sogar schon 1891.

Der Argentinier Pablo Juarez und der Franzose Graf Lambert wären ebenso zu nennen, wie Wolfmüller in Deutschland, Weiss in England und Etrich, Wels, Nimführ in Österreich. In diese Aufzählung gehören auch die Gleitflugvereine in Deutschland, die schon vor dem 1. Weltkrieg Pionierleistungen für die Entwicklung des Segelfluges leisteten.

In Rumänien baute 1906 Traian Vuia ein Flugzeug, nun allerdings schon mit Motor, dessen Tragflächen den Lilienthal-Gleitern nachgebildet waren. In der Luftfahrtgeschichte zählt er damit zu denen, die als erste den Motorflug in Europa durchführten. Der später so berühmte Flugzeugkonstrukteur Alexander Sergejewitsch Jakowlew begann seine Ausbildung, indem er für den ersten Segelfliegerwettbewerb 1923 auf der Krim ein Segelflugzeug nach der Bauweise der Gleitflugzeuge Lilienthals baute.

## 7 Soziales Arrangement und Reformbestrebungen

Im Bemühen, den Flugtechniker Lilienthal darzustellen, wurden bisher wesentliche Seiten seiner Persönlichkeit nicht berücksichtigt.

Auf sie verzichten würde bedeuten, das Bild des ersten erfolgreichen Flugzeugkonstruktors der Luftfahrtgeschichte unvollständig zu vermitteln. Zum Persönlichkeitsbild Lilienthals gehört als wesentliches Moment, dass er in der Zeit seiner aktivsten und erfolgreichsten Phase als Flugzeugkonstrukteur, in den Jahren 1890 bis 1896, gleichzeitig mit vielen anderen gesellschaftlichen Problemen und Fragestellungen beschäftigt war.

Lilienthals Haltung zu Moritz von Egidy, die Einführung der Gewinnbeteiligung in seiner Fabrik und seine Bemühungen für die „Freie Volksbühne“ werden uns nur vor dem Hintergrund der für diesen Zeitraum wesentlichen ökonomischen und politischen Zustände verständlich.

Die Reichsgründung von 1871 durch eine Revolution von oben unter preußischer Führung beseitigte in Deutschland die letzten Hemmnisse für eine volle Entfaltung des Kapitalismus. Es gab die sogenannten Gründerjahre mit einer Flut von Firmengründungen, bald aber auch die Krise des „Gründerkrachs“ und in dem verstärkten Konkurrenzkampf den Übergang zur Monopolbildung.

Deutschland wurde dabei zu einem starken Industriestaat mit leistungsfähiger Landwirtschaft. Im Anteil an der Weltindustrieproduktion rückte es an die dritte Stelle, in der Stahlproduktion sogar an die zweite. Begleitet war diese Entwicklung von wesentlichen sozialen Verschiebungen. Mit der Industrie wuchsen die Arbeiterklasse und die Arbeiterbewegung.

Diese suchte man zunächst durch das Sozialistengesetz zu unterdrücken, aber dies endete damit, dass Bismarck zurücktreten musste und bei den Reichstagswahlen 1893 die von August Bebel und Wilhelm Liebknecht geführte Sozialdemokratie über ein Drittel der Stimmen erhielt. Deshalb suchten die herrschenden Klassen nach anderen Wegen, den Einfluss der politisch organisierten Arbeiterbewegung zurückzudrängen. Es entstanden Verbände, Vereine und Gruppierungen mit sehr verschiedenartigen, auf den unterschiedlichsten weltanschaulich-philosophischen Positionen fußenden ökonomischen, sozialen und ideologischen Vorstellungen ihrer Gründer.

Hierzu gehörte auch Moritz von Egidy, der im Rahmen der evangelischen Kirche zu einem Sprecher jener Kreise wurde, die zu der Auffassung kamen, dass eine bloße Bekämpfung der Sozialdemokratie keinen Gewinn, sondern nur verstärkte Kirchenentfremdung und Kirchenfeindlichkeit zur Folge haben würde.

In einem Aufsatz „Ernste Gedanken“ trat Egidy 1891 für eine Erneuerung innerhalb der bestehenden Kirche ein. [47] Er wiederholte darin eigentlich nur, was klassische deutsche Philosophie und evangelisch-theologische Wissenschaft längst an ethischen Normen und Vorstellungen über ein Zusammenleben der Menschen formuliert hatten, was ihm als Offizier aber fremd geblieben war. Die Masse des Kleinbürgertums kannte diese Vorstellungen ebensowenig und nahm die aus der aktuellen Situation geborenen „Ernsten Gedanken“ als Offenbarung auf.

Nachdem Egidy aus dem Offiziersstand entlassen wurde, wirkte er in Berlin durch zahlreiche Vorträge zu Fragen der religiösen Erneuerung, aber auch zu allen anderen aktuellen ökonomischen, sozialen und politischen Problemen der Zeit. Er äußerte sich zu Aufgaben der Friedensbewegung (er stand im Briefwechsel mit Bertha von Suttner), zur Frauenbewegung, zum Genossenschaftswesen, zur Bodenbesitzreform und zur sozialen Frage (Briefwechsel mit Wilhelm Liebknecht).

Auch Lilienthal hatte die „Ernsten Gedanken“ gelesen, war von ihnen angetan und besuchte

die Vorträge Egidys. 1894 wurde er regelmäßiger Leser der von diesem herausgegebenen Zeitschrift „Versöhnung“ und war in dessen Haus mehrmals Gast. In einem Brief an Egidy schrieb er 1894:

"Mit Begeisterung habe ich oft ihren Worten gelauscht, in denen Sie die Grenzen nicht als Trennung, sondern als eine Verbindung der Länder bezeichneten. Auch ich habe mir die Beschaffung eines Kulturelementes zur Lebensaufgabe gemacht, welches länderverbindend und völkerversöhnend wirken soll." (nach [31, S. 3091])

Er war fest davon überzeugt, dass er mit seinen dem technischen Fortschritt dienenden Flugexperimenten zum „Anfang einer neuen Kulturepoche“ beitragen würde und fand seine Auffassungen durch Egidys Vorstellungen auf eine theoretische Basis gehoben.

Da Lilienthal sich für die Verwirklichung des Gleitflugzeuges als Sportgerät, für den „persönlichen Kunstflug“ einsetzte und den Motorflug erst nach einer befriedigenden Beherrschung desselben realisiert wissen wollte, hatte er damit zugleich eine kostensparende Methode.

In einer Zeit, in der das Kapital noch nicht im großen Umfang in die Entwicklung des Flugzeuges eingesetzt wurde, musste er die dazu notwendigen finanziellen Mittel auch ausschließlich aus seiner Maschinenfabrik aufbringen.

Militärische Interessengruppen sahen den von ihm verwirklichten technischen Entwicklungsstand für bedeutungslos an. Diese praktische, von militärischen Zwängen unabhängige Situation deutete er zugleich als objektive Übereinstimmung mit seinen theoretischen Auffassungen von der Unmöglichkeit des Krieges durch das Flugzeug. Mit dieser Vorstellung reagierte Lilienthal auf die im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts sich breit entwickelnde bürgerlich-pazifistische Bewegung gegen den Krieg und auf deren in diesem Zeitraum durchgeführte drei große internationale Friedenskongresse.

Die bürgerlichen Anhänger dieser Bewegung - eine damals bekannte Repräsentantin war Bertha von Suttner - folgten utopischen idealistischen Ideen und glaubten durch Appelle an den guten Willen der Herrschenden dem drohenden Völkermord Einhalt zu gebieten. In Lilienthals Theaterstück werden wir solche Gedanken wiederfinden. Ganz im „Zeitgeist“ verfangen glaubte er, dass durch die Fortschritte in der Flugtechnik die Landesverteidigung aufhören würde,

"die besten Kräfte der Staaten zu verschlingen, und das zwingende Bedürfnis, die Streitigkeiten der Nationen auf andere Weise zu schlichten als den blutigen Kämpfen um die imaginär gewordenen Grenzen, würde uns den ewigen Frieden verschaffen ..." [13]

Als Lilienthal dies schrieb, diskutierte die politische Öffentlichkeit in Deutschland Fragen, die mit dem fünfundzwanzigsten Jahrestag der Schlacht von Sedan im Zusammenhang standen. Der Historiker Heinrich von Treitschke hatte den Gedenktag zu scharfen chauvinistischen und revanchistischen Ausfällen gegen Frankreich benutzt.

Die Anhänger Egidys erfuhren durch die Zeitschrift „Versöhnung“ erneut von dessen anderen Auffassungen. Egidy erklärte zu diesen Fragen, dass der Vorwurf, es existiere im deutschen Volk ein extremer Chauvinismus, völlig unberechtigt sei. Er wies darauf hin,

"dass er nur bei den herrschenden Klassen besteht, die eine ganz unbedeutende Minderheit ausmachen. Das wahre Volk sehnt sich nach Frieden, nach internationaler Verständigkeit und nach sozialer Gerechtigkeit." [47, S. 216]

Wie in den Auffassungen zur Friedensbewegung fand Lilienthal bei Egidy auch Bestätigung in seinen Vorstellungen zu sozialen Fragen und wurde hierbei durch diesen zum Handeln angeregt. In seiner Entwicklung vom mittellosen Praktikanten und Studenten zum Fabrikanten lernte

er die Lebensbedingungen der verschiedenen Klassen und Schichten gründlich kennen. Die ökonomischen, politischen und wissenschaftlich-technischen Veränderungen nach 1871 erlebte Lilienthal in der sich sprunghaft entwickelnden Industriestadt Berlin.

Er lernte die Stadt als Beschäftigter im Schwermaschinenbau kennen, und gerade dieser war es, der Berlin das eigentliche Gepräge als Industriestadt gab. Zu Beginn seiner Tätigkeit als Praktikant bei der Firma Schwartzkopff, nächst Borsig führend im Lokomotivbau, sah er, wie sich der Betrieb schnell vergrößerte. 1871 hatte er schon 1700 Arbeiter.

Als Konstruktionsingenieur bei der Firma Hoppe, die 400 Arbeiter beschäftigte, wurde er durch den Besitzer darauf hingewiesen, wie außerhalb der Sozialdemokratie auf drängende soziale Fragen reagiert wurde. Hoppe hatte früh erkannt, dass es notwendig war, mit neuen Methoden der sich entwickelnden Arbeiterbewegung entgegenzuwirken.

Als einziger unter den Berliner Großindustriellen ließ er in der Zeit der größten Wohnungsnot Wohnungen für 72 Familien bauen [49, S. 183].

Damit beteiligte sich Hoppe an der Umsetzung von Maßnahmen, die von Professoren der Nationalökonomie, von zahlreichen groß- und kleinbürgerlichen Vereinen und in der Presse vorgeschlagen wurden, um, wie es der Vorsitzende des Vereins für Sozialpolitik formulierte, die Arbeiterfrage als brennende Tagesfrage im Rahmen der sozialökonomischen Grundlagen des Kapitalismus zu lösen. Egidy forderte ganz im Sinne der damals verbreiteten Auffassungen, dass es sittliche Pflicht sei, für die ideelle und materielle Unterstützung der Arbeiter einzutreten.

Das war auch Lilienthals Auffassung. Konkrete Anregungen entnahm er aus folgendem. Im Berlin dieser Jahre war eine soziale und zugleich lohnpolitische Maßnahme, die von kapitalistischer Seite ausging, immer wieder erneut Gesprächsstoff. 1867 hatte Wilhelm Borchert in seiner Fabrik als erster in Berlin die Gewinnbeteiligung durch Kauf von „Anteilscheinen zu 50 Talern“ nach englischen Vorbild eingeführt. Er gehörte damit in dieser Stadt zu den ersten, die mit der Demagogie vom „Volkskapitalismus“ auftraten. Bis zum Jahre 1877 wurden 54 weitere Fälle von Gewinnbeteiligung registriert.

Auch Lilienthal führte in seinem Betrieb eine Beteiligung am Gewinn in Höhe von 25 % ein. In der erhaltengebliebenen Mitteilung vom März 1890 heißt es,

"dass unter Fortfall der Akkordarbeiten und Beibehaltung der jetzigen Lohnsätze, es im Interesse eines Jeden liegt, durch stetigen Fleiß sowie durch möglichste Schonung von Material und Werkzeug die Gesamtleistung der Fabrik zu heben, um dadurch sein Einkommen zu verbessern. Wer daher nicht in jeder Beziehung bestrebt ist, alle Arbeiten, sowohl in der Fabrik als auch bei den Aufstellungen, so gut und schnell wie möglich auszuführen, schädigt sich selbst und seine Mitarbeiter, weil nur durch die äußerste Befriedigung unserer Abnehmer, durch tadellose und schnelle Lieferung etc. eine Gewinnvermehrung erzielt werden kann." [24]

Lilienthal beschränkte sich aber nicht auf diese - von ihm zumindest beabsichtigte - Verbesserung der materiellen Lebenslage für die in seiner Maschinenfabrik tätigen Arbeiter. Auch für die Weckung und Befriedigung kultureller Bedürfnisse setzte er sich mit nicht geringem finanziellen Aufwand ein.

Bestimmt waren auch andere, heute nur noch zu vermutende und noch schwerer zu beweisende Gründe dafür ausschlaggebend, dass er sich im Sommer 1892 mit dem Plan der Gründung einer Volksbühne zu beschäftigen begann. Jedenfalls bewies er auch damit, dass er neben der Erprobung von Flugapparaten - 1892 bewältigte er in Berlin-Steglitz schon 80 Meter - auf viele andere Vorgänge seiner Zeit reagierte.



Im August 1890 hatte sich in Berlin der Verein „Freie Volksbühne“ konstituiert. Durch ihn sollte der werktätigen Berliner Bevölkerung in billigen Anrechtsvorstellungen beste Kunst geboten werden. Es wurde ein für Arbeiter erschwinglicher Mitgliedsbeitrag erhoben, und sonntagvormittags fanden die Vorstellungen statt.



15 Das Ostend-Theater

Die Leitung des Vereins, dessen Vorsitzender ab Oktober, 1892 für drei Jahre Franz Mehring war, mietete dazu Bühnen, mit Vorliebe das Lessing- oder das Ostend-Theater. Das letztgenannte befand sich in der Nähe von Lilienthals Maschinenfabrik. Es wurde damals von Max Samst geleitet. In diesem Haus fand im Herbst 1890 die erste Vorstellung des Vereins „Freie Volksbühne“ statt.

Wie Lilienthal und Samst zusammenkamen, ist bis heute nicht vollständig geklärt. Samst äußerte dazu später:

"Wir fassten den Plan, eine, Volksbühne ins Leben zu rufen. Ich hatte die Idee, Lilienthal etwas Geld und zum dritten holten wir uns einen Mimen, den späteren Kammersänger Richard Oeser."

Im Ergebnis entstand für kurze Zeit ein Theater, in dem der Eintritt nur 10 bis 50 Pfennig kostete. Das Haus wurde damit für einige Zeit allabendlich gefüllt, brauchte aber trotzdem ständige Zuschüsse von Lilienthal, die dieser manchmal nicht ohne Schwierigkeiten geben konnte. Samst erklärte dazu, sie reduzierten die Spesen, indem Lilienthal selbst in die Rolle stieg. Am besten lag ihm der Räuberhauptmann im Volksstück „Preciosa“.

Gustav Lilienthals Frau Anna berichtete später, sie sei entsetzt gewesen, als sie ihren Schwager zum erstenmal auf der Bühne erlebte. Gespielt wurde die „Jungfrau von Orleans“:

"Wer betritt im Kostüm des Herolds die Bühne? - Es war unser Otto selbst, der Mann der unbegrenzten Möglichkeiten! Aber hier, als Schauspieler, war er fast unmöglich. Selbst das anspruchlose Publikum lachte ihn aus, wir, seine Angehörigen, saßen wie auf Kohlen. Der einzige, den das Fiasko nicht störte, war er selbst. Frohgemut trat er nach der Vorstellung zu uns und „beruhigte“ uns mit den Worten: „Ich werde von nun an öfters spielen, um mich zu üben!“" [26, S. 74]

1894 schrieb er dann sogar, nach Aussagen von Anna Lilienthal, angeregt durch Hauptmanns „Weber“, ein eigenes Theaterstück.

„Moderne Raubritter“ nannte er es, und es sollte „Bilder aus dem Berliner Leben“ darstellen. Im Mittelpunkt steht der Fabrikant Wilhelm, der unverkennbare Lilienthalsche Züge trägt und sich mit einem Großhändler um den kostengünstigen Absatz seiner Produkte auseinandersetzen

muss. Im Spielverlauf werden rücksichtslose Geschäftsmethoden, Probleme der Familie eines arbeitslosen Tischlers, aber auch Aspekte der militärischen Abrüstung und die dann möglichen ökonomischen und kulturellen Potenzen behandelt.

Dieses „nach wahren Begebenheiten für die Bühne“ bearbeitete Stück wurde am 13. Mai 1896 im Ostend-Theater uraufgeführt.

Neun weitere Vorstellungen folgten, und auch nach dem Tode Lilienthals wurde es noch -eine Zeitlang gespielt. Die in diesem Kapitel skizzierten Auffassungen und Handlungen Otto Lilienthals in sozialpolitischen Fragen lassen sich dahingehend zusammenfassen, dass er zu den damals möglichen und auch tatsächlich vorhandenen Fabrikbesitzern gehörte, die sich eine gewisse Ehrlichkeit, Würde und humane Gesinnung erhalten konnten. Die von Theodor Fontane, einem Zeitgenossen, gegebene Charakteristik vom „protzigen, engherzigen und ungebildeten Bourgeois“ trifft auf ihn jedenfalls nicht zu. Zur Verwirklichung seiner selbstgestellten Lebensaufgabe musste er unter den Bedingungen seiner Zeit aber Kapitalist werden.

Nur so fand er die Mittel, als einzelner den technischen Fortschritt auf dem Gebiet der Luftfahrt voranzutreiben. Mit seinen sozialreformerischen Versuchen stand er unter seinen Klassengenossen durchaus nicht allein da, wenn auch die Beweggründe für solche Maßnahmen recht unterschiedlich waren. Lilienthal kann man unterstellen, dass er durchaus ehrlich die Arbeiter seiner Fabrik ökonomisch und kulturell am Erfolg seiner Unternehmungen teilnehmen lassen wollte. Über den wirklichen Effekt gibt es keine gesicherten Unterlagen.

## 8 Die Familie. Der Bruder Gustav Lilienthal

Mit dreißig Jahren, am 11. Juni.1878, heiratete Lilienthal. Seine Frau Agnes, geborene Fischer, hatte er kennengelernt, als er für die Firma Hoppe in Bergbaubetrieben in der Umgebung von Dresden beschäftigt war. Sie war die Tochter eines Bergbaubeamten. In Berlin wohnten sie zunächst in der Brunnenstraße und ab 1881 in einer Dreizimmerwohnung in der Köpenicker Straße 126, unweit seiner Maschinenfabrik. 1886 baute sich Lilienthal im damaligen Dorf Groß-Lichterfelde, zehn Kilometer südlich Berlins ein einfaches einstöckiges Landhaus.

Es war für Agnes Lilienthal bestimmt nicht einfach, mit so einem vielseitig interessierten, auf den verschiedensten Gebieten aktiven Manne zusammenzuleben. Solange sich seine fliegerischen Ambitionen so entwickelten, dass der Ehemann dabei mit den Beinen auf der Erde stand, wird sie diesen Aktivitäten einigermaßen gelassen gegenüber gestanden haben.

Das änderte sich aber, als sie durch Berichte, Fotos und durch eigene Teilnahme an Flugversuchen erlebte, dass es hier um Höhen bis zu 20 Metern und Weiten bis zu 250 Metern ging. Es warschwer, in einem Villenort zu leben und als „Frau Fabrikbesitzer“ einen Mann zu haben, zu dem die Nachbarn kamen, um ihren Gästen eine Attraktion vorzuführen.

Otto Lilienthal erfüllte oft dementsprechende Wünsche, weil er hoffte, auf diesem Wege Geldgeber für die Entwicklung des Fliegesports zu finden.

Die Schwägerin Anna Lilienthal erzählte später, dass es der Ehemann dennoch verstand, für eine ausgeglichene und fröhliche Stimmung im Hause zu sorgen. Er war seit 1884 Mitglied der Berliner Singakademie und sorgte auch dafür, dass seine Frau an deren Veranstaltungen Anteil nehmen konnte.



16 Familienausflug auf einen Flugplatz

Sechs Jahre nach dem Tode ihres Mannes musste Agnes Lilienthal das Haus verkaufen und in eine billigere Wohnung in Lichterfelde-West ziehen. Mit sehr bescheidenen Mitteln gelang es ihr, den Lebensunterhalt für sich und ihre vier Kinder zu bestreiten sowie für deren Ausbildung zu sorgen. Der Verkauf der Maschinenfabrik im Jahre 1905 brachte nur einen geringen Erlös. Als Wilbur Wright 1911 Agnes Lilienthal besuchte und am Grabe von Otto Lilienthal einen Kranz niederlegte, wohnte sie in einer bescheidenen Mansardenwohnung.

Mit dem ausdrücklichen Bekenntnis der Wrights, Schüler und Vollstrecker Lilienthalscher Vorstellungen zu sein, begann sich in Deutschland ab 1910 auch die Öffentlichkeit für die Existenzbedingungen der Familie Otto Lilienthals zu interessieren. Seine Witwe erhielt nun finanzielle Zuwendungen und vom preußischen Staat eine monatliche Rente.

Die Kinder Otto, Anna, Fritz und Helene waren beim Tode des Vaters noch nicht volljährig. Der Sohn Otto war als Kind sehr begabt, konnte schon schreiben, bevor er zur Schule kam, aber je älter er wurde, um so deutlicher traten Zeichen einer Nervenkrankheit auf. Als Gärtner fand er keine Arbeit und lebte bei der Mutter, bis er in einer Nervenheilanstalt starb.

Der Sohn Fritz erhielt für sein Studium zum Diplom-Ingenieur das Pagenkopsche Stipendium, eine Familienstiftung aus dem Jahre 1675. Zu seinen Studienzeiten waren nun auch technische Bildungseinrichtungen „akademisch“ anerkannt. Damit ging es ihm besser als seinem Vater, dem 1867 dieses Stipendium wegen der nicht „akademischen“ Bildungseinrichtung verweigert worden wart.

Von Fritz Lilienthal wird berichtet, dass er vom Fliegen allerdings nichts wissen wollte.

Die beiden Töchter Anna und Helene lernten vor ihrer Eheschließung die Heimat des Vaters gründlich kennen. Anna erhielt auf dem Lehrerinnenseminar in Greifswald ihre Ausbildung, und Helene war als Turn- und Handarbeitslehrerin in Anklam tätig.

Im Leben Otto Lilienthals spielte sein Bruder Gustav eine wichtige Rolle. Zwei Jahre vor seinem Tode schrieb er in die Familienchronik: „Mein Bruder Gustav war und ist mein zweites Ich.“ Dessen Leben verlief über weite Strecken mit dem des Bruders gemeinsam, zwischendurch waren sie räumlich und ungefähr ab 1890 in bezug auf Theorie und Praxis des Fliegens auch geistig oft voneinander entfernt.

Die Luftfahrtgeschichtsschreibung hatte es bei der Behandlung des Verhältnisses der beiden Brüder zueinander und der Erfassung des Anteils von Gustav an den Leistungen des Bruders nicht einfach.

Auf der einen Seite standen Meinungen, die darin gipfelten, dass es drei Brüderpaare gewesen seien, die Meilensteine der Luftfahrtgeschichte gesetzt hätten:

Die Brüder Montgolfier realisierten 1783 den ersten Ballonflug, den Brüdern Lilienthal gelang die Bewältigung des Fluges mit einem Gerät „schwerer als Luft“, und die Brüder Wright schufen das erste Motorflugzeug.

Auf der anderen Seite kamen aber auch schon bald nach dem Beginn der öffentlichen Würdigung Otto Lilienthals kritische Fragen nach dem tatsächlichen Anteil Gustav Lilienthals auf. Die nicht unmittelbar zum Arbeits- und Lebenskreis Otto Lilienthals gehörenden Fluginteressierten wurden spätestens 1930 durch das Buch „Die Lilienthals“ von Anna und Gustav Lilienthal und die daraufhin einsetzende Diskussion darüber informiert, dass es über den Anteil Gustav Lilienthals auch andere Auffassungen gab.

Besonders von den Mitarbeitern Otto Lilienthals - Paul Schauer, Hugo Eulitz, Paul Beylich - wurde argumentiert, dass Gustav Lilienthal seinen Anteil an den Erfolgen des Bruders nicht richtig wiedergegeben hätte. Auch nachdem das Buch von Halle über Otto Lilienthal 1936 [28] in erster Auflage erschienen war, hörten die Auseinandersetzungen darüber nicht auf.

Deshalb kommt noch heute keine Lilienthal-Biographie an der Diskussion dieses Sachverhalts vorbei. Zu Recht wird heute im allgemeinen dargestellt, dass nicht den Brüdern, sondern Otto Lilienthal das Verdienst zukommt, den Menschenflug verwirklicht zu haben. Das bedeutet nicht, dass der Bruder überhaupt keinen Anteil hätte.

Dieser bezieht sich aber nur auf eine bestimmte Entwicklungsstufe im lebenslangen Prozess der Erforschung der Grundlagen und der Erprobung der Flugzeugkonstruktionen. Es steht fest, dass beide Brüder in der Kindheit und Jugend gemeinsam begannen, sich mit diesem Problem zu beschäftigen. Als Erwachsene kamen sie dann von Zeit zu Zeit auch mit den Flugproblemen immer wieder zusammen.

Dabei konnte sich der zielstrebigere und konsequentere Otto darauf verlassen, dass er, wenn er bei den experimentellen Arbeiten Hilfe brauchte, diese bei seinem Bruder fand - sofern dieser im Lande war. Gustav hatte es wesentlich schwerer, einen festen Platz im Leben zu finden. Nach der Lehre und Tätigkeit als Maurer in Anklam kam er mit 20 Jahren zum Bruder nach Berlin und studierte zwei Jahre lang an der Bauakademie. Als Bauleiter arbeitete er dann in Berlin, Prag und London. Von 1880 bis 1885 war er in Australien tätig, und anschließend versuchte er in Paris mit einer Variante des Steinbalkens noch einmal sein Glück - wieder vergeblich.

Wie sein Bruder besaß auch er ein weitgespanntes Interessengebiet. Neben den Arbeiten am Steinbalken versuchte er durch Entwerfen von Mustern für weibliche Handarbeiten und Gründung einer nicht lange existierenden Handarbeitsschule materiellen und ideellen Erfolg zu haben.

Mit vierzig Jahren heiratete er und konnte sich 1892 als freier Architekt und Baumeister in Berlin etablieren. Noch als vierundsechzigjähriger war er zwei Jahre in Brasilien tätig, um zu versuchen, ein neues Bauprinzip für tropische Bedingungen durchzusetzen. Gustav Lilienthal interessierte sich Zeit seines Lebens dabei auch für Flugprobleme und kam im Laufe seines Lebens, auch unabhängig vom Bruder, immer wieder darauf zurück.

Auf seinen weiten Reisen benutzte er seine Sprachkenntnisse und die Möglichkeiten zu umfangreichen Vogelflugstudien während der Seefahrten dazu, um seinen Bruder mit dem internationalen Wissensstand und mit selbstgewonnenen Erkenntnissen vertraut zu machen.

Ihre gemeinsamen Interessen und Auffassungen in den verschiedenen theoretisch-experimentellen Arbeitsphasen gingen soweit, dass Otto Lilienthal bei der Herausgabe seines Buches 1889 im Untertitel deutlich machte, dass er „einen Beitrag zur Systematik der Flugtechnik, auf Grund zahlreicher von Otto und Gustav Lilienthal ausgeführter Versuche“ vorzulegen hatte.

Mit Abschluss der theoretischen Arbeiten und dem Beginn der praktischen Erprobung des Fluges war dann allerdings die ungetrübte Zusammenarbeit vorbei. Das hatte seinen Grund nicht nur darin, dass Gustav nicht mehr über die dazu notwendige körperliche Konstitution verfügte und beruflich besonders angespannt war. Es sollen hier die in der Literatur geführten Diskussionen des Für und Wider, des Abwägens und Deutens einzelner Sachverhalte nicht wiederholt werden.

Das Wesen scheint vielmehr in folgendem zu liegen. Gemessen an den von Gustav Lilienthal später publizierten Untersuchungen und Veröffentlichungen traten nach Beendigung gemeinsamer Untersuchungen nun auch unterschiedliche theoretische Konzeptionen zutage, die verschiedene praktische Erprobungsmethoden verlangten.

Die späteren flugtheoretischen Veröffentlichungen von Gustav Lilienthal sollten in der Diskussion benutzt werden, da auch in diesem Falle davon ausgegangen werden muss, dass die hier behandelten Ideen einen Reifeprozess von ihrer Findung bis zur Endreaktion durchgemacht haben. Es ist heute schwer zu verstehen, warum dies bisher zur Beurteilung der Leistungen Gustav Lilienthals nicht erfolgte. Gustav Lilienthal zitierte noch in den zwanziger Jahren nun allerdings längst veraltete Erkenntnisse aus dem Buche seines Bruders so, als gäbe es keine moderne aerodynamische Wissenschaft.

1930 brachte er zum Ausdruck, dass die Leistungen der Segelflieger auf der Rhön „außerhalb seiner Bewunderung“ stehen. „Ein Fliegen ist dies noch nicht, es ist immer nur ein Gleitflug mit - geschickter Ausnützung eines günstigen Hangwindes.“ [26, S. 114 - Hervorh. M. W.]

Diese Segelflieger setzten aber das fort, womit sein Bruder begonnen hatte!

Otto Lilienthal sah in der praktischen Erprobung und Beherrschung des Gleitfluges den Weg, um später zum kreisenden Segelflug, dem anstrengungslosen freien Segeln in der Luft, zu gelangen. Sein Bruder Gustav dazu:

"Das neueste Streben der Flugtechniker geht zur Erreichung der höchsten Flugleistung, dem Segelflug. Es scheint ja sehr verlockend, ohne motorische Kraft ... über Berg und Tal geräuschlos dahin zu fliegen. Auch für uns Brüder war dies die Triebfeder zu unseren Arbeiten. Heute ist dies für mich ein überwundener Standpunkt. Obgleich ich nach wie vor von der Möglichkeit der Nachahmung des Segelfluges durchdrungen bin, so bin ich doch ebenso überzeugt, dass der Ruderflug die Brücke zum Segelflug bilden muss. Die vielen Stürze bei den Wettflügen in der Rhön haben mich in dieser Ansicht noch bestärkt." [41, S. 13]

Gustav Lilienthal sah also die Gleitflüge seines Bruders nicht als notwendigen ersten, sondern als zweiten Schritt nach dem Ruderflug. Wenn man nun berücksichtigt, dass diese hier wiedergegebene Meinung nicht erst 1923 entstanden sein dürfte (dafür gibt es viele weitere Hinweise in den Veröffentlichungen von Gustav Lilienthal), dann wird der Unterschied klarer.

Auch Otto Lilienthal stand dem Ruderflug nicht abweisend gegenüber, er erprobte ja selbst ein Schwingenflugzeug und experimentierte mit einem Motor, um diese Schwingen zu bewegen. Hinsichtlich seiner Möglichkeiten deckten sich die Auffassungen der Brüder. Beim damaligen Stand aerodynamischer Kenntnisse und dem technischen Reifegrad der Motoren (in bezug auf ihre Verwendung für das Flugzeug!) ist es auch verständlich, dass Otto Lilienthal den Gebrauch der Propeller für seine Konstruktionen ablehnte.

Natürlich kannte er den internationalen Stand und setzte sich mit Konstrukteuren so betriebener Flugzeuge auseinander. Jedoch so wie Otto Lilienthal im praktischen Erlernen des Fliegens durch den Menschen schrittweise vorgeht, wollte er auch in der Einführung neuer Konstruktionselemente vorgehen. Nicht sofort den technologisch anspruchsvollen Apparat - auch hier sollte man von einfachen zu immer komplizierteren Bauelementen fortschreiten und für jede Stufe zugleich den „Piloten“ befähigen, diese neuen Elemente zu beherrschen. Denn, so schrieb er 1895:

"Die Konstrukteure und Erbauer von Flugmaschinen haben diese durchaus erforderlichen praktischen Erfahrungen in der Regel nicht gesammelt und deshalb ihre oft kunstvollen und kostspieligen Arbeiten nutzlos verschwendet." [8]

"Alles Grübeln über leichte Motoren und spekulieren über die Verminderung der zum Fliegen nötigen Kraft tritt in den Hintergrund angesichts der Tatsache, dass der Wind allein schon ausreicht, um jede Art eines freien Fliegens zu bewirken." [7]

Nach alledem lässt sich über den Anteil Gustav Lilienthals an der Entwicklung des Menschenfluges zusammengefasst sagen:

Otto und Gustav Lilienthal haben gemeinsam den Vogelflug über Jahre hinweg theoretisch-experimentell untersucht. Bewertet an den zu dieser Zeit zur Verfügung stehenden Erkenntnissen, labor-technischen und theoretischen Instrumentarium war dies eine bewundernswerte Leistung.

Otto Lilienthal hat dann aber ohne den Bruder die Gleitflugzeuge entworfen, gebaut und erprobt, während Gustav Lilienthal die praktische Fliegertätigkeit des Bruders nicht nur nicht unterstützte, sondern aus anderen theoretischen Erwägungen heraus auch nicht als entwicklungsträchtig betrachtete. Daran konnten auch gelegentliche Besuche an den Fliegeplätzen und dabei gegebene Hinweise nichts ändern.

## 9 Unvollendete Ideen, Vorhaben, Konstruktionen. Der letzte Flug

Hier kann nicht auf alle Projekte, die Lilienthal in den letzten Lebensjahren verfolgte, eingegangen werden. Es sollen nur die zukunftsträchtigsten erwähnt werden. 1895 schrieb er in der Zeitschrift „Prometheus“:

"Wer die flugtechnischen Arbeiten der letzten Jahre mit Aufmerksamkeit verfolgte, wird die Überzeugung gewonnen haben, dass das freie Fliegen des Menschen sich nicht durch eine: einzige Großtat erfinden lässt, sondern in allmählicher Entwicklung seiner Vollendung entgegen geht; denn nur diejenigen flugtechnischen Bestrebungen wären von Erfolg begleitet, welche einem solchen Entwicklungsgange entsprachen.

Während man früher mehr darauf ausging, fertige Flugmaschinen zu konstruieren, welche das Problem mit einem Schlage lösen sollten, gewann man schließlich die Überzeugung, dass unsere physikalischen und technischen Kenntnisse sowie unsere praktischen Erfahrungen auf dem Gebiete des freien Fluges lange nicht ausreichten, um eine so große und schwierige mechanische Aufgabe ohne weiteres zu bewältigen.

Die Einsichtigeren bemühen sich deshalb weniger, das Flugproblem als Ganzes zu bearbeiten, sondern zergliederten dasselbe in seine einzelnen Teile und suchten zunächst über die Elemente der Flugtechnik, auf denen eine erfolgreiche Bearbeitung sich aufzubauen hat, Klarheit zu verbreiten." [8]

In der flughistorischen Literatur ist es üblich, bei der Beantwortung der Frage, warum Otto Lilienthal der erfolgreichste Flugzeugkonstrukteur seiner Zeit war, u. a. auch auf eine Antwort des „Lilienthal-Schülers“ Ferdinand Ferber zu verweisen. Dieser hatte hervorgehoben, dass Lilienthal die Methode entwickelte, den praktischen Flug zu erlernen.

Ferber charakterisierte sie mit den Worten „Vom Schritt zum Sprung, vom Sprung zum Flug“ [42, S. 54].

Aber nicht nur in der Praxis, bei der Ausübung des Gleitfluges hatte Lilienthal eine Methode. Aus dem umfangreichen Zitat wurde soeben deutlich, dass er auch im theoretisch-konstruktiven Denken, in der technologischen Umsetzung und dann in der Erprobung streng methodisch vorgeht.

Nach diesem methodologischen Programm arbeitete er in den letzten Monaten seines Lebens und beschäftigte sich mit neuen weiterführenden Konstruktionen an seinen Flugzeugen, Dazu gehörten Veränderungen der Steuerung und der Tragflächen. Anfang August, wenige Tage vor seinem Todessturz, war er auch der Lösung eines mechanischen Höhensteuers sehr nahe.

Die horizontale Schwanzfläche, die bisher nur passiv nach oben ausschlug und damit das Aufrichten des Apparates bei der Landung unterstützte, sollte mit Hilfe eines Schnurzuges mechanisch regulierbar werden. Am 8. August 1896 wurde von ihm ein derartiges Höhensteuer skizziert. Er fand sich im Nachlass seines Ingenieurs Schauer. Lilienthal dachte dabei an zwei Möglichkeiten, den Schnurzug zu betätigen: Er ließ ihn an einem Hebel an seinem Rücken enden, bzw. führte ihn über zwei Rollen am Gestellkreis in einer Schlaufe um seinen Nacken. Praktisch erproben konnte er diese durch Körperverschiebung zu betätigenden Steuerungsvarianten nicht mehr.

Auf einem weiteren Blatt aus dem Nachlass Schauers und durch dessen Berichte ist bekannt, dass Lilienthal im Sommer 1896 ein Segelflugzeug mit erheblich verdickten, beiderseitig gespannten Tragflächen baute, das bei seinem Tode fast versuchsfertig war.

Hätte er diesen Flugzeug vollenden und erproben können, wäre von einem sensationellen Fortschritt, einem qualitativen Sprung in der Entwicklung seiner Konstruktionen, in der Fluggeschichte überhaupt, zu sprechen.

Lilienthal hätte dann aber auch die auf die Arme gestützte hängende Lage des Piloten aufgeben müssen. Ein solches Flugzeug ist letztlich nur in liegender oder noch besser sitzender Haltung mit Hilfe hand- und fußbetätigter Ruder zu steuern, nicht mehr wie seine leichten Apparate durch Gewichtsverlagerung. Ob er an solche Änderungen dachte, ist nicht bekannt. Bei den eben genannten Steuermechanismen ging er noch davon aus, dass die Arme nicht dafür frei sind.

Der 9. August 1896 machte aber alle weiteren Pläne zunichte.

An diesem Tage war Lilienthal in den Rhinower Bergen, am Gollenberg, zum zweitenmal in der Luft, als sich das Unglück ereignete. Über die Ursachen gibt es in der Luftfahrtliteratur die unterschiedlichsten, sich widersprechenden Behauptungen. Sie reichen von Leichtfertigkeit in der technischen Ausführung der Apparate über Experimente mit neuen Steuerungselementen bis hin zu Behauptungen, dass der Prellbügel, eine von ihm für solche Fälle an den Apparaten angebrachte Schutzeinrichtung, gefehlt hätte.

Schwipps hat für die Unfallursache mit Hilfe von Meteorologen folgendes ermittelt: Lilienthal wurde das Opfer einer unberechenbaren Laune der Natur. Dieser 9. August war ein schöner Tag mit einer stabilen Hochdrucklage.

Während des Unglücksfluges überraschte Lilienthal eine Sonnenbö, ein plötzliches und heftiges Ablösen erwärmter Luft in Bodennähe, das die Segelflieger auch heute noch fürchten. Ein unerwarteter Windstoß traf die Tragflächen, brachte den Flugapparat fast zum Stillstand in der Luft und drohte ihn nach hinten zu kippen.

Lilienthal warf deshalb zum Ausgleich Oberkörper und Beine weit nach vorn, aber in diesem Augenblick sprang auch der Wind wieder um, und so kippte der Apparat nach vorn und stürzte aus fünfzehn Meter Höhe auf den Boden.

Im Jahre 1894 war es schon einmal zu einem Absturz aus zwanzig Meter Höhe gekommen, der allerdings ohne größere Komplikationen verlief. Dieses Mal war der dritte Halswirbel gebrochen. Lilienthal verlor nicht sofort das Bewusstsein. Er wurde von der Unglücksstelle mit gelähmtem Unterkörper auf einem Pferdewagen in den Gasthof der Gemeinde Stölln am Fuße des Gollenberges gebracht.

Der Bruder Gustav organisierte am nächsten Tag, dem 10. August 1896, den Transport nach Berlin. Ohne vom Feldbett, auf das er tags zuvor gebettet worden war, genommen zu werden, wurde er in einem Güterwagen nach Berlin gefahren. Lilienthal merkte nichts mehr davon. Er war nicht bei Bewusstsein, als er am Abend dieses Tages starb.



## 10 Chronologie

- 1848 Otto Lilienthal wird am 23. Mai geboren,  
1856-64 Besuch des Gymnasiums in Anklam,  
1861 Tod des Vaters  
1862 Erste kindliche Flugversuche in Anklam,  
1864-66 Besuch der Provinzial-Gewerbeschule in Potsdam,  
1866-67 Praktikant in der Maschinenbaufirma Schwartzkopff in Berlin.  
1868 Experimente mit einem Flügelschlagapparat.  
1870-71 Deutsch-Französischer Krieg. Lilienthal nimmt als Einjährig- Freiwilliger teil,  
1871-72 Tätigkeit in der Maschinenfabrik Weber in Berlin.  
1872 Tod der Mutter.  
1872-80 Konstruktionsingenieur in der Maschinenfabrik Hoppe in Berlin.  
1871-74 Erste Phase in der Ausführung theoretisch-experimenteller Experimente.  
1873 Mitglied in der Aeronautical Society of Great Britain.  
Hermann von Helmholtz hält seinen Vortrag zum Problem der Luftschiffahrt in einer Sitzung der Akademie.  
Erster öffentlicher Vortrag Lilienthals zur Theorie des Vogelfluges im Potsdamer Gewerbeverein.  
1874 Heinrich von Stephan referiert zum Thema „Weltpost und Luftschiffahrt“ im wissenschaftlichen Verein in Berlin.  
Lilienthal entdeckt die Notwendigkeit leicht gewölbter Tragflächen.  
1877 Lilienthal erhält ein Patent auf eine Schrämmaschine, das erste von insgesamt zwanzig Patenten.  
1878 Eheschließung mit Agnes Fischer.  
1881 Eröffnung einer Werkstatt zum Bau von Dampfkesseln in Berlin, Köpenicker Straße.  
1886 Mitglied im Deutschen Verein zur Förderung der Luftschiffahrt.  
1888-89 Zweite Phase in der Ausführung theoretisch-experimenteller Experimente,  
Beginn von jährlichen Vorträgen über theoretische und praktische Erkenntnisse des Fluges,  
1889 Lilienthals Buch „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ erscheint.  
1890 Vortrag über die Möglichkeit des Fluges vor dem Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes, Steh- und Laufübungen mit seinem Flugapparat.  
1891 Erste erfolgreiche Gleitflüge bis zu 25 m in Derwitz.  
Erste Begegnung mit Moritz von Egidy,  
1892 Flugversuche von der Stechwand einer Sandgrube. Flugweiten bis zu 80 m.  
Lilienthal beteiligt sich finanziell am Ostend-Theater.  
1893 Errichtung einer künstlichen Fliegestation in Berlin-Steglitz.  
Beginn der Flüge in den Rhinower Bergen. Gleitflüge bis zu 250 m.  
1894 Aufschüttung des 15 m hohen Fliegeberges in Berlin-Lichterfelde.  
Konstruktion des Normal-Segelapparates, der in größerer Stückzahl gebaut und verkauft wurde. Flugübungen am Fliegeberg mit dem Flügelschlagapparat und eingebautem Kohlensäuremotor.  
1895 Lilienthal wird von zahlreichen Flugexperten besucht, darunter Pilcher, Langley, Shukowski.  
1896 Veröffentlichung und Aufführung von Lilienthals Theaterstück mit dem Titel „Moderne Raubritter“.  
Entwurf eines mechanischen Höhenruders, das durch Schnurzug zu betätigen ist.  
9. August, Absturz mit einem Normal-Segelapparat am Gollenberg bei Stölln, an dessen Folgen Lilienthal am nächsten Tag starb.

## 11 Literatur (Auswahl)

Arbeiten Otto Lilienthals

- [1] Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. München und Berlin 1939.
- [2] Über meine diesjährigen Flugversuche, Zeitschrift für Luftschiffahrt (Berlin) 10 (1891).
- [3] Über die Mechanik im Dienste der Flugtechnik. Zeitschrift für Luftschiffahrt (Berlin) 11 (1892).
- [4] Über den Segelflug und seine Nachahmung. Zeitschrift für Luftschiffahrt (Berlin) 11 (1892).
- [5] Die Tragfähigkeit gewölbter Flächen beim praktischen Segelfluge. - Zeitschrift für Luftschiffahrt und Physik der Atmosphäre (Berlin) 12 (1893).
- [6] Zur Flugfrage. Prometheus (Berlin) 4 (1893).
- [7] Unsere Lehrmeister im Schwebefluge. Prometheus (Berlin) 6 (1895).
- [8] Fliegensport und Fliegepraxis. Prometheus (Berlin) 6 (1895).
- [9] Über Kesselexplosionen. Prometheus (Berlin) 4 (1893).
- [10] Flugapparat. Patentschrift Nr. 77916, Klasse 62b2: Sport, vom 3. 9. 1893. Kopie vom Amt für Erfindungs- und Patentwesen der DDR im Museum Anklam.
- [11] Familienchronik. Heimatkalender für den Kreis Anklam. Anklam 1940.
- [12] Der Kunstflug. In: Moedebeck's Taschenbuch für Flugtechniker und Luftschiffer, Berlin 1904.
- [13] Über die Fortschritte in der Flugtechnik. Manuskript, 1895. Kopie im Museum Anklam,
- [14] Über die Möglichkeit des freien Fluges. Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen (Berlin) 69 (1890).

Zeitgenössische Dokumente

- [15] Acta des Königlichen Kreis-Gerichts zu Anklam betreffend die Vormundschaft für die Kinder des hier am 8. April 1861 verstorbenen Kaufmanns Gustav Carl Friedrich Lilienthal. Standort: Museum Anklam.
- [16] Zeugnisbuch aus dem Gymnasium zu Anklam 1864. Standort: Museum Anklam.
- [17] Zeugnis der Reife von der Provincial-Gewerbeschule Potsdam, Kopie im Museum Anklam
- [18] Abgangszeugnis der Königlichen Gewerbe-Akademie zu Berlin für Otto Lilienthal vom 29. 7. 1870. Kopie im Museum Anklam.
- [19] Pommersches Volks- und Anzeige-Blatt. 2. Jahrgang Nr. 33 vom 19. 4. 1848. Anklam 1848,
- [20] Anclamer Kreis-, Volks- und Wochenblatt, 4. Jahrgang, Nr. 147 vom 10. 12. 1850,
- [21] Zeitschrift des Deutschen Vereins zur Förderung der Luftschiffahrt (Berlin) 5 (1886).
- [22] Zeitschrift des Deutschen Vereins zur Förderung der Luftschiffahrt (Berlin) 7 (1888).
- [23] Protokoll der Sitzung vom 16. 3. 1891. Zeitschrift für Luftschiffahrt (Berlin) 10 (1891).
- [24]. Kopie dieser Mitteilung im Museum Anklam.

Biographien

- [25] Lilienthal, Gustav.: Die Entwicklung. In: Lilienthal, Otto. Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. München und Berlin 1910.
- [26] Lilienthal, Anna und Gustav.: Die Lilienthals. Stuttgart und Berlin 1930.
- [27] Schauer, Paul.: Otto Lilienthal war auch der erste Motorflieger. VDI-Nachrichten (Berlin) Nr. 29 vom 17. 7. 1929.
- [28] Halle, Gerhard.: Otto Lilienthal. Der erste Flieger. Berlin 1936.
- [29] Halle, Gerhard.: Otto Lilienthal und seine Flugzeug-Konstruktionen. München und Düsseldorf 1962.
- [30] Seifert, Karl-Dieter.: Otto Lilienthal - Mensch und Werk. Neuenhagen bei Berlin 1961.
- [31] Schwipps, Werner.: Lilienthal. Berlin (West) 1979.
- [32] Schwipps, Werner.: Otto Lilienthal und James Means. Manuskript 1982. Kopie im Museum Anklam.
- [33] Memorandum von S. P. Langley über seinen Besuch bei Otto Lilienthal Anfang August 1895 in Berlin. Kopie im Museum Anklam.
- [34] Shukowski, N. J.: Der Flugapparat Otto Lilienthals. Deutsche Flugtechnik (Dresden) 5 (1961).
- [35] Shukowski, N. J.: Über den Tod des Flugtechnikers Otto Lilienthal. Deutsche Flugtechnik (Dresden) 5 (1961).
- [36] Matschoss, Carl.: Männer der Technik. Berlin 1925.
- Allgemeine Literatur
- [37] Wissmann, Gerhard.: Geschichte der Luftfahrt von Ikarus bis zur Gegenwart. Berlin 1979.
- [38] Helmholtz, Hermann v.: Über ein Theorem, geometrisch ähnliche Bewegungen flüssiger Körper betreffend, nebst Anwendung auf das Problem Luftballons zu lenken. Monatsberichte der königlich preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Berlin 1874.
- [39] Ferber, Ferdinand: Die Kunst zu fliegen. Ihre Anfänge und ihre Entwicklung. Berlin 1910.
- [40] Kress, Wilhelm.: Aerovologe. Lenkbare Flugmaschine, Wien 1880.
- [41] Lilienthal, Gustav.: Der Ruderflug der Vögel. Berlin 1923.
- [42] nNimführ, Richard.: Leitfaden der Luftschiffahrt und Flugtechnik, Wien und Leipzig 1910.
- [43] Moedebeck, H. W. L.: 25 Jahre Geschichte des Berliner Vereins für Luftschiffahrt. Straßburg 1906.
- [44] Müllenhoff, Karl.: (ohne Titel) Zeitschrift für Luftschiffahrt (Berlin) 8 (1889).
- [45] Stephan, Heinrich von.: Weltpost und Luftschiffahrt. Berlin 1874.
- [46] Lange, Annemarie.: Berlin zur Zeit Bebels und Bismarcks, Berlin 1976.
- [47] Herz, Heinz.: Alleingang wider die Mächtigen. Leipzig 1970.
- [48] Reuleaux, Franz.: Kultur und Technik. Prometheus (Berlin) 1 (1890).
- [49] Kühnemann, F.; Felisch, B.; Goldberger, L. M. (Hrsg.): Berlin und seine Arbeit, Amtlicher Bericht der Berliner-Gewerbeausstellung 1896. Berlin 1898.
- [50] Herrmann, Dieter B.: Zur Vorgeschichte des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (1865-1874). Astronomische Nachrichten 196 (1975).