

Werk

Titel: Leon Baptist Alberti's technische Schriften

Autor: Winterberg

Ort: Berlin; Stuttgart

Jahr: 1883

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?487700287_0006|log112

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Leon Baptist Alberti's technische Schriften.

Von Dr. Winterberg.

Unter den Männern, welche um die Entwicklung der Renaissance nicht bloss durch praktisches Vorbild, sondern zugleich durch Feststellung ihrer wissenschaftlichen Fundamente sich dauerndes Verdienst erworben, gebührt Leon Baptist Alberti ohne Zweifel um so mehr eine Stellung, als er bekanntlich einer der Ersten war, die in dieser Richtung mit Erfolg gearbeitet. Statt der bisher in der Malerei herrschenden Willkürlichkeit der Darstellung hat er die Gesetze der Perspective zum ersten Male in präzise Form gefasst, in allgemeinstem Sinne anzuwenden gelehrt, und die Fehlerhaftigkeit des bisher gebräuchlichen Verfahrens, die Tiefen- und Höhenmaasse nach der sog. proportio sesquialtera zu bestimmen widerlegt. Alberti's Leistungen sind wesentlich praktischer Natur, und er vertritt insofern den einzig rationellen Standpunkt in der Wissenschaft, die aus der Praxis immerfort neue Probleme entnimmt, um durch diese ihrerseits zu neuen Resultaten zu gelangen. Deshalb kommt es bei der Beurtheilung seiner selbständigen Leistungen weniger auf diejenigen seiner zahlreichen hinterlassenen Werke, die, wie sein Werk über Perspective im Wesentlichen nur die damals allgemein angenommenen, zum grössten Theil dem Alterthume entlehnten optischen Theorien reproduciren, sondern vorzugsweise auf solche an, die in mehr oder weniger engem Zusammenhang mit der künstlerischen Praxis stehende wissenschaftliche Probleme nach eigener Ueberlegung behandeln. Unter diesen aber sind vier hauptsächlich einer näheren Beachtung werth:

1) *Elementa picturae*, zum ersten Male italienisch, jedoch ohne Commentar des sachlichen Inhalts, mit Zugrundelegung des Textes vom Florentiner Codex, herausgegeben von Girolamo Mancini, Cortona 1864.

2) *Imago Romae*, zum Theil publicirt in de Rossi's Jubiläumsschrift: »*Piante di Roma*«, Roma 1878, wovon ein Manuscript auch in der *Bibl. Chigi* erhalten.

3) *Piacevolezze matematiche*, in mehreren älteren Ausgaben des Florentiner Codex vorhanden.

4) *Trattato de' pondi e lieve*, bisher noch unedirt, da das Fehlen der

Zeichnungen das Verständniss des Textes an vielen Stellen unmöglich macht. Der in der Chigienser M. VII, 149 befindliche, für das Folgende benützte Codex enthält auf 22 Folien, jede mit dem für die Zeichnungen freigelassenen Raume, 42 Aufgaben aus der Mechanik. Der Text ist vollständig und, von einigen Unklarheiten abgesehen, vollkommen lesbar.

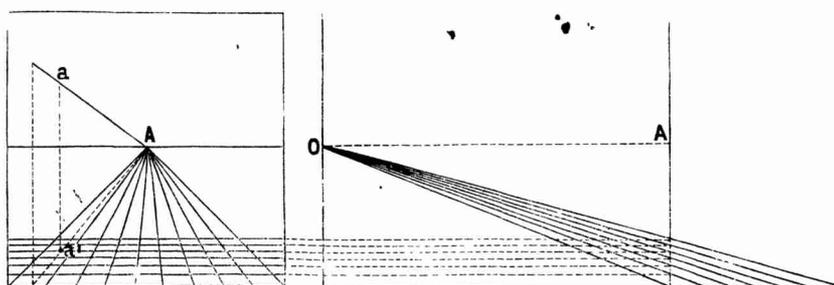
Das Folgende hat den Zweck, durch Erörterung des Inhalts der genannten Schriften die wissenschaftlichen Verdienste Alberti's kurz zu charakterisiren und dadurch einen Beitrag zur Beurtheilung seiner Bedeutung als Begründer und Förderer der neueren Kunstbestrebungen zu liefern.

Die erstgenannte Schrift steht offenbar der künstlerischen Praxis ihrem Inhalt nach am nächsten, denn sie enthält eine Reihe von Elementaraufgaben aus der Linear-Perspective zur Uebung der in diesem damals noch neuen Constructionsverfahren und der praktischen Anwendung geometrischer Sätze in der Malerei wenig bewanderten Künstler. Die Anwendung der von Alberti selber erfundenen, heutzutage durch bequemere ersetzten Methode erforderte zur Erzeugung eines richtigen Bildes die genaue Kenntniss der Dimensionen der darzustellenden Objecte, oder mit andern Worten einen geometrischen Grund- und Aufriss derselben. Diese sich zu verschaffen waren aber in den Fällen, wo es sich um die Darstellung complicirterer Formen, z. B. um die naturgetreue Wiedergabe einer ganzen Gegend handelt, die bisherigen Methoden nicht genügend, und es blieb Alberti's Erfindungsgeist somit überlassen, diesen Mangel zu ergänzen. Das Problem, ein möglichst correctes Bild von Rom und seinen Monumenten herzustellen, hat so jene theoretisch durchaus richtigen, wenn auch den Anforderungen der Gegenwart hinsichtlich der Genauigkeit sowohl wie auch der Kürze des Verfahrens nicht mehr entsprechenden Grundlagen einer rationellen Territorialvermessung ins Leben gerufen, wo zum ersten Male die Idee einer Anwendung der Coordinatentheorie in der praktischen Geometrie zu Grunde gelegt wird. Zur Bestimmung der Profilverhältnisse ergibt sich andererseits ein heutzutage jedem Feldmesser bekannter, damals völlig neuer Cyclus von Aufgaben, die man als Fundamente der praktischen Geometrie betrachtet, deren Lösung den Inhalt des dritten Schriftstücks bildet. Dass von da kein allzuweiter Schritt zu der Nachforschung über die zweckmässigste Construction der Instrumente und damit auf das Gebiet der Mechanik war, bedarf keines besonderen Nachweises. Leider ist die zuletzt genannte Schrift, welche sich vorzugsweise auf die Nutzbarmachung der Hebelgesetze behufs Kraftersparniss bei Maschinen zum Heben und Transport von Lasten beziehen, mit den vorerwähnten Mängeln behaftet und darum für den vorliegenden Zweck im Vergleich mit den übrigen von untergeordnetem Werth.

Die erste der genannten Schriften hat wie bemerkt einen Cyclus von Aufgaben aus der Perspective zum Inhalt, deren Lösung indessen nicht gegeben, sondern in jedem einzelnen Falle dem Künstler oder Lernenden selber überlassen bleibt. Die Mehrzahl der Aufgaben ist nämlich so allgemein gehalten, dass jede einzelne als Repräsentant einer ganzen Reihe concreter Fälle betrachtet werden muss.

Die Lösung erfolgt jedoch bei allen nach dem nämlichen Princip unter

Anwendung des von Alberti in seinem Trattato della pittura¹⁾ ausführlich beschriebenen perspectivischen Quadratnetzes, dessen Form die nachstehende Figur kurz reproducirt, welche die Bildfläche repräsentirt, wo A der Augpunkt, und die nach ihm convergirenden Graden den zur Bildebene Senkrechten in der Grundfläche entsprechen, während die zur Grundlinie Parallelen die aus dem nebenstehenden Fluchtmaassstabe übertragenen, bekanntlich nach harmonischem Verhältniss abnehmenden Distanzen angeben, welche den in gleichen Intervallen hinter der Bildfläche in der Grundebene liegenden Punkten



entsprechen, so dass man unmittelbar aus dem Netz die Lage jedes in der Grundebene gelegenen Punktes durch Abgreifen der bezüglichen Breiten- und Tiefennetze bestimmen kann. Lief der Punkt aber über der Grundebene, so ergibt sich, wenn a' die Horizontalprojection des Punktes ist, die dritte Coordinate und damit das Bild des Punktes a selbst, nach bekanntem Constructionsverfahren auf Grund ähnlicher Dreiecke wie in Figur angegeben. Dies Verfahren unterscheidet sich also, wie Herr Ludwig in seinen Anmerkungen zu Leonardo da Vinci durchaus richtig bemerkt, von dem heutigen der Benutzung von Distanzpunkten durch nichts als dadurch, dass, während man jetzt sich das Bild eines Punktes in der Grundebene als Durchschnitt von Seite und Diagonale eines Quadrats construirt, als dessen Ecke der fragliche Punkt betrachtet wird, die damalige Methode ihn als Durchschnitt der beiden Seiten bestimmt.

Es hat dies ältere Verfahren, beiläufig bemerkt, seine praktischen Vortheile. Denn die Construction ist nicht nur ebenso einfach, sondern macht die Hilfslinien in der Bildfläche selber überflüssig, sofern man die entsprechenden Maasse der Coordinaten aus dem Fluchtmaassstabe entnehmen und in den ihnen entsprechenden Richtungen im Bilde direct auftragen kann. Das Quadratnetz aber erleichtert dem in seiner Anwendung geübten Künstler den Ueberblick über die Lage und Gruppierung der Gegenstände und ihrer perspectivischen Verhältnisse bei einer gewissen Anordnung, ohne dass es nöthig, dieselben zu construiren, wie es ohnehin bei Anwendung dieses Auskunftsmittels unvermeidlich wäre, denn der ausübende Künstler wird, um nicht Unnatürliches

¹⁾ Cfr. Quellschriften, Alberti ed. Janitschek und Anmerkungen zu Leonardo da Vinci ed. Ludwig S. 182 ff.

zu produciren, alle Verhältnisse zuerst der Wirklichkeit anzupassen und sodann in die Bildfläche zu übertragen genöthigt sein. Jene angenäherte Schätzung wird natürlich um so richtiger, je enger die durch das Quadratnetz gegebenen Grenzen, innerhalb deren das Bild des fraglichen Punktes liegen muss, je kleiner somit die als Maasseinheit für die Eintheilung des Netzes angenommene Seitenlänge des Quadrats ist. Die Genauigkeit derselben hängt aber kaum weniger von der durch fortgesetzte Anwendung des Mittels zu erreichenden Gewöhnung des Auges ab, die Gegenstände perspectivisch zu sehen. Indem der Künstler sich gewöhnt, das Quadratnetz zur Controlle für die Richtigkeit seiner Zeichnung zu benützen und etwaige Fehler darnach zu verbessern, wird er allmählich die Fähigkeit erlangen, perspectivisch richtige Bilder ohne anderweitige Constructionen als die einiger zur Bestimmung des allgemeinen Arrangements als Anhalt dienender Punkte zu entwerfen.

Die einem gewissen Theodorus gewidmete Aufgabensammlung beginnt als Einleitung mit einigen Definitionen geometrischer, Euklid entlehnter Grundbegriffe. An sie schliessen sich andere, ausschliesslich dem Gebiet der Perspective zugehörige Bezeichnungen, die, weil sie zum ersten Male von Alberti angewandt worden, des Verständnisses wegen hier kurz erwähnt seien. »Concentrische Fläche« wird die, einen Körper begrenzende Fläche in derjenigen Lage gegen die Bildebene genannt, wo sie so gross erscheint, wie sie bei nicht verändertem Stand des Auges überhaupt erscheinen kann, was nur möglich, wenn sie der Bildebene parallel ist, oder mit ihr zusammenfällt. »Verkürzt« (comminuta) dagegen wird sie in jeder andern Lage genannt, wo das Bild in einem bestimmten Verhältniss kleiner erscheint. »Perspectivisch gleich« (coaequalis) werden zwei Flächen genannt, die, von einem gewissen Standpunkt betrachtet, gleich gross erscheinen, also von demselben Gesichtswinkel eingeschlossen werden, wie Bild und Gegenstand. Die Aufgaben enthalten, wie erwähnt, die einfachsten Anwendungen aus der Linearperspective. Beiläufig sei bemerkt, dass die Abweichungen des Florentiner und des Vaticanischen Codex in sachlicher Beziehung so unwesentlich sind, dass sie für den vorliegenden Zweck kaum in Betracht kommen²⁾. Die fast wörtliche Wiederholung des Textes der in fünf Abschnitte gegliederten Aufgaben

²⁾ Die Ordnung der Aufgaben variirt in beiden Manuscripten an verschiedenen Stellen. Es fehlen im Vaticanischen Codex durchweg die Ueberschriften der fünf Abtheilungen. Ferner fehlen darin folgende Aufgaben des Florentiner Codex:

I. Abtheilung, Aufgabe:

21. Proportionalem aream quota sui parte minorem exscribere.

22. Minorem intra concentricam proportionalem aream rectilineam punctum commensuratum annotare.

23. Dem Sinne nach analog mit XXV des Cod. Ottob.

24. Punctum commensuratum extra concentricam rectilineam proportione minorem inscribere.

25. Circumcludere aream rectilineam proportione minorem alteri istiusmodi rectilinea minore.

IV. Abtheilung, Aufgabe:

wie ihren elementaren Inhalt, dessen Zweck im Wesentlichen auf nichts weiter hinausgeht, als den Künstler in der Anwendung der einfachsten perspectivischen Constructionen zu üben, wolle man der damals neuen Theorie und dem in ihrem Gebrauch noch wenig erfahrenen künstlerischen Publikum zu Gute halten. Diesem Zwecke entsprechend beginnen dieselben mit den einfachsten Fällen, um von da zu den in der malerischen Praxis am meisten vorkommenden Elementarconstructionen überzugehen.

Sie sind, vom rein geometrischen Standpunkte betrachtet, im Wesentlichen Aufgaben des Euklid in perspectivischer Uebertragung. Mit der bekannten geometrischen Lösung dieser Probleme findet sich die entsprechende perspectivische Lösung unter Anwendung der Fluchtmaassstäbe oder des Quadratnetzes. Die ersten drei Abschnitte beziehen sich wie die Ueberschrift in dem, dem Folgenden zu Grunde gelegten Florentiner Codex besagt, ausschliesslich auf »concentrische« Lage von Bild und Gegenstand. Erst die beiden letzten behandeln den allgemeineren Fall nicht paralleler Lage der darzustellenden Figur mit der Bildfläche. Die jedem Abschnitt zugehörigen Aufgaben gliedern sich, sofern ihre Lösung nach dem nämlichen Princip mit nur geringen Modificationen erfolgt, wieder in eine Anzahl Gruppen, von denen der allgemeinen Orientirung wegen die wichtigsten im Folgenden kurz erläutert sind. Die Vereinfachung, welche sich durch die in den drei ersten Abschnitten vorausgesetzte Parallelität der Bildebene mit der darzustellenden Figur ergibt, besteht darin, dass, wie bekannt, in diesem Falle dasselbe Verhältniss, welches zwischen den einzelnen Theilen der darzustellenden ebenen Figur herrscht, sich auch auf ihr Bild überträgt, so dass man, nachdem ein Punkt desselben bekannt, die ganze Figur auf Grund bekannter geometrischer Sätze über Aehnlichkeit und Proportionalität direct construiren kann; wenn man, wie vorausgesetzt wird, die entsprechenden Verhältnisse der darzustellenden Figur selber kennt. Die drei ersten Abschnitte sollen daher im Grunde zu nichts als dazu dienen, dem Künstler diese Sätze ins Gedächtniss zu rufen und dieselben für seine Zwecke anwenden zu lehren.

Der erste Abschnitt trägt nach dem Florentiner Codex die Ueberschrift: *De ratione prescribendi componendique lineas angulosque et superficies*, die

11. *Et in data proportionali minore comminuta angulari rectilinea punctum commensuratum annotare.*

Dagegen fehlt im Florentiner Codex:

I. Abtheilung:

Linea sexta. *Datis pluribus lineis quae a diversis punctis protractae sint alteri alteram equalem reddere.*

Linea septima. *Data linea recta et dato extra ipsam hanc lineam puncto ducere isto ipso a puncto alteram lineam equidistantem priori.*

Linea octava. *Datum angulum in duas partes equales dividere.*

In III. Abtheilung, Aufgabe 3 fehlen die Worte: »dato circulo«.

Ferner hat der Cod. Ottob. ausser dem Text des Florentiner Codex in Aufgabe 8 den Zusatz: »ex quo in ea flexilinea concentrica angulari alteram istiusmoti arcum circumcludas«.

sich, wie der weitere Zusatz lehrt, auf gradlinige »concentrische« Figuren bezieht.

Die Aufgaben lassen sich in fünf Gruppen unterscheiden. Die erste umfasst die von 1 bis 6 und handelt über Punkte und Linien, deren Theilung, Verlängerung und Verkürzung. Die zweite über die Lage zweier Linien gegen einander, Parallelität und Rechtwinkligkeit, umfasst die Nummern 7 und 8. Die dritte handelt von der Darstellung geschlossener gradliniger Figuren und enthält die Aufgaben 9 bis 11 und 21. Die vierte enthält die perspectivische Darstellung von Punkten und Figuren die zu einander in bestimmter Beziehung stehen. Dazu gehören die Nummern 12, 14, 17, 19, 22, 24. Die fünfte betrifft denselben Gegenstand bezüglich zweier ebenen Figuren, deren Verhältnis zu einander bekannt. Sie umfasst die Aufgaben 13, 15, 16, 18, 20, 23, 25.

Die erste Gruppe beginnt mit den Elementen: »zwei Punkte durch eine grade Linie zu verbinden«. Da der Voraussetzung nach die Linie »concentrisch«, d. h. parallel zur Bildfläche liegt, so genügt, um das Bild derselben zu erhalten, die Construction des Bildes eines von beiden Punkten mittelst Fluchtmaassstab oder Quadratnetz. Von diesem eine Parallele zur gegebenen Linie $a b$ ergibt die Richtung des Bildes, dessen Länge $a' b'$, wenn d die Augendistanz, δ den Abstand der Bildebene von der Ebene bezeichnet, worin $a b$

enthalten; aus der Proportion folgt: $a' b' = \frac{a b \cdot d}{d + \delta}$. Analog sind die übrigen

auf Theilung, Verlängerung oder Verkürzung einer Linie um einen aliquoten Theil von sich bezüglichen Aufgaben zu lösen. Dasselbe einfache Princip der Lösung findet bei der folgenden Gruppe Anwendung. Da alle Winkel am Bilde unverändert bleiben, so hat man nur durch das Bild ihres Scheitels Parallelen zu den Schenkeln zu ziehen. Das Gleiche gilt für die dritte Gruppe. Man braucht, um das Bild einer geschlossenen Figur zu construiren, nur von dem einen ihrer Eckpunkte Parallelen zu den entsprechenden Seiten der Figur zu ziehen, deren Länge sich nach der vorherigen Proportion ergibt, und dasselbe Verfahren wiederholt an jedem neuen Eckpunkt anzuwenden. Die vierte und fünfte Gruppe kann eigentlich schon als eine einzige aufgefasst werden, sofern das gleiche Verfahren bei der Lösung zur Anwendung kommt. Um z. B. Aufgabe 12 zu lösen: »In eine »concentrische« ebene Figur einen bestimmten Punkt zu verzeichnen« hat man das Bild der Figur wie vorher zu bestimmen, dann findet sich das des Punktes, indem man seine Abstände von zwei Ecken der Figur nach der vorher angegebenen Proportion construirt, als deren Durchschnitt sich dasselbe ergibt. Hat man statt des Punktes eine ganze Figur in die zuerst verzeichnete einzubeschreiben, deren Lage zu jener gegeben, z. B. dadurch, dass ihre Seiten denen der andern parallel laufen sollen, so unterscheidet sich das weitere Verfahren in nichts von dem früheren.

Dem folgenden Abschnitt mit der Ueberschrift: »De ratione subducendi, scribendi similes faciendi lineas et superficies angulares« liegt dem vorhergehenden Zusatz »quae circa flexilineas concentricas« zufolge dieselbe Voraussetzung wie vorher zu Grunde. Hierbei muss bemerkt werden, dass der vorausgegangenen Definition zufolge unter krummen Linien und von solchen begrenzten

Flächen hier stets nur Kreisbögen und Theile von Kreisflächen oder ganze Kreise zu verstehen sind, was durch den heutzutage etwas sonderbar klingenden Zusatz motivirt wird: »Nam coeleas quidem et columnarum conicarumque sectionum lineas pictor non habet, qui imitetur nisi flexarum rationibus et adminiculis.« Der Abschnitt zerfällt, dem vorigen analog, in fünf Gruppen von Aufgaben: die erste umfasst die Nummern 1 bis 3 und bezieht sich auf die Darstellung von Kreisbögen und Punkten. Die zweite, Aufgabe 4, die Darstellung ähnlicher Bögen, die dritte, Aufgabe 5 bis 7 geschlossene von krummen Linien theilweise begrenzte Figuren, die vierte 8 bis 13 von krummen Linien ganz oder theilweise begrenzte Figuren und Punkte, deren Lage relativ zu jenen bekannt, die fünfte endlich mehrere Figuren derselben Art, die zu einander in bekannter Relation stehen. Diese Eintheilung der Aufgaben entspricht, wie hieraus hervorgeht, vollständig der des ersten Abschnittes. Da die Bilder von Kreisen oder Kreisbögen bei der vorausgesetzten »concentrischen« Lage sich ebenfalls als Kreise herausstellen, so unterscheidet sich das Princip der Lösung in nichts von dem vorher auseinandergesetzten. Dasselbe gilt hinsichtlich des dritten Abschnitts, dessen Inhalt die Ueberschrift andeutet: »De ratione scribendi semicirculos et circulos compares concentricos atque commensuratos.« Er gliedert sich in drei Gruppen. Die erste enthält die Aufgaben 1 bis 5 und behandelt die Darstellung einzelner Kreislinien und mehrerer solcher, die zu einander in bestimmtem Verhältniss stehen, z. B. vielfache oder aliquote Theile von einander sind. Die zweite enthält die Nummern 6 bis 11 und behandelt von Kreislinien begrenzte Figuren und Punkte, deren relative Lage zu jenen bekannt. Die dritte umfasst die Darstellung mehrerer solcher Figuren, deren gegenseitige Lage durch das Verhältniss ihrer Seiten gegeben. Von eingehenderer Erläuterung dieser Fälle kann hier um so mehr Abstand genommen werden, als ihre Lösung, wenn sie für Kreisbögen und Theile von Kreisflächen bekannt, für ganze Kreise und Kreisflächen dieselbe bleibt.

Der vierte und fünfte Abschnitt beschäftigen sich mit dem gleichen Gegenstande wie die drei früheren mit dem Unterschiede, dass statt »concentrischer« Lage von Gegenstand und Bild der allgemeinere Fall »verkürzter« Bilder betrachtet wird. Den Inhalt der vierten gibt die Ueberschrift an: »De ratione scribendi areas rectilineas comminutas intra rectangulas atque concentricas.« Derselbe gliedert sich in drei Gruppen, die erste enthält die Aufgaben 1 bis 3, 5 und 7 und behandelt die Fälle, wo von zwei einander in- oder umbeschriebenen gradlinigen Figuren die eine »concentrisch«, die andere »verkürzt« erscheint. Die zweite umfasst die Nummern 4, 6, 10, 11 und behandelt die Darstellung von Punkten und »verkürzten« Figuren, deren relative Lage bekannt. Die dritte enthält die Fälle, wo statt einzelner Punkte ebene Figuren gegeben sind, deren Verhältniss zu den erstgenannten Figuren bekannt, z. B. jenen ähnlich und im bestimmten Verhältniss grösser oder kleiner sind; und ebenfalls »concentrisch« oder »verkürzt« erscheinen können. Dazu gehören die Aufgaben 8, 9, 12, 13. Die Methode der Lösung besteht darin, dass man sich das Bild einer der gegebenen Figuren mittelst Fluchtmaassstab oder Quadratnetz construirt, wozu, wenn die Figur regelmässig, in

vielen Fällen schon die Bestimmung des Bildes eines Punktes genügt, während die übrige Construction nach bekannten geometrischen Gesetzen vor sich geht. Die Aufgabe 1: »In eine beliebige »concentrische« gradlinige Figur eine ebensolche »verkürzte« der gegebenen perspectivisch gleiche zu beschreiben, wird, den einfachsten Fall eines Quadrats in »concentrischer« Lage vorausgesetzt, dessen Seite parallel zur Grundlinie der Bildfläche in der Grundebene selber liegt, bekanntermassen dadurch gelöst, dass man mittelst des Fluchtmaassstabes das Bild eines Punktes construirt, danach das des Quadrats nach Abschnitt 1 bestimmt, und sodann dasjenige des »verkürzt« erscheinenden Quadrats, dessen Grundlinie der Einfachheit wegen mit der des andern zusammenfallen möge, während die ganze Figur in der Grundebene liegt, dadurch erhält, dass man auf den beiden Fluchtlinien von den Ecken jener nach dem Augenpunkt die Seitenlänge mittelst des Tiefenmaassstabes abträgt. Dasselbe Verfahren überträgt sich selbstredend auf die complicirteren Fälle. Hinsichtlich der zweiten Gruppe bleibt das Princip unverändert. Wenn z. B. Aufgabe 4 verlangt wird: »In eine verkürzte, gradlinige Figur einen bestimmten Punkt einzuzeichnen, so verzeichne man zuerst den Punkt geometrisch in die Figur, deren Bild zu bestimmen, und übertrage ihn sodann unter Anwendung der zur Abkürzung des Verfahrens dienenden geometrischen Hülfsätze in die Bildebene.« Es sei der Einfachheit wegen die Figur ein Quadrat oder Rechteck, der Punkt der Mittelpunkt, so vereinfacht sich die Construction dadurch, dass man ihn als Durchschnitt der Diagonalen sowohl des gegebenen Quadrats als seines Bildes betrachten und danach ohne Weiteres bestimmen kann, nachdem das letztere auf bekannte Art construirt. Aehnliche Vereinfachungen werden sich bei allen regelmässigen Figuren zur Abkürzung des Verfahrens ergeben. Auch bei der dritten Gruppe ändert sich die Methode nicht. Aufgabe 8 z. B. verlangt: »Eine Figur zu construiren, die einer gegebenen gradlinigen »verkürzten« ähnlich, aber um einen aliquoten Theil derselben grösser ist.« Wenn zur Vereinfachung wieder ein Quadrat angenommen wird, dessen Fläche die vierfache, dessen Seite somit das Doppelte der Seite des kleinern ihm ähnlichen Quadrats beträgt und man beide in der Grundebene derart annimmt, dass ein paar Seiten parallel zur Bildfläche und zugleich beide concentrisch liegen (diesen Ausdruck im gewöhnlichen Sinne genommen), so wird die Aufgabe einfach dadurch gelöst, dass man das Bild des grössern Quadrats auf bekannte Art construirt, die Diagonalen zieht, auf eine der zur Bildfläche parallelen Seiten von der Mitte aus rechts und links $\frac{1}{4}$ ihrer Länge abträgt, von den so erhaltenen Punkten Fluchtlinien zum Augenpunkt zieht und die Schnittpunkte dieser und der Diagonalen verbindet.

Der fünfte Abschnitt enthält wesentlich dieselben Probleme wie der vorige bezüglich krummer Linien, d. h. Kreisbögen und von solchen begrenzter Figuren. Er gliedert sich demgemäss ebenso in drei Gruppen. Die erste, die Nummern 1 bis 5 und 7 enthaltend, beschäftigt sich mit der gegenseitigen Ein- und Umschreibung krummlinig, oder krummlinig und gradlinig begrenzter Figuren, der zweite, die Aufgaben 6, 8, 9 enthaltend, mit der Darstellung eines gegebenen Punktes innerhalb oder ausserhalb einer krummlinig begrenzten

Figur, der dritte endlich aus 10, 13, 14 bestehend, behandelt die Ein- oder Umschreibung solcher krummlinig begrenzter Flächen, wovon die eine in einem bekannten Verhältniss zur andern steht, z. B. um einen aliquoten Theil grösser oder kleiner ist. Die Lösung geschieht auf Grund der durch den vorigen Abschnitt bekannten, auf gradlinige Figuren bezüglichen Methoden, indem man sich jede Kreisfläche oder Theile derselben durch gradlinige regelmässige Figuren umschlossen, oder solche umschliessend denken und dadurch die Bilder der beiden gemeinschaftlichen Punkte auf bekannte Art bestimmen kann. Wenn man auf diese Art die Hauptpunkte einer Kreislinie oder Fläche, deren Bild bei »verkürzter« Lage bekanntlich eine Ellipse ist, bestimmt hat, so kann man die Zwischenpunkte dieses Skeletts nach freiem Gefühl durch einen zusammenhängenden Linienzug verbinden. Es möge als Beispiel aus der ersten Gruppe Aufgabe 2 dienen: »Eine »verkürzte« Kreisfläche in eine rechtwinklige »concentrische« einzuschliessen.« Die letztere sei der Einfachheit wegen ein in der Grundebene gelegenes Quadrat, dessen Seite in der Grundlinie der Bildebene. Man construirt das Bild des Quadrats nach vorheriger Methode und ebenso die Diagonalen und Mittellinien, die eine parallel zur Grundlinie, die andere durch den Durchschnitt der Diagonalen nach dem Augenpunkt. Dadurch erhält man vier Durchschnittspunkte auf den Seiten der Figur, welche zugleich dem Bilde des dem Quadrat einbeschriebenen Kreises oder der Ellipse angehören, deren grosse und kleine Axe ihre Verbindungslinien bilden. Als Beispiel der zweiten Gruppe sei Nr. 6 erwähnt: »In eine »verkürzte« Kreisfläche einen gegebenen Punkt einzuzeichnen.« Wenn der Einfachheit wegen vorausgesetzt wird, der fragliche Punkt sei der Mittelpunkt des Kreises, dessen Bild bekannt, so hat man das Centrum der Ellipse nach euklidischen Elementarsätzen ohne perspectivische Construction ganz auf die der Bestimmung des Kreiscentrums analoge Weise mittelst paralleler Sehnen geometrisch zu bestimmen. Von der dritten Gruppe sei der Fall, Aufgabe 10, erwähnt: »Eine »verkürzte« Kreisfläche zu beschreiben, die in einem bestimmten Verhältnisse grösser ist« (als eine andere gleichfalls gegebene verkürzte Kreisfläche). Es sei wiederum die eine das Vierfache der andern, ihr Radius somit doppelt so gross als der des letzteren und beide liegen concentrisch in der Grundebene. Denkt man sich beide durch Quadrate mit je zwei zur Grundlinie parallelen Seiten umschlossen und deren Diagonalen und Mittellinien gezogen und bestimmt nach dem vorher besprochenen Fall der letzten Gruppe des vorherigen Abschnitts die Bilder derselben, so erhält man auf diese Art in den entsprechenden Durchschnittspunkten der Bilder der Mittellinien und Seiten der Figuren je 4 Punkte, welche zugleich den Bildern der beiden Kreislinien angehören, während die bezüglichen Verbindungslinien die grossen und die kleinen Axen der Ellipse darstellen, als welche ihre Bilder erscheinen.

Die angeführten Beispiele mögen zur allgemeinen Orientirung über den Inhalt des ganzen Cyclus genügen. Es sind, um den Umfang der vorliegenden Arbeit nicht allzusehr auszudehnen, nur die einfachsten Specialfälle herausgehoben, welche bei der allgemeinen Fassung der Probleme überhaupt noch in Betracht kommen. Bei Weitem die Mehrzahl der sonst noch darin ent-

haltenen Fälle wird complicirter Art, so dass, der offenbaren Absicht des Verfassers entsprechend, dem Lernenden dadurch es möglich wird, unter fortwährender Controlle vom Leichterem allmählich zu complicirteren Constructionen übergehend, unter Benützung aller derjenigen Hilfsmittel, welche die Elemente der Geometrie dabei gewähren, nach und nach jene Leichtigkeit und Freiheit in der Composition zu erlangen, welche trotzdem niemals die Wirklichkeit verletzt. In der rationellen Erziehung des Auges diesem Zwecke entsprechend und dem dadurch erlangten schnelleren sicheren Blick, besteht der Hauptsache nach offenbar das Geheimniss, welches die Künstler der Renaissance so hoch über spätere Zeiten stellt. Dieses aber zum ersten Male angeregt und die Fundamentalaufgaben der Perspective in systematischer Folge organisch entwickelt, der künstlerischen Praxis nahe gebracht zu haben, muss als besonderes Verdienst Alberti's betrachtet werden. Der vorstehend besprochene Aufgabencyclus hat zur Förderung dieser Absicht gewiss nicht unwesentlich beigetragen.

Nicht so unmittelbaren Einfluss auf die Entwicklung der Malerei, wenn auch noch immer nahen Zusammenhang, zeigt die zweite Schrift, wovon ausser dem Codex in der Chigiana zu Rom, ein anderer in der Marciana zu Venedig existirt. Dem letzteren sind die Mittheilungen de Rossi's in seinem *Piante di Roma* *) entnommen. Die Abweichungen beider sind in sachlicher Beziehung so unwesentlich, dass von einer speciellen Angabe hier abgesehen wird. Ebenso muss von einer Untersuchung, ob der Plan und die Beschreibung Roms ursprünglich auf die topographische Darstellung der antiken Stadt oder wie wahrscheinlicher auf Rom, wie es zu Alberti's Zeiten war, sich beziehen, hier abgesehen werden, da es nur auf eine allgemeine Beurtheilung des technischen Verfahrens selbst und der ihm zu Grunde liegenden wissenschaftlichen Fundamente ankommt. Die »descriptio urbis Romae« und der begleitende Plan, wie ihn die erwähnte Arbeit de Rossi's mittheilt, sind dabei als Anhalte benutzt. Der Plan ist, wie man auf den ersten Blick erkennt, noch ganz in der im 14. und zu Anfang des 15. Jahrhunderts gebräuchlichen Manier entworfen, wo man mit den einfachen Grundrissen zugleich die Profilformen der hervorragendsten Gegenstände zur Anschauung zu bringen pflegte. Diese letzteren aber beruhten bis dahin keineswegs auf genauen Höhenmessungen, die nach bestimmtem Maassstabe verjüngt, um eine angenähert richtige Vorstellung von den gegenseitigen Höhenunterschieden zu gewähren, noch weniger war es bisher bekannt, wie man unter Anwendung der Perspective bei richtig gewählter Stellung des Auges ein allen Regeln der Kunst genügendes natürliches Bild zu entwerfen im Stande sei. Man begnügte sich vielmehr, in Ermangelung exacter Messungen sowohl der Grundrissformen wie der verticalen Dimensionen, in den meisten Fällen mit ungefährender Schätzung oder nach wirklichen Maassen die Höhen, wie sie etwa von einem erhöhten Standpunkt betrachtet dem Auge sich darstellen mochten, nach freiem Gefühl in die Zeichnung zu übertragen. Die dem Augenpunkt fernerer Gegenstände müssen

*) S. Codice Marc. Misc. Ital. CLXI u. LXVII. Der Plan selbst Cod. Urbin. 277 der vaticanischen Sammlung.

demnach naturgemäss höher erscheinen als solche, die ihm näher liegen und in der Wirklichkeit ebenso hoch oder vielleicht gar höher sind als jene. Alberti's Verdienst scheint hier hauptsächlich darin zu liegen, dass er sich nicht mit diesen ungefähren Anhalten begnügt, sondern zur Herstellung eines genauen Bildes zuerst Mittel und Wege ersinnt, einen exacten Grundriss eines grösseren Terrains und gleichzeitig auch genaue Höhenmaasse auf rationelle Weise zu erlangen. Weder Text noch Plan berechtigen jedoch zu der anderweitig geäusserten Annahme, als habe der Autor ein exactes Bild der Stadt Rom aus der Vogelperspective zu entwerfen versucht. Dass dem nicht so ist, lässt sich ohne Schwierigkeit durch einige Maassvergleiche mittelst des Planes feststellen. Die Darstellung aus der Vogelperspective setzt bekanntlich stets Objecte von grösserer Ausdehnung, wie Theile der Erdoberfläche, voraus, vor denen man sich das Auge derart gestellt denkt, dass es alle im Umfang der darzustellenden Fläche bis zum äussersten Rande ihrer horizontalen und verticalen Dimensionen nach vollkommen deutlich zu unterscheiden vermag. Als geeignetsten Stand des Auges für die Darstellung einer Stadt ergibt sich dieser Anforderung gemäss die Senkrechte in ihrem ungefähren Centrum, wozu für Rom speciell die von Alberti zu diesem Zwecke angenommene Capitolshöhe sich empfiehlt. Die Höhe des Auges aber bestimmt sich hierbei derart, dass zwar der Umfang der ganzen darzustellenden Fläche vollkommen mit einem Blick zu übersehen ist, andererseits aber der grösseren Deutlichkeit wegen wiederum nicht mehr umfasst. Während bei allzu niedrig über der Erdoberfläche gewähltem Stand nicht bloss der Ueberblick über die ganze darzustellende Fläche erschwert, sondern im Bilde durch die unverhältnissmässige Länge der verticalen Dimensionen von Häusern u. s. w. gewisse Theile benachbarter Gegenstände oder diese ganz verdeckt bleiben, würden im Gegentheil bei allzu weiter Distanz die Profilverhältnisse zu undeutlich, von einzelnen Stellen kaum noch darzustellen sein, und bei mehr und mehr sich entfernendem Auge allmählich ganz verschwinden. Hieraus ist klar, dass der Abstand des Auges dem jedesmaligen Umfange des darzustellenden Gegenstandes entsprechend gewählt werden muss. Da nun der Bedingung deutlicher Uebersicht einer gegebenen Fläche ein solcher Abstand entspricht, wobei der von ihrem Durchmesser umspannte Gesichtswinkel nicht über 90° beträgt, so wird man hiernach die in jedem einzelnen Falle am besten sich eignende Höhe über der Bildfläche ohne Schwierigkeit ermitteln können. Was den vorliegenden bezüglich Roms betrifft, so wird es zuvörderst auf die Grösse des Durchmessers des ungefähren Umfangs der Stadt ankommen. Nimmt man hierzu als Minimum 4 Kilometer, was einer Fläche von 12 bis 13 □ Kilometer und ebensoviel an Umfang entspricht, eine offenbar viel zu niedrig gegriffene Annahme, so würde man, um dieselbe auf einem Kartenblatt von etwa 0,4 Meter Seitenlänge darzustellen, welche Grösse ungefähr dem de Rossi'schen Kartenblatt von Alberti's Plan entspricht, den Maassstab von 1:10 000 zu wählen, und zugleich des deutlichen Sehens wegen, das Auge auf eine Entfernung von mindestens 2 Kilometer in der oben bezeichneten Verticalen anzunehmen haben. Diesen Voraussetzungen zufolge würde die Höhe eines Gebäudes oder einer Mauer am äussersten Umfange der

Stadt zu 20 Meter dem Maximum der effectiven Höhe der Stadtmauern entsprechend angenommen, die bezügliche Höhe in der Bildfläche nur die Grösse von 2 mm ergeben. Jede andere Voraussetzung, z. B. eines kleineren Gesichtswinkels als 90° oder einer grösseren Ausdehnung der Stadt, würde bei derselben Grösse des Plans einen noch kleineren Maassstab und noch geringere Höhenmaasse ergeben. Statt jenes Maximums aber findet sich in Alberti's Plan für dieselbe Mauerhöhe die Grösse von fast 1 cm. Die Höhe des Capitols aber zu 50 Meter, den Durchmesser ihres Umfangs im Mittel zu 2 Kilometer angenommen, was bei dem vorausgesetzten Stande des Auges einem Gesichtswinkel von etwa $1^\circ 30'$ entspricht, würde in einer Länge von 0,3 m erscheinen, während sie im Plane mit mehr als der zehnfachen Länge verzeichnet ist. Das Colosseum wiederum hat trotz seiner dem Augenspunkt benachbarten Lage eine unverhältnissmässige Höhe im Plane erhalten, die sich aus kleinen Fehlern der Messung nicht erklären lässt. Diese Thatsachen dürften hinreichend sein zum Beweise, dass von einer regelrechten perspectivischen Aufnahme, mag nun die Idee davon Alberti vorgeschwebt haben oder nicht, im Plane jedenfalls nichts zu erkennen ist. Ebenso wenig ist die Annahme denkbar, dass die wirklichen Höhenmaasse nach dem angenommenen Maassstab direct in die Zeichnung eingetragen. Das Wahrscheinlichste bleibt vielmehr, dass Alberti die bezüglichen Maasse nach bisherigem Gebrauch entweder nach vorausgegangener Messung oder nach allgemeiner Schätzung jedoch mit dem Unterschiede gegen frühere Kartenzeichner mit dem perspectivisch richtigen Gefühle construiert, und ihre gegenseitigen Verhältnisse bemessen habe, dass die dem Augenspunkte ferneren Gegenstände höher erscheinen müssen, als die näheren von gleicher Höhe. Nach welchem Verhältniss aber die Vergrösserung der perspectivischen Höhenmaasse stattgefunden — eine solche liegt der vorherigen Auseinandersetzung zufolge offenbar vor — muss unentschieden bleiben.

Wie dem aber auch sei — für den beabsichtigten Zweck musste des Künstlers Augenmerk zunächst auf die genaue Bestimmung der Grundriss- und Profilformen der darzustellenden Objecte gerichtet sein, sofern die geometrische Projection der darzustellenden Fläche auf einer ihr parallelen, dem Maassstabe der Zeichnung entsprechend weit anzunehmenden Bildebene für diesen Fall bei sonst ganz willkürlicher Stellung des Auges zugleich als Grundriss für die Zeichnung dient. Hat man ihn bestimmt, so sind nur noch die Höhen in perspectiver Verjüngung einzutragen, um das vollständige Bild zu erhalten. Zu diesem Zwecke kam es zuvörderst darauf an, den Maassstab des Plans der Anforderung gemäss zu bestimmen, dass alle Gegenstände von Bedeutung, wie insbesondere Kirchen, antike Monumente und Bauwerke ihrem Umfange nach vollkommen deutlich aus dem Plane durch Abgreifen mit dem Zirkel zu bestimmen seien, ohne dass andererseits die Zeichnung grösser würde als dazu unumgänglich nothwendig. Das Verhältniss von 1 : 15,000 würde dazu der Ausdehnung des städtischen Territoriums offenbar am geeignetsten erscheinen, welchem Maassstabe etwa die Seitenlänge von 0,5 m entspricht, wie sie ungefähr der Plan besitzt. Dem entspricht allerdings nicht die Grösse der einzelnen Gegenstände, wie z. B. des Colosseums, dessen Dimensionen in der Zeichnung

auf einen Maasstabe von 1 : 7000 schliessen lassen, während die Breite des Tiber, die heutzutage gegen damals eher ab- als zugenommen haben kann, auf das vierfach kleinere Verhältniss hindeutet. Es bleibt somit nichts übrig, als diese Abweichungen auf Rechnung der unvollkommenen Methoden und Instrumente zu setzen. Beiläufig ist zu bemerken, dass Alberti die Distanzen vom Capitol bis zu den Stadthoren, ebenso wie den städtischen Umfang in Uebereinstimmung mit dem Plane viel zu gering angibt, denn die betreffende Stelle des Textes lautet wörtlich: »Tum a centro urbis, hoc est a Capitolio portam distare nullam plus cubitorum VI. CXL et murorum ambitum adstructorum stadia non excedere LXXV.« Danach würde sich, die Länge eines Stadiums zu etwa 200 m angenommen, der Umfang der Stadt zu 15 km ergeben, der Radius danach ungefähr $2\frac{1}{3}$ km betragen, was offenbar zu niedrig gegriffen ist. Hiermit stimmt andererseits die obige Länge von 640 Ellen nicht überein, denn danach würde die Länge einer solchen etwa $2\frac{1}{3}$ m betragen, was offenbar für das Maass einer Elle zuviel. Andere Abnormitäten sind übrigens noch viel auffallender. So ist die in der Wirklichkeit vom nördlichsten Stadthor der Porta del Popolo noch mindestens 2 km entfernte Brücke Ponte Molle auf dem Plane noch verzeichnet und zwar auf einer Distanz, welche bei dem aus dem allgemeinen Umriss abgeleiteten Maassstabe kaum der Hälfte dieser Entfernung entspricht. Hinsichtlich der Instrumente gibt leider der Text weder über die Längen- noch Winkelmessapparate einige Andeutungen. Nur soviel wird erwähnt, dass die Vermessungsmethoden mit Hülfe mathematischer Instrumente vom Autor eigens erdacht, und aufs Sorgsamste erprobt seien. Nur in den »Piacevolezze matematiche«, die im Wesentlichen als eine Ergänzung des hier Fehlenden zu betrachten sind, finden sich einige Details. Bekanntlich kannte die damalige Zeit von Messinstrumenten weder die fein getheilten Längenmessapparate, noch war der Theodolith in der Feldmesskunde bisher zur praktischen Anwendung gelangt. Was die erste Art von Instrumenten betrifft, so gibt darüber das in Rede stehende Werk allerdings nur wenig Auskunft, denn nur beiläufig wird erwähnt, dass die Längenmessungen mit der Elle (braccio) gemacht worden. Dass es übrigens an Methoden und Instrumenten zu indirecter Entfernungsmessung, den heutigen Distanzmessern im Princip analog, dem erfinderischen Geist Alberti's keineswegs gefehlt, ohne welche in der That die Vermessung eines grösseren, complicirten Territoriums kaum denkbar gewesen wäre, zeigen die im vorerwähnten Werk mit detaillirter Lösung angegebenen, später zu besprechenden Probleme aus der praktrichen Geometrie.

Hinsichtlich der Horizontalwinkelmessung aber gebührt Alberti unter den italienischen Geometern unzweifelhaft das Verdienst, der Erste gewesen zu sein, der ein dem Theodolithen analoges, wenigstens auf dem nämlichen Princip basirtes Instrument zum Gebrauch für die Feldvermessung empfohlen. Der im letztgenannten Werke gegebenen Beschreibung zufolge besteht dies Instrument der Hauptsache nach aus einer in Grade und Minuten getheilten Kreisscheibe mit dem Unterschiede, dass die Theilung im Vergleich zu der des Theodolithen roher, nämlich der Grad $\frac{1}{48}$ der Peripherie, die Minute $\frac{1}{192}$ derselben, d. h. also etwa $1^{\circ}52'$ oder nahezu 2° der jetzt gebräuchlichen Ein-

theilung beträgt. Im Centrum dieser Scheibe ist ein drehbarer mit Visirvorrichtung versehener Radius angebracht. Der gleiche Apparat wird zugleich zum Auftragen der gemessenen Winkel nach Art eines Transporteurs, sowie der gemessenen linearen Abstände benutzt, weshalb der Radius die dem beabsichtigten Umfange des Plans und dem Maassstab entsprechende Länge und zugleich eine Theilung in 50 ebenfalls Grade genannte Haupttheile, jeden zu 4 Minuten erhält, so dass, den Radius des städtischen Umfangs nur zu $2\frac{1}{3}$ km angenommen, mittelst dieser Eintheilung nur der 200^{ste} Theil dieser Länge, d. h. etwa 10 m noch gemessen werden konnten. Bei einer solchen Vorrichtung konnte natürlich von Genauigkeit der Messung im heutigen Sinne um so weniger die Rede sein, als feinere Visirvorrichtungen, Fadenkreuze oder Netze ebensowenig wie subtile Drehapparate erwähnt werden. Was die Handhabung betrifft, so geschieht sie, Alberti's Beschreibung zufolge, in folgender Art. Das Instrument wurde zuerst auf dem als Centrum und Ausgangspunkt für die Messung erwählten Capitol aufgestellt, und von da die Winkel im Kreise von einem Object beginnend in derselben Richtung von Süden nach Norden herum, wie es scheint, mit der ersten Anfangsrichtung gemessen und die Resultate nebst Beschreibung und Benennung der einzelnen Visirpunkte in Tabellen verzeichnet, das Instrument sodann auf einen der letzteren gebracht, und das gleiche Verfahren wiederholt, nachdem zuvor die Entfernung vom Anfangspunkt direct oder indirect gemessen. Die Details der Ausführung sind in den »Piaçevollezze matematiche« enthalten, und mögen der Bedeutung der damals neuen Erfindung wegen kurz hervorgehoben werden. »Man stelle,« so lautet in einer Uebersetzung der Inhalt der bezüglichen Stelle, »das Instrument an einem ebenen Orte auf, der jedoch hoch genug sein muss, um viele Punkte des darzustellenden Terrains zu übersehen, wie etwa Kirch- oder andere Thürme. Man nehme sodann ein Bleiloß und entferne sich 2 Ellen vom Instrument, um von da nach den Objecten über das Instrument hinweg zu visiren derart, dass die Gesichtslinie über das Loß und die Mitte des Centrums geht. Jenes aber dirigire man auf das zu beobachtende Object und notire die Zahl von Graden und Minuten, die die Gesichtslinie am Kreisumlauf des Instruments abschneidet. Analog verfare man bezüglich der übrigen Objecte, ohne dass dabei das Instrument von der Stelle bewegt wird. Sind alle Punkte beobachtet, so stelle man dasselbe an einer zweiten Station auf, derart, dass es auf der Verbindungslinie beider sich befindet, und wie vorher nach der Anzahl Grade orientirt ist, welche diese Richtung mit der als Anfangsrichtung angenommenen, d. h. der Nullpunktstrichtung bildet, so dass wenn ein Schiff von dort bis hierher zu fahren hätte, es stets mit demselben Wind schiffen würde, dessen Richtung der angegebenen Gradzahl entspräche. So fortfahrend werden nach und nach auf allen Stationen die sämmtlichen Objecte beobachtet.« Das Ganze kommt also, wie man sofort erkennt, auf das noch heute gebräuchliche Verfahren hinaus, von einer bestimmten Basis, deren Länge gemessen, durch Beobachtung der bezüglichen Winkel von Station zu Station ein Dreiecksnetz zu fixiren, indem von jedem Hauptpunkte aus, welcher als Standort für das Instrument dient, die Richtungen nach den

übrigen von da sichtbaren Objecten beobachtet werden. Die Construction dieses Netzes erfolgt, wenn nur die Basis bekannt, ausschliesslich durch die beobachteten Winkel. Zur Controlle der Richtigkeit wird es natürlich wünschenswerth, gewisse Längen ausserdem wirklich nachzumessen, mit den durch graphisches Auftragen erhaltenen zu vergleichen und eventuell zu verbessern. Hinsichtlich der Höhenmessapparate scheint dieselbe Idee von Alberti nicht angewandt zu sein, denn es findet sich nirgends da, wo von diesem Gegenstande die Rede, irgend welche Andeutung. Ausser den in den »Piacevolezze matematiche« beschriebenen, später näher zu discutirenden indirecten Methoden durch Messung horizontaler Distanzen findet sich zu absoluten Höhenbestimmungen kein Instrument, zu kleineren Niveaudifferenzen nur die Setzwaage, deren Einrichtung und Gebrauch daselbst beschrieben. Nur soviel sei darüber hier bemerkt, dass beim Fehlen jeder präzisen Visirvorrichtung die auf grössere Entfernungen sich summirenden Messungsfehler die Bestimmung einer äussersten Fehlergrenze fast unmöglich machen, von anderweitigen Einflüssen ganz abgesehen, welche durch Unvollkommenheit des Instruments selbst, bei ungenauer Horizontirung u. s. f. sich ergeben. Hinsichtlich der Methoden der Beobachtung ist jedenfalls der gleiche Mangel zu constatiren. Die Längenmessungen konnten offenbar selbst bei öfter angestellter Wiederholung von Messungen derselben Grösse aus den oben erwähnten Gründen nicht hinreichende Genauigkeit ergeben. Bei den Winkelmessungen aber konnte dies um so weniger der Fall sein, als die Tabellen jede solche nur einmal und zwar ohne Reductionen unter Berücksichtigung etwaiger Fehlerquellen ausgeführt aufweisen. Die Höhenbestimmungen haben, soweit sie sich auf directe Methoden beziehen, welche ihren Werth aus wirklich gemessenen horizontalen Längen ergeben, natürlich denselben Grad von Ungenauigkeit wie jene, noch verstärkt durch die Ungenauigkeit bei der Bestimmung der horizontalen Lage der zu messenden Länge. Dass übrigens die mittelst der Setzwaage erhaltenen Höhenunterschiede nicht weniger mangelhaft waren, wird sich später zeigen. Was die Wahl der Gegenstände betrifft, welche als Zielobjecte gewählt wurden, so ist dieselbe, wie die den Text begleitenden Tabellen zeigen, als äusserst umsichtig und sachgemäss zu bezeichnen. Bei den meisten dieser Punkte sind in erster Linie die topographischen Verhältnisse maassgebend gewesen, denn es finden sich darunter niemals solche, die man als überflüssig bezeichnen, oder sofern sie nur beschränkte Uebersicht zeigen, durch geeignetere ersetzen könnte. Die Mehrzahl, mit Ausnahme weniger tiefgelegenen, ist vom Capitol aus zu sehen und bildet ein nach allen Seiten des durch die Diocletianische Mauer gebildeten Umfangs ziemlich gleichmässig vertheiltes Netz, welches vielleicht nur nach Norden gegen die Porta del Popolo und gegen Südwesten, den heutigen neuen Stadttheil vom Esquilinus, der damals allerdings ganz brach lag, einer Ergänzung bedürfte. Die gegenseitigen Abstände sind entsprechend der Deutlichkeit des Sehens von feineren Objecten, wie Thurmspitzen u. s. f., mit blossem Auge und zugleich mit Rücksicht auf die Genauigkeit der Messung jener Abstände selber gewählt, und liegen im Allgemeinen zwischen 300 bis 1500 Meter. Dass die Mehrzahl dieser Punkte zugleich antike Monumente,

Tempel oder sonstige Bauten repräsentiren, ist wohl mehr durch ihre topographische Lage als durch die monumentale Bedeutung bedingt. Uebrigens finden sich auch andere, z. B. solche zur Bestimmung des Tiberlaufes, der Lage der Stadthore und andere zur Festlegung topographisch wichtiger Oertlichkeiten nothwendige Punkte verzeichnet. Was den Tiberlauf betrifft, so ist das Verfahren zur Fixirung seiner Lage ein ziemlich willkürliches, sofern dabei, wie überhaupt bei krummen Linien, z. B. dem Zuge der Stadtmauern, nur je drei Punkte, die beiden Endpunkte und der der stärksten Krümmung (in der Tabelle als Aux bezeichnet), topographisch festgelegt und danach die krumme Linie nach freier Willkür eingezeichnet wird. Merkwürdig ist hinsichtlich des Tiberlaufes übrigens, dass nicht nur hier, sondern auch in anderen aus derselben Zeit stammenden Plänen derselbe sich unterhalb der Insel und weiter gegen S. Paolo hin in mehrere Kanäle spaltet, der Zeichnung nach von fast der gleichen Breite wie der Hauptstrom.

Nicht ganz klar ist die Art, wie die in der Tabelle enthaltenen in zwei Columnen getheilten Zahlenwerthe gefunden. Die erste derselben enthält die Winkel, welche eine bestimmte, vom Capitol als Centrum ausgehende Anfangsrichtung mit den entsprechenden Linien nach den einzelnen Objecten bildet. Als solche ist der Tabelle zufolge die Richtung Capitol Aracoeli gewählt, welche Länge, wie es scheint, als Basis für die Messung gedient, wobei allerdings der Ort auf der Capitolshöhe, welcher dem Centrum genau entspricht, nicht näher angegeben, denn in der Tabelle findet sich nur der Radiusvector von Aracoeli (d. h. wahrscheinlich der Thurmspitze) oder die Entfernung vom Nullpunkt zu $0^{\circ} 1'$, d. h. etwa 10 m verzeichnet. Die zweite Columnne enthält die den Objecten entsprechenden Entfernungen (Radienvectoren) vom Nullpunkt, so dass man also mittelst der Tabelle durch die beiden Polarcoordinaten die Lage jedes der gemessenen Punkte für jeden beliebigen Maassstab sofort graphisch darstellen und danach das Skelett des Plans construiren kann. Zweifelhaft aber bleibt die Art, wie die Tabelle gefunden. Denn offenbar konnte aus den in vorher beschriebener Weise erhaltenen Beobachtungsergebnissen, welche sich auf ganz verschiedene Standpunkte des Instruments beziehen, nur durch trigonometrische Berechnung aus den wirklich beobachteten Grössen die entsprechenden, auf ein und denselben Standort bezüglichen Resultate abgeleitet werden, eine Annahme, die deshalb nicht zulässig, weil die Kenntniss der Trigonometrie und ihre praktische Verwendung erst späteren Datums ist. Auch die Bestimmung der verschiedenen Radienvectoren vom Capitol aus gezählt, würde ohne Hinzunahme neuer Beobachtungen derselben Schwierigkeit begegnet sein. In der That ist auch von einer solchen Reduction der Beobachtungen nirgends da, wo über den Gegenstand gehandelt wird, die Rede. Das Verfahren, aus den in vorher auseinandergesetzter Art gemachten Beobachtungen direct die Zeichnung zu entwerfen, wird vielmehr in den »Piacvolezze matematiche« folgendermaassen angegeben: »Man verzeichne auf der Karte irgendwo einen Punkt, so dass seine Lage im Bilde ungefähr der Lage in der Wirklichkeit bezüglich des darzustellenden Terrains entspricht, und bezeichne ihn mit dem gleichen Namen, wie das Object, dessen Bild er vorstellt. Auf

diesem Punkt befestige man ein kleines Stück Papier, von einer halben Hand breit, ebenso eingetheilt wie das grosse Instrument mit dem Mittelpunkt genau in jenem Punkte und ziehe von da Linien, welche den im Verzeichniss enthaltenen Winkeln entsprechen. Ferner nehme man einen zweiten Punkt auf einer dieser Linien (in der dem Richtobject entsprechenden Entfernung), welcher dem anvisirten Richtobject entspricht, und stelle darüber ein eben solches getheiltes Papier derart, dass die Linie, welche der Richtung des zweiten nach dem ersten Punkte entspricht, genau mit der entsprechenden vom ersten zum zweiten zusammenfällt. Von diesem aus verzeichne man wiederum alle Richtungen und Längen, der Tabelle entsprechend, und da wo die Visirlinie vom ersten nach einem dritten die entsprechende vom zweiten nach demselben Punkte schneidet, befindet sich das Bild dieses letzteren. Wenn es sich aber trifft, dass wegen zu spitzen Winkels der Durchschnittspunkt undeutlich wird, so stelle man ein drittes Papierblatt auf einen anderen Punkt auf, dessen Lage aus der Tabelle bekannt, und verfare, wie vorher, so wird der Durchschnitt deutlich werden.« Das ganze Verfahren kommt, wie man sieht, auf die bei Messtischaufnahmen heutzutage noch angewandte Operation des Vorwärtseinschneidens hinaus und zeigt, wie man aus den Winkelbeobachtungen von Punkt zu Punkt die entsprechenden Polarcoordinaten auftragen und danach das Netz des ganzen Plans construiren kann, sobald die Länge einer Basis bekannt. Um also die im Text des besprochenen Werkes angegebene Abweichung von diesem Verfahren zu erklären, welche die einzelnen Richtungen und Abstände aller Objecte vom Capitol aus der Tabelle als bekannt voraussetzend, auch die Construction von nur einem Centrum aus genau nach demselben Verfahren wie vorher zu machen lehrt, bleibt nur die doppelte Annahme, entweder dass alle Beobachtungen wirklich direct vom Capitol aus stattgefunden, die Entfernungen aber, selbst die nach den äussersten Grenzpunkten des städtischen Umfangs direct oder indirect gemessen, oder dass vorher nach den Daten der Winkelbeobachtungen von nur einer wirklich gemessenen Basis aus auf den einzelnen Stationen der Plan in vorher angegebener Art construirt und sodann mit Hülfe des getheilten Kartenblatts als Transporteur die Winkel am Capitol nach den einzelnen Objecten und ebenso ihre Entfernungen im Plane selbst gemessen, und danach tabellarisch zusammengestellt worden, um selbst im Falle der Plan zerstört, es jederzeit möglich zu machen, denselben von Neuem zu construiren. Diese letztere Annahme gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, als vom Capitol aus zwar eine grosse Anzahl Punkte direct zu sehen und mit blossem Auge zu beobachten sind, andere in der Tabelle verzeichnete aber, wie z. B. die Tiberufer, namentlich gegen Norden hin wegen der schon damals vorliegenden Bauten nicht sichtbar waren, abgesehen davon, dass die Bestimmung der Distanzen, mochte sie direct oder indirect geschehen, bei der Unvollkommenheit der Instrumente besonders an den äussersten Grenzen zu solchen Ungenauigkeiten geführt haben würde, denen gegenüber die wirklich vorhandenen immer noch gering erscheinen. Wie dem aber auch sei, die Idee der Bestimmung jedes Punkts durch zwei Coordinaten ist hier zum ersten Male zur praktischen Ausführung gelangt, ge-

nau wie sie noch heutigen Tages bei jeder grösseren Messoperation zur Anwendung kommt, mit dem einzigen Unterschiede, dass man heut statt Polar-coordinaten das rechtwinklige Coordinatensystem vorzieht. Mochten auch die dabei benützten Hilfsmittel noch so mangelhaft, die Methoden noch so unvollkommen, die Resultate noch so fehlerhaft sein, die Idee statt der früheren Uncorrectheit ein festes System eingeführt und das ganze Verfahren auf wissenschaftliche Grundprincipien zurückgeführt zu haben, muss unstreitig als Alberti's Verdienst betrachtet werden.

Weniger von Bedeutung sind die Details der Ausführung. Die Orientirung geschah, obgleich darüber im fraglichen Text nichts erwähnt wird, offenbar nach dem schon im Alterthum bekannten, in den »*Piacevolezze matematiche*« ausführlich beschriebenen rohen Verfahren mit Hülfe einer horizontalen getheilten Scheibe, in deren Centrum ein verticaler Stab aufgestellt, die Mittagslinie abzustecken, und diese sodann nach bekannter Methode ihrer Lage nach durch Beobachtung zu bestimmen und in die Karte zu übertragen. Die letztere wird bekanntlich als Halbirungslinie desjenigen Winkels gefunden, den zwei, einem bestimmten Stande der Sonne Vor- resp. Nachmittags entsprechende gleich lange Schattenlinien mit einander einschliessen, als deren Länge man am besten den Kreisradius selber wählt. Der Plan ist übrigens ebensowenig in Bezug auf Vollständigkeit wie hinsichtlich der Genauigkeit den heutigen Anforderungen entsprechend. Nicht nur dass die Orientirung fehlerhaft, die allgemeinen topographischen Verhältnisse, Form und Ausdehnung der Umfassungsmauern, des Stromlaufs unrichtig, die Bergformen nicht zu erkennen, da die Höhen sich nur durch dunkle Schraffirung von der Umgebung unterscheiden, die Gebäude in zu grossem Maassstabe aufgetragen sind, sondern die ganze Darstellung beschränkt sich überhaupt nur auf diese Hauptgegenstände. Signaturen, mittelst deren man heutzutage alles auf dem fraglichen Terrain Vorhandene zu klarer Anschauung im Plane bringt, fehlen ganz. Dem Zweck der allgemeinen Orientirung über die Lage und Form der Hauptmonumente Roms entsprechend, dürfte folgerichtig alles Dasjenige, was denselben nicht förderte, sondern stören musste, wie z. B. alle übrigen Gebäude, aus der Zeichnung fortbleiben, und es kann daher unmöglich die Ansicht Morelli's richtig sein, als habe Alberti ein Bild der Stadt Rom, wie sie zu seiner Zeit war, vollständig darstellen wollen; denn gerade Dasjenige, was für die damaligen Verhältnisse charakteristisch wäre, die Ausdehnung und Form der bebauten und unbebauten Theile der Stadt, deren Gesamtbevölkerung sich noch im Jahre 1347, zur Zeit Rienzi's, bekanntlich auf nicht mehr als 20,000 Einwohner belief, ist im Plane unberücksichtigt geblieben. Selbst von antiken Bauten, die zur Orientirung von Interesse, sind einzelne, wie die Servianische Mauer u. a. mehr, nicht verzeichnet. Etwas befremdend klingt übrigens die im Text ausgesprochene Ansicht, dass von alten Stadtmauern keine, von antiken Strassen nur sehr wenige Spuren noch vorhanden seien (*Murorum veterum nulla uspiam vestigia apparere viarum etiam perpauca habere integras*). Was die Anordnung des Plans betrifft, so ist sie nach drei Gruppen erfolgt, dem Stadttheil »in Latium«, der »Leonina« und »Transtyberim«. Der letztere

ist, beiläufig bemerkt, in vieler Hinsicht von dem jetzigen Trastevere verschieden. Denn statt der jetzigen Verbindung des südlicheren Complexes mit dem vaticanischen Theil durch die Via Lungara zeigt sich auf dem Plane jeder getrennt und von einer besondern Mauer umschlossen. Bei dem letzteren fällt wiederum die unverhältnissmässige Höhe der sich gegenseitig verdeckenden Gebäude, insbesondere die hohe Spitze des Thurms von St. Peter, im Gegensatz zu dem späteren Kuppelbau Michelangelo's und der, wie es scheint, aus einem Aggregat von Bauten verschiedenen Stils zusammengesetzte Vaticanische Palast auf.

Dasjenige, was über die weiteren Details der Aufnahme im Text des fraglichen Werkes fehlt, wird, wie zum Theil schon vorweg genommen, in dem dritten mehrmals citirten Tractat ergänzt. Die »Piacevolezze matematiche« umfassen im Wesentlichen eine Anzahl der in der praktischen Geometrie am meisten vorkommenden Fundamentalprobleme, zwischen denen sich einzelne in mehr oder weniger unmittelbarem Zusammenhang damit stehende mechanische Fragen gelegentlich verstreut finden. Für das Folgende wurde der Text aus den »Opere morali« in der Ausgabe von Bartoli benutzt. Derselbe lässt sich dem Material nach in drei Abtheilungen gliedern, welche Anordnung der Text indessen nicht inne hält. Die erste enthält auf Verticalmessungen bezügliche Probleme. Die zweite behandelt Horizontal- oder Grundrissaufnahmen und die damit zusammenhängenden Hilfsaufgaben. Die dritte enthält mechanische Probleme. Die verticalen Messungen zerfallen wiederum in drei Gruppen, in Höhen- und Tiefenmessungen und die Bestimmung geringerer Höhenunterschiede durch Nivellement. Die erste Gruppe wird durch eine Anzahl Aufgaben repräsentirt, die einer bestimmten auf directe Messung bezüglichen Kategorie entsprechen. Die Lösung geschieht bei allen durch Proportionalität und enthält die Aufgaben 1, 2 und 4. Die beiden ersten setzen den Fall voraus, wo der ganze Gegenstand, z. B. ein Thurm, vom Boden aus sichtbar ist; die Nr. 4 dagegen nimmt an, es sei davon nur die Spitze zu sehen. Die Lösung der beiden ersten reducirt die Messung des Thurmes nach bekannter Methode auf die der Länge eines kürzeren ihm parallel gestellten Stabes unter Voraussetzung, dass die Entfernungen dieses, wie die des Thurmes vom Standpunkt des Beobachters gegeben. Die zweite Methode ist dadurch charakteristisch, dass sie ähnliche rechtwinklige Dreiecke anwendet und somit unbewusst von trigonometrischen Functionen Gebrauch macht, ohne sie als solche zu kennen. Unter den in einzelnen Fällen anzuwendenden Modificationen wird die Benutzung des Quecksilberspiegels, also die Verwendung der Reflectionsgesetze für die Zwecke der praktischen Geometrie in Vorschlag gebracht. Die vierte Aufgabe, wo nur die Spitze des Objects zu sehen, dessen Höhe bestimmt werden soll, wird, wie bekannt, durch Messen einer Basis gelöst, die in dem vorliegenden Fall der Einfachheit wegen horizontal und in gleicher Höhe mit dem Fusspunkt des Objects genommen wird. Aber auch dieser Fall würde nur mittelst trigonometrischer Formeln in seiner vollen Allgemeinheit zu lösen sein. Darum ist die fernere Vereinfachung gemacht, dass die gemessene Basis in einer Vertical-ebene mit dem zu messenden Object selber liegt, ein Fall, der sich, wie bekannt, durch einfache Proportionen erledigen lässt. Die Mehrzahl dieser auf

Euklidischen Sätzen basirenden praktischen Aufgaben findet sich in den alten Agrimensoren zwar nirgends erwähnt, doch möchte es andererseits schwer zu entscheiden sein, wie hoch Alberti's Verdienst in dieser, seiner Zeit jedenfalls nicht mehr fremden Richtung anzuschlagen ist. Die Bedeutung, welche derselbe der Proportionslehre beilegt, geht aus dem Zusatz hervor: »Sono simili ragioni sottili ma molto utili a piu et piu cose quali appartengono ad misurar et anco a trouare i numeri ascosi« — eine Ansicht, die für die damalige Zeit kaum etwas Wunderbares hat, sofern jene Lehre unsere heutigen weit bequemer anzuwendenden und dabei kürzeren trigonometrischen Formeln, soweit sie überhaupt dazu ausreichend war, ersetzen musste.

Hinsichtlich der Methoden zur Messung von Niveaudifferenzen wird nur ein Instrument, die Setzwaage erwähnt, die, wie bekannt, heutzutage der weit vollkommeneren Wasser- oder Quecksilberwaage gewichen. Die ältere Art der Anwendung dieses Instruments ist interessant, insofern sie nicht auf directer Winkeltheilung, sondern auf dem mechanischen Princip der Waage beruht, welcher Umstand die sonst unverständliche Benennung erklärt. Alberti's Beschreibung zufolge hat man sich das Instrument als ein gleichschenkliges Dreieck ABC zu denken, von dessen Spitze ein Loth nach der Basis BC herabhängt, deren Mitte durch eine Marke D bezeichnet ist. An den beiden Endpunkten derselben können Gewichte befestigt werden derart, dass man dem Instrument, welches an der Spitze A gehalten wird, durch Hinzufügen oder Fortnehmen solcher jede beliebige Neigung seiner Basis gegen die Horizontale geben kann. Bezeichnen nun g und g' diese Gewichte bei irgend einer schiefen Stellung, so müssen nach dem Princip der Hebelgesetze die statischen Momente auf beiden Seiten des Stütz- oder Aufhängepunkts gleich sein, oder:

$g \cdot BF = g' \cdot CE$, d. h. da g und g' bekannt, so kennt man auch das Verhältniss $\frac{BF}{CE}$ oder, wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke BGF und EGC auch das von:

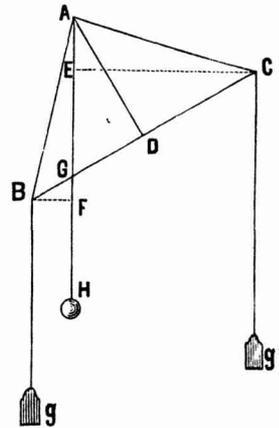
$$\frac{BG}{CG} = \frac{g'}{g}$$

und da die ganze Länge l von BC bekannt, so kennt man auch jedes dieser Stücke, nämlich:

$$BG = \frac{l \cdot g'}{g + g'}$$

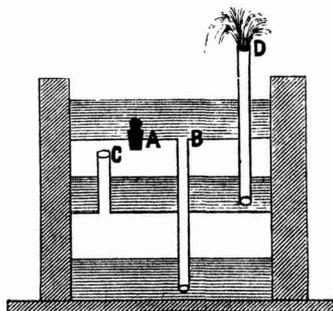
$$CG = \frac{l \cdot g}{g + g'}$$

Obgleich nun Alberti nicht weiter angibt, wie man mittelst dieser beiden Grössen den Höhenunterschied zweier Punkte I, K bestimmt, wovon der eine etwa in gleicher Höhe mit dem Instrument, also in der Verlängerung von BF, der andere im Alignement von BC liegt, so kann aus den vorstehenden Andeutungen schon kein Zweifel über das weitere Verfahren sein. Da nämlich am Instrument die Länge AD ebenfalls bekannt und ebenso



zugleich die Coordinaten eines der Oberfläche benachbarten Punktes bekannt oder doch durch Messung bestimmbar sind, so findet sich die Tiefe als vierte Proportionale jener drei Daten. Als zweites Mittel, die wirkliche Wassertiefe von der Oberfläche bis zum Boden zu erhalten, im Fall die Beschaffenheit des Wassergrundes eine directe Messung unmöglich macht, wird das zu Alberti's Zeit jedenfalls schon bekannte Verfahren angewandt, aus der gemessenen Fall- und Steigzeit einer mit Luft gefüllten Blase, welche mit Gewichten beschwert, die sich beim Aufstossen auf den Boden loshaken und dadurch die Blase wieder steigen machen, die Länge des doppelten zurückgelegten Wegs und dadurch diesen selbst oder die Wassertiefe zu bestimmen, wobei allerdings die als Zeitmaass vorgeschlagene Methode, aus der von Anfang bis zu Ende der Operation aus einem Gefäss geflossenen Wassermenge den Weg zu bestimmen, nur unvollkommene Genauigkeit ergibt. Dass die Anforderungen in dieser Hinsicht damals selbst für einen so difficulten Forscher wie Alberti im Vergleich zu denen der Jetztzeit das bescheidenste Maass nicht überschreiten, geht schon aus den Worten an der bezüglichen Stelle hervor: »Con questae simili ragioni et uasi si fanno horiuoli assai giusti per misurare il tempo a hore et a mezo hore.« Uebrigens zeigt sich auch hier wie im Kleinsten, dass Alberti keinen Umstand, der für das Messungsergebnis in Betracht kommt, vernachlässigt, denn er fügt ausdrücklich hinzu, dass die gegebene Methode bei fließendem Gewässer nicht anwendbar sei. Nicht ohne Interesse ist, dass bei Gelegenheit der Zeitbestimmung durch Wasserabfluss der Heronsbrunnen empfohlen wird, dessen Anwendung als Zeitmaass bisher wohl unbekannt gewesen. Diesem Zwecke entsprechend weicht die Einrichtung des Apparats von der gewöhnlichen etwas ab, insofern das Wasser, welches aus einer verticalen Röhre herausgeworfen wird, im oberen Theil des Apparats selbst wieder sich sammelt und dadurch zugleich bewegendes und bewegtes Element wird.

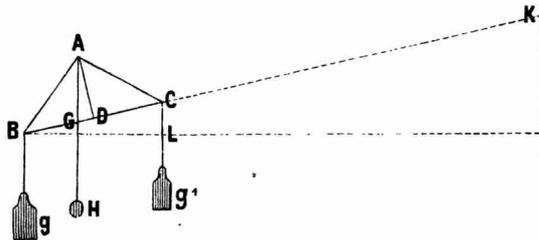
Der Apparat besteht demgemäss aus einem Gefäss mit drei vertical unter einander liegenden Abtheilungen, wie die Zeichnung andeutet. Durch die im Boden der obersten befindliche Oeffnung A wird, um ihn in Thätigkeit zu setzen, eine Quantität Wasser eingegossen derart, dass dadurch die mittelste theilweise, doch nicht bis zum obern Rand der Röhre C gefüllt wird und sodann A geschlossen. Sodann wird, nachdem zuvor die Röhre B oben geschlossen, die oberste Abtheilung voll Wasser gegossen und darauf die Röhre B geöffnet. Dadurch dringt das Wasser in die unterste Abtheilung, comprimirt, indem es sie füllt, die darüber befindliche Luft, die durch C in die zweite Abtheilung entweicht und da sie keinen Ausweg findet, auf den Wasserspiegel drückt und so das Wasser durch die Röhre D hinaustreibt, welches wieder in die oberste Abtheilung zurückfällt, um denselben Process



zu wiederholen. Nach der, der mittleren Abtheilung ausgeflossenen Wassermenge hat man somit ein Mittel, die inzwischen verflossene Zeit zu bemessen. Auf die Bestimmung der Ortszeit wird von Seiten des Autors ein besonderes Augenmerk mit Recht gerichtet, sofern dieselbe zur Orientirung eines Planes ebenso nothwendig, wie umgekehrt aus der richtigen Bestimmung des Ortsmeridians die Zeit bestimmbar ist. Alberti gibt darüber eine Reihe mechanischer Principien an, worunter merkwürdigerweise auch das unserer jetzigen Pendeluhrn sich erwähnt findet, deren Erfindung man gewöhnlich späteren Zeiten beimisst. Darauf wenigstens scheint die Stelle hinzudeuten: »In Somma ogni cosa doue sia alcun moto sara atta a misurare il tempo et di qui sono fabbricati tutti gli horiuoli come quegli doue certi pesi cercano posarsi in terra.« Als die vorzüglichsten von allen Chronometern werden diejenigen genannt, die wie das Astrolabium, der Quadrant, oder Kreisring und diejenige Art Kreise, wie der Autor sie zu machen pflegt, »den Lauf der Sonne oder der Sterne« notiren. Diese Stelle zeigt, dass Alberti die Idee seines Winkelmaassapparates für die Terrainvermessung bereits bekannten astronomischen Instrumenten entlehnt. Sie zeigt aber auch andererseits, wie man in der Astronomie bereits exactere Methoden mittelst Winkelmaassinstrumenten zur geographischen Ortsbestimmung anzuwenden begann, als die aus dem Alterthum überlieferten. Ganz richtig wird dabei bemerkt, es komme zur Bestimmung der Zeit wesentlich Alles auf die Festlegung der Mittagslinie an. Um diese in jedem Lande mit Sicherheit zu bestimmen, wird jedoch nur das vorerwähnte rohe Verfahren der Bestimmung aus der Schattenlänge eines Stabes beschrieben. Es muss dies um so mehr überraschen, als nach der vorerwähnten Stelle dies Astrolabium bereits bekannt und zu astronomischen Messungen benutzt wurde, so dass nichts näher zu liegen scheint, als die Anwendung dieses Instruments zur Meridianbestimmung unter Zugrundelegung des nämlichen Principis, wodurch man naturgemäss zu dem jetzigen Verfahren durch correspondirende Sonnenhöhen gelangt wäre. Andere Methoden der Zeitbestimmung durch blosse Beobachtung der Stellung gewisser Sterne gegen den Polarstern, wozu insbesondere das leicht überall wiederzuerkennende Sternbild des Wagens empfohlen wird, können höchstens zur allgemeinen Orientirung dienen und kommen, wo es sich um grössere Genauigkeit handelt, nicht weiter in Betracht. — Der Orientirung, welche, wie bekannt, jeder Terrinaufnahme vorauszu-gehen hat, folgt naturgemäss die Bestimmung der Hauptpunkte und deren Festlegung durch Messung. Alberti wendet dazu den von ihm construirten, vorher beschriebenen Winkelmaassapparat an. Hinsichtlich der Basismessung findet sich, wie erwähnt, in dem vorliegenden Tractat nur erwähnt, dass sie mittelst getheilter Stäbe erfolgen könne. Ueber die Details, deren Angabe jedenfalls nicht ohne Interesse gewesen wäre, fehlen leider a. a. O. nähere Andeutungen. Dass dies jedoch nicht das einzige bekannte Mittel war, sondern dass man sowohl zur directen wie zur indirecten Distanzmessung Methoden gekannt, die im Princip den heutigen analog und nur in Bezug auf den Grad der Genauigkeit geringere Vollkommenheit zeigen, geht aus den folgenden Beschreibungen hervor. Zunächst wird darunter, ob eigene Erfindung oder

nicht, ist schwer zu entscheiden, ein Instrument erwähnt, welches durch die Anzahl Umdrehungen eines Rads die Länge bestimmt. Unter der Axe desselben ist ein Beutel befestigt, der bei jeder Umdrehung aus einem darüber befindlichen Behälter eine Kugel aufnimmt. Die Anzahl der nach Beendigung der Fahrt im Beutel befindlichen Kugeln dient so zur Bestimmung der zurückgelegten Wegstrecke. Das analoge Princip wird zur See vorgeschlagen. Die Methoden sind aber wegen der dabei in Betracht kommenden äusseren Einflüsse nur unter normalen Verhältnissen bei ruhiger See anwendbar. Was die indirecte Distanzmessung betrifft, so werden dafür die noch heut gebräuchlichen elementaren Mittel in Vorschlag gebracht, wodurch die Messung der gesuchten Länge, wie z. B. die Breite eines Flusses, auf die einer direct messbaren Strecke reducirt und sodann durch Proportion aus ähnlichen Dreiecken jene bestimmt wird, wenn man es nicht vorzieht, eine der gesuchten an Länge gleiche Strecke auf zugänglichem Terrain auf Grund des nämlichen Princip abzustrecken und letztere direct zu messen. Alle diese Methoden bieten principiell nichts Neues, sondern von ihnen gilt vielmehr dasselbe, was bereits über indirecte Höhenmessung gesagt. Einfacher und kürzer als durch diese Methoden wird auf indirectem Wege die Länge einer Strecke mittelst gewisser Instrumente, die sog. Distanzmesser, bestimmt. Unter den verschiedenen Methoden der Distanzmessung ist insbesondere das bei Messtischaufnahmen, speciell bei Festlegung der Horizontalcurven angewandte Verfahren von Bedeutung, welches, wie bekannt, auf dem Princip basirt, aus dem am einen Endpunkt der zu messenden Linie beobachteten Winkel nach den beiden Enden einer im andern Endpunkt aufgestellten vertical getheilten Latte, deren Länge man abliest, die Entfernung als Cotangente des bezüglichen Winkels aus vorhandenen trigonometrischen Tabellen direct zu entnehmen. Genau dasselbe Princip scheint von Alberti angewandt worden zu sein, wobei die Setzwaage als Distanzmesser benutzt wird. Leider finden sich über die Art der Anwendung an der betreffenden Stelle kaum einige Andeutungen; denn es wird nach Auseinandersetzung des Gebrauchs der Setzwaage nur kurz hinzugefügt: »potrei conquesta mostrarui come si misuri ogni distantia ogni altezza et ogni profundita« etc. Dennoch kann den vorherigen Erläuterungen zufolge kein Zweifel über den Gebrauch

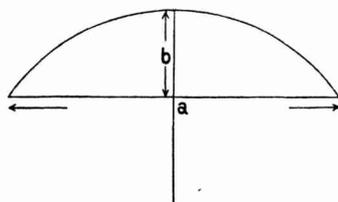
der Setzwaage als Distanzmesser sein. Indem man sich die nach der a. a. O. angegebenen Formel zu bestimmenden Verhältnisse von $\frac{GD}{AD} = \frac{CL}{BL}$ für eine Reihe successive wachsender schiefer Stellungen des Instruments berechnet und tabellarisch ordnet, findet man durch Ablesen der Länge IK an einer in K aufgestellten getheilten Latte die Entfernung BI durch Multiplication jener Länge mit der aus der Tabelle entnommenen Verhältnisszahl.



Dies sind die wesentlichsten der auf Territorialvermessung Bezug habenden und insofern noch im gewissen näheren Zusammenhang mit der Malerei stehenden Probleme. Wirft man einen Rückblick auf die Gesamtheit der Methoden und ihnen zu Grunde liegenden Principien, so muss man zugestehen, dass bereits die meisten, ganz wie heute noch, schon damals praktisch angewendet worden, mit dem einzigen Unterschied, dass durch die Vervollkommnung der Instrumente und die Fortschritte der Technik heutzutage ein weit höherer Grad von Genauigkeit erzielt wird, derart dass man bei jeder Messung eine äusserste Fehlergrenze anzugeben vermag, über welche hinaus den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit gemäss keine Abweichung stattfinden wird. Nicht sowohl die Entdeckung der ihnen zu Grunde liegenden theoretischen Elemente und mathematischen Principien die bereits aus dem Alterthum bekannt, sondern ihre Ausnutzung für die praktischen Bedürfnisse wie sie in letzter Instanz den Kunstbestrebungen Alberti's erstanden, muss als bleibendes Verdienst des letzteren bezeichnet werden. Zwar enthält dasjenige, was sich auf rein theoretische Fragen bezieht, kaum mehr als bereits im Euklid enthalten. Dass aber selbst diese einfachsten Elemente zu damaliger Zeit nicht allgemein Eingang in der technischen Praxis gefunden, geht aus dem Umstand hervor, dass Alberti es für nöthig hält, gewisse fehlerhafte geometrische Annahmen zu widerlegen, denn er sagt u. A. bei Gelegenheit der Bestimmung eines rechten Winkels, nachdem er dazu die Seitenlängen 3, 4, 5 zu benutzen empfohlen: »Sono alcuni che misurano il filo cinque et poi pur cinque et poi sette et fanno come un triangolo, ma questi errano perche i quadrati loro non rispondono a pieno: mancane delle cinque parti luna.« Für die Kreisbestimmung wird die damals übliche Zahl von $\frac{22}{7}$ als Verhältniss des Umfangs zum Radius benutzt. Auffallend ist übrigens in dieser Hinsicht die Unsicherheit, sobald sich die Untersuchung über die einfachsten Euklidischen Elemente hinauswagt. So proponirt Alberti zur Bestimmung des Flächeninhalts eines Kreissegments die er als »cose molto intrigate et non atte a queste piacevolezze« bezeichnet, die folgende Formel:

$$f = \frac{a}{2} \left(\frac{a+b}{2} \right)$$

wo a die Sehne, b das durch sie auf dem zu ihr senkrechten Radius abgeschnittene Stück f die Fläche des Segments bezeichnet. Man sieht wie Alberti hier verfähren, denn er hat offenbar f als Mittelwerth zufolge der Ungleichung:



$$ab > f > \frac{ab}{2}$$

zu finden geglaubt, welche sagt, dass wenn $\frac{a}{2}$ unverändert bleibt, der Werth des andern

Factors um f genau zu erhalten, zwischen b und 2b liegt. Da nun b stets kleiner sein muss wie a, so lange wie angenommen das Segment den kleinen Kreisabschnitt bildet, so ist auch

$$\frac{a+b}{2} > b. \text{ Dass aber zugleich } \frac{a+b}{2} < 2b,$$

wie es der Fall sein müsste, wenn der vorstehende ein genauer Werth von f wäre, folgt keineswegs daraus, sondern es würde dazu wenn d den Kreisdurchmesser bezeichnet, noch die fernere Bedingung nothwendig sein:

$$13b < 4d$$

die jedoch im Allgemeinen keineswegs erfüllt zu sein braucht. Das am fraglichen Ort berechnete Zahlenbeispiel ist übrigens offenbar verrechnet, denn es muss sich nach den Daten der Aufgabe unter Zugrundelegung der vorherigen Formel das Resultat: $f = 5$ ergeben anstatt wie Alberti angibt: »tre incirca«⁴⁾.

Als ein ebenso misslungener Versuch lässt sich die hier ebenfalls empfohlene Methode Columella's betrachten, die Alberti als »molto aggiustato« bezeichnet, wonach sich unter Beibehaltung der obigen Bezeichnung der Inhalt des Segments durch die Formel ausdrücken soll:

$$f = \frac{a+b}{2} \cdot b + \frac{1}{14} \cdot \frac{a^2}{4}.$$

Auch hier ist die Berechnung des angenommenen praktischen Beispiels insofern ungenau, als die Bruchrechnung ganz vernachlässigt worden, so dass statt des nach der obigen Formel für $a = 16$, $b = 4$ zu erhaltenden Resultats $f = 44\frac{4}{7}$ nur die ganze Zahl erhalten wird. Wie übrigens Alberti selbst die Sache ansieht, deuten zur Genüge die Worte: »sono queste ragioni molto alte et similmente molto degue et tratte da gran dottrina.«

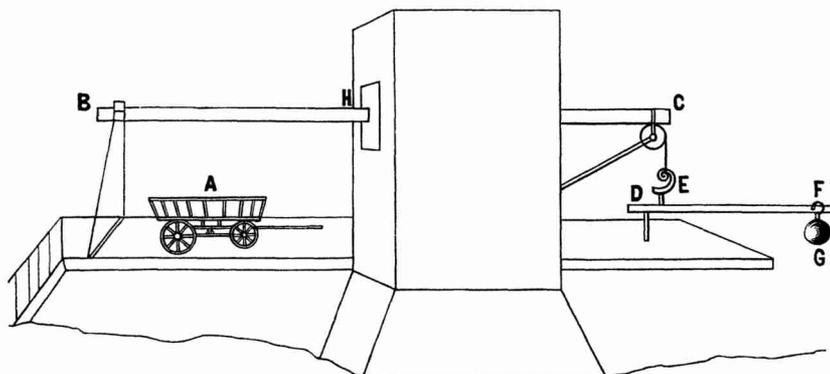
Von den der praktischen Geometrie ausschliesslich eigenthümlichen Problemen wendet Alberti sich sodann verschiedenen technischen Fragen zu, die mit Hülfe seiner Instrumente insbesondere des vorbeschriebenen Winkelmaassapparats leicht lösbar sind. So behauptet er mittelst derselben einen gewissen antiken Aquäduct, wovon einige Spuren vorhanden und dessen Richtung unter dem Gebirge verborgen war, wiedergefunden zu haben. An einer andern Stelle wird dasselbe zum Auffinden der Wasseradern, zur geographischen Bestimmung des zurückgelegten Wegs auf Reisen empfohlen. Das Princip ist in allen diesen Fällen das gleiche. Von einem bestimmten Punkte aus wird nach der fraglichen Richtung das Instrument orientirt und der bezügliche Winkel mit dieser Anfangsrichtung beim weiteren Fortgange an den successiven Stationen stets von Neuem eingestellt. Die Methode an sich bietet kaum besonderes Interesse, wenn nicht durch den Umstand, dass Alberti sie zum ersten Male hier anwendet. Auch verschiedene Anwendungen der Setzwaage, z. B. zum Richten der Geschütze, wozu das Instrument bekanntlich noch heute bei glatten Mörsern benutzt wird, finden sich ausführlich beschrieben, wobei es allerdings zweifelhaft, ob Alberti sie, wie die vorher erwähnten, selber erdacht.

Was die mechanischen Probleme betrifft, die sich ausser den zum Theil schon vorweggenommenen unter den übrigen verstreut finden, so lässt sich ein näherer Zusammenhang mit der Kunst, insbesondere der Malerei, nicht

⁴⁾ cfr. Edit. Bartoli, Opere morali, Piacevol. matem.

unmittelbar erkennen. Sie beziehen sich ihrem Inhalt nach auf die verschiedenen Methoden der Gewichtsbestimmung, deren Grundprincip das Hebelgesetz bildet. Das zum Wägen schwerer Lasten dienende, von Alberti a. a. O. beschriebene Instrument kommt im Wesentlichen ganz auf die heutige Brückenswaage hinaus, deren Construction, wie bekannt, auf einem doppelten Hebelsystem beruht, wodurch man statt der einfachen Kraftersparniss eine solche erzielt, die dem Producte aus beiden proportionirt ist. Dies ist um so mehr interessant, als der ganze Hergang durch untenstehende Figur erläutert wird, die keinen Zweifel über das Princip und dessen Anwendung lässt, im Gegensatz zu dem unter 4 erwähnten ähnliche Gegenstände behandelnden Tractat, wo durch das Fehlen der Zeichnungen der Sinn der Sache mehr oder weniger zweifelhaft bleibt.

Der Apparat besteht, wie die Figur zeigt, aus einem von der Wand H des Hauses gestützten zweiarmigen Hebel BC, welcher in B die daran mittelst



Brücke befestigte Last A trägt. Der kürzere Hebelarm steht bei C durch das um die Rolle geschlungene Tau DE mit einem zweiten, einarmigen Hebel in Verbindung, dessen Stütze in D, während in E die Last, in F die durch das Gewicht G repräsentirte Kraft wirkt. Ist der kürzere Hebelarm $HC = \frac{1}{10} BH$, und ebenso der des zweiten: $DE = \frac{1}{10} EF$, so wird, wie bekannt, das Gewicht G nur $\frac{1}{100} A$ zu sein brauchen. Dies ist jedenfalls der Sinn der am betr. Ort von Alberti etwas unklar ausgedrückten Stelle. — Den Schluss des Tractats bilden einige Anwendungen des Archimedischen Principis auf verschiedene in der Sculptur und Architectur vorkommende praktische Aufgaben, z. B. die der Gewichtsbestimmung einer Marmorsäule, deren Volumen gegeben. Das Verfahren besagt, dass man die Dichtigkeit oder das specifische Gewicht des Materials zu bestimmen habe, was sich, wie bekannt, aus dem Gewicht eines beliebigen Stücks des fraglichen Materials und dem Gewichtsverlust desselben im Wasser ergibt. Dass derartige Anwendungen älterer mathematischer Theorien zur Zeit Alberti's übrigens noch etwas Seltenes waren und dass ihm das Verdienst der Initiative auch nach dieser Seite hin gebührt, bezeugt der Zusatz: »Con queste ragioni mostrai io qui a questi Architetti quanto pesi certa colonna dellaquale essi fra loro contendevano.«

Mit Rücksicht hierauf wird man auch die vierte Schrift zu beurtheilen haben, deren Inhalt, wie schon die Ueberschrift des Manuscripts: »Questo libro e il trattato de pody et lieue« besagt, ausschliesslich dem Gebiete der Mechanik angehört. Derselbe besteht in der Hauptsache aus einer Anzahl auf Heben und Bewegen von Lasten bezüglicher Probleme. Die meisten davon gehören zu den in der Praxis des Ingenieurs, insbesondere des Architekten am häufigsten vorkommenden Aufgaben, deren praktische Lösung durch Maschinen nach dem Princip des Hebels erfolgt. Diese Maschinen sind einfacher und zusammengesetzter Art, je nach der Grösse der zu erzielenden Kraftersparniss. Die Bewegung wird dabei durch Wasser oder Muskelkraft von Menschen und Thieren hervorgebracht und die den sämmtlichen Constructionen zu Grunde liegende Idee kommt darum bei letzteren darauf hinaus, die zum Bewegen einer gewissen Last nothwendige Kraft vermittelt jener Maschinen auf eine einzige Menschen- oder Pferdekraft zu reduciren. Nachdem als Einleitung die allgemeinen Principien erörtert, die der Construction der nachfolgenden Apparate zu Grunde gelegt, schliesst sich daran ein nach 5 Gruppen zu unterscheidender Cyclus von Aufgaben. Die erste umfasst die Nummern⁵⁾ 1—11 und handelt von der Construction der Mühlen und ihren zu verschiedenem Gebrauch dienenden Einrichtungen, insbesondere Dampfmühlen. Die zweite hat das Heben schwerer Lasten mittelst Räderwerk zum Gegenstand und enthält die Nummern 12—14. Die dritte behandelt Haspel- und Erdwinden, unter Nr. 15—33. Die vierte umfasst die Nummern 34—38 und enthält Apparate, die beim Häuserbau zum Heben der Mauersteine, zum Erweitern oder Verengen einer schon hergerichteten Baulichkeit u. s. f. zu benutzen. Die fünfte endlich, Nr. 39—42, enthält Maschinen zur Bewegung von schwerem Fuhrwerk durch einfache Menschenkraft. Soweit es möglich ohne die im Text des erwähnten Manuscripts fehlenden Zeichnungen die Details wiederzuerkennen, um daraus ein Urtheil über Alberti's Leistungen auch auf diesem Gebiet zu gewinnen, so kann wohl von vornherein als feststehend betrachtet werden, dass auch hier theoretisch nichts Neues vorliegt, denn die Hebelgesetze und ihre Anwendungen bei den einfachen Maschinen waren seit dem Alterthum bekannt, zur Zeit Alberti's freilich unter den Technikern und Architekten fast verschollen. Dadurch erklärt sich die unter anderen Umständen auffallende Weitschweifigkeit, mit welcher er in der Einleitung des Tractats diese Theorie explicirt und an nicht einem, sondern beiläufig 10 Zahlenbeispielen auseinandersetzt, wobei dieselbe Theorie dreimal fast wörtlich wiederholt wird. Ob die Erfindungen selbst durchweg eigenes Verdienst oder theilweise Modificationen bekannter Apparate waren, dürfte schwer zu entscheiden sein, denn bekanntlich haben sich auch andere bedeutende Männer wie Leonardo Pisano u. a. vor ihm bereits mit ähnlichen Gegenständen befasst. Der Text bezeichnet allerdings Alles als Resultate eigenen Nachdenkens, denn es heisst am Schluss der Einleitung: »Jo per me delle inventioni che qui

⁵⁾ Die Numerirung der einzelnen Aufgaben fehlt zwar im Manuscript, doch ist dabei keine Zweideutigkeit möglich.

dimostrare serano d'assai buona parte in me non confidando esperientia ho ueduto« und speciell leiten die erste Gruppe von Problemen zur Mühlenconstruction die Worte ein: »unde per questo hauendo sperimentato molte nurie e nuove fantasie da potersi in molti lochi esercitare«. Wie dem aber auch sein mag — das Verdienst ist jedenfalls Alberti zuzuerkennen, dass er auch auf diesem Gebiete der Erste war, der durch die Zusammenstellung dieses Tractats die Anregung zu rationeller Behandlung technischer Fragen gegeben und dem Praktiker die Nothwendigkeit einer wissenschaftlichen Grundlage als Vorbedingung erfolgreichen Schaffens nahegelegt. Dass dieser Zweck dem wissenschaftlichen Stand der damaligen Zeit genügt, von weit grösseren Schwierigkeiten begleitet war, als es auf den ersten Blick scheinen möchte, deuten schon die Worte des Textes an: »quantumque difficil in disegno sia ogni cosa dimostrare ne ancho per scrittura in alcun modo molte cose esprimere non si puo perche son tante le uarieta delle cose interrotte e composite luna all'altra choccupare si uengano e pero e necessario quasi di ciascuna cosa modello fare posto che molte cose all'animo dell'architetto pareno facile e che riuscir si debba che mettendolo in effetto gran manchamenti in essi troua.« Die dem ausübenden Techniker noch gänzlich fremde orthogonale Projectionsmethode, welche in jeder Lage die Gegenstände nicht nur richtig zu sehen, sondern auch die wirklichen Maasse abzugreifen gestattet, liess allerdings noch damals eine Lücke, die Alberti's Aeusserung vollkommen berechtigt, denn die genaueste Beschreibung wird nie den Mangel einer genauen Zeichnung ersetzen. Deshalb können auch über die Details der einzelnen hier vorgeführten Maschinen nur allgemeine Andeutungen gegeben werden, da ohne jenes Hülfsmittel eine gewisse Willkürlichkeit der Phantasie in jedem einzelnen Falle begreiflicherweise nicht ausgeschlossen bleibt.

Die auf Mühlenconstruction bezügliche Gruppe zerfällt in solche mittelst Menschen- oder Pferdekraft und andere, die ganz oder theilweise mit Wasser getrieben werden; sind doch die Unregelmässigkeiten des Wasserlaufs der Flüsse und der sie erzeugenden Bäche in keinem Lande von Europa grösser als in Italien. Während im Winter die Wassermenge im Allgemeinen einem mittleren Stande entspricht, reisst sie im Frühjahr und Herbst tiefe Furchen im Gebirge, und überfluthet weite Gebiete in der Niederung. Im Sommer wiederum trocknen selbst grössere Wässer fast ganz aus, so dass selbst Flüsse wie der Tiber im oberen Laufe ins Stocken gerathen. Aus diesem Grunde erklärt sich, warum von den in Rede stehenden Maschinen eine so grosse Auswahl gegeben, den verschiedenen Fällen entsprechend, wo man über mehr oder weniger Wasser zu verfügen hat. Demgemäss unterscheidet Alberti, wie dies noch jetzt geschieht, ober-, mittel- und unterschlächtige Wassermühlen. Merkwürdigerweise wird dabei von der Benutzung des Windes als treibende Kraft Nichts erwähnt, obgleich der Fall, wo überhaupt kein Wasser vorhanden, Besprechung findet, denn es wird dafür die noch heute gelegentlich benutzte Tretmühle in Vorschlag gebracht, wo das Rad durch ein darin herumgehendes Thier gedreht wird. Das Princip ist bei allen das gleiche, noch heut gebräuchliche. Ein grösseres Rad, an dessen Peripherie die Kraft wirkt, welche das-

selbe dreht, steht mit einem kleineren Zahnrad in Verbindung, welches bei seiner durch das grosse bewirkten Drehung die ebenfalls gezähnten Stampfer successive hebt und herabfallen lässt. Ueber die speciellen Abweichungen ihrer Einrichtung könnten nur die Zeichnungen aufklären; weshalb von weiteren Details hier abstrahirt wird. Die zweite Gruppe, welche Vorrichtungen zum Heben schwerer Lasten enthält, beruht fast ganz auf dem nämlichen Princip. An einem Holzgerüst, welches über der zu hebenden Last steht, wird ein oder mehrere, an einer Welle befindliche, gezahnte Räder mittelst einer Schraube, deren Gewinde in die Zähne eingreift, diese selbst durch Menschenkraft an einem Arm gedreht. An der Welle ist die Last mittelst Stricken befestigt, die sich beim Drehen aufwickeln und so die Last emporziehen. Alle übrigen Apparate dieser Art sind Modificationen des vorstehenden und basiren auf gleichem Princip, sofern nur Schrauben und Zahnräder, oder letztere allein in mehr oder weniger grosser Anzahl je nach dem Gewicht in Vorschlag kommen. Die heutzutage mehr benutzten Flaschen- und Rollzüge finden sich auffallenderweise nicht erwähnt, woraus mit Wahrscheinlichkeit zu schliessen, dass ihre Anwendung aus späterer Zeit datirt. Die dritte Gruppe behandelt fast den gleichen Gegenstand mit der einzigen Modification, dass die Bewegung der Last auch in horizontaler Richtung stattfinden kann, bei allen selbstverständlich nur kurze Strecken vorausgesetzt. Die Einrichtung ist, wie bei den jetzt noch üblichen, fast der bei der vorigen Gruppe beschriebenen analog. Der einzige Unterschied besteht darin, dass der Apparat hier etwas complicirter, bald aus mehreren Zahnradern, bald aus Schrauben, oder aus einer Combination beider Arten zusammengesetzt wird. Trotz der grossen Anzahl hier beschriebener Maschinen findet Alberti für nöthig, darauf hinzudeuten, wie dieselben nur als allgemeiner Anhalt dienen sollen, da es unmöglich sei, alle Fälle zu erschöpfen. Des Architekten Sache sei es vielmehr, selber die in jedem Specialfall zweckmässigste Combination zu ermitteln. Als principiell nicht verschieden von der vorigen muss auch die folgende Gruppe bezeichnet werden, die sich wiederum auf Hebung von Lasten, insbesondere beim Häuserbau bezieht. Die Modification ist dabei nur unwesentlich. Sie besteht wesentlich darin, bei derartigen Maschinen Vorrichtungen zu treffen, um in jedem Moment die Bewegung zu hemmen, oder auch rückgängig zu machen. Demgemäss werden für solche Fälle anstatt der heutzutage viel benutzten Flaschenzüge nebst Zahnrad hier Schrauben empfohlen. Was die letzte Gruppe betrifft, so ist sie insofern die interessanteste, als darin zum ersten Male die Idee ausgesprochen wird, ein schweres Fuhrwerk ohne directe Benutzung von Pferdekraft in Bewegung zu setzen. Die Lösung dieses Problems wird freilich nach keinen anderen als nach den vorhergehenden Principien versucht, welches im Wesentlichen darauf hinauskommt, die Wagenräder durch ein System gezahnter Räder zu drehen, das seinerseits durch Menschenkraft bewegt wird. Dabei wird die Schraube wie vorher zum Uebertragen der Bewegungsrichtung benutzt. Zur Drehung seitwärts wird der Beschreibung nach dasselbe Princip von Schraube und Zahnrad, welches am hinteren Ende der Deichsel befestigt, ebenfalls empfohlen. Die Erfindung der auf dem

Princip der Centrifugalkraft nach Analogie der Spinnräder basirenden Velocipedes steht sonach, wie man sieht, mit diesen Maschinen in keinerlei Zusammenhang. Hiermit ist der wesentliche Inhalt des Tractats erschöpft. Wenn auch das unvollkommene Material nicht alle Details erkennen lässt, so genügen doch die obigen Andeutungen zum allgemeinen Ueberblick, sowie zur Orientirung über die dem darin enthaltenen System zu Grunde liegenden mechanischen Grundsätze vollkommen. Aus sämtlichen vorher besprochenen Schriften aber lässt sich immer wieder dasselbe Resultat entnehmen. Nicht die Erweiterung der mathematischen und naturwissenschaftlichen Gebiete war der Zweck seiner Arbeit. Umfassende Genies, im Sinne Leonardo da Vinci's welche Theorie und Praxis mit gleichem Erfolg beherrschen, sind zu allen Zeiten selten gewesen. Alberti war für letztere geschaffen; der längst verschollenen Wissenschaft der mathematischen Disciplinen nach dem Vorbild der Alten in der Praxis von Neuem Eingang zu verschaffen, insbesondere durch ihre Mitwirkung, die seither ohne Regeln gehandhabte Kunst auf ihre ursprünglichen, ewig unverletzlichen Grundgesetze zurückzuführen und diese der Künstlerwelt von Neuem zum lebendigen Bewusstsein zu bringen — das war es, was als Endziel Alberti vorgeschwebt und wozu er durch diese Schriften den ersten Impuls gegeben.
