

# Die räumliche Deutung der Aussenwelt

Autor(en): **Speiser, Andreas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **121 (1941)**

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90429>

## **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 räumliche Deutung der Aussenwelt

Von

Prof. Dr. ANDREAS SPEISER, Zürich

Der Raum scheint uns völlig bekannt und geläufig zu sein, ein ursprünglicher Besitz des Denkens und der Aussenwelt. Betrachtet man ihn aber genauer, so findet man vieles Rätselhafte und Unsichere an ihm. Es ist nicht selbstverständlich, dass die Gegenstände in unser Schema hineinpassen, ja es gibt grundlegende Tatsachen, welche nicht zusammenstimmen. Als Beispiel nenne ich die Tangente an den Kreis. In der Natur gehen sie aneinander vorbei, man denke etwa an einen Wagen, der auf der Strasse fährt. In der Geometrie haben sie jedoch einen Punkt gemeinsam, und gerade diese Tatsache ist grundlegend, dieser gemeinsame Punkt ist das *punctum saliens*.<sup>1</sup> So muss man sich eher wundern, dass der mathematische Raum so gut zur Natur passt.

Wenn ich vor Ihnen über den Raum sprechen darf, so möchte ich ähnlich vorgehen, wie bei der Beschreibung einer neuern Erfindung, etwa der Eisenbahn. Dort pflegt man zunächst die gute alte Zeit der Postkutschen zu schildern, kommt dann auf die Erfindung und ihre Verbreitung zu sprechen, und schliesslich gibt man eine Uebersicht über die gegenwärtigen Modelle und die Zukunftsaussichten.

So möchte ich damit beginnen, zu zeigen, wie eine raumlose Kultur aussieht. So unwahrscheinlich es klingt, so hat es doch Zeiten gegeben, wo der Raum und alles, was damit zusammenhängt, noch nicht im Bewusstsein der Menschen klar vorhanden

---

<sup>1</sup> Physikalisch hat man sich in diesem Dilemma so zu helfen, dass man sagt: Die Materie ist das, was unterhalb der Oberfläche liegt. Dann können zwei Quader, die man aneinanderstösst, wohl ihre Oberfläche gemeinsam haben, ohne dass sie sich materiell mischen.

war, Zeiten, wo man sogar eine Aussenwelt ohne Kenntnis des Raumes aufbaute. Wir können uns leicht davon überzeugen, wenn wir die Anschauungen alter Völker in den überlieferten Schriften nach dieser Seite prüfen, vor allem aber, wenn wir Reisebeschreibungen neuerer Forscher und ihre Verarbeitung durch Ethnologen in die Hand nehmen. Dadurch werden wir in die Lage versetzt, uns in die Mentalität der sogenannten Primitiven hineinzudenken und uns darüber zu wundern, wie seltsam eine raumlose Kultur aussieht. Ich möchte vier Tatsachen hervorheben und teilweise durch Beispiele beleuchten.

1. Wir konstatieren den grundlegenden Unterschied zwischen der Wirklichkeit und dem Traum oder der blossen Einbildung mit Hilfe des Raumes. Fehlt dieser Begriff, so werden Träume ebenso ernst genommen wie wache Beobachtungen, es werden scharfe Erinnerungsbilder an einen Menschen mit seiner Gegenwart verwechselt. Als Beispiel diene folgender Bericht: Ein afrikanischer Häuptling träumte von einer langen Reise, die er in die Hauptstädte Europas unternahm, nach London und Paris. Als er wieder erwachte, setzte er sich vor sein Haus, erzählte seine Erlebnisse und nahm die Glückwünsche seiner Untertanen für die wohlüberstandene Fahrt entgegen. Keiner dachte dabei an Scherz.

2. Die von uns stets vorausgesetzte kausale Beziehung von Körper und sinnlicher Empfindung ist noch unbekannt, jedenfalls wird sie nur als nebensächlich in Betracht gezogen. Ein Eingeborener, der an einer Blinddarmentzündung erkrankt ist, wird von einem europäischen Arzt operiert und gut gepflegt. Nachdem er wieder hergestellt ist, soll er in sein Dorf entlassen werden. Darauf fragt er den Arzt, was man ihm nun schenke. Als dieser ihm zu verstehen gibt, eigentlich müsste er etwas bezahlen, wird er vom Eingeborenen bedroht; in einem anderen Fall, wo ein Europäer einen Wilden vom Tod des Ertrinkens errettet, zündet der Gerettete ihm das Haus an, weil er von seinem Retter kein Geschenk erhält.

Für den Europäer ist das eine verkehrte Welt. Man erklärt sie folgendermassen: Der Eingeborene, der zum europäischen Arzt geht, begibt sich in den Schutz eines neuen mächtigen Geistes und wird dadurch des Schutzes seiner Stammesgötter verlustig. In dem Augenblick, wo er nach unseren Begriffen als geheilt entlassen wird, fühlt er sich schutzlos, alle Sicherungen

schwinden, und er wird von einer Art Panik ergriffen. Ja, wenn er mit einem Geschenk nach Hause käme, wäre er entschuldigt, denn dass man um des Gewinnes willen ein Unrecht begeht, das begreifen auch die ehrwürdigsten Ahnen, sie billigen es sogar.

Die Aussenwelt wird von den Primitiven animistisch gedeutet und durch lauter Subjekte, aktive und persönliche Mächte aufgebaut. Es ist das Schema der Zahl, das sie einzig verwenden. So gut, wie ich selber ein fühlendes und handelndes Wesen bin, so ist auch alles, was uns begegnet, ein Ich. Ein so grundlegendes Schema muss auch bei uns früh entstehen. Wir pflegen es den Kindern in der Jugend beizubringen in Form von Sprichwörtern: « Was du nicht willst, dass man dir tu, das füg auch keinem andern zu », oder « Quäle nie ein Tier zum Scherz, denn es fühlt wie du den Schmerz ». Wir muten also dem Kinde zu, dass es gleichsam den Pfeil, der von ihm aus zum Gegenstand geht, umkehrt und seinerseits an den Gegenstand heftet. Und das Kind kann das ersichtlich ohne Schwierigkeit, denn diese Fähigkeit liegt seit uralter Zeit im Menschen. Aber eine räumliche Deutung der Aussenwelt ist es noch lange nicht.

3. Für den primitiven Menschen gibt es ferner noch keinen Tod in dem Sinne von: « Es ist aus. » Denn noch steht der Verstorbene deutlich vor Augen, man riecht ihn noch in der Hütte, in der Versammlung sind seine früheren Voten noch wirksam und man reserviert ihm daher auch seinen Platz. Durch einfache Zauberei kann man ihn heraufbeschwören, nicht leiblich — das braucht's ja gar nicht, denn der heutige Spiritismus mit seinen Materialisierungsphänomenen ist etwas ganz anderes — sondern das geistige Bild steigt leibhaftig im Geiste der Anwesenden auf, und damit ist er für den raumlosen Menschen so gut wirklich wie irgendein Lebender.

4. Auch für Distanzen fehlt teilweise der Sinn. Warum soll man nicht in einer Nacht als Tiger in einem weit entfernten Dorf eine Frau auffressen, wieder zurückkommen und am andern Tag, leicht ermüdet, wieder an die Arbeit gehen? Dass dies wirklich geschieht, daran zweifelt kein Stammesgenosse. Gewiss sind solche Ansichten irgendwie rational entstanden, aber es ist eine uns fremde Logik, aus der sie stammen. Sogenannte rationale Erklärungen alter Sitten und Gebräuche gehen meist fehl, weil sie von modernen Anschauungen diktiert sind, die damals noch unver-

ständig gewesen wären. Man hat schon darauf hingewiesen, dass die Aussetzung von Kindern bei den Griechen kaum aus rassehygienischen Ueberlegungen erfolgte, sondern vielleicht, weil das sonst gesunde Kind in einer falschen Stellung zur Welt kam und darum als sogenannter jettatore, Unglückbringer, im späteren Leben die Umgebung geschädigt hätte.

Alles wird von allem bezaubert, dies ist das Prinzip des raumlosen, rein zahlenmässigen Denkens. Man schadet durch den bösen Blick und muss daher stetsfort davor auf der Hut sein. Andererseits schafft ein guter Blick Gemeinschaft, und man macht sich auch mit ihm leicht unbeliebt. So soll man die Herde des andern nicht rühmen, eher leicht tadeln. Man erzählte vor einigen Jahrzehnten von einem sehr hochgestellten Europäer, der in den nahen Orient kam. Sooft er ein schönes Araberpferd sah, rühmte er es arglos, aus Höflichkeit; sogleich musste ihm der Besitzer das Tier schenken, und er war nicht davon abzubringen, wenn er auch innerlich mit den Zähnen knirschte. Denn das Lob genügte schon, um den Besitzwechsel herbeizuführen.

Wie ganz anders sieht die Aussenwelt nach dem Raumschema aus ! Ruhig steht ein Stuhl bei einem Tisch, keiner tut dem andern etwas. Denn sie sind ja blosse Objekte, sie haben kein Ich, keine aktiven Kräfte. Friedlicher als die Kühe im Stall führen die Dinge ihr Dasein, und man kann nicht einmal sagen, sie seien geduldig, denn sie haben keine Empfindung, sie sind blosse Sachen, also eigentlich Abstrakta.

Die Entdeckung des Raumes verdanken wir unbestreitbar den Griechen, und er heisst darum mit Recht : Euklidisch. Er gehört zu den Begriffen, mit denen wir uns heute unsere Umgebung zurechtlegen, zu unserer Bequemlichkeit und zum Gebrauch. Denn allem, was wir unternehmen, legen wir unbewusst übersichtliche Muster vor, Antizipationen, die uns als Sicherungen für die Zukunft dienen. Wir möchten womöglich nie in eine unvorhergesehene Lage kommen, wo uns leicht ein Gefühl von Kopfweg lähmen könnte. Darum werfen wir unsere Netze aus und rauben der Aussenwelt die Gewalt, die sie auf uns ausüben könnte. Diese Zahlen und Maße machen uns die Dinge dienstbar. Um bequem zu gehen, legen wir über die holprige Erdoberfläche ebene Wege, und wir sind darin schon so weit gekommen, dass es uns schwer ist, in eine unwegsame Gegend zu gelangen. Die Zeit fesseln wir

durch die Uhr, indem wir sie in eine Skala bringen. Die Waren bewerten wir durch Zahlen, die man Geld nennt. Und wenn die Versorgung mit Lebensmitteln knapp wird, so helfen wir uns mit der Rationierung, d. h. wir arithmetisieren den Verbrauch und gewinnen dadurch die Sicherheit wieder zurück. Wir vermehren damit zwar nicht die Menge des Vorhandenen, aber wir können den Konsum regeln und vermindern im Einzelnen das empörende Gefühl, es gehe ihm schlechter als den andern.

Der Raum ist das schönste Gebilde, das die Mathematik bisher entdeckt hat, der vollkommenste Kristall. Während in der Kugel ein Punkt ausgezeichnet ist, nämlich der Mittelpunkt, ist im unendlichen Raum jeder Punkt mit jedem andern gleichwertig, jeder ist Mittelpunkt, jede Ebene ist Spiegelebene, jede Gerade ist Rotationsachse. Seine Entdeckung fällt in das sechste vorchristliche Jahrhundert. Wie es zu gehen pflegt, wurde seine Bedeutung zunächst überschätzt. Demokrit, später Epikur, zogen die entscheidenden Folgerungen und schufen den sogenannten Materialismus, d. h. die Lehre, dass nur das Räumliche Existenz hat, alles andere eine Täuschung ist. Vor allem entdeckte man den Tod, auf Grund der Lehre von den Atomen. Epikur sagt : « Der Tod, dieses Wort, vor dem die Menge erzittert, ficht uns nicht an; denn solange wir sind, ist er nicht, und wenn er ist, so sind wir nicht mehr. » « Jemand hat gesagt, das beste sei, nicht geboren zu werden, und das zweitbeste, in früher Jugend zu sterben. Wenn dieser sogenannte Weise an seine Maxime glaubte — warum verliess er dann nicht das Leben ? denn das kann man, wenn man will. Meinte er es aber im Scherz, so war er ein Narr; denn über ernste Dinge macht man keine Witze. »

Damit war die Macht der Umwelt über uns in ihrer Grundlage erschüttert. Als die Griechen und später die Römer dies inne wurden, kam eine grosse Ruhe über sie. Lukrez sagt in seinem Epos über die Natur der Dinge : « Wie die alten Heroen die Drachen und Ungeheuer getötet haben, so hat Epikur, grösser als ein Gott, die Menschheit von den Schrecken der Religionen befreit. » Die ganze Geisterwelt versank für die Anhänger des neuen Raumes in die Unterwelt; wer an diese Gespenster noch glaubte, wurde verlacht. Die fabelhaften Fahrten des Odysseus und die uralten phantastischen Reiseberichte von der Art, wie sie uns in Tausendundeiner Nacht von Seif el Mulûk oder von Hassan erzählt wer-

den, die vordem als reine Wahrheit galten, wurden nun zu blossen Märchen.

Der endgültige Sieg des Raumes setzte freilich erst in der neueren Zeit ein. Denn an Kritik des Materialismus fehlte es nicht. Schon im fünften Jahrhundert vor Christus sagte Parmenides: « Die materielle Welt ist nicht, sondern alles in ihr wird bloss, es entsteht und vergeht. Nur das Seiende ist. » Auch Aristoteles erklärte sich gegen den unendlichen Raum, und im Mittelalter befinden wir uns immer noch in einer Welt voller Hexen und Teufel. Dasjenige Volk, das zum erstenmal wieder Euklid studierte und damit die Aussenwelt gestaltete, war das Volk von Italien, vor allem von Florenz. Der Weg dazu führte über die Beobachtung der Sterne und die sphärische Trigonometrie. Dante konstruierte mit diesen Hilfsmitteln das ganze Weltall, mit blossen Winkeln, ohne Strecken, und dies gibt seinem Werk für uns den phantastisch-wirklichen Doppelanblick, der uns mächtig ergreift — soweit wir fähig sind, seinen geometrischen Angaben zu folgen. Aber in diesem Stadium konnte nicht haltgemacht werden, man musste den letzten Schritt zum dreidimensionalen Raum tun, und dies gab der sogenannten Renaissance den Auftrieb. Die Welt, die man jetzt entdeckte, erfasste die Gelehrten und die Künstler gleichzeitig. Man erkannte die Schönheit des menschlichen Körpers und begann mit den anatomischen Studien. Bezeichnend ist, was der Maler Paolo Uccello sagte: « Ich freue mich jeden Abend auf das Erwachen am andern Morgen, weil ich die göttliche Perspektive studieren darf. »

Die gewaltige Probe auf die neue Lehre machte der Italiener Columbus. Leider musste er die Frucht seiner Kühnheit einem Volke überlassen, das auf niedrigerer Kulturstufe stehen blieb und späterhin auch in Italien den Geist der neueren Zeit unterdrückte, dies gerade in dem Augenblick, wo die grössten Entdeckungen fällig waren und Galilei eben die Schwelle zum Weltall betreten hatte.

Was die Italiener gesät hatten, konnten sie nicht ernten. Dies blieb Engländern und Schweizern, vor allem Baslern vorbehalten. Im vollen Bewusstsein der Verantwortung gingen diese theologisch durchgebildeten Gelehrten ans Werk. Auf was für innere und äussere Schwierigkeiten sie dabei stiessen, möge folgendes Beispiel

illustrieren. Es handelt sich um das sicherste Merkmal für die Verbreitung des Raumsinnes, gleichsam um das Leitfossil für das moderne Denken, um die Landkarte. Gerade ihre Einführung begegnete heftigem Widerstand. Mit Erstaunen liest man bei Eduard Fueter, dass sich Thomas Schopf im Kommentar zu seiner Karte der Berner Landschaft 1576 gegen den Vorwurf der Religionsfeindlichkeit verteidigen muss. Die Theologen sagten, Gott liebe es, seine Wunder im stillen zu tun. Messe man nun die Kontinente, so werde die Weisheit, die Gott ununterbrochen ihrer Bildung angedeihen lasse, offenkundig. Es ist also die Angst vor dem Zorne Gottes, welche die Wissenschaft hinderte. Nun darf man nicht vergessen, dass in jenen Zeiten grosse Seuchen in den Städten wütheten. Um deren Ursachen zu ergründen, forschte man in der Bibel und fand denn bald, dass Jahve dem Volk Israel eine Pest sandte, weil David sein Volk gezählt hatte. Dies war ein Akt der Selbstherrlichkeit gegenüber Gott, und der Schluss lag nahe, dass auch das Ausmessen des eigenen Herrschaftsgebietes das Missfallen Gottes erregen könnte. Der Geograph lief Gefahr, für das Auftreten einer Seuche zur Verantwortung gezogen zu werden. Hier greift man mit Händen, wie gefährlich einstweilen noch die Handhabung der Wissenschaft war; die Gegenstände der Forschung waren als heilig erklärt und dem menschlichen Zugriff entzogen worden. Gerade die uns heute als fromm erscheinende Begeisterung eines Kopernikus, eines Kepler darüber, dass sie endlich die Wunder Gottes, die 6000 Jahre lang verborgen waren, der Welt zeigen konnten, gerade diese Begeisterung schien ein Frevel. Freilich kam zu den religiösen Bedenken noch eine dem Menschen natürliche Trägheit hinzu, die sich dagegen wehrte, das gewohnte Denken von Grund aus umzuformen, und sich dazu der kräftigsten Abwehrmittel bediente; diese waren zu allen Zeiten die religiösen Verdächtigungen.

Nachdem durch das Newtonsche Gravitationsgesetz der unendliche Kristall des Euklidischen Raumes als der Behälter der Aussenwelt erkannt war, wurden die grundlegenden Naturgesetze zu einer mathematischen Angelegenheit. Man konnte die wichtigsten logisch ableiten und brauchte nur noch das eine Axiom: es gibt ein Gesetz, nach dem der Vorgang abläuft. Aber dieses Axiom wird kaum je ausgesprochen, wir setzen es bei jeder Wissenschaft als selbstverständlich voraus. Nehmen wir das Trägheitsgesetz:



ein Massenpunkt, auf den keine Kräfte wirken, bewegt sich auf einer Geraden. Voraussetzung ist hier, dass die Symmetrien des Raumes voll bestehen, denn das meint man, wenn man sagt, es wirken keine Kräfte. Nehmen wir an, statt von der Geraden, welche die vorgeschriebene Richtung hat, sei die Bahn von irgend-einer andern Kurve gebildet, welche die Gerade am Anfang berührt, so könnten wir diese Bahnkurve um die Gerade drehen und erhielten neue gleichwertige Bahnen, die sich gegenüber dem Raume nicht unterscheiden lassen. In der Ebene könnten wir die Bahn an der Geraden spiegeln und erhielten zwei gleichberechtigte Bahnkurven. Dies widerspricht dem Axiom, das ein eindeutiges Gesetz verlangt.

Im Euklidischen Raum kannte man längst schöne Kurven, die Kreise, Ellipsen, Hyperbeln und Parabeln, mit denen man rechnen lernte. Alle diese Figuren werden nun für die Physik wichtig, und bald gewinnt man die Überzeugung, dass Dinge, die mathematisch schön sind, sicher auch in der Natur sich vorfinden. Sie wird immer wieder bestätigt, am erstaunlichsten in der Kristallographie. Dort kann man a priori mit Hilfe des Gesetzes der gleichen Umgebung etwa 200 mögliche Anordnungen finden. Gerade die schönsten und gehaltvollsten finden sich in der Natur verwirklicht. Sie geben Aufschluss über die Struktur der Materie und bestätigen sich auch numerisch in überraschender Weise.

Man ist aber hier nicht stehengeblieben. Wir haben den Raum selber als einen Kristall bezeichnet; nun gestattet aber die Gruppentheorie, die Symmetrien unabhängig zu studieren, und man ist dazu gelangt, andersartige, nicht-Euklidische Räume aufzustellen. Die allgemeinsten fand Bernhard Riemann, und mit ihnen näherte man sich wieder den Raumanschauungen von Plato und Leibniz. Eine Fortführung dieser Gedanken ergab die sogenannte Relativitätstheorie. Ihr Name ist irreführend: nicht dass das, was wir sehen, relativ ist, kann uns wundern; das wissen wir schon lange. Dass dem, was wir sehen, etwas Absolutes und Invariantes zugrunde liegt, ist das Wesentliche. Durch diese Forderung wird mathematisch aus unendlich vielen möglichen Gleichungen eine kleine Anzahl ausgewählt, die sich dann auch experimentell bewährt. Wenn heute die Einsteinsche Lehre von vielen verworfen wird, so möchten wir Mathematiker jedenfalls unsern Anteil daran nicht preisgeben. Dieser ist gesund und stellt eine der grössten

Entdeckungen des neunzehnten Jahrhunderts dar, an der deutsche Mathematiker grossen Anteil haben. Das übrige mögen die Physiker verantworten.

Unser Auge ist der grossen Umwälzung in der Deutung der Aussenwelt nicht rasch nachgekommen. Wir wissen aus Plato, dass die perspektivische Darstellung der Gegenstände den Leuten zunächst grosse Schwierigkeiten bot. Sie mussten sich genau in den Augenpunkt stellen, sonst sahen sie lauter Unsinn. Heute haben wir uns von frühester Jugend dermassen an den Anblick gewöhnt, dass wir in jeder Entfernung ein perspektivisches Bild plastisch deuten, obschon es mit dem Anblick eines wirklichen Gegenstandes wenig mehr zu tun hat. Schon das beweist, dass sich zwischen das Bild, das auf die Netzhaut geworfen wird, und unsere Deutung desselben eine Apparatur einschleibt, die Gewaltiges leistet und von unbeschreiblicher Feinheit ist. Neben dem perspektivischen besitzen wir auch ein unperspektivisches Sehinstrument, das man leicht feststellen kann. Es gibt Gemälde, welche eine Strasse darstellen, die mitten im Raume völlig symmetrisch nach hinten führt. Ich denke etwa an Böcklins Gartenlaube in Zürich. Stellt man sich schräg davor, so läuft der Weg schief, und es ist uns schlechterdings unmöglich, den Anblick zu korrigieren. Wir müssen uns schon von der Stelle bewegen und mitten vor das Bild stehen, um den wahren Sachverhalt zu erfahren. Sehen wir uns dagegen ein Schweizerkreuz von der Seite an, so wird es uns nicht einfallen, seine Symmetrie zu bezweifeln, und dasselbe gilt von vielen ebenen Ornamenten, wenn auch nicht von allen, wie schon antike Mosaike beweisen. Das sind zwei Mechanismen, die mit grosser Präzision arbeiten. Was wir von der Aussenwelt mit den Sinnen wahrnehmen, ist ein Abstraktum. Das wissen die Maler am besten. Sehr schön berichtet uns darüber Hans Stocker aus seinen Erinnerungen an den jung verstorbenen Franz Marent. Es heisst dort :<sup>1</sup> « Nur das, was uns durch das Denken klar wird, haben wir gesehen. » « Die Form lässt sich nur auf eine unglaublich reduzierte Art wiedergeben. » Wir möchten hinzusetzen « und sehen ». Gerade durch das plastische Sehen, das uns die Maler der Renaissance geschenkt haben, ist eine neue Schönheit der Aussenwelt hervorgetreten.

---

<sup>1</sup> Beiträge zur zeitgenössischen Kunst, 2. Folge, Nr. 6. Herausgegeben vom Basler Kunstverein.

Dass wir es sind, welche die Aussenwelt formen, geht auch aus merkwürdigen Versuchen von Erismann hervor. Er gab einer Versuchsperson eine Brille, welche die geraden Linien als Kreisbogen auf die Netzhaut warf. In den ersten Tagen stellten sich, wie jeder Brillenträger weiss, Symptome der Seekrankheit ein. Nach einiger Zeit verloren sie sich, und man sah die Geraden wieder als Gerade. Als nach vierzehn Tagen die Brille wieder abgenommen wurde, stellte sich keine plötzliche Umkehr ein, sondern jetzt sahen die Geraden wie andersgewendete Kreise aus, die Seekrankheit trat wieder ein, und es dauerte eher etwas länger als zuvor, bis alles in Ordnung war. Die Gestalt einer Linie auf der Netzhaut ist also nicht die Urform, von der wir die Aussenwelt gleichsam photographieren. Der Vorgang ist nicht so einfach, er hängt von unserem Willen und von unserer Übung ab; wir werfen unsere Netze über die Aussenwelt und fangen damit das, was die Maschen halten können. Der Rest geht unserem Zugriff verloren.

Ich habe versucht, Ihnen zu zeigen, was alles dazu gehört, um ein so vollkommenes Gebilde, wie es der Euklidische Raum ist, fruchtbar zu machen. Erst muss es entdeckt werden, und dies ist zweifellos der schwierigste Teil; in Platos Dialogen spürt man noch den Nachklang dieser Anstrengungen. Hierauf werden die weltanschaulichen Folgerungen gezogen; der Widerstand, der ihnen entgegengebracht wird, muss überwunden werden. Alsdann muss sich das menschliche Gehirn darauf einrichten und die nötigen Mechanismen schaffen. Schliesslich sind wir so weit, dass der Raum als eine Selbstverständlichkeit erscheint, die zur ursprünglichen Natur gehört und keiner Korrektur mehr bedarf. Dies ist das Endstadium; den Forscher interessiert aber vorzüglich das Anfangsstadium, und ich möchte mir daher erlauben, Sie in ein Gebiet zu führen, wo wir noch nicht so weit sind; ich meine die Lehre von den Farben. Auch hier suchen wir zunächst nach einer Metrik; eine solche wird uns scheinbar durch den Regenbogen geliefert; leider umfasst er aber nur einen kleinen Ausschnitt, und selbst in der viel schärferen Form des künstlich hervorgebrachten Spektrums genügt er nicht den Anforderungen einer Distanzmessung. Die Schwingungszahlen der Physik liefern eine Maßbestimmung, welche mit derjenigen des Auges nicht übereinstimmt, denn die Spektralfarben bilden einen geschlossenen Kreis, während die Schwingungen ein offenes Intervall bilden.

Versuche zur Farbenmessung sind vielfach angestellt worden. Vor allem hat Ostwald auf Grund physiologischer Befunde und direkter Experimente eine zweidimensionale Darstellung gegeben, die sich bewährt hat. Eine andere Methode dachte Schrödinger aus; sie ist besonders mathematisch interessant, weil dabei die allgemeinen Formeln der Riemannschen Metrik zur Geltung kommen.

Ich möchte Ihnen nun zeigen, wie man mit Hilfe der heutigen mathematischen Begriffe aus den Symmetrieeigenschaften einen Raum aufbauen kann. Dadurch wird es möglich sein, einen gewissen Einblick in unsere derzeitige mathematische Denkweise zu gewinnen. Unsere Aufgabe ist ja nicht die, möglichst komplizierte Begriffsgebäude aufzustellen, sondern vielmehr einfache, aber kräftige Anschauungen zu entdecken. Freilich muss ich gleich von vorneherein bemerken, dass die zugehörigen Versuche noch nicht angestellt worden sind. Nun weiss jeder, der sich von der mathematischen Seite her mit der Physik befasst hat, dass die Prüfung durch Experimente eine sehr schwierige Sache ist; stets treten unvorhergesehene Ereignisse ein, und die Unsumme von Ausdauer und Erfindungsgeist, die zu ihrer Überwindung nötig ist, kann man nicht im Nebenamt aufbringen. Die Mathematik kann wohl, um mit Leibniz zu reden, das Licht anstecken, aber die eigentliche Forschungsreise muss sie Fachleuten überlassen, welche solcher Arbeit ihr Leben widmen.

Die grosse Schwierigkeit, welche sich einer Metrik der Farben entgegenstellt, beruht auf dem Fehlen eines beweglichen Maßstabes. Im gewöhnlichen Raum bildet jeder starre Körper ein Messinstrument; aber wo haben wir in der Farbenwelt etwas Derartiges? Wie können wir sagen: dieses Grün ist von diesem Blau gleich weit entfernt, wie dieses Orange von diesem Rot? Und doch ist es möglich, eine Strecke in der Farbenwelt sogar parallel zu sich selbst zu verschieben, indem man nur die Gleichheit von Farben beobachtet und ferner voraussetzt, dass man für benachbarte Farben die Gleichheit der Intensität feststellen kann.

Unser Auge ist nicht fähig, eine Farbe in ihre Bestandteile zu zerlegen. Projizieren wir an dieselbe Stelle gleichzeitig Blau und Grün, so erhalten wir eine Zwischenfarbe. Das Ohr dagegen hört, wenn wir den Ton *C* mit dem Ton *E* mischen, einen Zwei-

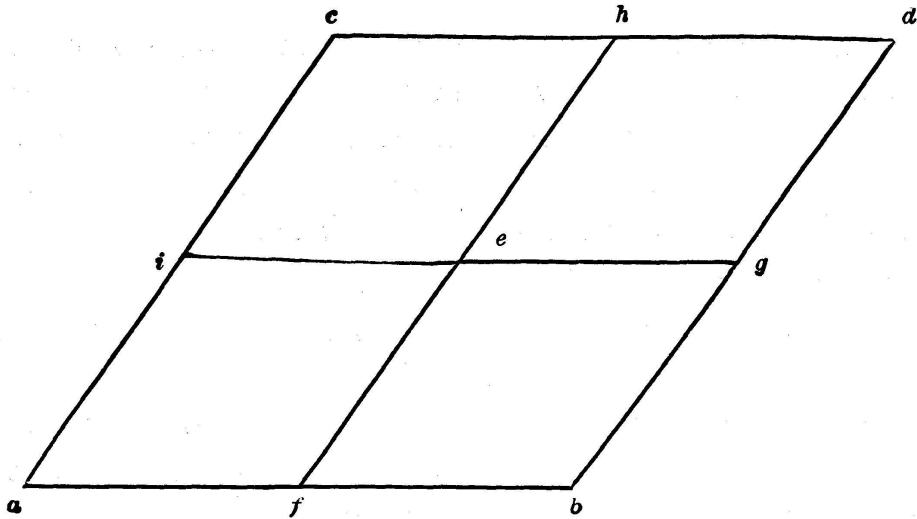
klang, nämlich die Terz  $CE$ , und nicht etwa den Zwischenton  $D$ . Dieser Mangel des Auges wird mehr als ausgeglichen durch die Fähigkeit, eine ganze zweidimensionale, mannigfach gefärbte Fläche gleichzeitig zu überblicken. Derselbe Mangel gestattet uns aber merkwürdigerweise, eine Metrik einzuführen.

Wir denken uns die beiden Farben Blau und Grün, die ich lieber mit  $a$  und  $c$  bezeichne, in gleicher Intensität gemischt. Es ist alsdann naheliegend, das entstehende Blaugrün, die Farbe  $b$ , als den Mittelpunkt der Strecke  $a-c$  zu deuten. Wir können sagen,  $c$  entsteht aus  $a$  durch Spiegelung an  $b$ . Wir haben damit die Strecke von  $a$  nach  $b$  um sich selbst verlängert. Nun werden wir dieses Verfahren fortsetzen und versuchen,  $b$  an  $c$  zu spiegeln, d. h. diejenige Farbe  $d$  zu suchen, welche mit  $b$  gemischt  $c$  erzeugt. Man erhält auf diese Weise eine gerade Punktreihe, welche aus gleichlangen Strecken  $ab$ ,  $bc$ ,  $cd$ ,  $de$  usw. gebildet wird. Beim Versuch müsste man die Farben sehr nahe aneinander wählen,



wie die Chemie dies heute gestattet. Sehr bald wird man ans Ende kommen, eine Fortsetzung wird nicht mehr möglich sein. Bilden diese Punkte eine Euklidische Gerade? Das kann man prüfen! Wir projizieren die Farbe  $a$  sehr stark,  $e$  dagegen sehr schwach und erhalten zunächst eine Mischung, die nahe bei  $a$  liegt. Nun schwächen wir  $a$  ab, verstärken dagegen  $e$ . Die Mischfarbe wird von  $a$  nach  $e$  wandern, und unterwegs müssten die Farben  $b$ ,  $c$ ,  $d$  erscheinen. Wenn dies der Fall ist, so ist die Gerade Euklidisch. Dieser Versuch setzt keine Aussage über gleiche Intensität voraus. Auf diese Weise kann man sich, ausgehend von irgendeinem Farbenpaar, geradeswegs an den Rand des Farbenraumes tasten.

Nun weiss man aber schon lange, dass die Farben eine mindestens zweidimensionale Mannigfaltigkeit bilden. Dies führt zu folgendem Verfahren, um zu entscheiden, ob sie Euklidisch ist oder ob man andere Geometrien verwenden muss. Man beginnt mit drei Farben  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , welche nicht auf derselben Geraden liegen. Nun suche man eine vierte Farbe  $d$ , welche mit  $a$  gemischt dieselbe Farbe ergibt, wie die Mischung von  $b$  und  $c$ , sie heisse  $e$ . Hierauf mische man  $a$  mit  $b$ ,  $b$  mit  $d$ ,  $d$  mit  $c$  und  $c$  mit  $a$  und erhalte die Farben  $f$ ,  $g$ ,  $h$  und  $i$ .



Diese neun Farben würden genügen, um die Natur der Ebene festzustellen. Im Euklidischen Fall müssten nämlich zwei Kontrollen stimmen :

Die Mischung von  $f$  und  $h$  müsste  $e$  ergeben.

Die Mischung von  $g$  und  $i$  müsste ebenfalls  $e$  ergeben.

Ist die Intensität der Farben nicht festgestellt, so ist damit wenigstens bewiesen, dass für die Farben die Schwerpunktsrechnung gilt. Falls man aber durch irgendein Mittel die gleiche Intensität der vier Ausgangsfarben konstatiert hat, so ist es darüber hinaus noch gelungen, die Ausgangsstrecke  $a-f$  parallel zu sich selbst zu verschieben und an die Punkte  $f, i, e, c, h$  anzuhängen. Dasselbe gälte von der Strecke  $a-i$ .

Wenn die metrische Grundlage geschaffen ist, so könnte man an die überaus fesselnden Probleme, die man durch die Beziehungen von Farbe zu Farbe erhält und die das Analogon zur Perspektive bilden, herantreten. Trotzdem die Maler sie von jeher studiert haben, ist darüber in der Wissenschaft noch wenig bekannt. Liest man etwa Floerkes Erinnerungen an Böcklin, so erfährt man, wie intensiv und bewusst der Maler die Farben aufgetragen hat; aber wenn man nach den Gesetzen selber fragt, die Böcklin bei seinen Vorgängern gefunden oder selber neu entdeckt hat, so geht man leer aus. Um Geheimnistuerei handelt es sich dabei nicht; es fehlt offenbar noch das Organ für die Mitteilung. Doch handelt es sich dabei um Vorgänge äusserster Präzision. Wird im verdunkelten Raum eine rötliche Farbe projiziert — Paul Scherrer führte dieses Experiment kürzlich glänzend vor — und umgibt man sie hierauf mit einem weissen Rahmen, so wandelt sie sich in ein starkes Braun. Wird der Rahmen wieder ausgelöscht, so erscheint die alte

Farbe wieder ebenso unmittelbar. Es kann sich dabei nicht um eine Ermüdungserscheinung handeln, denn dann wäre die Reaktion des Auges nicht so präzise; vielmehr steckt eine noch verborgene Gesetzmässigkeit dahinter, die so genau ist wie die Perspektive. Die Formulierung Goethes trifft sicher das Richtige: Wenn man dem Auge rot bietet, so fordert es grün. Der Mensch, dessen Lebenspulse frisch lebendig schlagen, sagt nach Goethes Meinung zum Augenblicke nicht: Verweile doch!

Durch die räumliche Deutung der Aussenwelt ist der Wissenschaft ein unermessliches Feld gewonnen, dessen Grenzen noch nicht abgesteckt sind. Aber wir dürfen nicht vergessen, dass sie nur einen Teil unserer Anschauung erfasst, dass sie eine Abstraktion darstellt. Nicht alles ist räumlich; das Ich, das Leben sind unteilbare Dinge, Individuen, während alles Räumliche unbeschränkt teilbar ist. Bei der Erklärung von Lebensvorgängen erheben sich unübersteigbare Hindernisse, die schon in der Raumvorstellung selber gegründet sind: Alles Räumliche ist als solches blosser Gegenstand, blosses Objekt, niemals ein Subjekt. Wenn in den biologischen Wissenschaften eine Untersuchung ans Ziel gelangt, so zeigt sie das Ganze oft als einen mechanischen Prozess, der Erfolg hebt sich dann selber auf. Das Individuum kann räumlich erscheinen, nämlich als Form oder Gestalt, die ja ein unteilbares Ganzes ist. Die Bemühungen der Biologen sind mit Recht auch der Morphologie zugewandt, der Raum als vollkommener Kristall ist gleichzeitig der beste Träger für Formen.

Aber der Mensch und die Tiere sind nun einmal Spezialisten, die sich auf gewisse Dinge unglaublich gut verstehen, den Rest gar nicht sehen. Der Polynesischer Seefahrer erkennt durch einen Blick auf die Meeresfläche die Nachbarschaft einer Insel, bevor er sie sieht. Das Männchen des Schmetterlings Totenkopf wittert das Weibchen auf eine Entfernung von Kilometern, ungetrübt von weiterer Sachkenntnis. Aufgabe der Wissenschaft ist es, uns vom Spezialistentum, in dem der Mensch von Kindheit an lebt, zu befreien und uns ein umfassenderes Verständnis der Dinge zu geben. Der Naturforscher, sei er nun Botaniker, Zoologe oder Petrograph, lebt der Natur viel näher als der primitivste Eingeborene.

Der Weg der Wissenschaft führt von der Abstraktion des Praktikers zur Konkretion des Theoretikers; er steht jedermann offen, ans Ende wird man nie gelangen.