

Kim H. Veltman

Leonardo da Vinci: Die Gesetze des Sehens und der Natur
Methode und Struktur in Leonardos Werk¹

Geschichte und Gesetz. Europäisches Forum Alpbach, 1989, Hrsg. Otto Molden, Vienna: Österreichisches College, (1990), pp. 566-572.

Die Notizbücher Leonardo da Vincis (1452-1519) zeigen, daß er hinsichtlich spezifischer Probleme systematisch arbeitete. Seine biologischen Studien konzentrieren sich auf die Bewegung: Fische im Wasser, Insekten und Vögel in der Luft, Tiere an Land hinsichtlich, Anwendungen auf menschliche Bewegungen: Schwimmen, fliegen und Laufen. Leonardos Studien des Menschen konzentrieren sich auf die Prinzipien der Anatomie. Einleitend schreibt er über die vier Naturkräfte (Gewicht, Kraft, Bewegung und Schlag/Erschütterung). Leonardos Interesse an den Sinnen richtet sich auf das Sehen und Hören, die er beide in bezug auf Schlag behandelt. Eine Analogie zwischen der menschlichen Nabelschnur und dem Samen leitet seine Studien der Fortpflanzung und der Botanik. Sein Studium der physikalischen Welt beinhaltet Karten und topographische Ansichten, konzentriert sich aber auf die vier Elemente, hauptsächlich Wasser, mit Hilfe dessen die Prinzipien der Bewegung am leichtesten zu visualisieren sind. Er macht zahlreiche Experimente diesbezüglich und schreibt eine Abhandlung darüber. Allmählich entwickelt sich ein Plan, eine Arbeit zur Kosmologie zu schreiben. Seine Studien über das Licht und das Sehen dienen als einleitende Kapitel. Der Zweck ist, zu zeigen, daß der Mond ein Planet ist wie die Erde.

Die Mehrzahl von Leonardos Notizen betrifft die vom Menschen gemachte Welt: geistig, konstruiert und dargestellt. Die geistige Welt beinhaltet Worte (Sprache), Zahlen (Arithmetik) und Diagramme (Geometrie). Er macht Listen von Vokabeln und Grammatik, schreibt Briefe und Notizen, sammelt Allegorien und Embleme, während sein literarisches Interesse Aphorismen, Anekdoten, Fabeln, Scherze und philosophische Erzählungen einschließt. Arithmetik interessiert ihn in bezug auf arithmetische Proportionen und grundlegende Gesetze der abaco-(Rechen-)Schule. Geometrie interessiert ihn in bezug auf Veränderungen der Form und die Gesetze, denen solche Veränderungen unterliegen. Die konstruierte Welt interessiert ihn in bezug auf Architektur, Mechanik und Instrumente. Praktische Angelegenheiten wie militärische Architektur und Waffen beschäftigen ihn. Hier steht er voll in der Tradition der Kunst-Ingenieure. Seine Originalität liegt in der Behandlung der Maschinen, Werkzeuge und Präzisionsinstrumente, wo er systematische Methoden des Experiments einführt.

Er kennt bereits 21 der von Reuleaux eingeteilten 22 Maschinen-Typen. Instrumente wie Waagen und Uhren verdeutlichen seine vier Naturkräfte. Sein Studium der mechanischen Welt führt ihn dazu, sich eine universelle Regelmäßigkeit der Natur zu denken, und die Technologie verschafft ihm so ein Modell für Wissenschaft.

Leonardos Studium der dargestellten Welt wird von denselben Interessen geleitet. Daher ist seine Kunst auch begründet auf Geometrie, Perspektive und Optik. Seine Malereien bieten Beispiele der vier grundlegenden Naturkräfte, während seine Porträts und

Karikaturen dieselben systematischen Spiele mit Variablen illustrieren, die seine Wissenschaft beherrschen.

(II) Durch mittelalterliche Denker wurde die Optik als Beispiel der mathematischen Wissenschaften angesehen. Leonardo kopiert die Anfangspassagen von Peckham und studiert Witelo. Die Optik wird zu einem Ausgangspunkt für einen systematischen Zugang zur Natur in Bezug auf Geometrie. Er schreibt sieben Bücher über Licht und Schatten. Er studiert punktförmige Diffusion, Abstufungen von Schatten, wie verschiedene Positionen von dazwischengestellten Objekten sich auf den Schatten auswirken, Experimente mit Lichtintensität, wie Lichtquellen und Objekte variierende Schatten in verschiedenen Distanzen produzieren. Er macht ähnliche Experimente mit zwei Stöcken, die sich in Kreuzform überlappen, und einer anderen Serie mit verschiedenen Öffnungen. Der *camera obscura* widmet er über 270 Illustrationen. Er studiert Öffnungen verschiedener Formen und experimentiert mit verschiedenen Farben von Licht und Schatten.

Parallel dazu sind seine Studien des Auges. Er macht Glasmodelle, um seine Prinzipien zu studieren. Er studiert einige optische Phänomene, die Euklid in seiner *Optik* diskutiert. Leonardo studiert auch Diplopia. Spiegel bilden ein anderes wichtiges Kapitel seiner optischen Studien. Hier spielen sowohl militärische als auch kosmologische Angelegenheiten eine Rolle. Optische Instrumente beschäftigen ihn ebenso, z.B. Linsenschleifer, Laternen, Brillen und ein Prototyp des Fernrohrs. Seine geometrische und instrumentenbezogene Behandlung der Optik schlägt das, was traditionellerweise ein Thema der Philosophie und Psychologie war, zum Reich der Mechanik, gibt dem Begriff visueller Wahrheit eine neue Bedeutung und führt ihn zu der Behauptung der Überlegenheit des visuellen Wissens gegenüber dem verbalen Wissen.

(III) Die Betonung des visuellen Wissens verdankt viel Leonardos perspektivischen Studien, die eng verknüpft sind mit seiner Arbeit über die Optik und die Feldmeßkunst. 1492 schreibt Leonardo eine 13seitige Abhandlung über Perspektive (*Manuskript A 36v-42v*). Eine genaue Analyse offenbart seine zugrundeliegende Methode. Perspektive bekommt für ihn eine Hauptbedeutung, weil sie (a) ein Mittel bietet, quantitative Transformationen bei visuellen Bildern aufzuzeichnen, und (b) ein Umkehrungsprinzip enthält, durch das man rückwärts die Originalsituation herausarbeiten kann. Leonardo beschreibt perspektivische Experimente. Diese wurden von Keele und Veltman wiederholt und befestigten seine Behauptungen, wie z.B. das Inversionsgesetz über Größe/Distanz der Perspektive. Bei vielen Gelegenheiten vertraut Leonardo auf Handzeichnungen. Dennoch werden Instrumente zur Aufzeichnung perspektivischer Bilder und zur Demonstration der zugrundeliegenden Prinzipien zunehmend wichtiger.

So entsteht eine Verbindung zwischen Konstruktionszeichnungen, Perspektive und Geometrie. Dies entwickelt sich, als Leonardo dreidimensionale Illustrationen der fünf regulären Platonischen Körper und andere fast reguläre Körper für Pacioli's *Divina proportione* herstellt. Das inspiriert eine wichtige Nürnberger Tradition und spätere Nachahmungen in Italien und Frankreich. Leonardos Studium der regulären Körper wird das Thema einer Abhandlung mit nummerierten Büchern und Propositionen (*Codex Forster I*). Perspektive und transformative Geometrie werden wie Schlüssel zum Verständnis aller Formen in der Natur und führen zu einem 'großen Werk' von 113 Kapi-

teln, das 33 verschiedene Arten der Transformation demonstriert. Ebenso wird die Perspektive mit den vier Kräften (Gewicht, Kraft, Bewegung, Schlag/Erschütterung) verbunden. Er gelangt zu der Überzeugung, daß das Pyramidengesetz, das der Perspektive zugrunde liegt, zugleich auf Licht, Hitze und andere Gebiete der Physik zutrifft.

(IV) Leonardos systematischer Zugang zur Natur ist auch in seiner Kunst belegbar. Seine Malereien beziehen traditionelle Themen verbunden mit dem Leben Christus', klassische Mythologien und Geschichte mit ein. Seine Behandlung dieser Themen vollzieht sich systematisch. Zum Beispiel offenbart das Studium der vorbereitenden Skizzen für die *Leda* eine Anwendung seiner Transformationsprinzipien auf verschiedene Posen. Die Untersuchung der Köpfe in seinen Bildern zeigt eine besondere Beschäftigung mit sich neigenden Köpfen. Eine Anzahl lehnt sich nach links, andere neigen sich nach rechts, als ob sie Spiegelversionen wären. Leonardos Methode wird noch offensichtlicher in seinen Zeichnungen von Köpfen. Eine Anzahl von diesen sind Porträts von Offiziellen, Kollegen und Schülern. Er plant bewußt systematische Variationen von Nasen und anderen Gesichtszügen bei Menschen, Tieren und Monstern. Diese Methoden sind in zahlreichen Zeichnungen von Grotesken illustriert. Dasselbe tut er mit Händen. Köpfe und Hände versorgen ihn so mit organischen Versionen der Transformationsgeometrie, die in den Köpfen und Händen der Apostel im *Abendmahl* gipfeln. Leonardos Schüler ihrerseits brauchten diese Methode, um weitere, oft weniger wirksame Transformationen und Kombinationen zu kreieren.

(V) Leonardos künstlerische Methoden beeinflussen auch seine Wissenschaft. Er entwickelt Seziermethoden, um zunächst das Ganze und dann Querschnitte der architektonischen Innenräume zu zeigen. Er gebraucht dieselbe Methode in seinen anatomischen Zeichnungen. Mit diesen verwandt sind seine Explosionszeichnungen. Er entwickelt eine vereinfachte Seziermethode, um wesentliche Stufen eines mechanischen Vorganges zu zeigen. Im Falle von Schrauben oder Getrieben illustriert er die Effekte verschiedener Größen und verschiedener Kombinationen der Teile. Während Zeitgenossen in der Künstler-Ingenieur-Tradition gewöhnlich Maschinen als ganze zeichnen, illustriert Leonardo Hauptaspekte ihres Ablaufs. Bei komplexen Instrumenten wie einer Uhr zeichnet er wenige musterhafte Zahnräder, womit er klarer die zugrundeliegenden, miteinbezogenen Prinzipien zu illustrieren vermag. Dieses Abstreifen der Außenschicht ist analog zu der Art, in der er den menschlichen Körper behandelt.

Gewicht und Gleichgewicht werden zu einem Hauptthema. Er weiß von Archimedes und studiert Jordanus von Nemore. Wieder einmal wendet er seine Methode des systematischen Spiels mit Variablen an. Er illustriert einige Fälle und faßt diese in einem Diagramm zusammen, das er hinterher woanders als eine fertige Illustration wiederzeichnet. Bei verschiedenen Gelegenheiten werden die miteinbezogenen Quantitäten angezeigt. Im *Codex Forster II* widmet er eine ganze Abhandlung diesen Problemen, wobei er jene, die er getestet hat, mit dem Wort "ausprobiert" anzeigt. Auffallend ist, wie er jede Variante einer Situation in Betracht zieht, während er ein universelles Gesetz zu begründen versucht. Was er nicht tut, ist, daß er seine Ergebnisse als abstrakte mathematische Formeln zusammenfaßt. Dennoch führt ihn sein quantitativer Zugang dazu, bei Gewichten, Gleichgewichten und Flaschenzügen neue Beispiele des Pyramidengesetzes zu erkennen, dem man zuerst in seinen Perspektivstudien begegnet.

Um 1508 wird dieses Pyramidengesetz, in Verbindung mit den vier Kräften, Thema einer größeren Abhandlung. Pacioli berichtet davon in der gedruckten fassung der *Divina proportione* (1509). Diese Abhandlung ist zur Zeit verloren. ,

(VI) Leonardo hatte eine wissenschaftliche Methode, an der er arbeitete, und scheint einige größere Abhandlungen beendet zu haben. Daraus folgt, daß die Notizbücher eher vorbereitende Entwürfe für größere Arbeiten als in sich Endprodukte sind. Um ihren Inhalt besser zu verstehen, muß man zwischen verschiedenen Manuskript-Arten unterscheiden. Einige Zeichnungen stehen direkt in der Tradition der KüstlerIngenieure und gipfeln in den Musterzeichnungen, die er braucht, um die Fürsten und andere Arbeitgeber zu beeindrucken. Die meisten dieser Zeichnungen sind im *Codex Atlanticus*. Dann gibt es Notizen, die er macht, während er reist. Zu Hause in Hailand macht er ebenfalls Arbeitsnotizen, in denen er Seiten von klassischen und mittelalterlichen Autoren kopiert oder deren Ergebnisse hinsichtlich militärischer Waffen zusammenfaßt. leonardo erweitert die Methode der Anfertigung verschiedener Entwürfe von Maschinen zu einer Demonstration ihrer zugrunde liegenden mechanischen Prinzipien.

Näheres Studium der Notizbücher offenbart, daß er ein bewußtes kombinatorisches Spiel mit Variablen entwickelt in Hinsicht auf Akustik, Optik, Geometrie und verschiedene Aspekte der Mechanik und Physik. Diese Listen sind umso faszinierender, weil er dieselben Prinzipien in den Kapitelüberschriften seiner Abhandlung über Wasser und andere Themen anwendet. Thematisch betrachtet offenbaren diese Manuskripte eine größere Ordnung als erwartet, und viele enthalten Abhandlungen, die sich noch in der Vorbereitung befinden, nämlich Über die Transformationsgeometrie, Perspektive und Malerei, Licht und Schatten, Optik, Wasser, Hydraulik, Gewicht und Gleichgewicht, Flug des Menschen und Vogelflug. In vielen fällen sind die Diagramme in ihrer Folge numeriert. In einigen fällen finden wir numerierte Bücher und Propositionen.

So wird sichtbar, daß diese scheinbar verschiedenen Themen alle Aspekte seines großen Werkes über die Elemente der Maschinen sind, wo Geometrie und Perspektive als Ausgangspunkte seiner Theorie der vier Kräfte in Verbindung mit den vier Elementen dienen. Diese Arbeit über die Prinzipien der Natur führt ein in seine Abhandlungen über die Struktur der Natur: die Anatomie des Menschen (Mikrokosmos) und die Kosmologie (Makrokosmos) und wird vervollständigt durch seine Abhandlung über die Prinzipien der Darstellung (*Traktat über die Malerei*). Deshalb gibt es eine verborgene Struktur in Leonardos Zugang. Seine Universalität liegt nicht in dem Versuch, alles zu tun, sondern vielmehr in der bewußten Konzent~ierung seines Studiums auf wenige universelle Prinzipien.

¹ Für die sorgfältige Übersetzung vom Englischen ins Deutsche bedanke ich mich herzlich bei Nicole Paefgen und Michael Sukale.