HERBERT W. FRANKE

Kunst und Konstruktion

Physik und Mathematik

als fotografisches Experiment

Herbert W. Franke **Kunst und Konstruktion**

Herbert W. Franke

KUNST UND KONSTRUKTION

Physik und Mathematik als fotografisches Experiment

Mit 3 Farbtafeln und 64 Abbildungen

Verlag F. Bruckmann München

Satz, Druck und Klischees der Abbildungen: F. Bruckmann KG, München
Verlagsnummer 1312. Printed in Germany.

Inhalt

Das Experiment

Was ich vorhabe, ist ein Experiment. Im Mittelpunkt seines Feldes liegt der Bereich, den man als den ureigensten der bildenden Kunst ansieht, jener der flächenhaft gestalteten Form. Wir werden aber auch nicht davor zurückscheuen, uns auf Nachbargebiete zu wagen, und dabei – soweit das aufschlußreich erscheint – das Gebiet der Plastik, der Musik und der Literatur durchstreifen.
Es besteht besonders ein Anlaß, der mich zu meinem Versuch treibt. Er liegt im Wesen der Technik begründet – der Technik als systematische Nutzanwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Wir begegnen heute so vielem Unverständnis und Mißtrauen dem Technischen gegenüber, daß es nicht verwunderlich ist, wenn auch sein Verhältnis zur Kunst falsch eingeschätzt wird. Man pflegt die Technik als kunstfeindliches Element abzutun. Daß sie das nicht ist, ja daß sie uns sogar ungeahntes künstlerisches Neuland erschließt, will ich zu beweisen versuchen.
Anzeichen für diese Vermutung gibt es genug. Ein wunderbares Erlebnis war es jedoch für mich, als ich auch auf Arbeiten stieß, die genau das waren, was ich erst von der ferneren Zukunft erwartet hatte: Bildnerische Werke, von der Technik inspiriert, mit technischen Mitteln fertiggebracht, unzweifelhafte Beweise einer künstlerischen Substanz des Technischen. Und weiter: Als ich daraufhin selbst begann, neue Mittel zu erproben, und die ersten Ergebnisse vor Augen hatte – erste tastende Schritte in eine neue Richtung. Aber in eine Richtung, in die ein Weg führt.
Ich begann, das Material zu sammeln – es sind die Unterlagen, die ich Ihnen im

Laufe unseres Gesprächs vorlegen werde, unseres Experiments, wie ich es genannt habe. Denn das Schöne ist nichts Absolutes – es ist nichts ohne eine Instanz, die es wertet. Diese Instanz sollen Sie sein.
Vor noch nicht allzulanger Zeit glaubte ich, daß es damit sein Bewenden hätte. Es hat mich selbst am meisten überrascht, daß mich diese Überlegungen, die ich ja schon Dutzende Male für mich allein führte, jedesmal noch einen Schritt weiter wiesen, und zwar auf ein Gebiet, auf dem der Unterschied zwischen schöpferischem Akt und mathematischem Kalkül zu verfließen scheint. Es ist das Gebiet des analytischen Denkens in seiner letzten Konsequenz, dieser Art des Denkens, die uns zur Quantenstatistik und zur elektronischen Rechenmaschine geführt hat. Zu meinem Erstaunen, ja zu meinem Erschrecken, münden auch alle künstlerischen Probleme letzten Endes in dieser Denkmethode – nicht nur bei der bildenden Kunst, auch bei der neuen, entmaterialisierten »seriellen« Musik und bei der Literatur. Die Aspekte, die sich hier ergeben, sind aber so ungewöhnlich, daß ich auch jenen Teil, in dem ich Ihnen den angedeuteten Tatbestand auseinandersetzen werde, als Experiment aufgefaßt wissen möchte, dessen Folgerungen Ihrer Bestätigung bedürfen.

Die Fotografie

Bevor ich auf die eigentlichen alarmierenden Anzeichen neuer grafischer Ausdrucksmittel komme, muß ich auf eine ihrer Voraussetzungen eingehen – auf die Fotografie. Wie gründlich die Stellung der Fotografie in unserem heutigen Kulturleben mißverstanden wird, zeigt die endlose Debatte darüber, ob sie Kunst ist oder nicht. Bevor wir zwischen die Streithähne treten und uns dadurch den Unwillen beider Parteien zuziehen, wollen wir einmal überlegen: Was kann die Fotografie?
Genaugenommen sind es zwei Erfindungen, die erst zusammen das ermöglichen, was wir als Fotografieren zu bezeichnen pflegen: erstens die lichtempfindliche Schicht, zweitens die Kamera. Die chemischen Vorgänge der Fotografie, die sich auf der Fotoschicht abspielen, interessieren uns hier nicht. Wesentlich ist, daß sich beim Entwicklungsprozeß alle jene Stellen, die vorher von Licht getroffen

wurden, anders verhalten als die, die unbeleuchtet blieben. Es handelt sich also sozusagen um ein Zeichenpapier, das nicht auf den Bleistift, sondern auf Licht anspricht. Was Lichtstrahlen darauf zeichnen, kann im weiteren Verlauf der chemischen Behandlung zu einem bleibenden Bild konserviert werden.
Die zweite Erfindung, die das Fotografieren ermöglicht, die Kamera, oder, genauer gesagt, das abbildende Linsensystem, erlaubt es, dreidimensionale Formkomplexe auf eine Fläche zu projizieren.
Die nächstliegende Möglichkeit, aber eben doch nur eine unter vielen, ist die, die man heute gewöhnlich unter Fotografie schlechthin versteht: Das Bild, das man auf die Fotoschicht wirft, um es zu einer bleibenden Erscheinung zu fixieren, ist ein Abbild irgendeines Motivs aus unserer Umwelt; man erzeugt es mit Hilfe der Kamera. Es darf niemanden wundern, daß man unter dem Eindruck dieser faszinierenden Möglichkeit, einen jahrhundertealten Traum zu verwirklichen, die anderen Fähigkeiten der fotografischen Technik zunächst außer acht ließ. Endlich ist es gelungen, eine wirklichkeitsgetreue Wiedergabe der Umwelt zu erreichen! Und wenn einige angesichts des Schwarzweißfotos noch davon gesprochen haben, daß die Wiedergabe eben doch nur unter Inkaufnahme von Abstraktionen – der Umsetzung in Grautöne, der Verkleinerung des Kontrastumfangs usw. – erfolgt, so mußten sie sich inzwischen doch eines besseren belehren lassen – und sei es durch ein stereoskopisch projiziertes Farbdia.
Eins ist also klar: Das die längste Zeit von der Kunst für sich in Anspruch genommene Vermögen, wirklichkeitsnah abzubilden, besitzt der Fotograf in höherem Maße als der größte Künstler. Jeder Opapa, der seine Enkel knipst, beweist es. Das mag eine Enttäuschung für manchen orthodoxen Kunstliebhaber sein, es gibt uns aber auch einen wichtigen Hinweis (ich darf ihn aussprechen, obwohl er längst Gemeingut ist): daß reine Abbildnerei kein Akt schöpferischer Kunst ist – nicht beim Fotografen, aber auch nicht beim Maler, wenn bei ihm auch ein anderes Aufnahme- und Schreibsystem in Funktion tritt, das System Auge–Gehirn–Hand. Das einzige, was man beiden vielleicht noch an Eigenschöpferischem zugesteht, ist die Wahl des Motives – herzlich wenig von dem, was man früher als das Eigentlichste der Kunst angesehen hat.
Genau so wenig wie der Pinsel und die Leinwand lediglich zum Abkonterfeien eingesetzt werden müssen, so wenig müssen Linsensystem und Fotoschicht nur zum Knipsen dienen. Es ist wahr: Allein zu diesem Zweck wurde die Fototechnik zuerst entwickelt, und aus diesem Grund kam die längste Zeit niemand darauf,

daß mit ihr, ohne es zu wollen, ein Instrument geschaffen worden war, das weit vielsseitiger ist, als man ahnte und auch heute noch ahnt. Einige Andeutungen sollen das klarer machen.

Jede Art künstlerischer Gestaltung ist an bestimmte handwerkliche Vorgänge gebunden. Das technische Hilfsinstrument, das wir anstreben, ist um so vollkommener, je mehr es den Künstler vom Routinemäßigen entlastet. Der Idealzustand ist erreicht, wenn sich jeder seiner Gedanken sofort in eine reale Form umsetzt und er an seinem Werk so lange meditieren kann, bis die Vollendung erreicht ist. Das ist natürlich eine Utopie, aber wir nähern uns ihr bereits in einer sehr weitgehenden Weise, wenn wir die Realisierung unserer Gedanken in ein latentes Bild, das wir später in der am geeignetsten erscheinenden Form fixieren können, wenigstens durch einige Handgriffe, sozusagen vom Schaltbrett aus, bewerkstelligen können.

Wir werden uns auf solche Gedanken, die leichter in Wirklichkeit umzusetzen sind, als es vielleicht auf den ersten Blick den Anschein hat, später zurückkommen. Wenden wir uns wieder dem Fotolabor zu, von dem ich nun behaupte, daß es bereits einige Möglichkeiten für uns bereithält, die in die angedeutete Richtung zielen. Das sind vor allem die der Reproduktion und der Transformation.

Was ich mit einer Reproduktionsmöglichkeit in der Fotografie meine, liegt auf der Hand. Das eigentliche Original ist das Negativ, obwohl es in einer unfertigen Form vorliegt. Gerade das aber schafft einen gewissen Spielraum für die endgültige Ausgestaltung – wenn dieser auch klein erscheint gegenüber der uneingeschränkten Variationsbreite unseres obenerwähnten Idealinstruments. Aber immerhin: Wir können das endgültige Bild weich oder hart abziehen, wir können eine glänzende oder eine rauhe Oberfläche wählen, wir können ein normales Positiv erzeugen oder durch nochmaliges Umkopieren auch einen Negativdruck, wir können uns für ein Pseudorelief entscheiden oder zur Solarisation. Und schließlich steht uns noch das zur Verfügung, was ich als Transformation bezeichnet habe. Wir werden uns später noch eingehend damit zu beschäftigen haben. Für jetzt mag genügen, daß damit eine Bildverzerrung gemeint ist. Spezialfälle sind Vergrößerung und Verkleinerung, man kann aber auch stürzende Linien aufrichten oder – aus irgendwelchen gestalterischen Gründen – andere Verzeichnungen hervorrufen. Das ist noch nicht viel – aber es führt uns bereits in die Richtung zur entmaterialisierten Kunst, zu der wir am Ende unseres Weges gelangen werden.

Ich konnte hier nur einige Möglichkeiten der Fotografie im weiteren Sinn andeuten. Daß sie weit über die »Aufnahmen« hinausreichen, haben andere längst bewiesen – wenn sie diesen Möglichkeiten auch nicht systematisch nachgegangen sind. Sie haben gezeigt, daß man mit der Kamera ganz andere Dinge einfangen kann als Abbilder der Umwelt, daß sie Vorgänge und Erscheinungen zu erschließen erlaubt, die dem menschlichen Auge allein überhaupt nicht zugänglich sind. Viele solche Methoden finden Sie in den Sammelwerken über »Subjektive Fotografie«, auf einiges stoßen Sie auch auf den folgenden Seiten, und auf das Beschreiben mancher noch weitgehend unbekannter neuartiger Verfahren muß ich einfach deshalb verzichten, weil ich ja kein Buch über Fototricks schreiben will, sondern darlegen, daß das technische Denken nicht der Feind des Schönen ist, jedoch sehr wohl sein Diener sein kann. Und dabei wird sich die Fotografie zwar als ein wichtiges Hilfsmittel entpuppen, aber doch nicht als mehr.
Da ich es nun schon einmal angekündigt habe, so will ich jetzt ganz kurz die Frage: Fotografie – Kunst oder nicht? streifen. Ich glaube, daß uns unsere Überlegungen schon sehr nahe an die Antwort geführt haben: Reine Abbildungsfotografie ist soviel oder sowenig Kunst wie Abzeichnen oder Abmalen. Nimmt ein Künstler aber lichtempfindliches Papier oder lichtempfindlichen Film zur Hand und formt darauf eine Idee zu bleibender Gestalt, sei es mit Hilfe einer Kamera oder auch nicht – warum sollte sein Werk weniger künstlerisch sein, als wenn seine Requisiten Farbtöpfe und Malerleinwand wären?

Das analytische Denken

Ich habe den Ausdruck Technik schon oft gebraucht. Da jedoch viele dasselbe sagen, aber etwas Verschiedenes meinen, so will ich doch einige Worte darüber verlieren, was wir hier in unserem speziellen Fall darunter verstehen wollen.
Unsere Kultur unterscheidet sich in einem Punkt ganz wesentlich von allen anderen bekannten Kulturen, und zwar durch die hochentwickelte Naturforschung und deren praktische Nutzanwendung durch die Technik. Auch andere Kulturkreise haben große Leistungen vollbracht, Leistungen, die gerade für sie charakteristisch sind und die anderen vielleicht nie möglich gewesen wären. Das

Besondere unserer spezifischen Leistung, der Technik, ist ihr gerichteter Charakter. Während die Entwicklung einer Kulturerscheinung gewöhnlich in ähnlicher Weise abläuft wie das Reifen eines Menschen – vom kraftvollen Aufstieg über einige Höhepunkte bis zum allmählichen Verfall –, gibt es in der Technik nur einen Fortschritt.

Diese Behauptung klingt anmaßend, aber sie stimmt. Das hängt mit dem Charakter unserer exakten Naturwissenschaften, der Grundlage der Technik, zusammen: Was einmal als richtig erwiesen ist, behält seine Gültigkeit für immer, gänzlich unbeeinflußt von Zeit, Raum, Sitten, Meinungen u. a. Und deshalb baut sich das Neue auf, ohne das Alte zu zerstören, es stützt sich auf die Gesamtheit des bisher erarbeiteten Wissens und bezieht es in seine Substanz mit ein. Daher stellt es auch stets einen Schritt vorwärts dar, einen größeren oder auch einen kleineren, aber nie einen Rückschritt.

Es fragt sich nun, wieso dieser Prozeß gerade bei uns ins Rollen kommen konnte. Denn auch andere Völker hatten Interesse an Wissen über die Naturerscheinungen und an technischen Hilfsmitteln, ohne daß dies zu ähnlichen Auswirkungen führte.

Maßgebend und grundlegend dafür dürfte die Eigenart der geistigen Einstellung sein, die besondere Art und Weise, die Dinge zu sehen und an sie heranzutreten, und letzten Endes die Denkmethodik, die man als analytisches Denken bezeichnen kann. Der analytisch denkende Mensch sucht in jedem Erscheinungskomplex die Grundphänomene zu erkennen. Da dies durch Beobachtungen allein schwer möglich ist, hat er zwei Hilfsmittel entwickelt: Erstens das systematische Experiment, mit dem Ziel, alle störenden Nebenerscheinungen möglichst auszuschalten, um den betrachteten Vorgang möglichst rein darstellen und messend verfolgen zu können, zweitens die mathematische Beschreibung der Erscheinungen und ihre Summierung zu umfassenden Theorien.

Experimentieren ist die Grundlage jeder Naturforschung. Grundphänomene sind nämlich in der Natur fast nie zu beobachten, und zur messenden Verfolgung bedarf es meist umständlicher Vorbereitungen; daher ist an natürlichen Vorgängen keine nennenswerte Ausbeute an Meßergebnissen zu erzielen. Erst ausgiebige Meßreihen erlauben die mathematische Durchdringung und damit eine quantitative Erfassung der Phänomene.

Das zweite Werkzeug, die Theorie, ermöglicht es, die mit Hilfe von Experimenten erkannten Verhaltensweisen zusammenfassend und allgemeingültig darzu-

stellen. Analytisches Denken hätte keinen Sinn, wenn ihm nicht der Glaube an eine eigene Gesetzlichkeit des gesamten Naturgeschehens zugrunde läge. Dieser Glaube gibt die Veranlassung, auch bei verschiedenen Vorgängen nach einheitlichen Prinzipien zu suchen. Zum Auffinden der gemeinsamen Gesichtspunkte ist eine Vergleichsmöglichkeit erforderlich, die eben die Mathematik liefert – das ist der Grund dafür, daß diese unentbehrlich ist.

Ein großer Vorteil der Theorie ist der, daß man in ihr ein Mittel zur Hand hat, sich auch über nie beobachtete Vorgänge ein Bild zu machen, also auch dem Experiment nicht zugängliche Erscheinungen zu berechnen und auf deren Folgen, die wieder äußerlich in Erscheinung treten können, zu schließen. Man überspringt damit sozusagen die dem Menschen gesetzten Schranken und dringt in Gebiete ein, die direkt nicht erfaßbar sind.

Ganz wesentlich ist die Theorie aber auch für die Technik. Jedes Industrieprodukt entsteht heute erst nach seiner Durchrechnung auf Grund physikalischer Gesetze. Durch die Kenntnis der Grundformeln sind erst die umwälzenden Neuerungen entstanden, die unsere Lebensweise ganz entscheidend beeinflußt haben, die Dampfmaschine, der Dieselmotor, die industrielle Elektrizität. Infolge der allgemeinen Gesetzlichkeit macht man sich ein Bild über Leistungsfähigkeit, Treibstoffverbrauch und alle anderen charakteristischen Größen, bevor das Gerät überhaupt existiert.

Die Technik ist somit die greifbarste Auswirkung der analytischen Denkweise, und wenn ich im Laufe unserer Unterhaltung von Technik spreche, gebrauche ich das Wort in diesem Sinn. Sie ist aber nicht die einzige Nutzanwendung des analytischen Denkens. Nach der Physik kamen die Chemie, die Biologie, die Psychologie, die Soziologie usw. – der Erfolg bestätigt die Richtigkeit des eingeschlagenen Weges. Aber auch im täglichen Leben bricht sich die analytische Denkmethode die Bahn – mehr und mehr tritt die ursprüngliche Art des Denkens in den Hintergrund, das Verfahren des Sammelns und Ordnens, und macht der logisch-kausalen Durchdringung Platz. Und auch für uns wird sie sich als das gegebene Hilfsmittel erweisen, das uns die Dinge von einem allgemeineren Standpunkt aus zeigt. Sie ist eine Fähigkeit, die uns geschenkt ist, und die wir gebrauchen sollten, wo sie uns nützen kann.

Wir geraten hier in das Streitgespräch über den Sinn der technisch-wissenschaftlichen Forschung, die uns schon alles mögliche geschenkt, uns aber nicht glücklicher gemacht hat. Sollen wir uns nicht lieber unseren Kinderglauben erhalten,

wo das noch möglich ist? Sollen wir nicht erst recht Schönheit Schönheit sein lassen, den Künstler ein Instrument mystischer Einflüsse, sein Werk ein Zufallsprodukt aus Inspiration, Talent und günstiger Konstellation? – Meine feste Überzeugung ist, daß ein Vorgang nichts an Wunderbarem einbüßt, wenn es uns Menschen gelingt, einige ihn betreffende Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge aufzudecken. Etwas nicht wissen wollen, was man leicht erfahren könnte, heißt sich selbst belügen. Und gerade das Ordnungsprinzip ist das eigentlich Wunderbare an den Erscheinungen in und um uns. Wir wollen daher nicht davor zurückschrecken, den Versuch zu wagen und einen Zipfel des Schleiers zu lüften, der über den Gesetzen der Ästhetik liegt – wenn auch mit gebührender Behutsamkeit.

Die neuen Abbildungsverfahren

Nun sind wir genügend vorbereitet, um uns mit den Ausdrucksmöglichkeiten beschäftigen zu können, die wir dem technischen Fortschritt verdanken. Die Methode, nach der wir vorgehen, wird aus den schon besprochenen Gründen dem Vorbild der naturwissenschaftlichen Forschung folgen. Die wichtigsten Sprossen unserer Leiter werden also sein: Sichten und Ordnen des vorhandenen Materials, Erweiterung des Materials durch eigene Versuche, Beschreiben der gemeinsamen und spezifischen Eigenschaften durch eine Theorie, Prüfen der Ergebnisse und Aufstellen der Folgerungen daraus. Da das Gebiet unübersehbar weit ist, engen wir zunächst unsere Konzeption ein und bleiben im Grenzgebiet der klassischen Aufgabe, der Wiedergabe von Dingen unserer Umwelt. Ich habe mich vielleicht weiter oben in etwas respektloser Form über die Abbildung ausgedrückt. Gemeint war damit jedoch nur die reine, reproduktionshafte Abbildung. Wir können uns aber durchaus auch an die Realität anlehnen und doch mehr als Klischees hervorbringen. Dazu brauche ich mich nicht auszulassen, denn uns allen sind Arbeiten gegenständlicher Natur bekannt, denen der Titel Meisterwerk zukommt. Die Frage, zu der wir vordringen, ist die, ob uns auch die Technik in irgendeine Richtung über den wesenlosen Abklatsch hinausführen kann.
Um das zu entscheiden, gehen wir systematisch vor. Wir fragen uns: Wie entstehen überhaupt die Bilder der Dinge, wie wir sie zu sehen gewohnt sind?

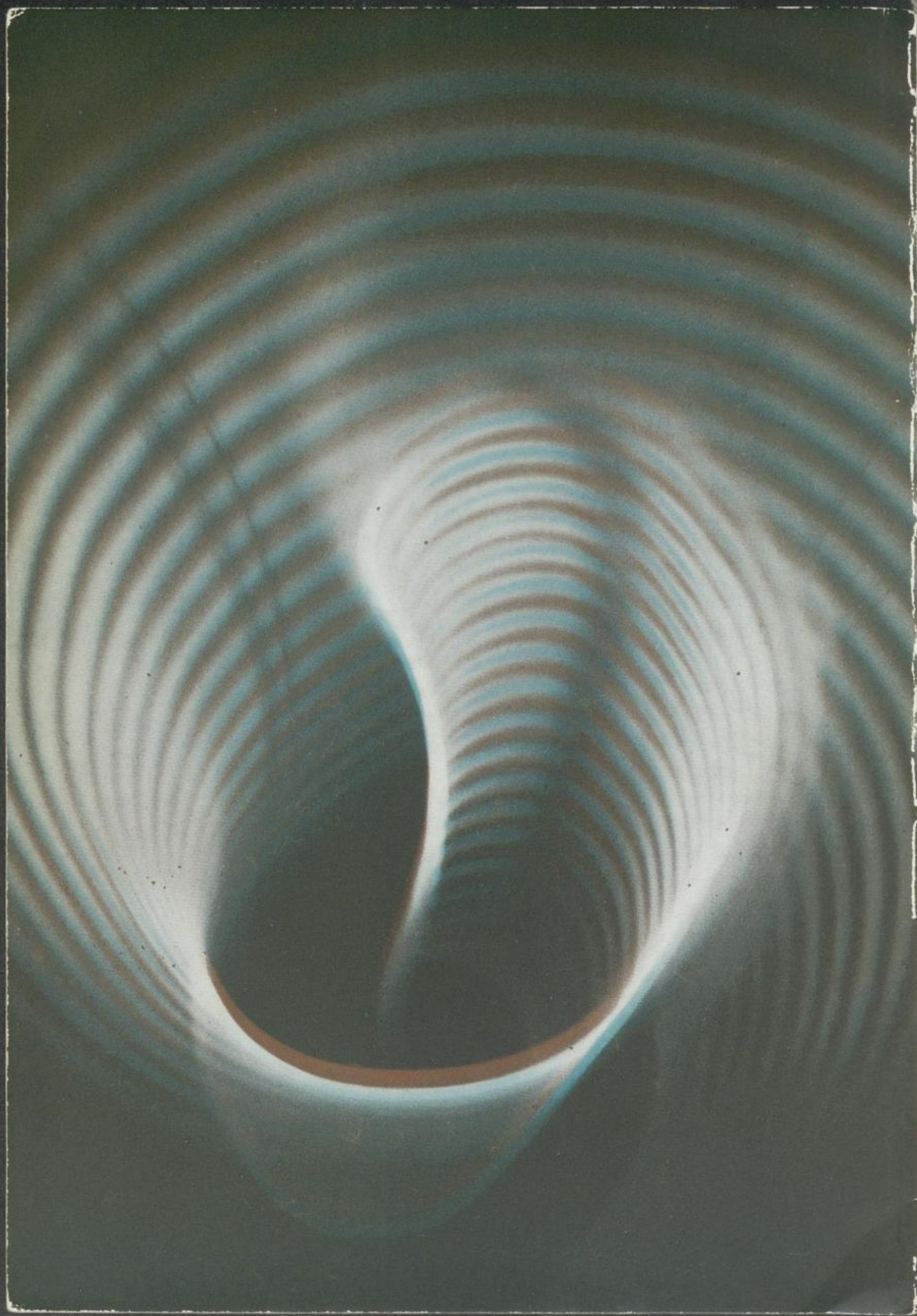
Das Medium, das unserem Auge die Wahrnehmung gestattet, ist das Licht, ein enger Bereich aus dem Spektrum der elektromagnetischen Strahlung. Die meisten Gegenstände unseres Alltags sind für Licht undurchdringlich – sie reflektieren es. Von beleuchteten Dingen verbreiten sich nach allen Seiten geradlinig Lichtstrahlen. Durch die Blendenöffnung des Auges, die Pupille, tritt demnach Licht von allen Punkten, die von ihm aus geradlinig zu erreichen sind. Bestimmte optische Eigenschaften des Auges gestatten es, ein Abbild auf eine lichtempfindliche Schicht zu werfen, den Augenhintergrund mit seinen nur Grautöne akzeptierenden Stäbchen und den auf Farben ansprechenden Zäpfchen.
Die Art, wie wir Menschen sehen, hängt also von den Eigenschaften des sichtbaren Lichtes ab und von denen unseres Auges. Als man darangıng, die Sehwerkzeuge von Tieren zu untersuchen, stellte man erhebliche Unterschiede gegenüber unseren menschlichen fest. Man fing z. B. das Licht, das man durch ein Facettenauge eines Schmetterlings hatte fallen lassen, auf einer Fotoplatte auf, und man untersuchte die Empfindlichkeit von Vogelaugen auf ihr Ansprechvermögen auf Licht von Schwingungsfrequenzen, die wir visuell nicht mehr aufzunehmen vermögen. Man fand dabei, daß der Schmetterling seine Umwelt nur verschwommen erkennt, und daß der Adler auf infrarotes Licht anspricht und somit durch Nebel und Wolken hindurchsieht. Uns kümmern nun die Folgerungen nicht, die die Biologie daran knüpft, obwohl diese zweifellos sehr aufschlußreich sind. Was wir daraus für Nutzen ziehen, ist die Erkenntnis der Relativität unseres optischen Weltbildes. Es hat natürlich seinen Grund, daß wir unsere Umgebung so sehen und nicht anders – es ist ein physiologischer Grund – aber daneben gibt es offenbar noch andere Sichtmöglichkeiten.
Wenn wir systematisch vorgehen wollen, dann müssen wir uns nach zwei Dingen umsehen: nach anderen Abbildungssystemen und nach anderen abbildungsfähigen Medien. Da es solche in großer Mannigfaltigkeit gibt, wollen wir uns mit dieser Untersuchung nicht beschäftigen. Aber ich will Ihnen einiges vorlegen, damit Sie selbst urteilen können, ob neue Methoden, die auf den eben vorgenommenen Überlegungen basieren, Gewinn bringen oder nicht.
Am nächstliegenden war es, Licht, also elektromagnetische Strahlung, von anderen Wellenlängen vorzunehmen, als sie das sichtbare Licht aufweist. Ansätze, langwellige Strahlung zu Abbildungszwecken heranzuziehen, finden sich beim Radargerät. Sie erscheinen mir aber nicht sehr aussichtsreich, und ich beschäftigte mich bisher nicht mit ihnen. Ganz anders steht es mit dem Licht kürzerer

Wellenlängen; dazu gehören die sogenannten Grenzstrahlen, dann alle Arten der Röntgenstrahlung von der weichen bis zur harten, weiter die ultraharten Strahlen der Teilchenbeschleuniger und schließlich die Gammastrahlung, die von radioaktiven Isotopen ausgeht. Alle diese Strahlungen haben eine gemeinsame Eigenschaft: Sie besitzen die Fähigkeit, Materie, auch im festen Zustand, mehr oder weniger zu durchdringen, und zwar um so mehr, je härter – energiereicher – sie sind. Schon diese Tatsache läßt Experimente mit Röntgenstrahlen als äußerst reizvoll erscheinen.

Nachdem wir das Medium gefunden haben, müssen wir nach einem geeigneten Akzeptor suchen. Wir wissen, daß das Auge dafür nicht brauchbar ist, da weder Stäbchen noch Zäpfchen auf Ultralicht – wie wir nach einem Vorschlag von Dr. Paul Fries alle genannten Strahlungen nennen wollen – ansprechen. Wir können sie also ohne Kunstkniffe nicht sehen. Weiter lassen sie sich auch durch Fotolinsen nicht auffangen, da sie durch diese ziemlich unbehindert, jedenfalls aber ohne aus ihrer Richtung abgelenkt zu werden, durchgehen. Dagegen zeigt sich, daß gewisse chemische Substanzen die Eigenschaft haben, aufzuleuchten, wenn sie von Ultralicht getroffen werden. Und was für uns am wichtigsten ist: auch die Bromsilberschicht der Fotoplatte, des Fotofilms und des Fotopapiers spricht darauf an.

Für unsere Zwecke ist es sehr angenehm, daß man aus wissenschaftlichen und technischen Gründen schon seit jeher an Durchsichtbildern interessiert war. Röntgendurchleuchtungsgeräte für die medizinische Diagnostik, aber auch für Zwecke der zerstörungsfreien Materialuntersuchung – wenn es gilt, Risse, Poren, Einschlüsse und ähnliche Fehlstellen im Inneren von Werkstücken sichtbar zu machen – existieren heute in hoher technischer Vollendung. Einige andere Strahlenarten, wie die Weichstrahlen, mußten meine Kollegen Dr. Paul Fries, Helmut Volland und ich unseren Zwecken erst dienstbar machen.

Prinzipiell gingen wir so vor, daß wir unser Objekt bestrahlten und die Strahlung auf einem Röntgenfilm auffingen. Auf die technischen Details, die Ermittlung der optimalen Betriebsdaten, die Vorkehrungen gegen die gefährliche Streustrahlung, die von allen getroffenen Gegenständen ausgeht, usw., will ich hier nicht näher eingehen. Jedenfalls haben die entstehenden Darstellungen die Natur von Schattenbildern, aber nicht in Schwarzweißmanier wie beim weißen Licht, sondern in einer fein abgestuften Grauskala, graduiert nach Dicke und Dichte des durchsetzten Materials.



Außer den optischen Abbildungsmedien gibt es eine Reihe anderer, die uns naturgemäß die Welt noch fremdartiger erscheinen lassen dürften als das unserem Licht doch sehr verwandte Ultralicht. Es ist auch fraglich, ob sich alle anderen Methoden kohärent ins Optische übertragen lassen. Ich denke z. B. an die Art und Weise, wie die Umwelt den Fledermäusen erscheinen muß, deren Gesichtssinn wenig wirkungsvoll ist, die sich jedoch auch in den verwinkelten Höhlenräumen pfeilschnell zwischen Tropfsteinen hindurchbewegen, ohne anzustoßen. Sie besitzen ein System zur Lotung mit Ultraschall, d. h. sie senden Schallwellen einer kürzeren Wellenlänge aus als der des hörbaren Schalls und fangen das Echo mit einem eigenen Aufnahmeorgan wieder ein. Je nach der Größe des Intervalls zwischen Schallimpuls und Wiederaufnahme können sie sich durch Abtasten eine Art Reliefbild ihrer Umwelt erzeugen. Ob dieses noch in irgendeiner Weise moduliert erscheint, etwa durch die Struktur der geloteten Oberfläche, ist uns vorderhand unbekannt. Bisher hat sich meines Wissens noch niemand damit beschäftigt, ein Schallbild ins Optische zu übertragen. Vielleicht aber gelingt es einmal – und wer weiß, was für eigenartige Sensationen uns dann noch bevorstehen.
Zu Ergebnissen bin ich auf eine andere Art gekommen, und zwar mittels eines ärodynamischen Abbildungsverfahrens. Ich legte möglichst flache Gegenstände auf Zeichenkarton und spritzte mit einer Spritzpistole für Plakatfarben, wie sie Grafiker verwenden, von einer Seite her Farbe darauf. Meine Erwartungen wurden nicht nur erfüllt, sondern übertroffen. Die Strömungslinien des Kohlendioxydgases, das die Farbtröpfchen mitreißt, paßten sich der Oberflächenstruktur des Gegenstandes an, sie wanden sich um alle Ausbuchtungen, sie erfüllten jede Einstülpung und bildeten auf diese Art auf dem Papier sogar Details ab, die auf der Hinterseite der Objekte lagen.
Beim von mir verwendeten Gasdruck ließen sich im Ärogramm, wie ich diese Art Bilder nennen will, nur Dinge wiedergeben, die nahe an der Zeichenebene liegen. Es läßt sich denken, daß man bei anderen Betriebsdaten die Fähigkeit des Verfahrens erweitern kann.
Auch auf nuklearem Wege lassen sich Abbildungswirkungen erzielen. Bekannt ist die Radiografie, das Bild, das man auf einer Fotoschicht findet, wenn man den strahlungsaktivierten Gegenstand darauflegt. Ganz neuartige Effekte ergäbe es, wenn man die vom Objekt ausgehenden Strahlungen durch ein elektrisch-magnetisches Linsensystem, wie man es von der Elektronenoptik her kennt, sammeln und auf eine Ebene werfen könnte. Man erhielte dadurch ein Bild, auf dem

auch die Innenstruktur zu sehen wäre, aber kein Schattenbild wie die Ultralichtaufnahme, sondern eine echte Transparentdarstellung.
Wir wollen uns hier aber nicht in Utopien ergehen, wenn sie vielleicht auch nur deshalb nicht verwirklicht sind, weil die Gelegenheit zur Entwicklung noch nicht gegeben war. Fassen wir das Gemeinsame der beschriebenen Darstellungen zusammen: Es sind zweidimensionale Abbilder von Objekten unserer dreidimensionalen Umwelt, die unter dem Einsatz technischer Mittel produziert wurden und auch nur auf diesem Wege erzeugt werden konnten. Sie erfüllen zwei Forderungen, die wir als Prüfsteine einer Bewertung heranziehen können: Sie sind von unbestreitbarer Ästhetik, und sie sind von hoher Aussagekraft. Sie halten uns vor Augen, daß die Art und Weise, wie wir die Dinge sehen, nur eine unter vielen möglichen ist, daß aber irgend etwas hinter den Dingen steckt, das sich in jeder Anschauungsform erhält, etwas Invariantes, Absolutes. Wenn wir durch unsere Versuche diesen Werten näherkamen, können wir mit den ersten Ergebnissen zufrieden sein.

Die Struktur

Als nächstes versuchen wir einen Vorstoß in eine andere Richtung. Statt nach neuartigen Darstellungsmöglichkeiten altbekannter Motive halten wir jetzt Ausschau danach, ob uns die technischen Mittel nicht auch neue Motive erschließen. Wir brauchen nur ein bißchen in Kunstzeitschriften und Fotoheften zu blättern, um einiges zu finden, was uns zu denken gibt. Es ist das steigende Auftreten von Formen aus dem Bereich der Naturwissenschaft. Das beginnt zunächst ganz harmlos. Hier erscheint das Bild eines Sees mit zwei Booten, dort Baumkronen über einem Kirchendach. Frappierend ist aber die Art, wie diese Motive dargebracht sind: Nicht mehr eine malerische Situation ist der Mittelpunkt des Bildes, sondern eine Struktur – hier die wellendurchfurchte Oberfläche des Wassers, dort ist es das verwirrende und doch gesetzmäßig ausgerichtete Geflecht von Ästen –, alles übrige ist unwichtig, ist ein letztes Zugeständnis an das Herkömmliche. Doch es wird noch deutlicher – wir finden die Darstellung eines Schmetterlingflügels, einer Hühnerfeder, Öltropfen auf Wasser, Wolken und schließlich Dinge,

von denen wir kaum mehr erkennen, was sie bedeuten – Kristalle, Rauchkringel. Diese zuletzt genannten Bilder stammen meist von Forschern und Wissenschaftlern und wurden ursprünglich als Arbeitsbelege gefertigt. Da und dort aber setzte ungefähr gleichzeitig ein bemerkenswerter Prozeß ein. Die als nüchtern angesehenen Männer der Wissenschaft wurden plötzlich von den Formen fasziniert, die sie aufgedeckt hatten – sie schufen weitere Bildbelege, aber jetzt aus Begeisterung für ungeahnte Formenspiele, die menschliche Sinne bisher nicht aufgenommen hatten. Ein Beispiel dafür ist Dr.-Ing. habil. Horst Reumuth, der Leiter des Fraunhofer-Instituts für angewandte Mikroskopie, Fotografie und Kinematografie in Mannheim, der im Laufe von Jahren Tausende von Mikroaufnahmen machte und sich endlich entschloß, sie dem allgemeinen Publikum vorzusetzen – einem Publikum, das nichts von Diatomeen, Alkaloiden und flüssigen Kristallen versteht, das aber für die Schönheit der eigenartigen Gestalten empfänglich ist. Ein weiteres Beispiel dafür ist eine Bildersammlung des Mikrokosmos, die uns Carl Strüwe lieferte. Auch Gustav Schenk verdanken wir ein Bildwerk, das aus der Welt des Kleinen schöpft: Er fotografierte winzige Ausschnitte aus Wassertropfen, und voll Erstaunen stehen wir vor der Wucht stürzender Kaskaden, tanzender Wirbel, steigender und fallender Wassersäulen.

Diese Entwicklung bahnte sich aber schon viel früher an. Ernst Haeckel fiel die Kunstähnlichkeit mancher organischen Formen auf, er prägte den Ausdruck »Kunstformen der Natur«. Diesem Problemkreis widmete dann Prof. Karl Bloßfeldt sein Buch »Urformen der Kunst«, in dem er bestrickende Formen von Schachtelhalmen zeigte.

Übrigens möchte ich auch hier nicht versäumen darauf hinzuweisen, daß die von Gustav Schenk verwendete Weise der Wiedergabe, die Fotografie, zwar die zweckmäßigste, aber durchaus nicht die einzige ist. Ich selbst habe den gleichen Effekt, physikalisch gesprochen: den der Oberflächenspannung, auf eine andere Weise festgehalten. Ich bestrich einen Karton mit Paragummilösung, drückte einen zweiten darauf und riß dann beide voneinander. Dabei teilte sich die zunächst gleichmäßig verstrichene Flüssigkeit in einzelne Gerinnsel. Ich ließ nun die Lösung verdampfen, wodurch sich der Paragummi ausschied und die zuvor flüssigkeitsbedeckten Stellen abschirmte. Mit einer Spritzpistole trug ich nun Farbe auf den Karton und fixierte sie mit Lacklösung. Endlich wischte ich mit einem reinen Tuch darüber, wobei sich die nur auf den Gummihäutchen sitzende Farbe samt diesen abreiben ließ. Die gummifreien Stellen blieben schwarz, und

die eigentümliche Form der Flüssigkeitsadern erschien wieder, weiß auf schwarz, und für dauernd festgehalten.
Die Arbeiten Gustav Schenks leiten uns schon wieder einer neuen Kategorie unserer Veranschaulichungsmöglichkeiten zu – nicht mehr Dinge werden gezeigt, sondern Vorgänge, hier die Bewegung des Wassers. Professor Harold E. Edgerton vom Technologischen Institut der Universität Massachusetts war auf diesem Gebiet bahnbrechend tätig. Er ist der Begründer der ultra-high speed photography, einer Blitzlichtfotografie, die es uns gestattet, Vorgänge der Dauer einer millionstel Sekunde mit der Kamera zu erfassen. Er hat seine Arbeiten mit solchen einiger gleichgesinnter Kollegen zu seiner berühmten Wanderausstellung Rapidfotografie zusammengestellt; sie wurde auch in Europa gezeigt. Neben den Blitzlichtaufnahmen Professor Edgertons finden wir Interferogramme, elektronenmikroskopische Aufnahmen, Mehrfachbelichtungen, Schlierenaufnahmen u. v. a.
Alle diese Bilder, die Mikro-, Schlieren-, Blitzlichtaufnahmen usw., sind überaus interessante Dokumente aus Bereichen, die uns nicht ohne weiteres zugänglich sind. Was uns aber besonders besticht, ist der Reiz ihrer Form, ganz ungeachtet dessen, was uns diese Darstellungen an neuen Erkenntnissen vermitteln.

Methoden abstrakter Bildproduktion

Die Resultate des letzten Abschnitts legen uns die Frage nahe, wieso es kommt, daß die Formen aus dem Bereich der Naturwissenschaften von solch frappierender Ästhetik sind. Damit berühren wir zugleich das Problem: Was wird überhaupt als schön empfunden? Wir werden uns später damit ausführlicher zu beschäftigen haben. Für jetzt wollen wir nur vorwegnehmen, daß es – genau wie in der Musik – gewisse Gesetzmäßigkeiten sind, von denen sich das Empfinden, hier das Formempfinden, leiten läßt. Solche Gesetzmäßigkeiten treten bei allen genannten Beispielen auf, meist in der Struktur der Motive.
Ich halte die Entdeckung naturwissenschaftlicher Objekte als Vorwürfe für Fotografie und bildende Kunst für einen sehr bedeutenden Schritt auf der Suche nach einer der heutigen Zeit entsprechenden Ausdrucksform. Als Beweis dafür dürfen

wir einige Arbeiten von Klee auffassen, die deutlich von der Mikroskopie inspiriert sind, und auch Léger und Baumeister haben auf das Mikroskop als Motivquelle hingewiesen. Karl Nierendorf wies in der Einleitung zum Buch »Urformen der Kunst« von Prof. Bloßfeldt bereits mit voller Deutlichkeit auf die Verwandtschaft von Natur und Kunst hin und erkannte auch die Rolle der Technik als Mittler zwischen beiden. Man kann aber noch einen Schritt weiter gehen, ja, er drängt sich von selbst auf als logische Folge unserer letzten Überlegungen. Bisher haben wir Dinge und Erscheinungen im Bild festgehalten, die in unserer Umgebung mehr oder weniger zufällig vorkamen bzw. auftraten. Ein schöpferischer Gestaltungswille wird sich damit nicht begnügen. Er wird zunächst danach trachten, das, was er wiedergibt, im Sinn eines günstigeren oder mannigfaltigeren Bildeffektes zu lenken. Und als weitere Konsequenz wird er systematisch nach Erscheinungen suchen, die sich irgendwie ins Bildhafte umsetzen lassen, und anstreben, diese selbst so zu führen, wie er es für günstig hält. Wir werden gleich sehen, wie das zu verstehen ist. Denn solche Arbeiten gibt es schon.

Dr. Wilhelm Stürmer beschäftigte sich in seinem Labor mit Kristallisationsvorgängen und ließ sich von den klaren Formen seiner Studienobjekte beeindrucken. Dabei fand er eine Substanz mit einer einzigartigen Eigenschaft: Die Richtung, in die ihre Kristalle aus der Schmelze wuchsen, ist von der Abkühlungsgeschwindigkeit abhängig. Dr. Stürmer sah hier einen langgehegten Wunsch Wirklichkeit werden. Er baute einen heizbaren Objektträger, auf dem er die winzigen Substanzmengen unter dem Mikroskop auf über 400° erhitzen und beliebig rasch wieder abkühlen konnte, und war somit in der Lage, durch eine Regelung des Heizstroms die Kristalle in verschiedene Richtungen zu lenken, wieder abzuschmelzen und neu entstehen zu lassen, so lange, bis das Bild seinem Empfinden entsprach. Das Spiegelreflexzusatzgerät Panflex erlaubte ihm eine laufende Sichtkontrolle seiner Schöpfungen – wir erinnern uns daran, daß wir eine ähnliche Forderung für das ideale künstlerische Werkzeug aufgestellt hatten. Und schließlich verhalf ihm eine Contax dazu, die Bilder in technisch einwandfreier Form festzuhalten.

Einen Schritt weiter ins Abstrakte ging Peter Keetman. Die Erscheinung, die er ins Sichtbare transformiert, ist die Bahn einer Schwingung. Zum erstenmal stoßen wir hier auf einen Fall, bei dem sich die Naturgesetzlichkeit und der Einfluß des Menschen eindeutig trennen lassen. Den Physikern war bereits lange bekannt, daß eine an einem Ende fest eingespannte und angeschlagene Stahlnadel

elegant geschwungene Figuren in die Luft zeichnet. Durch bestimmte Arten des Anschlagens konnten sie erreichen, daß diese Figuren zu Ellipsen oder auch zu Kreisen wurden. Kleinere Störeinflüsse änderten diese Grundfiguren jedoch bereits zu wesentlich komplizierteren Gebilden. Peter Keetman hat die Schönheit und Eleganz dieser Formen entdeckt. Das ist seine Leistung. Daß er eine Methode fand, die in die Luft geschriebenen Linien mit Vollendung wiederzugeben, beweist sein technisches Können. Daß er dazu eine fotografische Methode heranzog, hat zwei Gründe: Erstens ist Peter Keetman Fotograf, zweitens ist die Fotografie überaus anpassungsfähig. An und für sich gäbe es auch andere Methoden der Wiedergabe, z. B. ein Düsenschreibsystem oder eine feine mechanische Übertragungsapparatur. Eine derartige Anlage steht tatsächlich in Gebrauch. Der Züricher Gelehrte Professor Dr. Alfred Gysi begnügte sich allerdings nicht mit einem Pendel, sondern verwendete eine ganze Serie, deren Ausschläge er, einander überlagernd, einem Schreibstift aufzwang. Die Verwandtschaft mit den Keetmanschen Figuren ist unverkennbar.

Peter Keetman verwendete bei seinen ersten Versuchen einen 3 mm dicken Stahlstab von 1,5 m Länge, den er an einem Ende fest einspannte. Am anderen Ende befestigte er eine brennende Taschenlampe und fotografierte sie, nachdem er sie durch Anschlagen des Stabes in schwingende Bewegung versetzt hatte. Während die Physiker an möglichst einfachen Figuren interessiert waren, bemühte sich Peter Keetman, variantenreiche Bahnen zu erhalten. Er veränderte den Standpunkt der Kamera und ließ sie um ihre eigene Achse rotieren.

Das Verfahren Peter Keetmans wurde oft nachgeahmt und erfuhr auch einige Erweiterungen, z. B. indem die Kamera auf das schwingende System zu bewegt wurde. Nach einer etwas abgewandelten Methode kann man auch Lichtquellen verwenden, die an einer Schnur frei aufgehängt sind und pendeln. Alle diese Verfahren liefern Figuren einer eigenen Gesetzlichkeit, die für den Eingeweihten auf den ersten Blick erkennbar ist.

Ein zweites, rein konstruktives Verfahren schuf der Amerikaner Ben F. Laposky. Sein Werkzeug ist der Elektronenstrahloszillograf.

Der wichtigste Teil dieses Apparats aus dem modernen physikalischen Forschungslabor ist ein kolbenförmiges Glasgefäß, die Kathodenstrahlröhre, die etwas an die Fernsehbildröhre erinnert. Ein stromdurchflossener Draht, ähnlich dem der Glühlampe, bildet den negativen Teil des Systems, die Kathode. Die im Glühdraht erzeugte Hitze treibt aus ihm Elektronen heraus, die der positive Teil

des Systems anzieht. Durch einen Trick erreicht man es, daß sie sich dort nicht fangen, sondern auf eine Mattscheibe prallen. Diese ist mit einer Substanz überzogen, die dort aufleuchtet, wo sie von Elektronen getroffen wird.
Beim technischen Gebrauch werden zwischen vier Ablenkplatten, die in die Kathodenstrahlröhre eingebaut sind, elektrische Felder erzeugt. Legt man diese Platten an die meist zeitabhängige Untersuchungsspannung, dann wird der Elektronenstrahl aus seiner Ruhelage abgelenkt und zeichnet das Diagramm des Spannungsverlaufs auf den Bildschirm. Ben F. Laposky aber gab sich mit solchen Kurven, die oft ansprechende Formen haben, nicht zufrieden. Er legte Spannungen an die Ablenkplatten, die er in komplizierten Schaltsystemen selbst erzeugte, und erhielt dadurch Figuren von erstaunlich ästhetischem Reiz.
Auch der Physiker und Techniker steht oft vor der Notwendigkeit, die auf der Bildscheibe aufflimmernden Kurven im Bild festzuhalten. Die nächstliegende Methode wäre es, lichtempfindliches Papier an den Schirm zu pressen und dieses dadurch zu belichten. Hohen technischen Anforderungen genügt jedoch diese Methode nicht, und man greift auch hier lieber zum Fotoapparat.
Der Elektronenstrahl bewegt sich so schnell, daß man die entstehende Figur, die er immer wieder durchläuft, als Ganzheit sieht. Ben F. Laposky schuf die Mannigfaltigkeit seiner Oszillogramme, indem er die Ablenkspannungen variierte. Eine Erweiterung der Formenwelt läßt sich auch hier wie bei den Keetmanschen Schwingungen durch Bewegungen der Kamera erreichen, wie ich in einigen Versuchsreihen beweisen konnte. Ich arbeitete mit einer Spiegelreflexkamera, der Contaflex, deren lichtstarkes Sucherbild mir die Scharfeinstellung an der lichtschwachen Oszillationsfigur ermöglichte.
Wir haben bisher die Gesetzmäßigkeiten der Pendelschwingung und des elektronischen Ablenksystems ins Bildhafte umgesetzt. Als ich mit eigenen Versuchen begann, kannte ich die Laposkyschen Arbeiten noch nicht, doch schon die Keetmanschen Kalligrafien genügten mir zur Anregung, andere physikalische Erscheinungen auf ihre Fähigkeit zur Produktion ästhetischer Effekte zu untersuchen. Aus praktischen Gründen begann ich mit der Elastizität. Haben Sie schon einmal einen Gummiring, wie man ihn für Verpackungszwecke gebraucht, gedrillt? Wenn Sie keinen zur Hand haben, sehen Sie sich das Bild an, das Andreas Hübner und ich von einem solchen gemacht haben, oder auch die grazilen Kurvenzüge, die auf den Fotos von Zellofolien zu sehen sind, nachdem sie in der ursprünglichen ebenen Lage durch parallele Linienscharen gekennzeichnet

wurden. Das Auffällige daran ist, daß der elastische Stoff sich von selbst in elegant geschwungene Formen legt. Dasselbe beobachtet man auch bei Drähten, die man biegt und drillt: Man hat es weitgehend in der Hand, die entstehende Form zu verändern, bis sie die Linienführung erhalten hat, die einem vorschwebte – die Eleganz der Gestalt bleibt aber in jeder Phase erhalten.
Ich hatte nun eine Basis, war mir aber bewußt, daß ich jetzt noch Mittel finden mußte, auf die Grundfigur aufbauend, diese überlagernd und variierend, eine räumliche oder zumindest flächenhafte Wirkung zu erzielen. So spannte ich meinen Draht an einem oder auch an beiden Enden fest ein und brachte ihn wie eine gespannte Saite zum Vibrieren. Glitt nun der Blick rasch über das angeleuchtete zitternde Drahtgestell hin, dann entstand ein Eindruck, wie er mir vorgeschwebt hatte: der einer Überlagerungsfigur aus Lichtstreifen.
Mir war klar, daß ich nur mit der Kamera Aussicht hatte, das Ganze auf Papier zu bannen. Gemeinsam mit dem Fotografen Andreas Hübner konstruierte ich eine Versuchsanordnung. Um den Eindruck des bewegten Auges einzufangen, hängten wir unsere Kamera auf und ließen sie während der Aufnahme mit geöffneter Blende durchschwingen, frontal vor unserem Drahtaufbau vorbei oder auch direkt darauf zu. Es dauerte Monate und bedurfte einiger hundert Testproben, bis wir die richtigen Betriebsdaten wußten und uns den ästhetischen Belangen widmen konnten. Dafür erhielten wir aber dann Lichtkompositionen einer wunderbaren Anmut und Plastizität.
Dort, wo die beschriebenen Formen bisher auftauchten, haben sie kleine Sensationen hervorgerufen. Kritiker fanden begeisterte Worte, sie sprachen ihnen suggestiven Reiz und visuellen Rhythmus zu und die Fähigkeit, die Assoziationen von unaussprechlichen kosmischen Vorgängen zu bilden. So erfreulich diese Reaktion ist, so sehr habe ich mich doch darüber gewundert, daß man sich damit begnügt hat und daß niemand versucht hat, der Natur und Eigenart dieser konstruktiven Formen systematisch auf die Spur zu kommen.

Die Theorie der Linearformen

Vergleichen wir einmal Schwingungsbilder, Oszillogramme und Lichtformen. Sie haben viel Gemeinsames, aber doch auch vieles, was sie voneinander unterscheidet. Wir dürfen uns dabei nicht von Äußerlichkeiten irreleiten lassen. Daß sie alle weiß auf schwarzem Grund wiedergegeben sind, dient nur dem Effekt. Genau so gut könnten wir eine positive Darstellungsart wählen. Auch die Schärfe der Linien ist kein charakteristisches Merkmal. Man könnte z. B. bei den Schwingungsbildern durch eine andersartige Lichtquelle oder bei den Oszillogrammen durch eine Schaltung, die den Elektronenstrahl mehr streut, einen ähnlichen Verlauf erhalten, wie er an den Lichtformen auffällt. Ebenso könnte man diese beliebig schärfer zeichnen, was uns später dadurch gelungen ist, daß wir die eingespannten Drähte nicht mehr zum Schwingen brachten, sondern mit intermittierendem Licht beleuchteten.

Das für alle drei Arten charakteristische Kennzeichen ist folgendes: Es sind lineare Gebilde, die durch Ausfächerung oder Vernetzung eine flächenhafte Wirkung erzielen. Als Gemeinsamkeit könnte man noch ihre Eleganz aufführen; damit hätten wir uns unsere Aufgabe aber doch etwas zu leicht gemacht, und wir fragen daher gleich nach dem Grund dieser Eleganz.

Da die Eleganz sicher in den schon mehrfach erwähnten Gesetzmäßigkeiten der zugrunde liegenden physikalischen Erscheinungen liegt, müssen wir uns wohl oder übel etwas näher mit diesen beschäftigen. Ich nehme es dem mathematisch nicht vorbelasteten Leser keineswegs übel, wenn er nun die folgenden Seiten überblättert – er muß uns die Schlüsse, die wir aus unserer nun zeitweilig etwas theoretischen Gedankenakrobatik ziehen, dann eben ohne Nachprüfung glauben.

Die Ursache dafür, daß der elastische Drahtstab Peter Keetmans überhaupt zu schwingen beginnt, ist eine Kraft: die Elastizität, die bestrebt ist, den Körper, auf den sie wirkt, in seine Ruhelage zurückzuholen. Diese rückwärtstreibende Kraft wird um so stärker, je weiter man den Körper aus seiner Ruhelage entfernt – der Physiker sagt, sie ist der Entfernung aus der Ruhelage proportional, und beschreibt diese Situation mit der Formel

$$m\ddot{r} = -pr.$$

Dabei ist m die Masse des Gegenstandes, r die Entfernung aus der Ruhelage, $\ddot{r}$ der zweite Differentialquotient des Weges nach der Zeit, also das, was wir ge-

wöhnlich als Beschleunigung bezeichnen, und p ein Faktor, der von der Stärke der Elastizitätskraft abhängt. Diese Formel ist eine Differentialgleichung zweiter Ordnung. Ihre Lösung lautet:

$$r = a \cos \sqrt{\frac{p}{m}}\, t + v \sin \sqrt{\frac{p}{m}}\, t.$$

Hier ist a die Entfernung aus dem Ruhepunkt in dem Moment, in dem man den Draht losschnellen läßt, und v die Geschwindigkeit, in die man das Stabende versetzt, indem man ihm vielleicht noch einen zusätzlichen Stoß gibt. Da diese Bewegung aus dem Ruhepunkt aber auch in eine zweite Richtung erfolgen kann, müssen wir eine zweite analoge Gleichung für die Richtung senkrecht zur ersten aufstellen:

$$m\ddot{s} = -qs.$$

Ihre Lösung ist

$$s = b \cos \sqrt{\frac{q}{m}}\, t + w \sin \sqrt{\frac{q}{m}}\, t.$$

Da uns nur die Bahnkurve interessiert, sollten wir nun beide Gleichungen zusammenziehen und die Zeit eliminieren. Das ist etwas kompliziert – wir führen es nicht aus. Die Gleichung, die wir auf diese Weise erhalten können, definiert unsere Pendelschwingung vollkommen; das Gebilde, das ein Zeichner aufs Papier bringt, wenn wir ihm auftragen, er solle die durch die Gleichung beschriebene Form grafisch darstellen, unterscheidet sich in keiner Weise von einer Keetmanschen Figur. Der Mathematiker wird aus der Formel einiges lesen, was uns schon aus der Anschauung bekannt ist. Er wird aber noch mehr daraus entnehmen, also auch Kenntnisse, die auch uns neu sind. Die wichtigste resultiert aus der Anwesenheit der vier konstanten Größen a, b, v, w. Sie sind nämlich willkürlich wählbar, d.h. sie sind die Ursache dafür, daß Peter Keetman eine unerschöpfliche Mannigfaltigkeit von Kurven erhielt, indem er sie durch die Art des Ausschlags bestimmte. Der Mathematiker nennt sogar die Zahl der Formen: Es sind ∞^4, unendlich hoch vier, es liegt also eine sogenannte vierdimensionale Mannigfaltigkeit vor oder ein Problem mit vier Freiheitsgraden. Die Zahl der Freiheitsgrade steigert sich noch, wenn man Vorkehrungen trifft, die Figuren zu variieren, also z. B. die Kamera beweglich einrichtet; dann kommen noch die Freiheitsgrade der Kamerabewegung hinzu.

Noch eine interessante Einzelheit verrät uns der Mathematiker über die Pendelschwingungen. Entweder es sind in sich geschlossene Figuren, also solche, die in sich zurücklaufen, wie der Kreis oder der Sowjetstern, oder aber sie sind endlos – dann berühren sie jeden Punkt der von ihnen überstrichenen Fläche und würden auf diese Weise schließlich so dicht nebeneinanderlaufen, daß man sie nicht mehr auseinanderhalten könnte. Allerdings bricht man in der Praxis die Schwingung stets vorher ab, außerdem verhindern auch die Dämpfungserscheinungen, wie der Luftwiderstand, daß es so weit kommt.

Die Differentialgleichung der Pendelschwingung ist in der Physik sehr gut bekannt. Sie tritt auch auf anderen Gebieten als denen der Elastizität auf, z. B. in der Elektrizität. Prinzipiell könnte man also auch auf manche andere Art Figuren der Keetmanschen Gestalt erzeugen – wenn es nur gelingt, sie ins Optische zu übertragen. Ein Beispiel haben wir bereits kennengelernt: Ein frei schwingendes, der Schwerkraft unterworfenes Pendel folgt derselben Schwingungsgleichung – dementsprechend unterscheiden sich die damit gewonnenen Formen äußerlich nicht von den Schwingungsbildern der Stahlstäbe.

Auch die Oszillogramme haben ihre Mathematik. Wie bereits erwähnt, gehen ihre Formen auf die Diagramme der Spannungen zurück, die man an die beiden Ablenkplattenpaare legt. Schreiben wir die Gleichungen der Spannungsdiagramme in der Form

$$r = f(t), \qquad s = g(t)$$

auf, wobei r und s die Spannungen und zugleich Maße für die Abweichungen des Elektronenstrahls aus der Ruhelage in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen bedeuten, dann erhalten wir die Bahn wieder durch Elimination der Zeit t und Zusammenschluß der beiden Gleichungen. Um nicht zu unanschaulich zu werden, nehmen wir die Grundfigur, auf die ich alle meine Oszillogramme aufgebaut habe, den Kreis, als Beispiel; dann sind die beiden Spannungsdiagramme:

$$r = \sin 2\pi n t, \qquad s = \cos 2\pi n t;$$

n bedeutet dabei die Frequenz der verwendeten Wechselspannung. Durch Zusammenziehen entsteht

$$r^2 + s^2 = 1,$$

die Gleichung des Kreises. Es steht nun in der Hand des Experimentators, die

Spannungsdiagramme etwas abzuwandeln, etwa so, daß die Gleichungen lauten:

$$r = a \sin (2 \pi n + o) t, \qquad s = b \cos (2 \pi m + p) t.$$

Ohne es vorzuführen, teile ich mit, daß wir durch Zusammenziehen dieser Gleichungen alle möglichen Ellipsenformen bekommen. Das Wichtigste, wegen dessen ich die Gleichungen aufgeschrieben habe, ist dies, daß wir hier bereits sechs Größen willkürlich wählen können: a, b, n, m, o, p. Es handelt sich also um eine sechsdimensionale Mannigfaltigkeit oder, wie man auch sagen kann, um ein Problem mit sechs Freiheitsgraden. Im Gegensatz zu den Bahnen der schwingenden Pendelkörper erhalten wir hier aber verhältnismäßig einfach gebaute Kurven, so daß weitere Variationsmöglichkeiten wünschenswert erscheinen. Dies bewerkstelligte ich, indem ich die einfachen Schwingungen meiner Grundspannungen mit andersgeformten Spannungen modulierte. Für solche Überlagerungsspannungen – Sägezackenspannungen, Rechteckimpulse usw. – steht eine Vielzahl von Schaltanordnungen zur Verfügung, so daß es gar nicht notwendig war, besondere zu entwerfen. Zweifellos lassen sich aber die Möglichkeiten des Oszillografen durch eigens durchdachte Schaltkniffe ins Unermeßliche steigern.
Das Angenehme beim Arbeiten mit dem Oszillografen ist, daß man die willkürlich wählbaren Größen an Schaltknöpfen einstellen kann. Man sitzt also in einem verdunkelten Raum, die Hände an der Schalttafel, und beobachtet am Leuchtschirm unmittelbar das Ergebnis. Es ist ein Gefühl, ähnlich dem, das ein improvisierender Musiker empfindet. Man sieht die abenteuerlichsten Formen entstehen und zerfließen, wandern und kreisen, sich zusammenziehen und sich lösen. Ich habe stundenlang vor der magischen Scheibe gesessen und die hellgrün leuchtenden Linien verfolgt – und darüber vergessen, daß neben mir die Kamera stand, mit der ich diese Eindrücke festhalten wollte.
Ihrer Entstehung gemäß – durch den mit unvorstellbarer Schnelligkeit über den Leuchtschirm wandernden Elektronenstrahl – sind auch die Oszillogramme Figuren, die mit einem Zug geschrieben werden. Allerdings stößt man auf ihnen oft an Stellen, wo die Linie zu enden scheint. Dies rührt daher, daß die Geschwindigkeit des wandernden Strahls nicht überall dieselbe ist. An manchen Stellen verharrt er länger und erzeugt helle Flecke, über andere haucht er gleichsam hinweg und hinterläßt keine sichtbaren Lichtspuren. Übrigens ist die Geschwindigkeit, mit der die Bahn durchlaufen wird, auch beim Pendel nicht konstant, doch ändert sie sich dort nicht in dem Maß wie beim Oszillogramm, so daß die

Linien dort eine stets gleiche Dicke haben. Der Physiker kann diese Erscheinung schon aus den zeitabhängigen Bahngleichungen ersehen. Der Reziprokwert des Geschwindigkeitsbetrags ist ihm ein Maß für die Helligkeit – für die mathematisch interessierten Leser gebe ich die Gleichung an. Sie lautet

$$\text{Helligkeit} = \frac{1}{\sqrt{\dot{r}^2 + \dot{s}^2}}\,.$$

Es bleibt mir noch die Aufgabe, über die physikalischen Grundlagen der Lichtformen zu sprechen. Ich möchte das aber möglichst kurz erledigen, um so mehr, als es ziemliche mathematische Schwierigkeiten verursacht, aus der Art der Drillung und der Einspannung der Drähte ihre Gestalten abzuleiten. Diesen Teil schenke ich mir daher und nenne die Gleichungen, die diese Gestalt beschreibt, kurzerhand

$$x = x(u), \qquad y = y(u), \qquad z = z(u).$$

Dabei bedeutet u ein beliebiges Längenmaß auf dem Draht. Aus dem Blickwinkel der Kamera gesehen, soll sie in dem Moment, in dem sie zu schwingen beginnt, die Gestalt

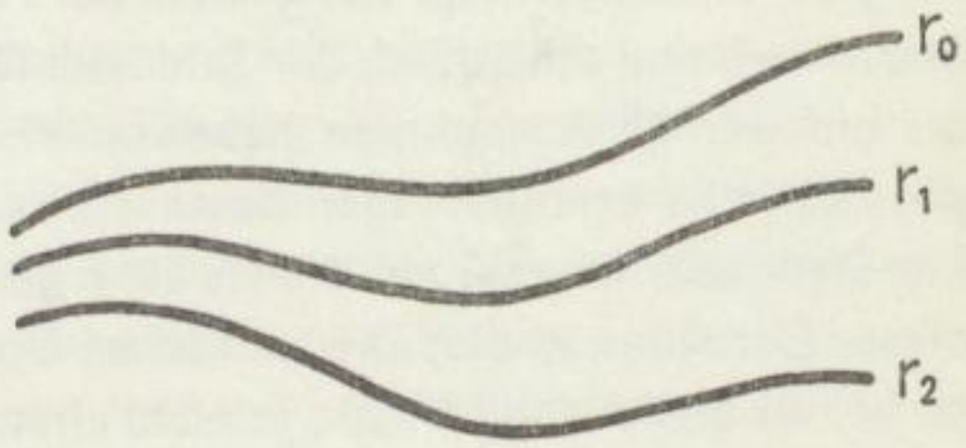
$$r_0 = r_0(s)$$

haben. Durch das Schwingen löst sich das Flächenkontinuum, das sonst beim Überstreichen mit der Kamera gebildet würde, in einzelne Streifen auf. In der zweiten Phase, die vom Fotoapparat festgehalten wird, wird sich die Ansicht der Kurve ein klein wenig verändert haben, da sie aus einem anderen Blickwinkel erfaßt wird. Die neue Kurve sei

$$r_1 = r_0(s) + l\,g_1(s),$$

wobei l eine konstante Größe ist. In der dritten Ansicht sei die Kurve:

$$\begin{aligned} r_2 &= r_1(s) + l\,g_2(s), \\ &= r_0(s) + l\,[g_1(s) + g_2(s)] \text{ usw.} \end{aligned}$$



Einzelne benachbarte Kurven einer Linearform

Da die Lichtform nicht in einem Zug gezeichnet wird wie das Schwingungsbild und das Oszillogramm, sondern aus vielen einzelnen Kurven besteht, kann es auch nicht durch eine Gleichung beschrieben werden, sondern nur durch die ganze Schar der Gleichungen:

$$r_0 = r_0(s),$$
$$r_1 = r_0(s) + l\,g_1(s),$$
$$r_2 = r_1(s) + l\,g_2(s) \text{ usw.}$$

Die Größe l bestimmt die Entfernung zwischen zwei benachbarten Kurven. Sie wird um so größer, je schneller sich die Kamera bewegt, und um so kleiner, je größer die Frequenz des schwingenden Drahtes ist. Es war vielleicht die schwierigste Aufgabe von Andreas Hübner und mir, sie so zu wählen, wie es die Ästhetik des Bildes verlangte. Das geschah von Fall zu Fall durch Variation der Geschwindigkeit, mit der wir die Kamera schwingen ließen. Mit Absicht bin ich auf die theoretischen Prinzipien unserer abstrakten Figuren nur so weit eingegangen, als unbedingt nötig war. Wollte man die der bisher gezeigten abstrakten Formen mit kompromißloser Genauigkeit erarbeiten, dann gäbe dies einen gewichtigen Band. Ich zweifle aber nicht daran, daß das eine sehr aufschlußreiche Arbeit wäre, die uns auf viele neuartige Darstellungsmöglichkeiten aufmerksam werden ließe.

Die Stetigkeit

Wir wollen nun sehen, wie weit uns unser Ausflug in die Theorie der Frage nähergebracht hat, derentwillen wir uns ja dieser Arbeit unterworfen haben: Woher rührt die Eleganz der abstrakten Gebilde? Wir vermuteten sie in der Gesetzmäßigkeit, und haben diese jetzt in einer Form erarbeitet, die keiner Steigerung der Präzision mehr fähig ist: in der Form mathematischer Formeln.
Darin liegt nun tatsächlich der Schlüssel für das, was ich Eleganz genannt habe. Bis auf wenige Ausnahmen haben nämlich alle mathematischen Formeln, die physikalische Erscheinungen beschreiben, eine Eigenschaft, die die Mathematiker Stetigkeit nennen und die sie sehr genau definiert haben. Die reale Essenz dieser Definition ist die: Die grafischen Darstellungen stetiger Funktionen haben an keiner Stelle einen Knick, ja nicht einmal einen Anflug eines solchen in Form

einer plötzlichen Krümmung oder dergleichen. Sie sind, wenn man das überhaupt sagen darf, schlechthin makellos, sie sind die vollendete Grazie in Person. Das geht so weit, daß stetige Kurven, die sich in ihrer Bahn irgendwo begegnen, sozusagen auch die Lage ihrer Teile daraufhin abstimmen, daß dieses Prinzip der Eleganz nirgends durchbrochen ist. Kein Künstler könnte Linienscharen, die er in flüssiger Weise anordnen soll, anmutiger legen, als das eine stetige Kurvenschar durch eine Art Selbstkontrolle automatisch besorgt.

Damit haben wir die Antwort auf die Frage nach der Ästhetik unserer abstrakten Gebilde gefunden; sie lautet: Ihre Schönheit liegt darin begründet, daß sie grafische Darstellungen von Zusammenhängen zwischen physikalischen Größen sind, die durch stetige Funktionen beschrieben werden.

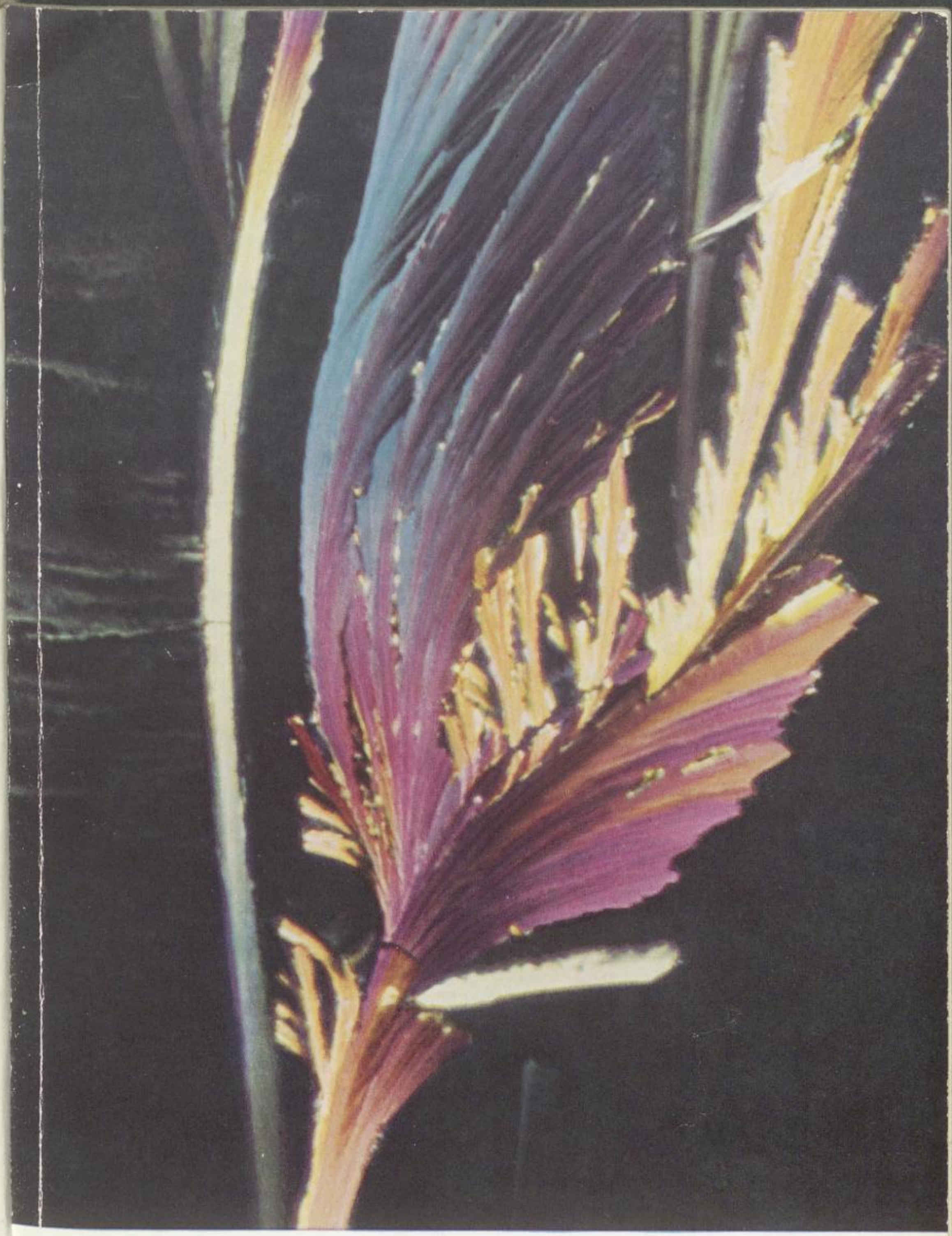
Dieses Ergebnis gibt uns einen unzweideutigen Hinweis darauf, was wir zu tun haben, wenn wir weitere Methoden abstrakter Bildgestaltung finden wollen: Wir müssen nach weiteren physikalischen Erscheinungen suchen, die wir ins Optische übertragen können. Wenn wir darauf achten, daß die Differentialgleichungen, denen die vorgenommenen Erscheinungen folgen, nicht dieselben sind wie bei anderen Erscheinungen, die wir unseren Zwecken bereits erschlossen haben, laufen wir auch nicht Gefahr, nach schwierigen Entwicklungsarbeiten schließlich nichts anderes erreicht zu haben, als was vielleicht auf eine andere schon erprobte Art bereits besser geht.

Da ich kaum je dazu kommen werde, allen diesen Möglichkeiten nachzugehen, will ich einige Phänomene nennen, die uns unbedingt zu neuen Effekten der beschriebenen Art führen sollten, wenn es gelingt, sie sichtbar zu machen: der Verlauf der Feld- und Potentiallinien von elektrischen und magnetischen Feldern, die Strömungslinien von Flüssigkeiten und Gasen bei klassischer Strömung und bei Wirbelung (Turbulenz), die Intensitäten von Ultraschallfeldern, Oberflächenformen von schwingenden Flüssigkeitsansammlungen im schwerelosen Raum unter dem Einfluß der Oberflächenspannung usw. Das Verhalten aller dieser Erscheinungen richtet sich nach Differentialgleichungen, die sogenannte Randwertaufgaben beschreiben. Das heißt: Jede Erscheinung folgt einer durch die Gleichung beschriebenen Eigengesetzlichkeit. Diese läßt aber viele Freiheiten offen, nach denen sich die endgültige Konfiguration richtet. Es sind die Rand- und Anfangsbedingungen, die Freiheitsgrade, die es uns gestatten, unsere Willkür weitgehend walten zu lassen. Ich würde mich freuen, wenn mich der eine oder der andere Leser mit einem in der angedeuteten Weise gewonnenen Ergebnis überraschen würde.

Die Tatsache, daß man die abstrakten Formen exakt durch mathematische Formeln beschreiben kann, hilft uns aber nicht nur in der Frage nach ihrer Eleganz weiter, sondern unterstreicht auch einige Eigenarten ihrer Entstehung.
Wir haben schon mehrmals bemerkt, daß sie nicht ins Gebiet der Fotografie gehören, wenn sie auch aus praktischen Gründen auf diese Weise festgehalten werden. Der eigentliche Akt ihrer Entstehung ist also nicht die Aufnahme mit der Kamera. Eher ist es der Vorgang, mit dem sich das Lichtornament in den Raum zeichnet. Ob es festgehalten wird, ist eine andere Frage. Wir sind mit dieser Antwort aber noch immer nicht zufrieden. Im Moment des Ablaufs ist das Geschehen ja schon vorbestimmt – gemäß der Wahl der Anfangs- und Randbedingungen, die mit der Art des Pendelanschlags, mit dem Drehen einiger Schaltknöpfe oder mit dem Einspannen eines Drahtes in einen Schraubstock vollzogen wird. Folglich ist dieses Einstellen die schöpferische Aktion! Alles Weitere geschieht rein mechanisch und ist unwesentlich. Nun resultiert aber aus unseren mathematischen Überlegungen, daß selbst dieses Einstellen nicht notwendig ist. Eine Person, die in die für die Methode charakteristische Bahnformel Werte für a, b, v, w usw. einsetzt, veranlaßt damit dasselbe, wie wenn sie handgreiflich an den Schaltknöpfen dreht, bzw.: Es ist gar nicht mehr notwendig, daß der durch die Wertewahl inspirierte Prozeß überhaupt ins Rollen kommt.
Wir wollen an dieser Stelle die Situation noch nicht auf die Spitze treiben und etwa überlegen, was geschieht, wenn man die Wahl der Werte a, b, v, w durch Würfeln bestimmte – wir werden uns damit noch beschäftigen müssen. Jedenfalls wird der Schauplatz unserer Formenproduktion dadurch aus der Werkstatt oder aus dem Labor in einen imaginären geistigen Raum übersiedelt und das Erzeugen der Formen selbst alles Unreinen, Materiellen entkleidet und sozusagen ätherisiert. Nur die Musik ist so weit ins Abstrakte vorgestoßen wie wir mit unseren Formkompositionen.

Die mathematischen Diagramme

Es ist eigentümlich, wie sehr sich jetzt jeder unserer Schritte als konsequente Folge des vorhergehenden aufdrängt. Während wir uns zuerst nur zögernd vorwärtstasteten, sind wir jetzt auf eine Bahn geraten, auf der wir wie von selbst



weiterschlittern. – Auch jetzt ergibt sich eine Idee als selbstverständliche Folge unserer vorhergegangenen Gedanken: Wenn die Ästhetik unserer abstrakten Schöpfungen in hohem Maß durch die Stetigkeit der Kurven erzeugt wurde, so sind wir ja genaugenommen gar nicht auf die physikalische Erscheinung angewiesen, denn in der Mathematik gibt es stetige Funktionen in Hülle und Fülle – mehr als in der Physik realisierbar sind.

Da uns auch hier die Anschauung am besten überzeugt, so holen wir uns ein Mathematikbuch heran und prüfen die darin auftauchenden Kurven auf ihre Schönheit. Im großen und ganzen finden wir unsere Erwartungen bestätigt – die Linienzüge sind tatsächlich von makelloser Eleganz. Man kann allerdings trotzdem nicht behaupten, daß alle schon vollendete Kunstwerke wären, und wir wollen untersuchen, was ihnen dazu fehlt. Zweifellos liegt es zunächst an der Art der Wiedergabe. Der Mathematiker will ja nicht mehr aus seinen Diagrammen lesen als funktionale Zusammenhänge – er braucht kein Hochglanzfoto und keinen Kunstdruck, dafür aber Hinweise auf mathematisch wichtige Details. Die Kurven sind daher meist mit Zahlenangaben durchsetzt oder in ein Koordinatennetz eingebaut. Verzichten wir einmal auf dieses Beiwerk! Wir bemerken, daß die Darstellung dadurch bereits merklich gewonnen hat. Trotzdem sind wir noch nicht völlig befriedigt. Woran liegt das?

Wenn wir die Diagramme aus den Lehrbüchern mit unseren abstrakten Formen vergleichen, so fällt uns auf, daß die ersteren meist lineare Gebilde sind – sie sind also nicht imstande, eine Fläche zu füllen. Das müssen wir aber verlangen, denn wir streben nun einmal nach einer flächenhaften Darstellung. Es gibt nun in der Mathematik viele Gleichungen, die, grafisch aufgezeichnet, nicht als Einzelkurven, sondern als Kurvenscharen erscheinen. Außerdem können wir aus jeder einfachen Kurve

$$r_0 = r_0(s)$$

eine Kurvenschar gewinnen, indem wir eine zweite Funktion dazuzählen, aber nicht gleich im vollen Betrag, sondern in Bruchstücken:

$$r = r_0(s) + m\,g(s);$$

dabei wächst m von 0 auf alle positiven und negativen Werte. Es ist uns überlassen, welche von diesen unendlich vielen Kurven wir auch tatsächlich zeichnen

wollen. Wir können z. B. m stets um 1 anwachsen lassen und bringen aufs Papier die Kurven:

$$r_0 = r_0(s),$$

$$r_1 = r_0(s) + g(s), \qquad r_{-1} = r_0(s) - g(s),$$

$$r_2 = r_0(s) + 2g(s), \qquad r_{-2} = r_0(s) - 2g(s) \text{ usw.}$$

Wir können m auch als $^1/_{10}$ wählen. Dann erscheinen die Kurven

$$r_0 = r_0(s),$$

$$r_1 = r_0(s) + \frac{1}{10} g(s), \qquad r_{-1} = r_0(s) - \frac{1}{10} g(s),$$

$$r_2 = r_0(s) + \frac{2}{10} g(s), \qquad r_{-2} = r_0(s) - \frac{2}{10} g(s) \text{ usw.}$$

Vergleichen wir einige solcher Kurvenscharen miteinander, so sehen wir, daß den Werten von m nach unten zu eine Grenze gesetzt ist: Sie dürfen nicht so klein werden, daß unsere einzelnen Kurven ineinanderfließen. Andererseits wird das Gebilde um so gröber, je größer m wird, d. h. je weiter sich die Kurven voneinander entfernen. Am schönsten wirken die Gebilde, wenn wir den goldenen Mittelweg einhalten, d. h. m so wählen, daß die Kurven zwar möglichst nahe aneinandertreten, sich aber trotzdem auch an den Stellen, wo sie am nächsten zusammenkommen, nicht berühren.

Nun haben wir schon viel gewonnen. Unsere Bildwerke lassen an Eleganz nichts zu wünschen übrig. Sie sind außerdem von einer angenehmen Zartheit und im Detail wie in der Gesamtheit von uneingeschränkter Harmonie. Sie haben aber auch einen Nachteil: Sie sind langweilig. Es fehlt ihnen irgend etwas, ein Zentrum, ein Blickpunkt, eine interessante Einzelheit, um die sich alles andere gruppiert. Bei einigen unserer Kurvenscharen finden wir sogar Anflüge solcher Kulminationszentren: Da scheinen die Kurven plötzlich alle an einer Stelle auszuschlagen, und entlang einer Leitlinie zieht ein eigentümliches Flimmern, oder um einen Punkt herum entsteht eine Art Wirbel. Es sind Stellen, an denen unser Blick haftet und von dem aus er seine Wanderung beginnt. Vielleicht gelingt es uns, den Effekt auf irgendeine Weise zu verstärken.

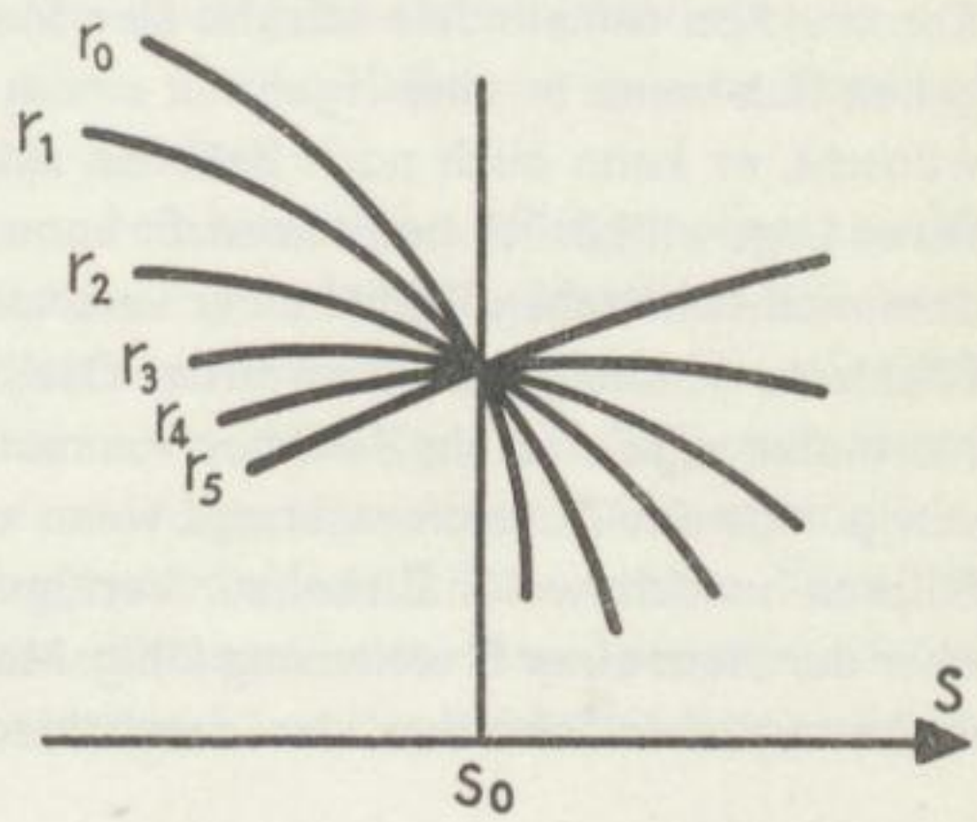
Nehmen wir einmal unsere abstrakten Formen zur Hand und sehen wir nach, ob es auch dort solche Linien und Punkte gibt. Wir finden sie tatsächlich, und jetzt fällt uns auch auf, daß das Interessante einer Figur gerade von diesen Orten

ausgeht. Es sind vor allem jene Stellen, an denen sich die Kurven in irgendeiner Weise kreuzen.

Wir können zwei Möglichkeiten unterscheiden. Entweder es handelt sich um einen Punkt, durch den alle Kurven durchgehen; dann haben wir den einfachen Fall eines Konvergenzzentrums vorliegen – der Mathematiker spricht von einem singulären Punkt. Oder die Linien kreuzen sich in verschiedenen Punkten, und zwar so, daß die Kreuzungspunkte von je zwei benachbarten Kurvenpaaren stets auch nahe beieinanderliegen. Die Verbindungslinie dieser Kreuzungspunkte ergibt dann eine neue, besonders hervorgehobene Linie, die der Mathematiker als Einhüllende bezeichnet und zu den singulären Kurven rechnet.

Rasch schreiben wir noch die Gleichungen hin – nicht, um dem Ganzen ein gelehrtes Aussehen zu geben, sondern deshalb, weil der mathematisch geübte Leser daraus noch viel mehr entnimmt, als wir hier aussprechen können. Selbst wenn Sie jetzt darüber hinwegblättern – das können Sie ohne Schaden tun –, vielleicht haben Sie in einer Mußestunde Zeit dafür, sich einmal in Ruhe den Formeln zu widmen, und Sie werden staunen, wie sehr die Verhältnisse dann noch an Klarheit gewinnen.

Bei der Gruppe von Figuren, die wir jetzt behandeln, dreht es sich immer um lineare Gebilde, um Kurvenscharen oder um Kurven, die auf eine begrenzte Fläche beschränkt sind und sich daher in ihren einzelnen Abschnitten so nahe kommen, daß derselbe Effekt entsteht wie bei den Kurvenscharen. Kümmern wir uns einmal nicht darum, welche der beiden Arten vorliegt. Betrachten wir nur einen Ausschnitt aus dem Gesamtbild und beschreiben wir die einzelnen darin



Kurvenschar mit singulärem Punkt

enthaltenen Kurvenstücke mit $r_0, r_1, r_2, r_3 \ldots r_n$, dann gilt als mathematische Bedingung für das Auftreten eines singulären Punktes

$$r_0(s_0) = r_1(s_0) = r_2(s_0) = \ldots = r_n(s_0).$$

Als Bedingungsgleichung für eine singuläre Linie, eine Einhüllende, erhalten wir

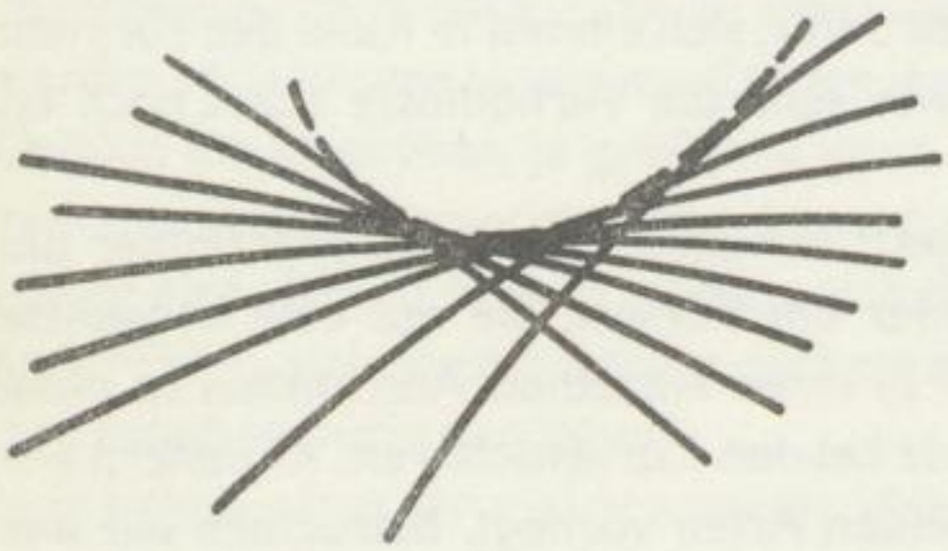
$$r_0(s_0) = r_1(s_0)$$

$$r_1(s_0 + d) = r_2(s_0 + d)$$

$$r_2(s_0 + d + e) = r_3(s_0 + d + e)$$

$$r_3(s_0 + d + e + f) = r_4(s_0 + d + e + f) \text{ usw.}$$

Dabei sind die Distanzen d, e, f usw. kleine Größen. Ein Blick auf die dazugehörige Skizze zeigt deutlich, wieso es zu dieser Formulierung kommt.



Kurvenschar mit Einhüllender

Was wir damit gegeben haben, ist nichts anderes als eine Anweisung für die Konstruktion ästhetischer Effekte. Der Mathematiker weiß nun, wie er vorzugehen hat, wenn er eine Figur mit einem oder mehreren Konvergenzpunkten wünscht, er kann auch nach Belieben singuläre Linien legen und dabei auch deren Lage willkürlich bestimmen. Er kann noch ein übriges dazu tun und sich mit dem mathematischen Kalkül einer veränderlichen Liniendicke beschäftigen, um Effekte zu erhalten, wie wir sie an den Oszillogrammen kennengelernt haben.
Normalerweise muß ein Zeichner von mathematischen Diagrammen seine Kurven punktweise zusammensetzen, wenn es sich nicht gerade um Kreise oder Ellipsen handelt, wofür Zirkel zur Verfügung stehen. Das Prinzip des Zirkels ist aber durchaus einer Erweiterung fähig. Man braucht dazu einen auf einem Bügel freibeweglichen Schreiber, der in verschiedenen beliebig wählbaren Kurven ge-

führt werden kann. Koppelt man auch die Zeichenebene mit einem Bewegungsmechanismus, der sie beliebige regelmäßige Bewegungen ausführen läßt, dann entsteht die Kurvenschrift aus der relativen Bewegung des Schreibers gegen die Zeichenebene. Durch die Wahl der Bewegungsformen kommt man zu sehr interessanten Kurvenzügen.

Noch eine Erweiterung unserer Darstellungen nach einer ganz anderen Richtung ist möglich: die in den Raum hinein. Nichts hindert uns daran, unser geometrisches Netz auch in die dritte Dimension hinein auszubauen und die mathematischen Formeln dafür aufzustellen. Es ist bemerkenswert, daß manche Künstler ganz von selbst und ohne die langwierigen theoretischen Vorbereitungen, denen wir uns unterworfen haben, zu einer Realisierung dieser rein abstrakten Gedanken gekommen sind. Sie schufen Plastiken aus Drähten und gespannten Nylonfäden, die den Effekt, den wir von unseren flächenhaften Formen her kennen, noch verstärken. Das rührt daher, daß unser Blick die räumliche Struktur des Ganzen ins Flächenhafte transformiert wiedergibt. Aus jedem Gesichtswinkel, den wir einnehmen, erscheint die Form anders, und wenn man sich auch nur leicht bewegt oder wenn die Plastik kreist oder pendelt, dann ändert sich das Erscheinungsbild fließend, Linien scheinen durch die Drähte oder Fäden zu laufen, und einhüllende Kurven, die nicht alle reell existieren, sondern oft auch nur scheinbar durch die Überlagerung weiter vorne und weiter hinten liegender Linien entstehen, wandern durch den Raum. Es hat auch nicht an Vergleichen zwischen solchen Arbeiten und mathematischen Modellen gefehlt. Den anschaulichsten Hinweis auf ihre Formverwandtschaft gab F. Le Lionnais durch seinen Aufsatz »Paysages Mathématiques«, Mathematische Landschaften, in der Zeitschrift Quadrige. Im Bildteil bringe ich zwei geometrische Modelle aus dem Mathematischen Institut Amsterdam, die in der Ausstellung »Moderne Kunst, alt und neu« als Vergleichsobjekte gezeigt wurden.

Dem leidigen Problem einer bequemen räumlichen Darstellungsmethode suchte ich auf andere Weise beizukommen. Mit einem weißgefärbten Stab aus plastischem Material, dem ich die Form bestimmter mathematischer Kurven gab, zeichnete ich Flächen in den Raum, die sich stereofotografisch festhalten lassen. Das Stereofoto ist jedoch noch keiner befriedigenden Wiedergabe zugänglich – ein Beispiel, wie wichtig die Forderung nach Reproduktion ist; alles Räumliche können wir bisher nun einmal nur als zweidimensionales Projektionsbild wiedergeben, wobei es sein Wesen verliert. Um Ihnen von der Plastizität meiner Raum-

studien eine Vorstellung zu geben, habe ich meinem bewegten Stab Schichtenlinien aufprojiziert und ihn auf gewöhnliche Art aufgenommen, wodurch die ebene Darstellung als Kompensat für die Räumlichkeit eine Schichtengliederung erhielt und somit auch in der Ebene eine vollwertige Darstellung entstand – wenn auch etwas ganz anderes daraus wurde als die ursprüngliche Raumfläche. Der Mathematik nach gehören die geschichteten Raumstudien zu den Linearformen.
Damit sind wir aber immer noch nicht auf der letzten Stufe angelangt. Die Mathematik kann noch mehr. Man kann mit ihr alle im zwei- und dreidimensionalen Raum gemachten Überlegungen auf vier-, fünf- und mehrdimensionale Räume verallgemeinern. Dadurch erhält man vieldimensionale Gebilde, von denen man weiß, daß sie von höchster Ästhetik sind, obwohl man sich ebensogut darüber im klaren ist, daß man sie niemals bauen, ja nicht einmal sich vorstellen kann. Das einzige, was sich vorstellen und vielleicht in einem oder anderen Fall auch irgendwie verwirklichen läßt, sind sogenannte drei- oder zweidimensionale Schnitte durch die mehrdimensionalen Gebilde.
Hier ist es also nicht nur möglich, die Beschäftigung mit den Formgebilden auf eine geistige Ebene zu rücken, sondern es gibt gar keine Alternative – es handelt sich um reine Gedankenabstraktionen, um etwas völlig Neuartiges, wofür wir nicht einmal einen Namen haben – es ist ein gedankliches Spiel in Bereichen, wo Mathematik und Ästhetik eins werden, eine Kontrapunktik der abstrakten Form. Zum erstenmal sind wir an eine Grenze gelangt, über die wir vorderhand nicht hinauskönnen.

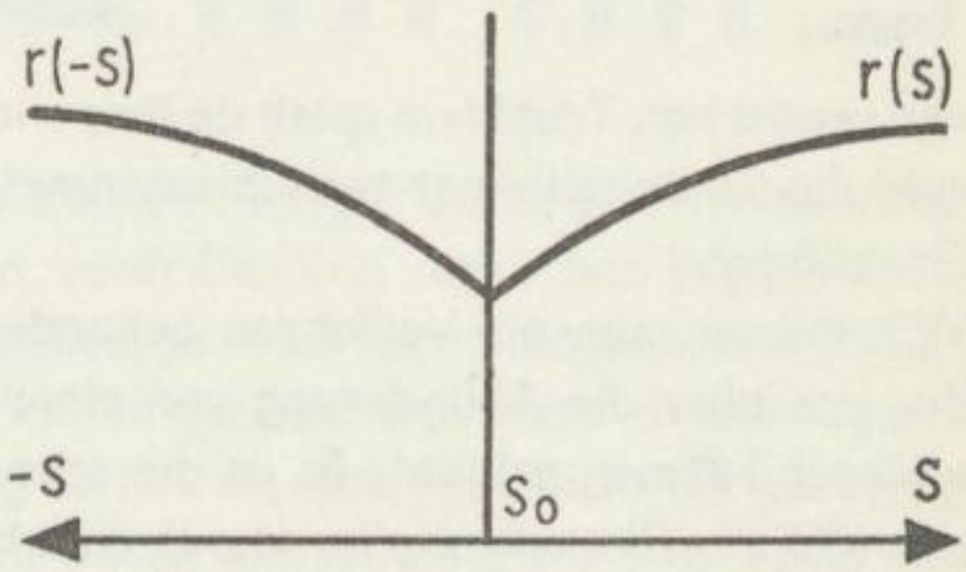
Die Flächenkompositionen

Mit Absicht habe ich die Situation an Hand der Kurvenkonstruktionen erläutert – erstens, weil wir hier bereits über die meisten Glieder der Kette verfügen, die von der Entdeckung der strukturierten Form in der Natur bis zur Geistesakrobatik einer mehrdimensionalen geometrischen Formenlehre reicht, zweitens weil die linearen Strukturen die einfachsten sind. Neben diesen gibt es aber noch andere Kategorien, denen wir uns auch, obzwar nicht so eingehend, widmen wollen.
Wir haben uns bisher ausführlich mit dem ästhetischen Effekt der Überlagerung

beschäftigt. Hätten wir uns historisch ausrichten wollen, dann wäre ein anderes, vielgebrauchtes ästhetisches Prinzip früher drangekommen: das der Symmetrie. Die Symmetrie tritt im Pflanzen- und Tierreich so oft auf, daß es weiter nicht verwunderlich ist, daß man sie schon in den ersten Anfängen der Kunst verarbeitet findet. Vom Blatt, von der Blüte, vom Tierkörper bis zum Wappen, zum Teppichmuster, zum geschmiedeten Gitter führt nur ein Schritt.
Wir unterscheiden einige Arten von Symmetrie – Zentralsymmetrie, Achsialsymmetrie usw. Ganz allgemein kann man sie als ein geometrisches Prinzip der Wiederholung bezeichnen: Was auf der einen Seite eines Punkts oder einer Linie liegt, muß auch auf der anderen zu finden sein. Wenn uns auch hier ein mathematischer Seitenblick gestattet ist, so werfen wir ihn auf die Definitionsgleichung der Symmetrie:

$$r(s) = r(-s).$$

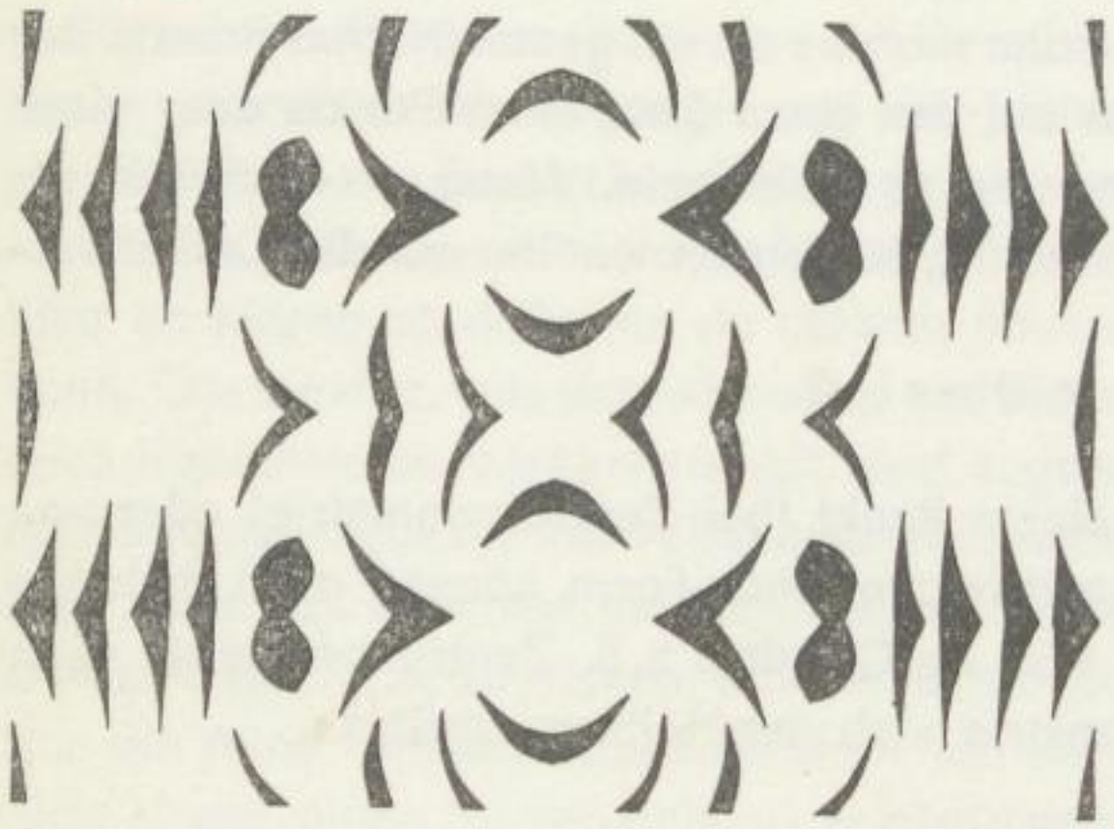
Dabei ist s die Entfernung von einem Punkt (bei Zentralsymmetrie) oder von einer Geraden (bei Achsialsymmetrie). In einer Form können auch mehrere Symmetrieprinzipien verankert sein, im Quadrat z. B. Zentralsymmetrie nach dem Mittelpunkt und Achsialsymmetrie nach vier Halbierungslinien.



Kurven, zur Achse $s = s_0$ symmetrisch

Wir kennen einige grafische Methoden oder auch bloß ästhetische Spielereien, die auf der Symmetrie fußen. Ich meine damit z. B. die Methode des Scherenschnitts, mehrmals gleichmäßig gefaltete Papierstücke irgendwie zu beschneiden. Breitet man sie wieder aus, so findet man – wie es ja dem Vorgang nach sein muß – Symmetrie hinsichtlich der Faltungslinien. Auch das Kaleidoskop beruht auf der Symmetrie, die durch Spiegelsysteme erzeugt wird; dabei spielt allerdings noch das Moment der Farbe mit, auf das wir noch zurückkommen werden.

Bemerkenswert ist, daß die Grundfigur in beiden Fällen völlig regellos gestaltet sein kann – dennoch entstehen durch die Symmetrisierung Gebilde von unableugbarer Schönheit.
Die Symmetrie wird heute in der Kunst und auch in der modernen Grafik nicht mehr so oft eingesetzt wie früher, wo man sie auch häufig an unpassenden Orten



Scherenschnitt
mit 2 Symmetrieachsen

verwendet hat. Trotzdem spielt sie ihre wichtige Rolle weiter, denn oft genug beruht die Schönheit einer typisch asymmetrischen Form auf der Symmetrie der Grundfigur.
Wir müssen nun ein Verfahren behandeln, das uns zwar nichts Neues liefert, das uns aber die Abänderung von einer Form in eine unübersehbare Menge anderer Formen erlaubt: Es ist die schon erwähnte Transformation. Man beschreibt eine Transformation durch eine bestimmte Anweisung. Z. B.: Setze alle Punkte einer Figur um 1 cm tiefer. An der Form hat sich dann nichts geändert, doch die gesamte Figur hat ihren Ort verändert; wir haben es mit einem der einfachsten Fälle einer Transformation zu tun, mit einer Translation. Oder: Ziehe eine Gerade durch die Figur und verdopple die Entfernungen aller Punkte von dieser. Dann erhalten wir ein in die Breite gezogenes Gebilde. Wir können aber auch verlangen: Verdopple alle Entfernungen auf der rechten Seite der Geraden und halbiere die der linken. Dann zieht sich der rechte Teil unserer Grundfigur in die Breite, der linke wird schlanker. Übrigens blieb bei den beiden ersten

Transformationen die Symmetrie erhalten, bei der dritten aber nicht. Wir sehen also bereits einen Weg, aus symmetrischen Formen asymmetrische abzuleiten. Das waren nur ein paar ganz primitive Beispiele. In Wirklichkeit ist, wenn ich so sagen darf, gar nicht auszudenken, was man sich alles ausdenken könnte. Belie-

Scherenschnitt mit 4 Symmetrieachsen

bige Verzerrungen sind möglich, wir können eine Figur durch eine Transformation in die Länge ziehen und quetschen, verdrillen und verbiegen, Wellen überlagern oder aus Rundungen Ecken machen, ja es ist sogar möglich, eine Figur, die einem zu einfach erscheint, zu vervielfältigen und sich selbst zu überlagern. Jedenfalls kann man die Verwandlung so führen, daß man nicht die geringste Ähnlichkeit mit der Ausgangsform mehr findet, und jemand, der sonst keine Einfälle hat, aber die Theorie der Transformationen beherrscht, könnte aus einem einzigen Grundgebilde sein ganzes Leben lang neue Kompositionen schaffen, ohne daß ihm das Publikum auf die Schliche kommt. Selbstverständlich ist der Formalismus der Transformationen ein mathematischer – Sie brauchen aber diesmal nichts zu überblättern, ich schreibe keine Formel auf.
Nach diesen konstruktivistischen Erörterungen wenden wir uns einer Kategorie von Bildformen zu, die an Mannigfaltigkeit die Linearformen noch übertrifft; man könnte letztere sogar als Spezialform dieser neuen Art betrachten: Es sind die

Flächenformen. Wir werden uns aber hier nicht der gleichen Ausführlichkeit befleißigen wie bisher, sondern nur einen gewissen Überblick zu gewinnen trachten.

Flächen sind von Linien begrenzt – und das ist sogar das Wesentliche an ihnen, denn sonst haben sie, zumindest im Zweidimensionalen, nichts zu bieten. Wir können daher viele unserer früheren Erfahrungen auch auf das Gebiet der Flächen ausdehnen. So gilt das, was wir über die Eleganz der Kurven wissen, genauso für die Umrisse der Flächen, und wir wissen also, daß ihre Ästhetik vor allem von der Stetigkeit der Kurven abhängt. Daraus folgt: Läßt man einige stetige Kurven kreuz und quer übers Papier laufen, dann werden die von ihnen geschnittenen Flächen sehr angenehm wirkende Gebilde werden.
Beispiele dafür stammen von dem Ludwigshafener Maler Eugen Roth – nicht zu verwechseln mit seinem dichtenden Namensvetter. Die stetigen Kurven liefern ihm gebogene Stahlbänder, die er so, daß sie einander überschneiden, über eine Ebene, etwa eine Mauer, montiert. Ihm kommt es auf die Flächen an, die durch die Kurven ausgeschnitten werden, und die er farbig unterstützt. Da seine Metallbänder einige Zentimeter von der Mauer abgehoben sind, entsteht ein anmutiges Widerspiel von Flächen, Kurven und Schatten.
Eine etwas weniger manuell fundierte Möglichkeit schenkt uns wieder die Kamera. Andreas Hübner und ich fotografierten Lichtreflexe, stellten jedoch die Bildebene so ein, daß die reflektierenden Punkte als Kreise und Ellipsen abgebildet wurden. Das Ergebnis waren Flächenüberlagerungen mit unzähligen, verschieden hell abgestuften Kreis- und Ellipsenschnitten.
Im Bereich der Flächenkompositionen tritt ein neues ästhetisches Moment auf, das wir beachten müssen, wenn unsere Ergebnisse befriedigen sollen. Es betrifft die Verteilung. Man hat viele mehr oder weniger gute betont flächenhaft gehaltene Grafiken geprüft und festgestellt, daß manche gut ausgewogen erschienen, andere nicht. Schon der Ausdruck »ausgewogen« legt den folgenden Versuch nahe: Legt man auf alle dunklen Flächen Bleigewichte in der Gestalt von diese gerade deckenden Platten, so hält der Zeichenkarton das Gleichgewicht, wenn man ihn im Mittelpunkt stützt, natürlich vorausgesetzt, daß er sich nicht durchbiegt. Man darf diese Regel nicht als unumstößliches Gesetz nehmen, aber sie stimmt öfter, als man denkt – sogar dann, wenn es sich um farbige Flächen handelt. Dann muß man allerdings die Dicke der Bleiplatten gemäß dem Tonwert der Farben abstufen, und zwar so, daß die dunkelsten Farben die dicksten Platten bekommen.

Viel reizvoller als Flächenausschnitte in der Ebene sind Flächenformen im Raum. Dieses Gebiet ist noch wenig bearbeitet, vor allem deshalb, weil es schwer ist, komplizierte Formen, die einander schneiden und durchdringen, in Materie umzusetzen. Gerade in diesen Überschneidungen liegt aber der Reiz der Form – es sind singuläre Punkte und Linien, genauso wie bei den Kurvenscharen unserer früheren Betrachtungen. Sicher wird uns die Technik noch ein Material bescheren, mit dem man auch der geometrischen Raumplastik nähertreten könnte. Einige Versuche sind schon unternommen worden: mit den Werkstoffen Glas und Plexiglas; auf durchsichtige Stoffe wird man kaum verzichten können, weil man sonst nur die Oberfläche, nicht aber die Durchdringungen sehen kann. Ein Künstler, der Mailänder Maler Bruno Munari, hat als Material Drahtnetze verwendet. Er erzielt dadurch ähnliche Überlagerungseffekte, wie sie für die schon erwähnten Plastiken aus Nylonfäden kennzeichnend sind.

Aber diese Versuche befriedigen noch nicht ganz. Das liegt nicht zuletzt an den Lichtreflexen, die die Feinheiten der Flächenformen zurückdrängen. Man müßte sie im Röntgenlicht beobachten, das keine Reflexe gibt – das haben Ultralichtaufnahmen von Metall und Plexiglas bestätigt. Aber das sind doch nur flächenhafte Wiedergaben, denen der Reiz des Räumlichen mangelt. Eine Möglichkeit, die uns die Aussichten wenigstens erahnen läßt, liefern die durchsichtigen Häutchen aus Seifenschaum, wie man sie zum Seifenblasen verwendet. Schreibt man ihnen durch Drahtbügel bestimmte Randbedingungen vor, so kann man außer der Kugelform die verschiedensten anderen Flächenarten beobachten. Ihrer Physik nach sind es Minimalflächen, d. h. Flächen, die bei gegebener Umrandung den kleinsten Flächeninhalt haben. Leider aber sind Seifenblasen subtile Gebilde, die es weder gestatten, mit ihnen nach Herzenslust zu hantieren, noch sich irgendwie präparieren und aufbewahren lassen.

Wir haben weiter oben erwähnt, daß wir die Kurvenabstraktionen als Spezialfall der Flächenformen auffassen können. Wir brauchen dazu nichts anderes zu tun, als uns auf Kurvenscharen als flächenbildende Elemente zu beschränken. Bringen wir die Einzelkurven nahe genug aneinander und färben die Zwischenräume abwechselnd schwarz und weiß, dann sind wir bereits dort, wo wir unseren mathematisch-ästhetischen Streifzug begonnen haben: bei den Linearformen. Diese Art der Annäherung hat mich zu einer interessanten Art von Darstellungen geführt, zu Mitteldingen zwischen Linien- und Flächenkompositionen. Gemeinsam mit Andreas Hübner habe ich zwei oder drei Kurvenscharen, realisiert

durch gerippte und drapierte durchsichtige Stoffe, überlagert und fotografisch aufgenommen und einen Effekt erhalten, den der Mathematiker als eine Art Interferenzerscheinung bezeichnen könnte. Sind Sie schon einmal an zwei hintereinanderstehenden Lattenzäunen vorbeigegangen? Dann wird Ihnen kaum entgangen sein, daß mit Ihnen dunkle und hellere Streifen wanderten. Denn dort, wo sich, von Ihrem Blickwinkel aus gesehen, die Zwischenräume des einen Zauns mit den Latten des anderen deckten, hatten Sie den Eindruck »dunkel«, im andern Fall, wenn die Latten des einen Zauns vor denen des anderen lagen, den Eindruck »hell«; denn dann konnte das Licht durch die Zwischenräume zu Ihnen dringen.
Bei unserem Versuch zeigte sich dieselbe Erscheinung. Wo sich die dunklen Linien deckten, entstanden helle, wo sie auf die hellen Zwischenlinien zu liegen kamen, dunkle Stellen. Infolge der eleganten Wellengestalt der Drapierung – im wesentlichen ein Elastizitätseffekt – liefen diese dunklen und hellen Stellen in anmutigen Kurven übers Papier und erzeugten so eine Flächenmusterung. Wenn man genau hinsieht, so sieht man, daß sich diese aus kleinsten Rhombenflächen zusammensetzt. Wir sind mit unseren »Wellenformen«, wie wir sie genannt haben, also durch sich überlagernde Linearformen zu Flächenkompositionen gekommen.

Das Prinzip der Unordnung

Bisher haben wir uns nur mit stetigen Funktionen beschäftigt und uns darüber gefreut, daß sie ein so nettes Aussehen haben. Andererseits aber haben wir gesehen, daß es gerade die Unstetigkeitsstellen, die singulären Punkte waren, die etwas Leben in die Substanz hineingebracht haben. Es schaut fast so aus, als ob uns das Vollendete gar nicht restlos zusagt, als ob es irgendeine Fehlstelle geben müßte, der gegenüber wir das Makellose erst richtig schätzen können. Es sollte uns auch zu denken geben, daß wir zwar einerseits eine komplizierte Darstellung als chaotisch ablehnen, wenn ein gewisses Maß an Überladenheit überschritten ist, andererseits aber etwas zu Einfaches – ein Quadrat, einen Kreis, wohin manche Maler schon als Quintessenz ihres Ringens um die Form gelangt sind – als primitiv ansehen. Wir müssen wohl daraus die Lehre ziehen, daß auch hier eine einfühlende Beschränkung auf das Wesentliche am Platze ist, die aber

nicht ins Banale ausarten darf. Und das ist auch gut so, denn so verlieren wir einerseits nicht den Boden unter den Füßen, andererseits gleiten wir nicht ins Seichte ab. Der richtige Weg führt über den Grund des Maßvollen, der Disziplin. Trotzdem scheuen wir nicht zurück, auch einmal ins Gebiet der unstetigen Funktionen abzuschweifen. Wir haben bereits erwähnt, daß in der Natur hauptsächlich solche Vorgänge ablaufen, die durch stetige Funktionen beschrieben werden. Es gibt aber doch auch einige andere Vorgänge – solche, die durch unstetige Funktionen beschrieben werden. Sie verlaufen allerdings auch keineswegs gesetzlos, sondern folgen einem höheren Ordnungsprinzip: dem der Statistik. Wir wollen es aber lieber das Gesetz der Unordnung nennen. Ohne näher auf die Theorie einzugehen, erwähne ich einige Beispiele, die uns das Charakteristische zeigen: Wenn ich eine Handvoll Erbsen über einen Tisch zerstreue, so sind sie statistisch verteilt oder, wie wir sagen: ungeordnet. Wenn ich fünfzig Mäuse in einen Käfig sperre, so bewegen sie sich nach statistischen Gesetzen; also: ungeordnet. Wenn eine Granate in ein Haus einschlägt, dann fliegen die Ziegel nach allen Seiten auseinander – statistisch verteilt: ungeordnet.

Wir haben bereits einige Beispiele für eine solche Anordnung kennengelernt, z. B. in der Verteilung von Tröpfchen unter dem Mikroskop oder in den Formen der auseinandergerissenen Paragummischicht, die eine eigenartige Gewächsstruktur zeigte. Diese Formen sind zweifellos auch interessant und nicht ohne ästhetischen Reiz. Wir können daher genauso, wie wir es früher mit unseren geordneten Formen getan haben, auch jetzt vorgehen, also zunächst physikalische Erscheinungen suchen, die nach statistischen Gesetzen vor sich gehen. Ein Beispiel sind elektrische Gleitentladungen. Dr. Christoph Meyer in Eindhoven hat eine Methode gefunden, sie sichtbar zu machen. Er legte eine Fotoplatte auf eine leitende Schicht, von oben gegen die Mitte des Films richtete er eine Spitze. Legte er Spannungen von einigen tausend Volt zwischen der leitenden Schicht und der Spitze an, dann entlud sich unter bestimmten atmosphärischen und chemischen Voraussetzungen die Spannung durch die Luft oder das Gas über dem Film. Die Helligkeit dieses Phänomens genügte, um den Film zu sensibilisieren, und nach dem Entwickeln fand Dr. Meyer ein genaues Abbild des flächenhaften Entladungsverlaufs. Es waren gelappte oder fächerförmige Kurvenbüschel von zweifellos sehr feinen Formen.

Auch die Form einer Raumentladung kann man festhalten – z. B. indem man einen Plexiglaswürfel mit Elektronen bestrahlt. Je nach der Energie und der sich

daraus ergebenden Durchdringungsfähigkeit bleiben sie in einer bestimmten Entfernung von der Oberfläche stehen, durch die sie eingedrungen sind. Durch einen mechanischen Reiz, also etwa das Anbohren des Würfels mit einem feinen Drillbohrer, löst man eine spontane Entladung aus. Die Elektronen bewegen sich auf die Metallspitze des Bohrers zu und hinterlassen als Bahnspuren matte Linien. Das im Innern des Plexiglaswürfels entstehende Gebilde hat die Form einer feinverästelten, zerbrechlichen Staude.
Die nächste Stufe führt zur mathematischen Beschreibung von unstetigen Kurvenscharen. Hier erleiden wir aber Schiffbruch, denn es gibt zwar Funktionen mit einer oder auch mit mehreren Singularitäten, aber eine in ihrem vollen Verlauf unstetige Funktion können wir nicht in Formeln ausdrücken. Wir müssen daher bei physikalisch-technischen Verfahren bleiben oder zur manuellen Produktion zurückfinden. Was ist dazu zu tun? Genügt es, einen Pinsel zu nehmen, ihn in Farbtöpfe zu tauchen und damit wahllos auf der Leinwand hin und her zu fahren? – Hier sind wir aber beim Problem der modernen Kunst angekommen, von der man sagt, daß sie am Publikum vorbeiläuft.

Die moderne bildende Kunst

Je mehr Gefühlswerte in einen Streit hineingetragen werden, um so mehr ist es angebracht, nüchtern zu bleiben. Die Frage, ob Kunstwerk oder nicht, ist sinnlos, wenn man nicht genau und mit sachlicher Verständlichkeit sagt, was man darunter verstehen will. Immerhin gibt es zwei Prädikate, die man an einer Darstellung beurteilen kann. Das ist einerseits die Kraft ihrer Aussage, andererseits ihre Ästhetik. Aber auch das sind Werte, die nicht für jeden in gleicher Weise gelten. Wenden wir uns zunächst der Ausdrucksfähigkeit zu. Wir wollen dabei ganz außer acht lassen, ob die betreffende Aussage für uns angenehm oder unangenehm ist. Weiter wollen wir jene Arbeiten ausschließen, die nicht allgemein verständlich sind. Vielleicht mag ein Psychoanalytiker einer abstrakten Komposition etwas Wissenswertes entnehmen – wir schreiben ihr keine Ausdrucksfähigkeit zu. Dasselbe gilt für die geometrische Beschreibung mathematischer und physikalischer Zusammenhänge, die nur der Fachmann versteht. Auch allen rein

naturalistischen Bildwerken, gleichgültig, ob Gemälde oder Fotografien, werden wir keine besondere Aussagekraft zugestehen. Sie teilen uns mit, daß die dargestellten Gegenstände existieren – nicht mehr. Als Bildwerke, die einer echten Aussage fähig sind, können wir also nur folgende bezeichnen: Werke der bildenden Kunst in allen Graden der Stilisierung, Reportagefotos und die Bilder, die nach den eingangs beschriebenen technischen Abbildungsmethoden entstanden.
Da also das Prädikat der Aussagekraft nur einigen Sparten zukommt, dürfen wir es nicht als Werturteil heranziehen; ich möchte die Aussage lieber als eines der möglichen Motive eines Kunstwerks oder einer sonstigen bildmäßigen Darstellung bezeichnen. Somit bleibt uns nur der ästhetische Gehalt als kennzeichnende Eigenschaft. Hier müssen wir sehr vorsichtig mit unseren Schlüssen sein. Es gibt Dinge, die in uns angenehme Assoziationen hervorrufen – dadurch kann bei gegenständlichen Darstellungen leicht eine Verfälschung des Ergebnisses eintreten. Wir wollen jetzt nur die Form- und Farbkomposition betrachten und ganz vom Bildinhalt absehen, was allerdings eines ziemlichen Abstraktionsvermögens bedarf. Es gibt neurotische Zustände, in denen der Mensch zwar alles sieht, aber nichts mehr erkennt. Wenn wir die Form- und Farbkomposition eines Werks der bildenden und abbildenden Methoden beurteilen sollen, dann müssen wir uns in den Zustand eines solchen Menschen versetzen.
Mit dieser Betrachtungsweise fällt übrigens auch die Ablehnung solcher Arbeiten weg, mit denen der Künstler etwas Unangenehmes, oft sogar Häßliches dargestellt hat; es kommt nur mehr auf das Wie an. Mit ihr kommen wir auch aus dem Dilemma heraus, das uns vor stark stilisierten Darstellungen erfaßt – vor rotem Gras, vor einem Menschen mit zwei Köpfen usw. Ist es dem Maler gelungen, eine ästhetische Form zu bilden, dann rechtfertigt es sich von selbst, daß er in seine Arbeit irgendwelche Bildelemente der Wirklichkeit mit verwoben hat. Das Ästhetische eines Bildwerks, auch eines gegenständlichen, kann nur auf Grund seines abstrakten Gehalts beurteilt werden.
Nun wollen wir wieder auf die zwei Arten unserer abstrakten Formen zurückkommen – auf die, die dem Ordnungsprinzip, und die, die dem Unordnungsprinzip folgen. Nehmen wir einmal die Entladungsformen her. Niemand wird ihnen einen ästhetischen Reiz absprechen. Bei genauerer Überlegung aber bemerkt man, daß uns gerade das an ihnen gefällt, was gesetzmäßige Struktur erkennen läßt. Wenn nämlich auch die Entstehung der Figur nach statistischen Gesetzen erfolgt, so ist doch ersichtlich, daß bei ihrer Ausbreitung wieder ein strenges

Prinzip gültig ist. Und auch bei den anderen Beispielen für die Bildwirkungen zweiter Art merken wir bei genauer Selbstbeobachtung, daß uns gerade das gefällt, was gesetzmäßig daran ist – die vergrößerten Tröpfchen z. B. sind zwar statistisch verteilt, uns gefällt aber viel mehr die Form der Tröpfchen, die sich zwar immer wieder abwandelt, aber in ihrer Form doch dieselbe Gesetzmäßigkeit erfüllt. Es ist unerklärlich, wieso wir für die entsprechenden Eigenschaften der Musik ein so feines Beurteilungsvermögen haben, während wir uns das, was bei der Musik ganz selbstverständlich ist – die rein abstrakte, aber streng gesetzmäßige Form –, auf der Fläche und im Raum erst erarbeiten müssen.

Nun noch einiges über die modernen Formen der bildenden Kunst. In den heutigen Ausstellungen findet man immer wieder Vergleiche der Kunstwerke mit physikalischen und geometrischen Diagrammen. Die Beziehungen einiger Arbeiten zu diesen sind tatsächlich unverkennbar. Das äußert sich auch in den Titeln: »Konstruktion«, »Runde Formen«, »Geometrische Komposition«, »Planimetrische Figur«. So deutlich auch der Eindruck des Unsicheren, des Suchens ist, so hat man doch das Gefühl, daß hier die richtige Richtung eingeschlagen wurde, eine Richtung, der die klassischen Malrequisiten allerdings nicht mehr angepaßt sind und in der andere schon weiter vorgedrungen sind.

Neben diesen Arbeiten findet man aber auch solche einer anderen Gruppe, die sich bewußt von der Intuition leiten läßt und den Verstand dabei möglichst ausschaltet. Nun steht fest, daß auch dann ihr Tun keineswegs gesetzlos verläuft, denn – abgesehen davon, ob es ihnen gelingt, das Denken ganz auszuschalten – ihr motorisches System ist selbstverständlich weiter an die Naturgesetze gebunden. Das ist zweifellos der Grund dafür, daß auch ihren Werken ein Wert nicht abzusprechen ist, ja daß sich auch in diesem Stil etwas ganz Neues an die Oberfläche gearbeitet hat – eben die Gesetzlichkeit des motorischen Systems. Ebenso zweifellos aber sind die meisten solcher Werke von einem bedeutend niedrigeren Ordnungsgrad als die der bisher besprochenen Richtung. Gerade sie bilden den Gegenpol zu den geometrischen Formen mit ihrem kristallklaren Regelmaß.

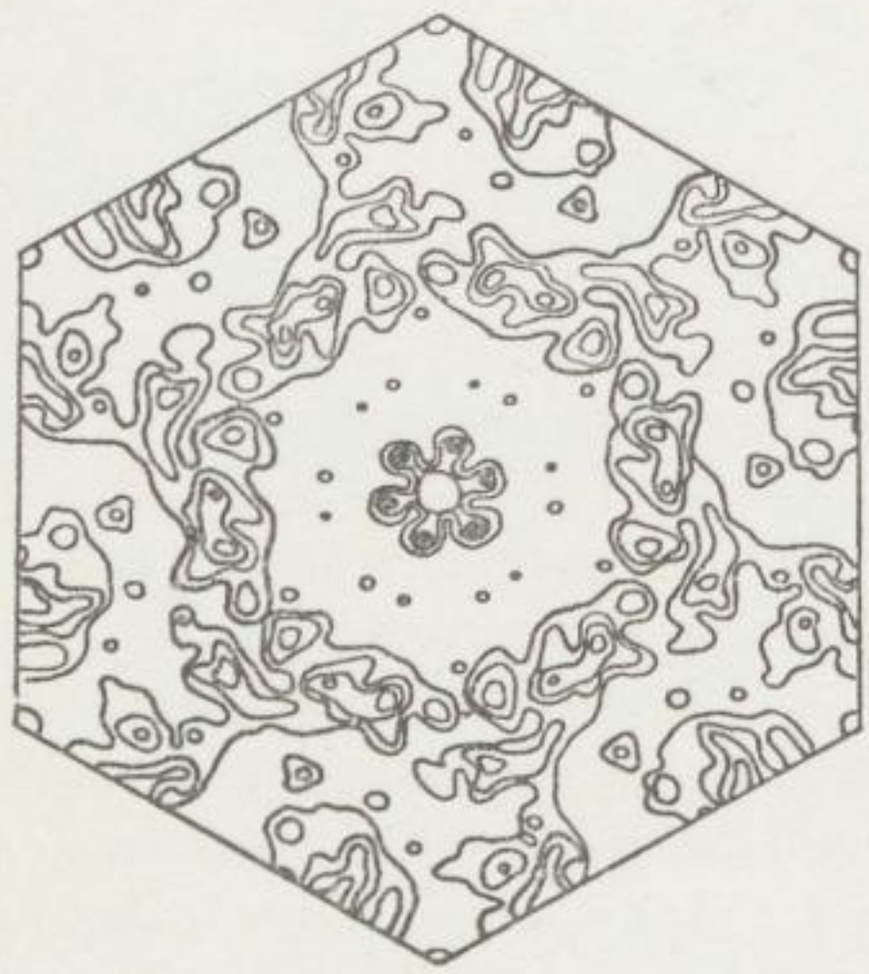
Es steht uns kein Urteil zu, welcher Stil am höchsten einzuschätzen ist. Auf Grund unserer Erkenntnis, daß die Ästhetik in der Gesetzmäßigkeit begründet liegt, könnte man geneigt sein, den geometrischen Formen den größeren Wert zuzusprechen. Dazu ist jedoch zu bemerken, daß wir viele Gesetzmäßigkeiten noch nicht kennen und daß auch Darstellungen, deren Mathematik wir nicht durchschauen, strengen Gesetzen folgen können, auch wenn das statistische sind.

Wichtiger als die Bewertungsfrage ist für uns, daß wir auf Grund unserer bisherigen Ergebnisse in der Lage sind, uns zumindest ein grobes Bild der Gesetzmäßigkeiten zu machen, die in einem künstlerischen Werk verankert sind.

Die Zweckform

Man hat früher dem Kunstwerk das Serienerzeugnis als Gegensatz gegenübergestellt. Die Einmaligkeit eines Kunstwerks sollte seinen besonderen Wert unterstützen. Daß diese Einstellung revisionsbedürftig ist und auch vielfach aufgegeben wurde, ist aus unseren bisherigen Erörterungen klar hervorgegangen; auch ein einmaliges Produkt kann ein Mißgriff sein, dagegen eines in einer reproduktionsfähigen Form ein Meisterwerk.
Hinsichtlich ihrer Bewertung ist es völlig gleichgültig, ob eine Kunstart die Reproduktion gestattet oder nicht. Trotzdem haben wir sie für das ideale künstlerische Werkzeug gefordert. Das hatte den Grund, daß eine große Anzahl von Kopien das Studium des Ergebnisses und die Möglichkeiten zu Verbesserungen erleichtert. Wir wollen sie aber noch aus einem anderen Grund fordern: Wir möchten die Kunst nicht in Museen und Luxussalons verbannt wissen, sondern sie ins normale Leben hinausführen; die Welt muß schöner werden.
Als Beispiel einer künstlerischen industriellen Teamarbeit auf Grund physikalischer Erkenntnisse, die der Allgemeinheit zugute kommt, erzähle ich nun kurz die Geschichte der »Festival Pattern Group«.
Im Jahr 1949 erschien eine Arbeit von Professor Kathleen Lonsdale, in der sie darauf hinwies, wie gut Kristalldiagramme für Entwürfe von Textilien gebraucht werden könnten. Marc Hartland Thomas, ein leitender Herr des »Council of Industrial Designs« in London, ging dieser Anregung nach und bekam von der Kristallografin Dr. Helen Megaw eine große Zahl von Diagrammen der verschiedensten Art, von Elektronendichtedarstellungen bis zu Gittermodellen. Er rief eine Arbeitsgruppe ins Leben, die den Gedanken auf möglichst allgemeiner Basis verwirklichen sollte, Festival Pattern Group deshalb genannt, weil sie mit ihren Arbeiten zum erstenmal beim Festival of Great-Britain 1951 in einer großen Ausstellung hervortrat. Zu gleicher Zeit wurde ein Restaurant eröffnet, das

Regatta-Restaurant im Herzen Londons. Sämtliche Einrichtungsgegenstände waren von der Pattern Group entworfen worden – nicht nur die Tapeten, der Fußbodenbelag, die Tischdecken, sondern auch die Lampenschirme, das Mobiliar, das Eßbesteck. Und alle trugen als Schmuck Bilder aus der Kristallografie,



Elektronendichteverteilung von Insulin
(nach D. Crowfoot)

mehr oder weniger stilisiert, farbig unterstützt, ein faszinierendes Beispiel für die Ästhetik der physikalischen Erscheinungswelt.
Die Zielsetzung der »Industrial Pattern Group« ist noch nicht bis ins Funktionelle vorgedrungen, sondern erschöpft sich im Dekor. Die Änderungen in unserem Kulturleben, die uns bevorstehen, dürften allerdings tiefer gehen.
Alles deutet darauf hin, daß wir uns tatsächlich einer Zeit nähern, in der die Kunst auch in den Alltag dringt, allerdings weniger in der klassischen Form. Kunst, Ästhetik und Technik werden zu Formen finden, in denen wir sie alle drei wiederfinden, aber nicht mehr auseinanderhalten können. Wieso man dies prophezeien kann, will ich gleich näher erörtern. Jedenfalls ist bezeichnend, daß wir hier aus ganz anderen Erwägungen heraus zu denselben Ergebnissen kommen wie weiter vorn auf Grund mehr formaler Überlegungen: daß eine neue, von der Technik inspirierte Form im Entstehen begriffen ist.
Eines der ersten Anzeichen dieser Entwicklung geht auf das Jahr 1907 zurück, in dem Hermann Muthesius den Deutschen Werkbund gründete. Als Ziel schwebte ihm eine fruchtbringende Zusammenarbeit zwischen Kunst, Handwerk und In-

dustrie vor. Dieser Idee war auch das Weimarer Bauhaus, 1919 gegründet, gewidmet, an dem Persönlichkeiten wie Josef Albers, Herbert Bayer, Lyonel Feininger, Walter Gropius, Johannes Itten, Wassily Kandinsky, Paul Klee, Gerhard Marcks, Laszlo Moholy-Nagy, Georg Muche und Oskar Schlemmer wirkten. Ähnliche Gedanken verfolgte im Holland der zwanziger und dreißiger Jahre die Stijl-Bewegung mit den bedeutendsten Anhängern Theo van Doesburg, Piet Mondrian, Georges Vantongerloo, Hans Arp, Man Ray, El Lissitzky.
Gingen diese Impulse noch von der Kunst aus, wurzelnd im vorausschauenden Denken einzelner Männer, so vollzieht sich der Prozeß einer Verallgemeinerung der Kunst auch von der anderen, der industriellen Seite aus.
In den letzten Jahrzehnten ist ein neuer Beruf entstanden, der des »designers« oder industriellen Formgestalters, wie man den englischen Ausdruck zu übersetzen pflegt. Am Anfang seiner Emanzipation steht eine erstaunliche Entdeckung, und sie ist es, die ihm den Erfolg gebracht hat: daß die zweckmäßigste Gestalt meist auch die eleganteste ist. Nur dadurch wurde eine Koordination der beiden Wünsche möglich, die man an ein Industrieprodukt stellt: nach Zweckmäßigkeit und nach gefälligem Aussehen – wenn wir von der Kostenfrage absehen. Andernfalls müßten die ästhetischen hinter den praktischen Belangen zurücktreten. Uns verwundert diese Regel weniger. Wir sind ja bereits draufgekommen, warum Formen schön wirken, wenn ihnen physikalische Zusammenhänge zugrunde liegen. Und solche sind es doch, die die meisten technischen Formen bestimmen – denken wir an Stahlkonstruktionen, bei denen bekanntlich die Ausrichtung der Stahlstreben den Kraftlinien angepaßt werden muß; denken wir an die Stromlinienform von Fahrzeugen, die nichts anderes ist als eine Flächenform, die gewissen ärodynamischen Prinzipien und einigen Randbedingungen folgt; denken wir an Maschinen und Werkzeuge, die sich stets danach richten müssen, wie die Arbeitsphasen der Bedienungsperson am flüssigsten verlaufen – auch dies hängt im wesentlichen vom mechanischen Aufbau des menschlichen Körpers ab.

Auch die Werbegrafik ist ein Spiegel dieses Zustands, in dem künstlerische Formen immer stärker in das tägliche Leben infiltrieren. Sie ist eine reine Zweckkunst. Gerade deshalb aber zeigt sich sofort, ob sie auf dem richtigen Wege liegt. Nie wird es bei ihr eine Stagnation in einer Sackgasse geben, stets wird sie weltaufgeschlossen, zeitnah und ihrem spezifischen Kundenkreis angepaßt sein müssen – sonst lehnt sie das Publikum ab. Dann verfehlt aber die Werbung ihren

Zweck, weswegen alle Verantwortlichen größtes Interesse daran haben, immer wieder zu prüfen und zu kontrollieren, wie der Durchschnittsmensch auf die Plakate, Inserate und Prospekte reagiert. Den Stil, den die großen Firmen in ihrer Werbung verfolgen, können wir viel eher als einen Ausdruck unserer Zeit ansehen als manche Werke der freischaffenden Kunst – obzwar gerade diese richtungweisend sind und die zweckgebundene mit Anregungen versorgen.
Was uns bei einer auch nur flüchtigen Übersicht der grafisch durchgestalteten Werbemittel auffällt, ist das starke Anklingen an Ideen, zu denen wir auf Grund unserer Überlegungen über Formgesetze gekommen sind. Da finden wir neben informativen realistischen Bildern Motive aus der Welt des Labors und der Technik, künstlerisch ausgearbeitet, Bilddokumente von Analysen, wissenschaftliche Aufnahmen, stilisierte Symboldarstellungen und Schematas, Bündel sich überlagernder Linien als abstrakten Blickfang, Flächenkompositionen, auf reelle Motive zurückgehend oder auch rein abstrakt – ein Zeichen dafür, daß unsere Gedankengänge bisher keineswegs utopistisch waren und etwa nur für einen kleinen Kreis von Avantgardisten gültig, sondern daß grafische Äußerungen der besprochenen Art schon in praktischer Verwendung stehen und also gleichsam ihre Prüfung bestanden haben.
Es wird von manchen Seiten nicht gern gesehen, wenn man die der Werbung dienende Grafik allzusehr lobt, denn sie erweckt den Anschein des Abtrünnigen, eines Überläufers aus dem Ehrendienst der Kunst in die Fron der Kaufleute und Industriellen. Ich glaube, daß man in einigen Jahrhunderten rückschauend anders urteilen wird. Zu jeder Zeit haben sich die künstlerisch-schöpferischen Kräfte in den Dienst einer Idee gestellt – denken wir an die religiöse Kunst des Mittelalters oder an die Werke, die unter dem Eindruck des Freiheitsgedankens der Französischen Revolution entstanden. Auch heute leitet uns eine Idee: Es ist die Technik mit allen ihren Auswirkungen, vom sozialen Gedanken bis zur industriellen Konjunktur, aber keine menschenfeindliche, molochartige, sondern ein williges Werkzeug in der Hand des Menschen. Diese Idee ist die Triebfeder der Werbegrafik, diese Idee ist auch der Hintergrund für die neuartigen Ausdrucksformen, mit denen wir uns jetzt beschäftigen.

Die Farbe

Wir haben das Schwergewicht unserer Betrachtungen auf das Gebiet des Visuellen gelegt, und hier wieder speziell auf die Formen. Es hat einen sehr triftigen Grund, daß uns das Sichtbare den weitesten Spielraum zum Gestalten läßt – der Gesichtssinn des Menschen ist der am höchsten entwickelte. Er kann noch mehr als Formen sehen – er unterscheidet auch die Farbe.

An einigen Stellen haben wir die Farbe bereits erwähnt. Eine Systematik mit ihr getrieben wie mit den Formen haben wir nicht. Wir können uns hier auch mit einem viel flüchtigeren Überblick zufriedengeben, denn das Beispiel unserer Formdiskussion gibt uns Anhaltspunkte genug dafür, wie wir den Farben mit analytischem Denken an den Leib rücken können. Dazu müssen wir allerdings mit den Erkenntnissen der Farblehre vertraut sein.

Das, was wir als Farbunterschiede erkennen, sind in Wirklichkeit Unterschiede in der Schwingungsfrequenz der elektromagnetischen Strahlung, die wir Licht nennen. Die langsamsten Schwingungen des sichtbaren Spektralbereichs – von einer Frequenz von ungefähr 429 Billionen Schwingungen pro Sekunde – erscheinen uns rot. Gegen schnellere Schwingungen geht es über Orange, Gelb, Grün und Blau bis Violett, dessen Frequenz etwa 750 Billionen Schwingungen in der Sekunde mißt. Diese Farbempfindungen sind nichts Absolutes – manche Tiere sehen z. B. Licht von Frequenzen, die außerhalb des für den Menschen sichtbaren Bereichs liegen. Es ist für uns unvorstellbar, was für Farbeindrücke ihnen dabei zuteil werden.

Um farbige Sensationen in allen Nuancen beliebig hervorzurufen, benötigt man daher dem ersten Anschein nach Farben aller Schattierungen, und zwar in Unterschiedsstufen, die gerade noch etwas kleiner sind, als daß wir sie als verschieden erkennen. Die Situation ist aber einfacher und schwieriger zugleich. Die Probleme tauchen auf, wenn man Farben mischt. Dadurch entstehen nämlich neue Farben – solche, die schon von der natürlichen Farbskala her bekannt sind, und auch solche, die im Farbenspektrum nicht vorkommen, z. B. Weiß und Schwarz, Braun und Grau.

Hier haben wir den Boden der Physik verlassen, denn diese Farbeindrücke sind rein subjektiv. Physikalisch bleibt z. B. Braun stets ein Gemisch aus dem Licht verschiedener Wellenlängen, etwa aus Rot, Blau und Gelb. Da bei unseren Versuchen sinnenhaft aufnehmbare Erscheinungen den Vorrang haben, müssen wir

unsere Untersuchungen ins Physiologische hinein weitertreiben. Als wichtigstes Ergebnis tritt dabei zutage, daß es möglich ist, bis auf geringfügige Unterschiede – die allerdings nicht ohne Bedeutung sind – alle Farben durch das Mischen von drei Farben zu erhalten, wenn jede dieser Farben für sich ein anderes Drittel des Spektrums von durchfallendem Licht verschluckt. – Jedes ökonomische Verfahren zur Farberzeugung und -reproduktion nützt diese Tatsache aus, z. B. die farbigen Druckmethoden und die Farbfotografie. Auch das menschliche Sehen beruht auf diesem Prinzip, ich darf es aber nicht als Beispiel für Nutzanwendungen aufzählen, da diese seine Eigenart die Nutzanwendungen ja erst ermöglicht.

Farben wirken weniger für sich allein als durch ihre Verbindung miteinander. Wer also das Letzte aus dem herausschöpfen will, was uns die Farbe schenken kann, wird untersuchen müssen, welche Kombinationen von Farben – den Zusammenklängen der Musik entsprechend – besonders angenehm wirken und welche nicht. Wie er weiter vorgehen muß, ist kein Geheimnis mehr: Er wird festzustellen versuchen, ob sich die angenehmeren, die indifferenten und die häßlichen Farbkombinationen durch mathematische Beziehungen zwischen ihren Wellenlängen festlegen lassen. Gelingt ihm das, dann kann er mit Hilfe dieser Formeln eine beliebige Anzahl von schönen Farbgegenüberstellungen ausrechnen und dabei vielleicht auf die Spur von solchen kommen, die bisher nicht bekannt waren. Es ist im Grunde dasselbe Verfahren, das wir auch bei den geometrischen Formen angewandt haben. Warum uns dieser oder jener Effekt – die stetige Kurve, die Überlagerung – gefällt, können wir nicht angeben. Nachdem wir den Zusammenhang mit mathematischen Eigenschaften einmal festgestellt haben, sind wir aber imstande, ästhetische Effekte allein dadurch zu erzeugen, daß wir die dazu notwendigen Bedingungen erfüllen.

Die erste Ausnützung von Naturgesetzen zur Produktion farbiger Darstellungen sind mir aus dem Jahre 1850 bekannt. Der Oranienburger Prof. Friedlieb Ferdinand Runge, der Begründer der Kohlenchemie, ließ chemische Reaktionen, bei denen farbige Ausfällungen auftraten, im Gewebe von Löschpapierblättern verlaufen und erhielt farbenprächtige Figuren. Verwandte Farbeffekte, die Liesegangschen Ringe, entstehen auf ähnliche Weise.

Prof. Dr. Alfred Gysi hat das Verfahren von Runge verbessert. Aus einer Pipette tropfte er auf Filtrierpapier abwechselnd je zwei miteinander reagierende chemische Lösungen auf. Die entstehenden Figuren bekamen aber nicht nur die Gestalten konzentrischer Kreise, wie man erwarten sollte, sondern breiteten sich

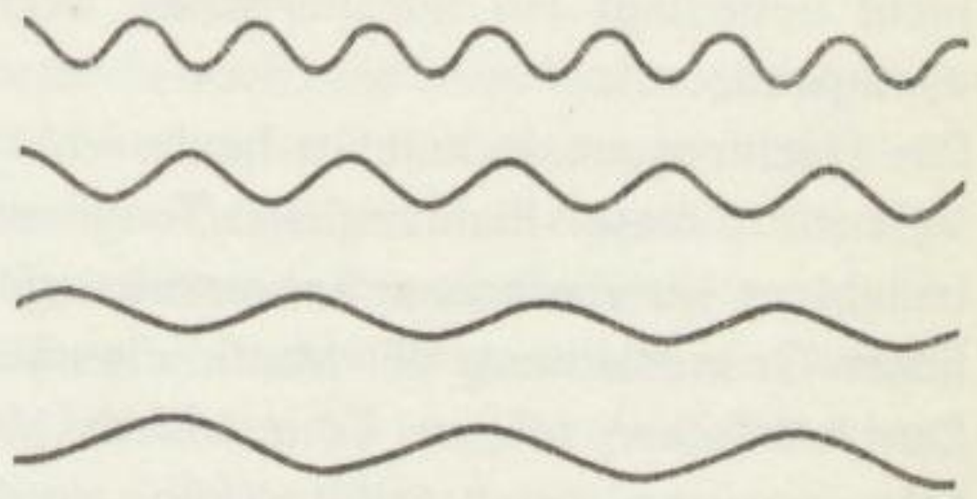
in Rosettenformen über das ganze Papier aus – Anzeichen von Naturkräften, die wir bis heute noch nicht ganz enträtseln konnten.
Ähnlich wie Prof. Bloßfeldt dem kunstähnlichen Formenschatz der Natur ein Werk gewidmet hat, legt uns Georg Fiedler in seinem Buch »Farbwunder der Natur« Beispiele für die Farbästhetik der organischen und anorganischen Welt vor.
Natürlich ist es wieder die Fotografie, die uns weitere Möglichkeiten erschließt. Als zusätzlicher Arbeitsgang gegenüber der Schwarzweißmethode kommt bei den Colorverfahren die Farbkorrektur hinzu. Man erreicht sie durch Filter, die man in den Strahlengang des Vergrößerungsapparates schaltet. Diese Filter eignen sich aber auch ausgezeichnet für alle Arten von Farbexperimenten. Man kann mit ihnen absichtlich Abweichungen von den natürlichen Farben erzielen, man kann die Farben mit ihnen auch überhaupt erst erzeugen – wenn man von Schablonen oder Schwarzweißnegativen ausgeht –, man kann auch Farben wechseln und ändern. Gemeinsam mit Andreas Hübner habe ich auf diese Weise einige orientierende Versuche mit Farben gemacht. Wir stellten Licht- und Wellenformen farbig dar und erzeugten durch Überlagerung stetig wechselnde Farbübergänge. Die Grundfarbenpaare oder -tripel wechselten wir so lange, bis uns das Ergebnis zufriedenstellte. Eines davon finden Sie auf der Titelseite, ein anderes im Bildteil.
Von den Aufnahmen Dr. Stürmers haben wir bis jetzt erst einige Schwarzweißbeispiele kennengelernt. Es ist ihm aber auch gelungen, seine Kristallgrafiken farbig zu gestalten, und zwar mittels polarisierten Lichtes. Sie werden es mir sicher nicht verübeln, wenn ich Ihnen jetzt nicht auseinandersetze, was polarisiertes Licht ist und wieso es farbige Effekte hervorruft; das würde uns zu weit in die theoretische Physik führen. Jedenfalls ist Dr. Stürmer in der Lage, durch eine Knopfdrehung die Farben nach Belieben zu ändern. Ich selbst habe beobachtet, welche erstaunlichen Farbenspiele auf der Mattscheibe seines Panflexzusatzes auftreten, und ich bedauere nur, Ihnen nicht den 16 mm-Film zeigen zu können, mit dem er die sich aus dem Nichts formenden farbenprächtigen Kristalle festgehalten hat. Und außerdem gibt ihm das Color-Positiv-Negativ-Verfahren die Möglichkeit, Vergleiche zwischen Farbpositiven und Farbnegativen zu ziehen: Und dabei ergab sich, daß manchmal das Positiv, manchmal das Negativ besser wirkte – manchmal waren beide auch gleich gut.
Es ist eigentümlich – die Farbeffekte, die zarten Verläufe, der überraschende Tonwechsel, die satten dunklen Flächen und das duftige Pastell, sie verstärken die

Wirkung der formbedingten Effekte in solchem Ausmaß, daß die Schwarzweißbilder plötzlich ärmlich anmuten. Es sind nur technische Schwierigkeiten, die verhindern, daß die meisten gezeigten Bildbeispiele farblos gemacht wurden. Zweifellos aber werden sich alle Bildgestaltungsarten nach und nach der Farbe erschließen. Wir stehen schon am Beginn dieser Entwicklung.

Die Musik

Es ist nun an der Zeit, daß wir uns etwas auf benachbartem Terrain umsehen. Das geschieht weniger deshalb, weil wir hier zu grundlegenden Erkenntnissen kommen wollen, als deshalb, weil uns auch hier durch Vergleiche manche Sachlage noch klarer werden wird.
Beginnen wir bei der Musik.
Das, was wir als Tonunterschiede erkennen, sind in Wirklichkeit Unterschiede in der Frequenz der akustischen Schwingungen, die wir Schall nennen. Die langsamsten Schwingungen des hörbaren Tonbereichs – von einer Frequenz von ungefähr 16 Schwingungen pro Sekunde – empfinden wir als tiefe Töne. Gegen schnellere Schwingungen zu geht es über mittlere Tonhöhen bis zu den höchsten Tönen, deren Frequenz etwa 20000 Schwingungen in der Sekunde mißt. Diese Tonempfindungen sind nichts Absolutes – manche Tiere hören z. B. Schall von Frequenzen, die außerhalb des für Menschen hörbaren Bereiches liegen.
Die Analogie dieses Tatbestandes mit dem der Farben ist unverkennbar. Sie geht so weit, daß ich ihn mit denselben Worten beschreiben konnte; vielleicht ist es Ihnen aufgefallen. Nur wo von Licht oder Sehen die Rede war, habe ich Schall bzw. Hören eingesetzt.
Diese Ähnlichkeit hat natürlich ihre Grenzen. Vor allem ist uns bei den Tönen durch ihre Höhe eine natürliche Reihenfolge gegeben, die bei den Farben zwar auch vorhanden ist, aber von uns nicht empfunden wird. Und zweitens ergibt sich eine verwunderliche Tatsache. Nach einem bestimmten Tonintervall – nach einer Oktave – scheinen sich dieselben Töne zu wiederholen – trotzdem hören wir deutlich, daß sie höher liegen. Und nun die altbekannte Pointe dieser Beo-

bachtung: Man hat festgestellt, daß der höhere Ton von zweien, die eine Oktave auseinanderliegen, eine Schwingungsfrequenz hat, die genau doppelt so groß ist wie die des tieferen Tons.
Nirgends sind die Empfindungen, die uns ein Sinnesorgan vermittelt, so eindeutig auf die mathematische Basis der zugrunde liegenden physikalischen Erscheinung zurückgeführt worden wie bei der Musik. Nirgends anders aber hat sich deshalb auch ein künstlerisches System von einer ähnlichen mathematischen Struktur herangebildet.
Die Qualität eines Tons hängt von mehreren Parametern ab: von der Tonhöhe, der Klangfarbe und der Lautstärke. Von der Tonhöhe haben wir schon gesprochen, nun müssen wir uns die Klangfarbe einmal vornehmen. Wenn wir die Ver-



Sinuslinien verschiedener Wellenlängen

dichtungen und Verdünnungen der Luft, die Wellen, die wir als Schall empfinden, in Abhängigkeit von der Zeit auftragen, dann kommen wir im einfachsten Fall zu einem Kurvenverlauf, den wir Sinuslinie nennen. Vergleichende physikalische und physiologische Untersuchungen haben erwiesen, daß der Unterschied des Toneindrucks, den wir bei verschiedenen Instrumenten empfinden und der sich in der charakteristischen Klangfarbe ausdrückt, durch Obertöne entsteht – das sind ebenfalls sinusförmige Schwingungen, allerdings von kürzerer Wellenlänge, die sich der Grundschwingung überlagern.
Die Situation, vor der wir hier stehen, unterscheidet sich im Prinzip nicht von der der klassischen Malerei und Grafik. Wir verfügen über einige Instrumente, deren Bauweise und Leistungsfähigkeit hauptsächlich historisch bedingt sind – Klarinette und Klavier ebenso wie Pinsel und Palette. Es liegt an der Art unseres Denkens, daß wir uns damit nicht zufriedengeben. Und so wie jede Idee erst sinnfällig ist, wenn sie auch ausführbar ist, so gewinnt auch dieser Gedanke erst

heute Bedeutung, weil jetzt die technischen Voraussetzungen dafür da sind. Das, was wir erstreben, ist ein Universalinstrument, mit dem wir unter einem Minimum an manuellem Aufwand völlig willkürlich Töne und Zusammenklänge von beliebiger Qualität hervorbringen können.
Das mehrmalige Überspielen einer Platte, wie es Les Paul mit seiner Gitarre schon seit einigen Jahren mit Erfolg praktiziert, ist nur ein erster, aber vielversprechender Versuch in dieser Richtung. Bemerkenswert ist auch die »Symphony of the birds«, die auf der Universität von Ithaka entstand. Hier bemühte man sich, neue Klangeffekte für musikalische Zwecke zu gewinnen, die man allerdings noch der Natur entnahm. Mit einem Bandgerät wurden die Stimmen von Vögeln, von Feldsperling, Schwan, Wildente und nordamerikanischer Drossel, aufgenommen, zusammenkopiert und verlangsamt wiedergegeben. Das Ergebnis ist nicht unbedingt ein künstlerisches, doch es besticht durch seine neuartige Klangwelt.
Die Hochfrequenztechnik ist heute wohl das einzige Mittel zu jedem ernsten Versuch in dieser Richtung. Mit Tongeneratoren ist es möglich, Schwingungen beliebiger Kurvenformen hervorzubringen. Zum erstenmal stehen die eigentlichen Grundelemente der Musik, die unverfälschten Sinustöne, zur Verfügung. Durch Mischen solcher Töne, durch Modulation mit Hilfe niederfrequenter Schwingungen, durch zeitliche Führung der Lautstärke usw. bringt man Klangeffekte hervor, die bisher unbekannt waren. Es ist schwer, sie mit Worten zu beschreiben. Die Vergleichsversuche einiger Zuhörer können vielleicht eine Ahnung vermitteln – sie sprechen von mineralischen Sphärenklängen, metallischem Gesang, klingenden Spiralen.
Es war zu erwarten, daß diese Willkür in der Produktion klanglicher Effekte auch das Tor zu einer Durchdringung der Phänomene des Tönens und Hörens öffnen würde, das bisher versperrt war, und daß dabei manche neue Erkenntnis erschlossen würde. Diese Hoffnung hat nicht getäuscht. Es führte zu weit, auf diese neuen Erkenntnisse ausführlich einzugehen. Daher nur einige Andeutungen:
Man fand, daß bestimmte Lautstärkeänderungen zum Eindruck einer Tonerhöhung führen können; man fand, daß durch die Vereinigung von Sinustönen mit bestimmten Oberschwingungen Klangeffekte entstehen, denen man keine absolute Tonhöhe mehr zuschreiben kann – so gibt es Tonfolgen, bei denen es unmöglich ist, anzugeben, ob sie hinauf- oder hinunterführen; man fand, daß es durch Übung möglich ist, Grundton und Obertöne getrennt zu hören, etwas, was

wir bisher als Einzelton aufgenommen haben, also als Zusammenklang; man fand, daß selbst unhörbare Töne des Infraschalls im Menschen rhythmische Empfindungen auslösen.
Die herkömmliche Notenschrift genügt nicht mehr für diese »elektronische« Musik. Eine Partitur ist nun eine Serie von physikalischen Diagrammen, in denen alle Tonqualitäten als Funktion der Zeit angegeben sind. Die Grundtöne werden von einem Generator auf Magnettonband übertragen und im Studio durch Zusammenkopieren gemischt. Die endgültige Aneinanderreihung der Kompositionsphasen erfolgt durch Schnitt und Umkopieren, das gegebene Abhörinstrument ist der Lautsprecher. Wiewohl man die bisher aufgeführten Kompositionen in elektronischer Musik für den gewöhnlichen Radioapparat gefaßt hat, geht die eigentliche Tendenz nach stereofonischer Wiedergabe, z. B. mit sechs im Raum verteilten Lautsprechern.
Selbstverständlich verlangt die neue Methode auch eine neue Harmonielehre. Je größer der Bereich der Ausdrucksmöglichkeiten ist, um so strenger muß Disziplin die Komposition tragen. So ist das im flächenhaft und räumlich Darstellerischen, so ist es auch bei der Musik. Das ordnende Prinzip der neuesten Musik, die neuer ist als die »neue«, ist die »Reihe«, die nach ihr gestaltete Musik heißt nach einem französischen Vorbild »serielle Musik«. Sie ist nicht gleichbedeutend mit »elektronischer Musik«. Nur ist bis jetzt das elektronische System das einzige Instrument ihrer Realisierung. – Die ersten Absichten, die in der Richtung der seriellen Musik zu spüren waren, gehen auf Igor Strawinsky und Arnold Schönberg zurück, die entscheidende Wendung brachten die Tonsysteme Anton von Weberns. Auf die Grundlagen der neuen Harmonie- und Kompositionslehre gehen wir nicht ein. Auch ist Papier nicht das richtige Medium, um Musik zu behandeln.

Die komplexen Darstellungsmethoden

Es bleibt noch, einiges über andere mögliche künstlerische und kunstähnliche Formen in Erfahrung zu bringen. Die grundlegenden Systeme haben wir schon behandelt – nun kommen diejenigen komplexer Natur zur Sprache. Nur wenige erscheinen uns im Spiegel der hier behandelten Problematik interessant.
Vorübergehen können wir wohl kaum am Film. Auch er ist lediglich ein tech-

nisches Hilfsmittel, ähnlich der Fotografie, auf der er fußt. Als Werkzeug der Epik interessiert er uns nicht, und daß er durch meisterhafte Kameraführung als optisches Ausdrucksmittel auch zu einem formästhetischen Genuß werden kann, vermerken wir nur am Rande. Trotzdem liegt hier der Schlüssel zu einer Potenz des Films, die bisher kaum genützt wurde, seiner Fähigkeit zu einer neuen optisch-zeitlichen, bildsymphonischen Art von Kunst. Genauso wie sich Töne und Klänge zu einer als Einheit empfundenen Folge ordnen, können sich auch Form- und Farbeindrücke einem zeitlichen, rhythmischen Prinzip unterordnen. Das prädestinierte Werkzeug ist der Film.

Wir kennen bereits mehrere Beispiele, bei denen die Filmschöpfer ihre Arbeit auch nach dieser Seite ausrichteten; ausschlaggebender Wegweiser waren ihnen aber trotzdem die erzählenden Belange. Wertvoll für uns sind die wenigen Fälle, in denen der Wunsch nach der reinen raumzeitlichen Form verwirklicht wurde, allen voran der des Kanadiers Norman McLaren. Er malte direkt auf Zelluloidstreifen Farb- und Formelemente, die beim Ablauf nach rhythmisch betonter Musik Bewegungen ausführen, dabei nach bestimmten Gesichtspunkten plötzlich mit anderen wechselnd, später wiederkehrend, sich in neue Formen wandelnd. Diese kurzen Filmstreifen haben erhebliche technische Mängel – gemäß der Art ihrer Entstehung sind gewisse Sprung- und Zittervorgänge nicht zu vermeiden. Um so erstaunlicher die unerwartet positive Aufnahme beim Publikum. Verlangt doch jede neue Ausdrucksform erst eine geistige Akkomodation. (Wir sind uns z. B. gar nicht bewußt, daß die Mühelosigkeit, mit der wir einem Spielfilm folgen, erst auf jahrelange Übung zurückgeht; auch intelligenten Menschen, die aus irgendeinem Grund noch nie im Kino waren, erscheint der Ablauf zunächst unrettbar chaotisch.) Dieser Erfahrung hat McLaren allerdings dadurch Rechnung getragen, daß er sich der Unterstützung durch Farbe und Musik bediente. Die Farbe half zum schnelleren Erfassen der sowieso einfach gewählten Formen, die Musik schuf das rhythmische Gerüst, so daß zur zeitlichen Einordnung, die an und für sich auch ohne musikalische Untermalung möglich gewesen wäre, keine zusätzlichen Ansprüche an den Zuschauer gestellt wurden.

Weitere interessante Experimentalfilme liefen beim Festival of Great Britain – einer z. B., bei dem die Figuren eines Kathodenstrahloszillografen vor bunten Kulissen tanzten. Bahnbrechend ist auf diesem Wege auch Walt Disney vorausgegangen. Auch von Georg Fiedler kennen wir ein bemerkenswertes Farbfilmbeispiel, genannt »Kaleidoskop«.

Großes Aufsehen hat im vergangenen Jahr der »plastische Versuch der Elektronenskulptur« von Nicolas Schoeffers in Frankreich erregt. Das Gebilde ist über 2 m hoch, von farbigem Metall umkleidet und mit einem motorischen System ausgestattet, das ihm Beweglichkeit verleiht. Seine Sinnesorgane sind Fotozellen und Mikrofone. Es kann durch optische Signale gelenkt werden oder auch durch musikalische Klänge. Hier wurde ein völlig unkonventioneller Versuch gewagt, der zweifellos noch nicht abgeschlossen ist, sich aber als eindrucksvoll und beispielgebend erwies. Er wurde zuletzt gemeinsam mit der Tanzgruppe Maurice Béjart beim »Festival de l'Art d'Avant-Garde« im August 1956 in Marseille vorgeführt. Vorläufer hat er im »Triadischen Ballett« Oskar Schlemmers und im »Maschinentheater« Wsewolod Meyerholds.
Es gibt noch einige Versuche, die nach ähnlichen Richtungen tendieren. Ich nenne nur die Lichtorgel, ein Instrument, das sich in der modernen Kulissentechnik bewährt, und das dazu dient, farbige Impressionen in zeitlicher Aufeinanderfolge zu vermitteln. Bedeutung hat noch keine dieser Methoden erlangt. Wohl aber gibt es zahlreiche Bräuche, die durch ihren Rhythmus an Farben und Formen Freude schenken – z. B. Wasserspiele mit farbig beleuchteten Fontänen, wie sie O. Przystawik im letzten Jahr in Deutschland zeigte, oder Feuerwerke. Auch das Kaleidoskop schenkt uns ästhetischen Genuß: Form- und Farbimpressionen im rhythmischen Wechsel der Umdrehung. Zweifellos aber wird uns die Vollendung der hier nur andeutungsweise vorliegenden darstellerischen Möglichkeiten nicht aus der Fortentwicklung der herkömmlichen, sondern durch völlig neuartige technische Mittel erwachsen.

Die technischen Hilfsmittel der Zukunft

Wir sind damit so ziemlich am Schluß unserer Betrachtungen angelangt, die ich ein Experiment genannt habe, weil wir uns der Methode einer analytischen Versuchsserie bedienen mußten und weil die Schlüsse, die man daraus ziehen kann, je nach der Einstellung des Lesers anders interpretiert werden können. Wir haben einige Ergebnisse gewonnen, die keiner Ableugnung zugänglich sind. Das Eingreifen der Technik in künstlerisch-darstellerische Bereiche ist unverkennbar. Ebenso sicher ist, daß eine Verschmelzung zwischen technischen und

künstlerischen Prozessen eingeleitet ist. Wir haben uns überlegt, wohin dieser Weg führt. Für unsere Voraussagen besteht aber nur Wahrscheinlichkeit, wenn wir eine ungestörte Weiterentwicklung voraussetzen. Einige verantwortungslos inszenierte Atombombenexplosionen – und mit der zerstäubenden Materie zerfallen auch alle unsere Erwartungen.

Auf einem anderen Blatt steht auch, ob uns die angedeutete Entwicklung angenehm ist. Man bemerkt oft das Bemühen der schöpferischen Geister, die in die neue Bahn eingeschwenkt sind, die Verwandtschaft der Technik mit ihren Ideen abzuleugnen. Das geschieht aus einer Angst heraus, man könnte ihnen die schöpferische Kraft absprechen. Meiner Meinung nach ist es aber völlig gleichgültig, welchen Werkzeuges sich ein Künstler bedient, eines Pinsels, einer Spritzpistole oder eines mathematischen Kalküls. Aber anderen mag dies nicht gleichgültig sein, und man muß auch deren Ansicht gelten lassen. Ich habe auch möglichst vermieden, den Ausdruck Kunst für unsere neuartigen Effekte zu gebrauchen. Mag man sie Kunst nennen oder nicht, das spielt keine Rolle. Wesentlich ist nur ihre Existenz.

Wir wollen nun noch einen Ausblick versuchen. Darum kommen wir nicht herum. Wir sind schon an manchen Stellen auf Anklänge an etwas gestoßen, das uns nicht geheuer vorkommt. Es sind jene Gedanken, die eigentlich der Urgrund des Unbehagens sind, das uns überkommt, wenn wir darüber nachgrübeln, wie viele von den Handlungen, die bisher der Mensch ausführte, von technischen Apparaturen übernommen werden können. Schon bei handwerklichen Tätigkeiten stimmt uns das bedenklich. Und nun erst bei der Kunst! Sprechen wir es ruhig aus: Kommt es so weit, daß der Mensch überflüssig wird?

Es sind in der letzten Zeit mehrere Versuche unternommen worden, die Zukunft vorauszusagen. Dabei handelt es sich nicht um Spekulationen, sondern um völlig exakte Überlegungen. Um diesen oder jenen neuen Werkstoff zu entwickeln, braucht man noch so und so lange. Dann wird aber auch diese oder jene Energiequelle erschlossen sein. Daher wird man dann dieses oder jenes unternehmen können, was heute noch nicht möglich ist.

Das ist eine nüchterne Rechnung, bei der sogar die Unsicherheit von Zeitangaben berücksichtigt ist, indem man mit Wahrscheinlichkeiten und Maximalintervallen hantiert. Wir können solche Überlegungen auch auf unsere technischen Hilfsinstrumente ausdehnen. Wir gehen so vor, daß wir zunächst fragen, was wir für Apparate brauchen, die uns universelle Möglichkeiten erschließen

sollen, auf welcher Basis sie geschaffen werden könnten und ob die prinzipielle Möglichkeit besteht, sie zu verwirklichen.
Wichtige Hinweise gibt uns hier die elektronische Musik, bei der ein sehr gefügiger technischer Apparat bereits besteht. Ihm liegt die Theorie des Hörvorgangs zugrunde. Mit elektronischen Systemen ist es möglich, sämtliche Schalläußerungen zu produzieren, die das menschliche Gehörorgan überhaupt aufnehmen kann. Und im Magnetofonband besitzen wir das Konservierungsmittel, um jede Klang- oder auch Geräuschfolge festzuhalten. Was hier noch fehlt, ist eine handliche Apparatur zum Zusammensetzen der einzelnen Klangbilder zur endgültigen Komposition. Wünschenswert wäre auch noch ein Kontrollelement, das es gestattet, die einzelnen Phasen des Mischvorgangs laufend zu überwachen, und ein Transformationselement, das auch nachträglich noch Veränderungen in jeder gewünschten Richtung ermöglicht.
Diese noch offenen Wünsche sind weniger ein technisches als ein Finanzierungsproblem. Wir zweifeln daher nicht, daß das vollendete Musikinstrument in der Gestalt eines elektronischen Systems in absehbarer Zeit zur Verfügung stehen wird. Daß gerade die Musik an der Spitze der technisierten Künste steht, hat historische Gründe. Schon verhältnismäßig einfache Musikinstrumente verfügen über einen beträchtlichen technischen Aufwand.
Dagegen wirken die Hilfsmittel des bildenden Künstlers heute fast primitiv. Das liegt zweifellos an technischen Gründen – ein Schreibsystem erfordert eine sehr komplizierte Apparatur, und um Naturmotive wiederzugeben, ist gar das chemisch-physikalische System der Fotografie nötig. Die Entwicklung war aber auch dadurch gehemmt, daß in den letzten Jahrzehnten die Tendenz zu verspüren war, alle auch nur ein wenig höher entwickelten Hilfsinstrumente von der Bühne der hohen Kunst zu verbannen. Schade, daß damit eine Entwicklung aufgehalten wurde, die mit Lineal und Zirkel vielversprechend begonnen hatte und auch zu manchem Schritt vorwärts führte – z. B. mit den Giochiermaschinen, deren Weiterentwicklung sich noch heute lohnen würde. Die Steinzeitkünstler kannten keine Bedenken, als sie ihre Hände abbildeten, indem sie sie an die Höhlenwand legten und Farbe darüberspritzten. Und ebensowenig Albrecht Dürer oder Leonardo da Vinci, die versuchten, dem Ebenmaß des wohlproportionierten menschlichen Körpers durch geometrische Experimente auf die Spur zu kommen. Die Möglichkeit, gut ausgewogene Formen auf Grund geometrischer Überlegungen zu konstruieren, ist heute bekannt. Mit Hilfe des Schwerpunktsatzes der

Flächenaufteilung und einiger farbtheoretischer Kenntnisse baut jeder Schüler ansprechende Gebilde aus. Über die Ästhetik bestimmter linearer Formen haben wir gesprochen und auch einige physikalische Spezialfälle ihrer bildmäßigen Darlegung behandelt; auch der Kurvenzeichner nach Prof. Gysi leistet uns wertvolle Dienste. Was aber fordern wir von einem universellen Zeichengerät?
Lassen wir vorderhand die Farben aus dem Spiele. Weiter beschränken wir uns auf völlig ebene Darstellungen. Das heißt: auf Reliefeffekte, wie sie z. B. bei Ölgemälden wichtig sind, verzichten wir. Wir können unsere Überlegungen später auch darauf wie auf Farbwirkungen ausdehnen. Also verlangen wir folgendes: Unser Apparat muß fähig sein, jede beliebige bildmäßige Komposition, gleichgültig, ob linear oder flächenhaft, darzustellen, und zwar auf Grund von einfachen Schaltvorgängen. Dabei ist wünschenswert, daß der Kompositionsvorgang unter Sichtkontrolle erfolgt, daß die Möglichkeit zu Variationen vor der endgültigen Festlegung besteht.
Fangen wir von hinten an. Das Konservierungssystem besitzen wir bereits; es ist die Fotografie. Zweifellos ist sie noch etwas träge, aber ebenso zweifellos wird sie sich noch grundlegend vereinfachen. Der Gedanke eines Kontroll- und Variationssystems läßt sich hier leichter verwirklichen als bei der Musik, da wir eine bildliche Darstellung in ihrer Gesamtheit in Augenblickskürze übersehen können, während eine Komposition gewisse Zeit zum Ablaufen braucht. Den besten Erfolg werden wir mit einem Instrument haben, bei dem das Aufbausystem zugleich Variationssystem ist und bei dem der Aufbau unter Sichtkontrolle erfolgt.
Das Gerät, das unseren Wünschen jetzt bereits am weitesten entgegenkommt, ist die Fernsehröhre. Wenn sie nicht wie üblich mit einem Aufnahmesystem gekoppelt ist, sondern mit einem Schaltbrett, auf dem wir beliebige Formen einstellen können, dann bleibt uns nicht viel zu wünschen übrig. Wir erinnern uns hier an ein ähnliches Gerät, den Kathodenstrahloszillografen, der sich bereits als sehr brauchbar erwiesen hat. Dieselben Effekte, die wir bei ihm erzielt haben, können wir auch mit einer Fernsehröhre erreichen. Einiges Kopfzerbrechen dürfte es noch machen, ein brauchbares Schaltschema zu finden, aber unüberwindliche Schwierigkeiten dürfte das kaum bereiten.
Wir haben also erkannt, daß unsere Utopien gar nicht so sehr utopisch sind. Hätte man für ästhetische Versuche auch nur den Bruchteil eines Prozents von dem übrig, was man in Wirtschaft und Rüstung hineinsteckt, dann bekäme man solche Geräte wahrscheinlich schon längst zu kaufen.

Was uns aber vielleicht noch mehr interessiert als die technischen Zukunftsträume eines konstruktiven Künstlers sind die Perspektiven, die sich für die künftige Auffassung und Denkweise ergeben.

Die Konsequenzen

Die Gestalt Shakespeares ist in Dunkel gehüllt. Er war so produktiv, daß einige Kenner seine Werke verschiedenen Personen zuschreiben. Ein Spaßvogel hat das Rätsel anders gelöst. Er behauptete, Shakespeare war kein Mensch, sondern eine Maschine. Eine Maschine, der folgendes Prinzip zugrunde liegt:
Jedes literarische Werk besteht aus Absätzen, diese bestehen aus Sätzen, diese aus Wörtern und diese endlich aus Buchstaben. Das sind die kleinsten Elemente, und gegenüber der riesigen Menge von Wörtern und Sätzen ist ihre Zahl lächerlich klein: ungefähr dreißig Stück, wobei ich den Zwischenraum und die Satzzeichen auch mitgezählt habe. Alle Worte, Sätze, Absätze und auch die Dramen Shakespeares entstehen durch Kombination von Buchstaben. Wenn wir eine Maschine aufstellen, die nichts anderes tut, als alle möglichen Aufeinanderfolgen von Buchstaben aufzuschreiben, dann brauchen wir nur die besten herauszusuchen, und haben Literatur beliebiger Qualität maschinell erzeugt. – Zuerst freut man sich über diesen verblüffenden Scherz. Er kann natürlich nicht in die Wirklichkeit umgesetzt werden, und zwar deshalb, weil die Zahl der Kombinationen unfaßbar groß ist. Jemand hat einmal ein ähnliches Problem durchgerechnet und ist auf einen Stoß Papier gekommen, der von der Erde bis zur Sonne reicht.
Wenn man aber genauer darüber nachdenkt, dann scheint doch ein ernsthaftes Problem dahinterzustecken. Wir verfügen nämlich seit neuestem über elektronische Rechenmaschinen, und solche erledigen gestellte Kombinationsaufgaben spielend, ja sie sind sogar imstande, gewisse Auswahlbefehle auszuführen.
Bleiben wir bei einem literarischen Beispiel, aber nicht bei Shakespeares Dramen, sondern bei etwas Einfacherem, bei irgendeinem kurzen Gedicht. Und verlangen wir von unserem Elektronenhirn, daß es bei seinen Kombinationen von vornherein alle ausschaltet, die auch nur ein unsinniges Wort enthalten. Das ermöglicht uns schon eine enorme Einsparung. Bedenken Sie, daß die allermeisten aller willkürlichen Kombinationen aus sinnlosen Buchstabenfolgen entstehen. Eine

Auswahlregel nach unsinnigen Worten können wir übrigens einer Elektronenmaschine des heutigen technischen Standes ohne weiteres aufoktroyieren.
Eine Durchrechnung zeigt, daß wir noch immer viel zuviel Stoff erhalten, als daß ihn ein Mensch in seinem ganzen Leben überhaupt sichten könnte. Aber: Legen wir der elektronischen Rechenmaschine ein weiteres Auswahlprinzip auf. Etwa das, daß sie alle sinnlosen Wortkombinationen, vielleicht sogar alle sinnlosen Satzkombinationen ausscheidet!
Das ist prinzipiell durchaus möglich, allerdings noch nicht heute, und auch für die Zukunft bezweifle ich, daß jemand dieses Projekt finanziert. Aber denken wir doch einmal an ein Goldenes Zeitalter, in dem der Mensch nichts zu tun und Geld im Überfluß hat. Warum soll er dann nicht ein paar Dutzend Beamte ihr ganzes Leben lang Werke lesen lassen, die von einem Elektronengehirn auf Streifen gestanzt wurden? Und was käme da nicht alles zum Vorschein! Von den übelsten Kriminalreißern bis zu hebräischen Bibeltexten, von Steuererklärungen bis zur Existentialphilosophie, von den Liebesgedichten Hölderlins bis zu einer Reportage über ein Ereignis, das erst im nächsten Jahr stattfindet – und noch mehr: Alles was von Menschen einst geschrieben wurde, jetzt geschrieben wird und in Zukunft geschrieben werden wird. Ja, noch mehr: auch das, was von Menschen nie geschrieben wurde und auch nie geschrieben werden wird.
So aufregend diese Aussichten auch sind, sie können uns nicht aus der Ruhe bringen, denn wir werden das Goldene Zeitalter kaum erleben. Sie geben uns aber etwas ganz anderes: ein Beispiel für den letzten Gipfel des analytischen Denksystems, das alles Wirkliche als Spezialfall alles Möglichen ansieht. In den elektronischen Rechenmaschinen ist dieses System bereits verwirklicht, wenn auch nicht so kühn wie in unserem übertreibenden literarischen Beispiel. In den ersten Anzeichen einer solchen Art des Denkens liegen aber unsere Formversuche verankert, und wir wollen sehen, zu welchen Resultaten es uns noch führt, bewußt und richtig angewandt.
Die Gebrauchsanleitung ist in jedem Fall dieselbe:

1. Die Mannigfaltigkeit begrenzen, innerhalb derer man sich bewegen will,
2. die Grundqualitäten aussuchen,
3. die kleinsten, vom menschlichen Sinnesorgan eben noch konstatierbaren Quantitätenänderungen feststellen, sozusagen das Elementarquantum messen – als Kombination dieser Elementarquanten läßt sich jede Form darstellen, oder anders ausgedrückt: in den Kombinationen steckt bereits jede mögliche Form –,

4. die Auswahlregeln aufstellen,
5. konservieren.

Im Fall der Musik heißt das:

1. Formen innerhalb aller Qualitäten und Quantitäten des Schalls und eines festgelegten Zeitintervalls,
2. Tonhöhe, Klangfarbe, Lautstärke, zeitliche Einordnung,
3. Messung des eben noch merklichen Unterschieds der Tonhöhe,
   Messung des eben noch merklichen Unterschieds der Klangfarbe,
   Messung des eben noch merklichen Unterschieds der Lautstärke,
   Messung des eben noch merklichen Unterschieds des zeitlichen Abstandes zwischen zwei Tönen und der Zeit, innerhalb derer ein Ton überhaupt noch gehört wird,
4. a) Harmonielehre, b) Komposition,
5. Bandaufnahme.

Aus Amerika, von der Firma Burroughs Corporation, kommt, wie ich während der Korrekturarbeiten erfuhr und hier noch nachträglich einfüge, die Meldung, daß eine elektronische Komponiermaschine entstanden sei, die 1000 Musikstücke in der Stunde produzieren kann. Sie reagiert auf einige angeschlagene Töne durch eine Kettenreaktion und schafft gleichzeitig das Arrangement für mehrere Instrumente. Zweifellos funktioniert sie nach dem oben angegebenen Schema.

Im Fall der visuellen, flächenhaften, graugestuften Darstellung heißt das:

1. Formen innerhalb aller Quantitäten einer Grautonskala und eines festgelegten, flächenhaften Formats,
2. Grautonskala (lineare Grundqualität, daher nur eine Quantität), Höhe, Breite (oder zwei andere ortsbestimmende Koordinaten),
3. Messung des eben noch merklichen Unterschieds zweier Grautonwerte,
   Messung des eben noch merklichen Abstandes zweier Punkte,
   Messung des Flächenraums, der noch als sichtbares Bildelement erkannt wird,
4. a) Formprinzipien, b) Auswahl einer Formkategorie, c) Komposition,
5. Fotografie.

Aus dieser Zusammenstellung erkennen wir, daß das schöpferische Prinzip im Punkt 4 verankert ist; alles andere ist Routine. Wir werden ihn daher etwas deutlicher beleuchten.

Im Punkt 4a unterwerfen wir uns irgendwelchen allgemeinen Formprinzipien. Es müssen keineswegs die sein, die wir weiter vorne aufgestellt haben, indem

wir uns etwa für die Stetigkeit der Kurven oder für die Schwerpunktsregel der Flächen entschieden haben; die japanische Kunst kennt letzteres Prinzip z. B. gar nicht. Aber nehmen wir es als Beispiel für 4a.
In Punkt 4b ziehen wir die Grenzen enger. Wir wählen z. B. die Schwingungsgleichung als bestimmendes Prinzip und beschränken uns daher auf die Mannigfaltigkeit der Keetmanschen Figuren.
In Punkt 4c wählen wir schließlich aus dieser Mannigfaltigkeit ein uns besonders zusagendes Sujet aus.
Auf die angegebene Weise geht man auch bei unseren Verfahren zur linearen Kurvenkomposition tatsächlich vor. Der Seriencharakter ist für sie charakteristisch. Man fertigt eine große Anzahl von Sujets an und sucht die geeignetsten heraus. Dabei kann man ebenfalls nach einem Quantisierungsprinzip vorgehen. Man ändert die Randbedingungen kontinuierlich, macht aber nur dann ein Bild, wenn sich die folgende Figur von der vorhergehenden deutlich unterscheidet. Dadurch schränkt man die Qual der Wahl noch weiter ein.
Mit wieviel Schritten wir die Einengung vollziehen, ist gleichgültig. Was uns stutzig macht, ist die Beobachtung, daß die letzte Auswahl schließlich auch das Letzte geblieben ist, was an schöpferischer Aktivität überblieb. Schließlich können wir auch für die letzte Wahl einige bestimmende Gesichtspunkte finden, und das, wenn wir die Mathematik des Verfahrens kennen, auch so, daß stets nur ein Motiv überbleibt.
Ich bin überzeugt, daß daraus nun mancher den Schluß zieht, dies wäre eben ein Beweis für das Unkünstlerische unserer Formen.
Man kann nun dieselben Überlegungen auch bei der Musik und bei der Literatur vornehmen. Wir hoffen, daß daraus keiner folgert, es gäbe keine Kunst. Ich hoffe aber auch, daß er nicht zu dem Irrtum kommt, ein Werk nun wieder danach beurteilen zu wollen, wie es entstanden ist. So daß demselben Endergebnis das Prädikat Kunstwerk zukommt, wenn auf dem Etikett steht, intuitiv gemalt, oder auch nicht, wenn wir auf der Beschriftung finden: errechnet.
Kehren wir noch einmal zur Literatur zurück. Und zwar mit Absicht deshalb, weil unsere Gedankenexperimente mit ihr noch nicht realisierbar sind und wir uns also unbehindert von technischen Bedenken bewegen können. Bei unserer Einschränkung der Kombinationen, die wir vom Elektronenhirn verlangt haben, sind wir bisher bis zum Befehl nach sinnvollen Sätzen gegangen. Nehmen wir nun an, es gelänge, den Stil eines Dichters so zu definieren, daß wir das Auswahl-

system der Maschine auch nach dieser Richtung lenken könnten. Es ist wahr, daß solche Systeme, die den Stil eines Dichters bis ins letzte zerpflücken, nichts Erhebendes sind. Sie erinnern uns an den Schullehrer, der uns die Klassiker verleidet, indem er jeden Satz zergliedern läßt. Aber in diesem Fall dient es einem nützlichen Zweck. Wir entnehmen nämlich der Elektronenmaschine zwar wieder eine Unzahl an Werken über alle möglichen Themen, die wir vielleicht auch nicht alle durchlesen können. Wir können sie aber etwa ordnen lassen und finden dann in der Registratur etwa ein Essay Goethes über einen Atommeiler oder ein Gedicht Walthers von der Vogelweide über die Maya-Kultur.

Man wird vielleicht einwenden, daß der Stil eines Dichters nichts Ruhendes ist, daß er sich wandelt und erneuert und somit unsere Betrachtungen ad absurdum geführt sind. Das stimmt nicht. Vielleicht erhalten wir dann tatsächlich etwas anderes. Aber nehmen wir an, wir wählten den Stil Schillers in seinen reifen Jahren und suchen nun nach den »Räubern«. Wir finden sie auch – aber nicht so, wie wir sie gewohnt sind, sondern in einer gereifteren Form, eben so, wie wenn Schiller Zeit gefunden hätte, sie in vorgerückten Jahren noch einmal zu schreiben. Und wenn uns nicht nur an der Psychologie des Dichters liegt, dann ist uns dies sogar lieber.

Daß wir einer Verwirklichung solcher Gedanken schon näher stehen, als ich selbst annahm, zeigt eine Nachricht vom Massachusetts Institute of Technology, die ich auch erst während der Korrekturarbeiten erhielt. Dort hat ein Team von vier Dutzend Elektronikern, Mathematikern, Linguisten und Logisten einen Übersetzungsautomaten konstruiert, der beim Ersten Internationalen Kybernetikerkongreß in Namur, Belgien, vorgeführt wurde. Die Apparatur wurde darauf eingestellt, zwanzig französische Dichter an ihrem Stil zu unterscheiden, und identifizierte bei einer Prüfungsaufgabe einen wenig bekannten Text richtig als von Mallarmé stammend, den Literaten vorher vergeblich untersucht hatten.

Wer aber trotzdem glaubt, daß man den Stil eines Genies nie ganz erfassen kann (was nicht wahr ist, denn der Stil repräsentiert sich ja in seinem Lebenswerk, und dieses ist uns zugänglich), dem zu Gefallen können wir ja einen hypothetischen Dichter annehmen und einen Stil für ihn erfinden. Die Werke, die wir unserer Maschine entnehmen, sind dann Werke eines nur gedachten Wesens. Und da dessen Stil keinen menschlichen Schwächen unterworfen ist, kommen wir so zu Ergebnissen, die besser sind als Menschenwerk.

So könnte man denken – aber diese letzte Schlußfolgerung stimmt nun doch

nicht. Ein Vorgang ist nämlich in den Ablauf hineinverflochten, der nur die Leistung eines menschlichen Gehirns sein kann: Das ist das Festlegen der Stilgesetze. Es ist also dafür gesorgt, daß die Bäume nicht in den Himmel wachsen. Prinzipiell kann einmal die Möglichkeit bestehen, neue Werke von längst verstorbenen Künstlern zu erhalten. Das, was sie uns hinterlassen haben, können wir ausnützen. Die Dichtwerke aus der Maschine aber werden nur den Stil des Ingenieurs haben, der ihn ausgearbeitet hat. Es gibt also auch ein Gesetz von der Erhaltung der geistigen Substanz. Die Maschine kann uns nur von der Arbeit entlasten.

Aber auch das ist undenkbar viel. Man stelle sich vor: Es genügt, daß die künstlerischen Kräfte vorhanden sind und eine Möglichkeit besteht, sie zu testen. Kein Mensch braucht dann mit Gedanken zu ringen, schlaflose Nächte zu verbringen, Geld und Gesundheit zu opfern, um sein Werk hervorzubringen. Und auch mittelmäßige Geister können sich testen lassen, aber nicht auf den Stil, den sie hervorbringen würden, sondern auf denjenigen, der ihrer Mentalität, ihrem Begriffs- und Auffassungsvermögen angepaßt ist. Also: Jedem sein individueller Stil, das Kunstwerk nach Maß!

Kehren wir zur Wirklichkeit zurück. Bei flächenhaften Darstellungen bestimmter Art – wir wollen sie keineswegs Kunstwerke nennen – ist uns tatsächlich einiges geglückt, was bei der Literatur noch Utopie ist. Es ist uns gelungen, das, was einst künstlerische Intuition war, durch gewisse Auswahlregeln zu ersetzen. Scheinbar also Schöpferkraft mathematisch-technischen Manipulationen gleichzusetzen.

Auch das stimmt nicht. In Wirklichkeit wird nur der Ort der schöpferischen Produktivität auf eine andere Ebene verlegt. Es ist nicht mehr ein unbewußtes dumpfes Wollen, sondern eine klare, bewußte Absicht, die zur Gestaltung drängt. Es wird nicht mehr der Stimmung und Intuition überlassen, welchen Charakter ein Werk erhält, sondern einer genauen, umfassenden Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten. Nach solchen Gesetzmäßigkeiten hat sich der schöpferische Geist immer schon richten müssen, und seine Suche nach der endgültigen Form war ein Ringen darum, etwas Unaussprechliches zu erfassen und sich so über sein eigenes Begriffsvermögen zu erheben. Heute oder morgen hat der Mensch die Mittel, das Unaussprechliche auszusprechen, das Unbegreifbare zu begreifen. Er verläßt sich nicht auf den günstigen Moment, den glücklichen Einfall, der sich zu einer Form gestalten läßt, in der sich die Urgesetze spiegeln, nein, ihm sind alle

Möglichkeiten gleich gegenwärtig, und er sucht die heraus, die das zeigt, was ihm als Inkarnation seiner individuellen Sicht, seines Stils, der ihm angepaßten Gesetzmäßigkeit erscheint. Um aus der unübersehbaren Vielfalt der Formenwelt die für ihn gültige Form herauszufinden, richtet er sich nach Prinzipien, die seine Absicht zur Verwirklichung führen, und stellt neue auf; und diese sind seine individuelle Leistung. Solange er schon festgelegten Prinzipien folgt, ist er eine nachschaffende Kraft, sobald er aber eigene Auswahlregeln schafft und zur endgültigen Entscheidung kommt, ist er produktiv. Das Aufstellen dieser Auswahlregeln ist der neue schöpferische Gestaltungsakt. Die schöpferische Produktivität und das rationale Erfassen des Prinzipschemas verschmelzen also zu einem einheitlichen Ganzen.

Ist das wirklich so neuartig? Was tut denn der klassische Künstler anderes, wenn er um sein Werk ringt, als immer wieder kombinieren, auswählen und verwerfen? Vor seinem inneren Auge sah er sein Gemälde bereits in tausendfach verschiedener Weise, bis er sich zu dem entschließt, das dann auf der Leinwand zu bleibender Gestalt manifestiert erscheint. Nur ist er bei seiner Art der Auswahl auf die Zufälligkeiten angewiesen, wie sich in seinem Gehirn die Impressionen finden, lösen und neu zusammenfügen, und trotz aller Phantasie steht ihm nur ein verschwindend kleiner Bruchteil von dem zur Wahl, was sein zukünftiger Nachfolger gleichzeitig parat hat und mit dem er wissend operiert. Je größer der Bereich, aus dem das Beste gesucht werden darf, um so besser wird das Ergebnis unserem Wollen angepaßt sein.

Es ist die Technik, die uns den unbegrenzten Raum aller möglichen Gestaltungsformen erschließt. Die Technik, die von Generationen von denkenden, nach Erkenntnis strebenden Menschen als ihr Werkzeug geschaffen wurde. Sie hat uns den Mikrokosmos erschlossen, die Welt der Moleküle und Atome, sie wird uns in die Unendlichkeit des Weltraums führen, sie kann uns von den Fesseln der entwürdigenden Arbeit und des unerbittlichen Kampfes jeder gegen jeden befreien. Und nun bietet sie sich uns als Wegbereiter einer neuen Ästhetik.

Diese Möglichkeit sollten wir nützen. Die Zukunft hat schon begonnen – auch für die Kunst.

Verzeichnis der erwähnten Literatur

Prof. Karl Bloßfeld
Urformen der Kunst, photographische Pflanzenbilder
Verlag Ernst Wasmuth, Berlin

Edgerton und Kilian
Flash!
Charles T. Branford Co, Massachusetts

Herbert Eimert, Karlheinz Stockhausen u. a.
Elektronische Musik
Universal Edition, Wien, Zürich, London

Georg Fiedler
Farbwunder der Natur
F. A. Brockhaus, Leipzig

Herbert W. Franke und P. Fries
Röntgenformen
Photomagazin 11 (1954): 41

Herbert W. Franke und P. Fries
Wege zur subjektiven Photographie: Röntgenformen
Camera, 3 (1955): 135

Herbert W. Franke
Sichtbarer Mikrokosmos
Photomagazin 10 (1955): 64

Herbert W. Franke
Studien im Ultralicht
Foto Prisma, 2 (1956):84

Herbert W. Franke
Ultrafotografie
Fotopost, 3 (1956): 112

Herbert W. Franke und Andreas Hübner
Zu unseren Photoexperimenten
Camera, 6 (1956): 262

Herbert W. Franke
Formenspiel der Elektronen
Foto Prisma, 6 (1956): 310

Herbert W. Franke
They call it Ultra Light
Photography, 2, 8 (1956): 49

Herbert W. Franke
Dance of the Electrons
Photo-Guide-Magazine, 5 (1956): 436

Herbert W. Franke
Il mondo in trasparenca
Progresso fotografico 63, 11 (1956): 490

Herbert W. Franke
Luminous Electron Tracks
Photomagazin, International Edition 4 (1956): 54

Herbert W. Franke und Paul Fries
Ultrafotos
Graphik 9, 11 (1956): 593

Herbert W. Franke
Das Absolute in der Kunst
Neue Wege 12, 117/118 (1956): 46

Herbert W. Franke
Wellenformen
Foto Prisma, 1 (1957): 30

Herbert W. Franke
Oscillografia
Fotografia 9, 12 (1956): 22

Herbert W. Franke
Silhouettes by »invisible light«
Photorama 2, 7 (1957): 254

Hans R. Schieß
Gestalt und Gesetz des Irdischen
Du 4 (1945): 24

Heinz Hajek-Halke
Experimentelle Fotografie
Athenäum-Verlag, Bad Godesberg

Ben F. Laposky
Electronic abstractions
Eigenverlag des Verfassers, Cherokee, Iowa

F. Le Lionnais
Paysages Mathématiques
Quadrige, 9 (1946): 13

Horst Reumuth
Wunder der Mikrowelt
Konradin-Verlag, Stuttgart

Friedlieb Ferdinand Runge
Musterbilder zur Farbenchemie
Eigenverlag, Berlin

Gustav Schenk
Schöpfung aus dem Wassertropfen
Karl H. Henssel-Verlag, Berlin

Otto Steinert
Subjektive Fotografie
Auer-Verlag, München

Carl Strüwe
Formen des Mikrokosmos
Prestel-Verlag, München

Mark Hartland Thomas
Festival Pattern Group
Design 29/30 (1951): 12

Verzeichnis der Bildtafeln

1 Ultrafotos: Drei Gesichter einer Vase. Dr. Paul Fries.
2 Ultrafotos: Weintraube. Dr. Herbert W. Franke und Helmut Volland.
3 Ulrrafoto: Bananen. Dr. Herbert W. Franke und Helmut Volland.
4 Ultrafoto: Heizkocher. Dr. Herbert W. Franke und Helmut Volland.
5 Ultrafoto: Locher. Dr. Herbert W. Franke und Helmut Volland.
6 Ultrafoto: Schreibmaschine. Dr. Herbert W. Franke und Helmut Volland.
7 Ultrafoto: Zündhölzer. Dr. Paul Fries.
8 Aerogramm: Schlüssel. Dr. Herbert W. Franke.
9 Aerogramm: Scheren. Dr. Herbert W. Franke.
10 Aerogramm: Tannenzweig. Dr. Herbert W. Franke.
11 Mikroaufnahme: Flüssige Kristalle. Dr. Horst Reumuth, aus dem Buch »Wunder der Mikrowelt«.
12 bis 14 Aufnahmen von bewegtem Wasser. Gustav Schenk, aus dem Buch »Schöpfung aus dem Wassertropfen«, gefertigt mit Unterstützung der Böhme Fettchemie GmbH.
15 Struktur von Gummilösung. Dr. Herbert W. Franke.
16 Elektronenmikroskopische Aufnahme: Ammoniumchlorid, Elektronenmikroskop-Laboratorium der Technischen Hochschule Karlsruhe.
17 Elektronenmikroskopische Aufnahme: Stahl. Institut für Elektromedizin und Elektronentechnik der Universität München.
18 Schlierenaufnahme: Negative Eiskristalle. Gottfried J. Krüger, Contax mit Panflex, aus der Zeitschrift »Photographie und Forschung«.

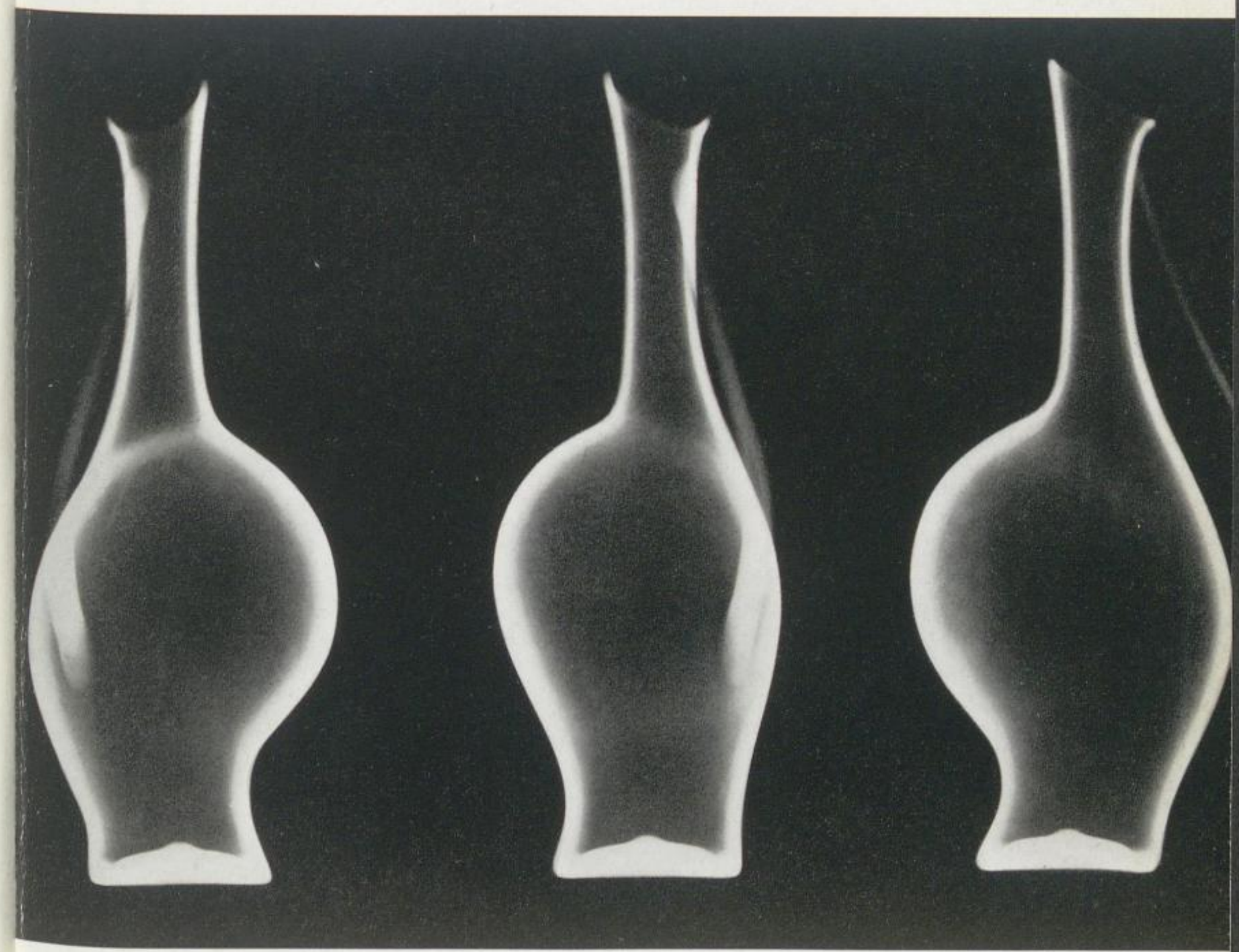
19 bis 22 Kristallgrafiken. Dr. Wilhelm Stürmer, Contax mit Panflex.
23 bis 27 Schwingungsformen. Peter Keetman.
28, 29 Pendelfiguren. Prof. Dr. Alfred Gysi.
30 bis 33 Oszillogramme. Ben F. Laposky.
34 bis 38 Pendeloszillogramme. Dr. Herbert W. Franke, Contaflex.
39 Verdrillter Gummiring. Dr. Herbert W. Franke und Andreas Hübner.
40, 41 Cellophanfolien. Dr. Herbert W. Franke und Andreas Hübner.
42 Modell einer Metallbandplastik von Dr. Herbert W. Franke. Dr. Herbert W. Franke, Contaflex.
43 bis 48 Lichtformen. Dr. Herbert W. Franke und Andreas Hübner.
49 Nylonfädenplastik von Naum Gabo.
50, 51 Modelle geometrischer Flächen aus dem Mathematischen Institut Amsterdam.
52 bis 54 Raumstudien. Dr. Herbert W. Franke, Contaflex, Contapan 25.
55 Metallrelief von Eugen Roth.
56 Lichtreflexe. Dr. Herbert W. Franke und Andreas Hübner.
57 bis 59 Wellenformen. Dr. Herbert W. Franke und Andreas Hübner.
60 Drahtnetzplastik von Bruno Munari.
61, 62 Gleitentladung. Dr. Christoph Meyer.
63 Kristallstrukturdiagramm von Apophyllit als Muster auf Pressglas. Entwurf: J. Beresford Evans in Zusammenarbeit mit dem British Council of Industrial Design.
64 Elektronendichtediagramm von Insulin als Muster eines Schleiers. Entwurf: L. Hardy und G. Edwards in Zusammenarbeit mit dem British Council of Industrial Design.

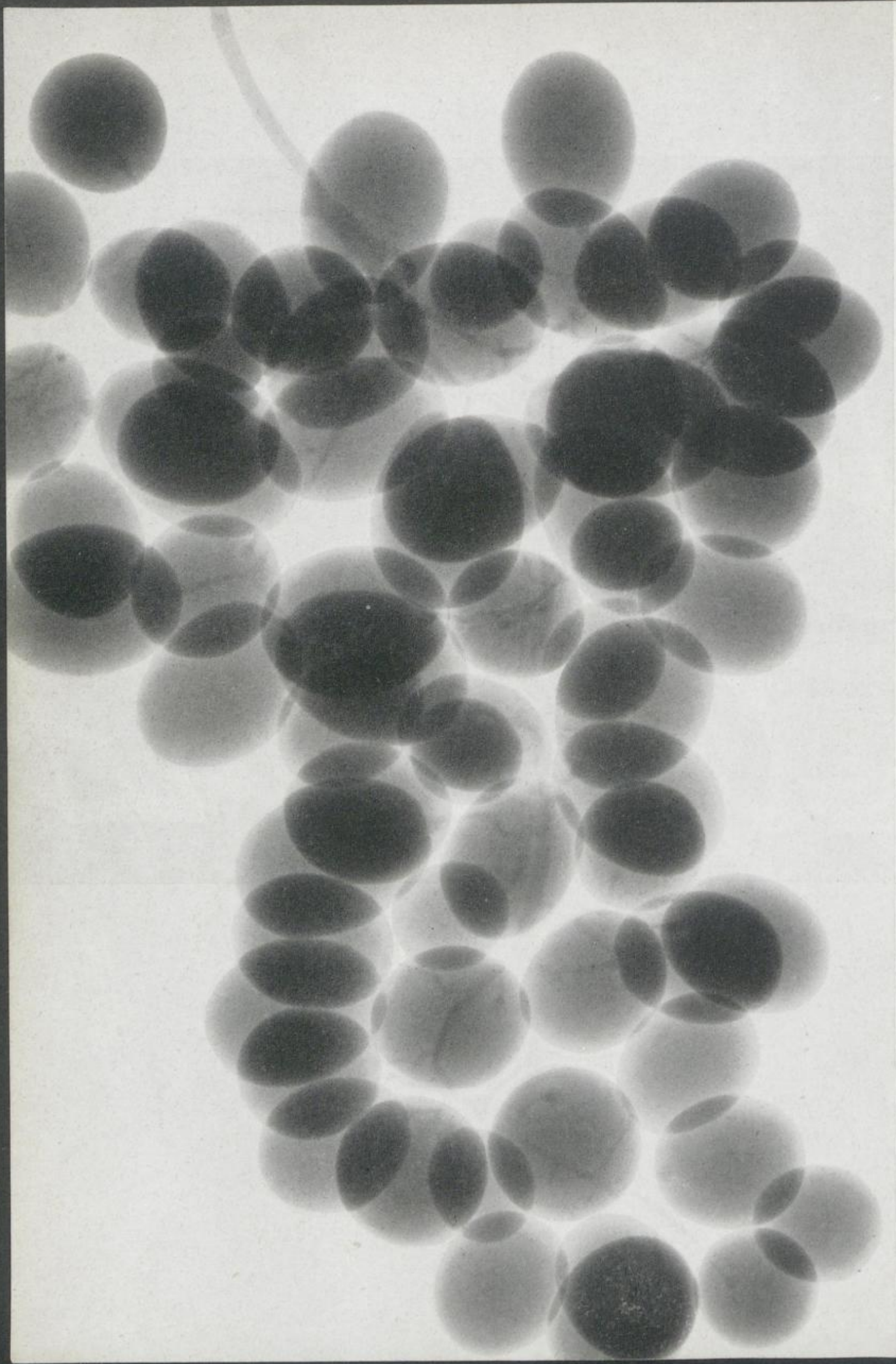
Farbtafeln

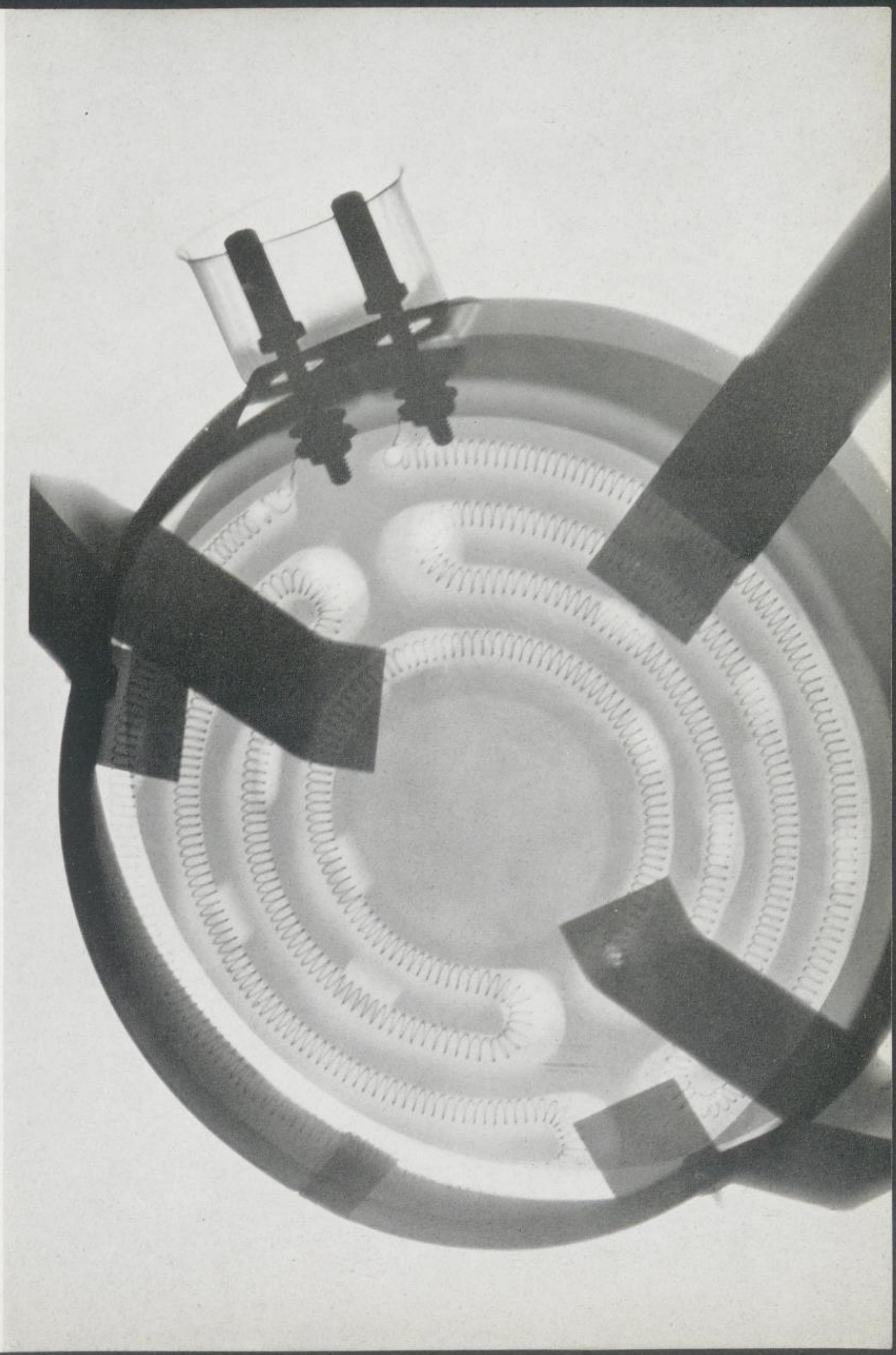
I Farbige Lichtform, Doppelklischierung. Dr. Herbert W. Franke und Andreas Hübner. Klischee: Grafische Kunst- und Klischeeanstalt Reinhardt und Co.
II Farbige Kristallgrafik. Dr. Wilhelm Stürmer, Contax mit Panflex.
III Farbige Kristallgrafik, Negativ. Dr. Wilhelm Stürmer, Contax mit Panflex.

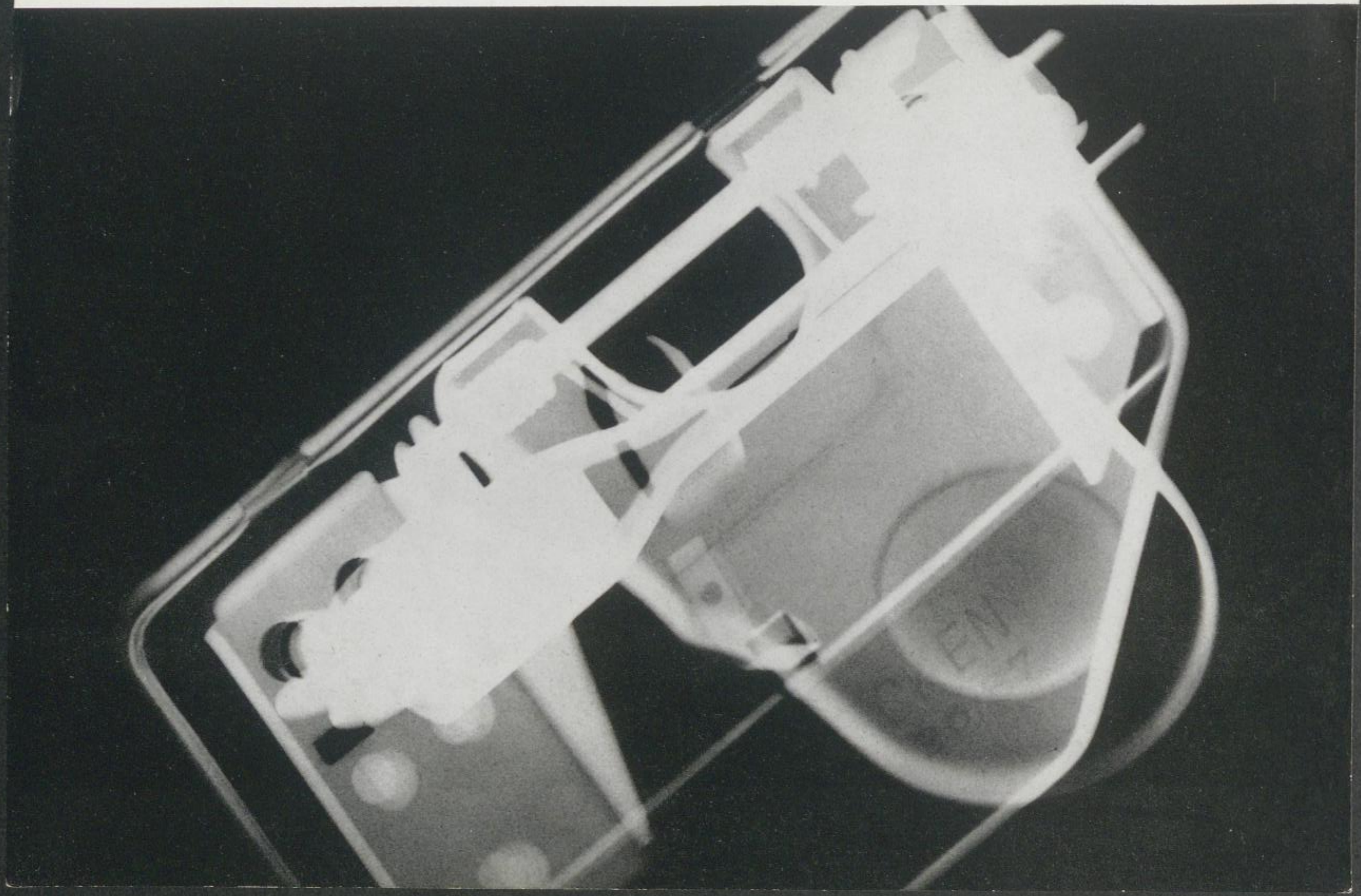
Titelseite: Farbige Lichtform, Filterung. Dr. Herbert W. Franke und Andreas Hübner, Agfacolor Umkehrfilm K.

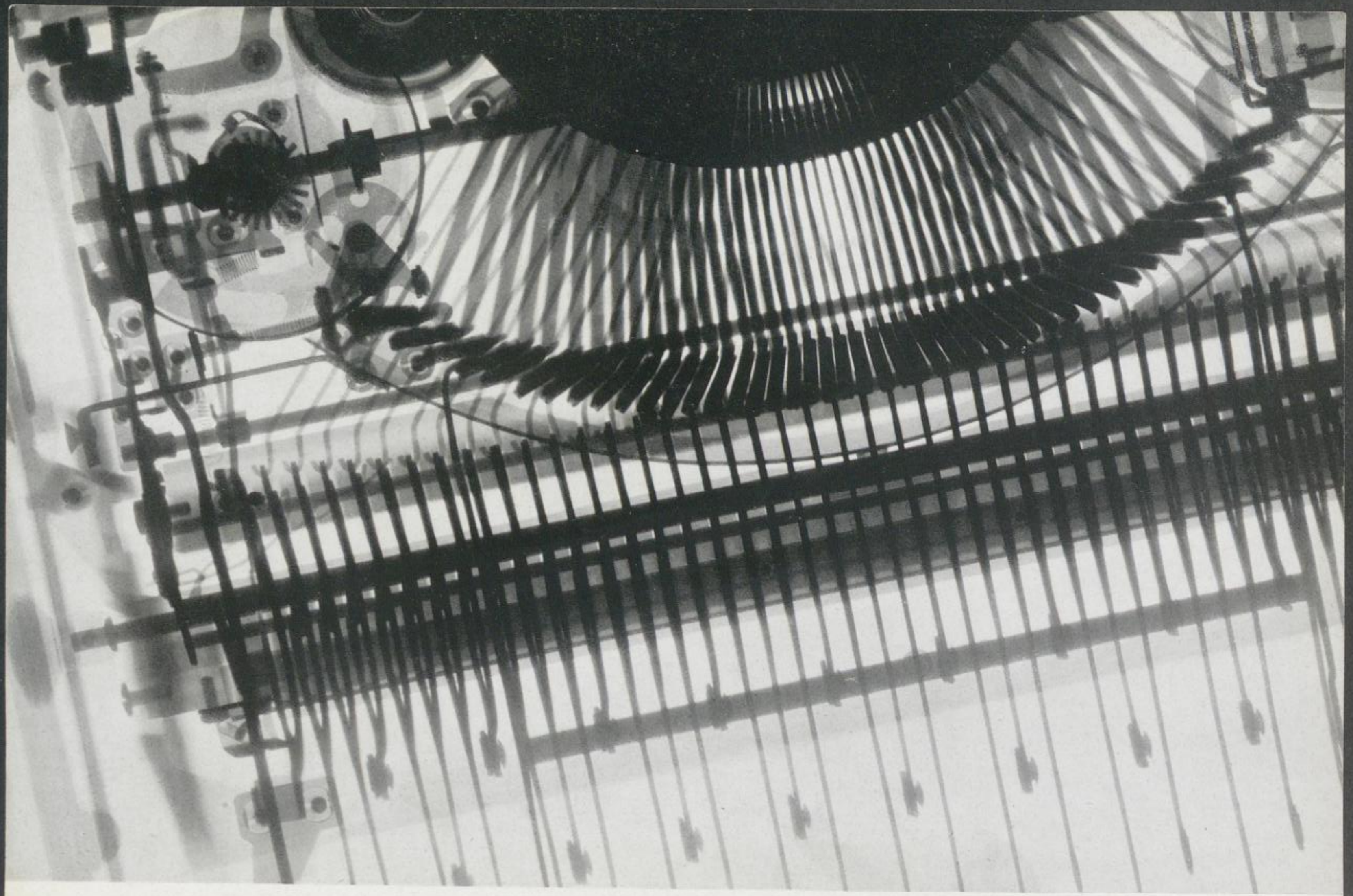
Bildtafeln

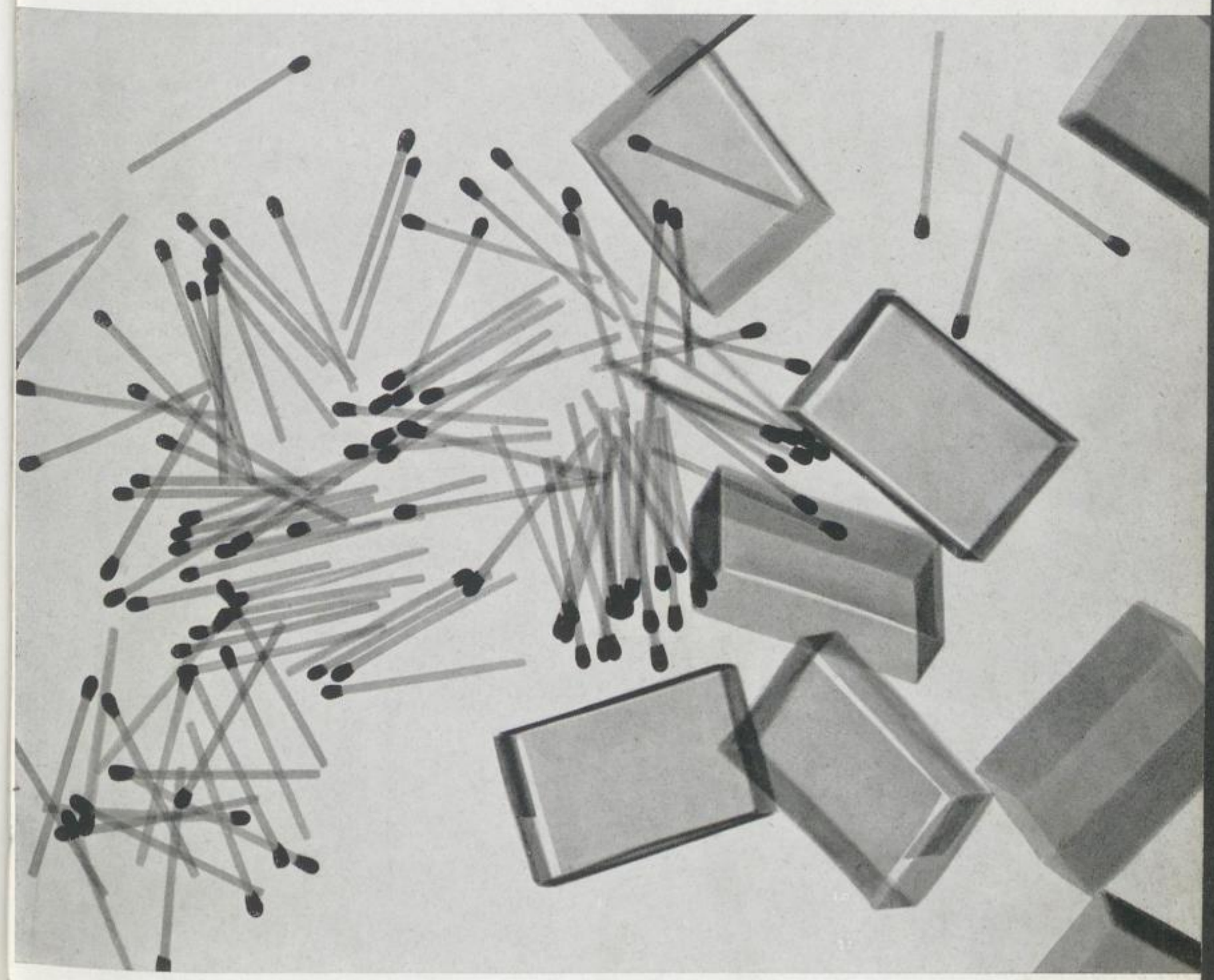


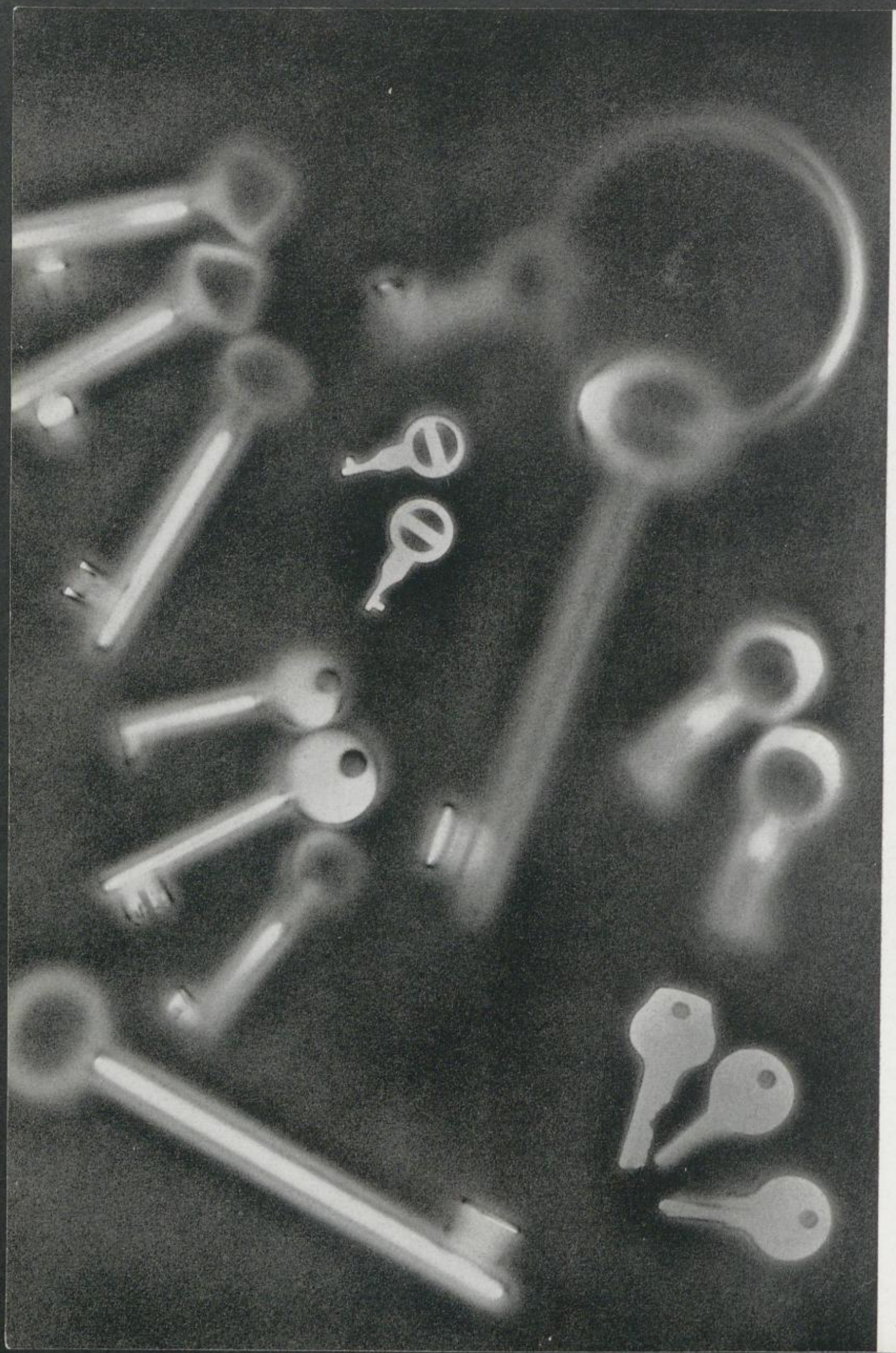


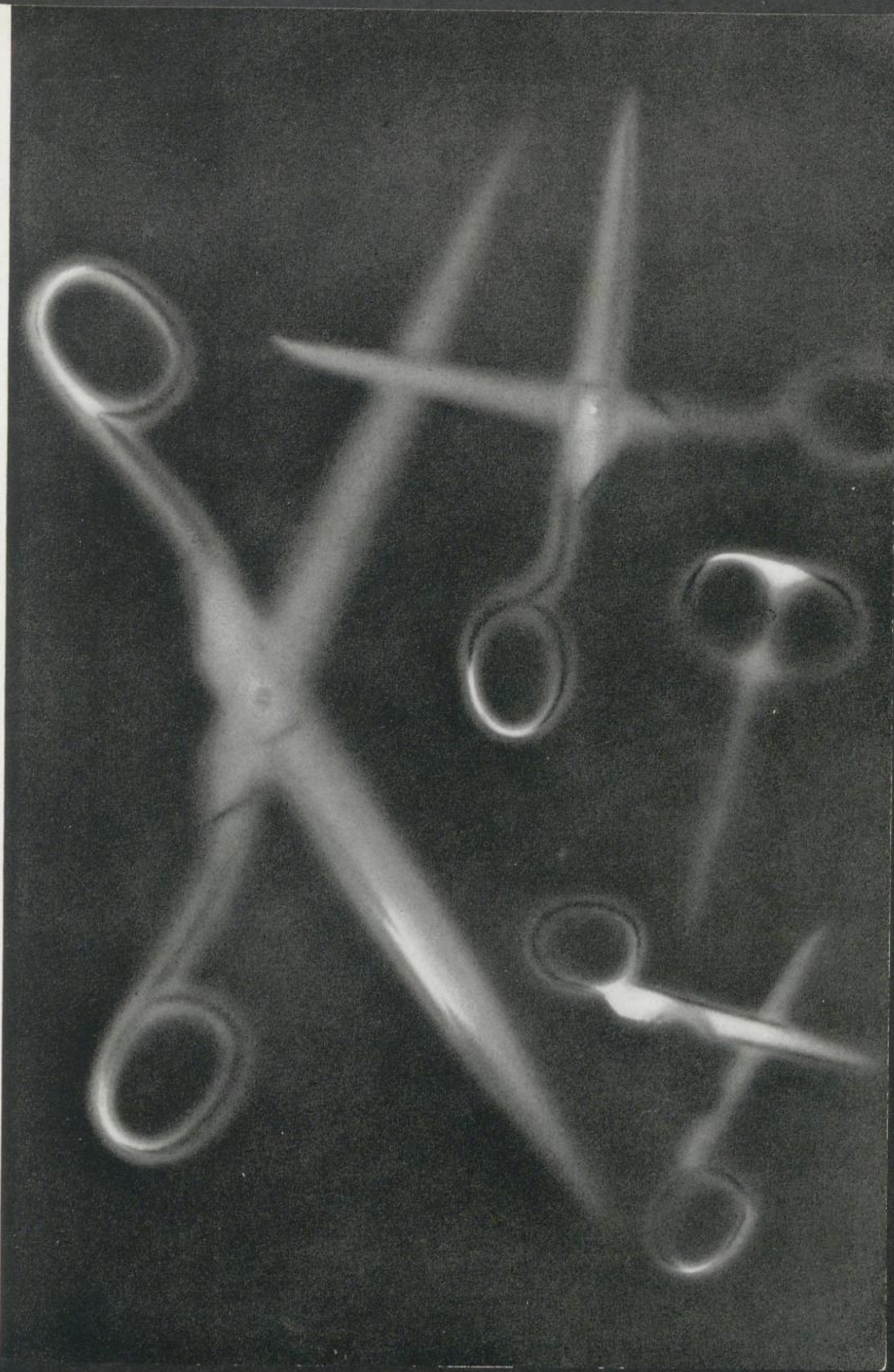


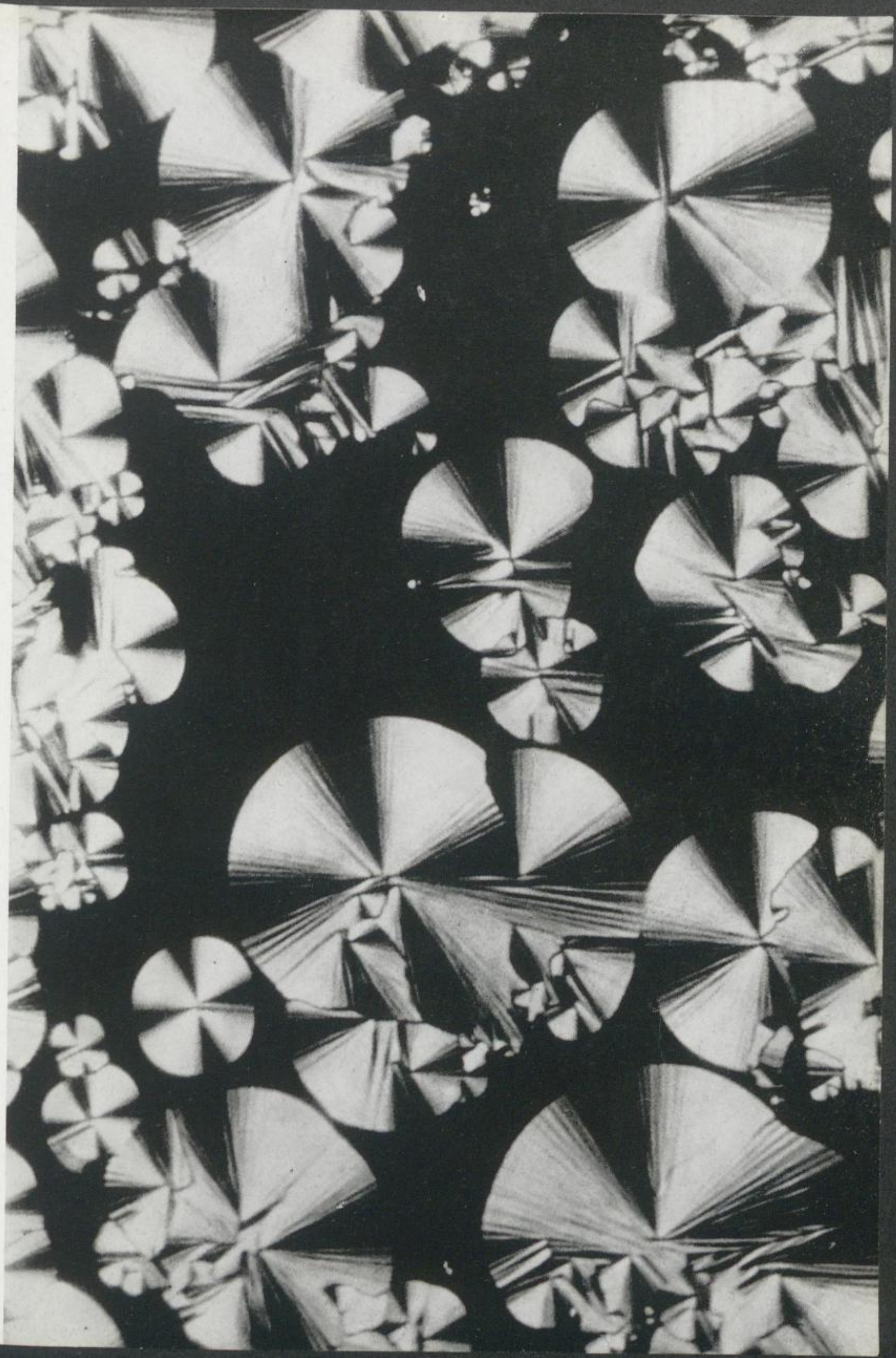


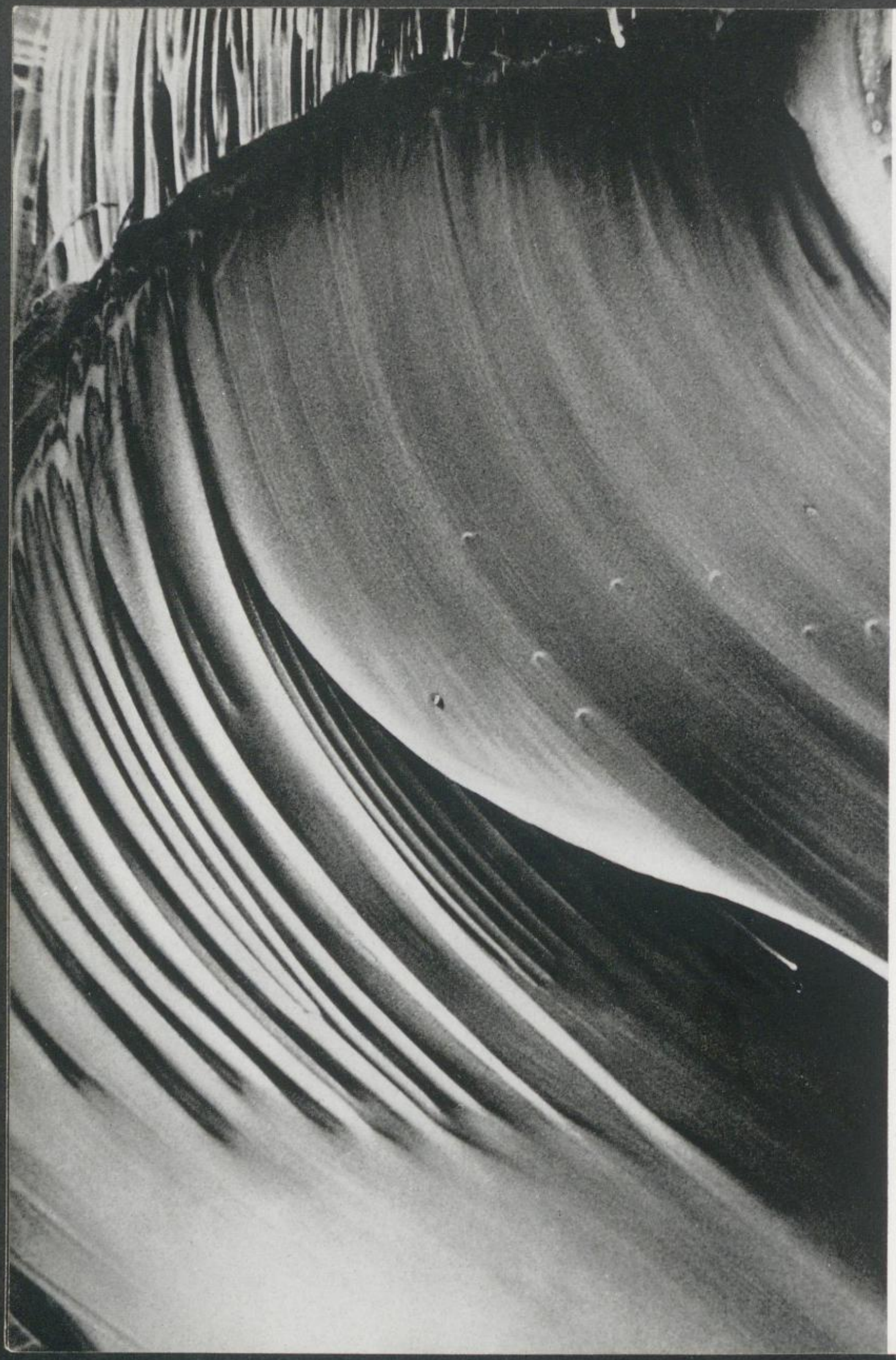


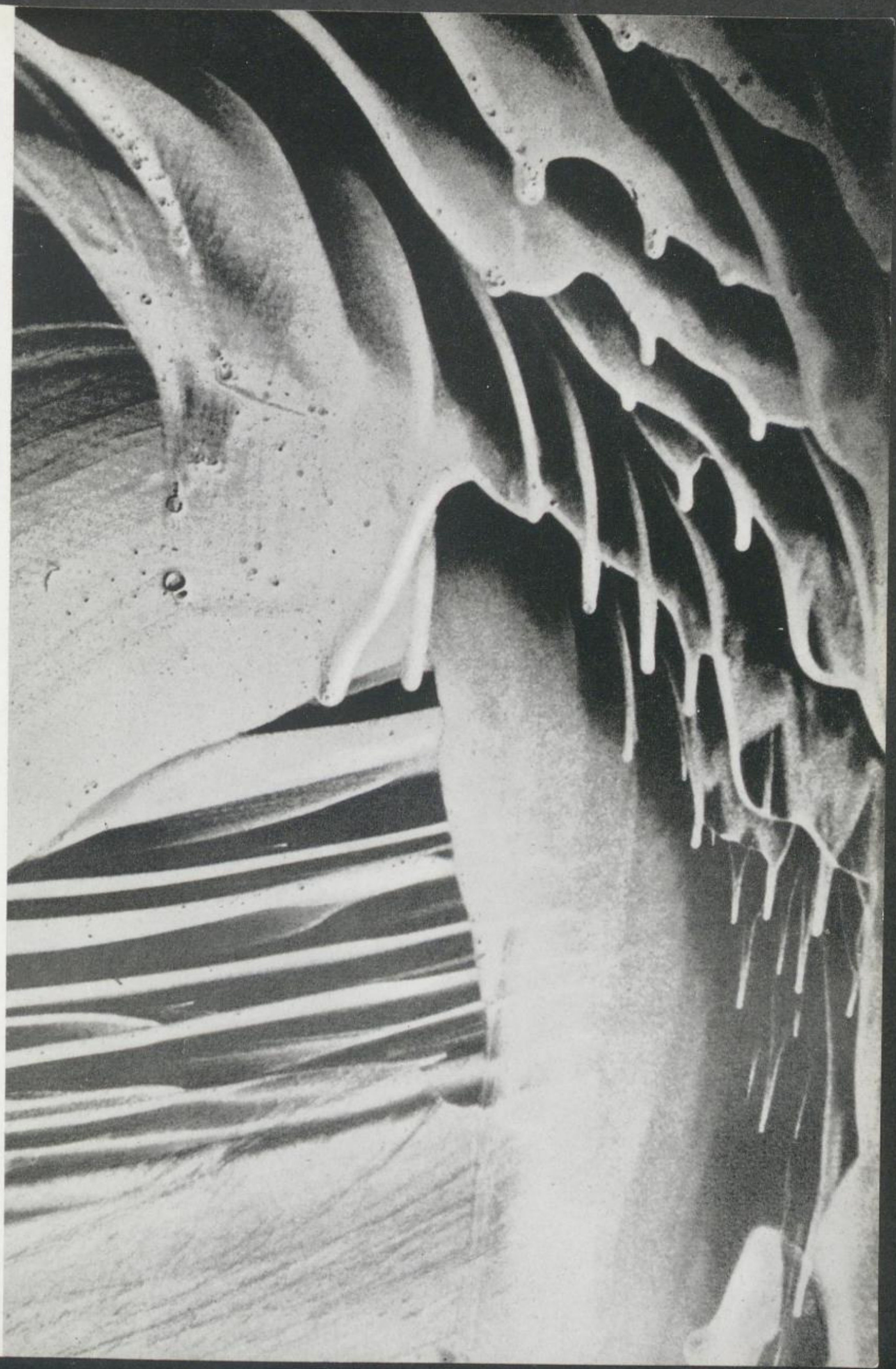


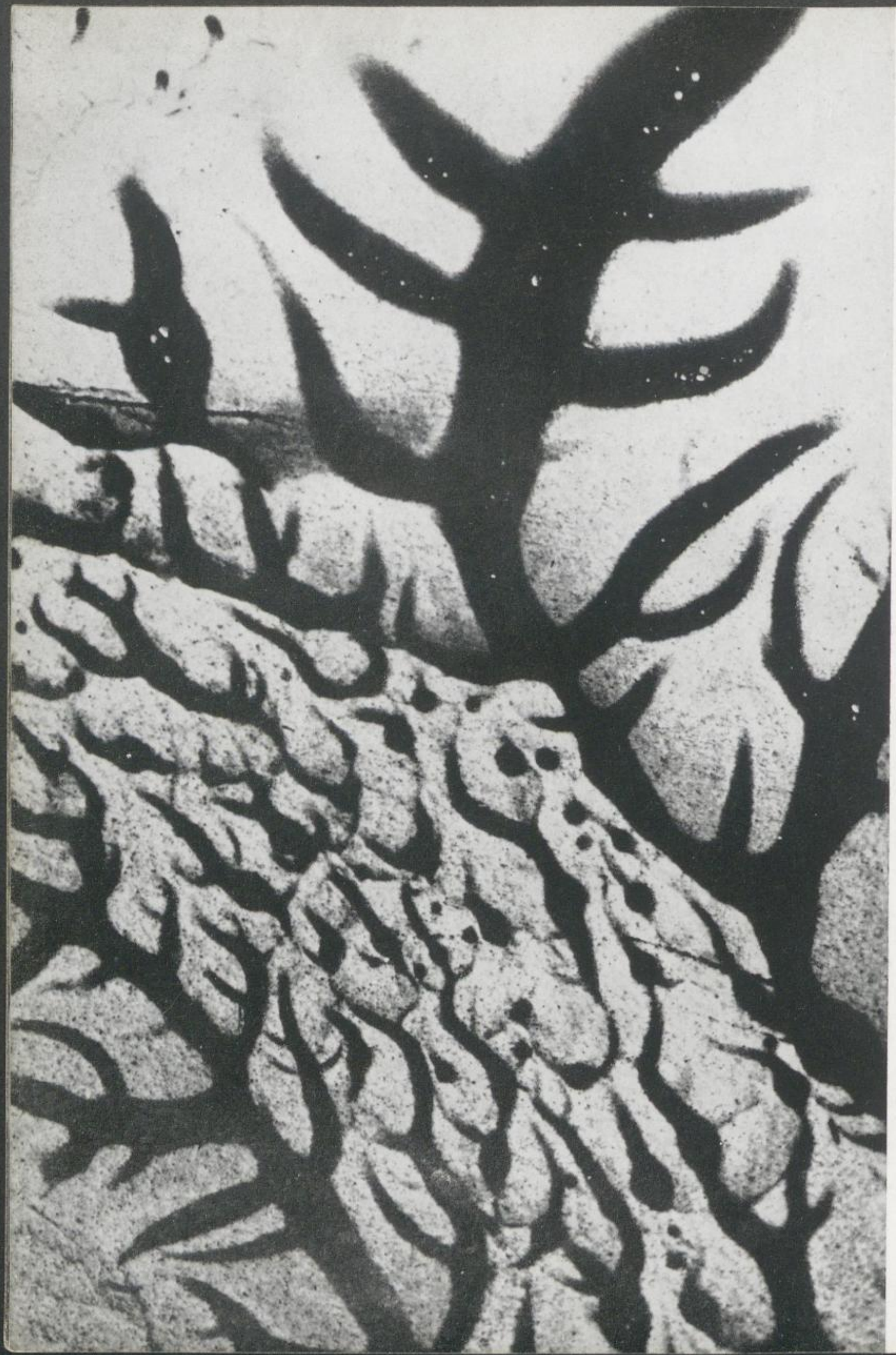




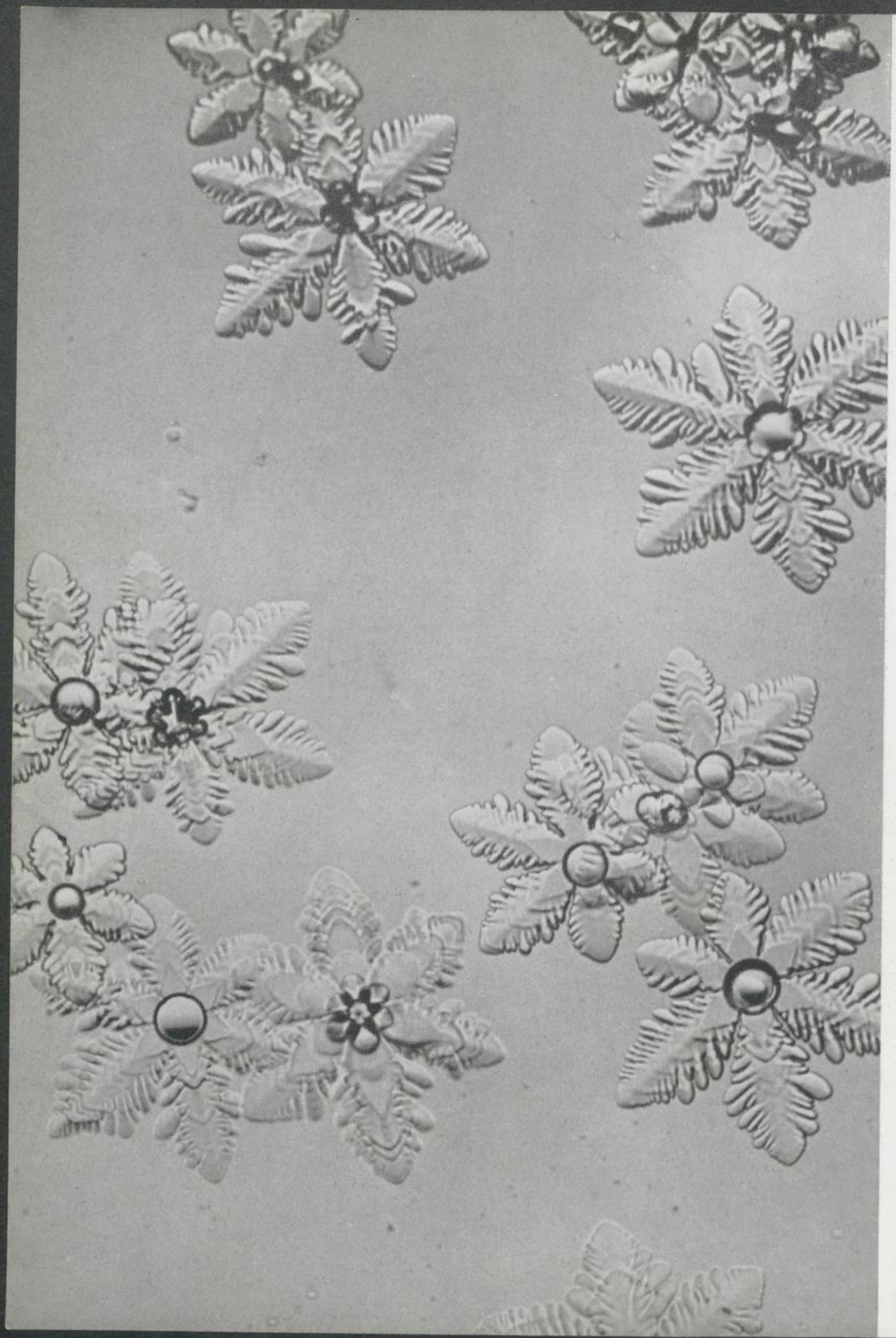


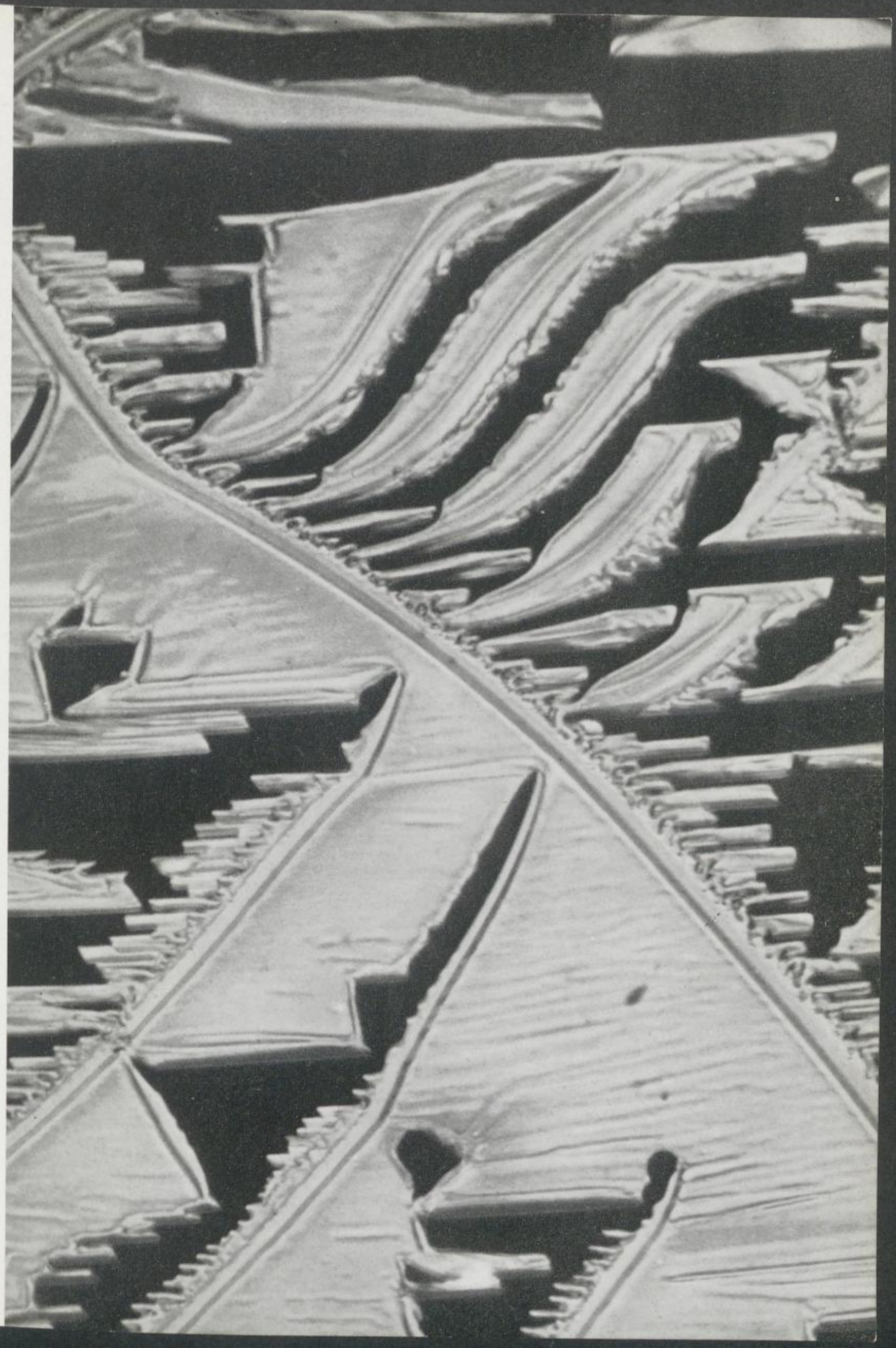


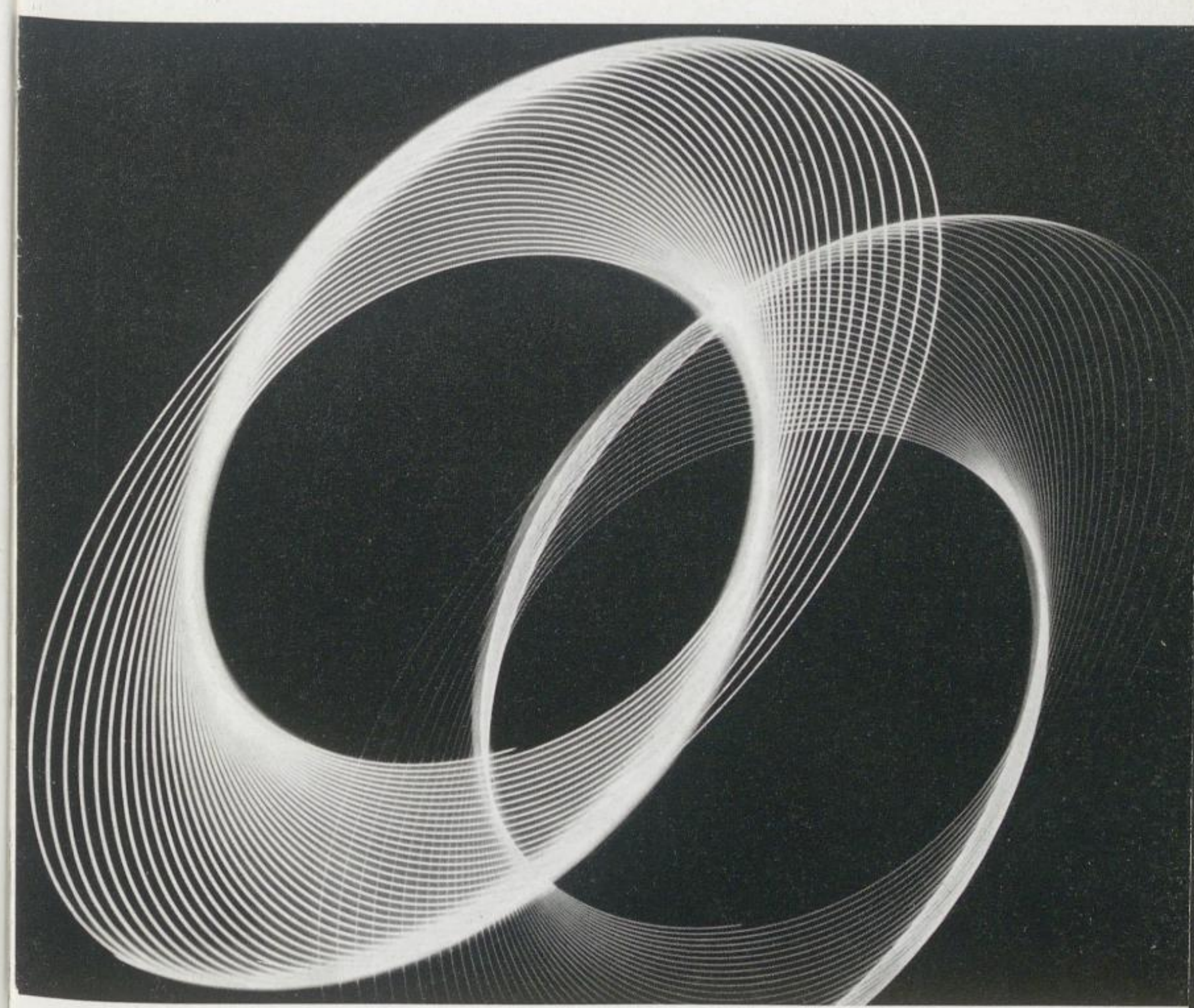


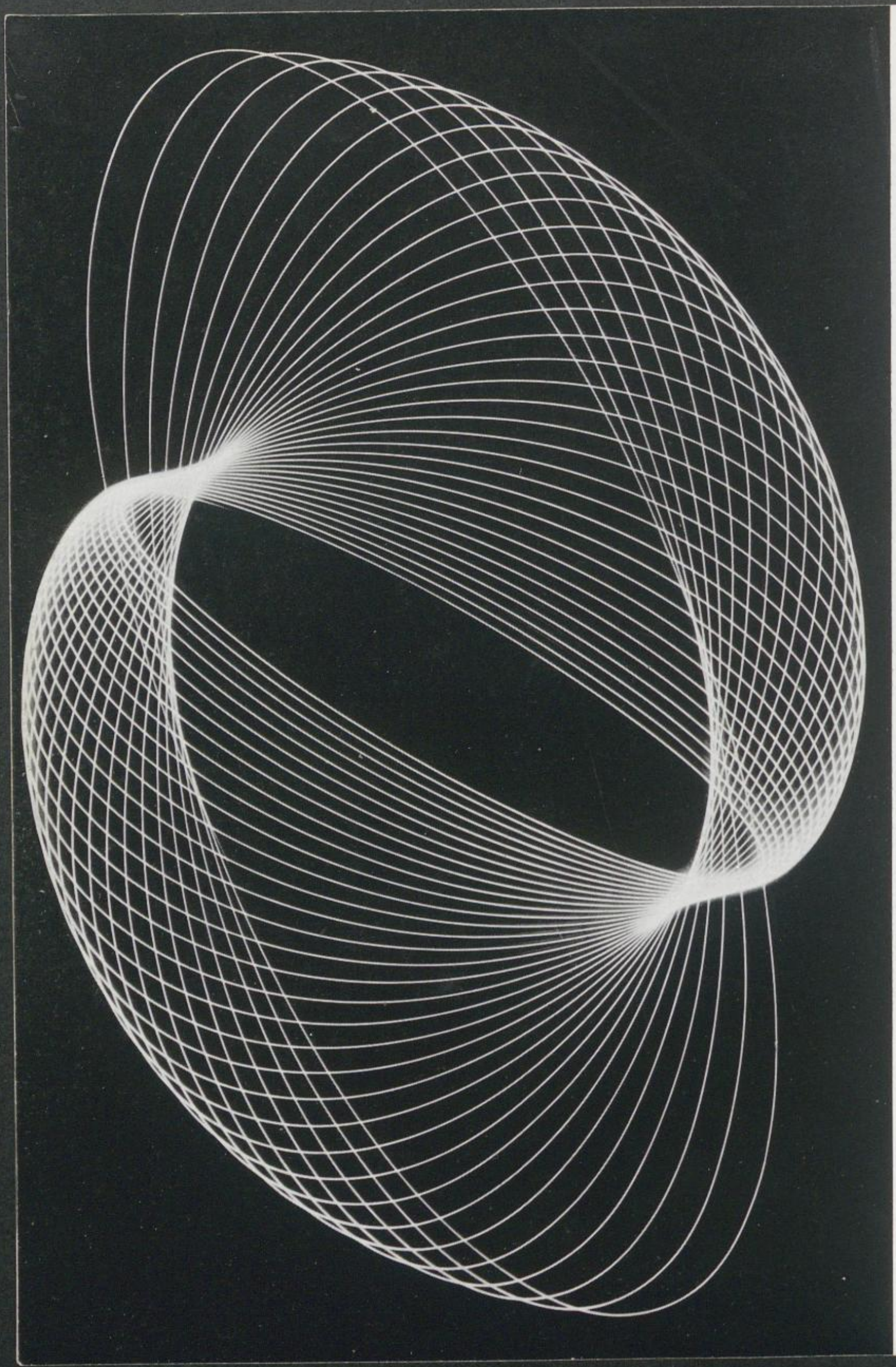


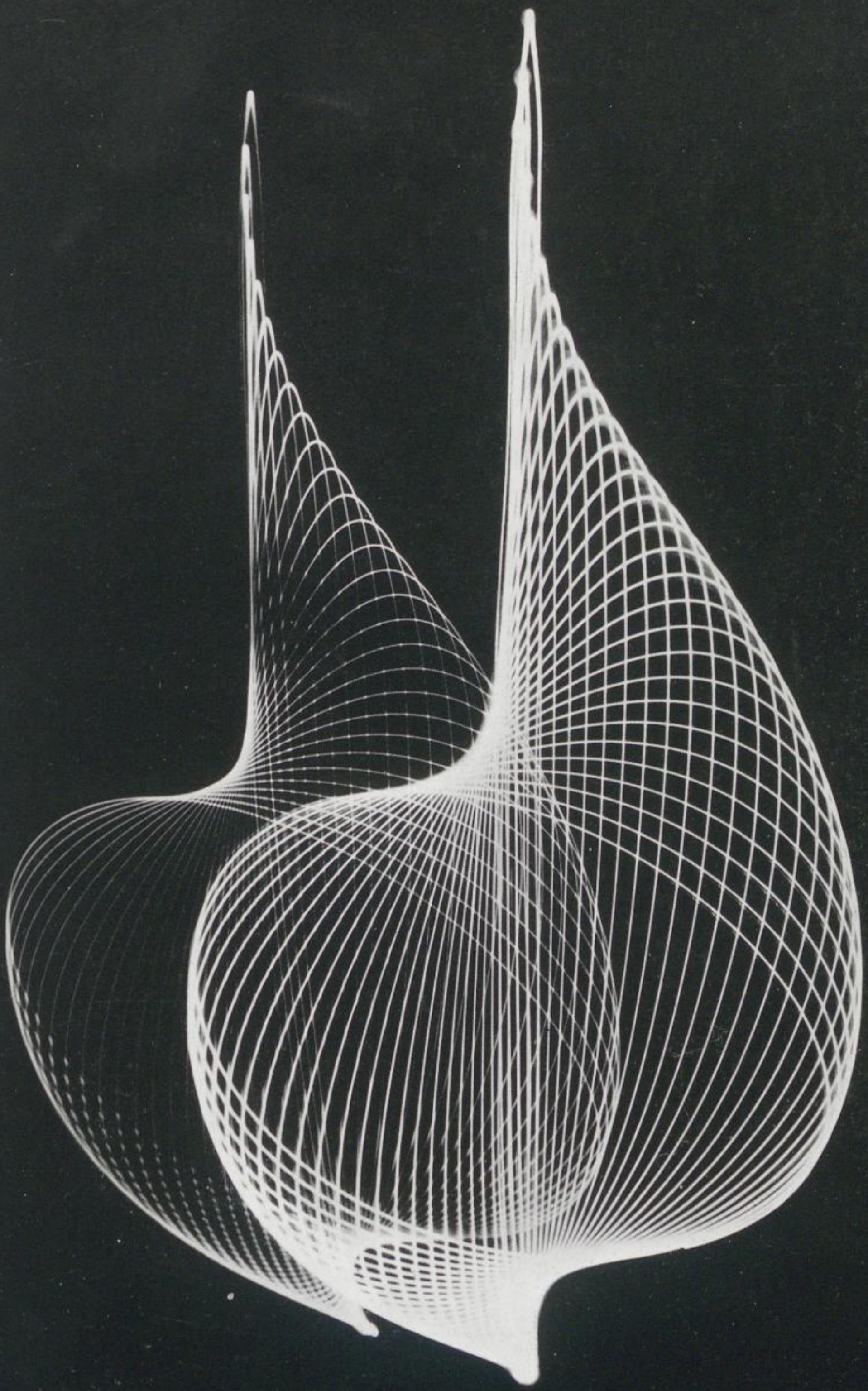
1,7

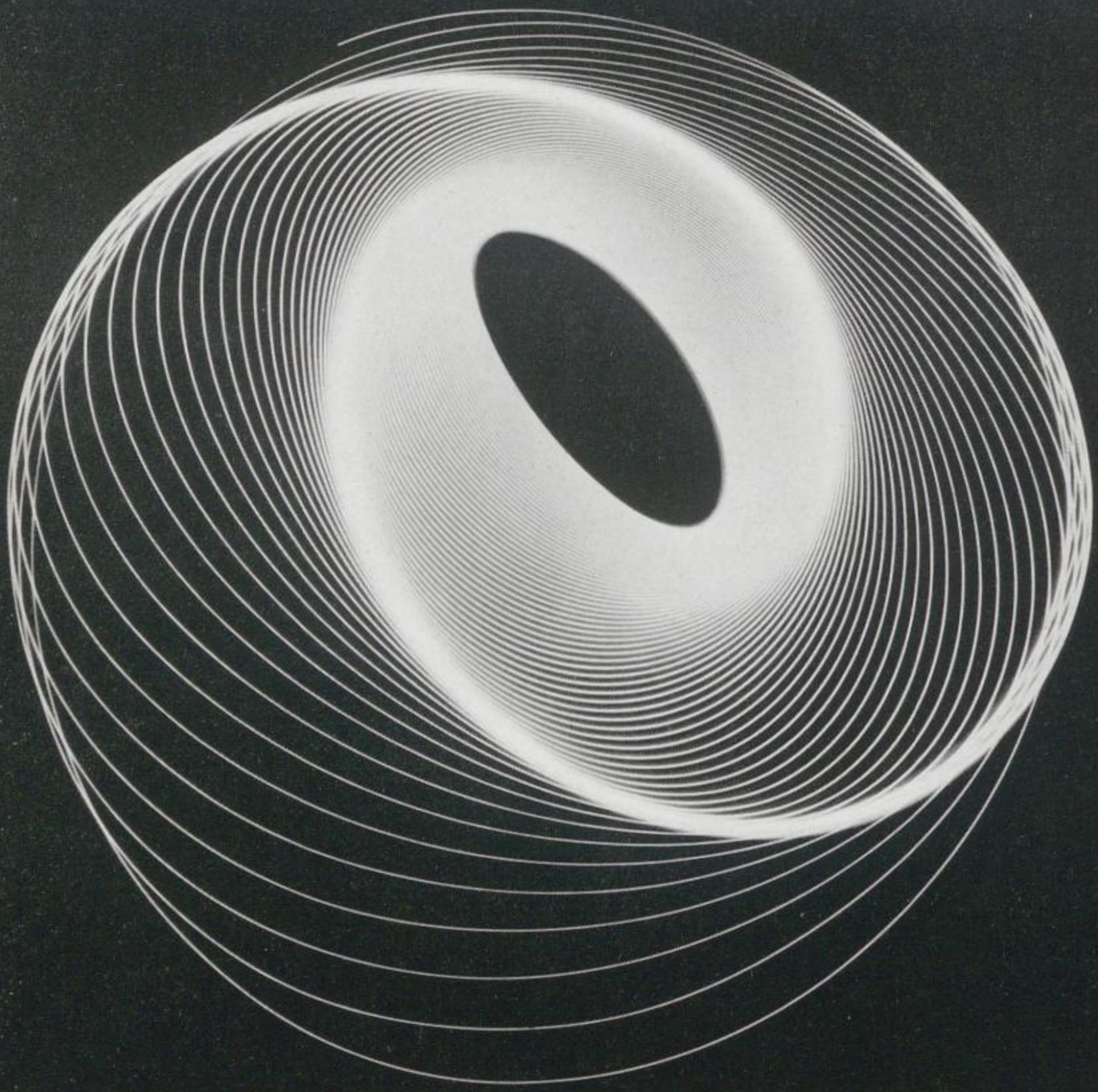


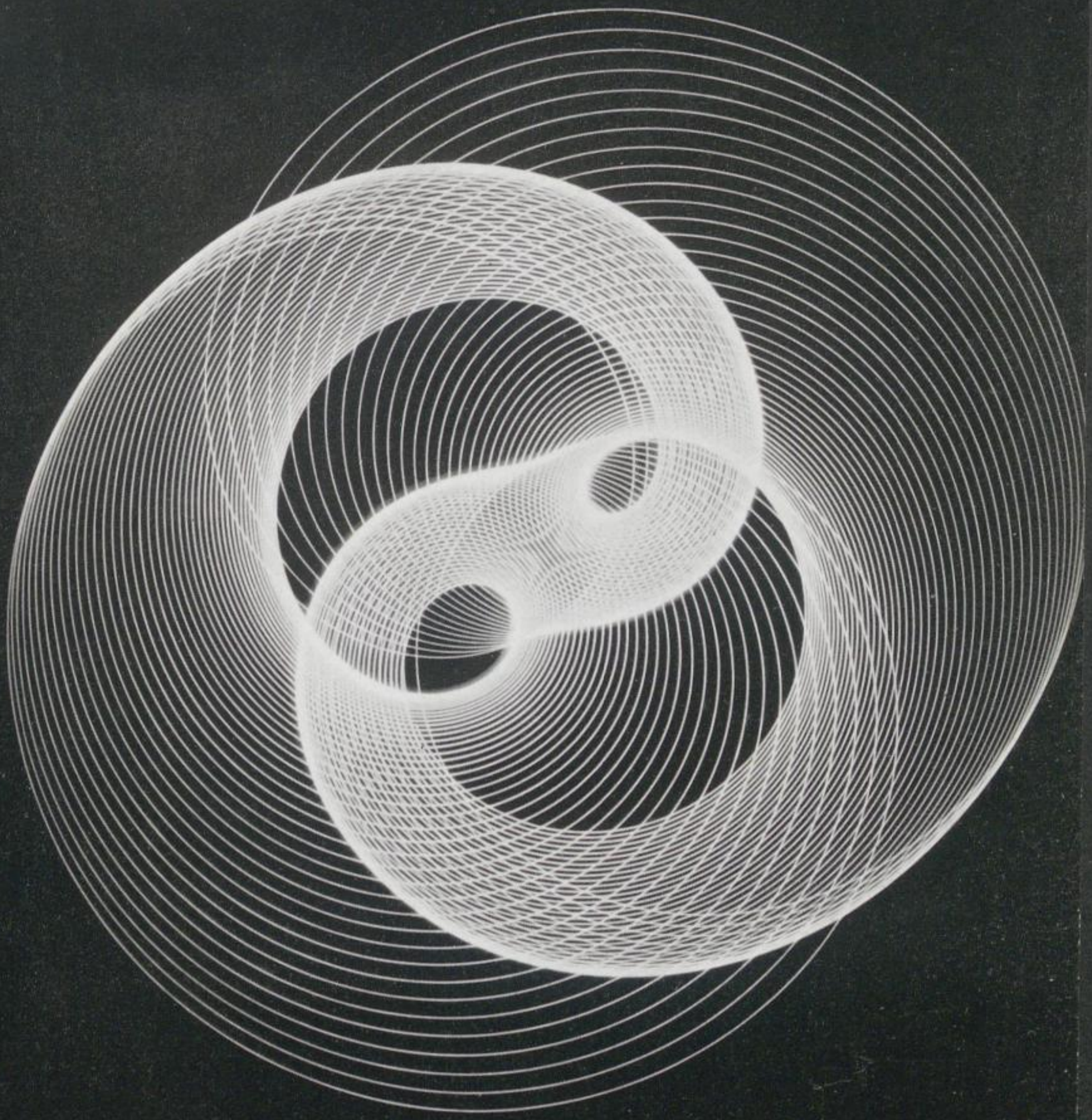


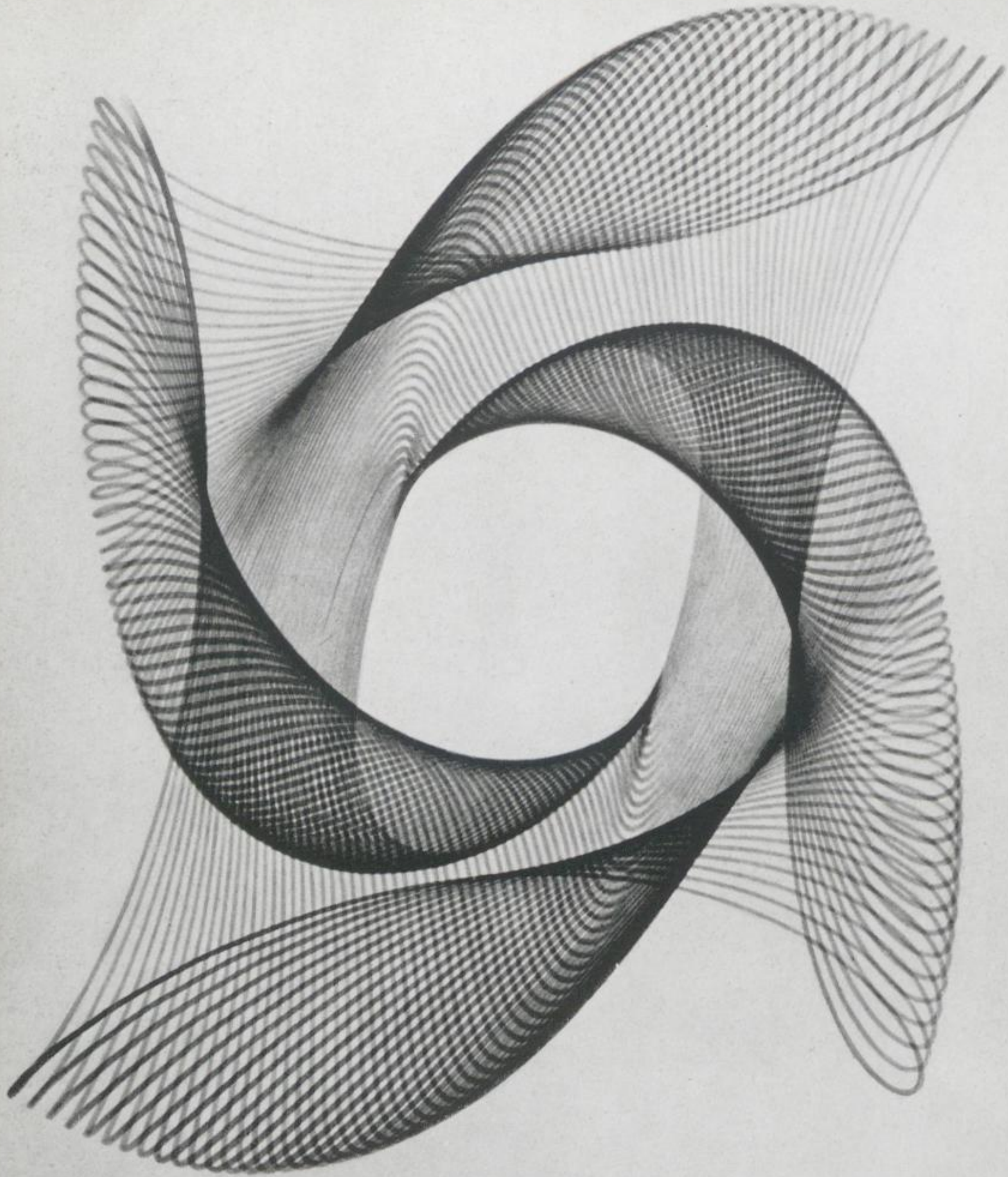


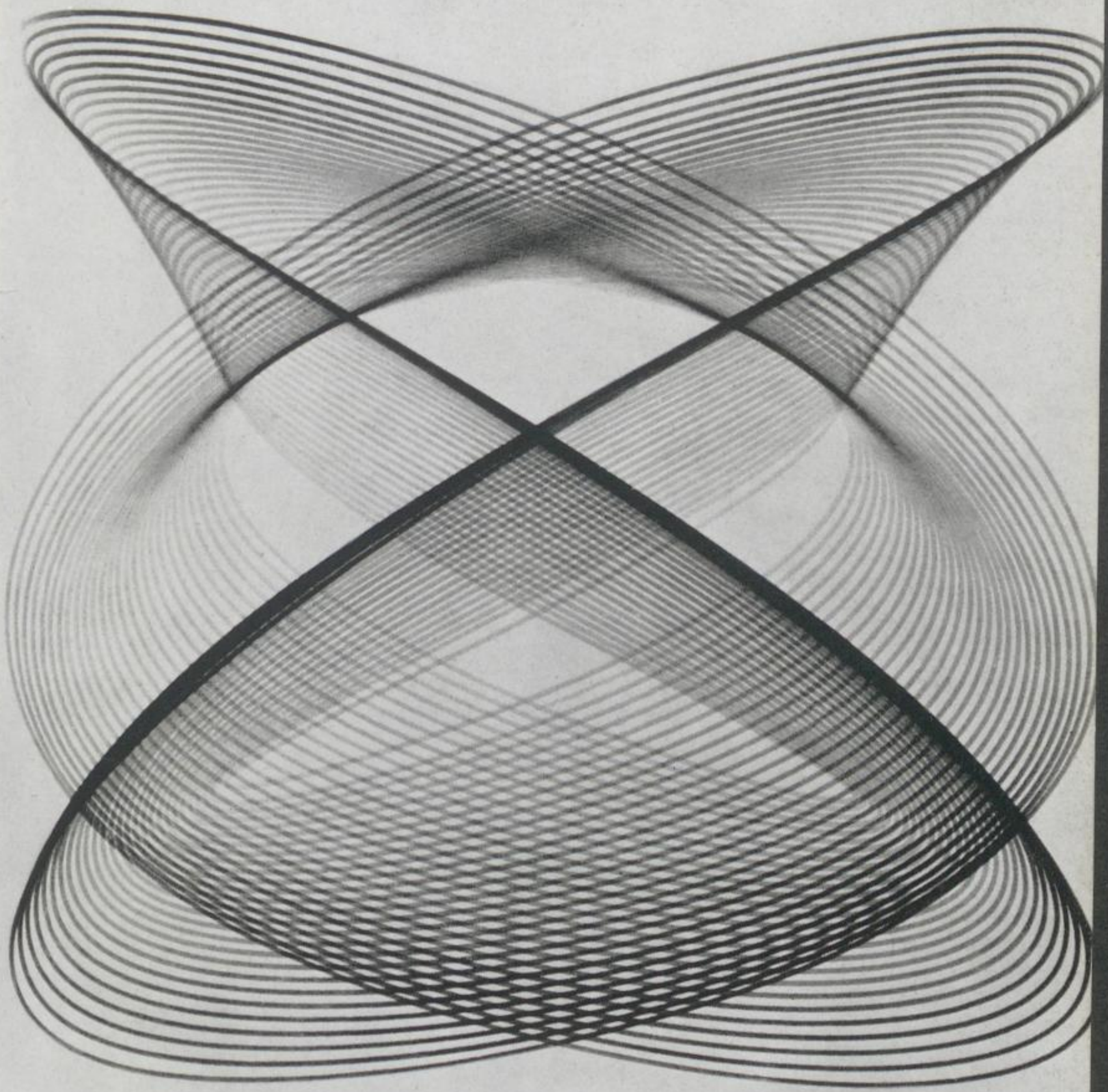


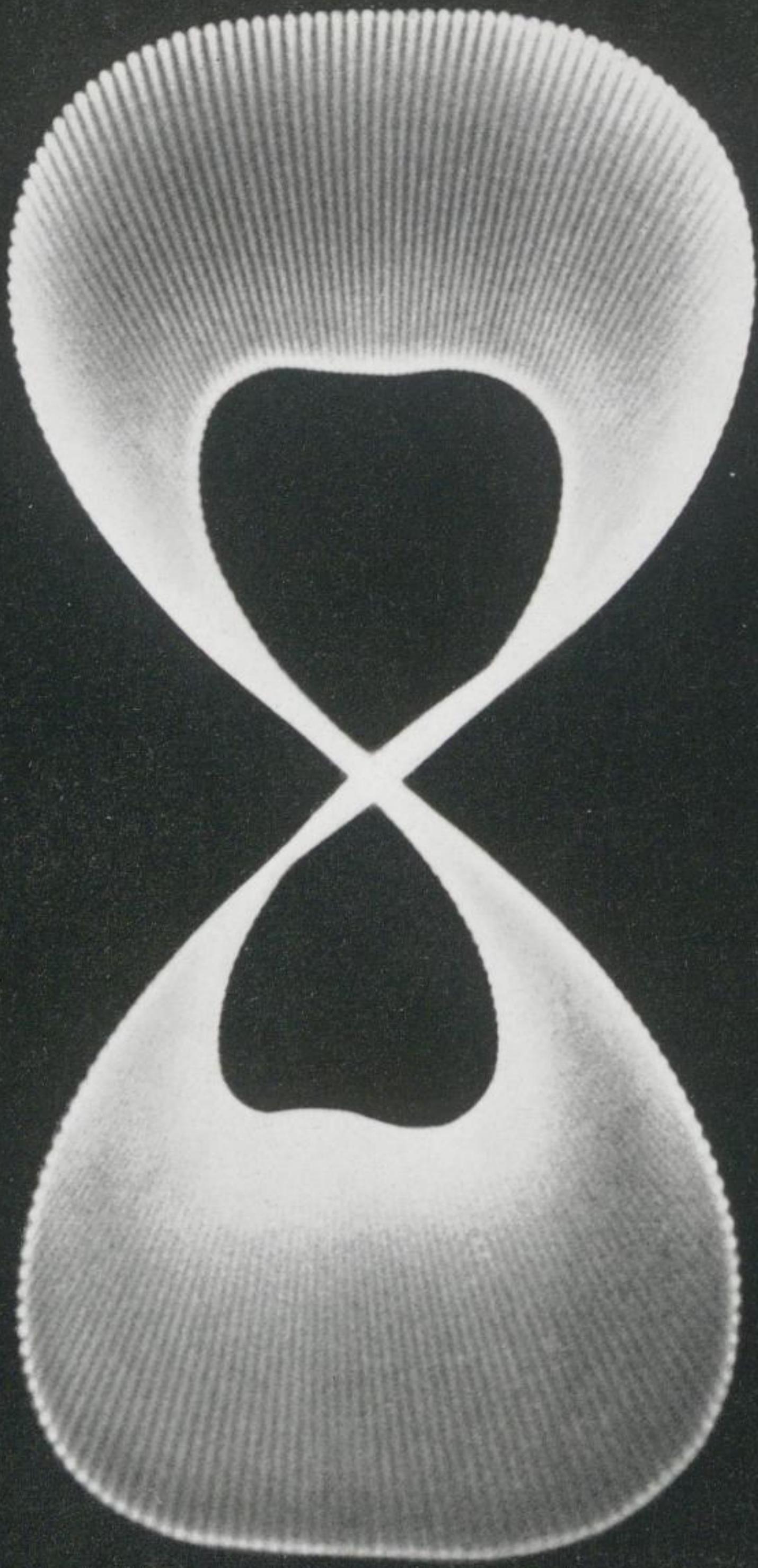


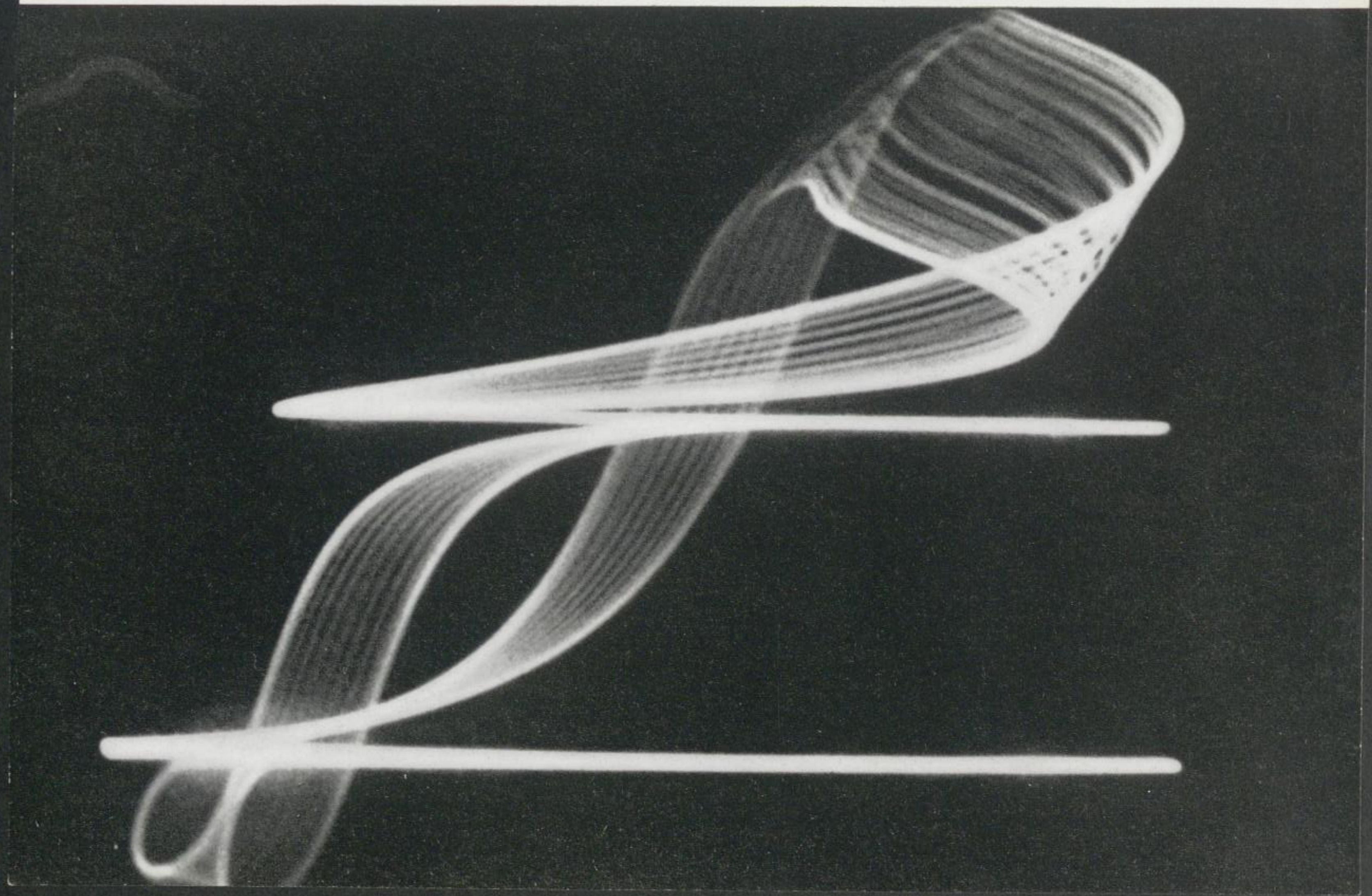


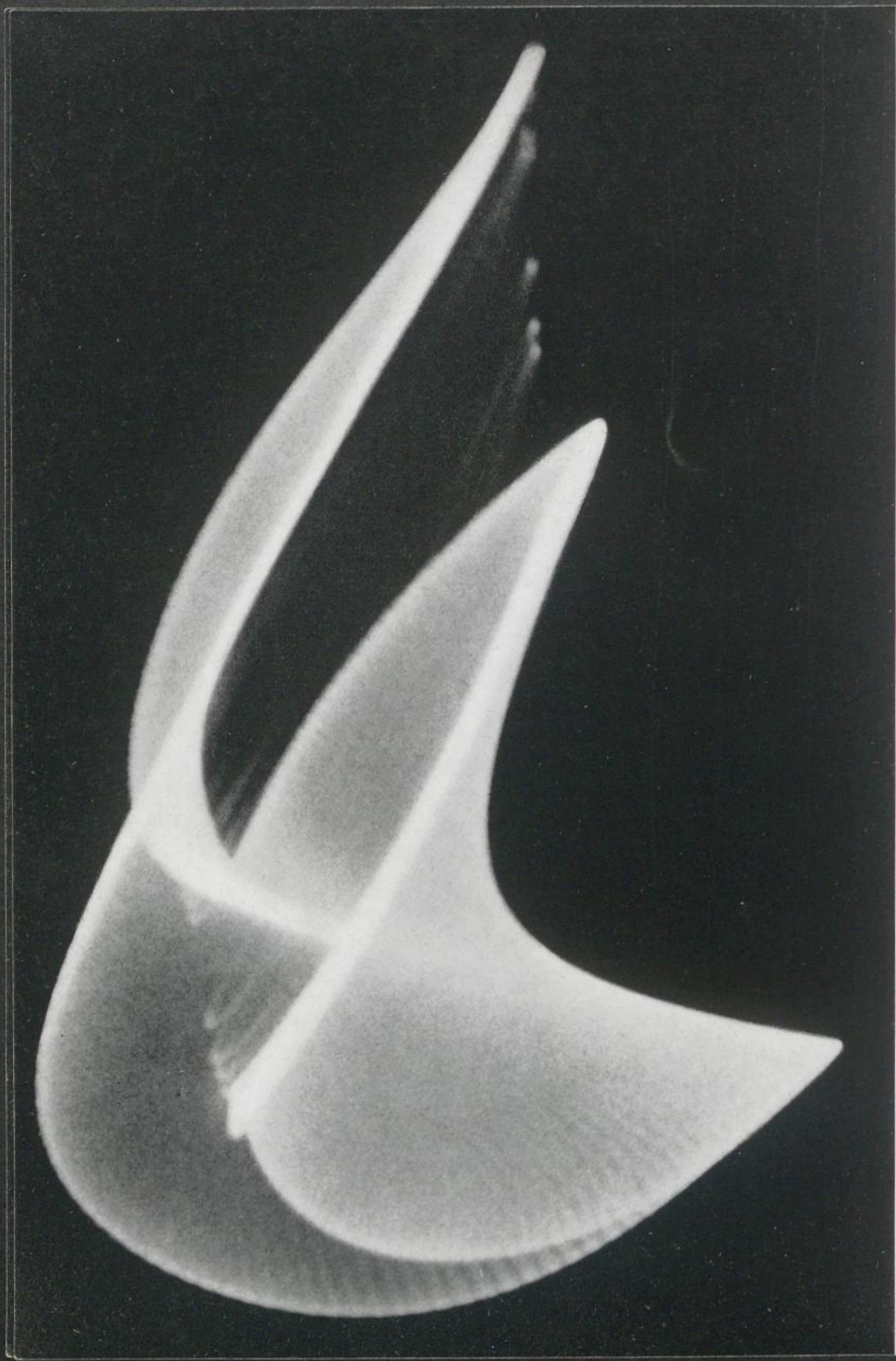


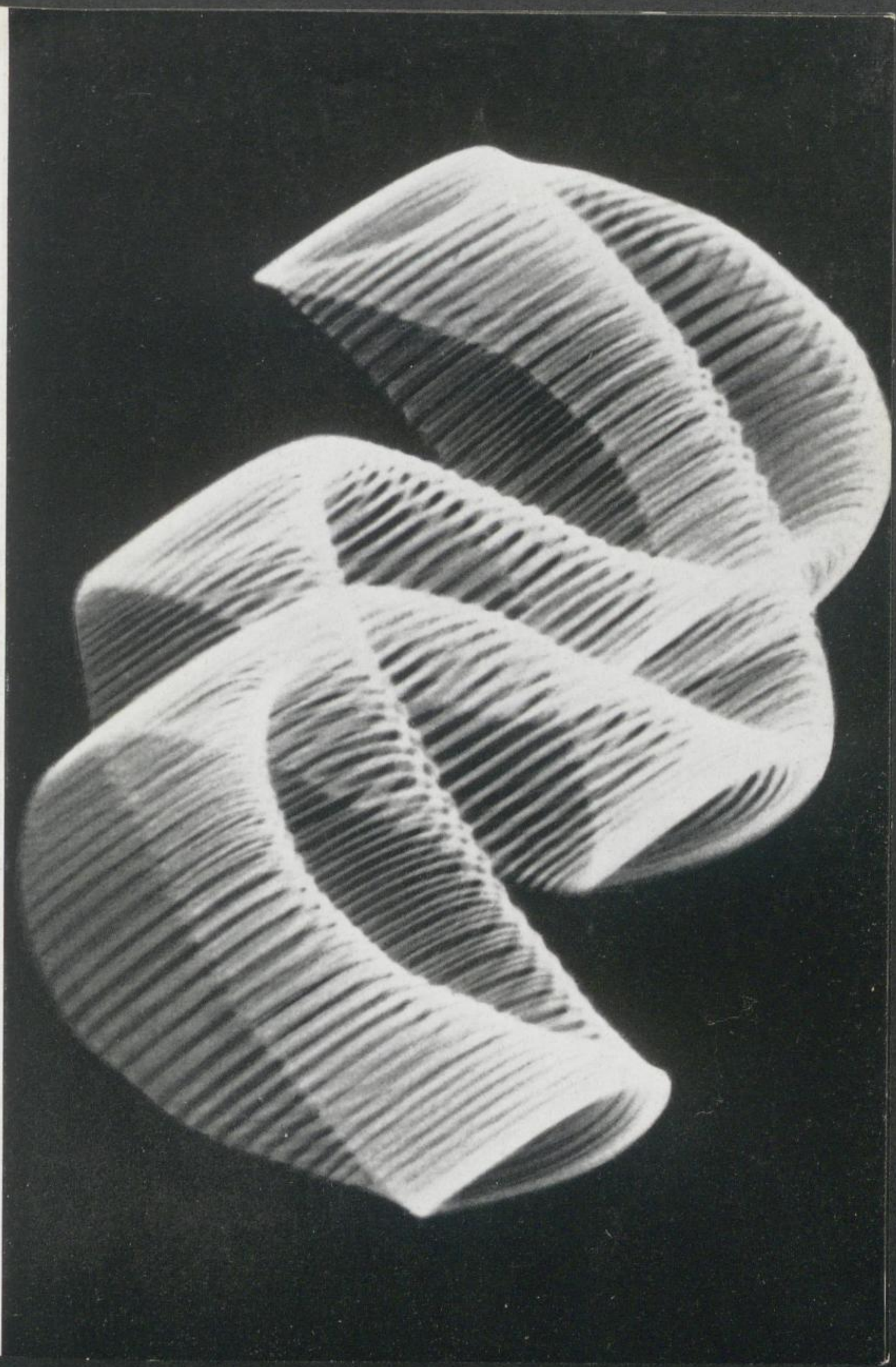


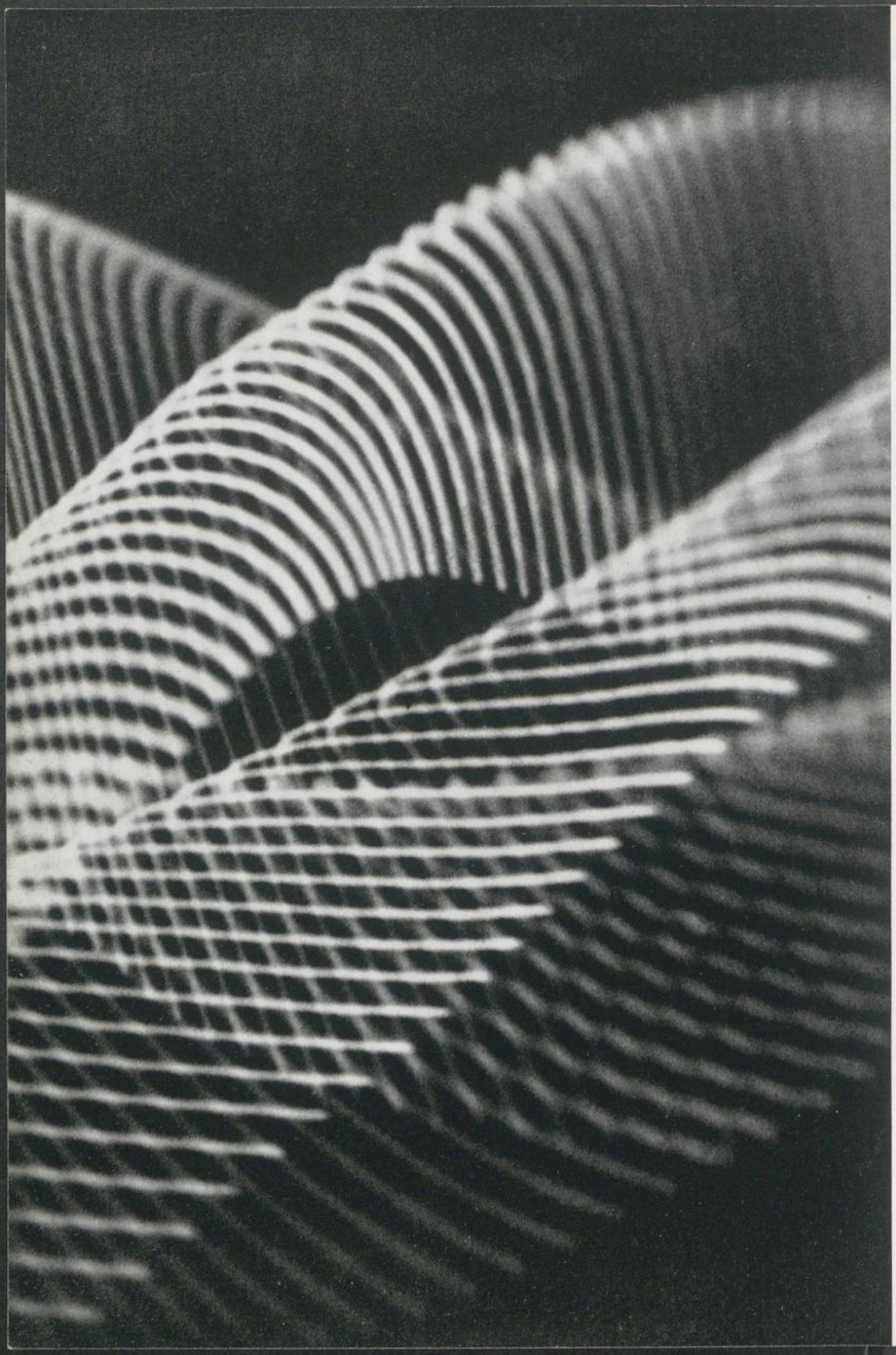


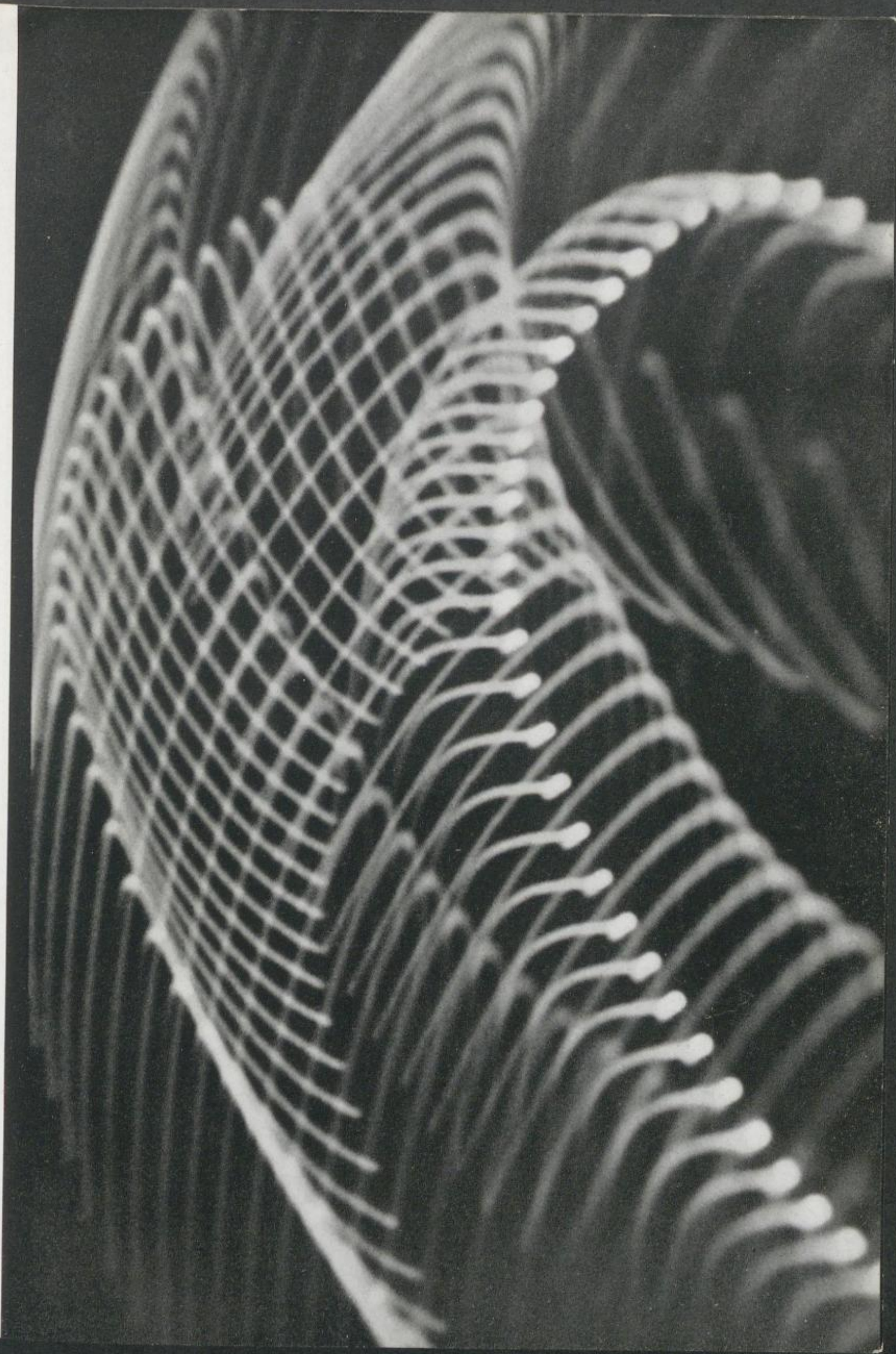


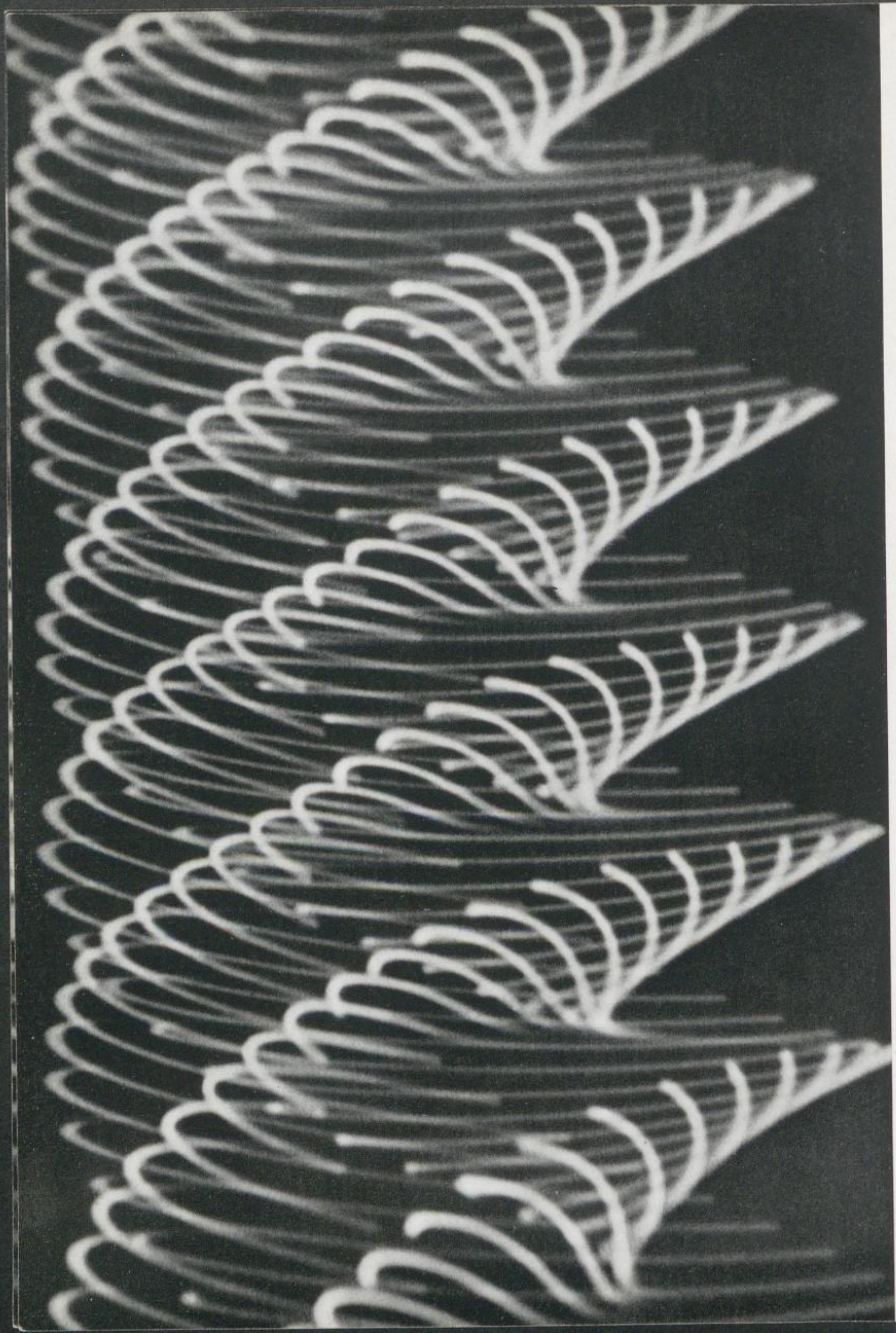


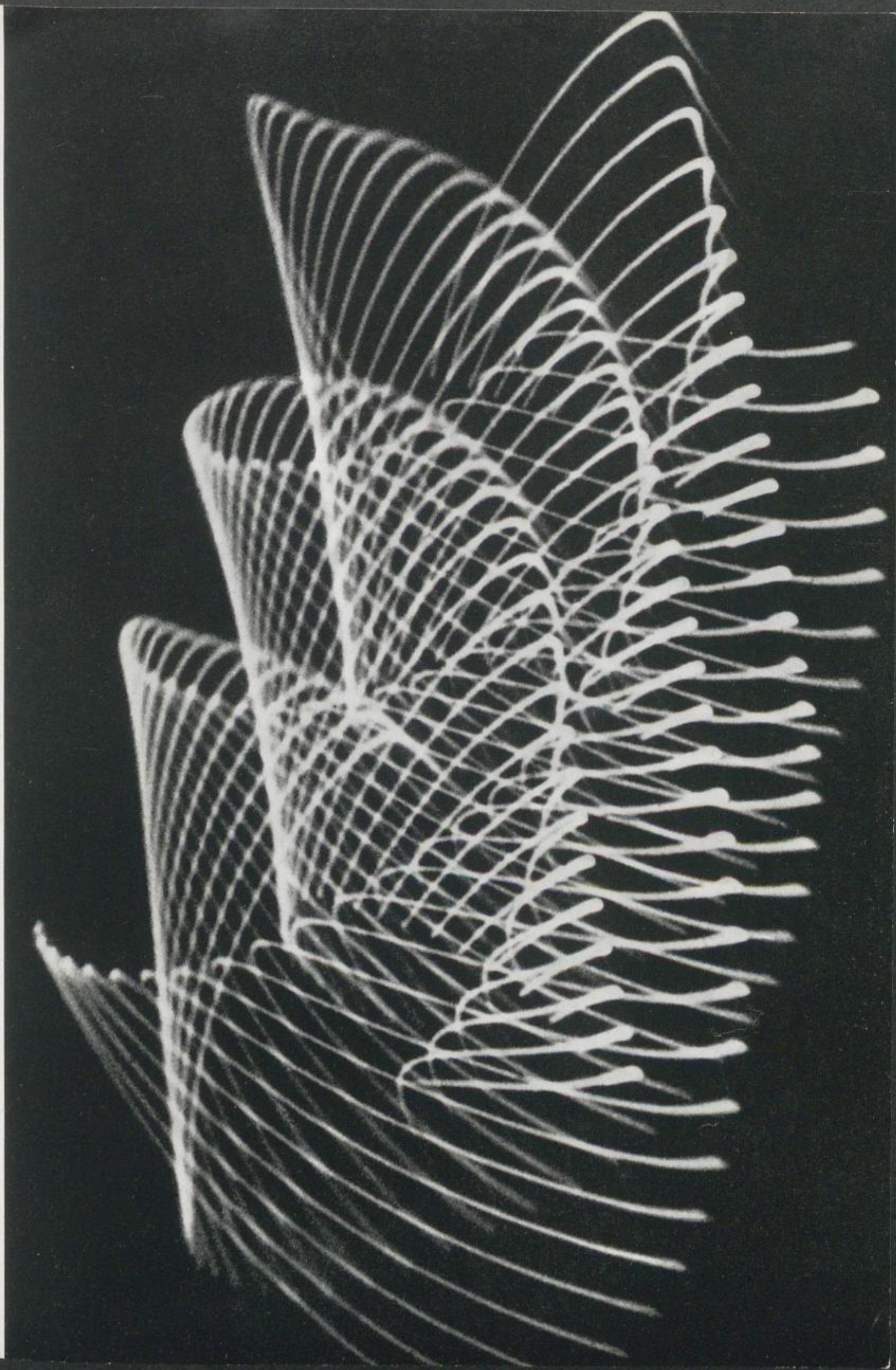


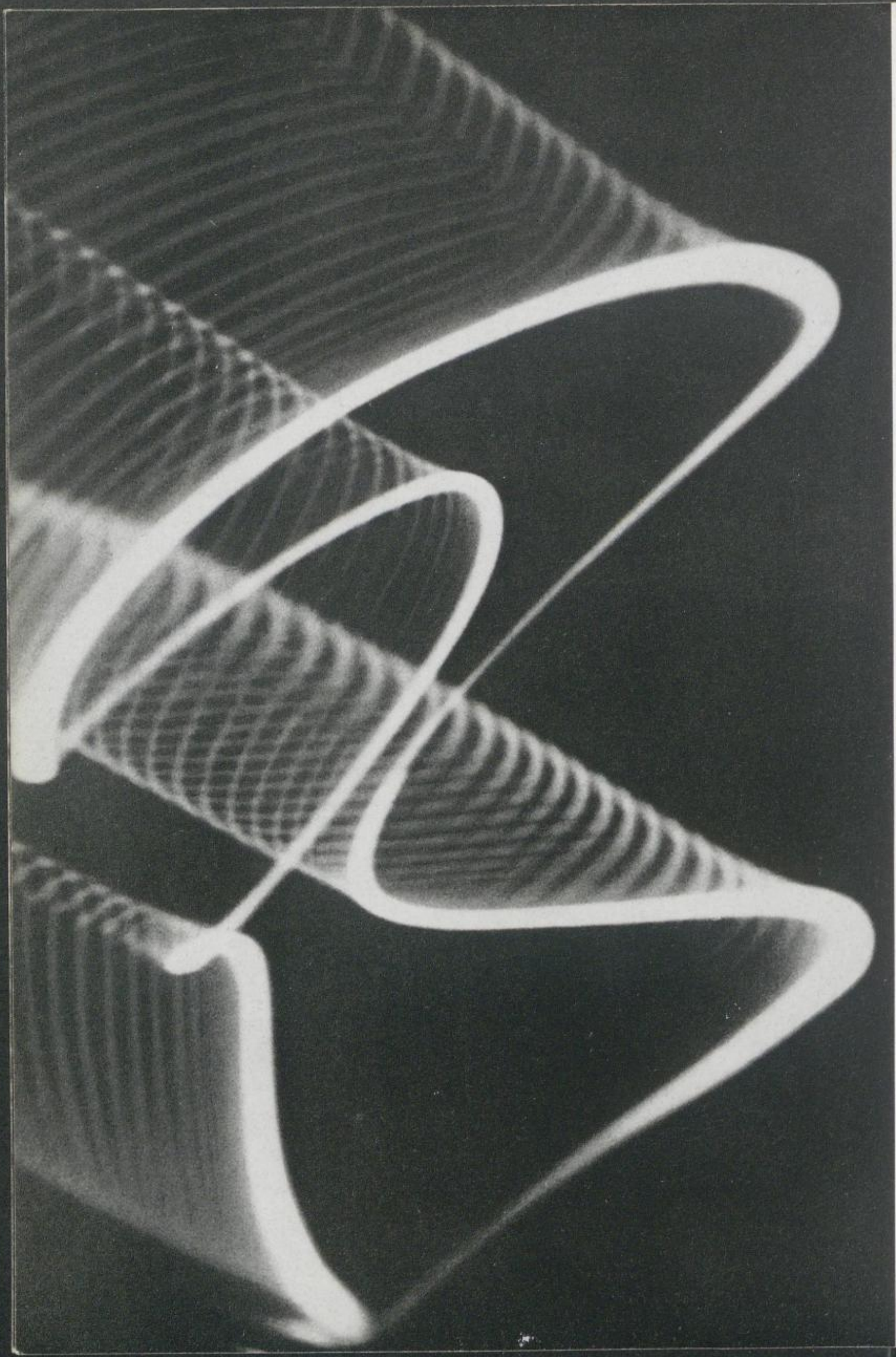


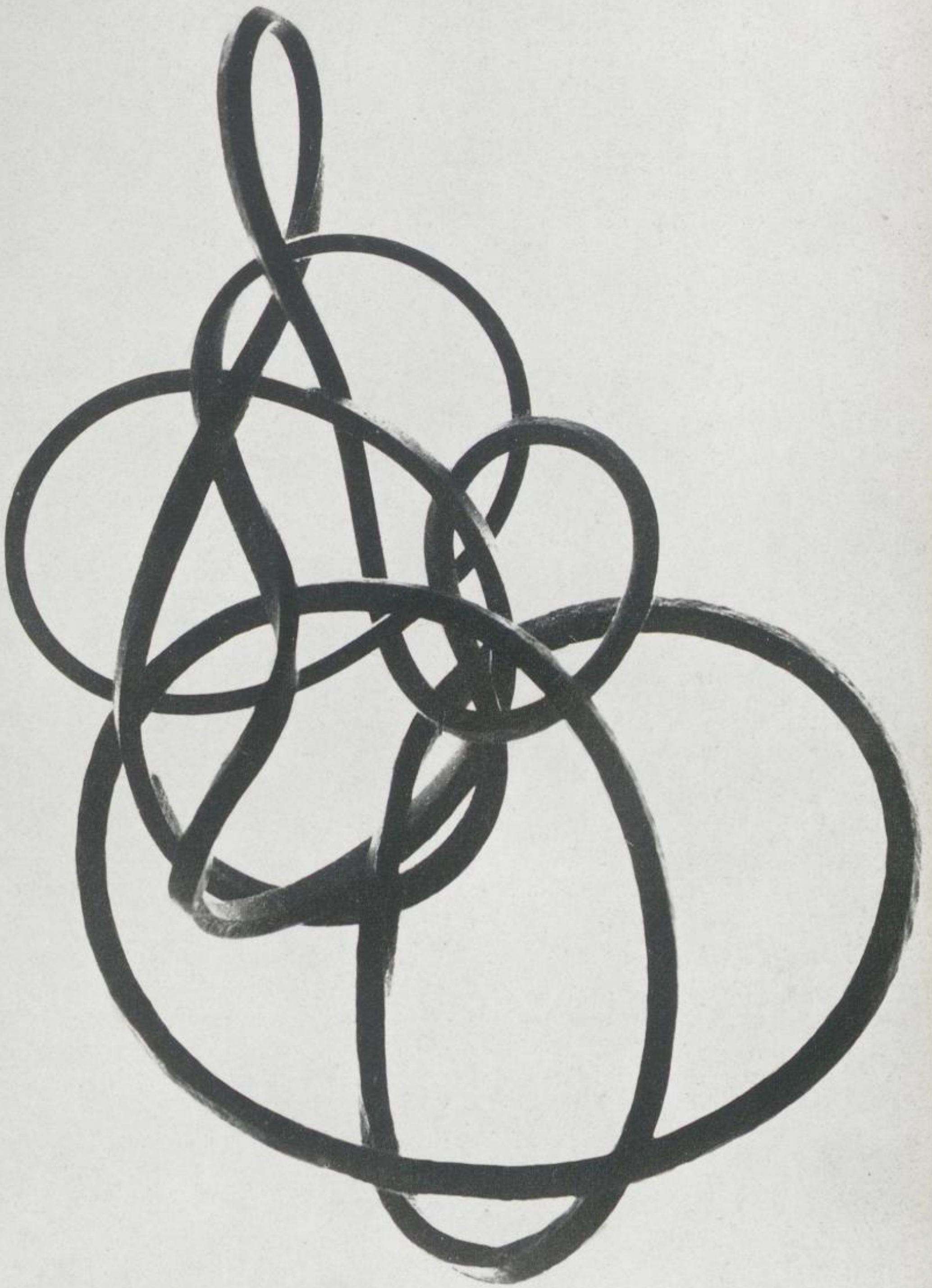


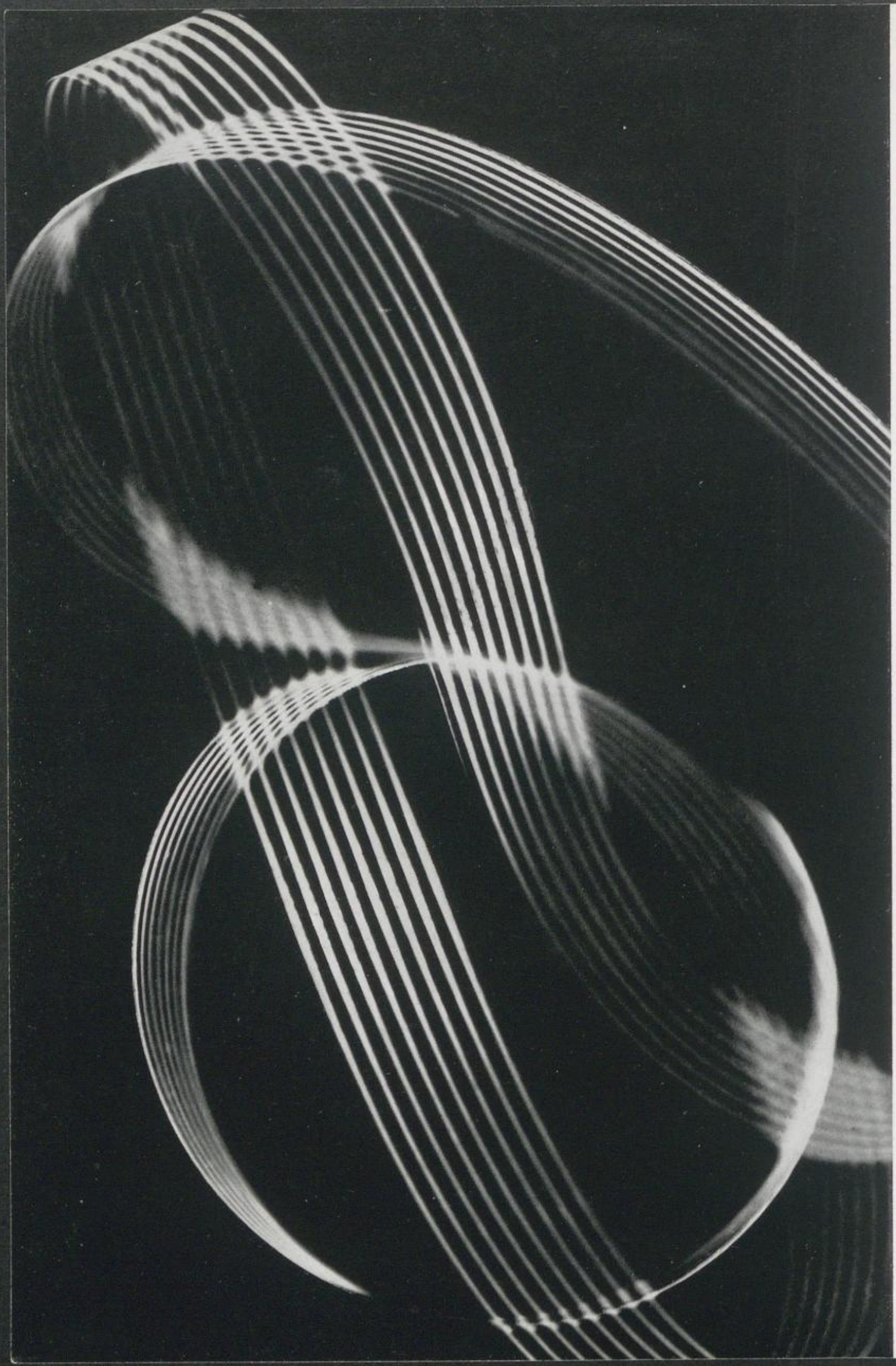


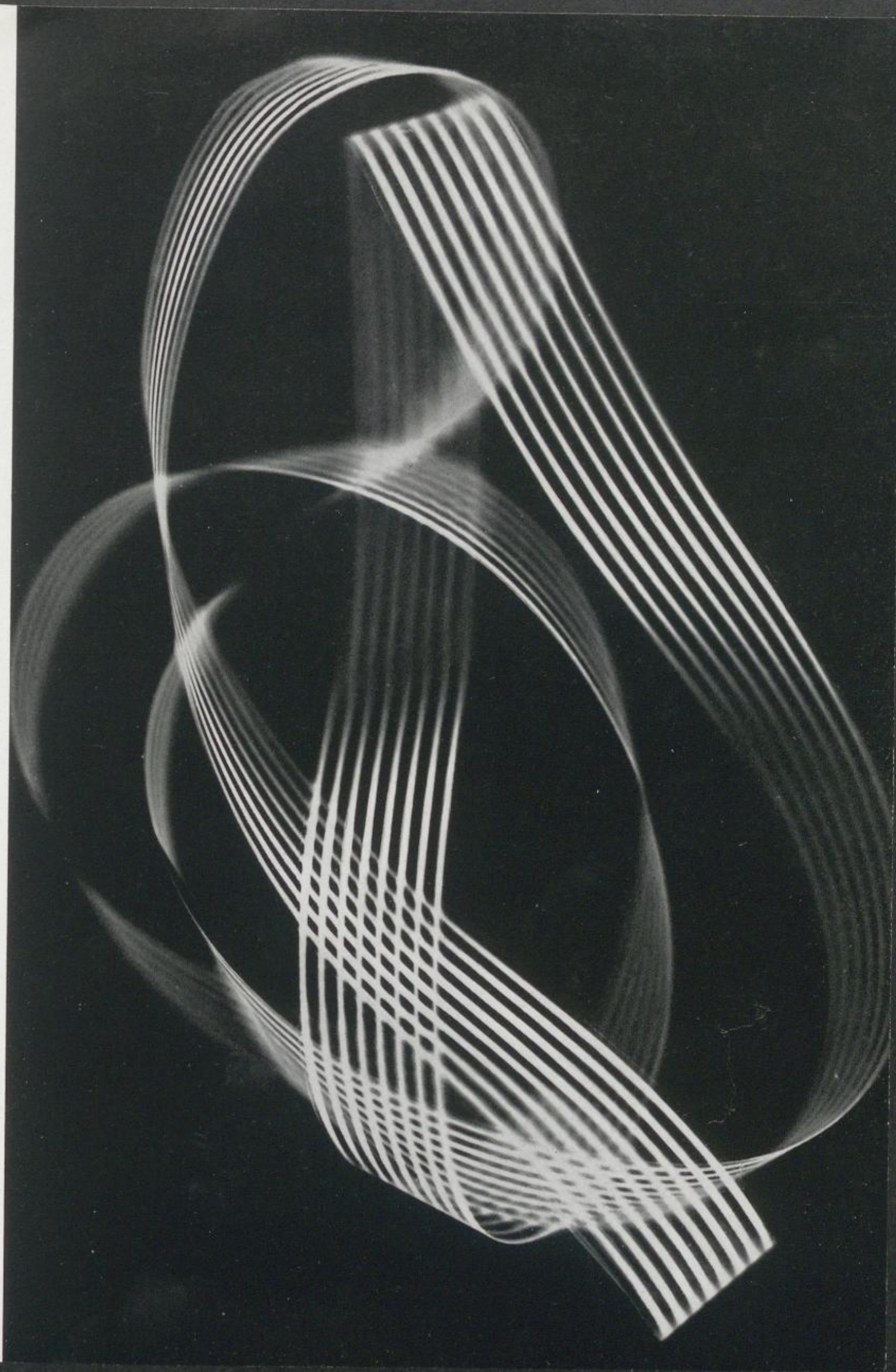


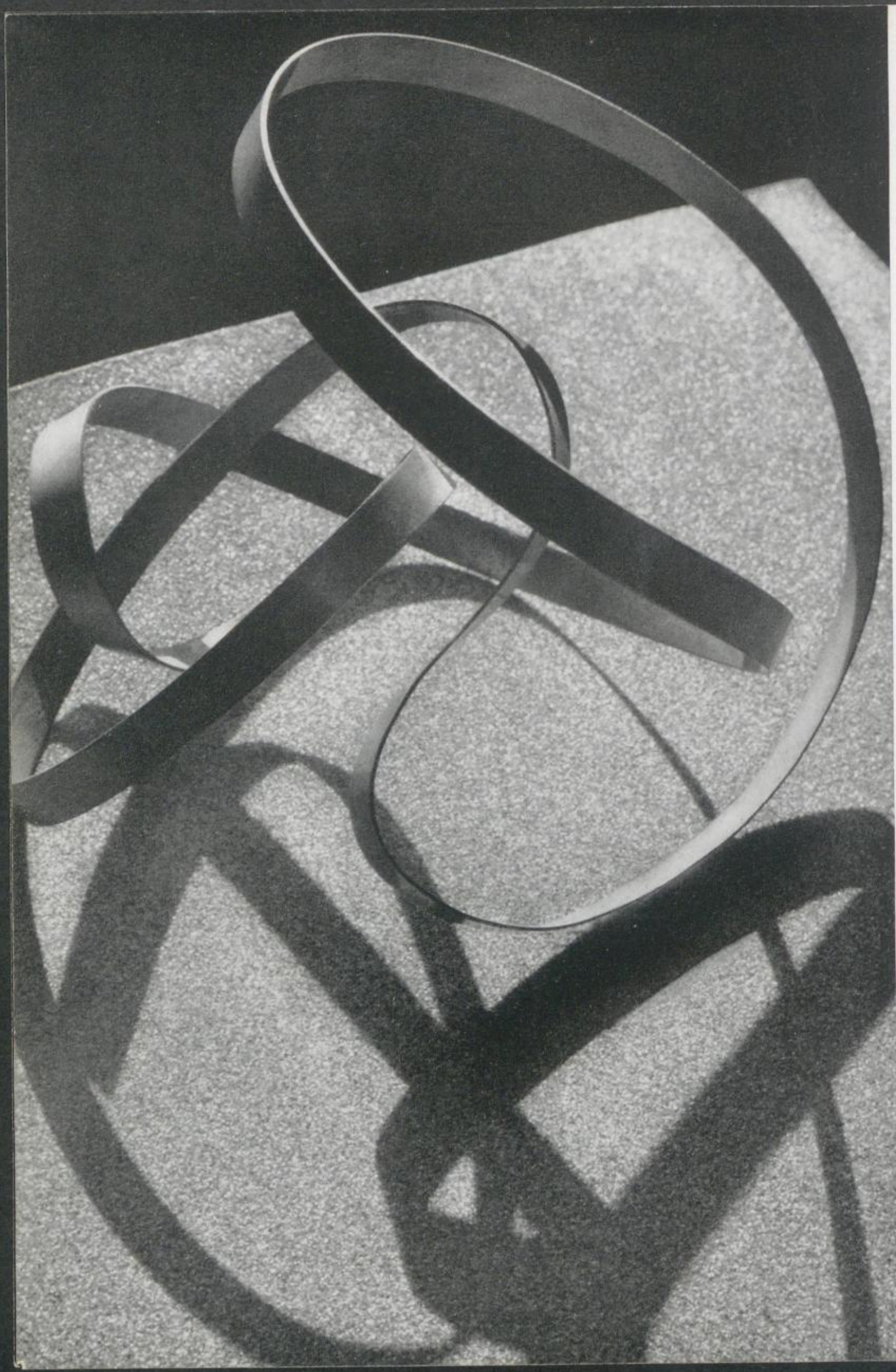


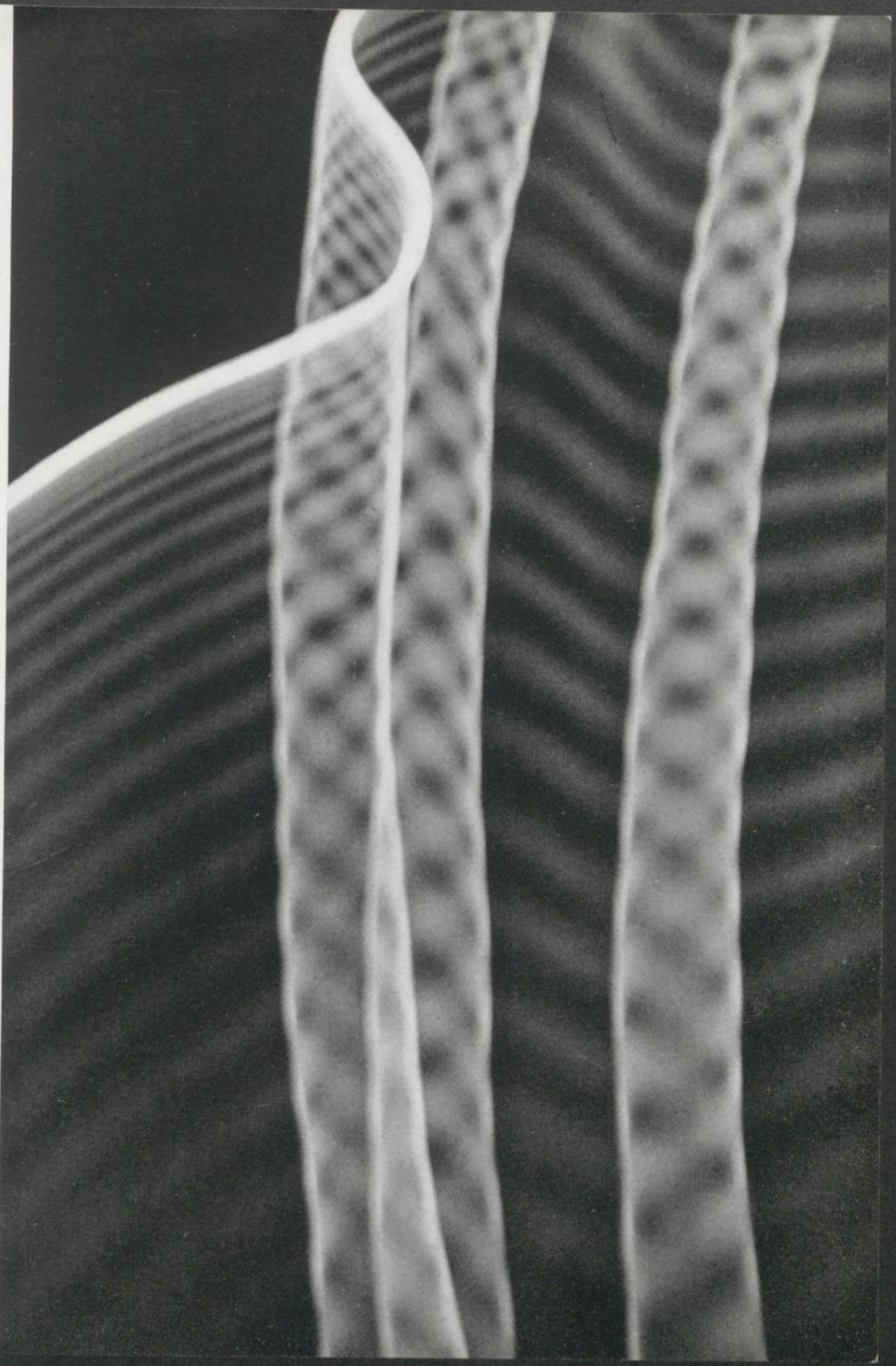


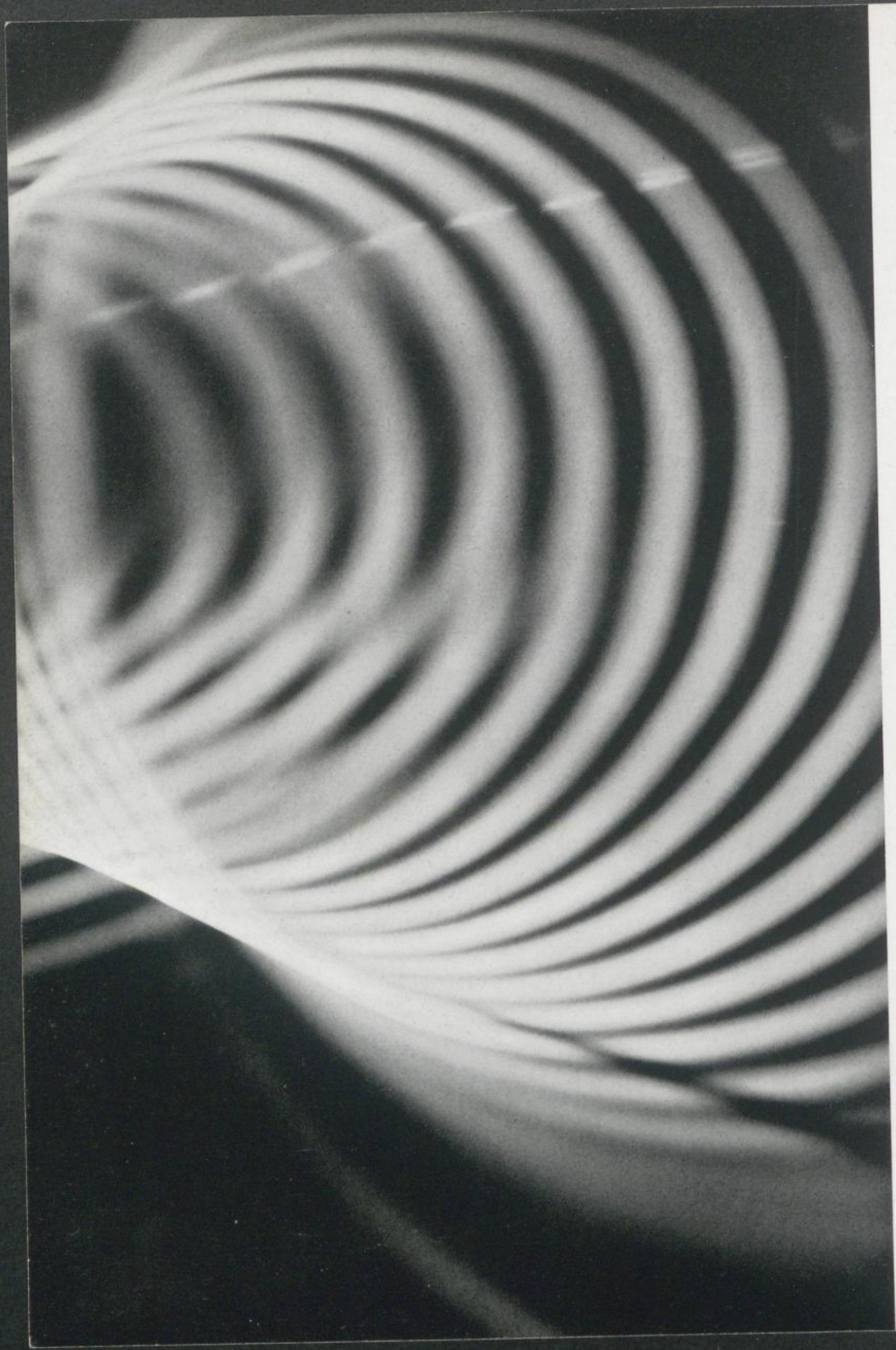


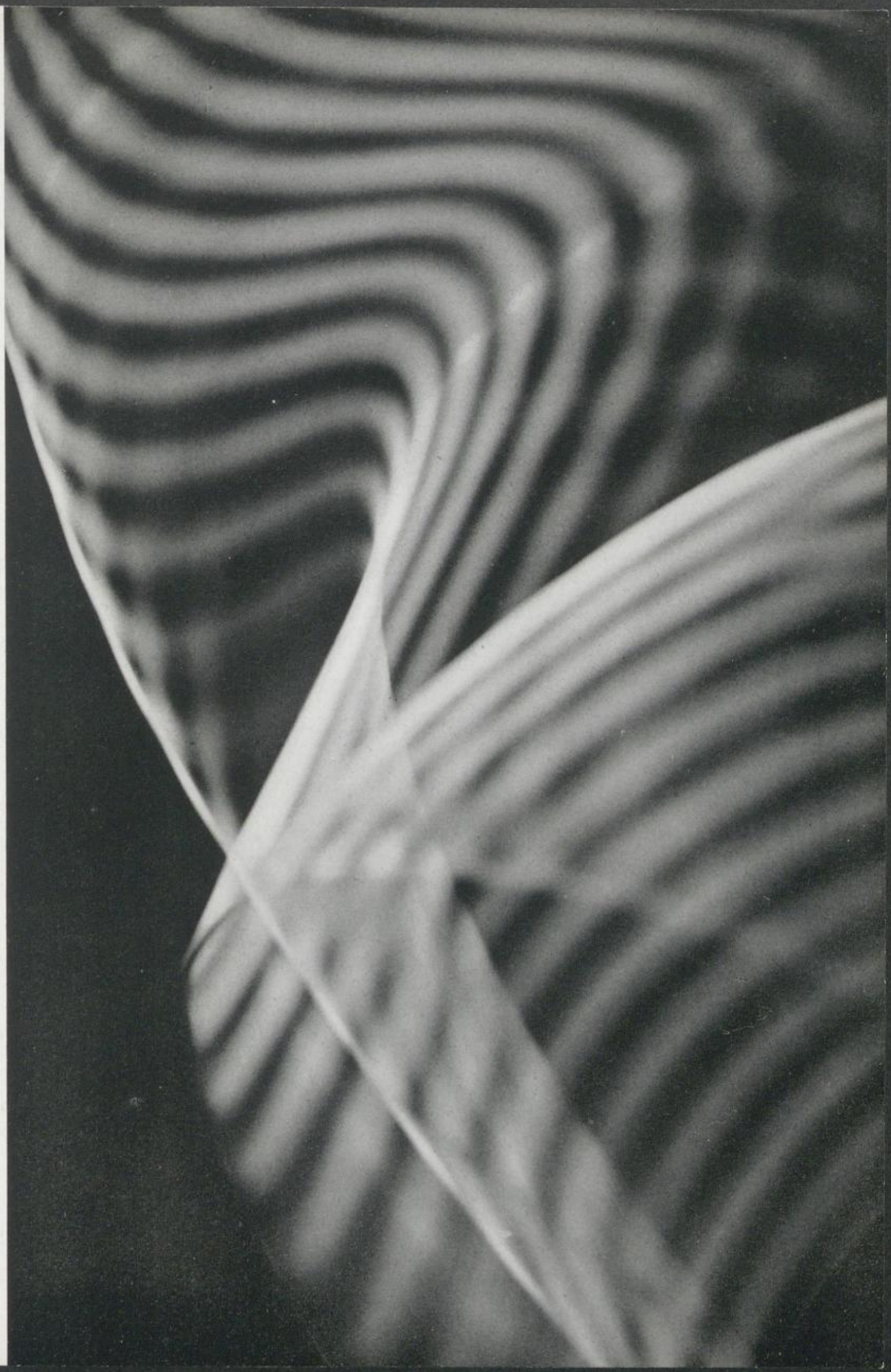


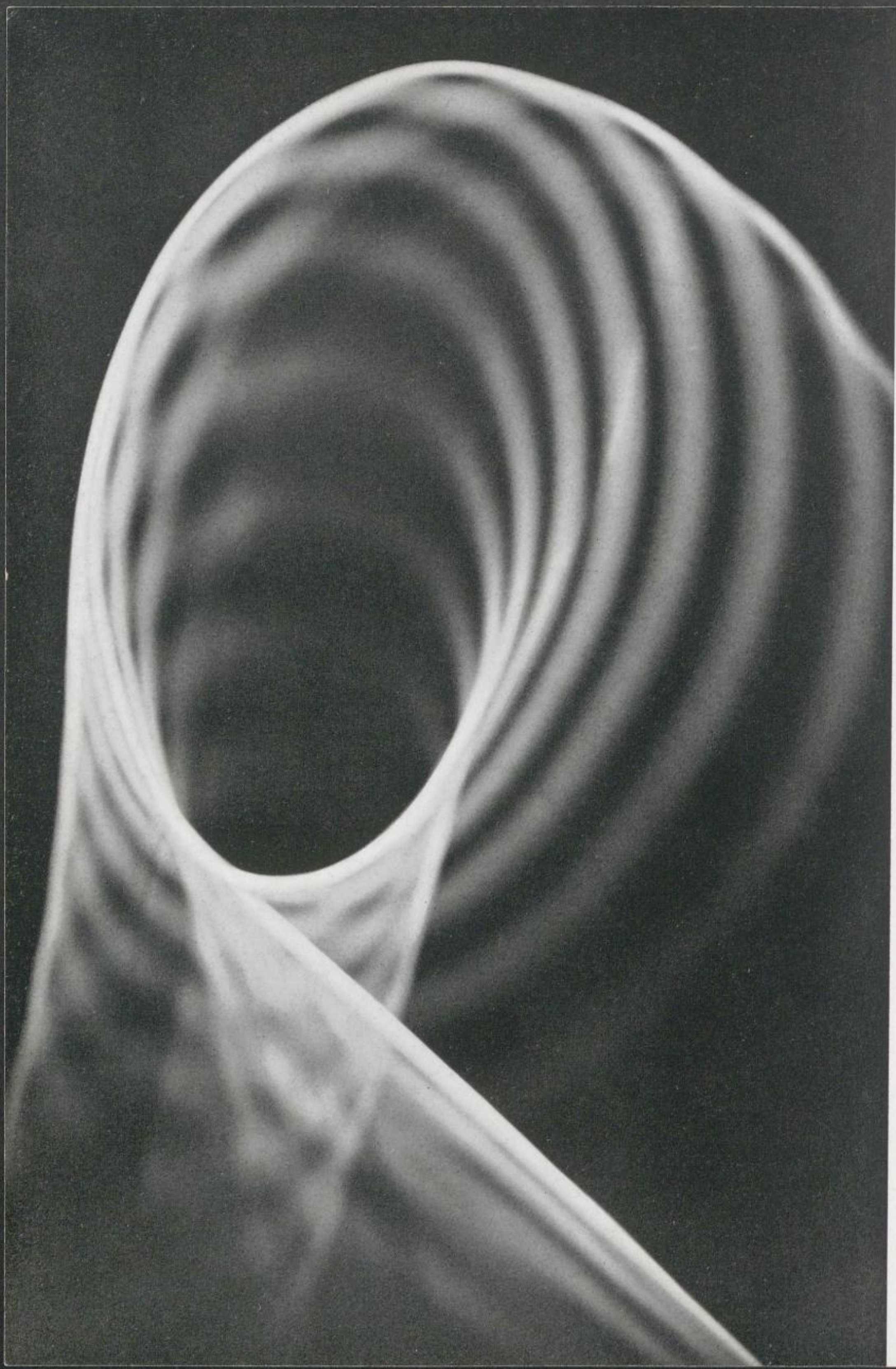


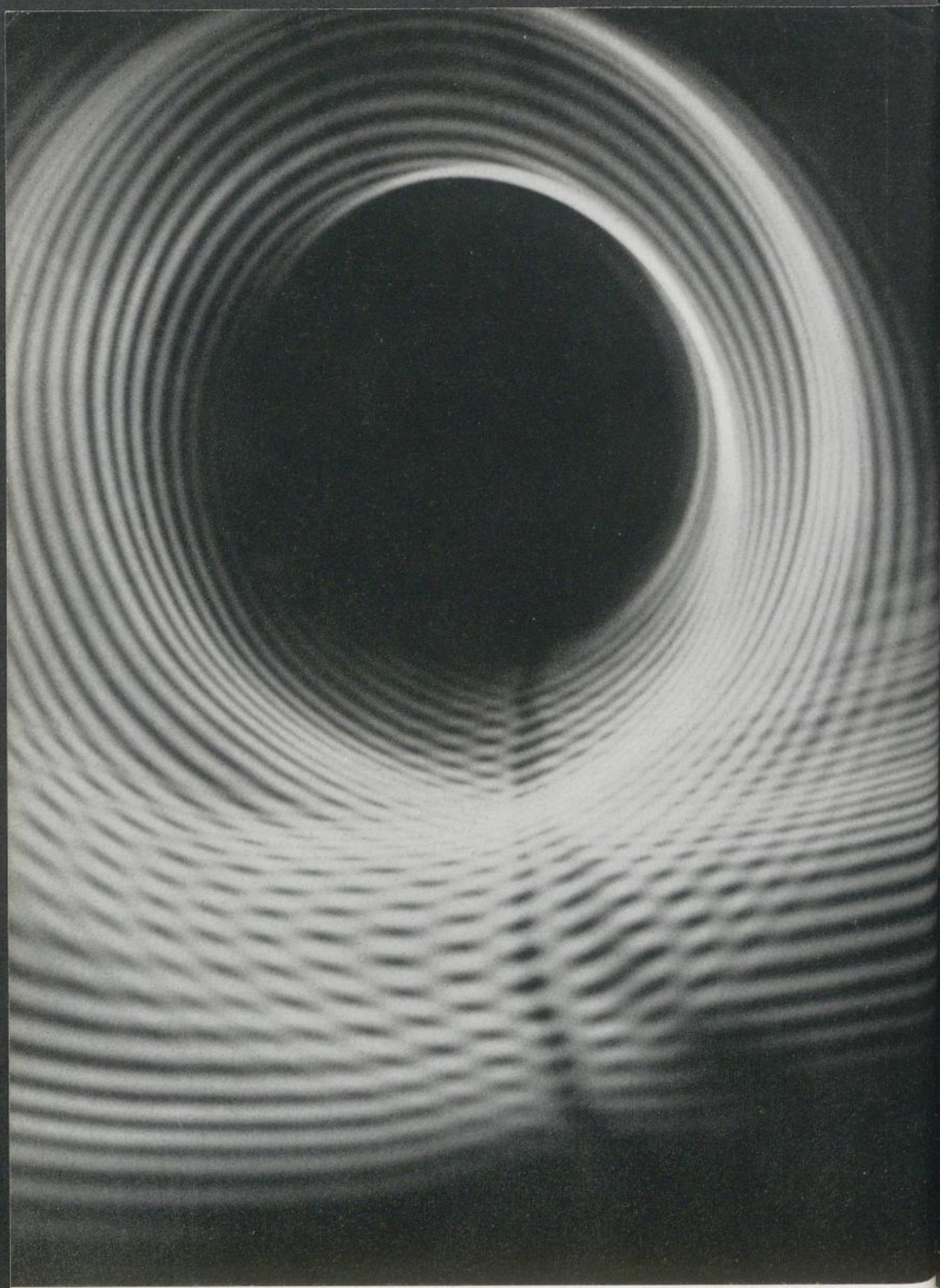


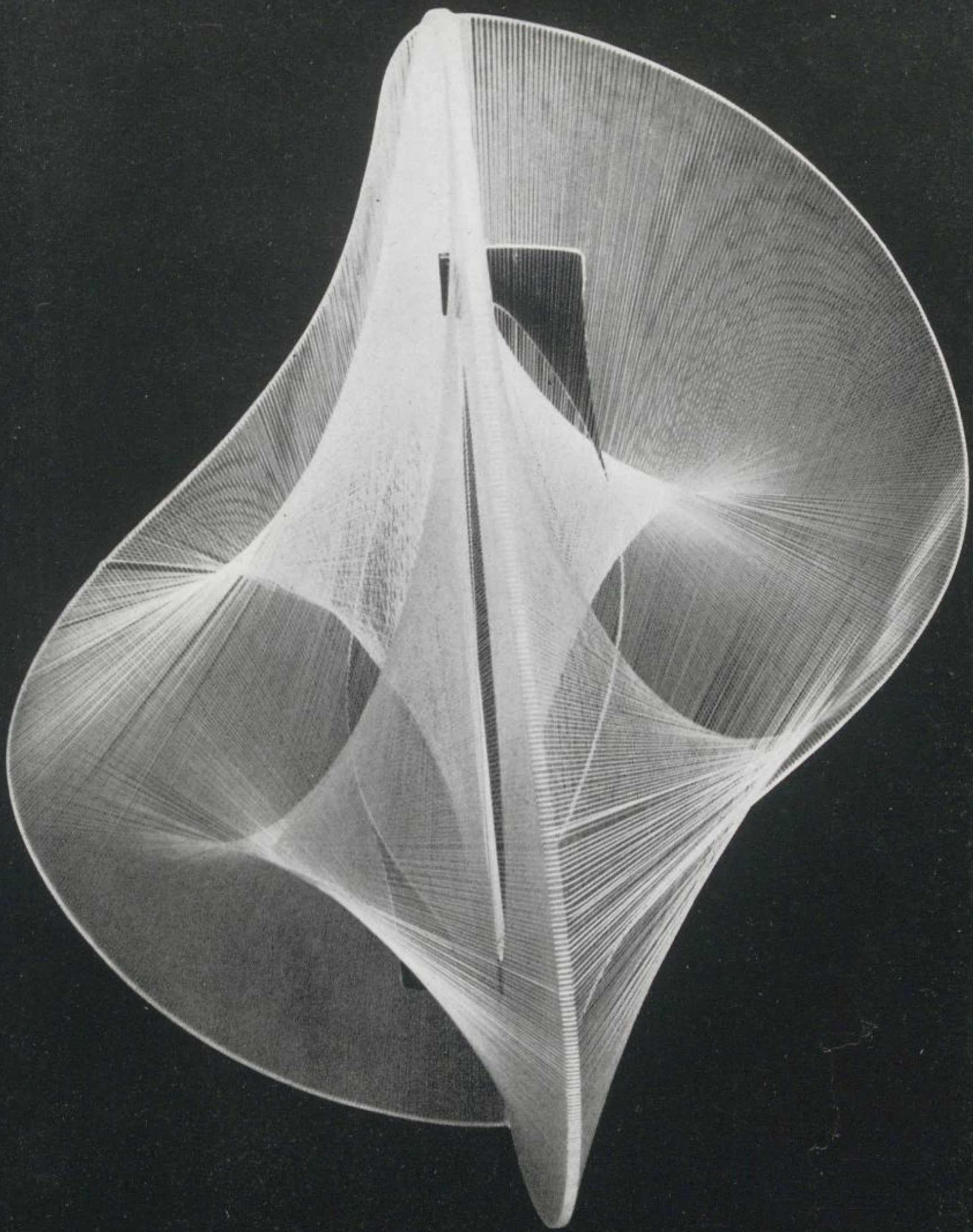


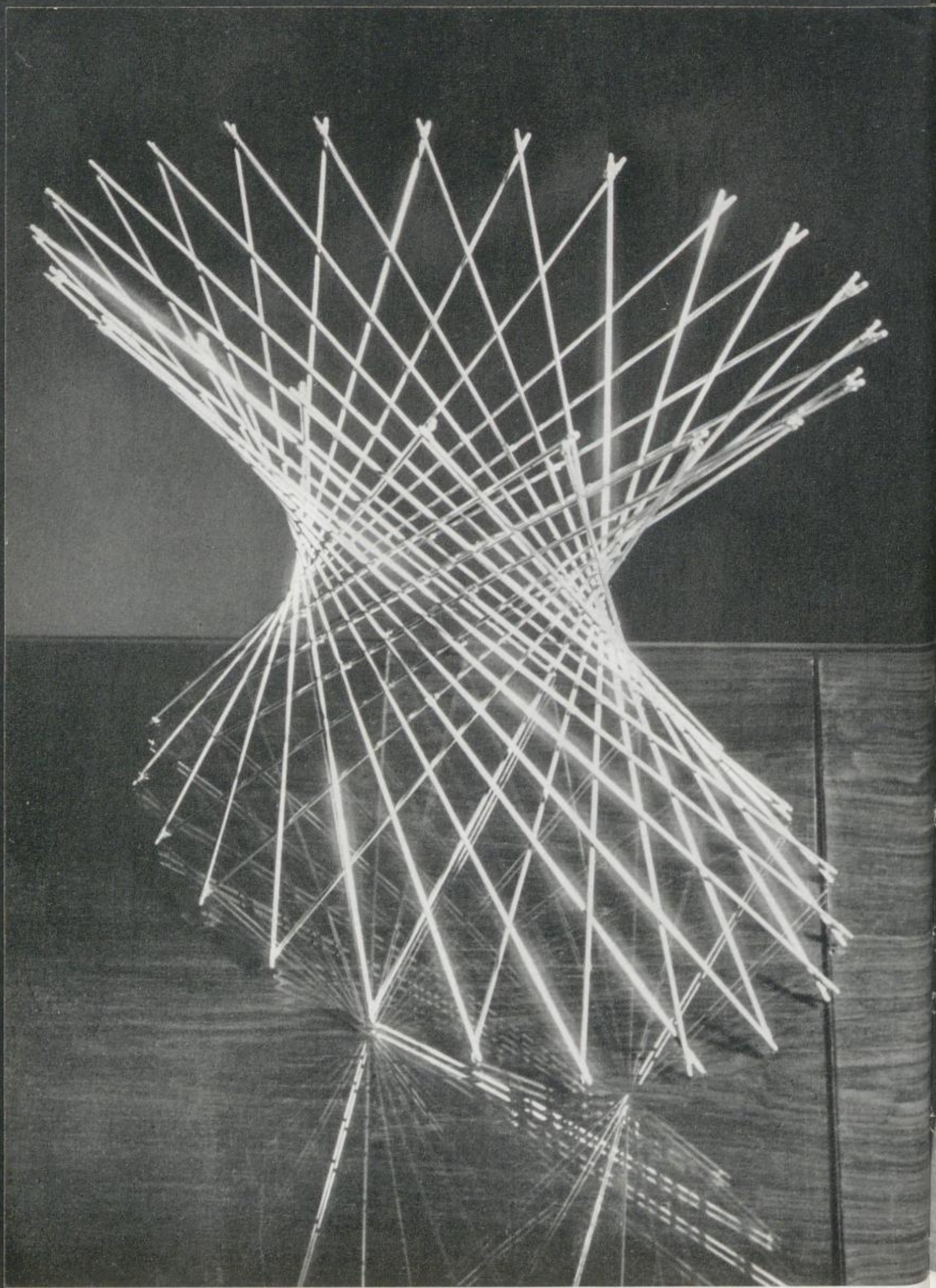


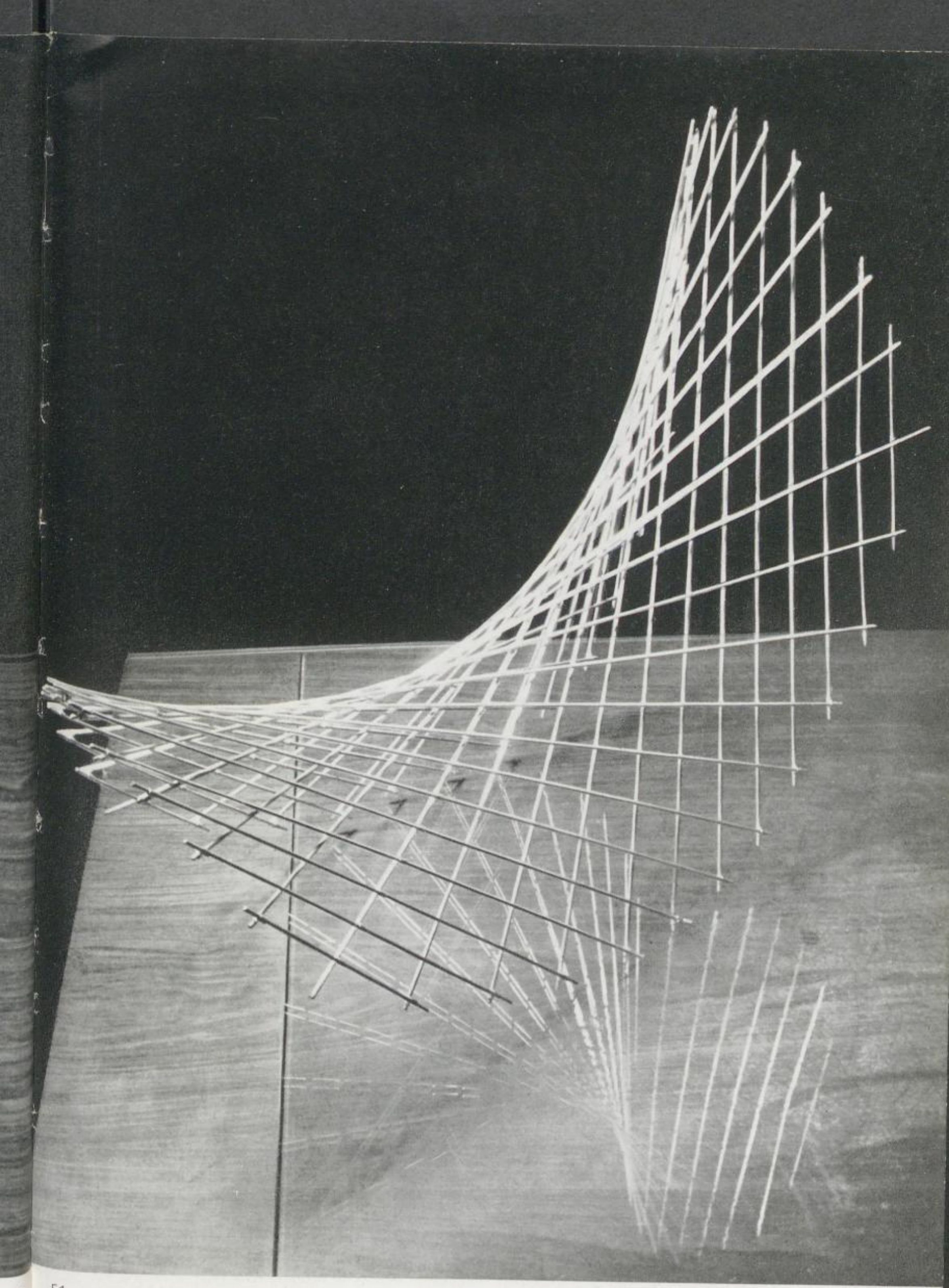


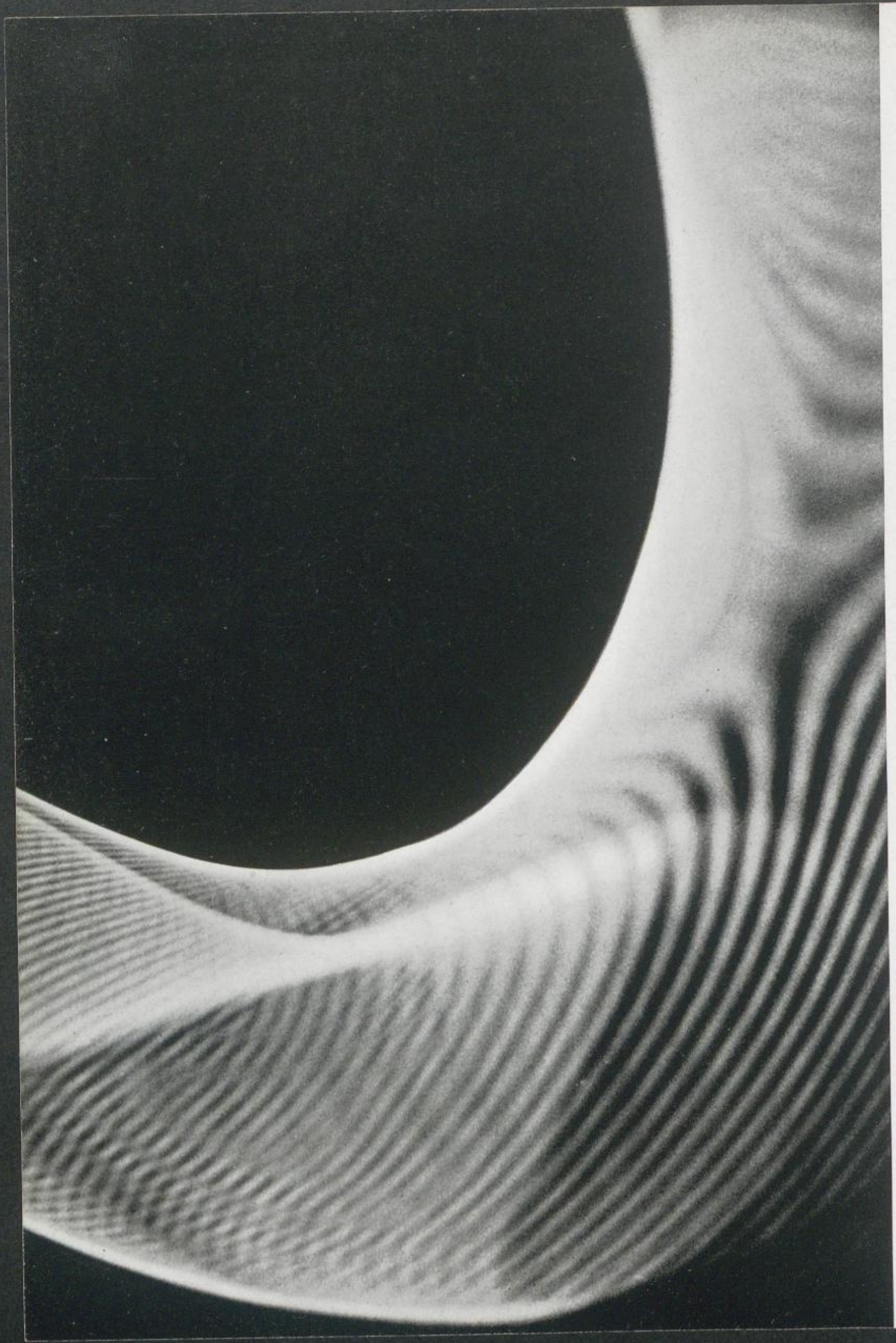


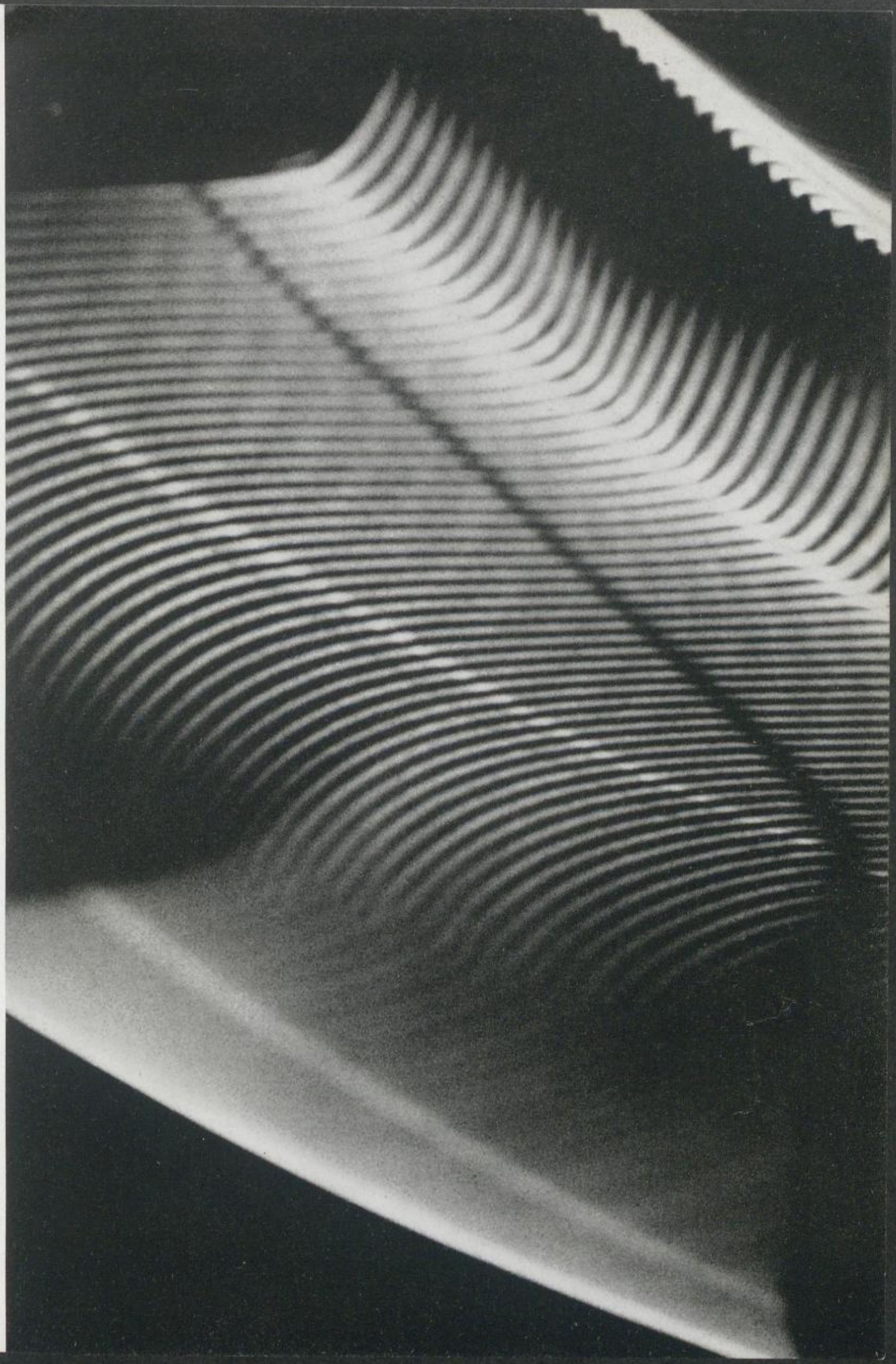


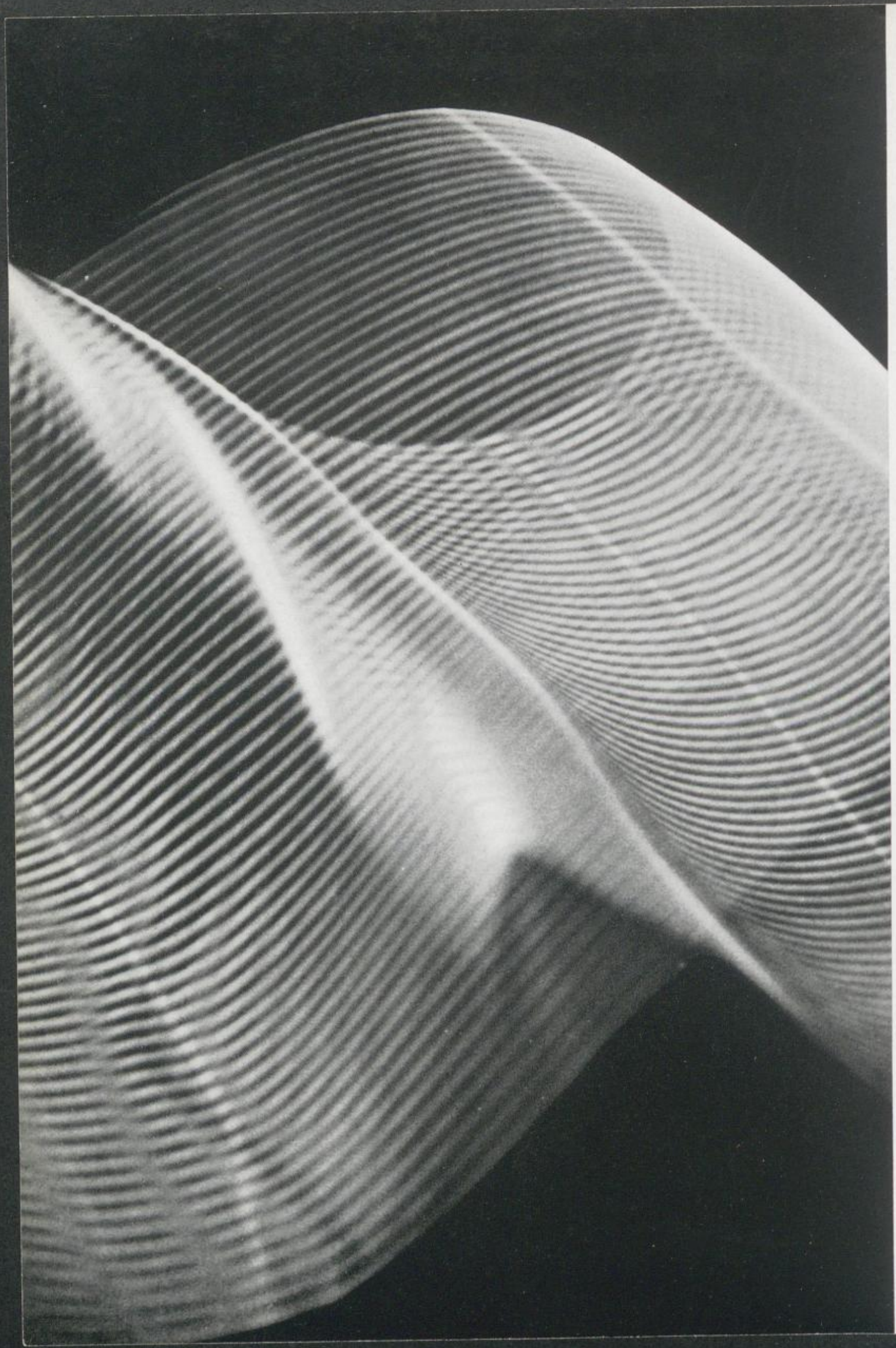


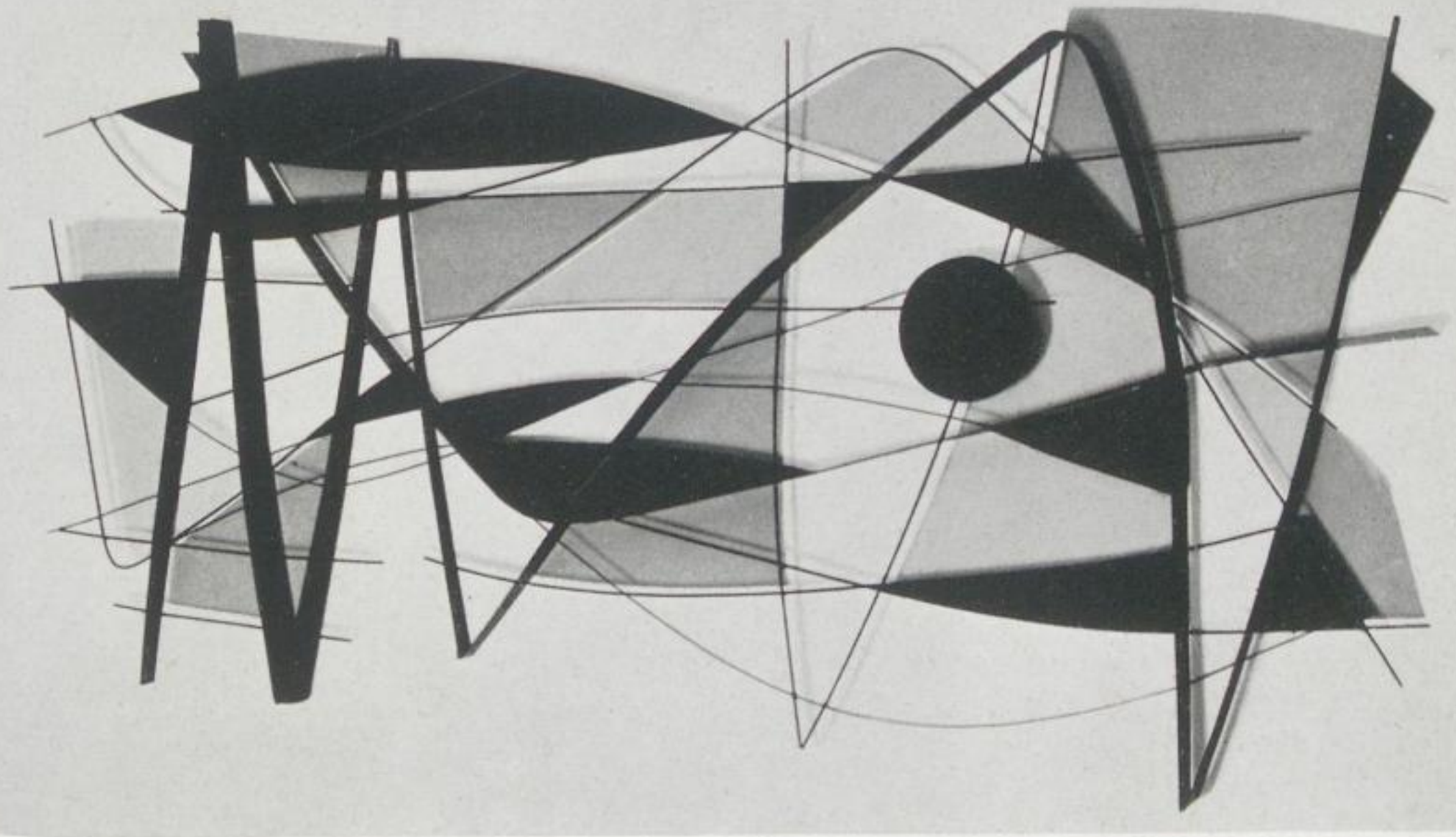


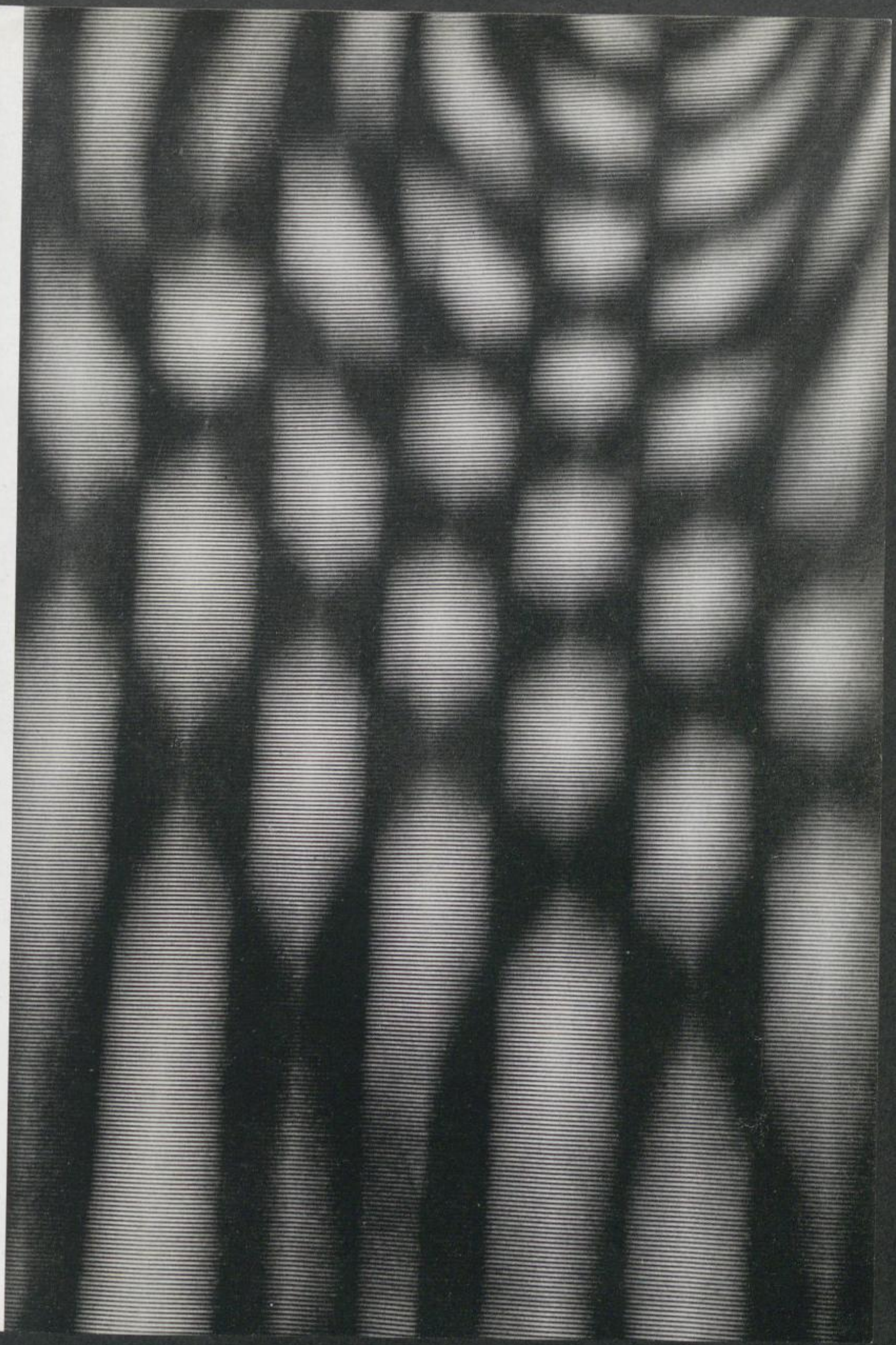


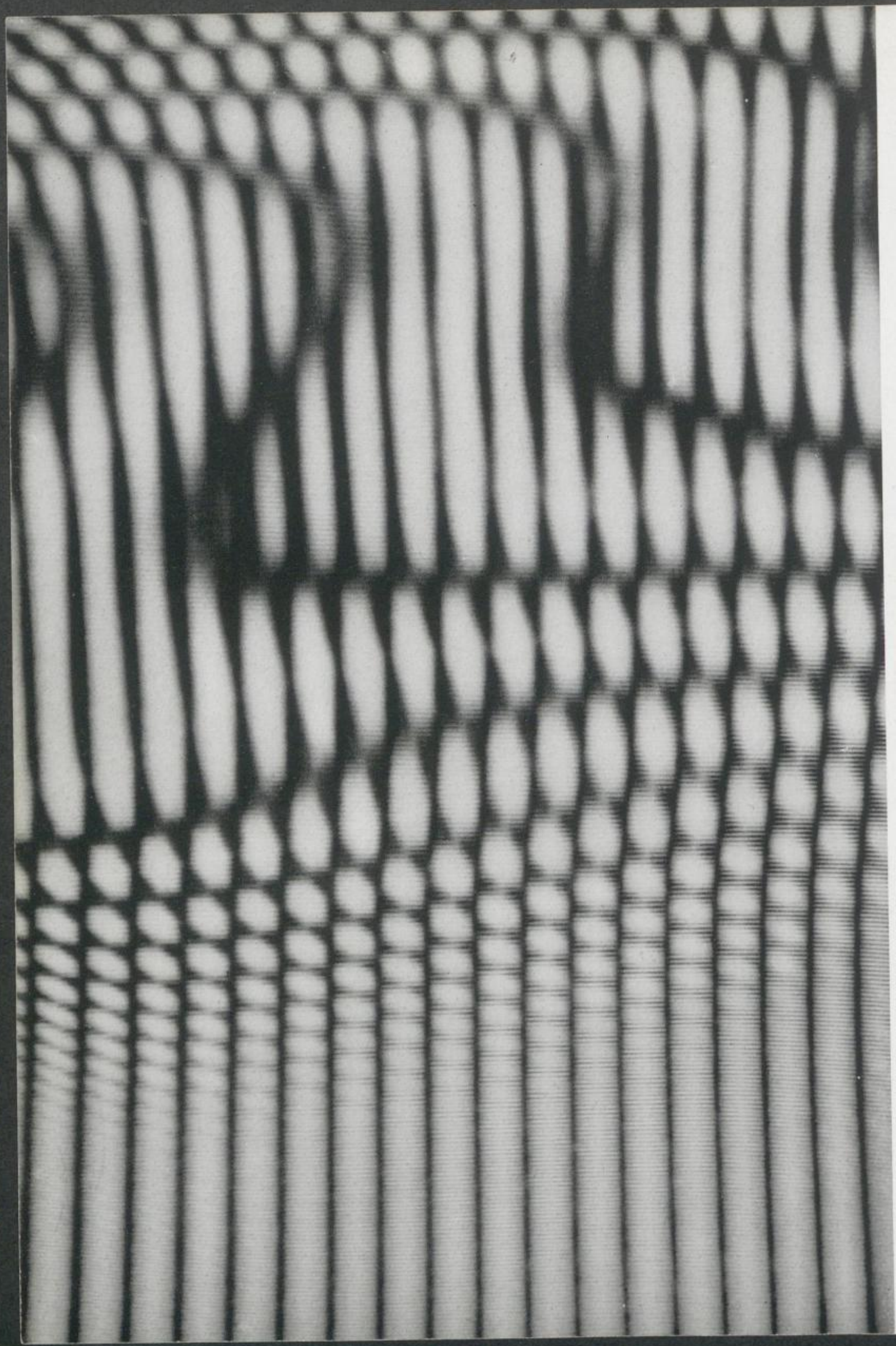


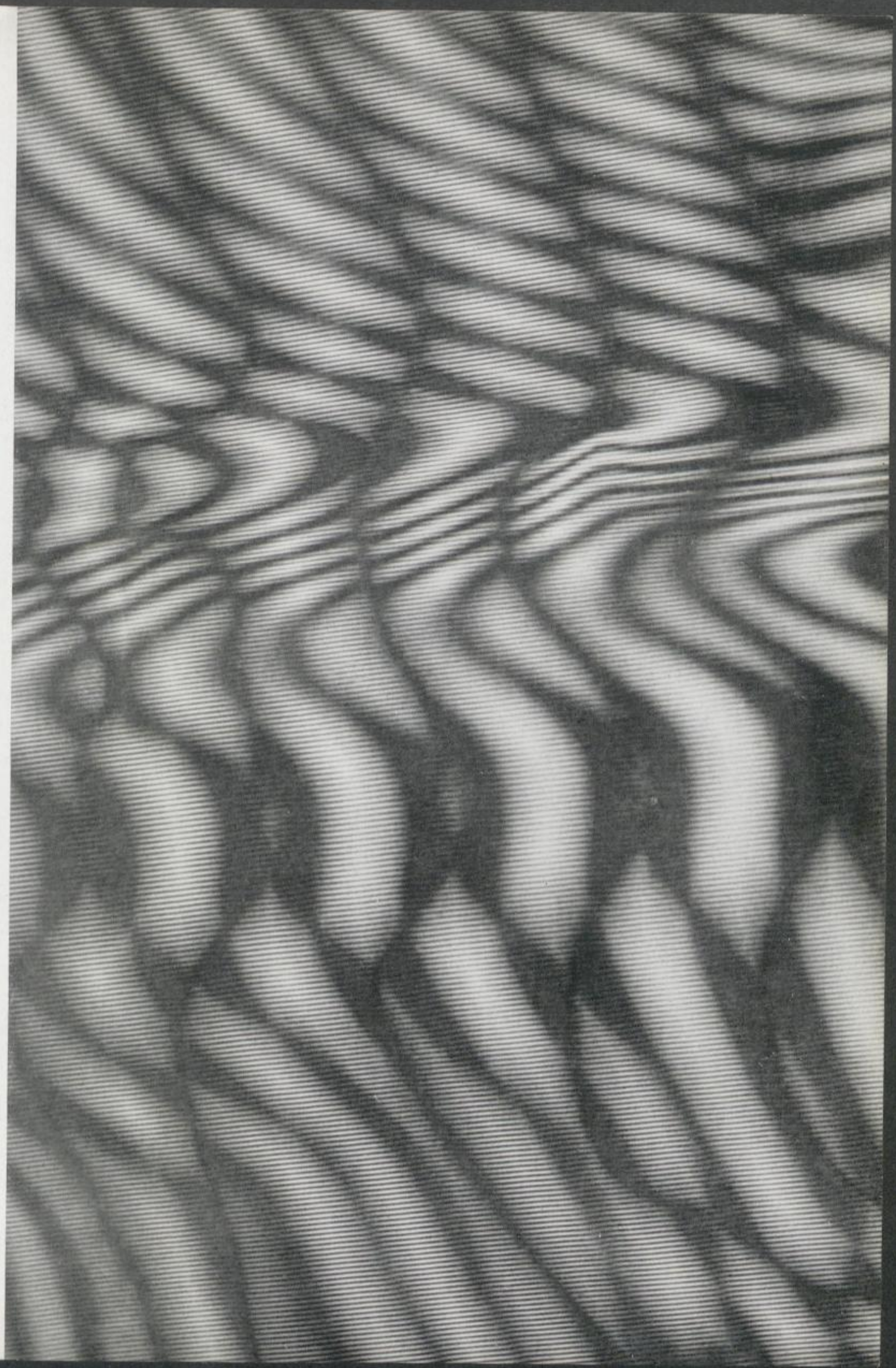


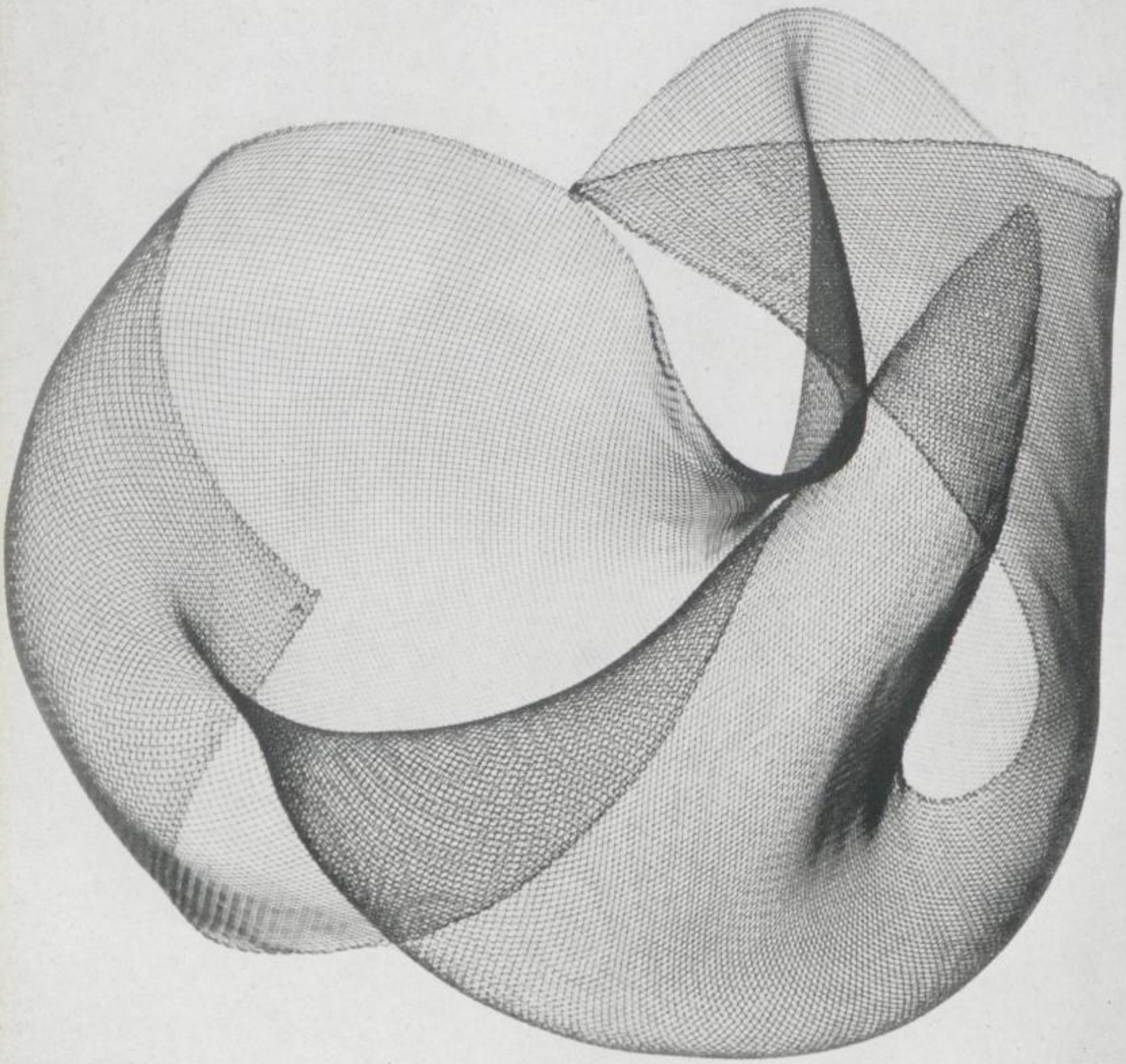


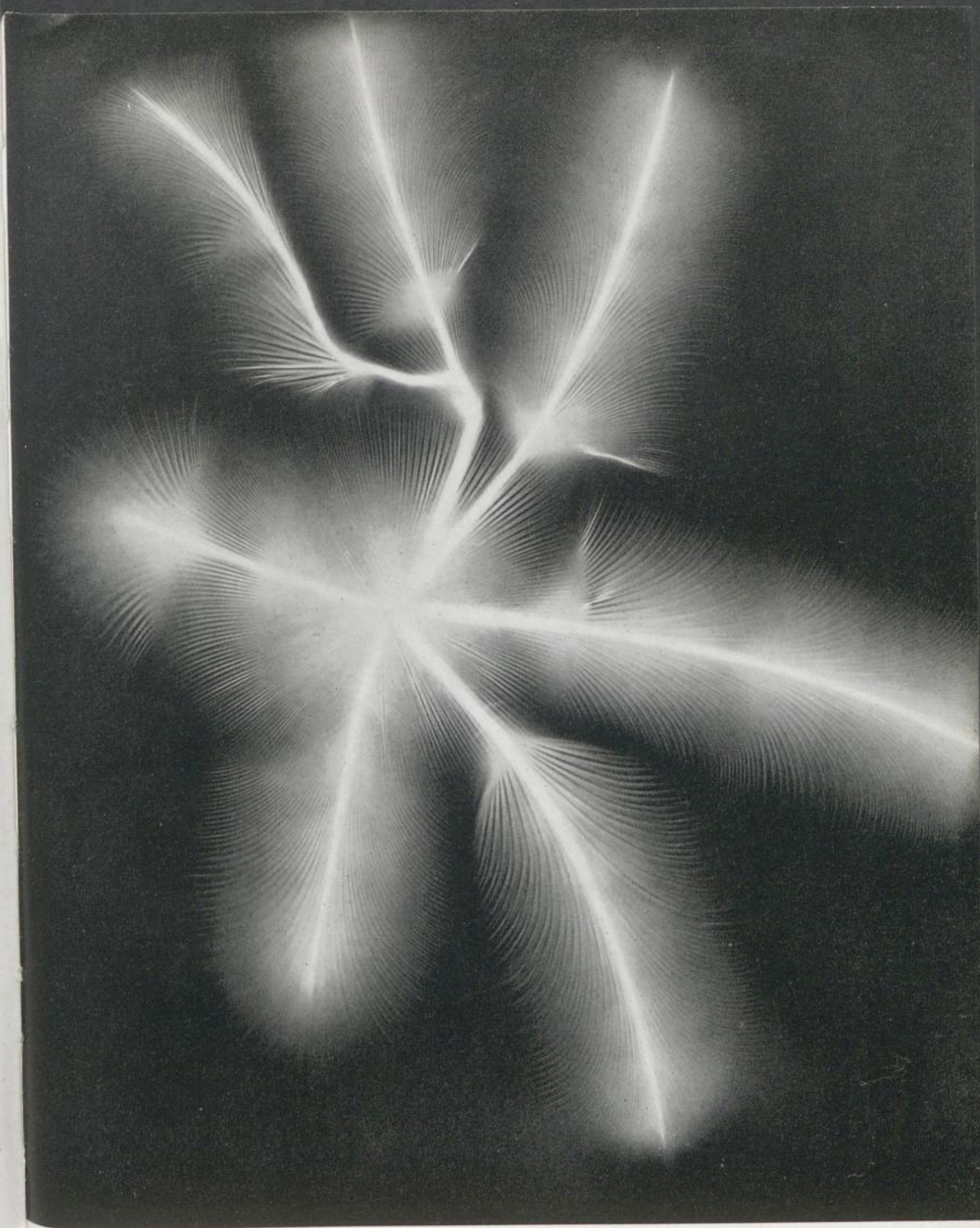


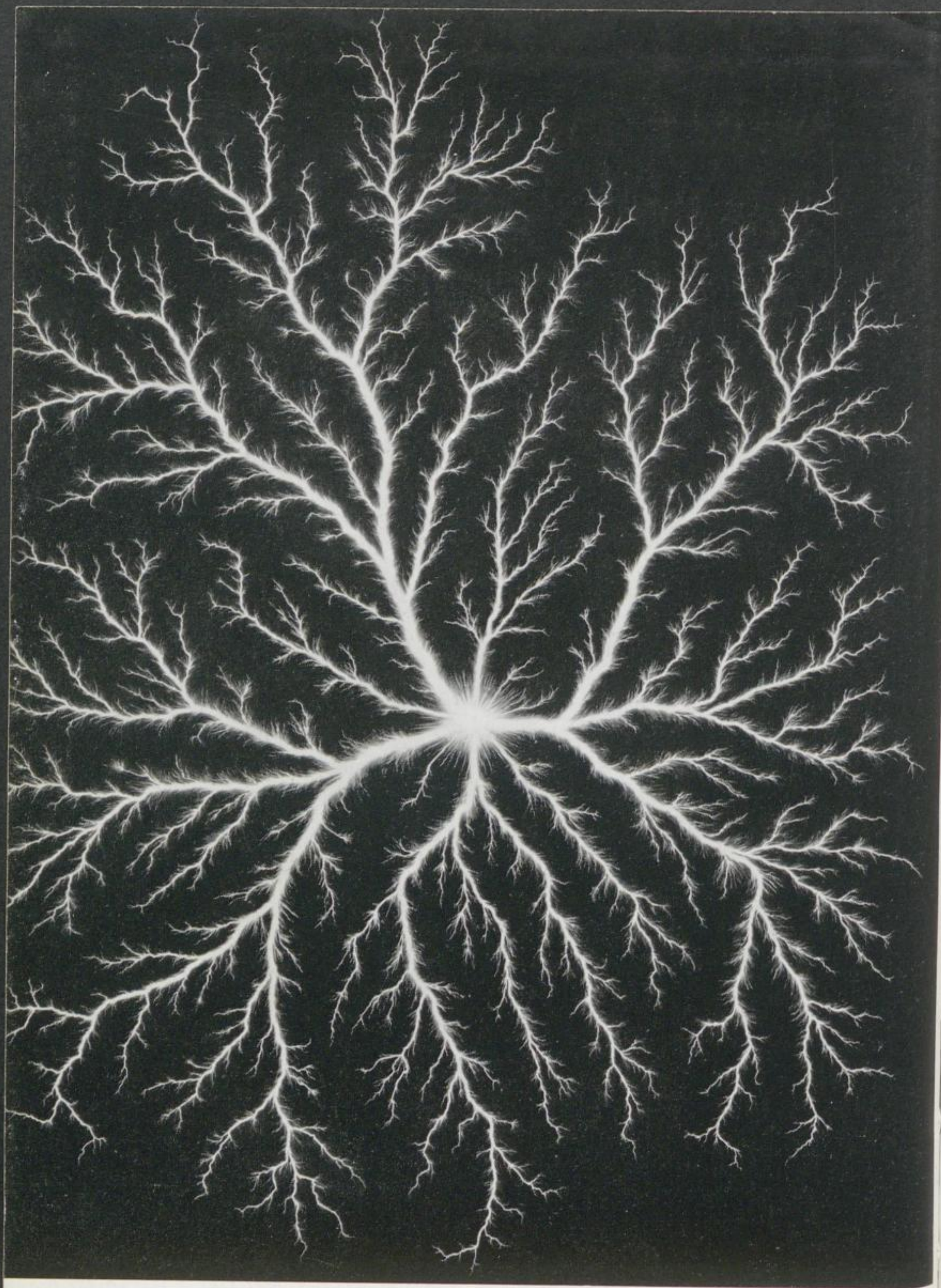


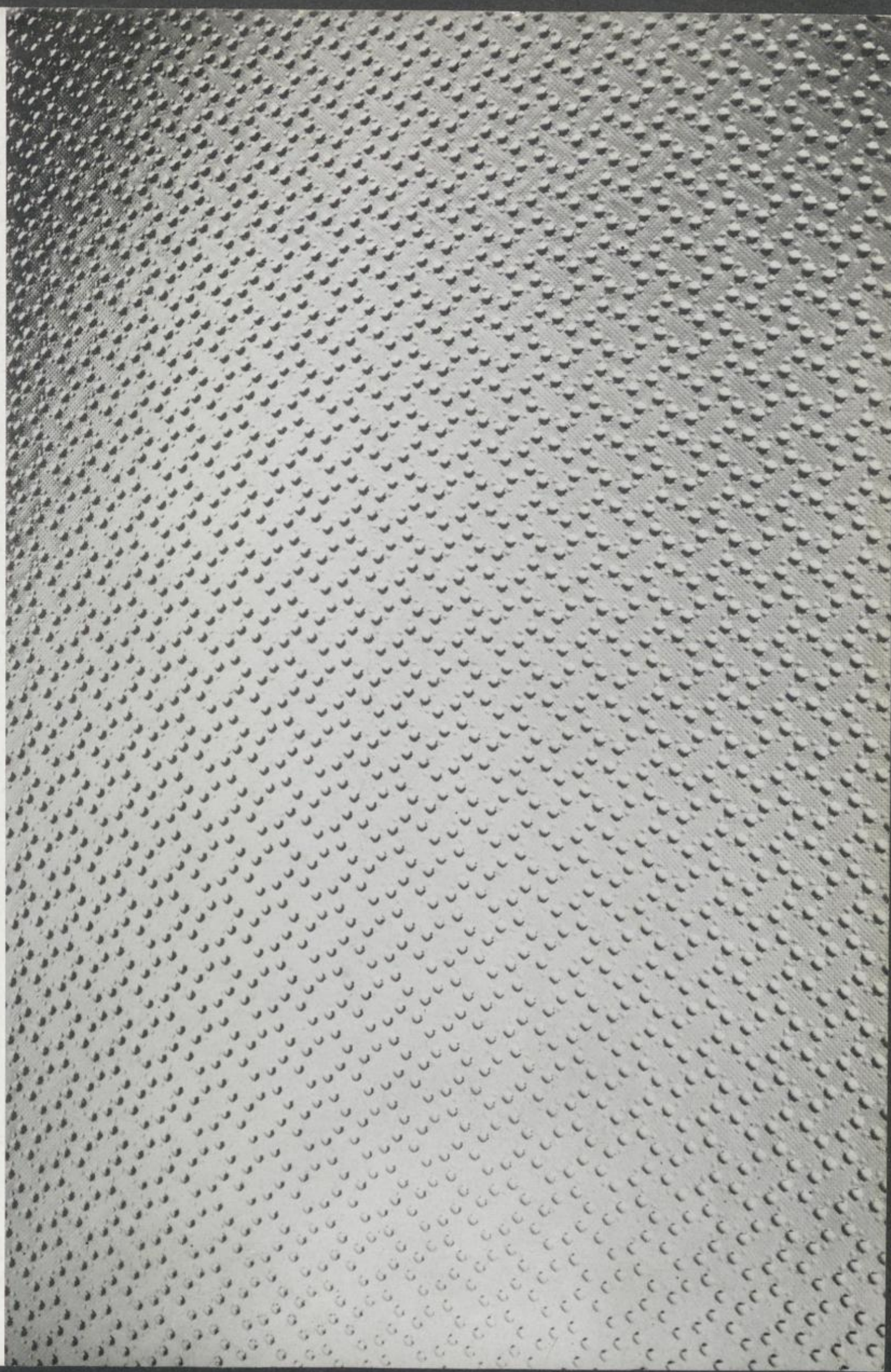












Tafeln

12,–

LHM 581357

X

ng bitte hier einstempeln!

Geschenk von	Preis 12,–
AK-Hinw.	
Fach	1 Fotografie Ma
Bio K	Bild K
SWK	Physik (als photographisches Experiment) X
Mag.-Stdnr. 33. 8° 514 X	zu
ABGHKL Sonder-Aufst. / Ausl.-V.	zu

10,5 357 III/9/130 It 1074