

Die Idee einer Struktur der Wirklichkeit

Autor(en): **Nowacki, Werner**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern**

Band (Jahr): **14 (1957)**

PDF erstellt am: **06.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-319484>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Idee einer Struktur der Wirklichkeit ¹

Mit 2 Tafeln

Das Verständnis zwischen den Menschen würde wesentlich erleichtert, wenn jeder vom anderen wüßte, was er mit einem bestimmten Worte meint. Wir müssen also zu erläutern versuchen, was wir unter Idee, Struktur und Wirklichkeit oder Realität verstehen. In der holländischen Sprache heißt die Idee «het denkbeeld», das «Denkbild»; Paracelsus spricht von «der Bildnus». Eine Idee ist demnach ein Bild in unserem Denken. Das Wort Bild hat eine ganz ursprüngliche Bedeutung; man denke etwa an den «Menschen als Bild Gottes». In der Alltagssprache sind wir uns meistens dieser ursprünglichen Bedeutung der Worte nicht mehr bewußt. Es ist aber dringend nötig, von Zeit zu Zeit auf die Wurzeln unserer Sprache zurückzugreifen. Das Wort Struktur meint etwas sinnvoll oder gesetzmäßig Angeordnetes, eine Gesamtheit von Dingen, die nicht in einem großen Wirrwarr einfach daliegen, sondern die nach einem bestimmten Plane eine raum-zeitliche Ordnung aufweisen. Unter der Wirklichkeit oder der Realität versteht man für gewöhnlich die Gesamtheit der physischen Objekte, der Gegenstände um uns herum, das Materielle. Für uns ist diese Auffassung zu eng. Die Realität soll im Folgenden sowohl den Bereich des Physischen wie den des Psychischen umfassen, wobei Letzteres sich in das Bewußt-Psychische und das Unbewußt-Psychische gliedert. Diesen Kategorien ist das Geistige und das Religiöse hinzuzufügen, so daß die Wirklichkeit in einem weiteren Sinne aus Physischem, Psychischem, Geistigem und Religiösem besteht.

Die folgenden Ausführungen sind diejenigen eines Naturwissenschaftlers, der sich als Laie mit psychologischen Problemen beschäftigt hat.

Wir beginnen mit einer Erläuterung der Struktur der Materie, des Physischen, und zwar an Hand einiger Kristalle. Abbildung 1 zeigt

¹ Abteilung für Kristallographie und Strukturlehre, Mineralogisches Institut der Universität Bern; umgearbeiteter Akademischer Vortrag, gehalten am 5. November 1954.

acht verschiedene Ausbildungen von Kalkspat-(Calcit-)Kristallen. Allen gemeinsam sind eine vertikale Achse von Dreierhythmus, drei vertikale Spiegelebenen, drei horizontale Achsen von Zweierhythmus und ein Symmetriezentrum. Die Gesamtheit dieser Symmetrieelemente bildet eine (Symmetrie-) Gruppe, hier Kristallklasse genannt; diese ist für alle acht Calcitkristalle trotz ihrer verschiedenen äußeren Form dieselbe (Symbol = D_{3d} ; Abb. 2). Die Untersuchung sämtlicher Mineralien und künstlichen Kristalle hat gezeigt, daß es 32 und nur 32 verschiedene kristallographische Symmetriegruppen gibt. Die Mannigfaltigkeit der physikalisch-chemischen Zusammensetzung der Mineralien ist sehr groß; dazu kommt noch die große Variabilität in ihrer Morphologie — das Invariable aber ist stets die zu Grunde liegende Gruppe von Symmetrieelementen, die Kristallklasse.

Was versteht man unter Symmetrieelementen? Sie sind sicher nichts Materielles, sondern etwas Geistiges. Man könnte diese Symmetrieelemente der Kristallklassen als formale Faktoren, welche Kristallflächen, das sind materielle Grenzschichten, das heißt materielle Gegebenheiten, gesetzmäßig anordnen, bezeichnen. Symmetrieelemente sind formale Faktoren, welche materielle Gegebenheiten gesetzmäßig anordnen. Ein Symmetrieelement oder eine Symmetrieelementoperation ist an sich etwas unanschauliches; erst, wenn es — wie in diesem Falle — auf etwas Materielles einwirkt, wird es auch anschaulich und faßbar. Der kristallisierten Materie liegen diese 32 Symmetriegruppen gewissermaßen als Urbilder zu Grunde; es sind die prinzipiell wichtigen Muster oder Patterns, gemäß derer sich im Kristall die Materie anordnet. — Die 32 Kristallklassen lassen sich je nach der Symmetrie auf 7 Kristallsysteme (Achsensysteme) beziehen. Es sind dies die zur Beschreibung zweckmäßigsten Koordinatenachsen. Die Realisierung ist in den verschiedenen Systemen im übrigen, wie Tab. 1² zeigt, keineswegs gleichmäßig: die Urbilder sind verschieden häufig verwirklicht.

² W. NOWACKI, Symmetrie und physikalisch-chemische Eigenschaften kristallisierter Verbindungen. I. Die Verteilung der Kristallstrukturen über die 219 Raumgruppen. *Helv. Chim. Acta* 25 (1942), 863; 28 (1945), 664; 34 (1951), 1957.

— J. D. H. DONNAY and W. NOWACKI, *Crystal Data*. Mem. 60, Geol. Soc. America, New York, 1954.

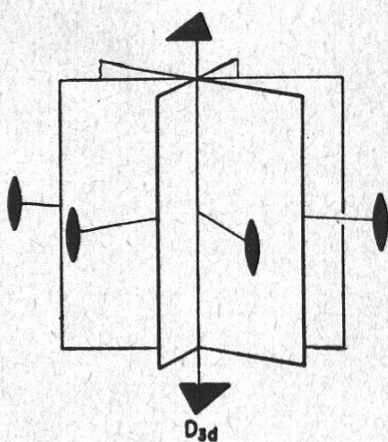
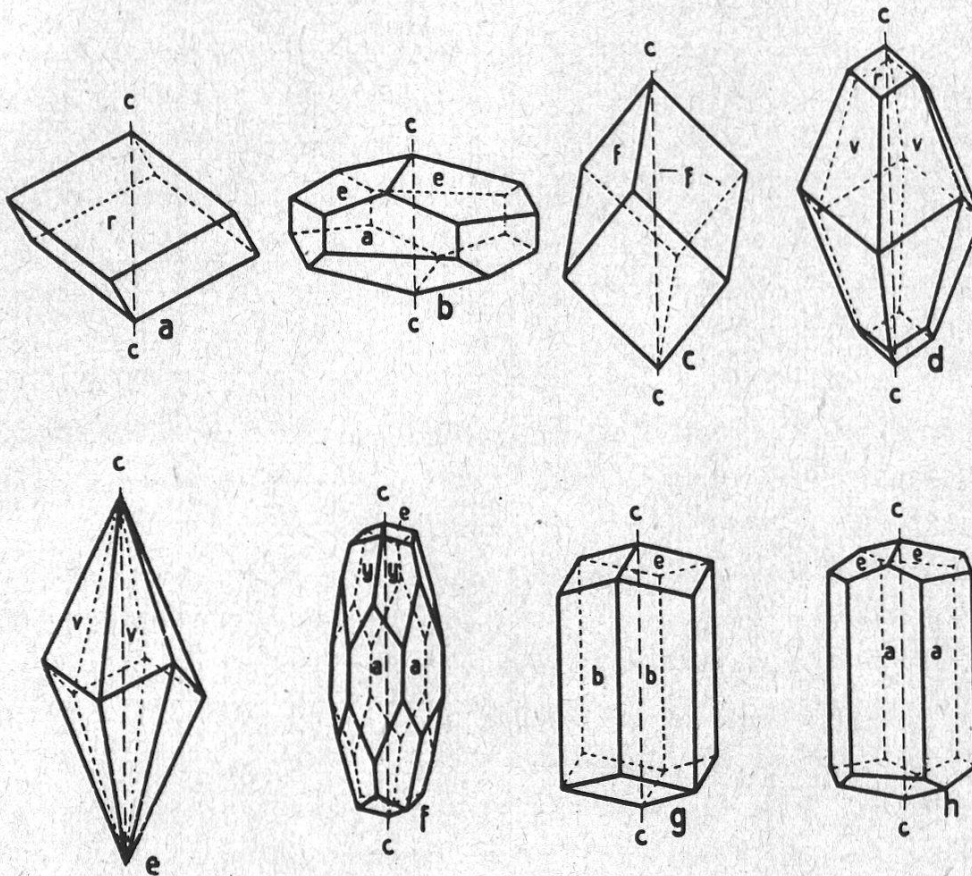


Abb. 1 (oben) Acht verschiedene Ausbildungen von Calcitkristallen (aus P. NIGGLI, Probleme der Naturwissenschaften. Birkhäuser, Basel, 1949).

Abb. 2 (links) Symmetrieelemente der Calcitkristalle der Abb. 1, Kristallklasse $D_{3d}-\bar{3}m$ (aus P. NIGGLI, l. c.).

Tabelle 1. Verteilung von etwa 3800 natürlichen und künstlichen Kristallen über die 7 Kristallsysteme; a) anorganische, b) organische Verbindungen, c) = a) + b).

		a)	b)	c)
Niedrigsymmetrisch	triklin	1 %	4 %	2 %
	monoklin	10 %	45 %	21 %
	orthorhombisch	16 %	29 %	20 %
	tetragonal	13 %	9 %	12 %
	rhomboedrisch	13 %	5 %	11 %
	hexagonal	11 %	2 %	8 %
Hochsymmetrisch	kubisch	36 %	6 %	26 %

Die Ableitung der 32 Kristallklassen gehört dem 19. Jahrhundert an. Es war dem Beginn der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vorbehalten, ganz wesentlich tiefer in das Wesen des Kristallzustandes einzudringen, nämlich dank der genialen Idee MAX VON LAUES, Röntgenstrahlen durch Mineralien hindurchzusenden. Damit begann die Entwicklung der modernen Mineralogie und Kristallographie, welche in den vergangenen 40 Jahren sehr viele grundsätzlich neue Erkenntnisse und viele neue Wissenschaftszweige hervorgebracht haben, so daß diese Wissenschaft heute eine zentrale Stellung innehat und einen wesentlichen Einfluß auf ihre Nachbardisziplinen wie Petrographie, Geologie, Chemie, Physik und Biologie ausübt³. In dieser Arbeit beschränken wir uns auf das Allgemeine und müssen uns daher in etwas abstrakten Räumen bewegen. Das Prinzipielle der folgenden Gedanken kam andeutungsweise schon in unserer Antrittsvorlesung⁴ zum Ausdruck.

Beim Durchgang der Röntgenstrahlen durch Kristalle entstehen Sekundärstrahlen, welche einen photographischen Film schwärzen (Reflexe), und die Aufgabe des Strukturforschers besteht darin, aus der Lage und der Intensität dieser Reflexe die Anordnung aller aufbauenden Atome im Raum zu ermitteln. An Hand der Struktur von Steinsalz (NaCl) kann das hier Interessierende erläutert werden. Abbildung 3 (links, oben) zeigt die schachbrettartige Anordnung der Na⁺- und Cl⁻-Ionen in einer Würfelebene. Normal zu dieser Ebene befinden sich folgende Symmetrieelemente: durch die Na⁺ und Cl⁻ je eine Achse von Viererrhythmus (4), dazwischen noch Achsen von Zweiererrhythmus (2),

³ W. NOWACKI, Moderne allgemeine Mineralogie. F. Vieweg, Braunschweig, 1951. —, Form und Struktur in der Kristallwelt. Kulturhistorische Vorlesung, Universität Bern, 12. November 1952.

⁴ W. NOWACKI, Symmetrie und Form. Antrittsvorlesung 9. Dezember 1939. Mitt. Natf. Ges. Bern aus dem Jahre 1940, S. 5—18 (ersch. 1941).

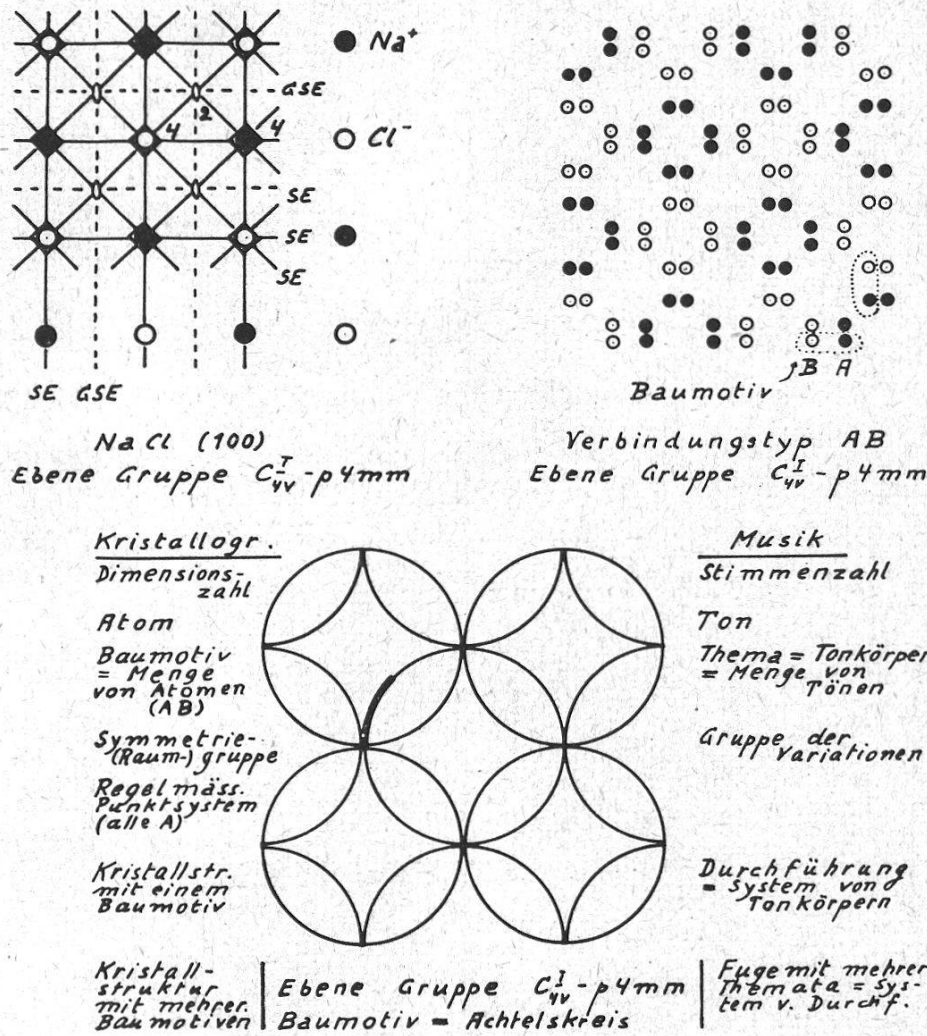


Abb. 3

Links oben: Anordnung der Na⁺- und Cl⁻-Ionen in der Würfelfläche eines Steinsalzkristalles; rechts oben: Verbindungstyp AB; unten Mitte: regelmäßige Anordnung von Kreisen. Alle drei Muster weisen dieselbe Symmetrie (C_{4v}^I — p4mm) auf. Unten seitlich: Gegenüberstellung von Kristallstruktur und Fuge.

durch die Na⁺ — Cl⁻ — Na⁺ — ... je eine Spiegelebene (SE), ebenso durch Na⁺ — Na⁺ — ... und Cl⁻ — Cl⁻ — ... (ausgezogene Geraden), dazwischen noch Gleitspiegelebenen (gestrichelt, GSE; erst die Kombination einer Spiegelung zusammen mit einer Verschiebung parallel zur Ebene führt bei einer GSE zur Deckung). Die Gesamtheit aller dieser Symmetrieelemente (4, 2, SE, GSE) bezeichnet man als die Raumgruppe der betreffenden Struktur; zur Abkürzung gibt man ihr ein Symbol (C_{4v}^I — p4mm). Daß man ihr ein Symbol erteilt, ist wesentlich; die spezielle Schreibweise desselben ist hier unwesentlich. Die früher gegebene Definition «Symmetrieelemente sind formale Faktoren, welche

materielle Gegebenheiten sinnvoll-gesetzmäßig anordnen», gilt offensichtlich auch hier. Die Raumgruppe $C_{4v}^I - p4mm$, das heißt die Gruppe aller Symmetrieelemente, stellt auch jetzt etwas Abstrakt-Geistiges dar, ein Urbild, das an sich durchaus unanschaulich ist, und das erst dadurch, daß es auf die Materie eine anordnende Wirkung ausübt, manifest wird. Es ist nun außerordentlich wichtig, zu erkennen, daß die besondere Form, bzw. der Inhalt der Realisierung eines Urbildes, hier einer Raumgruppe, in unendlich vielfältiger Weise getroffen werden kann. In Abbildung 3 (rechts oben) sind wieder schwarze (A) und leere Kreise (B) gesetzmäßig angeordnet, wobei die zu Grunde liegende Gruppe von Symmetrieelementen die genau gleiche ist ($C_{4v}^I - p4mm$). Dasselbe gilt für die in Abbildung 3 (unten) dargestellte Anordnung von Kreisen. Es wären noch unendlich viele andere Realisierungen denkbar, welchen allen dasselbe Urbild — die Gruppe von Symmetrieelementen C_{4v}^I — zu Grunde läge. Was verschieden ist, ist nicht die Gruppe, sondern das spezielle Baumotiv: links oben $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$, rechts oben BA, unten der Achtelskreis. Das Baumotiv kann seiner Natur nach beliebig variieren und ebenso — bis zu einem gewissen Grade — seine Lage bezüglich der Symmetrieelemente; dadurch entstehen immer neue Strukturen, die aber alle dasselbe Urbild, dasselbe Grundmuster, aufweisen. Man kann beweisen, daß es in der Ebene nur 17 und im Raume nur 230 verschiedene Raumgruppen gibt; m. a. W. jede denkbare oder irgendwann und irgendwo vorkommende Kristallstruktur besitzt eine Symmetrie, welche in einer dieser 17 resp. 230 Symmetriegruppen enthalten sein muß. Andere Möglichkeiten gibt es nicht. Für die Kristalle existieren nur eine endliche Zahl von Urbildern. Wie der LAUESche Versuch und alle daran anschließenden besonderen Aufnahmeverfahren zeigen, liegt jeder noch so komplizierten Struktur eine Raumgruppe zu Grunde, d. h. die verschiedenen Atomsorten werden den in der Gruppe enthaltenen Symmetrieelementen gemäß kaleidoskopartig in ihrer Lage im Raum vervielfacht, wodurch eine sinnvoll-gesetzmäßige Anordnung von Materie entsteht.

Die Kristallstrukturen zeigen also in klarster Weise, daß ein Urbild in Form einer Gruppe von Symmetrieelementen ein formaler, an sich unanschaulicher Faktor ist, der materiell Gegebenes sinnvoll — gesetzmäßig anordnet. Und: eine spezielle Struktur oder ein Pattern entsteht, wenn ein oder mehrere Baumotive entsprechend den Symmetrieele-

menten einer Gruppe sich zu einem höheren Ganzen vereinigen.

Unser Fragen muß weitergehen und tiefer eindringen: Was ist das «Materiell-Gegebene»? Die Antwort darauf scheint einfach und auf der Hand liegend: die Kristalle bestehen aus Atomen (oder Ionen) der verschiedensten Art, Silizium, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff usw., und jedes Atom besteht aus einem positiv geladenen Kern und einer Hülle von negativ geladenen Elektronen. Die durch den Kristall hindurch gehenden Röntgenstrahlen treten einzig mit diesen Hüllelektronen in Wechselwirkung, so daß es nur möglich ist, mit Hilfe der Röntgenstrahlen etwas über die Anordnung der Elektronen auszusagen. Was aber sind diese Elektronen für Gebilde? Die Physik lehrt, daß das Elektron eine Korpuskel sei, für welches lediglich eine gewisse Wahrscheinlichkeit, es an einem bestimmten Raumpunkt anzutreffen, unter gegebenen Bedingungen berechnet werden könne. Es bleibt uns also nur ein System von unanschaulichen Wahrscheinlichkeits-Wellenfunktionen in mehrdimensionalen Räumen. Was die Materie ihrer Natur nach ist, wissen wir nicht; sie ist unanschaulich und transzendent. Mittels der Röntgenstrukturanalyse ist es möglich, diese Wahrscheinlichkeitsfunktionen der Elektronen oder — anders ausgedrückt — die Elektronendichte im (zeitunabhängigen, stationären) Kristall zu bestimmen (Fouriersynthese). Man erhält (in der Projektion) ein Analogon zu einer geographischen Karte mit Höhenkurven, wobei die Linien Punkte gleicher Elektronendichte, oder genauer Punkte, für welche die Wahrscheinlichkeit, ein Elektron anzutreffen, gleich groß ist, miteinander verbinden. In solchen Bildern ist ein guter Teil Physik, ein sehr großer Anteil der Chemie und der Mineralogie und aller darauf basierenden Wissenschaften grundsätzlich enthalten. Davon nicht erfaßt wird der Aufbau des Atomkernes; bei dessen Untersuchung stoßen wir auf neue Elementarteilchen.

Die Wahrscheinlichkeitsfunktionen, welche man experimentell bestimmen kann, haben eo ipso statistischen Charakter. An Stelle des strengen Determinismus der klassischen Naturwissenschaft treten also statistische Gesetzmäßigkeiten, welche zusammen mit den Unbestimmtheitsrelationen von HEISENBERG und dem Begriff der Komplementarität von NIELS BOHR den Strukturcharakter der Materie in diesen atomaren Dimensionen bedingen. Die Unbestimmtheitsrelationen sagen aus, daß es nicht möglich ist, den Ort und die Geschwindigkeit eines atomaren Teilchens gleichzeitig mit beliebiger Genauigkeit

anzugeben (für das Produkt der Ungenauigkeiten gibt das Plancksche Wirkungsquantum eine untere Grenze) und der Komplementaritätsbegriff meint, nach HEISENBERG ⁵,

«daß verschiedene anschauliche Bilder, mit denen wir atomare Systeme beschreiben, zwar für bestimmte Experimente durchaus angemessen sind, aber sich doch gegenseitig ausschließen». Das Bohrsche Atom zum Beispiel kann einerseits als ein Planetensystem im Kleinen, andererseits als ein von stehenden Wellen umgebener Kern angesehen werden; wenn es Gegenstand der Chemie ist, so ist seine Reaktionswärme beim Zusammenschluß mit anderen Atomen berechenbar; aber es ist nicht möglich, gleichzeitig etwas über die Bewegung der Elektronen auszusagen. «Diese verschiedenen Bilder sind also richtig, wenn man sie an den richtigen Stellen anwendet, aber sie widersprechen einander, und man bezeichnet sie daher als komplementär zueinander. Die Unbestimmtheit, mit der jedes einzelne dieser Bilder behaftet ist und die durch die Unbestimmtheitsrelation ausgedrückt wird, genügt eben, um logische Widersprüche zwischen den verschiedenen Bildern zu vermeiden.» (l. c.)

Diese Gesamt-Situation bezeichnet man auch als ein Abweichen vom klassischen Kausalitätsbegriff.

In der letzten Zeit scheint dieses Abweichen eine noch größere und wohl auch prinzipiellere Wendung genommen zu haben. Außer der stabilen «Elementarteilchen» Protonen und Neutronen, aus denen die Atomkerne bestehen, und der sie umgebenden Elektronen, wurde noch eine Fülle weiterer, aber sehr kurzlebiger, instabiler Teilchen, die sogenannten Mesonen entdeckt und untersucht. Soweit wir aber orientiert sind (wir folgen hier einem Aufsatz von BORN ⁶) ist es bis jetzt noch nicht gelungen, eine einheitliche und zusammenfassende Theorie der Materie, in der die verschiedenen Teilchenmassen als Eigenwerte von Operatoren oder als Lösungen von Gleichungen in Erscheinung treten, aufzustellen. Nach HEISENBERG wird man dazugeführt, eine absolute Länge $a = 10^{-13}$ cm und eine absolute Zeit $t = a/c = 10^{-24}$ sec einzuführen. Was sich nun in derart kleinen Raum- — Zeit-Bereichen abspielt, scheint noch nicht vollkommen durchsichtig zu sein. Es treten dabei auch seltsame Paradoxien auf, indem die zeitliche Ordnung der Ereignisse (das Vorher — und Nachher) und damit der Kausalitätsbegriff in diesen kleinen Zeiträumen aufgehoben wird; «so kann zum Beispiel ein Teilchen absorbiert werden, bevor der erzeugende Stoß überhaupt stattgefunden hat. Aber Heisenberg hat es verständlich gemacht, daß diese Anomalien wegen der atomistischen Struktur der Instrumente prinzipiell unbeobachtbar sein dürften». Beobachtbar wären nur Änderungen innerhalb von Zeitabschnitten, die relativ zu t groß sind.

Mit dem Begriff der Komplementarität, insbesondere der Dualität ist die Subjekt—Objekt—Polarität eng verknüpft. «Denn wenn ein Experiment in bestimmter Weise gemacht wird, um die eine oder andere Komponente eines konjugierten Größenpaares zu untersuchen, ist es un-

⁵ W. HEISENBERG, Atomforschung und Kausalgesetz. Universitas 9 (1954), 225.

⁶ M. BORN, Zur begrifflichen Situation in der Physik. Physik. Blätter 10 (1954), 193; Ausblick auf die künftige begriffliche Entwicklung in der Physik. *ibid.* 241.

möglich, Auskunft über das betrachtete System zu erlangen; der Beobachter selbst muß sich vorher entscheiden, welche Art von Antwort er haben möchte. Auf diese Weise sind subjektive Entscheidungen untrennbar mit objektiven Betrachtungen vermischt. . . . Wir haben den Glauben an die Möglichkeit verloren, die Erkenntnis von unserer Entscheidung zu trennen; wir wissen uns jeden Augenblick zugleich als Beobachtende und Handelnde im Lebensdrama. BOHR selbst hat auf allgemeine Erweiterungen seines Komplementaritätsgedankens auf die Biologie und Physiologie hingewiesen» (M. BORN, l. c.).

Diese Erkenntnis ist sicher von ganz grundsätzlicher Bedeutung, denn durch sie werden die Regionen des Materiellen und des Psychischen doch wohl untrennbar und unbedingt untereinander verknüpft. Auch erhält dadurch die stoffliche Welt einen qualitativen und — in reziproker Weise — die psychische Welt einen quantitativen Aspekt. Es ist die psychische Welt, der wir uns jetzt zuwenden wollen. Jeder Gegenstand, den die Psyche hervorbringt, ist das Ineinanderwirken dreier Schichten: des Bewußtseins, des persönlichen und des kollektiven Unbewußten. An den Anfang unserer Betrachtungen wollen wir die Struktur einiger Kunstwerke setzen, also von Gebilden, an deren Zustandekommen das Bewußtsein einen ganz wesentlichen Anteil hat. Wir definieren ein Kunstwerk als eine Gesamtheit von Motiven, welche nach bestimmten, inneren Gesetzmäßigkeiten zu einem Muster, Pattern, Gewebe, Teppich oder einer Struktur als einem Ganzen verwoben oder angeordnet worden sind.

Bei der Ornamentik liegen die Verhältnisse offen zu Tage und an unserer Definition ist nicht zu zweifeln. Das zweiseitige Relief aus Syrien (Abb. 4) weist als Motiv eine kreuzförmige Schlinge auf, die entsprechend einer der (80) möglichen Symmetriegruppen (= innere Gesetzmäßigkeit) das Muster erzeugen. Es ist in der inneren Ruhe und Harmonie, welche es ausstrahlt, einzigartig.

Weniger mathematisch als die reinen Ornamente ist das von HODLER konzipierte Bild «Blick in die Unendlichkeit» (Abb. 5). Das Motiv ist die einzelne, schreitende Frau mit dem in die unendliche Ferne gerichteten Blick, die innere Gesetzmäßigkeit ist der eindimensionale Rhythmus, das Schreiten in einer Richtung, die eindimensionale Translationsgruppe in einem verallgemeinerten Sinne, es ist der Parallelismus HODLERS. Das Bild gemahnt an alle Frauen des Menschheitsgeschlechtes, welche — einander kaum die Hände reichend — eine unendliche Kette von Einzel-

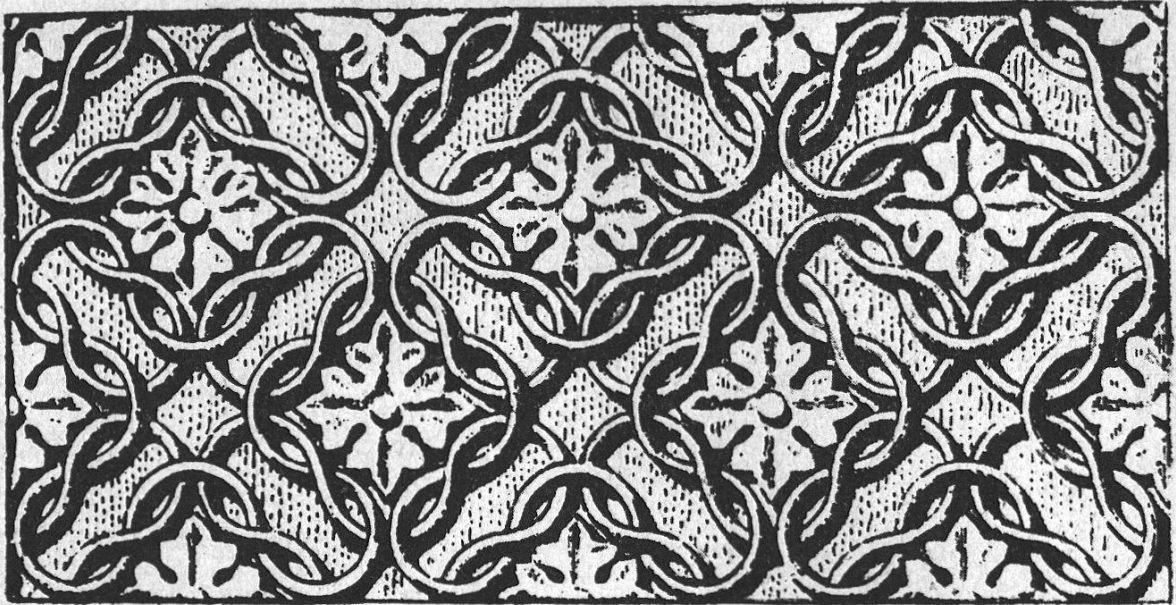
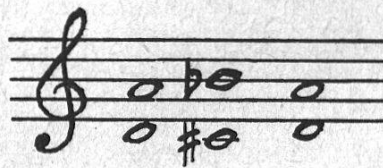


Abb. 4

Zweiseitiges Relief aus Syrien (aus M. DE VOCÛE, Syrie centrale. Architecture, civile et religieuse du I^{er} au VII^e siècle. 2 vols. J. Baudry, Paris, 1865—1877).

schicksalen und doch auch wieder von Typen bilden. Der «Blick in die Unendlichkeit» ist HODLERS letzte größte Komposition. Es scheinen vorzugsweise die letzten Schöpfungen der großen Künstler zu sein, welche diesen Charakter des Absoluten aufweisen.

Dies gilt auch für BACHs letztes Werk, die «Kunst der Fuge». Sie stellt eine einzige Riesenfuge, bestehend aus 19 Einzelfugen, dar und wurde erst 1924 durch WOLFGANG GRAESER mit Hilfe gruppen-theoretischer Methoden richtig entziffert. Das Thema dieser herrlichen musikalischen Komposition — von allen Variationen befreit — lautet:



Es besteht seinerseits aus sechs symmetrisch angeordneten Noten.

GRAESER weist in seiner Arbeit im Bach-Jahrbuch 1924 auf wesentliche Beziehungen zwischen Musik und Geometrie hin, die in Abb. 3 (unten) zur Darstellung gebracht worden sind. Demnach kann eine Fuge als musikalische Komposition sehr wohl mit einer «Struktur» verglichen werden ⁷.

⁷ Vgl. auch A. PONTVIK, Heilen durch Musik. Rascher, Zürich, 1955.

Über den Aufbau eines literarischen Kunstwerkes schreibt E. R. CURTIUS⁸:

«Formen sind Gestalten und Gestaltssysteme, in denen Geistiges zur Erscheinung gelangt und faßbar wird. Dante brauchte Lichtkreise und Lichtkreuze, um die Seligen aufzureihen. Ein Kristall besteht aus einem Raumgitter von Elektronen und Atomkernen. Mathematik und Optik verwenden den Begriff des Gitters (Begriff? Metapher? Braucht die Naturforschung Metaphern?). Literarische Formen erfüllen die Funktionen von solchen Gittern. Wie sich diffuses Licht in der Linse sammelt, wie Kristalle «anschießen», so kristallisiert sich poetische Substanz an einem Gestalt-schema. In der englischen Kritik hat sich der Begriff pattern eingebürgert. Das ist das Web- oder Knüpfmuster eines Teppichs. Wenn ich nicht irre, brauchte William James das Wort, um Strukturen im «Strom» des Bewußtseins zu bezeichnen. Der locus classicus ist aber die Stelle aus einem Brief von Gerhard Manley Hopkins: as air, melody is what strikes me most of all in music and design in painting, so design, pattern or what I am in the habit of calling inscape is what I above all aim at in poetry (1879). Hopkins fand pattern noch nicht treffend genug, er prägte ein neues Wort. Gemeint ist immer eine strukturbildende Form. Wir können weder Pattern noch inscape sagen. Aber das Bild des Gitters scheint mir präzise und anschaulich zugleich zu sein.»

Oder ein anderes Zitat aus dem geistreichen Vortrage GOTTFRIED BENNS über «Probleme der Lyrik»⁹. Er prägte die Sätze:

«Ein Gedicht entsteht überhaupt sehr selten — ein Gedicht wird gemacht» (S. 6); und weiterhin (S. 20): «Nehmen wir ein Beispiel: jeder ist schon durch einen Garten, einen Park gegangen, es ist Herbst, blauer Himmel, weiße Wolken, etwas Wehmut über den Triften, ein Abschiedstag. Das macht Sie melancholisch, nachdenklich, Sie sinnen. Das ist schön, das ist gut, aber es ist kein Gedicht. Nun kommt Stefan George und sieht das alles genau wie Sie, aber er ist sich seiner Gefühle bewußt, beobachtet sie und schreibt auf:

Komm in den totgesagten park und schau:
Der schimmer ferner lächelnder gestade.
Der reinen wolken unverhofftes blau
Erhellte die weiher und die bunten pfade.

Er kennt seine Worte, er weiß mit ihnen etwas anzufangen, er kennt die ihm gemäße Zuordnung der Worte, formt mit ihnen, sucht Reime, ruhige, stille Strophen, ausdrucksvolle Strophen und nun entsteht eines der schönsten Herbst- und Gartengedichte unseres Zeitalters — drei Strophen zu vier Reihen, diese faszinieren kraft ihrer Form das Jahrhundert.»

Das «Motiv» ist hier das «Wort»; bedeutend ist der Ausdruck «die ihm gemäße Zuordnung der Worte», das ist die «innere Gesetzmäßigkeit», kristallographisch die innere Symmetriegruppe, von der wir gesprochen haben.

⁸ E. R. CURTIUS, Europäische Literatur und lateinisches Mittelalter. Francke, Bern, 1948, S. 394.

⁹ G. BENN, Probleme der Lyrik. Limes-Verlag, Wiesbaden, 1951.

Unseren Überlegungen wird man vielleicht entgegenhalten, daß ein meisterhaftes Porträt oder ein Gedicht oder ein Lied nicht auf eine Symmetriegruppe in streng geometrischem Sinne zurückgeführt werden kann. Das behaupten wir auch nicht; haben wir doch bei der Definition den allgemeinen Ausdruck «innere Gesetzmäßigkeit» gebraucht. Wir neigen der Ansicht zu, daß es die Ur-Bilder, psychologisch gesprochen die Archetypen sind, welche die Gewebe der Kunstwerke formen; sie übernehmen die Rolle und die Aufgabe der Symmetrieelemente. Was sind die Ur-Bilder oder Archetypen? Sie sind den Ideen Platons verwandt, mit ihnen aber nicht identisch, denn diese beziehen sich nur auf die lichte, die «obere Welt», die Archetypen aber umfassen auch die dunkle, die «untere Welt». Archetypen sind, wie CARL GUSTAV JUNG, der Schöpfer der komplexen Psychologie und Erforscher der Archetypen, sagt, psychische Spezialfälle der dem Biologen bekannten «patterns of behaviour» (wieder erscheint der Begriff «pattern»), das sind spezifische Verhaltensweisen. Die Archetypen sind «vorbewußt vorhanden und bilden vermutlich die Strukturdominanten der Psyche überhaupt, vergleichbar dem unanschaulichen, potentiellen Vorhandensein des Kristallgitters in der Mutterlauge»¹⁰. Urbilder sind beispielsweise der Weg, der Faden, die Mutter, der Vater, die Sonne, der Kreis, die Wellenlinie, das Kreuz usw. Sie wurzeln tief im Kollektiv-Unbewußten; steigen sie ins Bewußtsein, so können sie je nach Erdteil, Land und Volk in der vielfältigsten Art und Weise sich verwirklichen. Die Archetypen sind formaler Natur; sie bilden die Ur-Muster, an denen sich die psychische Substanz auskristallisiert.

An einem anderen Ort schreibt JUNG¹¹:

«Ich begegne immer wieder dem Mißverständnis, daß die Archetypen inhaltlich bestimmt, d. h. eine Art unbewußter Vorstellung seien (wenn dieser Ausdruck überhaupt möglich ist). Es muß deshalb nochmals hervorgehoben werden, daß die Archetypen nicht inhaltlich, sondern bloß formal bestimmt sind, und letzteres nur in sehr bedingter Weise. Inhaltlich bestimmt ist ein Urbild nur nachweisbar, wenn es bewußt und daher mit dem Material bewußter Erfahrung ausgefüllt ist. Seine Form dagegen ist, wie ich anderorts erklärt habe, etwa dem Achsensystem eines Kristalls zu vergleichen, welches die Kristallbildung in der Mutterlauge gewissermaßen präformiert, ohne selber eine materielle Existenz zu besitzen. Letztere erscheint erst in der Art und Weise des Anschießens der Ionen und dann der Moleküle. Der Archetypus ist an sich ein leeres, formales Element, eine *facultas praeformandi* oder eine a priori gegebene Möglich-

¹⁰ C. G. JUNG, Symbolik des Geistes. Rascher, Zürich, 1948, S. 374, Anm. 1.

¹¹ C. G. JUNG, Die psychologischen Aspekte des Mutter-Archetypus. Eranos-Jb. 1938, Bd. VI (1939), S. 403, Rhein-Verlag, Zürich.

keit der Vorstellungsform. Vererbt werden nicht die Vorstellungen, sondern die Formen, welche in dieser Hinsicht genau den ebenfalls formal bestimmten Instinkten entsprechen (Patterns of behaviour!). Bezüglich der Bestimmtheit der Form ist der Vergleich mit der Kristallbildung ebenfalls einleuchtend, indem das Achsensystem bloß die stereometrische Struktur, nicht aber die konkrete Gestalt des individuellen Kristalls bestimmt. Dieser kann groß oder klein sein oder endlos variieren vermöge der gegenseitigen Kristalldurchwachsung. Konstant ist nur das Achsensystem in seinen im Prinzip invariablen geometrischen Verhältnissen. Das gleiche gilt vom Archetypus: er kann im Prinzip benannt werden und besitzt einen invariablen Bedeutungskern, der stets im Prinzip, nie aber auch konkret seine Erscheinungsweisen bestimmt. Wie zum Beispiel der Mutterarchetypus jeweils empirisch erscheint, ist aus ihm allein nie abzuleiten, sondern beruht auf einer Unzahl anderer Faktoren.»

Das Achsensystem, von dem JUNG hier spricht, ist nur eine Folge der vorhandenen Symmetrieelemente. Früher sagten wir: ein Urbild in Form einer Gruppe von Symmetrieelementen ist ein formaler, an sich unanschaulicher, geistiger Faktor, der materiell Gegebenes sinnvoll-gesetzmäßig anordnet; jetzt sagen wir: Archetypen sind formal-geistige Faktoren, welche psychische Gegebenheiten sinnvoll anordnen. Der chinesische Philosoph würde es vielleicht so ausdrücken: das «Nichts», das TAO, der «Sinn» erscheint an und für sich nicht in der Sinnenwelt, sondern ist nur deren Anordner. Die Analogie zwischen Symmetrieelementen und Archetypen ist offenbar außerordentlich stark. Hier liegt der Angelpunkt der Struktur der Wirklichkeit. Wir gelangen daher auch von der Mineralogie ausgehend zu Parallelismen zwischen dem Materiellen und dem Psychischen, ähnlich wie dies neuerdings von Seiten der theoretischen Physik bzw. der Psychologie von PAULI und JUNG¹² aufgedeckt wurde. Ein Parallelismus ist selbstverständlich noch keine Identität; andererseits wäre eine Identität von Materiellem und Psychischem durchaus als eine Möglichkeit denkbar — wir stoßen in ein Gebiet voller Schwierigkeiten!

Der Einfluß archetypischer Vorstellungen auf die Gestaltung naturwissenschaftlicher Theorien im Altertum, Mittelalter und bis auf den heutigen Tag scheint uns von ganz grundsätzlicher Wichtigkeit; man hat ihm aber u. W. bis vor kurzem kaum eine wesentliche Beachtung geschenkt. Ein Beispiel, das JUNG¹³ gegeben hat, muß genügen: in beinahe allen Büchern steht geschrieben, daß die Atomtheorie auf Leukipp und Demokrit zurückgehe. Nun sind aber diese beiden Autoren ganz sicher

¹² C. G. JUNG und W. PAULI, *Natureklärung und Psyche*. Rascher, Zürich, 1952.

¹³ C. G. JUNG, *Von den Wurzeln des Bewußtseins*. Rascher, Zürich, 1954, S. 63.

nicht durch Versuche über Atomzertrümmerung zur Vorstellung eines Atomes gelangt, sondern sie «hatten einmal diese Idee», d. h. ein im allgemein-menschlich-Seelischen vorhandenes Bild ist ihnen bewußt geworden. Die «mythologische» Vorstellung kleinster Teilchen als belebte kleinste Partikel, als Seelenatome, ist nämlich schon den noch paläolithischen Zentralaustralern bekannt. Der Atombegriff ist daher offensichtlich von wesentlich archetypischem Charakter.

Es wird oft gesagt, das Materielle sei ausschließlich das Reich des Quantitativen und das Psychische das Reich des Qualitativen. Dies ist wahrscheinlich nicht ganz richtig. Es ist u. W. unsicher, ob es nur eine Art von Materie gibt oder eventuell zwei (oder mehrere) Arten, wie zum Beispiel positives und negatives Elektron. Wenn dem so wäre, würde schon dadurch ein qualitativer Aspekt der Materie zum Ausdruck kommen. Unabhängig davon muß man sich vergegenwärtigen, daß jede Messung als Basis letzten Endes die Reihe der ganzen Zahlen aufweist. Diese sind aber ein uns gegebenes; sie sind nicht unsere Erfindung «Jede ganze Zahl hat auch mathematisch einen individuellen, qualitativen Charakter: Die ganzen Zahlen sind keine bloßen Quantitäten» (M. FIERZ¹⁴). (Zum Beispiel lassen sich Gleichungen n -ten Grades nur für $n = 2, 3, 4$ in expliziten Formeln lösen.) JUNG betrachtet die Zahl als einen Archetypus der Ordnung. Auf der anderen Seite bringt das Psychisch-Unbewußte zweifellos durchaus Quantitatives hervor, wie man es an der hohen Symmetrie der Bastmatte eines Eingeborenen aus dem Belgisch-Kongo (Abb. 6) erkennen kann oder in Träumen moderner Menschen, wenn als Darstellung unbewußter Inhalte «nur streng geometrische Figuren, lauter kristallartige Gebilde, wie man sie in den Lehrbüchern der Geometrie oder der Mineralogie findet» gezeichnet werden. Am eindrucklichsten ist dies in den Mandala-Symbolen erkennbar. Das Mandala oder der «magische Kreis» ist ein «vereinigendes Symbol», welches nach JACOBI¹⁵ erst dann auftritt, «wenn der Individuationsweg sich seinem Ende nähert, d. h. wenn das Innerpsychische als ebenso real, als ebenso wirksam und psychologisch wahr erfahren worden ist, wie die Welt der äußeren Realität. Mit dem Auftreten dieses Symbols, das in den verschiedensten Formen erscheinen kann, ist das Gleichgewicht zwischen dem Ich und dem Unbewußten hergestellt. Diese Art von Symbolen, die ein Urbild der psychischen Totalität (d. i. des «Selbst») repräsentieren, wei-

¹⁴ M. FIERZ, Zur physikalischen Erkenntnis. Eranos-Jb. 1948, Bd. XVI (1949), S. 433, Rhein-Verlag, Zürich.

¹⁵ J. JACOBI, Die Psychologie von C. G. Jung. 2. A. Rascher, Zürich, 1949, S. 229.

sen stets eine mehr- oder minder abstrakte Form der Darstellung auf, weil ja gerade eine symmetrische Ordnung der Teile und ihrer Beziehung zu einem Mittelpunkt darin als Gesetzmäßigkeit fungiert und ihr Wesen ausmacht. Der Osten kennt solche symbolische Darstellungen schon seit jeher». Ein sehr schönes chinesisches Mandala zeigt Abb. 7 und dasjenige eines Europäers ist in Abb. 8 (die goldene Blüte) wiedergegeben.

In anderen Darstellungen erscheint der Kristall als Symbol der Ganzheit; er weist nach JACOBI «auf das höchste Ziel seelischer Entwicklung, auf das ‚Selbst‘ hin» (l. c. S. 212 u. dortige Abb. 3).

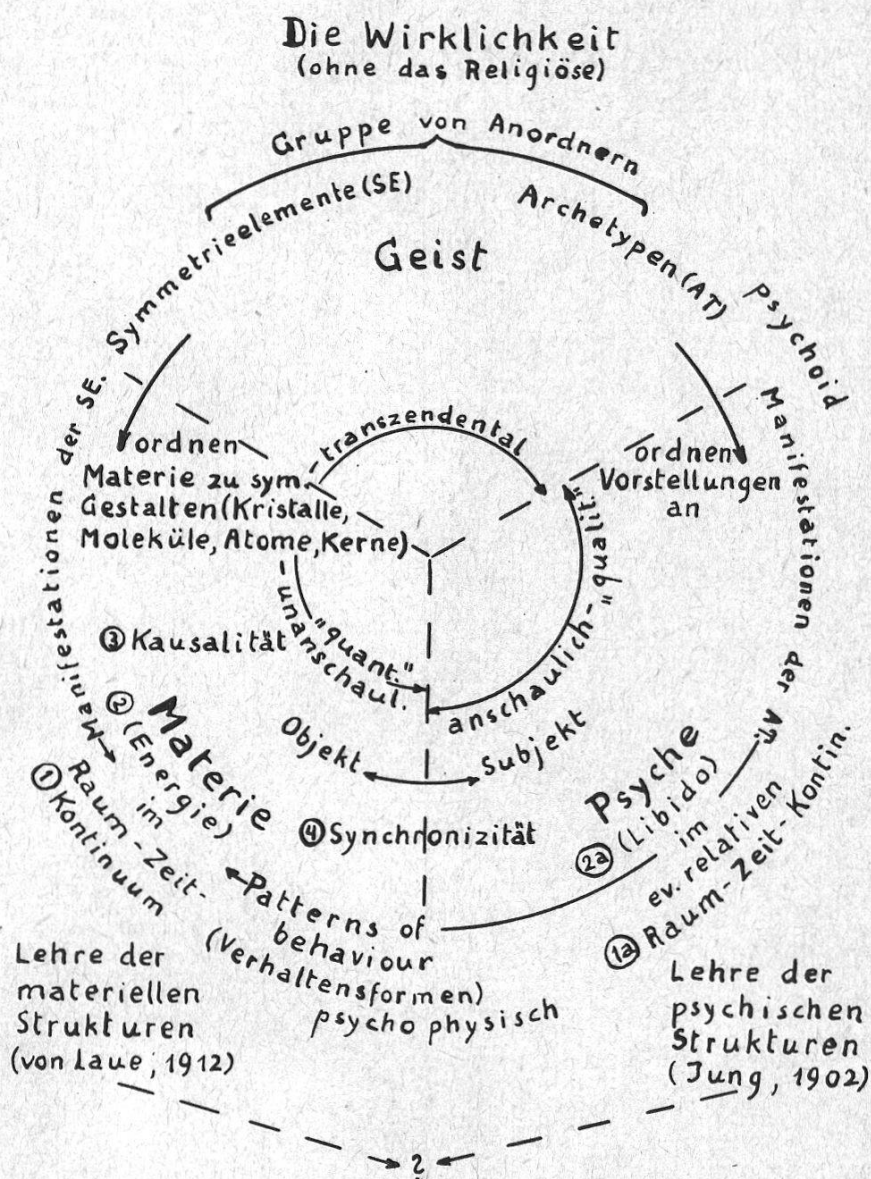


Abb. 9

Versuch einer Darstellung der verschiedenen Aspekte der Wirklichkeit.

So sehen wir — und es muß sehr betont werden, daß alle vorausgegangenen Betrachtungen eine rein empirische Grundlage haben — daß einerseits das Materielle auch qualitative Aspekte, auf der anderen Seite das Psychische auch quantitative Züge aufweist.

Die erläuterten Gedanken mögen in einem Bilde dargestellt werden (Abb. 9): Die Wirklichkeit (ohne das Religiöse) gliedert sich in Materie, Psyche und Geist. Stoff und Geist sind letzten Endes unanschaulich — transzendental, die Psyche anschaulich — «qualitativ» (in obigem Sinne). Symmetrieelemente und Archetypen können allgemein als geistige «Anordner» bezeichnet werden, nämlich von materiellen und psychischen Gegebenheiten. Die patterns of behaviour (Verhaltensformen, die Instinkte) sind die psychophysischen Manifestationen der Archetypen. Die Realität läßt sich nach JUNG und PAULI durch die vier Kategorien: Raum-Zeit-Kontinuum — unzerstörbare Energie (= Materie) einerseits, und Kausalität-Synchronizität andererseits beschreiben. Der Lehre der materiellen Strukturen steht diejenige der psychischen gegenüber.

LAUES Entdeckung stammt aus dem Jahre 1912; JUNG veröffentlichte seine erste Arbeit 1902. Meines Erachtens mußte die Erforschung der materiellen und der psychischen Strukturen ungefähr gleichzeitig geschehen. Es kann sich hierbei nicht um einen Zufall handeln; dazu sind die Dinge allzu tief liegend und die Analogien sind allzu eng (im Mittelalter hätte man vielleicht den Ausdruck «Correspondentia» oder «Sympathia» verwendet ¹⁶).

Ob es zukünftig zur einheitlichen Beschreibung beider Strukturgebiete nötig sein wird, wie PAULI meint, eine «neutrale Sprache» einzuführen, ist ungewiß; es gibt Stimmen (C. A. COULSON ¹⁷), welche sagen: «what we need is not a new language . . . but inspiration and understanding born out of reflection, to use the old». Wie dem auch sei, sicherlich würde der Begriff der Gruppe von Anordnern in dieser Sprache einen wesentlichen Platz einnehmen.

¹⁶ Eranos-Jb. 1955, Band XXIV, Der Mensch und die Sympathie aller Dinge. Rhein-Verlag, Zürich, 1956.

¹⁷ C. A. COULSON, Christianity in an age of science. Oxford University Press, London, 1953, p. 50.

Wir fassen zusammen:

Die Wirklichkeit des Stofflichen und des Psychischen weist eine bestimmte Struktur auf. Es sind die Symmetrieelemente auf der einen und die Archetypen auf der anderen Seite, welche als geistig-formale Faktoren materielle bzw. psychische, eventuell psychoide Gegebenheiten gesetzmäßig bzw. sinnvoll anordnen. Sie bilden in einem allgemeinen Sinne eine Gruppe. An sich sind sowohl die Symmetrieelemente wie die Archetypen unanschaulich; sie werden erst manifest, wenn sie sich mit einem bestimmten Inhalt füllen. Dies kann auf die mannigfaltigste Weise geschehen, wodurch die Vielfalt der Erscheinungsformen der Realität erzeugt wird.

Es war der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts vorbehalten, auf völlig verschiedenen Wegen zu der Erkenntnis der Strukturen des Materiellen und des Psychischen zu gelangen; es wird wahrscheinlich eine wesentliche Aufgabe der Zukunft sein, diese Entwicklung fortzusetzen und — vor allem — zu versuchen, eine Brücke zwischen den beiden Welten zu schlagen und eine Verbindung zwischen ihnen herzustellen. Ob dies möglich, ob dies gelingen und wann diese Synthese beendet sein wird, wissen wir nicht.

Wir möchten diese Ausführungen mit drei Sprüchen eines einfachen Mannes aus Schlesien mit dem Namen JOHANNES SCHEFFLER, besser bekannt als ANGELUS SILESIUS, schließen (Cherubinischer Wandersmann):

Der Erste lautet:

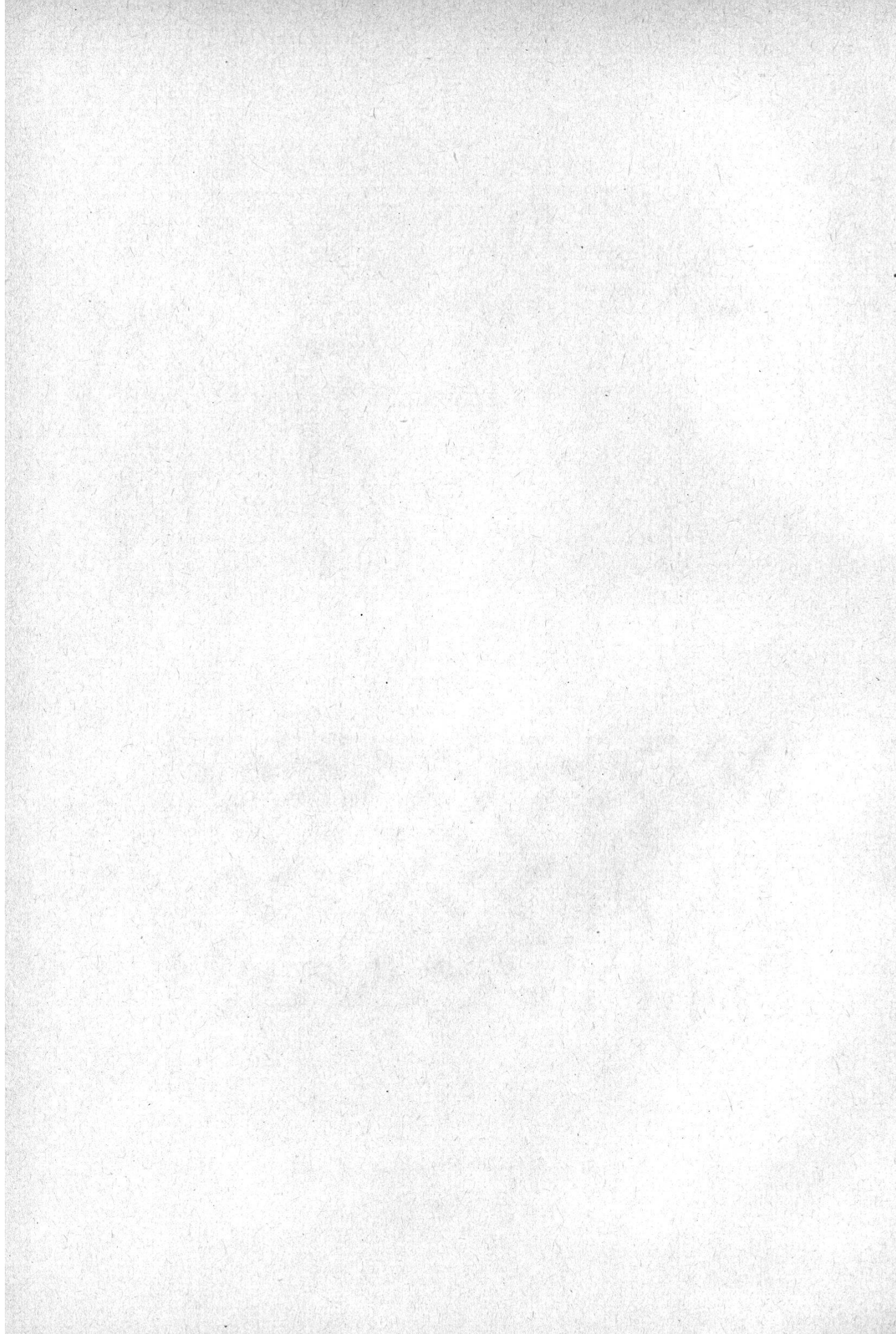
«Freund, so du etwas bist, so bleib doch ja nicht stehn;
Man muß von einem Licht fort in das andre gehn.»

Der Zweite:

«Die Seel ist ein Kristall, die Gottheit ist ihr Schein,
Der Leib, in dem du lebst, ist ihrer beider Schrein.»

Und der Letzte:

«Freund, es ist auch genug. Im Fall du mehr willst lesen,
So geh und werde selbst die Schrift und selbst das Wesen.»



Tafel 1

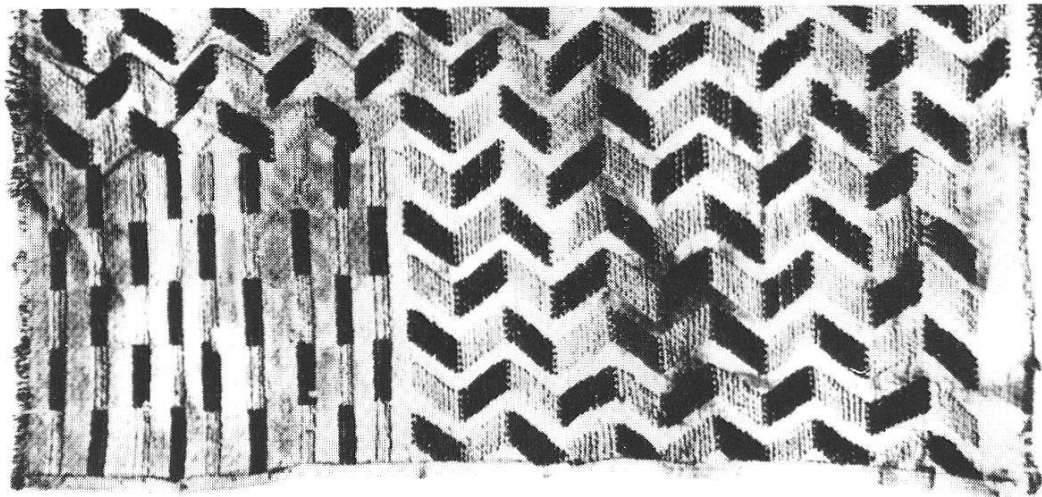
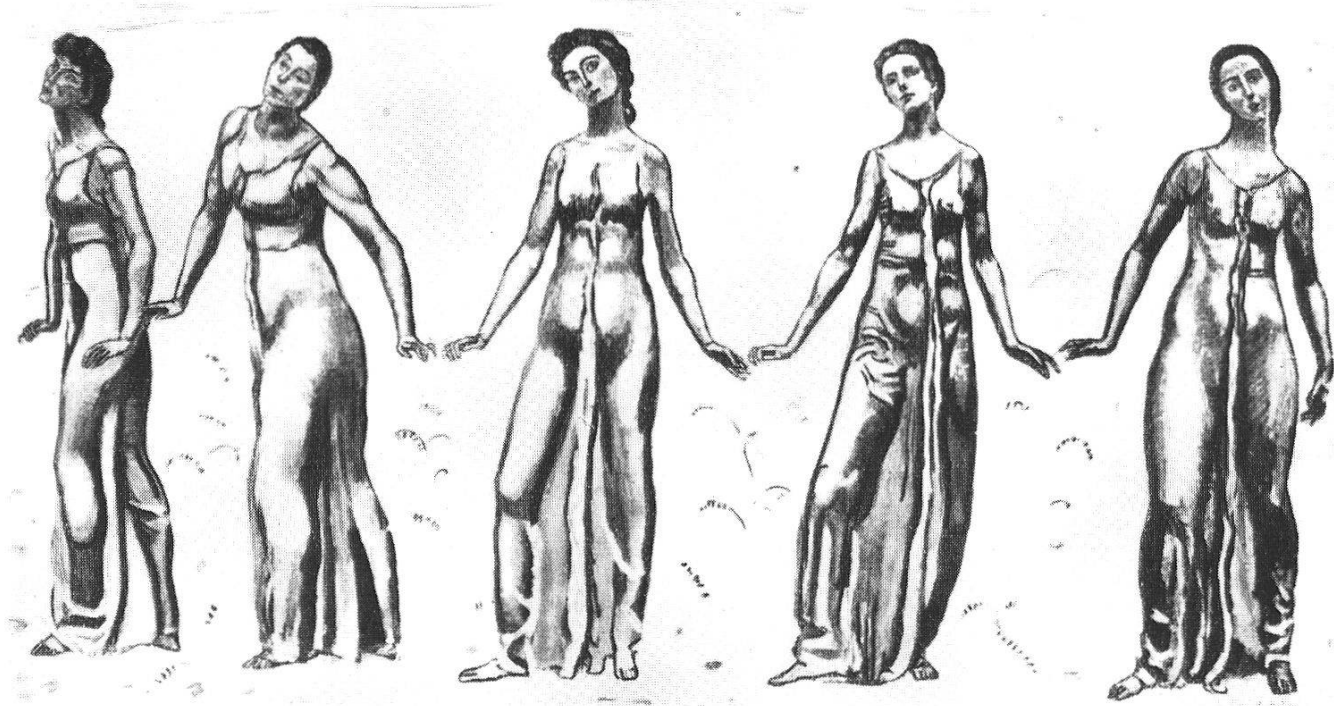


Abb. 5 (oben) FERDINAND HODLER, Blick in die Unendlichkeit.

Abb. 6 (unten) Bastmatte eines Eingeborenen aus dem Kongogebiet (Symmetriegruppe
= $C_{2v} - pgg$)

(aus: W. VON WERSIN, Das elementare Ornament. O. Maier, Ravensburg, 1940).

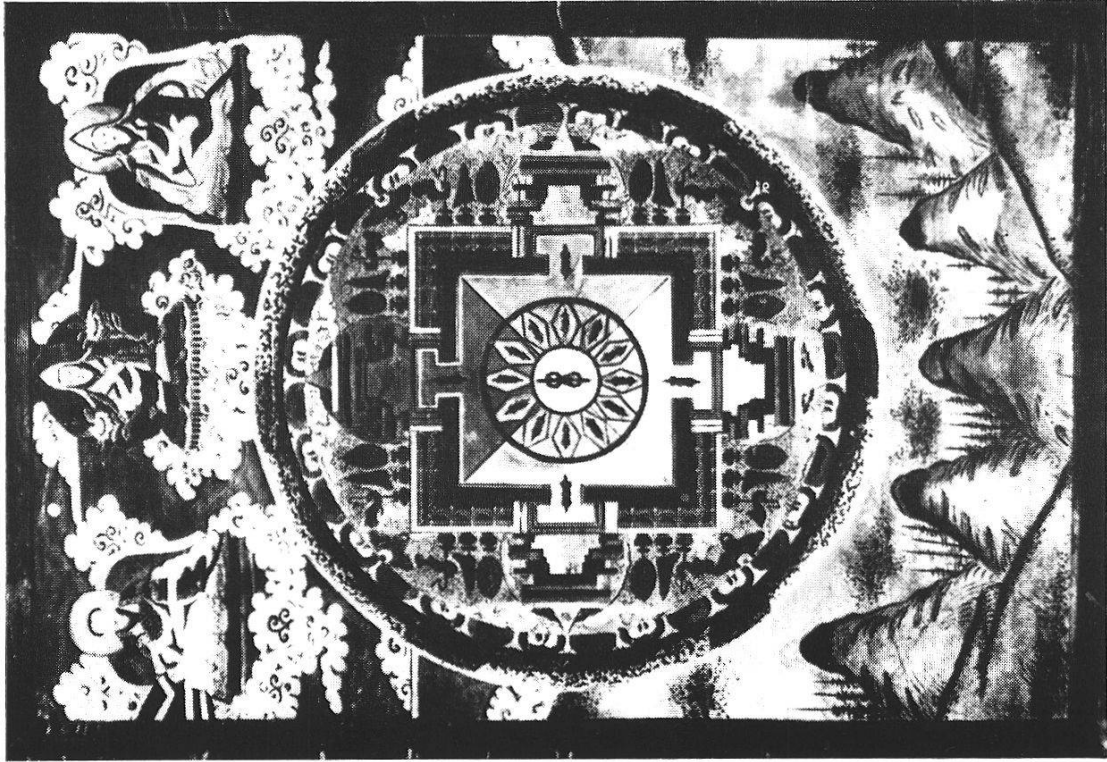


Abb. 7 Chinesisches Mandala (aus R. WILHELM und C. G. JUNG, Das Geheimnis der goldenen Blüte. Ein chinesisches Lebensbuch, 2. A. Dornverlag, Berlin, 1929).

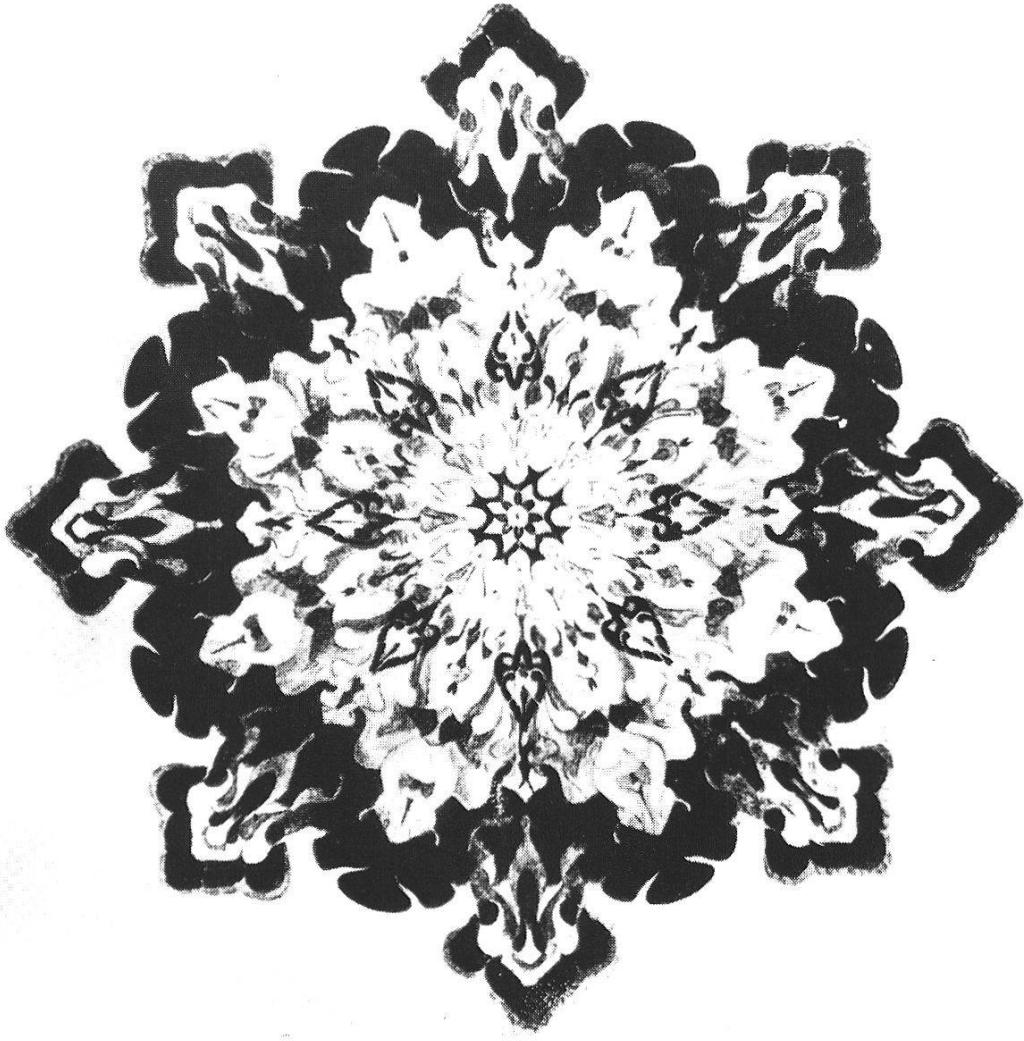


Abb. 8 Europäisches Mandala (ibid.).