

# Leonardo – Geometrie der Bewegung

Georg Glaeser, Franz Gruber, Universität für angewandte Kunst Wien

*Kurzfassung:* Die enorme Universalbegabung des Leonardo da Vinci (1452-1519) ist mittlerweile gut bekannt, nicht zuletzt durch Ausstellungen, die sich seinen verschiedenen Beschäftigungsfeldern widmen. Eine dieser Ausstellungen mit dem Titel *Leonardo: Mensch – Erfinder – Genie*, die 2005 in Wien gezeigt wurde, war Anlass, eine umfangreiche Software zu den Erfindungen Leonardos zu erstellen. Sie erlaubt es, über 40 Exponate interaktiv zu animieren und die Wirkungsweise der Vorstellungen des Meisters nachzuvollziehen.

In dieser Arbeit wird exemplarisch ein Teil der Simulationen beschrieben. Die Software hat zwei Schwerpunkte: Die Geometrie der Bewegung, die dahinter steckt, sowie deren physikalische Wirkungsweise. So nebenbei kann man auch die Originalskizzen des Genies aus der Toskana einblenden, um verifizieren zu können, dass Leonardo sich genau dies gedacht hat.

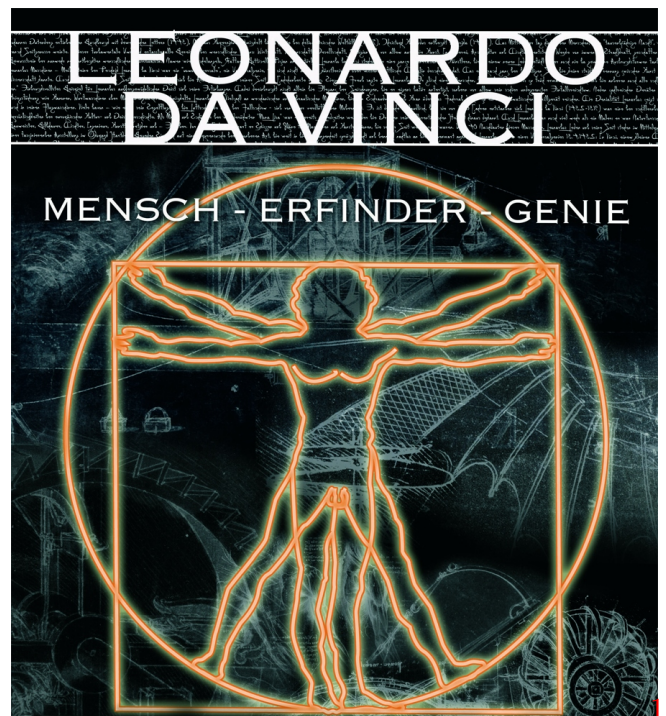
## Einleitung

Um sich als Laie die Wirkungsweise einer komplizierten Maschine wahrhaftig vorstellen zu können, bedarf es üblicherweise eines funktionstüchtigen Modells, an das man unter Umständen auch Hand anlegen kann. Nicht selten ist es zu wenig, dass eine autorisierte Person das Modell kurz erklärt bzw. exemplarisch in Gang setzt.

Beim Besuch der Ausstellung im Wiener Schottenhof im April 2005 (das Ausstellungslogo ist in Abb. 1 zu sehen) war es den Autoren trotz fundiertem geometrischen Wissen nicht möglich, gewisse Exponate auf Anhieb in ihrer vollen Funktionsweise zu erfassen. Erst eine genaue Untersuchung der Modelle nebst Studium der Originalskizzen brachte bei einigen Maschinen Licht ins Dunkel – und offenbarte die

unglaubliche Vorstellungskraft des Genies, das seiner Zeit um Jahrhunderte voraus war.

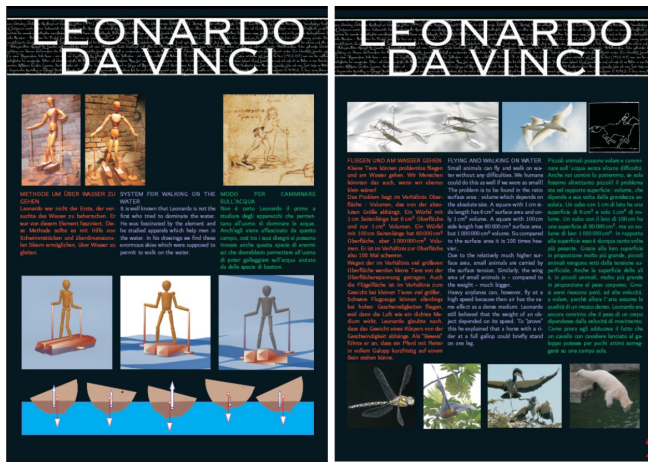
Weil man nun einmal nicht jedem Besucher einer Ausstellung gestatten kann, an jedem Exponat herumzukurbeln, geschweige denn, dieses in seine Bestandteile zu zerlegen, entstand die Idee, dem Besucher die Möglichkeit zu geben, die hier beschriebene interaktive Lehr-Software vor Ort an aufgestellten Computern zu verwenden.



Wegen des großen Erfolgs wurde die Ausstellung bis in den Juli 2005 verlängert, und schon ab Mitte Mai trat das Projekt in einer Minimalversion in eine reale Testphase. Um missbräuchliche Verwendung des Computers zu verhindern, mussten in dieser Version nicht wenige Sicherheitsmaßnahmen implementiert werden: Ein Ausstieg ist nur über Passwort möglich,

das Menü ist ausgeblendet und es gibt keine Hinweise zur Verwendung der Tasten.

Dermaßen erweitert, wandert die Ausstellung mittlerweile um die Welt, bis dato mit den Stationen Berlin, Chicago, Seoul (Südkorea) und Seattle. Um optimale Wirkung zu erzielen, musste die Software so konzipiert sein, dass sie in kürzester Zeit an jede noch so exotische Sprache adaptiert werden kann. So gibt es derzeit bereits eine koreanische Variante (siehe Abb. 63). Sinnvollerweise sollte der Besucher der Ausstellung die Sprache jederzeit problemlos wechseln können.

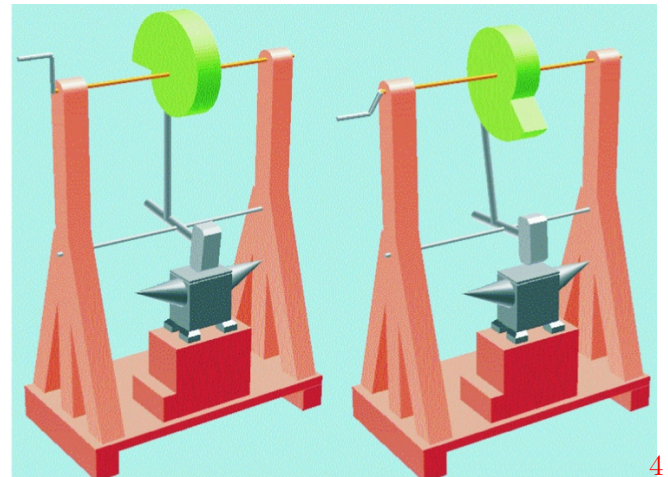


Begleitend zur Software wird eine mehrsprachige Broschüre angeboten, welche ebenfalls exemplarisch Bildschirm-Kopien, Fotos von Modellen und Originalskizzen gegenüberstellt. Zwei exemplarische Doppelseiten sind in Abb. 2 und 3 zu sehen.



In solchen Broschüren erweist sich die Sprachenunabhängigkeit geometrischer Skizzen und mathematischer Formeln als überaus nützlich. Wir wollen hier – einsprachig und maßgeschneidert auf die Zielgruppe „Geometrie-Lehrer mit physikalischem Basiswissen“ – eine ähnlich strukturierte Beschreibung der Maschinen Leonardo da Vincis versuchen.

## Ein einfaches Beispiel



Eine erste Maschine Leonardos, die auch vom kinematisch-physikalisch unbedarften Museumsbesucher beim Anblick bzw. der Vorführung des Modells relativ leicht verstanden werden kann, ist das *Hammerwerk* (Abb. 4).

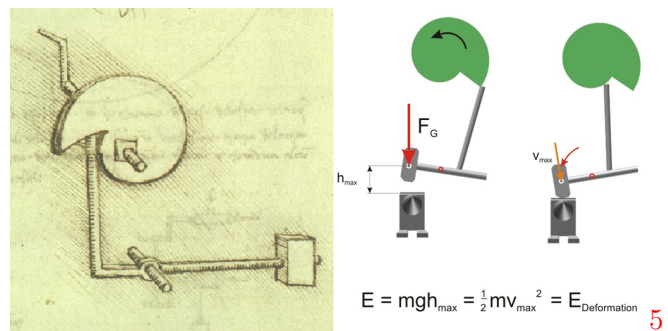
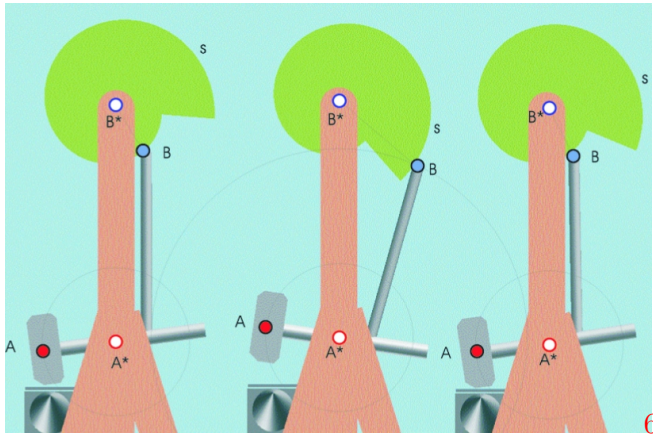


Abb. 5 zeigt links die Skizze Leonardos, die – auf sich alleine gestellt – schon wesentlich mehr Verständnis erfordert. Die physikalische Erklärung (nämlich dass hier potentielle in kinetische Energie umgesetzt wird) sollte allerdings unschwer einleuchten.



In diesem Rahmen ist natürlich die geometrisch-kinematische Erklärung die interessanteste: Die Simulation in Abb. 6 zeigt, wie ein Hammer durch Rotation einer Welle mit darauf befindlicher Spirale angetrieben wird. Dabei handelt es sich in jeder Lage um ein Viereck  $A, A^*, B, B^*$  ( $A^*$  und  $B^*$  fest) mit drei konstanten Stablängen und einer variablen ( $BB^*$ ) – letztere wird durch die Position der Spirale bestimmt.



Der Mechanismus erinnert an ein Gelenkviereck mit einer variablen Stablänge, bei dem dafür der Winkel  $\angle AA^*B$  konstant bleibt. Die Gestalt der Spirale spielt dabei keine tragende Rolle. Es könnte sich um eine logarithmische, archimedische oder ähnlich aussehende Spirale (wie in der Originalskizze) handeln.

## Einteilung der Maschinen

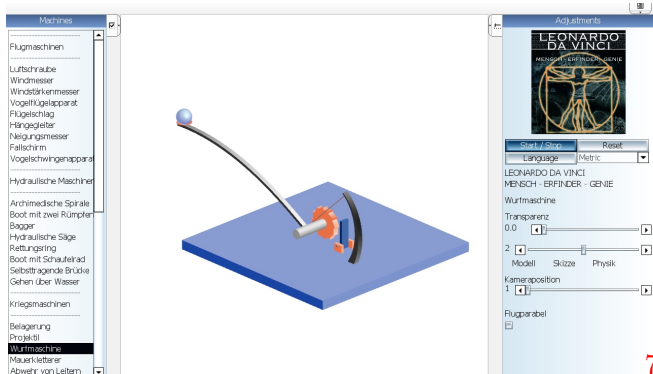
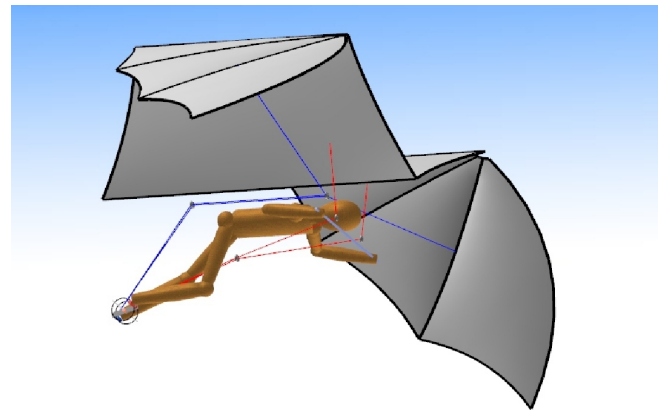


Abb. 7 zeigt einen Screenshot der Ausstellungsversion. In der linken Spalte kann man eine Maschine auswählen. Ob der Vielzahl der Maschinen wurde eine Einteilung der Maschinen in vier Gruppen vorgenommen: Flugmaschinen, hydraulische Maschinen, Kriegsmaschinen und zivile Maschinen. Das eben besprochene Hammerwerk fällt eindeutig in die Gruppe der zivilen Maschinen.

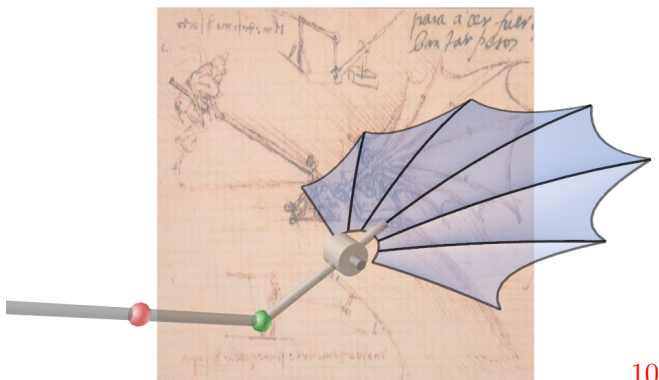
## Flugmaschinen



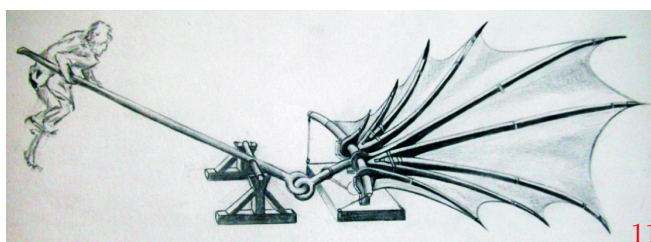
Der Anteil der zivilen Maschinen ist weitaus am größten. Trotzdem sind insbesondere Leonardos Flugmaschinen am populärsten. Tatsächlich träumte der Naturwissenschaftler sein Leben lang vom Fliegen, und er war zunächst ganz offensichtlich davon überzeugt, dass es der Mensch Ikarus gleichtun könnte (Abb. 8). Bei seinen Skizzen orientierte er sich am ehesten an den Flügeln der Fledermaus (Abb. 9).



Leonardo war klar, dass das Bewegen der Flügel einen enormen Kraftaufwand erforderte. Eine seiner Skizzen zeigt (in Abb. 10 hinter der Computeranimation durchscheinend, in Abb. 11 „reingezeichnet“ von Harald A. Korvas), mit welchen Gestängen er das menschliche Gewicht in den Antrieb einbringen wollte – hier liegt eine Kurbelschleife vor [WW70].



10



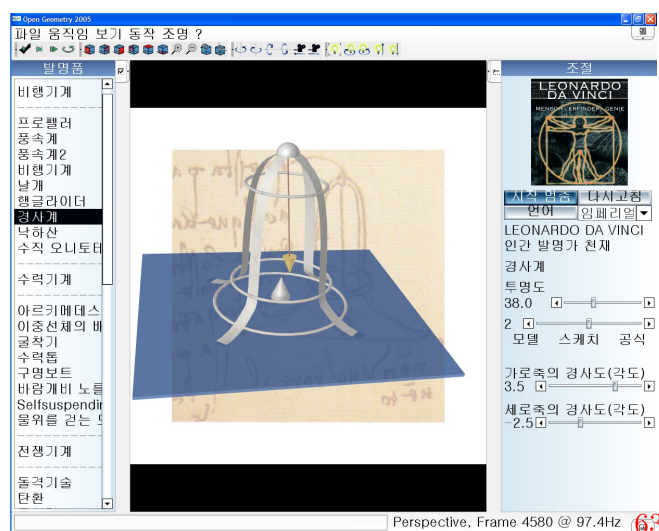
11

:  
 Weiterer Text siehe Originalpublikation  
 Informationsblätter der Geometrie (IBDG), Heft  
 2/2006, pp.32-45  
 :

## Zusammenfassung, Literaturhinweise

Die Beschäftigung mit den zahlreichen technischen Skizzen Leonardos ist nicht nur vom historischen, sondern auch vom geometrischen (und natürlich physikalischen bzw. technischen) Standpunkt aus lohnenswert. Didaktisch aufbereitet kann sie im Unterricht fächerübergreifend eingesetzt werden, vorzugsweise im Geometrie- bzw. Physikunterricht, u.U.

im EDV- oder Sprachunterricht – beim derzeitigen Stand der Software natürlich in Englisch, in weiterer Folge vielleicht aber in Italienisch, Spanisch oder Französisch. Abb. 63 zeigt einen Screenshot von der koreanischen Version der Software.



63

Die Entwicklung der beschriebenen Software wurde von [www.eventmarketing.com](http://www.eventmarketing.com) finanziell unterstützt, wo die entsprechende CD exklusiv erhältlich ist (Tel. 0043-1-714 77 88). Zusätzliches Material und eine kurze Bedienungsanleitung ist unter [www.uni-ak.ac.at/geom/leonardo](http://www.uni-ak.ac.at/geom/leonardo) zu finden. Das Softwarepaket enthält auch ein Büchlein mit dem Titel *Leonardo da Vinci: Mensch-Erfinder-Genie* von R. Fink. Zahlreiche Originalskizzen findet man weiters z.B. in [MC88] bzw. der unten angegebenen Zusatzliteratur.

Einige der vorgestellten Beispiele sind ausführlicher und mit begleitendem theoretischen Hintergrund in [GG06] und [GG07] aufbereitet. Neben der Software-Entwicklung an der Universität für angewandte Kunst gibt es neuerdings eine weitere am Markt erhältliche – getrennt entwickelte – Software [TZL06].

[GG06] G. Glaeser: *Der mathematische Werkzeugkasten*. Spektrum Verlag/Elsevier, Heidelberg, 2. Auflage 2006.

[GG07] G. Glaeser: *Geometrie und ihre Anwendungen in Kunst, Natur und Technik*. Spektrum Verlag/Elsevier, Heidelberg, 2. Auflage 2007.

[WW70] W. Wunderlich: *Ebene Kinematik*. Bibliographisches Institut Mannheim (Band 447/447a), 1970.

[MC88] M. Cianchi: *Die Maschinen Leonardo da Vincis*. Becocchi Editore, 1988.

[TZL06] M. Taddei, E. Zanon, D. Laurenza: Leonardo dreidimensional. Mit Computergrafik auf der Spur des genialen Erfinders. Belser, 2006

Weitere Informationen zu den Maschinen bzw. Zeichnungen Leonardos:

F. Zöllner: Leonardo da Vinci. Taschen Verlag, Köln, 2005

H. Grothe: Leonardo da Vinci. Erfinder und Konstrukteur. Reprint-Verlag-Leipzig, 2003

F. Fehrenbach: Leonardo da Vinci. Natur im Übergang. Beiträge zu Wissenschaft, Kunst und Technik. Fink Verlag 2002

Ein durchaus kritischer und lesenswerter Beitrag zum Leben und Wirken Leonardos findet sich in der Ausgabe 06/2006 der Zeitschrift GEO (pp.14-50).