



03



Zum Werk Victor Goldschmidts
On Victor Goldschmidt's Oeuvre



3-1. Quarzkristall aus Carrara.

3-1. Quartz crystal from Carrara.

Kristallographie

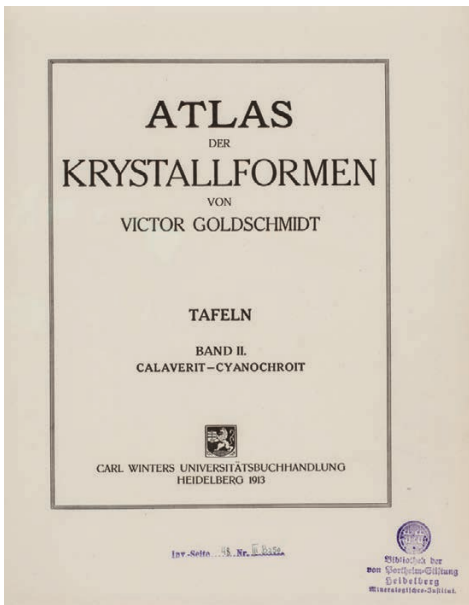
Victor Goldschmidt gilt, mit E.S. Fedorov (1853-1919) und Paul Groth (1843-1927), als einer der Begründer der modernen Kristallographie, der die Grundlage für weitere Entwicklungen und für die Herausbildung der Kristallographie als eigenständige Wissenschaftsdisziplin legte. Goldschmidts Hauptarbeitsgebiet war die Kristallmorphologie, also das systematische Studium der vielfältigen äußeren Formen. Über das Verständnis der Formen und durch die Untersuchung des Kristallwachstums (Formenbildung) sowie durch Ätzversuche und die Betrachtung von Lösungsprozessen strebte er zugleich nach einem Verständnis der inneren Struktur der Kristalle, welche die beobachtbaren Formen und Prozesse erklären konnte: »Goldschmidt erhoffte sich Erkenntnisse über die Bindungen der Atome oder Moleküle im Kristallgitter, indem er die Kristallform als Ergebnis von Stärke und Richtung der Bindungen verstand« (Amstutz 1981).⁹ Dieser Aufgabe widmete sich Goldschmidt über mehrere Jahrzehnte stetiger Arbeit.

Einer seiner bedeutenden Beiträge bestand darin, die große Vielfalt der kris-

Crystallography

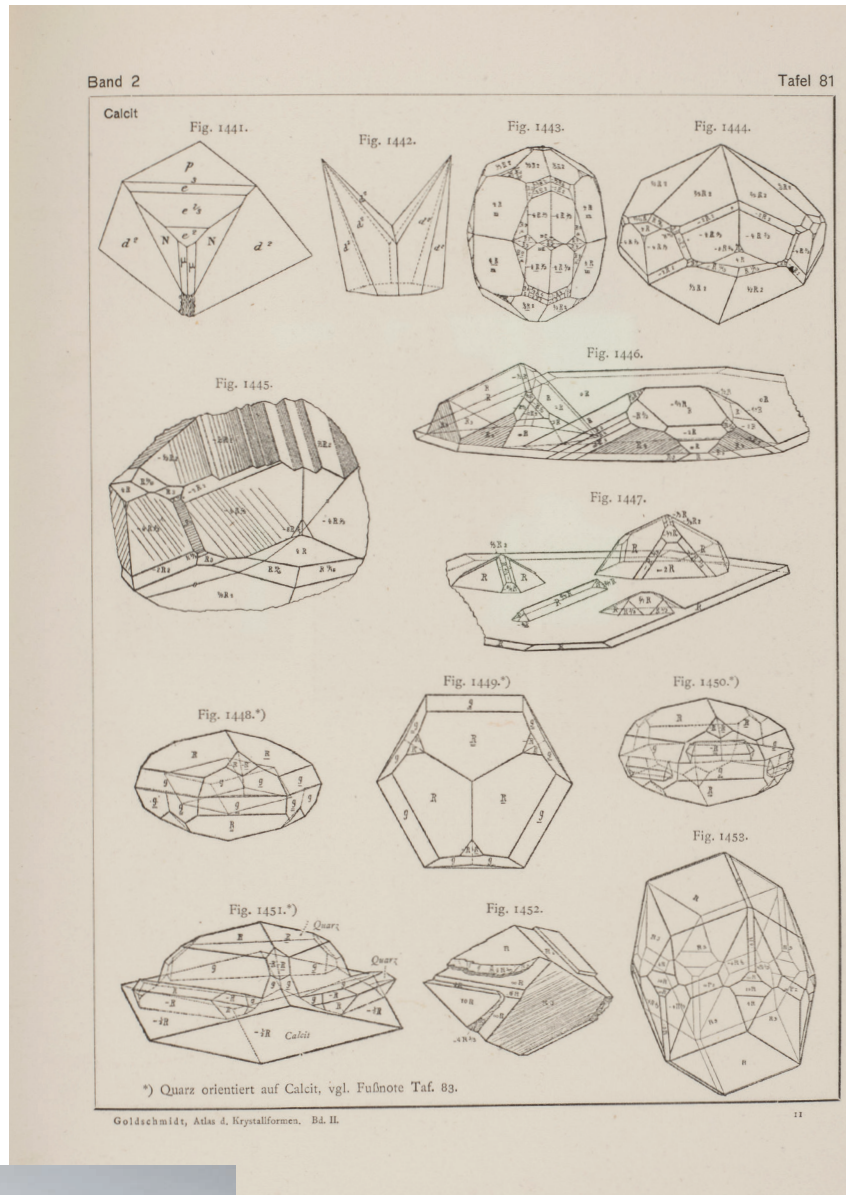
Victor Goldschmidt is considered, together with E.S. Fedorov (1853-1919) and Paul Groth (1843-1927), as one of the founders of modern crystallography, creating the basis for further developments and for the establishment of crystallography as a scientific discipline in its own right. Goldschmidt's main field of research was crystal morphology, that is, the systematic study of the manifold external, observable forms. Through an understanding of the forms, as well as through the study of crystal growth – the process of formation – and through etching and dissolving crystals, he aimed at an understanding of the inner structure of crystals: »Thus, Goldschmidt hoped to gain insight into the atomic or molecular bond relations within the [crystal] lattice, through the crystal form as the product of bond strength and bond direction« (Amstutz 1981).⁹ To this task, Goldschmidt devoted several decades of continuous work.

One of his important contributions was, as Charles Palache wrote (1934), »to bring order out of the chaotic mass of crystallographic observations which had accumulated through a century, to reduce them



3-2. Atlas der Krystallformen, Bd. 2: Titelseite und Taf. 81, Calcit.

3-2. Atlas der Krystallformen, vol. 2: title page and pl. 81, calcite.



3-3. Bd. 2 des Atlas der Krystallformen.

3-3. Vol. 2 of the Atlas der Krystallformen.

tallmorphologischen Daten in eine einheitliche Ausdrucksweise gebracht und damit interpretierbar gemacht zu haben.¹⁰ Drei große Werke sind dieser Aufgabe gewidmet: *Der Index der Krystallformen der Mineralien* (3 Bde., 1886-1891), die *Krystallographischen Winkeltabellen* (1897) und der *Atlas der Krystallformen* mit 9 Doppelbänden (1913-1923). Der *Atlas*, mit Daten zu knapp 700 Kristallarten und über 23.000 hochkarätigen Abbildungen, ist bis heute ein Klassiker geblieben und inzwischen auch in digitalisierter Form zugänglich.

to a common form of expression so that their meaning could be interpreted«. ¹⁰ Three major works were devoted to this task: The ›Index of Crystal Forms‹ (*Index der Krystallformen*, 3 vols., 1886-1891), the ›Crystallographic Tables of Angles‹ (*Krystallographische Winkeltabellen*, 1897), and the ›Atlas of Crystal Forms‹ (*Atlas der Krystallformen*, 9 vols., 1913-1923). The *Atlas*, containing data on just under 700 kinds of crystals and more than 23,000 high quality illustrations, remains a classic in its field, and is now accessible in digitised format.



3-4. Ein ›Goldschmidt-Goniometer‹ (vgl. 3-39); links hinten an der Rückwand die vollständigen Bände des Atlas der Krystallformen; dazwischen ein großer Turmalin.
3-4. A ›Goldschmidt Goniometer‹ (cf. 3-39); on the left in the background the complete volumes of the *Atlas der Krystallformen*; in-between a large turmaline.

Wissenschaftliche Geräte

Das Studium der Formen erforderte präzises Messen und eine genaue Notation der Messergebnisse. Goldschmidt befasste sich daher intensiv mit der Entwicklung von Geräten für Lehr- und Forschungszwecke in der Kristallographie. Weltruf als perfektes Messinstrument erwarb sein in den frühen 1890er-Jahren entwickeltes zweikreisiges Reflexionsgoniometer (›Goldschmidt-Goniometer‹), das im weiteren Verlauf stetig verbessert wurde. Seit etwa 1893 wurde es weltweit ausgeliefert, v.a. nach Nordamerika (USA, Kanada), ferner ins europäische Ausland und nach Japan. Der ›Goldschmidt-Methode‹ – Messgerät, Messmethode und Notation – widmeten nordamerikanische Kollegen 1920 eine ganze Aufsatzsammlung (erschieden im *American Mineralogist*), ein bereits 1914 erschienenes Lehrbuch (T. Walker, *Crystallography*) baute auf der Goldschmidt-Methode auf, und noch 1934 erschien hierzu ein russisches Lehrbuch (E.M. Bonštedt).

Crystallometric Instruments

The study of crystal forms requires exact measurement and precise notation of the results. To this end, Goldschmidt engaged intensively in the development and construction of crystallometric instruments. His two-circle reflexion goniometer (›Goldschmidt goniometer‹), developed in the early 1890s and since then steadily improved, gained a wide reputation as a perfect crystallometric instrument. From about 1893, it was supplied to all parts of the world, mainly to North America (USA, Canada) but also to various European countries and to Japan. The ›Goldschmidt method‹ (instrument, method of measurement and notation) became the subject of a series of articles published in 1920 in the *American Mineralogist*; a Canadian textbook published in 1914 relied mainly on it (T. Walker, *Crystallography*), and a Russian textbook by E.M. Bonštedt on measuring and calculating crystals according to the ›Goldschmidt method‹ appeared in 1934.

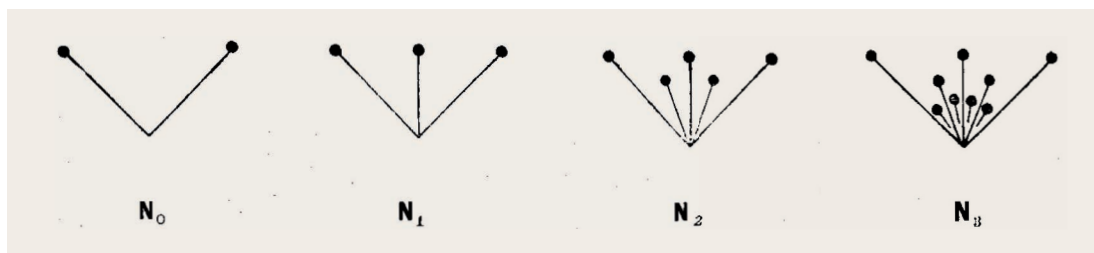
In developing crystallometric instruments Goldschmidt cooperated closely

41

3-5. Stehend: Peter Stoë (links) und Victor Goldschmidt (rechts). Sitzend v.l.n.r.: M.B. Baker (University of Kingston), Florence Bascom (Bryn Mawr College), Gabriele Lincio und William Nichol (University of Kingston). Auf dem Tisch ein Polarisationsmikroskop und ein zweikreisiges Reflexionsgoniometer. Im Mineralogisch-Krystallographischen Institut, 1906/7.

3-5. Standing: Peter Stoë (left) and Victor Goldschmidt (right). Seated, from left: M.B. Baker (University of Kingston), Florence Bascom (Bryn Mawr College), Gabriele Lincio and William Nichol (University of Kingston). On the table a polarising microscope and a two-circle reflecting goniometer. At the Mineralogical-Crystallographic Institute, 1906/7.





3-6. Goldschmidts graphische Darstellung der ›Komplikation‹ vom »Einfachen zum Mannigfaltigen«.

3-6. Goldschmidt's graphic illustration of ›Complication‹ from »the simple to the manifold«.

Bei der Entwicklung von Messgeräten arbeitete Goldschmidt engstens mit dem Heidelberger Präzisionsmechaniker Peter Stoë zusammen. Stoës Verbindung mit Goldschmidt und dessen Kristallographischem Institut war und blieb eng, die Werkstatt expandierte und bot schließlich eine ganze Reihe von Instrumenten an, die vom Wissenschaftler und Mechaniker entwickelt worden waren. Um 1912 übergab Stoë die Werkstatt dem Neffen seiner Frau, Fritz Rheinheimer, der den Betrieb als ›Stoë & Cie. m.b.H.‹ weiterführte und professionalisierte (er baute auch das von Goldschmidt später für Röntgenaufnahmen von Kristallen entworfene Gerät). Die Firma befand sich bis nach dem 2. Weltkrieg in Heidelberg, heute ist sie in Darmstadt ansässig (und immer noch auf modernste Geräte zur Kristallanalyse spezialisiert).

Komplikationsgesetz

Der Name Goldschmidts ist auf dem Gebiet der Kristallographie mit dem ›Komplikationsgesetz‹ verbunden, das er 1897 erstmals in einem ausführlichen Artikel formulierte. In dem 1901 erschienenen Band *Harmonie und Complication* erweiterte er die Betrachtung dieses ›Gesetzes‹ durch eine naturphilosophische Perspektive – womit er auch eine Verbindung

with the Heidelberg precision mechanic Peter Stoë. Stoë's association with Goldschmidt and the Crystallographic Institute was a close one, his workshop grew and eventually offered a whole series of instruments developed by the scientist and the mechanic. In about 1912, Peter Stoë handed over his workshop to Fritz Rheinheimer, the nephew of his wife. Rheinheimer continued and professionalised the business under the name ›Stoë & Cie. m.b.H.‹ (it also made the device which Goldschmidt later devised for X-ray images of crystals). The company was still based at Heidelberg after the Second World War; today it is located at Darmstadt (and still specialised in advanced instruments for crystal analysis).

The ›Law of Complication‹

In the field of crystallography, Goldschmidt's name is associated with the ›Law of Complication‹ which he first presented in a long article in 1897. In the monograph ›Harmony and Complication‹ (*Harmonie und Complication*, 1901), he broadened the perspective by considering this law in the context of *Naturphilosophie* – thereby trying to establish a link between natural sciences and the humanities.

Goldschmidt understood the notion of ›complication‹ as a development from

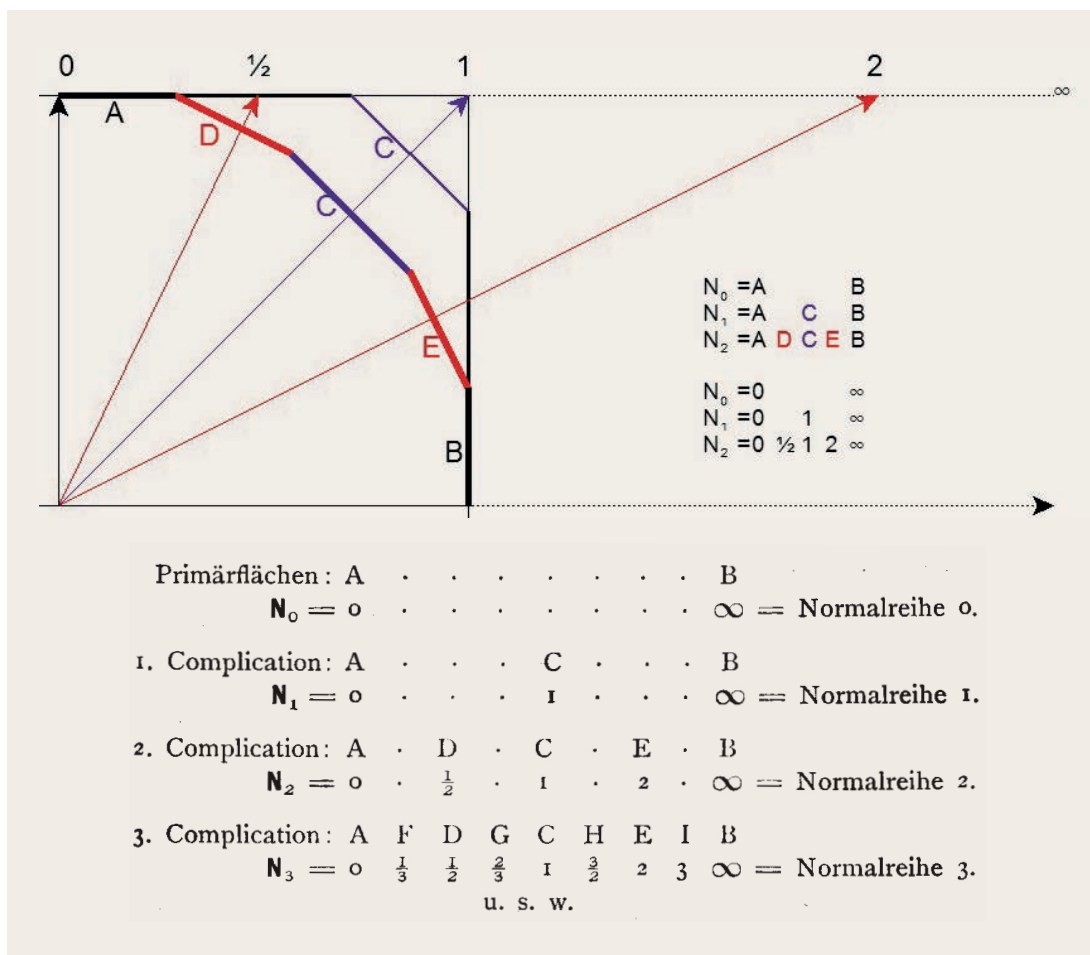
zwischen Natur- und Geisteswissenschaften zu etablieren versuchte.

Unter ›Komplikation‹ verstand er eine Entwicklung vom ›Einfachen zum Mannigfaltigen‹ (›Komplizierten‹)¹¹ (3-6 und 3-7), sie bezeichnet daher einen generativen Prozess bzw. ein generatives Prinzip. Das Gesetz beschreibt Regelmäßigkeiten beim Kristallwachstum und die Formenvielfalt von Kristallen, von einfachen zu ›komplizierten‹ Formen.

Grob vereinfacht gesagt (siehe 3-7), schieben sich in diesem Prozeß zwischen vorhandene Flächen eines Kristalls neue

›dem Einfachen zum Mannigfaltigen‹, from ›the simple to the manifold‹ (or ›complicated‹)¹¹ (3-6 and 3-7), hence denoting a generative process or principle. The law describes regularities in crystal growth and diversity of crystal forms.

In the process (see 3-7), between two existing faces (A, B) of a crystal, new faces insert themselves, first, C between A/B, then D and E between A/C and C/B, and so on. Through lines perpendicular to the faces, the faces are projected onto a plane or line, which leads to a number of projection points due to the different gradients of the faces. The relative posi-



3-7. Schematische Darstellung des ›Komplikationsgesetzes‹.
3-7. Schematic representation of the ›Law of Complication‹.

N_0	0								∞
N_1	0				1				∞
N_2	0		$\frac{1}{2}$		1		2		∞
N_3	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{3}{2}$	2	3	∞

3-8. Die Komplikationsreihen N_0 - N_3 .
3-8. The Complication Series N_0 - N_3 .

Flächen ein (C zwischen A/B, dann D und E zwischen AC und CB usw.). Von einem gemeinsamen Mittelpunkt aus werden die Flächen mittels einer die Außenflächen senkrecht schneidenden Geraden als Punkt auf eine Ebene bzw. Linie projiziert, was wegen der unterschiedlichen Neigung der Flächen zu einer Serie von Projektionspunkten führt. Die Position der Projektionspunkte zueinander ergibt eine Zahlenreihe, die beim Kristallwachstum die nächste, »komplizierte« Stufe voraussagen lässt oder die maximale »Komplikation« angibt (3-7 und 3-8).

Mit N bezeichnete Goldschmidt eine »Normalreihe«, vom Einfachen (0) zum Mannigfaltigen (3), von der ersten über die zweite zur dritten »Komplikation«. Eine über N_3 hinausgehende »vierte Komplikation« sei, so Goldschmidts empirischer Befund, in der Natur, von seltenen Ausnahmen abgesehen, nicht zu beobachten. Die Zahlenreihe ist die der sog. Stern-Brocot-Zahlen (worauf Goldschmidt hinwies); sie ist gekennzeichnet durch Symmetrie und reziproke Zahlen ($\frac{1}{2}$ und $2 = \frac{2}{1}$, $1 = \frac{1}{1}$ ist selbstreziprok).

Naturphilosophie

Wenn Goldschmidt sich als Naturwissenschaftler mit kulturellen Erscheinungen befasste, so tat er dies im Rahmen dessen, was er als »Naturphilosophie« bezeichnete. Diesem Begriff gab er die Definition: »Die Lehre vom menschlichen Geist [Philosophie] im Spiegel der Natur«. ¹² Das Be-

tioning of the projection points gives a number series which indicates the »complication« of a kind of crystal, and which would allow to predict the next and more complicated stage during crystal growth (3-7 and 3-8).

With the letter N Goldschmidt designated a »normal series«, from the simple (0) to the more complicated or manifold (3) through the first, second to the third complication. A fourth complication that goes beyond N_3 , thus Goldschmidt's empirical finding, does not occur in nature, apart from rare exceptions. The number series is, as Goldschmidt also pointed out, that of the Stern-Brocot numbers; it is characterised by symmetry and reciprocal numbers ($\frac{1}{2}$ and $2 = \frac{2}{1}$, $1 = \frac{1}{1}$ is self-reciprocal).

Natural Philosophy

When Goldschmidt, as a natural scientist, looked at cultural phenomena, he did so from the perspective of what he called »natural philosophy« (*Naturphilosophie*). He defined the concept as: »The scholarly discipline concerned with the human mind [philosophy] in the mirror of nature« (»Die Lehre vom menschlichen Geist im Spiegel der Natur«). ¹² The pair »mind/nature« relates to two aspects of being human – as a biological being, created by nature and belonging to the realm of nature, and at the same time constituted by its »mind« (»thought«). The two realms are mediated by the »natural

griffspaar ›Geist/Natur‹ verweist auf die beiden Aspekte des Menschseins: als biologisches, von der Natur ›erbautes‹ und der Natur zugehöriges Wesen, zu dessen Verfassung ebenso der ›Geist‹ bzw. das ›Denken‹ gehört. Zwischen beiden vermitteln die ›naturegegebenen Sinnesorgane‹, deren Wahrnehmungen im ›Geist‹ ein der natürlichen Außenwelt korrespondierendes Abbild entstehen lassen (das seinerseits Gegenstand des Denkens werden kann, z.B. in der Wissenschaft). Demgegenüber steht eine Projektion der ›geistigen Innenwelt‹ in die Außenwelt, durch Be- und Verarbeitung und damit die Veränderung von ›Natur‹; durch diese ›menschlichen Werke‹ (Sprache, Musik, Werkzeuge, Technik, Kunst) wird die ›kulturelle Umwelt‹ geschaffen. Die Exteriorisierung des ›Geistes‹ in der Außenwelt und die Frage, welche in der ›naturhaften Verfassung‹ des Menschen begründeten Eigenschaften des ›Geistes‹ sich hierbei erkennen ließen, ließen für Goldschmidt das Studium der ›Kunst‹ im weitesten Sinne (›the arts‹) zum integralen Bestandteil seiner Naturphilosophie werden.

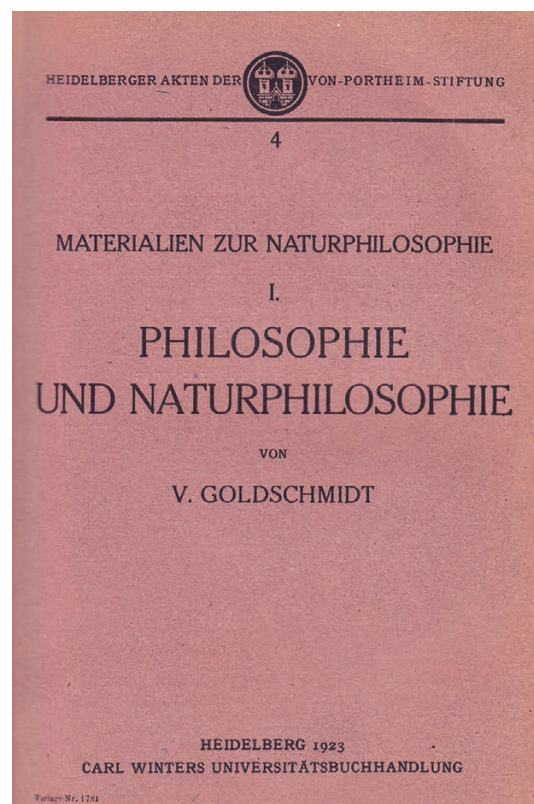
Die leitende Frage von Goldschmidts Naturphilosophie war in etwa die, ob es von der natürlichen Verfasstheit des Menschen vorgegebene Grundmuster (›psychophysische Dispositionen‹) gibt,

3-9. Für Arbeiten aus dem Gebiet der Geisteswissenschaften bzw. der Naturphilosophie initiierte Goldschmidt 1922 eine eigene Publikationsreihe, die *Heidelberger Akten der von Portheim-Stiftung*. Sie ergänzte die seit 1914 erscheinende naturwissenschaftliche Reihe der *Beiträge zur Kristallographie und Mineralogie* seines kristallographischen Instituts.

3-9. In 1922, Goldschmidt initiated a publication series for works in the field of humanities (›the arts‹) and natural philosophy, the ›Heidelberg Transactions of the von Portheim Foundation‹. It complemented the natural science series of his crystallographic institute, the ›Contributions to Crystallography and Mineralogy‹, which was published since 1914.

sense-organs‹, the perceptions of which lead to the formation of an image of the external world in the mind (which, in turn, could become an object of thought, as in the natural sciences). Conversely, there is the projection of the ›mental interior world‹ into the external world through processing and changing ›nature‹; these ›human works‹ (language, music, tools, techniques, art) imply the creation of an environment of ›human culture‹. Given the notion of the exteriorisation of the ›mind‹, and the question of which properties of the mind can be discerned therein as being connected to the ›natural constitution‹ of humans, the study of ›the arts‹ became for Goldschmidt an integral part of *Naturphilosophie*.

The basic question of Goldschmidt's *Naturphilosophie* was approximately this: Are there basic patterns, given by the



die den kulturellen Phänomenen, wie sie sich in Dingen der menschlichen Kultur manifestieren, zugrunde liegen und die sich in der Gestaltung der Artefakte erkennen lassen. Dies zielte einmal auf die Frage nach den visuellen und akustischen Signalen der Außenwelt, die Ordnung ihrer Wahrnehmung und die Ausbildung gewisser Präferenzen, und damit nach ihrer Transformation in strukturierte Ton- und Farbensysteme; und zum anderen auf die Exteriorisierung dieser Systeme in der ›Kunst‹.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts befassten sich eine Reihe von Wissenschaftlern mit Fragen der Ästhetik und Kunst – H. Helmholtz, auf den sich Goldschmidt wiederholt bezieht, mag erwähnt werden, ferner G. Fechner, W. Wundt, Ch. Henry, M. Verworn oder M. Planck. Goldschmidts eigene naturphilosophische Frage war in den Begriffen und aus dem Wissensstand seiner Zeit heraus formuliert; der entsprechende Fragenkomplex würde heute in anderer Weise in den Neurowissenschaften (Neuroästhetik u.a.), der empirischen Ästhetik oder der Wahrnehmungspsychologie thematisiert.

Musik

Vor dem Hintergrund seiner kristallographischen Forschungen stellte Goldschmidt die Hypothese auf, dass das ›Komplikationsgesetz‹ nicht nur für das Reich der Kristalle zuständig sei, sondern als allgemeines Naturgesetz Gültigkeit besitze; unter anderem wirke es in der Organisation der Wahrnehmung, bei ästhetischen Präferenzen für bestimmte Gestaltungsprinzipien sowie in der Logik hinter Prozessen der Differenzierung – vom ›Einfachen‹ zum ›Mannigfaltigen‹

natural constitution of human beings (›psychophysical dispositions‹), which underlie cultural phenomena as they are manifest in the material documents of human culture and therefore can be studied in the designs and configurations of artefacts. This question was aimed, on the one hand, at the visual and acoustic signals of the external world, the ordering of their perception and the formation of certain preferences, hence at their transformation into structured sound and colour systems; and this involved, on the other hand, the exteriorisation of these configurations in the ›arts‹.

In the second half of the 19th century, a number of scientists were dealing with questions of aesthetics and art – one may mention H. Helmholtz, to whom Goldschmidt repeatedly refers, or G. Fechner, W. Wundt, Ch. Henry, M. Verworn or M. Planck. Goldschmidt's own studies were naturally shaped by concepts and the state of knowledge of his times. Today, these questions would be approached in different ways by, for example, neurological science (neuroaesthetics etc.), empirical aesthetics or the psychology of perception.

Music

Against the background of his crystallographic work, Goldschmidt put forward the hypothesis that the ›Law of Complication‹ does not only apply to the realm of crystals, but that it also is a more generally valid law of nature relating to pattern formation. Among other things, it would be effective in the organisation of perception, in preferences for certain configurations, and in the logic underlying processes of differentiation – from



3-10. Langhalslaute. Afghanistan, frühes 20. Jh. L: 91,5 cm.

3-10. Long-necked lute, Afghanistan, early 20th c., L: 91.5 cm.

47



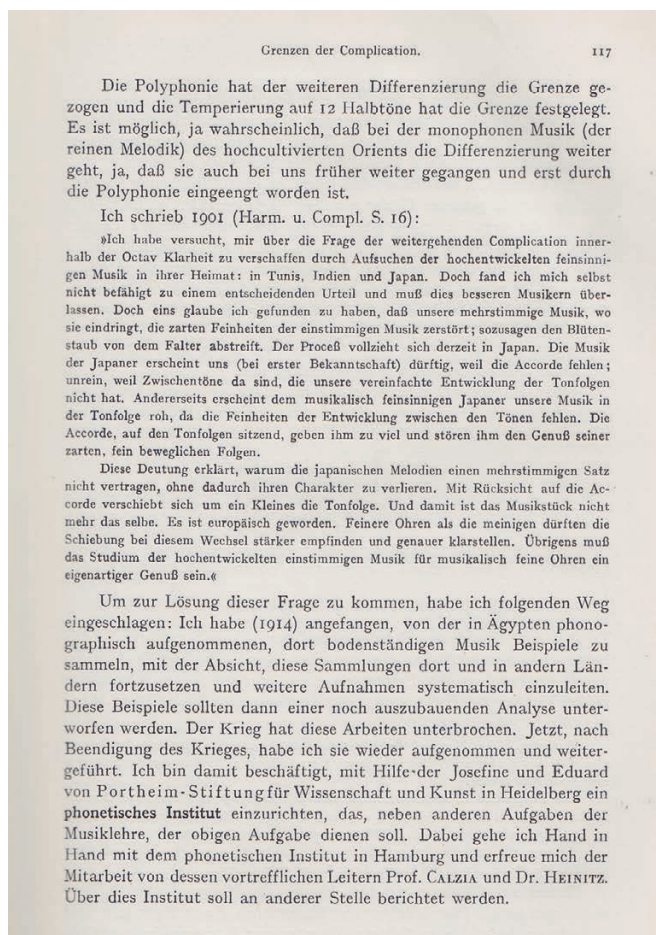
3-11. Ein Paar
Maultrommeln mit
Behälter. Bayern,
19. Jh., L (Behälter):
5,5 cm.

3-11. A pair of jew's
harps with box.
Bavaria, 19th c., l
(box): 5.5 cm.



3-12. V. Goldschmidt, *Materialien zur Musiklehre*, Bd. 1-2 1925, S. 117.

3-12. V. Goldschmidt, *Materialien zur Musiklehre*, vol. 1-2, 1925, p. 117.



48

Alle diese Töne der kleinen Melodie passen in die Reihe des Basaltones a' , wie unser harmonischer Schlüssel zeigt. Es handelt sich also um eine Mollmelodie. Das Lied läßt sich genau so wie unsere Liedchen analysieren. Die harmonischen Zahlen gehen nicht über $\frac{1}{3}$ hinaus. Da der Basaltone gar nicht wechselt, ist das Liedchen so einfach, wie unsere Liedchen nur sein können. Wenn es aber Europäer spielen, dann geht dieser feine Staub, der an den Tönen haftet, in der Eigenart, wie die Töne gesungen werden, verloren; es bleibt nur das vor uns stehende Gerippe übrig. Trotzdem klingt das Liedchen fein und liebenswürdig.

»All tones of this little melody fit into the series of the base tone a' , as our harmonic key shows. It is thus a melody in the minor mode. The song can be analysed just like our own songs. The harmonic numbers do not go beyond $\frac{1}{3}$. Since the base tone does not change, it is as simple as any of our songs can be. But when Europeans perform it, the fine powder, which inheres the tones through the peculiarity with which the tones are sung, gets lost; what remains is the skeleton standing before us. Nevertheless, this little song sounds delicate and amiable.«

3-13. Goldschmidts Kurzanalyse des japanischen Volkslieds »Hime matsu komatsu« (aus seinen *Vorlesungen über Naturphilosophie*, 1935).

3-13. Goldschmidt's summary analysis of the Japanese folk-song »Hime matsu komatsu« (from his *Vorlesungen über Naturphilosophie*, 1935).

(»Komplizierten«) und gegebenenfalls zurück zum »Einfachen«. Die Hypothese überprüfte er u.a. auf dem Gebiet der Musik (Harmonik). Töne waren insofern besonders geeignet, da diese sich in Zahlen und Zahlenverhältnissen ausdrücken ließen, sei es über Frequenzen oder die Teilungen der Oktave (z.B. bei einer Saite). Die Frage, die sich stellte, war, ob es ganz allgemein aus der ganzen Bandbreite des Möglichen Töne, Intervalle, Intervallsequenzen (Melodie) und Intervallkombinationen (Akkorde) gibt, die bevorzugt wahrgenommen und in der musikalischen Praxis verwendet werden.

Goldschmidts Studien zur Musik sind umfangreich, berücksichtigen Volkslieder ebenso wie Kunstmusik (Troubadure, Palestrina, Haydn usw.) sowie musikhistorische Überlegungen; sie berühren zahlreiche Aspekte der Musiktheorie und entwickeln ein eigenes System harmonischer Analyse.

Als Beispiel sei ein Aspekt der diatonischen Tonskala angedeutet. Goldschmidt untersuchte zum einen ihre historische Entwicklung; zum anderen griff er auf eine systematische Betrachtung zurück. Demnach liegen der Skala zwei ursprünglichere Tonreihen (Tonika und Dominante) zugrunde, die zusammen einen größeren Tonvorrat zur Verfügung stellen als jede Reihe für sich. In Verbindung mit der Umrechnung der Schwingungszahlen in die »harmonischen Zahlen« (p) der »Komplikationsreihe« ergibt sich in etwa folgendes Bild:

c	e	f	g	a	b	\bar{c}
0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	∞
g	h	c	d	e	f	\bar{g}

Für die diatonische Skala (c) liefert die untere Reihe (g) das fehlende d und h

the »simple« to the »manifold« and, as the case may be, back to the »simple«. With this hypothesis in mind, one of his objects of study was music (harmonics). Tones appeared as particularly appropriate because they can be expressed in numbers and number ratios, be it as frequencies or as divisions of the octave (as with a string, for example). The question was, whether there are, among the complete spectrum of what is theoretically possible, tones, intervals, sequences of intervals (melodies) and interval combinations (chords, harmonies) which are preferentially perceived, and preferentially used in musical practice.

Goldschmidt's studies on music are extensive, and he considered various types of music such as folk-music, »art music« like the troubadours, Palestrina or Haydn as well as the history of music. He touched a number of aspects of music theory and developed an own system of harmonic analysis.

One small example may illustrate how he applied the »Law of Complication« to music – it concerns an aspect of our current diatonic scale. Goldschmidt looked at its historical development which he complemented with a systematic observation. Accordingly, the scale is based on two original tone series (tonic and dominant) which combined provide a larger stock of tones than each of the single series by itself. Given Goldschmidt's recalculation of the frequency ratios into his »harmonical numbers« (p) of the »complication series«, one arrives at about this picture:

c	e	f	g	a	b^b	\bar{c}
0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	∞
g	b	c	d	e	f	\bar{g}



3-14. Russisch-kirchenslawische Handschrift mit Hymnen und Notation. 18./19. Jh., 9,5 × 15 cm. Slg. Goldschmidt.

3-14. Russian-Church Slavonic manuscript of hymns, with notations. 18th/19th c., 9.5 × 15 cm. Coll. Goldschmidt.

3-15. *Kitāb fi ma'rifat al-anghām wa-šarḥihā* von Šams al-Dīn al-Šaidāwī al-Dimašqī (†1506). Abschrift, 18. Jh., 24 × 18 cm. Titeltranskription »Traité des tons ou de la musique, accompagné d'une exposition ou commentaire assez étendu, par Schamseddin al Saidawi al Dameschki«. Darstellungen der Modi (links) und des Notationssystems (rechts).

3-15. *Kitāb fi ma'rifat al-anghām wa-šarḥihā* of Šams al-Dīn al-Šaidāwī al-Dimašqī (†1506). Copy, 18th c., 24 × 18 cm. French transcription of title: »Traité des tons ou de la musique, accompagné d'une exposition ou commentaire assez étendu, par Schamseddin al Saidawi al Dameschki«. Illustrations of modes (left) and of the system of notation (right).



(welches das b verdrängt), mit dem Ergebnis c-d-e-f-g-a-h-c̄.

Farben in der Kunst

Die Farben bilden ein weiteres Feld, das sich wie die Töne auf Grundlage von physikalischen Messwerten (Wellenlängen) betrachten ließ (3-16). Goldschmidts Ausgangspunkt war das Farbspektrum des Sonnenlichts (›reine Farben‹ im Gegensatz zu ›Übergangsfarben‹ und Mischfarben, die durch Addition ›reiner Farben‹ gewonnen werden). Zur Orientierung für die Strukturierung des Spektrums verwendete er die nach ihrem Entdecker benannten Fraunhofer-Linien, die im Kontext der fließenden Übergänge einen ›Farbsektor‹, der einem Farbenwort entspricht, ausreichend markierten; dabei stützte er sich auf die Hauptlinien A-K (vorerst ohne G). Die gerundeten Werte der aus den Wellenlängen errechneten Wellenzahlen zeigte, dass der wahrnehmbare Bereich des Lichts einen Umfang hat, der dem einer Oktave in der Musik entspricht (2 : 1). Die weitere Umrechnung in Goldschmidts ›harmonische Zahlen‹ (p) führt zu einer Reihe, die weitgehend dem ›Komplikationsgesetz‹ entspricht. Diese Reihe erlaubt ihrerseits eine Analogie zur Musik, insofern die Farbreihe einer Tonreihe entspricht, die Goldschmidt als grundlegend für die Strukturierung des Oktavintervalls ansah.

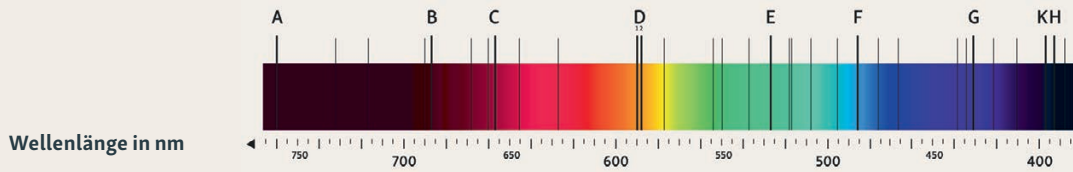
Eine empirische Untersuchung zu den Anwendungen der Farbreihen auf Artefakten legte Goldschmidt 1919 vor, illustriert mit handkolorierten Faksimiles von ganz ungewöhnlich hoher Qualität. Seine Studie berücksichtigte Artefakte aller Art und unterschiedlichster, auch außereuropäischer Herkunft. Um den

For the diatonic scale (c), the lower series (g) provides the missing d and b (which supplants b^b), resulting in c-d-e-f-g-a-b-c̄.

Colours in Art

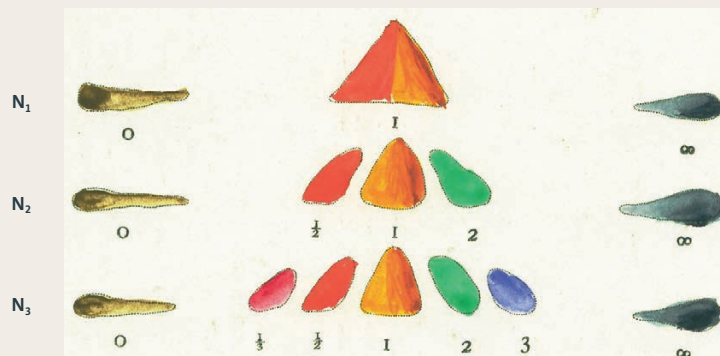
Colours are another field which could be looked at, like sounds, on the basis of physical measurements (wave-lengths) (3-16). Goldschmidt's starting point was the colour spectrum of the sun light, ›pure colours‹ as opposed to colours ›transitional‹ between ›pure colours‹, and mixed colours which result from the mixing of ›pure colours‹. As a guide for structuring the spectrum he used the ›Fraunhofer lines‹, taking into account the main lines A-K (for the time being without line G). In the context of continuous transitions, they could sufficiently mark a ›colour sector‹ which would correspond to a colour word. The rounded values of the wave ratios (which he called ›wave numbers‹), calculated from the wave-lengths, showed that the sector of perceptible light corresponds to the range of an octave in music (2 : 1). A further recalculation into Goldschmidt's ›harmonic numbers‹ leads to a series which corresponds closely to the ›Law of Complication‹. This series allows to draw an analogy with music, in that a series of colours corresponds to a tone series which Goldschmidt saw as fundamental to the structuring of the octave.

An empirically-based study on the use of colour-schemes on artefacts was published by Goldschmidt in 1919, illustrated with hand-coloured facsimiles of unusually high quality. This study took into account all kinds of artefacts, including non-European ones. As for setting a limit to the extent of the study and to the amount of illustrations required,



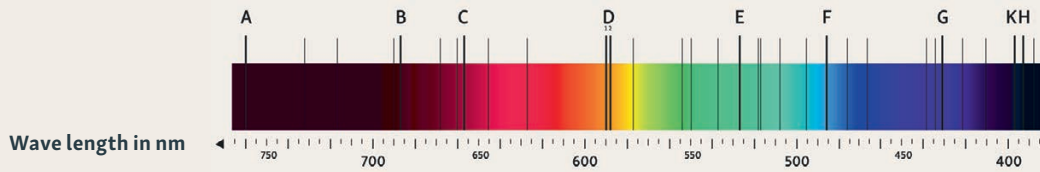
Fraunhofer-Linie	A	B	C	D	E	F	K (H)	
Wellenlänge λ in nm	761	687	656	590	527	486	393	(nach Ångström 1868)
Wellenzahl l	1,94	1,75	1,67	1,50	1,34	1,24	1,00	$l = \lambda/393$
l , gerundet	2	$7/4$	$5/3$	$3/2$	$4/3$	$5/4$	1	
harmonische Zahl p aus l (gerundet)	0	$1/3$	$1/2$	1	2	3	∞	$p = (2-l)/(l-1)$
Farben	Braun	Rosa (Rosenrot/ Karmin)	Rot (Feuerrot/ Ziegelrot)	Gelb	Grün	Blau	Grau (Violgrau)	
Tonreihe	c	e	f	g	a	b ^b	c̄	
N_0	0 Dunkel (Schwarz)			Hell			∞ Dunkel (schwarz)	
N_1 Komplikation 1	0 Brown			1 Rotgelb			∞ Grau	
N_2 Komplikation 2	0 Brown		$1/2$ Rot	1 Gelb	2 Grün		∞ Grau	
N_3 Komplikation 3	0 Braun	$1/3$ Rosa (Rosenrot/ Karmin)	$1/2$ Rot (Feuerrot/ Ziegelrot)	1 Gelb	2 Grün	3 Blau	∞ Grau (Violgrau)	

Weiß



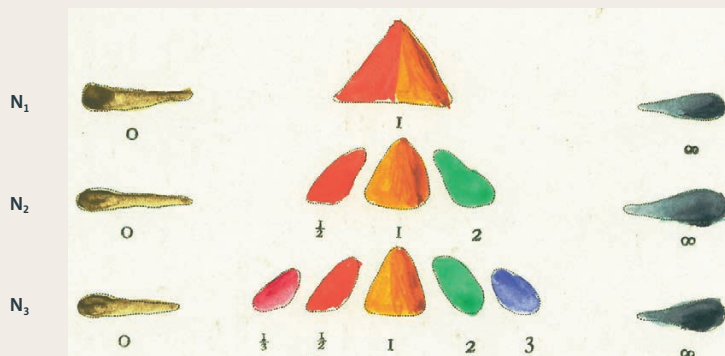
Aus V. Goldschmidt, Farben in der Kunst (1919).

3-16. Vereinfachte Darstellung der Goldschmidt'schen Hypothese zur Logik der Differenzierung von Farbschemata.



Fraunhofer line	A	B	C	D	E	F	K (H)	
Wavelength λ in nm	761	687	656	590	527	486	393	(after Ångström 1868)
Wave number l	1,94	1,75	1,67	1,50	1,34	1,24	1,00	$l = \lambda/393$
l, appr.	2	$7/4$	$5/3$	$3/2$	$4/3$	$5/4$	1	
Harmonic number p from l (appr.)	0	$1/3$	$1/2$	1	2	3	∞	$p = (2-l)/(l-1)$
Colours	Brown	Rose-coloured (carmine)	Red (fiery red/brick-red)	Yellow	Green	Blue	Grey (Midnight blue-grey)	
Tone series	c	e	f	g	a	b ^b	c̄	
N_0	0 Dark (Black)			Bright			∞ Dark (Black)	
N_1 Complication 1	0 Brown			1 Yellow-red			∞ Grey	
N_2 Complication 2	0 Brown		$1/2$ Red	1 Yellow	2 Green		∞ Grey	
N_3 Complication 3	0 Brown	$1/3$ Rose-colour (carmine)	$1/2$ Red (fiery red/brick-red)	1 Yellow	2 Green	3 Blue	∞ Grey (Midnight blue-grey)	

White



From V. Goldschmidt, Farben in der Kunst (1919).

Umfang der Studie und die Menge des zu illustrierenden Materials nicht ausufern zu lassen, legte er den Schwerpunkt auf europäische Buch- und Einblattdrucke des 15. und 16. Jahrhunderts, zu denen er bereits eine umfangreiche Sammlung als Studienmaterial angelegt hatte. Die Frage war, in welcher Reihenfolge nach dem einfachsten Kontrast Schwarz/Weiß welche Farben hinzutreten. Seine Hypothese lautete: Dieser Vorgang ist nicht zufällig, vielmehr erfolgt die Erweiterung des Farbschemas schrittweise und im Rahmen der ›Komplikation‹. Zuerst erscheint Rot (Rotgelb=1), dann erfolgt die Aufspaltung in Rot ($\frac{1}{2}$) und Gelb (1), als nächstes tritt Grün (2) hinzu usw. – Blau (3) erscheint in der Farbzusammenstellung immer als Letztes (siehe 3-19 bis 3-27). Ein weiterer kleiner Hinweis auf die Systematik des Vorgangs war die Wahl einer nicht-naturalistischen, sondern ›systematisch erforderlichen‹ Farbe (grüne Katze, 3-22, grüner Bart). Des weiteren berücksichtigte Goldschmidt den Kontext der Farbgebung, wie Druckschrift, Bild und Bildrahmen. Rotgelb (1) erscheint demnach zuerst als Rot, da die Farbe in die Druckschrift integriert ist und gelbliche Töne sich zu wenig vom weißen Papier abheben – Schrift und Bild bleiben vorerst einheitlich gestaltet (3-21). Mit der 2. Komplikation beginnt das Bild, vom Drucksatz selbständiger zu werden; völlige Eigenständigkeit nimmt es an, wenn die Grenzfarben Braun (0) und Grau (∞) in die Bildgestaltung aufgenommen werden (3-26).

Die Hypothese zum ›Komplikationsgesetz‹ als dynamisches, generatives Prinzip impliziert, dass in einer Komplikation die vorangegangenen ›Komplikationen‹ gegenwärtig sind. Es gibt Bereiche, in denen es auf das schnelle

Goldschmidt focussed on books and single-leaf prints of the 15th and 16th centuries. For this type of material, he could use his considerable private collection which he had assembled in the preceding decades. The question was whether, following the most basic contrast of ›black/white‹, there is a specific sequence in which particular colours are added to the basic contrast. His hypothesis was, that this process was not arbitrary. Rather, the colour scheme is widened stepwise and following the ›Law of Complication‹. ›Red‹ (›red-yellow‹=1) is the first to appear; in the next step, this is divided onto ›red‹ ($\frac{1}{2}$) and ›yellow‹ (1); then ›green‹ (2) comes up etc. – ›blue‹ (3) was always the last to appear in the scheme (see 3-19 to 3-27). A small element which would indicate the systematic character of the process was the choice of non-naturalistic colours, that is the use of the ›systemically required‹ colour instead of a naturalistic one (a green cat, 3-22, or a green beard, for example). Goldschmidt also took into consideration the contexts of colour use, such as printed letters, image and image frame. ›Red-yellow‹ (1) appeared at first as ›red‹ because the colour was integrated into printed text, where the contrast of ›yellow‹ on white paper was too weak – in this scheme, printed letters and image were designed as a single unit (3-21). With the ›second complication‹, the image began to gain independence from the printed text, its independence becoming complete when the ›limit-colours‹ (*Grenzfarben*) of ›brown‹ (0) and ›grey‹ (∞) came to be included in the colour range of the image (3-26).

The hypothesis of the ›Law of Complication‹ as a dynamic, generative principle implies that levels of ›complication‹ encompass preceding levels which con-

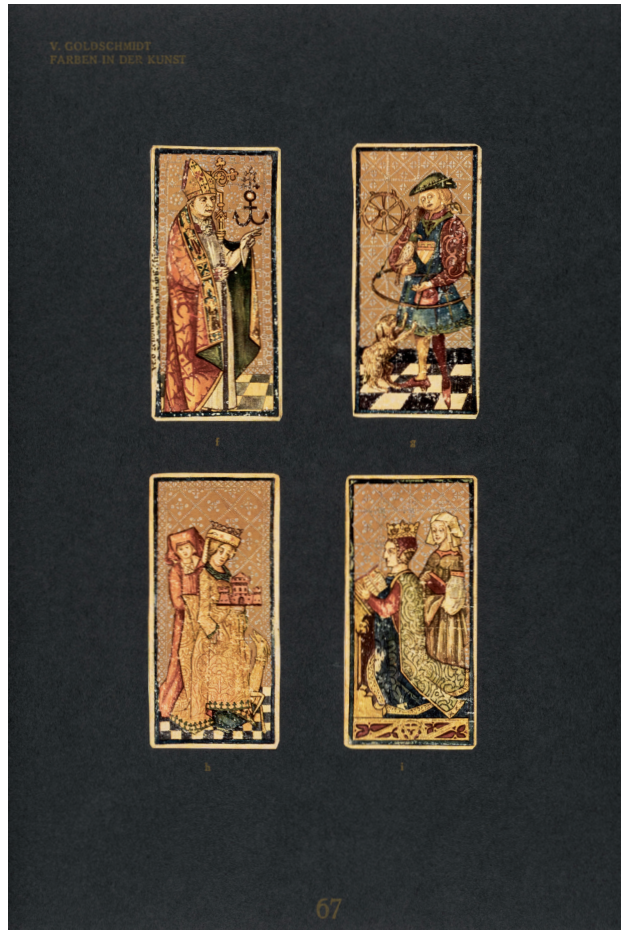


3-17. V. Goldschmidt, *Farben in der Kunst*, 1919 (2., erw. Aufl. 1929): Textband und drei Tafelmappen.

3-17. V. Goldschmidt, *Farben in der Kunst*, 1919 (2nd, exp. ed. 1929): text volume and three portfolios with plates.

3-18. Handgemalte Spielkarten (Tarot?), 15. Jh., Facsimiles auf Taf. 66/67 aus Goldschmidts *Farben in der Kunst*. Alle handkolorierten Faksimiles der drei Mappen sind einzeln oder in Gruppen auf schwarzem Karton (47,4 × 33,5 cm) montiert.

3-18. Painted playing cards (tarot?), 15th c., facsimiles of pl. 66/67 from Goldschmidt's *Farben in der Kunst*. All hand-coloured facsimiles of the three portfolios are mounted as single illustrations or in groups on black cardboard (47.4 × 33.5 cm).



Der hat geschribt in Asia in kriegscheer spach In anfang was das wort

Der hat geschribt in Kriechenland in kriecher sprache. Es was in den tagen Herodis.

Ich bin ein liecht d welt der mit nach volket der wandelt mit in Ver synfernis lunder et hat dz liecht des lichts. Ich bin der zeugnüss gib von mir selbst vñ d vatter gibet vs mir gezeignüss. Ich bin ein güter hür vñ kenn mein schoff vñ die manen kennen mich. Ich bin ein weg der wahrheit vñnd das leben. Niemand kommet zu dem vatter dan durch mich. Ich bin ein ware reb. vñnd mein vatter ist ein ackerman.

Der ist got für sich selbst dz Bin schau nit angst d' sin hat sein bütter woff macht dz sere se sin woff macht dz er d' großt onch ist. Er wot als d' miff. Aber ich bin zwofst. Ich d' als ein dichter. Ich sit für dz ir mit vortur werden. Die werden kenne in mein namer. Iagend ich se es. Ich sit dem nit vortur. Er wot in uwer sit. Ich sit in uwer gebürt in dem d' gunt' dz sin g' in dz ita. Iagend dz



D' ist ein got für sich selbst dz Bin schau nit angst d' sin hat sein bütter woff macht dz sere se sin woff macht dz er d' großt onch ist. Er wot als d' miff. Aber ich bin zwofst. Ich d' als ein dichter. Ich sit für dz ir mit vortur werden. Die werden kenne in mein namer. Iagend ich se es. Ich sit dem nit vortur. Er wot in uwer sit. Ich sit in uwer gebürt in dem d' gunt' dz sin g' in dz ita. Iagend dz

Willen creatur. Der da ist getöuf vñ

Der hat geschribt in Italia doch auch in kriecher sprach dz ewa gelin ihesu cristi.

Der hat geschribt in judische lät in kriecher sprach dz ewa gelin ihesu cristi.

Der hat geschribt in Asia in kriegscheer spach In anfang was das wort

Der hat geschribt in Kriechenland in kriecher sprache. Es was in den tagen Herodis.

Ich bin ein liecht d welt der mit nach volket der wandelt mit in Ver synfernis lunder et hat dz liecht des lichts. Ich bin der zeugnüss gib von mir selbst vñ d vatter gibet vs mir gezeignüss. Ich bin ein güter hür vñ kenn mein schoff vñ die manen kennen mich. Ich bin ein weg der wahrheit vñnd das leben. Niemand kommet zu dem vatter dan durch mich. Ich bin ein ware reb. vñnd mein vatter ist ein ackerman.

Der ist got für sich selbst dz Bin schau nit angst d' sin hat sein bütter woff macht dz sere se sin woff macht dz er d' großt onch ist. Er wot als d' miff. Aber ich bin zwofst. Ich d' als ein dichter. Ich sit für dz ir mit vortur werden. Die werden kenne in mein namer. Iagend ich se es. Ich sit dem nit vortur. Er wot in uwer sit. Ich sit in uwer gebürt in dem d' gunt' dz sin g' in dz ita. Iagend dz



D' ist ein got für sich selbst dz Bin schau nit angst d' sin hat sein bütter woff macht dz sere se sin woff macht dz er d' großt onch ist. Er wot als d' miff. Aber ich bin zwofst. Ich d' als ein dichter. Ich sit für dz ir mit vortur werden. Die werden kenne in mein namer. Iagend ich se es. Ich sit dem nit vortur. Er wot in uwer sit. Ich sit in uwer gebürt in dem d' gunt' dz sin g' in dz ita. Iagend dz

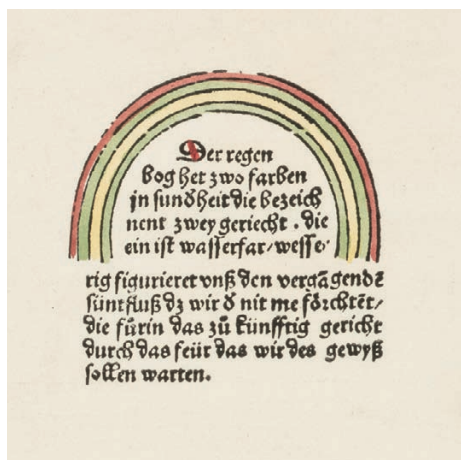
Willen creatur. Der da ist getöuf vñ

Der hat geschribt in Italia doch auch in kriecher sprach dz ewa gelin ihesu cristi.

Der hat geschribt in judische lät in kriecher sprach dz ewa gelin ihesu cristi.

3-19. Faksimiles einer Seite aus zwei Exemplaren von Werner Rolevink's Fasciculus temporum, Straßburg, Johann Prühl, 1493: Links: N0, Schwarz/Weiß mit minimalen roten Markierungen im Text. Rechts: N2, Dunkelrot (1/3), Rot (1/2), Gelb (1), Grün (2). Farben in der Kunst, Taf. 20 u. 23.

3-19. Facsimiles of a page from two copies of Werner Rolevink's Fasciculus temporum, Straßburg, Johann Prühl, 1493: Left: N0, black and white with minimal red markings in the text. Right: N2, dark red (1/3), bright red (1/2), yellow (1), green (2). Farben in der Kunst, pl. 20 and 23.



3-20. Faksimiles aus zwei Exemplaren von Werner Rolevink's Fasciculus temporum, Straßburg, Johann Prühl, 1493: Links: N0, Schwarz/Weiß mit einer einzigen roten Markierung im Text. Rechts: N2, Rot (1/2), Gelb (1), Grün (2). Farben in der Kunst, Taf. 19a u. 22a.

3-20. Facsimiles from two copies of Werner Rolevink's Fasciculus temporum, Straßburg, Johann Prühl, 1493: Left: N0, black and white with one single red mark in the text. Right: N2, red (1/2), yellow (1), green (2). Farben in der Kunst, pls. 19a and 22a.

Erkennen oder Aufnehmen ankommt und nicht so sehr auf eine vielfältige farbästhetische Gestaltung. Die Druckschrift und die gedruckten Spielkarten, deren ›Farben‹ über Jahrhunderte stabil geblieben sind, wären hierfür Beispiele (im Fall der Druckschrift auf der anfänglichen Grundstufe). Kupferstiche der großen Meister bleiben, bei aller Differenziertheit der Zeichnung, farblich vor jeder Komplikation. Die gleichzeitige Verwendung unterschiedlicher ›Komplikationen‹ oder sogar die Reduktion vorhandener ›Komplikation‹ (3-27) sind in der Hypothese vorgesehen.

Die Schwerpunktsetzung auf Druck-erzeugnisse verweist auf einen weiteren Aspekt der Komplikationshypothese, und

tinue to be present. There were areas in which speed of perception and recognition were essential rather than a varied and aesthetic configuration of colours. Printed text and playing cards would be examples where ›uncomplicated colours‹ have remained stable over centuries (printed texts retaining the most basic contrast level of ›black/white‹). In terms of colour, copper prints of the grand masters remain, given all the differentiation of their lines, before any ›complication‹; this indicates that colour does not exclusively govern aesthetic valuation. The synchronic use of different levels of ›complication‹, and also the decrease of a predominant level of ›complication‹



3-21. Faksimile eines Einblattdruckes, ›Der Hl. Hieronymus mit dem Löwen‹, 15. Jh. N₁, Schwarz, Weiß und Rot (1) bei Einheit von Text und Bild. *Farben in der Kunst*, Taf. 37.

3-21. Facsimile of a broadsheet, ›St. Jerome and the Lion‹, 15th c. N₁, black and white, red (1), with unity of text and illustration. *Farben in der Kunst*, pl. 37.

De lenocini stultitia.



Quicumq; stertit nare peruigili miser
 Mœchi ve tractat pocula
 Se non videre quod videt simulans: mero
 Illectus est stultissimus.

Carmen est quale decimūquartū gen^o and^o boetii dicolon distrophō. **P**eror^o est iābicus archilochi^o trimeter acatalectic^o; i parib^o sedib^o spōdeū recipiēs inter dū ēt anapeltū: i sine phichū vel spōdeū parib^o aut iābū tñ quē oibus locis habere pōt. **P**osterior ē iābic^o archilochius dimeter acatalectic^o. **R**ecipiēs pī^o omnia ter locis par b^o spōdeū reliquis tñ iābū quē qz iābic^o est vbiq; admittit. **S**cribit in vroz suaz leones. **N**ā patron^o ē turpitudinis q crimē celat vroz. **E**t q parit vrozē suā delinquere mīmonūq; suū conēnit. quq; cōtaminatōem nō indignat pena adulterij castigat. omnia hēta sūt.

58

3-22. Faksimile aus *Opera poetica*, Paris, Jodocus Badius, 1513, »Ein Narr schaut durch seine Finger. N₂, Rot (½), Gelb (1), Grün (2). *Farben in der Kunst*, Taf. 46a.

3-22. Facsimile from *Opera poetica*, Paris, Jodocus Badius, 1513, »A fool peeping through his fingers«. N₂, red (½), yellow (1), green (2). *Farben in der Kunst*, pl. 46a.



3-23. Faksimile eines Einblattdruckes (Schrotblatt), 15. Jh. N₂, Rot (½), Gelb (1), Grün (2). *Farben in der Kunst*, pl. 50.

3-23. Single-leaf print (dotted print), 15th c. N₂, red (½), yellow (1), green (2). *Farben in der Kunst*, pl. 50.



3-24. Faksimile aus Francesco Petrarca's *Von der Artzney bayder Glück*, Augsburg, Heinrich Steiner, 1532, »Gerichtsszene«. N₃, Braun (0), Dunkelrot ($\frac{1}{3}$), Rot ($\frac{1}{2}$), Gelb (1), Grün (2), Blau (3), Grau (∞). *Farben in der Kunst*, Taf. 5.

3-24. Facsimile from Francesco Petrarca's *Von der Artzney bayder Glück*, Augsburg, Heinrich Steiner, 1532, »Courtroom scene«. N₃, brown (0), dark red ($\frac{1}{3}$), red ($\frac{1}{2}$), yellow (1), green (2), blue (3) and grey (∞). *Farben in der Kunst*, pl. 5.



3-25. Faksimile aus Francesco Petrarca's *Von der Artzney bayder Glück*, Augsburg, Heinrich Steiner, 1532, »Glücksrad«. N₃, Braun (0), Dunkelrot ($\frac{1}{3}$), Rot ($\frac{1}{2}$), Gelb (1), Grün (2), Blau (3), Grau (∞). *Farben in der Kunst*, Taf. 7.

3-25. Facsimile from Francesco Petrarca's *Von der Artzney bayder Glück*, Augsburg, Heinrich Steiner, 1532, »Wheel of Fortune«. N₃, brown (0), dark red ($\frac{1}{3}$), red ($\frac{1}{2}$), yellow (1), green (2), blue (3) and grey (∞). *Farben in der Kunst*, pl. 7.



Und so abner was widerkeret in hebron. ioab
für in hinderwertz ab zu mitt des tores das er
redt zu im in falsch vnd erschlug in do in dem
nyderteyl des bauchs. vñ er starb zu einer rach
des blutz asahels seins bruders. do das dauid
hörrt das das ding yetzund was geschehen er
sprach. ich bin rein vnd mein reich bey got vñ de
blut abner des suns ner. vntz ewigklich. vnd es
kijn auff das haupt ioab. vnd auff alles haupt
seins vaters. mit sol gebresten von dem haupt io
ab. erledend den flusz des samens vnd aufsetz
ig. vnd haltend Eßperholtz. vnd val in den waf
fen vñ gebreste des brotz. Darumb ioab vñ abi
sai sein brud erschlugē abner. Darumb dz er het
erschlagen in gabaon asahel iren brud im streit
Und dauid sprach zu ioab vnd zu allem volck
dz do was mit im. Reysent ewere gewand vñ
werdet angelegēt mit secken vnd klagt vor der
reich abner. Und der künig dauid nachuolgette
der baren. Vñ do sie hetten begraben abner in
hebron. der künig hub auff sein stijn vñ waynt.
auff dem grab. auch alles volck das waint. Der
künig klagt vñ waynet abner vñ sprach. Abner
du bist in keynertweyß tod. als die tregen habē
gewonheyt zesterben. Dein hend sein mit gebū
den. vnd dein fuß sein mit beschwert mit fetten
aber du bist gevallen als sie haben gewonheyt
zefallen vor den sūnen der boßheit. Und alles
volck samelt sich vnd waynet ob im. Vñ do alle
menig was kumen zeeupfahē die speyß mit da
uid noch bey klarem tag. dauid schwur. sagēd.

Dise dig tu mir got vñ dise dig zuleg er. ob ich
versuch das brott oder kein ander ding vor dez
vndergang. der sunnen. Und alles volck hörrt
es vnd in gemelen alle ding. Die der künig tet in
dem angefiht alles volcks. Und aller pöfel ers
kant an dez tag. vnd alles israhel das es nit wz
getan. von dez künig dz abner der sun ner. ward
erschlagen. Und der künig sprach zu seine kue
chten. Wisset ir dem nit das auch hent ist ge
uallē d grōste fürst i israhel. Aber noch bin ich
gewollüstiget. vnd ein gesalster künig. Fürbar
dise man die sūn saruie sein mir hart. Der herr
widergeb dem. der do thut das vbel nach seyr
ner boßheyt.

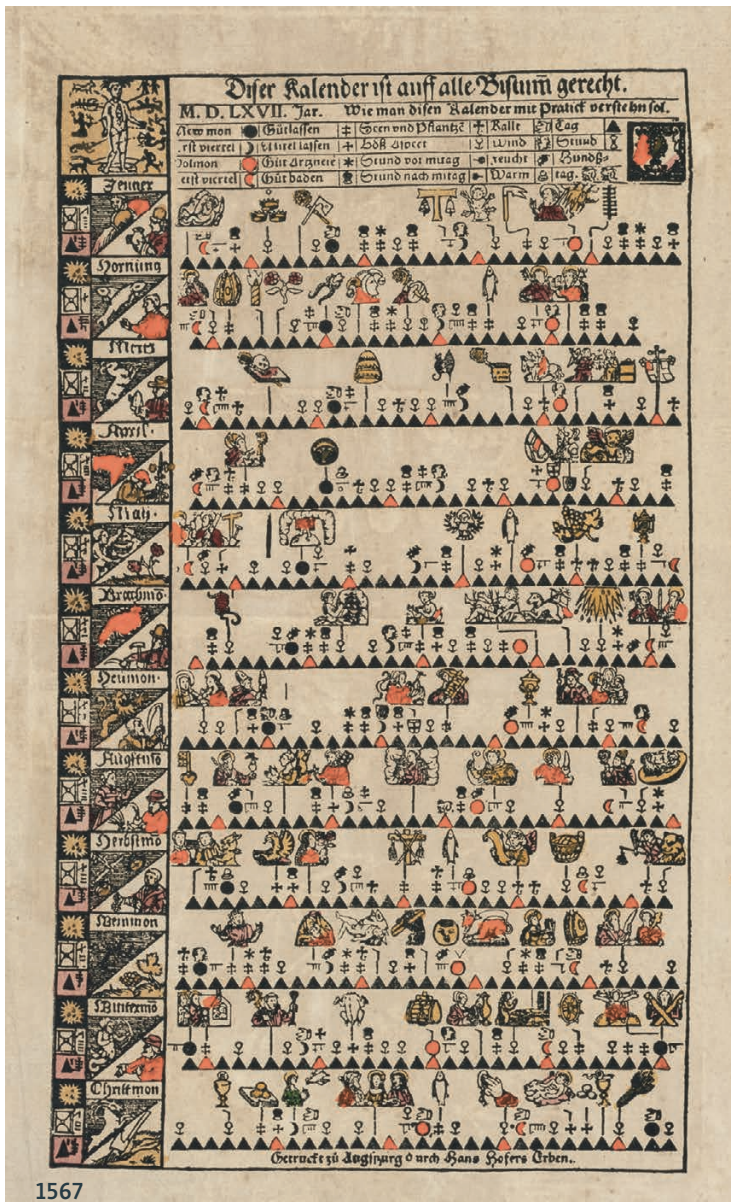
Das vierde Capitel.

Wie hysboseth sauls sun ermōdet ward. vnd
wie dauid die mōrdere tödten hysch.

UND do hysboseth der
sun sauls het gehōrt das abner was
gefallen in hebron. vnd sein hed warē
entbunden. vnd alles israhel was betrūbt. vnd
den sun sauls waren zwey man. fürsten der rau
ber d ein hysch banaa. vñ d nam des andern res
chab. die sūn rennon berochte von den sūnē
beiami. Auch beroth ward geacht vñ beiami.
Vnd dy berothiter flusē i gethai vñ warē do
frēbd vntz zu d zeyt. Vñ ionathe dē sū saul wz
ei sun mit kracken füße. Man er was fünferig

3-26. Faksimile einer Seite aus der 9. Deutschen Bibel, Nürnberg, Anton Koberger, 1483. N₃, Braun (0), Dunkelrot (½), Rot (½), Gelb (1), Grün (2), Blau (3), Grau (∞). *Farben in der Kunst*, Taf. 56.

3-26. Facsimile of a page from the 9th German Bible, Nürnberg, Anton Koberger, 1483. N₃, brown (0), dark red (½), red (½), yellow (1), green (2), blue (3) and grey (∞). *Farben in der Kunst*, pl. 56.



1567

3-27. Faksimiles aus verschiedenen Bauernkalendern:

1628 N₁, Schwarz/Weiß und Rot.

1567 N₂, Rot, Gelb, Grün.

ca. 1600 N₃, Dunkelrot (½), Rot (½), Gelb (1), Grün (2) Blau (3).

1912 N₁, Schwarz/Weiß und Rot.

Farben in der Kunst, Taf. 63g+h, 64, 65a+c.

3-27. Facsimiles of pages from various peasant calendars:

1628 N₁, black-and-white and red.

1567 N₂, red, yellow and green.

c. 1600 N₃, dark red (½), red (½), yellow (1), green (2), blue (3).

1912 N₁, black-and-white and red.

Farben in der Kunst, pls. 63g+h, 64, 65a+c.



1628

g



h

X. Jar/ Gebte Alter an.



Das Jar der wirdt selten sat
mancher Wolke namen dat.

XX. Jar/ Ein Greiff



Das Jar der wirdt selten sat
mancher Wolke namen dat.

Martini/ Merz.

1 d Albinus Zwiil. 28 h^o oca.
 2 e Quatemb Krebs 13 s^o schne
 3 f Künigrid Krebs 2 + s^o x
 4 g Abrianus Löw 12 o^o x
 5 a Eusebins Löw 17 böß wetter
 6 Dom Cananichan Wunsch/Manha 15.
 7 **Martini**. Jungf. 12 s^o 5.33.
 8 Perpetua Jungf. 27 temper.
 9 d Sunfrid Wag 11 s^o *
 9 e **Mar.** Wag 25 s^o 5X.
 10 f Rosina Scorp. 9 düster li^o b
 11 g Vindicia Scorp. 22 D^o x
 1 a **Grego. b.** Schüz 5 s^o 6C.
 2 Und Jesus trüb eine Tuffel auß/ Luc 11.
 13 **Oculi** Schüz 18 9.1.6.n.
 14 c Zacharias Schüz 30 ofchein
 15 d Ezechiel Stier 12 kal/wet.
 16 e Christia. Steinb. 24 s^o *
 17 f **Verk. Ch.** Wass. 6 8 h reiff
 18 g Anshelm Wasser. 18 s^o w^o
 19 a Josephus Wass. 30 schne lufe
 20 Jesus spilt mit Brod/ sanft tanck Mann/
 Johaus am Capitel.
 20 **Latare** Vifch 12 8 h 11 s^o *
 21 e **V. 9. v.** X 14 tagna he gl.
 22 b Pontan^o Wider 6 1.17. v.
 23 e Theodor. Wider 18 s^o **Aprill**
 24 f Paphnu. Stier 1 feucht s^o *
 25 g **Mar. ver.** Stier 13 0 48 s^o *
 26 a Gabriel Stier 27 s^o *
 27 **Judica** Zwiil. 11 s^o *
 28 c Proclus Zwiil. 24 3 h^o
 29 d **Uttar.** 11. 11. 8 D. o. l. n.
 30 e Quiri; Krebs 22 s^o *
 31 f **Suidon** Löw 7 Aprillenw.

Aprill.

1 g Theodor. Löw 22 h^o oca.

Julius/ Herimonat.

1 g **Ch.** 26 3 8 h^o
 2 **Mar. hel.** Stein. 8 3 41. n.
 3 **B.** Alrethg Steinb. 20 truch s^o *
 4 a **Vicicus** Wasser. 2 s^o 8
 5 d **Domitius** Wasser. 14 temper.
 6 e **Hubt. an.** Wasser 2 s^o *
 7 f **Wilibal.** Vifch 7 anch Fein
 8 g **Zylichna** Vifch 19 A gney
 9 a Bonaven. Wider 2 s^o *
 10 **Jesus** lehret das Volc auß dem schiff/ Lu^o 1.
 10 **B. 7. Bid.** Wider 14 C 7.8. n.
 11 c **Plus papa** Wider 27 s^o *
 12 d **Henricus** Stier 70 hagel
 13 e **Marga.** Stier 23 donner
 14 f **Demetrio** Zwiil. 6 vnd blig
 15 g **Apst. ihe.** 120 groß vnglück
 16 a **Loebarig** 4 in Italia heuf.
 17 **B.** Alrethg Krebs 19 8.5.3.n
 18 c **Arnoldus** Löw 4 **Augstmon**
 19 d **Ruffina** Löw 19 1 s^o h
 20 e **Albas** Jungf. 4 plagregē
 21 f **Praxedis** Jungf. 18 1 s^o *
 22 **Mar. Ma.** Wag 3 s^o 2 oca.
 23 a **Apollina** Wag 17 0 3.n.
 24 **Jesus** spilt mit sibem Broden/ Marc 2.
 24 **B. 7. Chri.** Scorp. 1 11. 5. v.
 25 e **eb Ch.** Scorp. 15 v
 26 d **Anna** Scorp. 28 s^o *
 27 e **Barthold.** Schüz 11 s^o *
 28 f **Pantaleo.** Schüz 2 s^o *
 29 g **Beatrice** 7 s^o böß wetter mit
 30 a **Abd. Sen.** 17 harte zustand
 31 **B. 8. Germa.** 19 der gelehitē

Augustus/ Augstmon.

1 c **Petr. Pet.** Wass. 11 6.1.6.v

November/ Wintermon.

1 d **Mit. kel** g Zwiil. 16 h^o s^o r.
 2 e **All. Sec. en** Zwiil. 19 h^o 10 *
 3 f **Theophil** Krebs 13 s^o *
 4 g **Modesta** Krebs 17 rag. sch.
 5 a **Blasidina** Löw 11 C 2.41. n.
 6 **B. 22.** Leon. Löw 26 10 s^o h
 7 c **Wilibrod.** Jungf. 10 s^o *
 8 d **Get. 3.** Jungf. 25 temp.
 9 e **Theodorg** Wag 19 s^o 2 w
 10 f **Mart. pa.** W. 24 6 s^o 10
 11 g **Mart. bis.** Scorp. 2 **Ch. s. m.**
 12 a **Canibertg** Scorp. 2 **Ch. s. m.**
 13 **Da** glngen die Pharisäer hin vnd hiltu s.
 Matthei am 22. Capitel.
 13 **B. 23.** Brict. Schüz 5 windst.
 14 c **Serapion** Schüz 18 s^o *
 15 d **Leopoldg** Steinb. 1 s^o 6c.
 16 e **Othmarg** Steinb. 14 kalē
 17 f **hanibal.** Steinb. 26 0 h 02
 18 g **Eugenius** Wasser. 9 s^o *
 19 a **Elisabeth** Wasser. 21 vnsterk
 20 **Don** vifch Desein/ Mathai 9.
 20 **B. 24.** Sara Vifch 3 0.7. v.
 21 c **Mar. opf.** Vifch 15 miteelm.
 22 d **Cecilia** Vifch 27 C 10. n.
 23 e **Clemens** Wider 10 kal/hell
 24 f **Chryfoga.** Wider 22 s^o *
 25 g **Catharin.** Stier 4 vnsterk
 26 a **Conradus** Stier 17 0 27 s^o *
 27 **Don** der Emarung Jesu Christi/ Matthei 21.
 27 **B. 1. Adven.** Stier 30 3 0 h
 28 e **Günthero** Zwiil. 13 8.17. v.
 29 d **Satur.** Zwiil. 26 frostig
 30 e **Andreas** Krebs 9 schne
 31 **B. 8. Germa.** 19 der gelehitē

December/ Christmonat.

1 f **Longinus** Krebs 23 s^o *

LX. Jar/ Jhr auß



Sachte Kraete in Schüssel vn
Gleichder Gaus im W

LXX. Jar. Sehr vn



Als dann
Euf

ca. 1600

Juni, hat 30 Tage.
 Gebotener Fasttag: Am 1.

Hl. Dreif., Grasm., Fronl., Norbert, Medard., Prim.,

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Anton P., S. J. F., Vitus, Venno, Moifius, Egl., XVI

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

Joh. d. Täuf., Prosper, Leo II., P., Peter v. Paul.

den 21. 22 23 24 25 26 27 28 29 30

1912

zwar auf das Nebeneinander von Prozessen der systematischen Differenzierung. Typen von Artefakten, jeweils mit unterschiedlichen ästhetischen Präferenzen sowie technischen und materiellen Bedingungen, erfordern jeweils eine gesonderte Betrachtung – Druckwerke, Malerei, Kleidung und Uniformen, Gartenanlagen, Keramik, Schmuck, Ornamentik, Wohnungsdekor usw. Als im 15. Jahrhundert die Drucktechnik sozusagen von dem einfachsten Schwarz/Weiß-Anfang ausging, war in anderen ›Büchern‹ bereits eine hochdifferenzierte Farbgebung vorhanden – die Handschriften mit ihrer Miniaturmalerei (vgl. 3-18). Hier liegt zugleich der technische Kontrast vielfacher Reproduzierbarkeit gegenüber dem Einzelstück vor – ein Kontrast der

within a given genre (3-27), are aspects included in Goldschmidt's hypothesis.

The focus on printed matters points to a further aspect of the ›complication hypothesis‹, namely the coexistence of different processes of differentiation. Types and kinds of artefacts, each characterised by its own aesthetic preferences as well as technical and material conditions, require to be considered individually – printed matters, painting, clothing and costume, uniforms, gardens, ceramics, jewellery, ornamentation, interior design and decoration, and others. When printing started in the 15th century with the most basic contrast of ›black/white‹, another kind of ›book‹ was operating with a highly differentiated colouration: illuminated manuscripts (cf. 3-18).



3-28. Buchseite im Schwarzdruck: ›Betender Samurai‹ (aus der Erzählung *Soga monogatari*). Japan, 1646, 19 × 14 cm. Slg Goldschmidt.

3-28. Monochromatic woodblock print in black ink: ›A praying samurai‹ (from the *Soga monogatari*). Japan, 1646, 19 × 14 cm. Coll. Goldschmidt.



3-29. Holzschnitt, Schwarzdruck, handkoloriert mit Tan-Orange: »Mädchen mit Katze«. Japan, Okamura-Schule, um 1720, 14,5 × 33 cm. Slg. Goldschmidt.

3-29. Monochromatic woodblock print in black ink, hand-coloured with tan-orange: »Girl with a cat«. Japan, Okamura School, c. 1720, 14.5 × 33 cm. Coll. Goldschmidt.



3-30. Zweifarbendruck (rot, grün).
Ishikawa Toyonobu: »Kuzu no ha«
(Pfeilkrautblatt). Japan, 1780, 14,5 ×
33cm. Slg. Goldschmidt.

3-30. Two-colour woodblock print
(red, green). Ishikawa Toyonobu:
»Kuzu no ha«. Japan, 1780, 14.5 × 33
cm. Coll. Goldschmidt.



3-31. Holzschnitt (Perspektivbild), Schwarzdruck, handkoloriert (rot, grün). Tanaka Masanobu, ›Die Geschichte der Prinzessin Jōrurihime‹. Japan, 1741-1748, 31 × 44 cm. Slg. Goldschmidt.

3-31. Monochromatic woodblock print in black ink, hand-coloured with red and green. Tanaka Masanobu, ›The story of princess Jōrurihime‹. Japan, 1741-1748, 31 × 44 cm. Coll. Goldschmidt.

gedämpft wird in den speziellen Fällen, wenn ein Druckwerk die Qualitäten eines Manuskripts nachahmte, oder wenn gedruckte Exemplare desselben Werks Illustrationen aufwies, deren Handkolorierung durchgehend mehr oder weniger differenziert war (billigere und teurere Exemplare, 3-19 und 3-20).

Aufgrund der ähnlichen technischen Grundlagen des Holzschnitts zog Goldschmidt einen vorsichtigen Vergleich mit japanischen Holzschnitten, in deren Entwicklung vom Schwarzweiß- zum Mehrfarbendruck im 17./18. Jahrhundert er Parallelen zum europäischen

These two involve a technical contrast of reproducibility vs. unique piece – a contrast which is moderated when a printed work tries to approach the qualities of an illuminated manuscript, or when printed specimens of the same work contain hand-coloured illustrations which were, coherently within each specimen, less or more differentiated (cheaper and more expensive single specimens, 3-19 and 3-20).

On the basis of similar techniques of woodcut printing, Goldschmidt made a cautious comparison of European and Japanese woodcut prints. In the develop-



3-32. Fächerblatt im Schwarzdruck, handkoloriert in drei Farben (gelb, rot, grün). Torii Kiyonobu II, ›Acht Ansichten von Edo‹. Japan, 1725-1730. 14,5 × 33 cm. Slg. Goldschmidt.

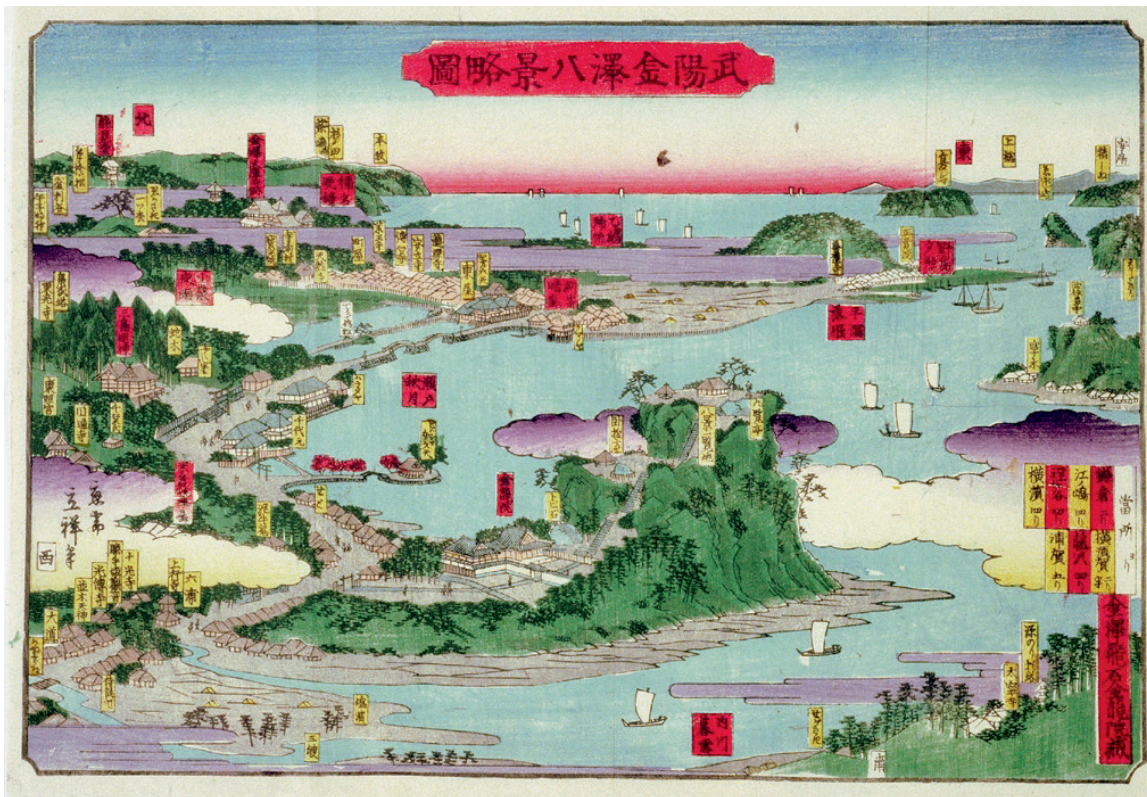
3-32. Woodblock print in black ink, hand-coloured with three colours (yellow, red, green). Torii Kiyonobu II, ›Eight views of Edo‹. Japan, 1725-1730, 14.5 × 33 cm. Coll. Goldschmidt.

Holzschnittdruck des 15./16. Jahrhunderts sah.

Für das Studium der hier angedeuteten Prozesslogik und der ihr zugrunde liegenden Struktur legte Goldschmidt in seiner Sammlung historische (diachrone) und vergleichende Belegreihen an. Solche Belegreihen sollten für verschiedene Materialgruppen und für eine Vielfalt von Regionen bestehen, und eine ganze Bandbreite von Objekttypen umfassen, von Alltagsobjekten bis hin zur Kunst.

ment of the Japanese prints from black-and-white to multicolour print in the 17th and 18th centuries, he saw a systematic parallel to the European woodcut prints of the 15th and 16th centuries.

For studying the processual logic which can only be sketched very roughly here, and its underlying structure, Goldschmidt assembled with his collection a historical (diachronic) and comparative series of objects. Such series were meant, ideally, to be available for different kinds of materials, encompassing a whole range of object types from everyday objects to objects of art from a diversity of geographical regions.

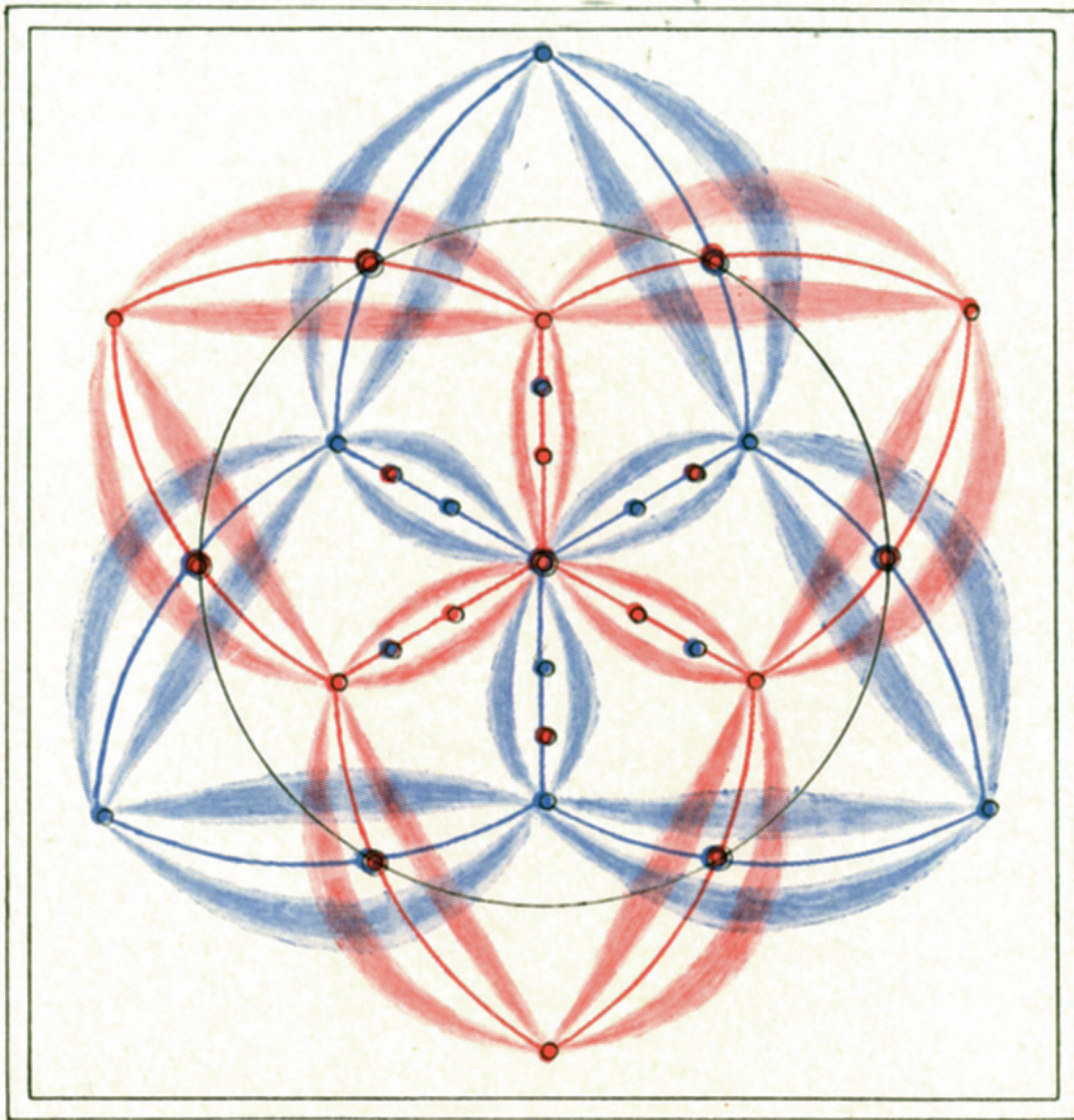


3-33. Vielfarbendruck. Utagawa Hiroshige II: ›Acht Ansichten von Kanazawa in der Provinz Musashi‹. Japan, 1860er-Jahre, 34,1 × 46,3 cm. Slg. Goldschmidt.

3-33. Polychromatic woodblock print. Utagawa Hiroshige II, ›Eight views of Kanazawa in the province of Musashi‹. Japan, 1860s, 34.1 × 46.3 cm. Coll. Goldschmidt.

3-34. Vielfarbendruck. Katsukawa Shunzen: ›Ebisu‹. Japan, 1815, 35,8 × 25 cm. Slg. Goldschmidt.

3-34. Polychromatic woodblock print. Katsukawa Shunzen: ›Ebisu‹. Japan, 1815, 35.8 × 25 cm. Coll. Goldschmidt.



70

3-35. Schematische stereographische Projektion eines Diamantzwillings aus Bahia, aus der Diamant-Studie von Fersman und Goldschidt (1911).

3-35. Schematic stereographic projection of a diamond twin from Bahia, from the study of the diamond by Fersman and Goldschmidt (1911).

Victor Goldschmidt und die Vermessung der Kristalle

Victor Goldschmidt and the Measuring of Crystals

Olaf Medenbach

Die Winkelmessung – Goniometrie – wies den Weg zu den bahnbrechenden Entdeckungen der Mineralogie, sie war jahrhundertlang ihr wichtigstes Werkzeug. Aus den Winkelmessungen an natürlichen Kristallen ergab sich die Einteilbarkeit aller kristalliner Substanzen in sieben Kristallsysteme und sie legten den Grundstein zu unserem heutigen Bild vom Aufbau der Materie, kurz: die Bedeutung der Winkelmessung an Kristallen für die Naturwissenschaften und die Festkörperphysik kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden.

Die Winkelmessung wird mit Winkelmessern – Goniometern – durchgeführt, die über Jahrhunderte zur Perfektion entwickelt wurden. Die zweifellos beste und über viele Dekaden weltweit genutzte Konstruktion eines Goniometers verdanken wir Victor Goldschmidt.

Die Ära vor Victor Goldschmidt

1669 Der dänische Naturforscher Nicolas Steno entdeckt, dass den ebenmäßigen Flächen der Kristalle eine Systematik zugrunde liegt. Unabhängig von der Herkunft, der Größe und der Ausbildung der Kristalle schließen gleiche Flächen einer Spezies immer gleiche Winkel zwischen sich ein.

1780 Arnould Carangeot, ein Schüler des französischen Kristallographen Romé de

Angular measurement – goniometry – opened the way to seminal discoveries in mineralogy, and for centuries it was its most important tool. Angular measurement of natural crystals led to the recognition that all crystalline substances belong to one of seven crystal systems, and it laid the cornerstone for our present-day understanding of the structure of matter. In short: The significance of angular measurements at crystals for natural sciences and for the physics of solid bodies cannot be overestimated.

Angular measurements are made with angle metres – goniometers – which in the course of the centuries reached a high degree of perfection. Unquestionably, the best instrument, one used all over the world for decades, was that designed by Victor Goldschmidt.

The Era before Victor Goldschmidt

1669 The Danish naturalist Nicolas Steno discovers the system underlying the shapes of crystals. Independent of provenance, size and specific formations of crystals, identical faces of the same species always include identical angles.

1780 Arnould Carangeot, a student of the French crystallographer Romé de

L'Isle, konstruiert das Anlegegoniometer, eine kleine Apparatur, mit der erstmals die Flächenwinkel durch mechanisches Anlegen zweier Metallschenkel genau gemessen werden konnten.

1783 Nach Auswertung zahlreicher Kristallmessungen formuliert Romé de L'Isle das Gesetz der Konstanz der Flächenwinkel. Dieses universelle Gesetz besagt, dass gleiche Flächen einer Kristallspezies immer unter festen, unveränderlichen Winkeln zueinanderstehen. Damit war die Kristallographie als exakte Naturwissenschaft geboren.

1784 Ausgehend von Winkelmessungen postuliert René-Just Haüy, dass Kristalle aus einer dreidimensionalen periodischen Abfolge kleinster identischer Bausteine, den »molécules intégrantes« aufgebaut sind.

1801 René-Just Haüy formuliert das Rationalitätsgesetz, das besagt, dass die Winkel zwischen Kristallflächen nicht beliebig sein können, sondern einer strengen, mathematisch ableitbaren Gesetzmäßigkeit folgen.

l'Isle, designs the ›contact goniometer‹, a small instrument which for the first time allowed the exact measurement of interfacial angles by applying two limbs to two adjacent crystal faces.

1783 After numerous crystal measurements Romé de l'Isle states the ›Law of Constancy of Interfacial Angles‹. This universal law says that the corresponding faces of a crystal species always include the same invariable angles. This was the birth of crystallography as an exact science.

1784 On the basis of angular measurements, René-Just Haüy put forward the theory that crystals are built from the three-dimensional, periodic series of tiny, identical building blocks, the »molécules intégrantes«.

1801 René-Just Haüy formulates the ›Law of Rational Indices‹ which says that the angles between crystal faces cannot be arbitrary but follow a rule which can be mathematically derived.



3-36. Anlegegoniometer.

3-36. Contact Goniometer.

1809 Der Engländer William Hyde Wollaston konstruiert das erste Reflektionsgoniometer, bei dem man die Spiegelung eines Lichtstrahls an den Kristallflächen für die Messung nutzt. Diese Methode erlaubt eine deutlich höhere Messgenauigkeit als das Anlegegoniometer.

1809 The Englishman William Hyde Wollaston designs the first ›Reflecting Goniometer‹. This uses for measurement light and its reflexion by crystal faces. This method of measurement gives a significantly higher precision than the ›Contact Goniometer‹.



3-37. Anlegegoniometer: Winkelmessung am Kristall

3-37. Contact Goniometer: measuring angles of a crystal.

73

3-38. Wollastons Reflexionsgoniometer.

3-38. Wollaston's Reflecting Goniometer.



Das Goldschmidt-Goniometer

Das Wollaston-Goniometer mit nur einem Teilkreis ermöglicht konstruktionsbedingt nur die Messung des Winkels zwischen Flächen, die parallel zur Drehachse orientiert sind. Zur Bestimmung aller Flächen eines Kristalls ist also ein häufiges Ummontieren erforderlich. Um diesen Missstand zu beseitigen, wurden im späten 19. Jahrhundert Zweikreis-Goniometer, auch Theodolit-Goniometer genannt, entwickelt. Bei diesen ist der Kristall um zwei senkrecht zueinanderstehende Achsen drehbar und damit können Flächen beliebiger Orientierung zueinander vermessen werden.

Mit der Entwicklung zweikreisiger optischer Goniometer ist der Name Victor Goldschmidt unauslöschlich verbunden. Unter den verschiedenen Entwicklungen war es seine Konstruktion, die sich weltweit durchsetzte, der Name Goldschmidt-Goniometer wurde zum Begriff des perfekten Messinstruments. Das Goldschmidt-Goniometer hat zwei senkrecht zueinander orientierte Teilkreise, in deren Schnittpunkt sich der Kristall auf einem speziellen Halter, dem Goniometerkopf, befindet. Durch das Beleuchtungsfernrohr wird ein feiner Lichtstrahl auf den Kristall geworfen, an einer Kristallfläche reflektiert und durch das Beobachtungsfernrohr aufgefangen. Durch Drehen der beiden Teilkreise können nacheinander alle Kristallflächen zur Reflektion gebracht werden. Ihre Lage wird durch Ablesung der Winkelbeträge an den beiden Teilkreisen definiert.

Goldschmidt entwickelte nicht nur das große Zweikreisgoniometer, sondern auch ein kleines Instrument, das durch seine einfache und leicht überschaubare

The Goldschmidt Goniometer

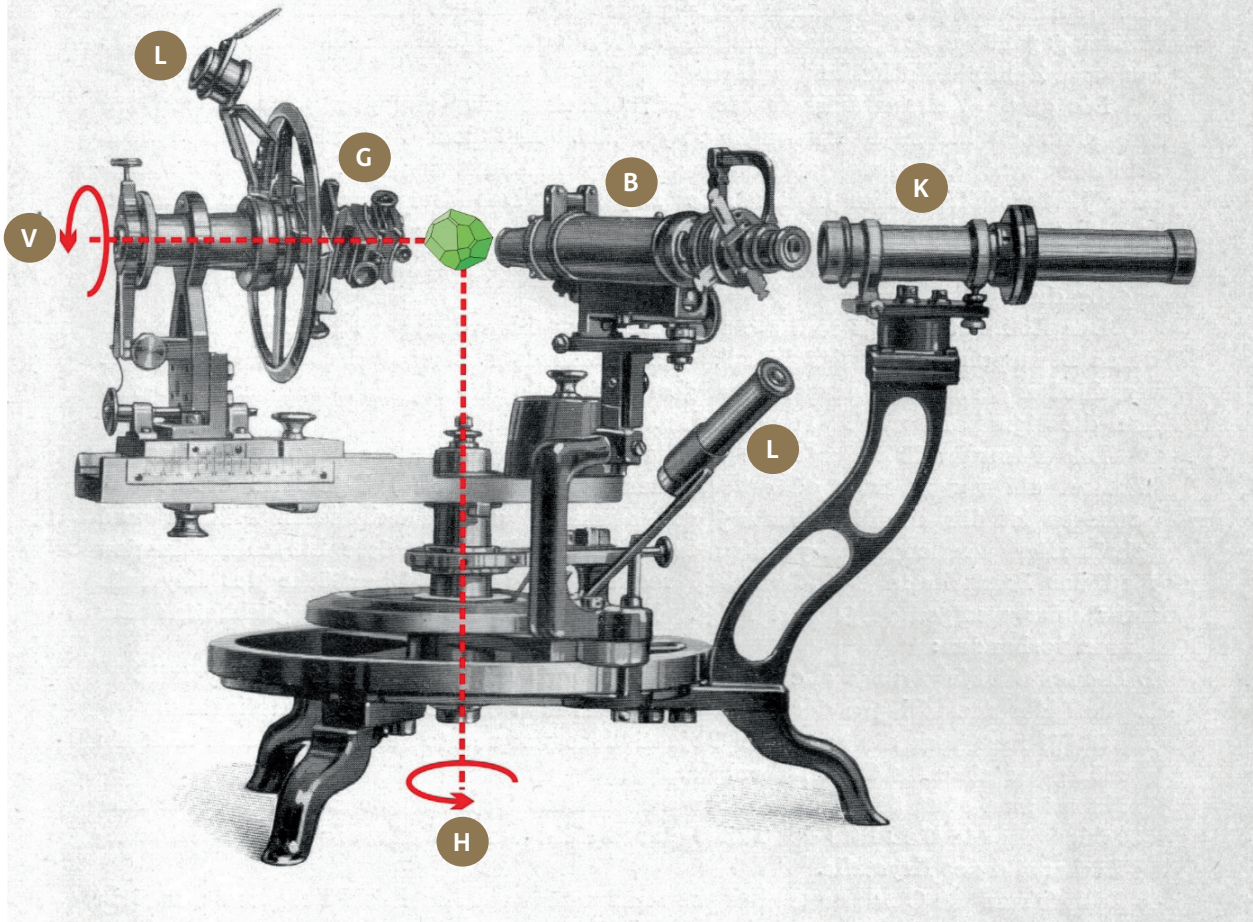
The construction of the Wollaston Goniometer with one circle allows only the measurement of the angle between faces which are oriented parallel to the axis of rotation. The determination of all faces of a crystal therefore requires frequent re-mounting. To remedy this inconvenience, the ›Two-Circle Goniometer‹ (also called ›Theodolite Goniometer‹) was developed in the late 19th century. Using this instrument, the crystal may be rotated along two perpendicular axes, hence faces of whichever relative orientation may be measured.

The name of Victor Goldschmidt is indelibly associated with the development of two-circle optical goniometers. Among the various designs, it was his construction which prevailed world-wide – the ›Goldschmidt Goniometer‹ became the epitome of the perfect measuring instrument. The Goldschmidt Goniometer possesses two perpendicular circles; at their intersection point there is a special device, the goniometer head, onto which the crystal is mounted. Through the collimator a fine beam of light is directed to the crystal face, and its reflection collected in the telescope. By rotating the two circles, reflections of all crystal faces may be obtained. Their position is defined by reading the angles from the two circles.

Goldschmidt not only developed the large Two-circle Goniometer but also a small instrument which illustrates well the method of measurement, thanks to its construction which is simple and easy to grasp. This ›Two-circle Contact Goniometer‹ was an indispensable tool for

Zwei-Kreis-Reflexionsgoniometer Modell A

nach Geheimrat V. Goldschmidt



75

3-39. Goldschmidt's Zweikreis-Reflexionsgoniometer (vgl. 3-4).

- H Achse des Horizontalkreises
- V Achse des Vertikalkreises
- G Goniometerkopf
- K Beleuchtungsfernrohr (Kollimator)
- B Beobachtungsfernrohr
- L Ableselupen für die Teilkreise

3-39. Goldschmidt's Two-Circle Reflecting Goniometer (cf. 3-4).

- H Axis of the horizontal circle
- V Axis of the vertical circle
- G Goniometer head
- K Collimator
- B Telescope
- L Magnifier for taking readings on the circles

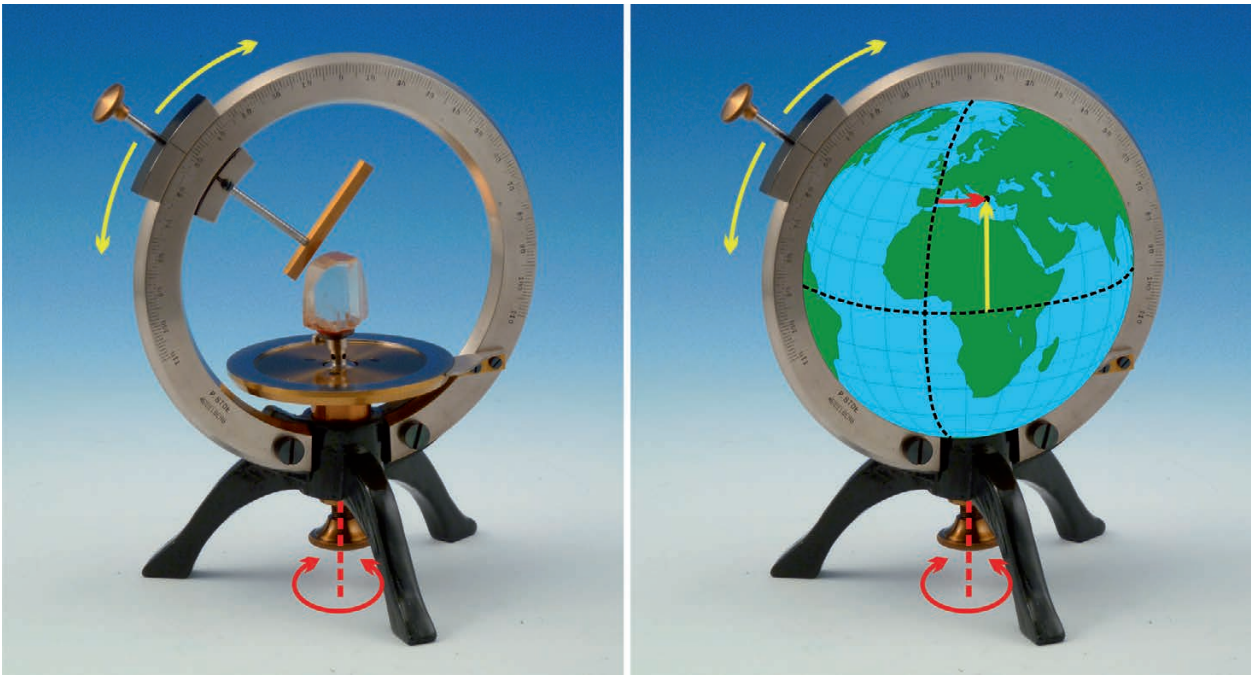
Bauweise die Messmethode auf geniale Weise verdeutlicht. Als didaktisches Hilfsmittel war dieses »zweikreisige Anlegegoniometer« (3-40) in der kristallographischen Lehre unersetzlich. Im Zentrum des Geräts ist der Kristall auf einem kleinen Metallträger montiert, der um eine senkrechte Achse drehbar ist (gestrichelte rote Linie). Der Drehbetrag wird an einem waagrechten Teilkreis unterhalb des Kristalls abgelesen. Ein senkrecht stehender Bogen bildet einen zweiten Teilkreis mit dem Kristall im Zentrum. Auf ihm gleitet ein Schieber mit einer Stahlachse, an deren innerem Ende ein Messing-Anlegelineal angeschraubt ist. Durch Betätigung der beiden Drehbewegungen (rote Pfeile für die senkrecht stehende Achse, gelbe Pfeile für die waagrechte Achse, die etwa auf den Beschauer zuläuft) kann man nun das Messinglineal auf jede Kristallfläche genauestens auflegen. Dann repräsentiert die Stahlachse das Lot (die Senkrechte) auf der Fläche.

Die Messmethode, und auch deren Auswertung, entspricht exakt dem Verfahren in der Geodäsie bei der Vermessung der Erde und ist im rechten Bild von Abb. 3-40 erkennbar. Jeder geographische Ort auf der Erdkugel ist durch zwei Winkelangaben, die geographische Breite (gelber Pfeil) und die geographische Länge (roter Pfeil), eindeutig bestimmt. Das Beispiel zeigt die Werte für Athen mit 38° nördlicher Breite (gelber Pfeil) und 24° östlicher Länge (roter Pfeil). Die Bezugslinien (Nullmeridian durch Greenwich) und der Äquator sind gestrichelt eingezeichnet.

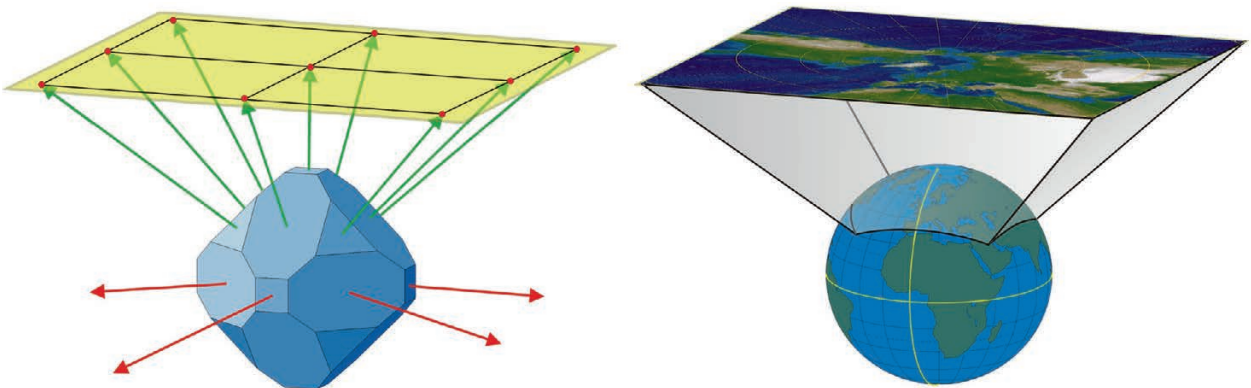
teaching crystallography (3-40). At the centre of the instrument, the crystal is mounted on a holder which can be rotated around a vertical axis (red broken line). The degree of rotation is read on the graduated horizontal circle below the crystal. The vertical, upright arc forms the second circle with the crystal at its centre. To this circle is attached a moveable device with a steel rod at the inner end of which is fixed a brass bar. Making use of both possibilities of rotation (red arrows for the vertical axis, yellow ones for the horizontal axis), the brass bar can be set, with a high degree of exactitude, in contact with, and thus parallel to each face of the crystal. Thus, the steel rod of the device represents the perpendicular of the crystal face.

The method of measurement, and its evaluation, too, is the same as the geodetic procedure of measuring the earth (3-40). Each geographical location on the globe is unambiguously defined by two angle measurements, the geographical latitude (yellow arrow) and longitude (red arrow). The example in fig. 3-40 is based on the values for Athens at 38° N latitude (yellow arrow) and 24° E longitude (red arrow). The lines of reference, the Greenwich meridian and the equator, are indicated by broken lines.

In crystal measuring, one imagines, in analogy to the globe, a sphere with the crystal at its centre. The perpendiculars of the crystal faces as indicated by the direction of the steel rod of the moveable device establish, for each of the faces, a



3-40. Vermessung eines Kristalls mit dem zweikreisigen Anlegegoniometer.
 3-40. Measuring a crystal with the Two-circle Contact Goniometer.



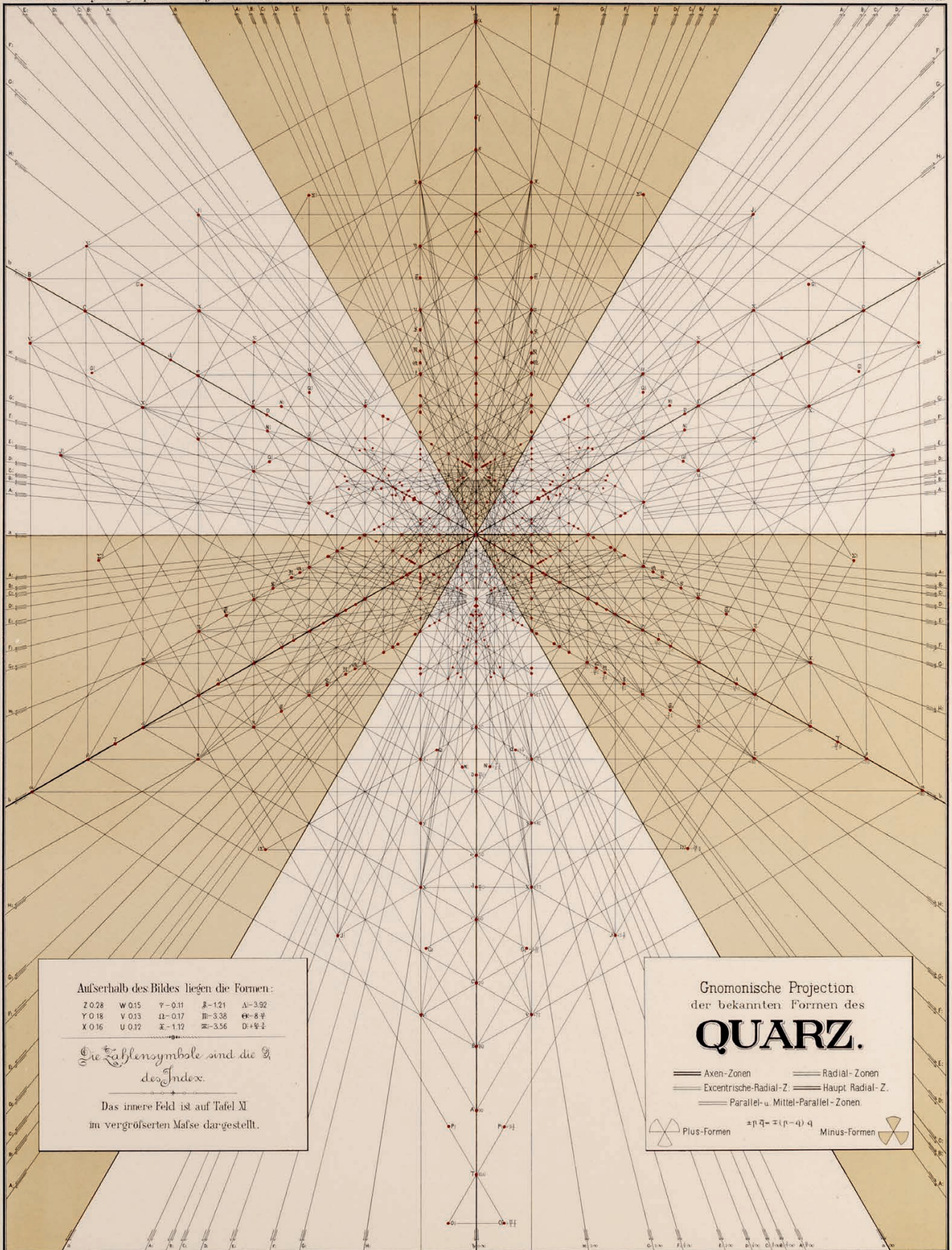
3-41. Das Prinzip der gnomonischen Projektion.
 3-41. The principle of gnomonic projection.

Bei der Kristallmessung denkt man sich nun, ganz analog zum Globus, eine Kugel mit dem Kristall im Zentrum. Die Lote auf den Kristallflächen (die Richtung der Stahlachse) erzeugt für jede einzelne Fläche einen Durchstoßpunkt auf dieser Kugel, der die Fläche repräsentiert. Wie auch in der Kartographie hat man nun das Problem, die dreidimensionale Kugeloberfläche mit den darstellenden Punkten für die Kristallflächen auf eine zweidimensionale Ebene zu projizieren. Dafür gibt es verschiedene Möglichkeiten; die von Goldschmidt favorisierte Methode ist die gnomonische Projektion, deren Prinzip in Abb. 3-41 dargestellt ist.

point which represents the crystal face. As in cartography, one is faced with the problem to translate the three-dimensional sphere with its projection points onto a two-dimensional plane. Various methods are possible; Goldschmidt favoured the gnomonic projection which is illustrated in fig. 3-41.

3-42. Gnomonisches Projektionsbild des Quarzes, aus V. Goldschmidt, *Krystallographische Projektionsbilder* (1887). Die Originale der gedruckten Tafelblätter messen 75,5 × 66 cm.

3-42. Gnomonic projection of quartz, from V. Goldschmidt, *Krystallographische Projektionsbilder* (1887). The originals of the printed plates measure 75.5 × 66 cm.



Außerhalb des Bildes liegen die Formen:

Z 0.28	W 0.15	γ - 0.11	β - 1.21	Δ = 3.92
Y 0.18	V 0.13	Ω - 0.17	Π - 3.38	ϕ = 8.8
X 0.16	U 0.12	Ξ - 1.12	∞ = 3.56	D = 4.4

Die Zahlensymbole sind die \mathcal{Q} des Index.

Das innere Feld ist auf Tafel XI in vergrößerten Maße dargestellt.

Gnomonische Projection der bekannten Formen des **QUARZ.**

===== Axen-Zonen	===== Radial-Zonen
===== Excentrische-Radial-Z.	===== Haupt-Radial-Z.
===== Parallel- u. Mittel-Parallel-Zonen	

Plus-Formen $\pm p, q = \mp (p - q) \cdot q$
 Minus-Formen

Del. et grav. Wih. Slavkowsky

Verlag von Carl Engelhardt 1866

Entwurf von Dr. Victor Goldschmidt