



Versuch über die Wölbung.
Eine Rede

Physik der Wölbung. Die Literatur

1912, vor Erstem Weltkrieg und Revolution, gründet sich in Sankt Petersburg eine Gruppe junger Dichterinnen und Dichter. Sie nennen sich die «Akmeisten», von griechisch *akmé*: spitz und scharf, oder auch Gipfelpunkt. Die Gruppe verfolgt ein scharfes, dichtungspolitisches Ziel. Sie möchte gegen den sie umgebenden literarischen Kontext andichten. Das heißt erstens: Symbolismus, zweitens: Futurismus. Einer der Begründer der Gruppe, der 22-jährige Ossip Emiljewitsch Mandelstam, hält den Symbolisten, die überall Symbole, Korrespondenzen, Metaphern sehen, entgegen, dass sie damit das «herrlichste poetische Thema» verfehlen würden und das ist: «A = A». Bei Mandelstam führt das nicht in Hegels Logik, sondern zu einem Ding, das A = A ist. Und dieses Ding ist der Stein. Auch die Symbolisten entdeckten den Stein. Vladimir Solov'ev etwa begegnete auf seiner Datscha in Finnland die riesigen Findlinge an den mäandrierenden Ufern des Saimaa-Sees. Er sieht in ihnen «Zauberer-Steine», *koldun-kamen'*. In sie seien Geister samt ihrer Beschwörer gebannt. Schweigend ertragen sie jetzt ihr Schicksal. Mandelstam hält diesen symbolistischen Steinen ein Gedicht des spätromantischen Schriftstellers Fjodor Tjučev entgegen, mit dem wissenschaftlichen und schon deshalb in lateinischen Buchstaben geschriebenen Titel: «Problème».

Von den Bergen herabgerollt, kam der Stein im Tal zu liegen.
Wie fiel er? Niemand weiß es heute mehr -
Stürzte er wohl von den Gipfeln ganz von selbst
Oder ward er hinabgestürzt von fremdem Willen?

(Variante: Oder ward er hinuntergestoßen von denkender Hand?)

Jahrhundert um Jahrhundert raste vorbei:
und niemand noch hat die Frage gelöst.

(geschrieben am 15. Januar 1833 und 2. April 1857)

Mit Tjučev entdeckt Mandelstam im Stein kein Symbol, sondern eine physikalische Größe: die Schwerkraft. In der Schwere des Steins müsse man die «schlummernden Kräfte wecken» und sie *dynamisch* nutzen. Gerade darin konvergiere das «schöpferische Material» des Dichters, das Wort, mit dem Stein. «Der (tjučevsche) Stein ist das Wort. Die Stimme der Materie erklingt in diesem unerwarteten Herabfallen wie klar artikulierte Rede. Auf diese Herausforderung kann nur mit Architektur geantwortet werden.»¹ Die Rede artikuliert sich also in einer physikalischen Kraft. Das liegt 1912 nicht so fern. Bei Pavel Florenski oder Andrej Belyi etwa werden Physik und Physiologie des Wortes, Energie und Schwingung, zu einer ganzen Theorie der poetischen Sprache auf dem letzten Stand wissenschaftlicher Phonologie ausgearbeitet.² Doch nach Mandelstam wird aus der bloßen, phonologischen Artikulation des Wortes allein im Durchgang durch Architektur das, was die Dichtung auszeichnet: poetische Form. Der Dichter muss dem Imperativ des Bauens folgen. Er muss vom «Geist des Bauens» durchdrungen sein. Architektur aber begründet sich aus dem Fallen.

Hegel feierte die Architektur, etwa das Lasten der Schwere am dorischen Tempel und die Entasis, die leichte Wölbung der Säulen nach außen, als Entbergung der Schwerkraft; und Antoni Gaudí konstruierte die Kathedrale von Sagrada Familia, indem er ein Modell von ihr aus Schnüren und Sandsäcken verkehrt herum an die Decke hängte. Im Akmeismus heißt es: «Wir führen in die Beziehungen der Wörter die Gotik ein.»³ Mandelstam sucht Referenzen für diesen gotischen Impuls in der Musik Bachs oder der Lyrik François Villons. Grundform und erstes Signum des gotischen Impulses ist ein ganz bestimmtes architektonisches Element: das Gewölbe, das Kreuzgewölbe, das, so Mandelstam, «bewegliche Gleichgewicht der Massen»⁴. Heinrich von Kleist hatte das Gewölbe mehrfach als gleichzeitiges Stürzen aller Steine beschrieben.⁵ Bei Mandelstam düstert die Dynamik des Steins «nach einem anderen Dasein»: er «bittet gleichsam darum, in freudiger Wechselwirkung mit seinesgleichen am «Kreuzgewölbe» teilzuhaben»⁶. Das Gewölbe ist eine erste, elementare Form oder Gestalt. Es wird Mandelstam, der sich «vom Dämon der Architektur» verfolgt fühlte, zeitlebens nicht loslassen. Dabei streut er die Frage nach der Wölbung in entfernteste Kontexte aus.

Die fundamentalste Kontextausweitung beginnt 1913: Aus dem Kult der Architektur wird ein Kult des Organismus. Kathedralen werden zu Organismen. Vielleicht sind die Kathedralen ja, so Mandelstam, ästhetisch monströs, aber sie sind die «logische Entwicklung des Organismus-Begriffs» des 13. Jahrhunderts.⁷ Notre-Dame? «Ein Fest der Physiologie». Das sei es, was die akmeistischen Dichter mit dem Mittelalter teilen: ihre «Liebe zum Organismus und zur Organisation». Aus Form wird Organisation. Wissensgeschichtlich gesehen ist das natürlich vor allem dichterische Freiheit. Der Organismus als solcher ist ein Produkt des frühen 19. Jahrhunderts, nicht des Mittelalters. Aber die *Genese* der Mandelstam'schen Ausweitung von *Architektur – Literatur – Organismus* ist ortbar.

Zeitlebens nämlich schleppen Ossip und Nadezhda Mandelstam durch alle Koffer, Tüten, Taschen und den bis in die ZEKU-BU berüchtigten⁸, riesigen Korb mit Wäsche, Manuskripten, Gurken, Dante, ihrer oft einzigen «Wohnung» auf Dutzenden Auszügen und Fluchten unerschütterlich ein kleines Buch mit sich: Auguste Rodin, *Les Cathédrales de France*, erschienen einige Mo-

nate vor Ausbruch des Ersten Weltkriegs.⁹ Zur Einleitung in sein großes Epos der gotischen Kathedrale entwickelt Rodin einige, wie er es nennt, «technische Vorüberlegungen». Ihr Ausgangspunkt: «Die Harmonie in den lebenden Körpern (*dans les corps vivants*) resultiert aus dem Gleichgewicht (*du contrebalance*) der sich verschiebenden Massen: Die Kathedrale ist nach dem Beispiel lebender Körper konstruiert. Ihre Gleichgewichtszustände (*concordances*) sind genau in der Ordnung der Natur, sie vollziehen allgemeine Gesetze.»¹⁰ Und dann entwickelt Rodin vor allem aus der Physiologie des Gehens, seiner Gleichgewichtsverhältnisse und kompensatorischen Bewegungen, die Gravitationsverhältnisse der Kathedrale. Dass Rodin aber die Kathedralen überhaupt mit dem gleichen Wort anspricht wie Jean-Baptiste Lamarck die Tiere und Pflanzen, als *corps vivants* oder *corps organisés*, das generiert in Mandelstams Denken einen Kontext, der weit über die Architektur hinausführen wird.

Die Urszene von fallendem Stein und architektonischer Wölbung, von Form, Organismus und Organisation wird Mandelstam dichterisch und essayistisch binnen zweier Jahrzehnte zu einer allgemeinen Theorie der Formbildung oder *formo-obrazovanie* weiter entwickeln.¹¹ Einer Theorie von, kurz gesagt: *Bauen Wachsen Sprechen*. Da sie sich immer näher gerade an biologische Theorien der Form oder Formbildung, genannt Morphogenese, heranschraubt, ist diese Theorie der Formbildung nicht mehr aus der Literaturgeschichte begreifbar. Sie wird eine Intervention in die Geschichte der Biologie selbst geworden sein.

Biologie der Wölbung. Die Zelle

Der erste Schritt in die Wissensgeschichte einer Naturwissenschaft – denn, was die Physik betrifft, handelt es sich ja eher um ein Modell als um Wissenschaftsgeschichte – liegt im Übergang von der Konstellation Stein/Wort zur Konstellation Zelle/Wort.

Im vorrevolutionären Sankt Petersburg steht die Konstellation Zelle/Wort wissenschafts-, literatur- und kunstgeschichtlich in einem hoch verdichteten Kontext. In ihn trägt sich auch die bildende Kunst, die Malerei ein, etwa die explizit von ihrem Erfinder so genannte «organische und zelluläre Malerei» Pavel Filonovs. Auch sie hat wie die Literatur der Akmeisten einen eindeutigen Gegner: den westlichen Konstruktivismus. Filonovs Programm: Nicht die Natur malen, sondern als Künstler so *vorgehen* wie die Natur, wie die Evolution! Filonov empfiehlt seinen Schülern also dringend die Lektüre von Linné oder Ivan Vladimirovitch Mitschurin, dem großen sowjetischen Helden des Obstanbaus. Filonov selbst malt Bilder wie «Die Formel des Frühlings». Sein geschichtsphilosophischer Grundbegriff ist «Das Welt-erblühen». Zellulär aber bedeutet in seiner Malerei zunächst ganz praktisch, dass er fast alle seine Bilder, auch die riesigen fürs Theater, mit einem winzigen Pinsel malt. Auch in dem, was sie zu sehen geben, sind sie zellulär. Sie sind aus lauter kleinen Facetten aufgebaut.

Kunst und Dichtung des Zellulären haben einen mächtigen Mitstreiter. Zur gleichen Zeit und am gleichen Ort nämlich von fallendem Stein und Kreuzgewölbe, von Liebe «zum Organismus und zur Organisation», von organischer und zellulärer Malerei entstehen auch die Anfänge einer Theorie, die in der Biologie bis heute Aufsehen erregt. Ihr Material ist die Zelle und ihre Prozesse

sind nicht die des Bauens, sondern die des Wachsens. Ein neuer Stand von Mikroskopie; Techniken, die Zellen ganzer Zellverbände durch Färbung sichtbar zu machen; neue fotografische Projektionstechniken und dazu eine berühmte, in Sankt Petersburg ansässige Schule von Statistikern, die dem Gesetz der großen Zahlen immer neue Geheimnisse entlocken: All das bringt um 1910/1912 einen neuen Diskurs über Zellen und formbildende Prozesse alias Wachstum hervor.

Ein junger Histologe, also Zellforscher, Aleksandr Gavrilovič Gurvič, veröffentlicht 1910/12 seine ersten grundlegenden Arbeiten, die durch Revolution, frühe Sowjetunion und die Professur in Moskau bis zum Summum Opus von 1930 führen wird, das den unbescheidenen Titel trägt: *Die histologischen Grundlagen der Biologie*. (Weil er in Deutschland studierte, schreibt Gurvič fast alle seine großen Arbeiten auf Deutsch, obwohl er seit dem russisch-japanischen Krieg 1905 Russland kaum verlässt.) Gegenstand der Histologie sei nicht die «Funktion» dieses oder jenes Gewebes. Ihr Gegenstand sei ein «Geschehnis»: der «Formwandel» eines unter dem Mikroskop «optisch unterscheidbaren Gebildes»: «Stabile oder labile räumliche Konstellationen respektive ausbalancierte oder nichtausbalancierte Stoffwandlungen» seien «die eigentliche Realität (...), das Objekt des histologischen Studiums.»¹²

Einer der ersten Gegenstände des jungen Histologen, der an den «Höheren Frauenkursen» unterrichtet und dort sein Labor betreibt, ist die Entstehung einer Wölbung aus Zellen. Genauer: der Wölbung eines Hai-fisch-Gehirns, des Katzenhais. Den im Unterschied zu Mollusca und Insekten mit ihren netzartigen Ganglien und Ganglienknoten haben Wirbeltiere überhaupt eine Gehirnwölbung. Gurvič lässt sich also Hai-fisch-Embryonen verschiedener Alter von der französischen Kanalküste kommen und macht sichtbar, sieht und misst, wie sich die Zellen im Verlauf des Wachstums einer Gehirn-Wölbung gruppieren und umgruppieren. Er geht dabei von einem Fundamentalunterschied anorganischer Biegung und organischen Wachstums aus. Die Biegung einer Metallplatte etwa quetscht einfach die Moleküle in der gebogenen, konkaven Seite und streckt und dehnt jene auf der konvexen Oberseite. Gurvičs Bilder von Zellen und Zellgruppen dagegen zeigen etwas ganz anderes: Form und Dichte aller Zellen sind überall in etwa gleich, nur die Zahl der Zellen ist auf der konvexen Außenseite größer als auf der konkaven Innenseite. Er folgert: Geht man von der Teilung der Zelle als einzigem, aktiven Prozess aus, dann müssen die durch Teilung entstandenen Zellen im Verlauf des Wachstums «wandern»: von der Innenseite an die Außenseite. Damit ist schon der ganze Prozess beschrieben. Bleibt die Frage: Wie und woher wissen die Zellen, wohin sie wandern sollen? Gurvič macht genaue Messungen, die durch den besonderen Umstand begünstigt werden, dass die Zellen in der Regel oval sind, also eine bestimmte Ausrichtung haben. Er geometrisiert also die Zellverbände und legt durch jede Zelle eine geometrische Achse.

Erstes Erstaunen: die Achsen stehen nicht senkrecht zu den Tangenten an die Außenkontur. Konstruiert man aber aus den Senkrechten der Zellachsen in ihrer tatsächlichen Ausrichtung eine Linie (Pseudotangenten zur Linie geglättet), dann entsteht nicht etwa die Linie der *wirklichen* Außenkontur zu einem bestimmten Zeitpunkt des Wachstums, sondern die der Kontur im *nächsten* Zeitpunkt. Gurvič nennt das Ganze eine «dynamisch

präformierte Morphe»¹³. Diese dynamisch präformierte Morphe ist also erstens überhaupt ein Gebilde in der Zeit; und zweitens ist sie, so Gurvič, eine «prophetische Linie». Die Frage ist nur: Hat jede Zelle ihre Ausrichtung auf die künftige Lage des Ganzen als Befehl in sich selbst – in einer «Befehlssprache der Zellen», so Gurvičs wissenschaftlich prophetischer Ausdruck ein halbes Jahrhundert vor Entdeckung der DNA. Ist die Zelle in ihrer Ausrichtung also genetisch determiniert? Oder ist es eine Struktur des Ganzen selbst, im Organismus oder in der Umgebung des Organismus, die die künftige Form des Ganzen eben «prä-formiert». Gurvič verlegt sich ganz auf die zweite Möglichkeit. Denn es gibt, erstens, beträchtliche statistische Abweichungen zwischen den Zellen; und, zweitens, ist die Menge an Befehlen unvorstellbar hoch, die jeder Zelle mitgegeben sein müsste, um sie im Verband der anderen Zellen zu orientieren: Alle Abstände zu jeder einzelnen Nachbarzelle etwa müssten ihr mitgegeben sein.

Die einfache Grundidee von 1910/12 wird Gurvič zwanzig Jahre lang nicht loslassen. Er findet sie bestätigt an verschiedenen Tieren und Pflanzen und entwickelt sie in verschiedenen Formulierungen weiter. Als ihn die Revolution auf die Krim nach Simferopol verschlägt, an die von den Bolschewiki gegründete, von den Weißen unter Wrangel übernommene, dann wieder rote «Taurische Universität» von Simferopol, steht er ohne Mikroskop da, sämtliche Bilder, alle Unterlagen verloren, abgeschnitten von sämtlicher Forschungsliteratur. In dieser Lage baut er zunächst seine Idee zum Entwurf einer Allgemeinen oder «Synthetischen Biologie» aus. Sie ist der revolutionären Zeit folgend von hochfliegender Utopie durchzuckt, einer Art mathematischem Wahn. Die protokollierbare, mathematisierbare Bewegungslinie jeder einzelnen Zelle und die Konturlinie des Zellverbands werden zum Schibboleth der gesamten Biologie. Diese «Lebenslinie» müsste, weil geometrisch vermessen, auch in Zahlen, als eine mathematische Funktion anschreibbar sein. Die ganze Entwicklung des Organismus wäre dann als ein einziges System von Differenzialgleichungen denkbar. Wo die Biokosmisten der 1920er-Jahre den Kult der Formel ausrufen werden und die organische Malerei Pavel Filonovs die «Formel des Frühlings» als Bild erfindet – da laboriert auch Gurvičs Biologie an Formeln.

Zur experimentellen Stützung der allgemeinen Biologie gibt es auf der Krim leider keine Hai-fische. Es stehen nur einfachere Dinge zur Verfügung: Kamillenblüten und Hutpilze. An ihnen denkt, zeichnet und rechnet Gurvič in den 1920er-Jahren die «dynamisch präformierte Morphe» weiter zu einer «Theorie des embryonalen Feldes» oder bald «morphogenetischen Feldes». Es steht auf der Grenze von Physik und Mathematik.

In den Neunzigerjahren des 19. Jahrhunderts arbeitete Gurvič in Straßburg. Seine besten Freunde dort sind die zwei jungen russischen Assistenten Ferdinand Brauns, jenes großen Theoretikers des elektromagnetischen Feldes und seiner Anwendung in der drahtlosen oder Funken-Telegrafie. Der eine der Assistenten wird in der Sowjetunion ein Zentrum für drahtlose Telegrafie gründen, der andere, ein Namensvetter Mandelstams, Professor für Physik in Moskau werden. Gurvič überträgt nun den Stand der Straßburger Physik kurzerhand in Biologie. So sieht er im Wachstum der Hutpilze, der Entstehung ihrer Wölbung, ein Feld aus Kraftlinien in Aktion. Sie ziehen die «Hyphen», jene pseudozellularen Grundelemente des Pilzes, in bestimmte Richtungen und sind als Kraftvektoren berechenbar. Die Kraftlinie ist sowohl

eine Grenze, die vom sich formenden Pilz nicht überschritten wird, als auch das positive Zentrum einer Anziehungskraft.

Bleibt nur die Frage: Wie lässt sich darin eine mathematische Formel finden? Gurvičs Traum ist eine Formel, die durch einfaches Inkrementieren, also Wachsen, oder Dekrementieren, also Kleinerwerden, der Parameter eine bestimmte Form generiert. Immer wieder macht er Versuche in dieser Richtung. Sie scheitern schon daran, dass er nie eine Formel auch wirklich hinschreibt. Im großen Buch von 1930 gibt es darum nur die sozusagen bildliche Allegorie einer Formel: einer als «Konchoide» angesprochenen Kurvenentwicklung.

Die Arbeiten Gurvičs aber setzen ein Dispositiv. Es ist selbstentwicklungsfähig.

Mathematik der Wölbung. Das Blatt der Kapuzinerkresse

Im Jahre 1932 nehmen zwei junge Biologen, über deren institutionelles und kulturelles Umfeld noch zu sprechen sein wird, Gurvičs morphogenetisches Feld an diesem seinem utopischsten Punkt auf: dem mathematischen Versprechen. Und sie versetzen es in die ehrwürdigste aller historischen Traditionen morphogenetischen Denkens: auf Fläche und Umriss eines Blatts. Mit den unendlichen Morphosen des Blattes beginnt bekanntlich bei Goethe und Hegel morphologisches Denken überhaupt. Die beiden Moskauer Biologen Evgeni Sergeevič Smirnov und Anatoli Nikolaevič Zhelochovtsev entwickeln zunächst die Formel der Form – das ist: die Gurvič'sche Konchoide. Die Konchoide wird zum Schulfall einer möglichen Mathematisierung des morphogenetischen Felds.¹⁴

Man nehme

1. einen Punkt O und eine Gerade g im Abstand $b = OA$. Man ziehe von O ausgehend die g schneidenden Geraden OB. Geht der Einheitskreis um O (Winkel ϕ) durch den Punkt B, hat er also den Radius OB, dann gilt die einfachste trigonometrische Funktion: $\cos \phi = OA/OB = b/OB$ oder, umgeformt: $OB = b/\cos \phi$.

Man nehme

2. eine feste Strecke $+a'$, die jeweils an den Punkten B, B', B'' usw. ansetzt, also zu OB addiert wird oder auch als $-a$ subtrahiert, dann beschreiben, wenn ϕ seine Winkel von 0° bis 180° durchläuft (oder B auf g gleitet), die Punkte D und C eine Kurve bestimmter Form. Anzuschreiben wäre sie schlicht als: $b/\cos \phi + a'$ oder $b/\cos \phi - a$.¹⁵

Man nehme

3. im Sinne von Mandelstams akmeistischem Wahlspruch $A = A$ an, dass die Strecke a (als $+a'$ und $-a$) selbst variabel sei und schließlich wachse bis $a = b$. Was geschieht? Die Form der Kurve verändert sich, sie dehnt sich, wölbt sich als $+a'$; sie schrumpft als $-a$ immer weiter und weiter, wird immer spitzer bis sie in ihrer eigenen Spitze verschwindet, zum Punkt wird und dann mit $a > b$ am anderen Ende als Blase wieder herauskommt, ganz wie Gurvičs Allegorie einer Kurve es zeichnet.

Weil Smirnov/Zhelochovtsev anfangen, auf diese Weise die wirkliche Formel einer Kurve in Gang zu setzen, die der modernen Mathematik als eine Kurve vierter Ordnung mit dem Geschlecht zwei gilt, kann auch die Geschichte dieser Mathematik sichtbar werden. Die Konchoide oder die Muschelkurve, von griechisch

kóghē gesprochen *kónchē*, die Muschel, ist die älteste algebraische Kurve mit so genannten Singularitäten: wenn alle Formen in einem Punkt zusammenstürzen. Der griechische Mathematiker Nikomedes habe um 180 vor Christus mit der Konchoide die entscheidende Linie zur Lösung des berühmten Problems der Volumenverdopplung eines Würfels angegeben und auch – ganz gegen Platons Widerstand Mathematik zu verkörpern – ein Instrument gebaut, das genau diese Kurve zeichnet.¹⁶

Die beiden Moskauer Biologen Smirnov und Zhelochovtsev nun sehen Mathematik nicht in einem Instrument verkörpert oder einem Musikinstrument, wie die Pythagoräer, sondern in einem wachsenden Wesen. Es hört auf den schlichten Namen Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus*, und ist der Botanik bis heute ein Rätsel. Denn seine Blätter unterscheiden sich durch eine Kleinigkeit von vielen anderen Blättern. Die Kapuzinerkresse hat Schildblätter, so genannte peltate Blätter. Das heißt: der Stiel sitzt nicht unten am Blatt, sondern in der Mitte des Blatts. Die Entwicklung der Schildblätter ist seit Anfang des 19. Jahrhunderts ein Thema der Botaniker – eine besondere Art von Stiluntersuchung also. In den Dreißigerjahren des letzten Jahrhunderts entspinnt sich nämlich ein regelrechter Streit um Wesen und Wachstum der Schildblätter, der bis in die 1950er-Jahre andauert. Der Botaniker Troll etwa behauptet, primär bei der Entstehung des peltaten Blatts sei, dass sein Stiel rund sei, im Jargon: *unifazial*. Der Schildauswuchs, der rund um den Stiel herum wachsenden Blätter sei sekundär. Die Botanikerin Rot dagegen weist durch genaue morphologische Untersuchungen nach, dass dem nicht so sei. Und sofort.

Was aber nicht nur Wissenschaftler, sondern schon Gärtnerinnen und Gärtner sehen, ist das merkwürdige Wachstum des Blatts der Kresse. Im jungen Zustand hat es zuerst drei spitze Zacken. Später sieben. Je größer es aber wird, desto mehr gleichen sich Spitzen und Täler der Zacken aus, durchlaufen eine Phase, in der sie fast zur Geraden werden und am Ende scheint sich das Blatt großzügig zu runden und erinnert nur noch entfernt an ein Siebeneck. Smirnov/Zhelochovtsev behaupten nun, dass die sieben Seiten des Siebenecks sich ganz wie sieben gleichzeitig evolvierende Konchoiden entwickeln würden.

So weit, so kurz und ohne die spannenden Einzelheiten die Sache. Deren epistemisch-historisches Umfeld birgt Überraschungen.

Die beiden jungen Biologen stammen nämlich *nicht* vom histologischen Lehrstuhl der Staatlichen Universität Moskau, den Gurvič von 1924 bis 1929 innehat. (Gurvič sitzt seit Anfang der 1930er-Jahre ohnehin schon auf einem anderen Pferd: der legendären «mitogenetischen Strahlung» als physikalischem Substrat der morphogenetischen Felder.) Smirnov und Zhelochovtsev sind auch keine Zellforscher. Sie gehören vielmehr einem Kreis junger Biologen an, von Evolutionsforschern, Systematikern, Entomologen, die in einer ehrwürdigen Institution arbeiten und auch leben: dem zur Moskauer Universität gehörigen *Zoologičeskij Muzej*. Noch die heutige Erscheinungsform des im 19. Jahrhundert gegründeten, in den Revolutionsjahren geförderten, unter den Biologen Severzov und Kozhevnikov aufblühenden Zoologischen Museums in einem großen, alten Haus Ecke Bolschaja Nikitskaja/Nikitskij Pereulok, nahe der zentralen Ulica Tverskaja, darf als Gegenstück des großen Moskauer Darwin-Museums gelten. In einem der beiden Säle sind unsystematisch ein paar ausgestopfte Eisbären und Vögel ausgestellt, im

anderen Saal dagegen wird seit den 1970er-Jahren streng und ausschließlich an Skeletten das morphologische Wirken der Evolution dargestellt: in Katamorphosen, Apomorphosen, Allomorphosen, ganz nach Severzov und Schmalhausen. In den 30er-Jahren arbeiten die Mitarbeiter des Museums systematisch, machen Exkursionen, oft bis weit hinter den Ural, und entwerfen Evolutionstheorien.

Um 1930 aber werden in den Zimmerchen des Museums die wohl freiesten und spekulativsten Diskussionen über biologische Fragen (und wohl auch alle anderen Fragen) geführt, die in dieser Zeit noch möglich sind. Nächstelang diskutiert man, umgeben von Präparaten, ausgestopften Tieren und dem biologischen Weltwissen aller Zeiten, Zeitschriften, Länder und Sprachen, die neuesten Tendenzen: Darwinismus, Lamarckismus, aufkommenden Lyssenkoismus, morphogenetische Felder oder die Theorien des Wiener Biologen Paul Kammerer, dessen Salamander die wissenschaftlichen Veröffentlichungen des Museums zieren.

Einer der jüngeren Biologen, der von Smirnov in das Museum gezogen wird, ist etwa der Entomologe und Systematiker Boris Sergeevic Kusun. Kusun wird 1930 in einer geheimen entomologischen Mission nach Armenien geschickt, 1933 zweimal verhaftet, nach einigen Tagen wieder freigelassen. 1938 flieht er wie viele andere Biologen vor der Stalin'schen Verfolgung, die auch die Biologen erreicht, an die äußersten Grenzen der Union. In Kasachstan erforscht er Systematik und schädliche Umtriebe der Käfergattung *Mylabris*. Anfang der 1950er-Jahre erst wird er von dem Organisator und Hans-Dampf-in-allem-Gassen Iwan Papanin zum wissenschaftlichen Leiter eines biologischen Forschungs-Städtchens der Akademie der Wissenschaften der UdSSR berufen. Das Städtchen befindet sich nördlich von Moskau an den Ufern des durch künstliche Stauung der Wolga entstandenen mehrere hundert Quadratkilometer großen Rybinsker Stausees, direkt gegenüber einer Landzunge, die sich «Darwin Naturpark» nennt. In dem heute fast ohne Geld lebenden und forschenden Städtchen ist Kusun immer noch eine Art Volksheld aus guten Zeiten, an den man sich gerne erinnert.

Ein sehr enger Freund Boris Kusins erinnert sich schon in den 1930er-Jahren. Man habe eines Tages einen Mann gesucht, der die Koschenille-Laus erforscht. (Aus ihr gewinnt man den roten Farbstoff Karmin – nicht nur für rote Fahnen, sondern für die Biologie selbst, zur Sichtbarmachung von *Chromo*-somen; alle bisherigen Arten der Karminbeschaffung sind aufgrund der Blockade der Entente unterbrochen.) Auf einen jungen Biologen namens Kusun sei damals die Wahl gefallen. Er ist Gewerkschafter, wohnt bei seiner alten Mutter und liebt mehr als das ganze akademische Milieu den Hausmeister des Museums: weil der blind mit der bloßen Hand alle Hölzer der Museumsschränke erkenne. «B. S. war alles andere als ein Bücherwurm. Mit der Wissenschaft beschäftigte er sich im Vorübergehen, hatte irgendwie mit den Salamandern des berühmten Wiener Professors und Selbstmörders Kammerer zu tun und liebte die Musik Bachs mehr als alles andere auf der Welt, besonders eine bestimmte Invention, wenn sie von Bläsern gespielt wurde und sich in die Höhe schwang wie ein gotisches Feuerwerk.»¹⁷

Der hier mit so viel Sympathie vom Freund seiner letzten Lebensjahre spricht, ist niemand Geringerer als der vielleicht größte Lyriker des 20. Jahrhunderts: Ossip Emiljewitsch Mandelstam. Lange habe er sich, so schreibt er, «in das antidarwinistische We-

sen» seines Freundes Boris Kusun versetzt (und dazu vor allem dessen Hände studiert). Kusun und Mandelstam treffen sich 1930 in Eriwan in einem der Kaffees unter freiem Himmel. Seit der Stunde weicht Mandelstam nicht mehr von der Seite Kusins, stolpert auf allen entomologischen Exkursionen, in Gebirge und obskure Kiesgruben mit, man plaudert über Literatur, Bach und Biologie. Mandelstam beginnt Linné, Simon Pallas, Darwin und vor allem Lamarck zu lesen. Zurück in Moskau wird Mandelstam regelmäßiger Teilnehmer jener angeregten Diskussionen der Biologen im Zoologischen Museum. Das liegt auch darum nahe, weil das Schriftsteller-Haus auf dem Tverskoj Boulevard, in dem die Mandelstams eine feuchte Kammer bewohnen, nur ein paar hundert Meter entfernt ist. Mandelstam dringt immer tiefer in den weiten Denkhorizont der jungen Moskauer Biologen ein. Als Kusun zum ersten Mal verhaftet wird, schreibt Mandelstam an die ihm bekannte Science-Fiction-Autorin und Literaturfunktionärin Marietta Schaginjan einen Bittbrief. Mandelstam klagt: «Man hat mir meinen Gesprächspartner genommen, mein zweites Ich, einen Menschen, den ich überzeugen konnte, daß in der Revolution sowohl Intellekt als auch vitalistisches Ungestüm ist, und auch der Überfluß der lebendigen Natur.» Und dann der Satz: «Ich habe mein Schach vom Literarischen aufs Biologische verlegt, damit das Spiel ehrlicher vonstatten gehe.»¹⁸

Die Wölbung des Gedichts

Damit schlosse sich der Kreis zur Ausgangsfrage nach Mandelstams Theorie und Praxis der Formbildung. Denn: der einfache Satz in Mandelstams Brief, «Ich habe mein Schach vom Literarischen aufs Biologische verlegt», birgt ein Drama. 1922, als Gurvič in Roux' Zeitschrift für Entwicklungsmechanik seine Forschungen über morphogenetische Felder und die Wölbung der Hutpilze veröffentlicht, erscheint auf Seite eins der Pravda ein merkwürdiges, als Autograf reproduziertes Gedicht, in dem, mitten in der größten Hungerzeit, der Dichter das Wachsen des Brotteigs beschwört und wie sich die gewölbten Kuppeln der Brote leicht in die Höhe ziehen. Das Gedicht war eine Vereinbarung mit seinem größten oder auch einzigen Gönner: Nikolaj Bucharin. Dann Schweigen. Mandelstam schreibt keine einzige Zeile mehr.

Erst Jahre später, 1930, wird ihm auf Betreiben Bucharins eine lang ersehnte Reise genehmigt, die Reise nach Armenien. Er soll ein Land im Aufbau schildern, nach dem Vorbild etwa von Schaginjans armenischem Roman *Das Wasserkraftwerk*. Erst auf dieser Reise beginnt Mandelstam wieder zu schreiben. Doch statt wie bei Schaginjan die jungen Verfechter des Betons gegen die Alten und ihre gewölbten Brücken aus Stein antreten zu lassen¹⁹, erzählt er von der Architektur der Tannenzapfen, von den Gewölben armenischer Kirchen, von französischen Malern, Moskauer Hinterhöfen und dem Genie Lamarcks. Als das Buch *Die Reise nach Armenien* 1933 erscheint, verliert der Redakteur des Verlags Zvesdá auf der Stelle seinen Posten.

Die Reise nach Armenien aber ist vor allem eins: eine Reise in die Welt der Formbildung. An einer Stelle verdichtet sich der Gedanke. Nach einer goetheanischen, aus Wilhelm Meister genommenen Hymne auf die Freuden der «mündlichen Lehre», die ihm durch den Biologen Boris Kusun zuteil wurde, heißt es: «Mit

Dankbarkeit erinnere ich mich an eines unserer Gespräche in Eriwan (...) Wir kamen auf die ‚Theorie des embryonalen Feldes‘ zu sprechen, die von Professor Gurwitsch begründet worden war. Im Keimzustand hat das Blatt der Kapuzinerkresse die Form einer Hellebarde oder eines zweigeteilten, länglichen Beutelchens, das in eine kleine Zunge übergeht. Es sieht auch einer paläolithischen Pfeilspitze aus Feuerstein ähnlich. Die Spannung der Kräfte um das Blatt herum verwandelt es zunächst in eine Figur mit fünf Segmenten. Die Linien des gehöhlten Endstücks dehnen sich bogenartig aus.»

Dem folgt die Konstruktion der Konchoide des Nikomedes: «Nehmt einen beliebigen Punkt und verbindet ihn durch ein Strahlenbündel mit einer Geraden. Dann verlängert ihr diese Strahlen, welche die Gerade unter verschiedenen Winkeln schneiden, um einen Abschnitt von gleicher Länge und verbindet die Endpunkte miteinander – so ergibt sich die Wölbung! Doch im weiteren verändert das Kraftfeld jäh sein Spiel und jagt die Form hin zum geometrischen Extrem, zum Vieleck.»

Mandelstam dürfte die Diskussionen um die Morphogenese der Kapuzinerkresse zwischen Smirnov und Zhelochovtsev, die ihren Artikel im Sommer 1931 der deutschsprachigen Zeitschrift *Planta. Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik* eingesandt haben, in ihrer lebendigsten Phase mitbekommen haben. Es ist genau die Zeit, in der, als eine Art Parallelaktion, auch Mandelstam an der Reise nach Armenien schreibt.

Doch bleibt die große Frage: Wie kann je aus Geometrie das Wort entstehen, wie sich darin das «Wort als solches» bilden? Nach akmeistischer Diagnose von 1913 ziehe die Formwerdung des Wortes in einem unaufhaltsamen geschichtlichen Prozess immer mehr Elemente in sich hinein: zuerst den Klang, dann Sinn und Inhalt und schließlich den Logos selbst. Wo Mandelstam als Akmeist auf die Dynamik der physikalischen Gravitation mit Architektur und dem «Geist des Bauens» in der Literatur antwortete, da antwortet er jetzt, zwanzig Jahre später, auf die Dynamik der biologischen Morphogenese mindestens dreifach.

Mandelstams erste Antwort – sie verschiebt die biologische Morphogenese direkt und ohne Umstände vom geometrischen Raum in den Raum der Akustik. Nebenbei und mit traumwandlerischer Sicherheit eröffnet sie den morphogenetischen Feldern Aleksandr Gurvičs einen unerwarteten technik- und wissenshistorischen Horizont, als läge Erinnerung in den Dingen. «... Doch im weiteren verändert das Kraftfeld jäh sein Spiel und jagt die Form hin zum geometrischen Extrem, zum Vieleck. Die Pflanze ist ein Klang, hervorgehoben vom Stäbchen des Termenvox, das in einer von Wellenprozessen gesättigten Sphäre girt. Sie ist eine Abgesandte des lebendigen Gewitters, das permanent im Weltgebäude tobt – im selben Grad mit dem Stein und mit dem Blitz verwandt! Die Pflanze in der Welt: Ereignis, Vorfall, Pfeil, und nicht etwa eine langweilige, bärtige Entwicklung! (...) Welcher Bach, welcher Mozart variiert das Thema des Blattes der Kapuzinerkresse? Schließlich blitzte der Satz auf: «Die Allgeschwindigkeit der berstenden Schote einer Kapuzinerkresse.»

Lev Termen, der Erfinder des Termenvox, eines der ersten rein elektrischen Instrumente der Musikgeschichte, ist ein schillernder, sowjetischer Held der drahtlosen Telegrafie (bevor das «Theremin» und sein zeitweise amerikanisierter Erfinder schließlich Popgeschichte machen).²⁰ Die russische Telegrafie fängt nicht wie die westliche mit Bombenauslösung nach Werner von

Siemens an, sondern als «Abgesandte des lebendigen Gewitters» mit Aleksandr Stepanovič Popovs funkentelegrafischen Antennen zur Registrierung von Gewittern auf der Insel Kronstadt. Termen ist 1917 einer jener Funker, die vom selben Kronstadt aus die russische Oktoberrevolution von ihren Anfängen bis zu ihrem ersten Höhepunkt in Brest-Litovsk zu einem durch und durch – mit dem Radiopionier und Philosophen Wilhelm Hoffmann (1932) zu sprechen – «funkischen» Ereignis machen. Termen wird bald als begabter Wissenschaftler ans Physikalisch-Technische Institut Abraham Ioffes geholt. Aber dort baut er statt Röntgenmessgeräten in der Vorhalle des Instituts ein Musik-Instrument. Die Kapazität zweier hochfrequenter Schwingkreise – also der drahtlosen Telegrafie nach Ferdinand Braun – und damit die Frequenz dieser Schwingkreise wird dabei nur von der Hand des Spielers beeinflusst, die sich frei und ohne Berührung mit dem Instrument in der Luft bewegt.

Termens Apparat hat großen Erfolg. Eines Tages im März 1922 trägt man ihm zu: Lenin möchte sein Instrument kennen lernen. Große Szene: man holt ihn im Auto ab, fährt samt Instrument in den Kreml. Lenin lässt auf sich warten. Dann kommt Lenins Sekretärin Lydia Aleksandrovna Fotieva. Sie ist, ganz nach medienhistorischer Lehre, Klavierspielerin am Petersburger Konservatorium gewesen und soll jetzt Termen begleiten. Lenin kommt. Er ist viel kleiner als der große, schlanke Lev. Lev stellt sich hinter Lenin und führt ihm die Hände. Sie spielen Glinkas Stück «Die Feldlerche». Lenin ist begeistert und möchte gleich öfters Stunden bei Termen nehmen. Wenige Tage später kommt ein Brief mit einer Jahresfahrkarte für sämtliche russischen Eisenbahnen. Termen soll im ganzen Land mit dem Termenvox für die Elektrifizierung Russlands Werbung machen.

Mit Termens Musikinstrument rückt Mandelstam die Morphogenese bereits näher ans Wort in seiner akustischen, musikalischen Sphäre. Im vorliegenden Kontext käme es auf zweierlei an: Erstens, dass es überhaupt die Umgebung ist, die das Wachstum hervorruft, anregt, erregt. Also die lamarckistische Betonung des Milieus, der Umgebung. Zweitens, dass diese Umgebung als morphogenetisch-elektromagnetisches Feld «klingt»: dass es also eine Verbindung von Klang/Wort und Physik und Biologie gibt, nicht auf einer metaphorischen, sondern einer materiellen Ebene. Die «Erweckung des Wortes» (Šklovskij) ist Erweckung der Materie.

Was aber besagt das alles über «das Wort als solches»? Heidegger schrieb einmal schlicht: «Worte wachsen nicht». Das ist: Sie kommen nicht aus der Evolution, sondern sind geschichtlich, ja, begründen allererst die Geschichte als solche in Differenz zur Evolution.

Mandelstams zweite Antwort – sie muss schon darum weitergehen und lautet: «Wir alle sind, ohne es selber zu ahnen, Träger einer riesigen embryologischen Erfahrung: Der Prozeß der Erinnerung (...) ist doch dem Phänomen des Wachstums erstaunlich ähnlich. Hier wie dort entwickelt sich der Sproß, der Keim – Andeutung eines Gesichtszugs oder halbe Eigenschaft, Halbklang, Endung eines Namens, etwas Lippen- oder Gaumenlaut, Zuckererbse auf der Zunge – nicht aus sich selbst, sondern antwortet lediglich auf eine Einladung, dehnt sich nur entgegen, rechtfertigt eine Erwartung.»²¹

Auf die physikalische Biologie nach Gurvič/Termen antwortet Mandelstam also mit dem Dispositiv der Antwort selbst oder der

Antwortfähigkeit. Und das führt in die Tiefen des lamarckistischen Bilds von der Natur. Die Umgebung, jene *milieux* oder Medien, um die sich bei Lamarck alles dreht, diese Umgebung lade «den Organismus lediglich zum Wachstum ein»²¹. Sie fordere ihn heraus, wie ein Dirigent das Orchester. «Die Umgebung ist für den Organismus – einladende Kraft. Nicht so sehr Hülle als vielmehr Herausforderung.»

Mandelstams dritte Antwort – sie liegt nicht mehr auf der Reise nach Armenien. Aus Sich-entgegen-Dehnen, aus Halbklang, Endung, Gaumenlaut entsteht im Sommer 1933 eine Art dichtungstheoretisches Manifest Mandelstams: elf kleine Achtzeiler.²² Sie wären als genaues Gegenstück zur Konstellation von Stein, architektonischer Wölbung und Dichtung des akmeistischen Manifests von 1913 zu lesen und zwar *nach* dem Durchgang durch die biologische Konstellation (von der hier nur erste, grobe Striche angedeutet werden konnten).

Jede Zeile dieses Manifests ist eine morphogenetische Rekursion des Gedichts auf das Gedicht selbst. Sie geht durch Wölbungen, durch Blätter, gezackte oder glatte, durch Kuppeln, Bögen, Biegungen, durch «den inneren Überfluß des Raums», durch Geometrien im Sand, durch rieselnden Sand und Rauschen gegen Linien und Kuppeln, durch Stabilität und Instabilität von Mikado-Stäben (das ist: deren russischer Abart mit dem Namen *birjulki*). Diese Rekursion erfüllt sich schließlich in der Bewegung einer dreifach transformierten Wölbung: der architektonischen, gebauten, der Schwerkraft unterworfenen Wölbung von Der-Stein/Das-Wort; der Wölbung von aufgehenden Broten, Hutpilzen und wachsenden Kresseblättern; schließlich aber jener Wölbung, mit der seit den Griechen die Dichtung selbst anhebt, der Wölbung des gespannten Bogens, der gespannten Saite. Mit ihr käme jene große Bewegung zu sich, die seit dem griechischen Epos und der griechischen Lyrik nicht aufhört, stattzufinden²³: Überwindung der Architektur durch das klingende Wort.

«Wenn der Augenblick naht
Und plötzlich die Bogenspannung
Aufklingt in meinem Gemurmel.»

- 1 Ossip Emiljewitsch Mandelstam, *Der Morgen des Akmeismus* (1913), in: Ders., *Über den Gesprächspartner. Gesammelte Essays 1913–1924*, hg. und übersetzt von Ralph Dutli, Frankfurt/M. 1994, S. 17–22, 19.
- 2 Vgl. etwa Pawel Florenski, *Denken und Sprache*, hg. und übersetzt von Fritz Mierau, Berlin 1993.
- 3 Mandelstam, *Morgen des Akmeismus*, S. 19.
- 4 Ossip Emiljewitsch Mandelstam, François Villon (1910/1913), in: Ders., *Über den Gesprächspartner. Gesammelte Essays 1913–1924*, hg. und übersetzt von Ralph Dutli, Frankfurt/M. 1994, S. 23–33, 32.
- 5 Nach mehreren vergeblichen Versuchen, mithilfe einer mathematischen Formel im Glücksspiel zu gewinnen. (Dank an Wolfgang Pircher, Wien!)
- 6 Mandelstam, *Morgen des Akmeismus*, S. 19.
- 7 Ebd., S. 20.
- 8 «Zentralkommission zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Schriftsteller», ZEKUBU
- 9 Von Max Brod für die Schützengräben vor Reims fast in Echtzeit ins Deutsche übersetzt. Die Übersetzung sollte Lektüren auf beiden Fronten ermöglichen, in den Gräben vor Verdun und Reims, nach dem Artilleriebeschuss der Kathedrale durch die Deutschen im September 1914; vgl. auch Mandelstams Gedicht «Reims und Köln (1914)» im Gedichtband «Der Stein» und noch «Reims und Laon (März 1937)» in den Woronescher Gedichten.
- 10 Auguste Rodin, *Les Cathédrales de France* (1914), Paris (Denoël/Gonthier) 1983, S. 137.
- 11 Ein im Russischen ebenso merkwürdiger Ausdruck wie im Deutschen: «Form-Bild-Werdung».
- 12 Aleksandr Gavrilovič Gurvič, *Die histologischen Grundlagen der Biologie*, Jena 1930, S. 3.
- 13 Der österreichische Biologe Paul Weiss aus der Biologischen Versuchsanstalt («Vivarium») im Wiener Prater wird das 1926 in seinem Buch *Morphodynamik* weiter entwickeln. Der Name Gurvič wird dort, wie auch Smirnov/Zhelochovtsev bemerken werden, äußerst stiefmütterlich behandelt, das heißt: Er kommt nur in Person eines «Frl. Nina Gurwitsch» vor, die in der Anstalt in Wien Versuche durchgeführt habe, deren Auswertung sie selbst «nicht mehr vornehmen konnte». (Gurvičs Töchter heißen Natalja (geb. 1905) und Anna (geb. 1909).)
- 14 Smirnov/Zhelochovtsev beziehen sich des Öfteren auf die Arbeiten eines Salzburger Mathematiklehrers mit einer speziellen Leidenschaft für Muschelformen (E. Sporn, *Über die Gesetzmäßigkeiten im Baue der Muschelgehäuse*, in: *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, Bd. 108, 1925, S. 228–242).
- 15 Jede auf diese Weise geschriebene Funktion ist seit Descartes auf das Koordinatensystem von x und y abbildbar. Das ist auch dann wichtig, wenn man Gurvičs Kurve auf der Matrix eines digitalen Bildschirms (auf dem jedes Pixel einen ganzzahligen x- und y-Wert hat) technisch und grafisch darstellen will oder gar ihre Entwicklung *animieren*. Dazu muss zuvor die implizite Gleichung der Konchoide ihre parametrisierte Form annehmen, also: $x = b + a \cos \phi$ und $y = b \tan \phi + a \sin \phi$.
- 16 Das etwa für die Konstruktion des Längsschnitts von Säulen auch technisch von hoher Relevanz war.
- 17 Ossip Emiljewitsch Mandelstam, *Die Reise nach Armenien*, in: Ders., *Armenien. Prosa, Notizbuch, Gedichte 1930–1933*, hg. und übersetzt von Ralph Dutli, Zürich 1994, S. 5–57, 20. Der in Moskau weithin berühmte Wiener Biologe Paul Kammerer, der 1925 auf eine (nie angetretene) Professur an die Moskauer Universität berufen wird, bewegte sich in Moskau im Kreis eben dieser Biologen um Kusun und Smirnov. Das verraten nicht zuletzt die Adressaten seines Abschiedsbriefs.
- 18 Ossip Emiljewitsch Mandelstam, *Brief an Marietta Schaginjan vom 5.4.1933*, in: Ders., *Armenien. Armenien*, S. 141–143, 142f.
- 19 Marietta Schaginjan (Stalinpreisträgerin), *Das Wasserkraftwerk. Roman* (übersetzt von Alexander Böltz), Berlin 1952, vgl. etwa S. 282–285.
- 20 Vor allem bei den Beach Boys: «Good Vibrations» (Refrain), aber auch bei Led Zeppelin: «Whole Lotta Love» oder in ihrem Film *The Song Remains The Same*, um nur drei Beispiele zu nennen.
- 21 Mandelstam, *Reise nach Armenien*, S. 29.
- 22 Ebd., S. 40.
- 23 Ossip Emiljewitsch Mandelstam, *Achtzeiler (Vos'mistichija)* (1933–1935), in: Ders., *Mitternacht in Moskau. Die Moskauer Hefte, Gedichte 1930–1934*, hg. und übersetzt von Ralph Dutli, Frankfurt/M. 1990, S. 166–187. Mit diesen Gedichten wäre einer Anthropologie der Formbildung nach Olga Sedakova die reiche Epistemologie der Formbildung an die Seite zu stellen, die auch für die Literatur Naturgeschichte, Biologie und Mathematik mit einschliesse (vgl. Olga Sedakova, *Poesie und Anthropologie*, übersetzt von Erich Klein, in: *Wespennest* Nr. 120, September 2000, S. 76–80.)
- 24 Siehe Friedrich Kittler: *Musik und Mathematik Band 1: Hellas, Teil 1: Aphrodit*, München 2006.

2_	NATUR	wespennest buch
Editorial	36_	98_
4_	Michael Donhauser	Martin Reiterer
György Konrád	Blumen anstelle von Blumen	Hergé: Tim und Struppi. Tim im Kongo
Von der Freiheit	37_	101_
12_	Ilija Trojanow	Barbara Eder
Constantin Abăluță	S 54° 16' 8 W 36° 30' 5	Christian Schulte: Vlado Kristl
Imaginäre Begebenheiten auf den	40_	103_
Straßen von Bukarest	Michail Eisenberg	Tino Schlench
14_	Übergang zur Sommerzeit. Elf Gedichte	Roland Barthes: Tagebuch der Trauer
Mikael Vogel	43_	104_
Gedichte	Sergej Kara-Mursa	Klaus Bonn
16_	Die dritte Prüfung. Über die	Robert Harrison: Gärten
Udo Kawasser	Dürrekatastrophe des Jahres 2010 in	105_
vom augenrand. Gedichte	Russland. Eine Polemik	Tobias Haberkorn
18_	48_	Robert Musil: Klagenfurter Ausgabe
Michael Hammerschmid	Ortrun Veichtlbauer	106_
Das mögliche Kind	Natur und Krieg	Erich Klein
24_	62_	Daniil Charms. Leben und Werk
Tobias Falberg/Hans-Peter Stark	Oswald Egger	
«Langfristige [] schien es nicht zu geben».	Istern	
Bild-Text-Gedichte	68_	110_
28_	Felix Philipp Ingold	AutorInnen und Anmerkungen,
Frank Westerman	Kleiner Versuch über Russlands große	Impressum
Animal Farm	Natur	
	70_	
	Felix Philipp Ingold	
	Sehstücke oder Die Natur der Natur	
	73_	
	Peter Berz	
	Versuch über die Wölbung. Eine Rede	
	80_	
	Franz Josef Czernin	
	Natur, Gedichte	
	wespennest_porträt	
	Fotos: Milena Findeis	
	Igor Pomerantsew	
	84_	
	Radio – Mein Element der Freiheit	
	86_	
	KGB und andere Gedichte	
	91_	
	Czernowitz. Erinnerungen eines	
	Ertrunkenen	



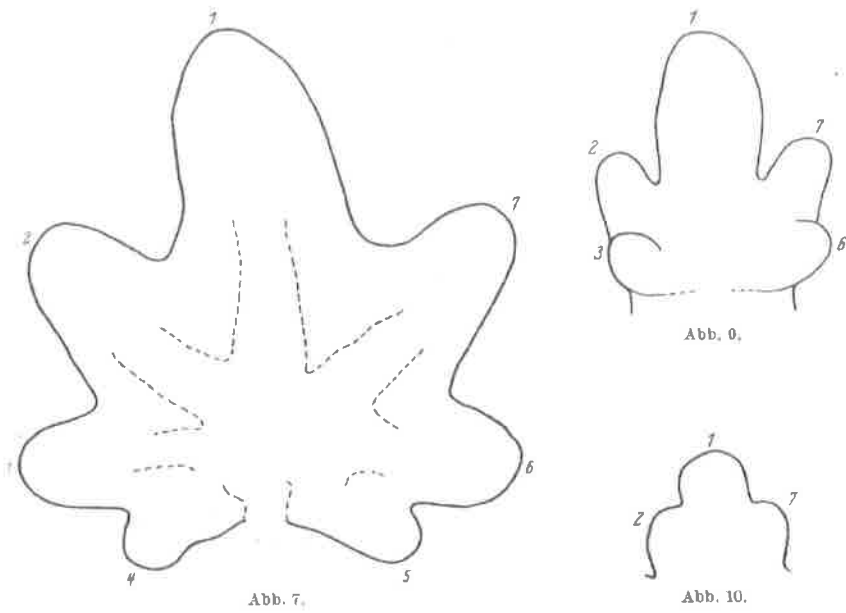


Abb. 7.

Abb. 9.

Abb. 10.

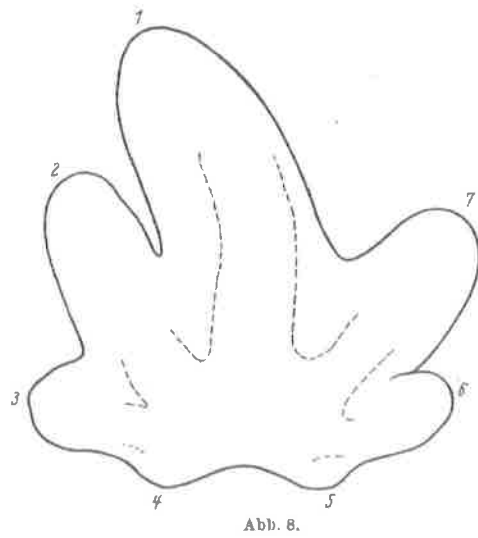
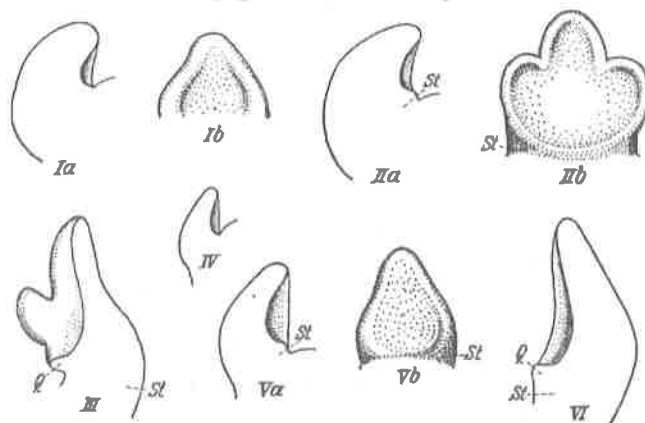


Abb. 8.



5. Blattentwicklung von *Tropaeolum majus* (I-III) und *Stephania hernandifolia* (IV-VI).
Nähere Erklärung im Text.

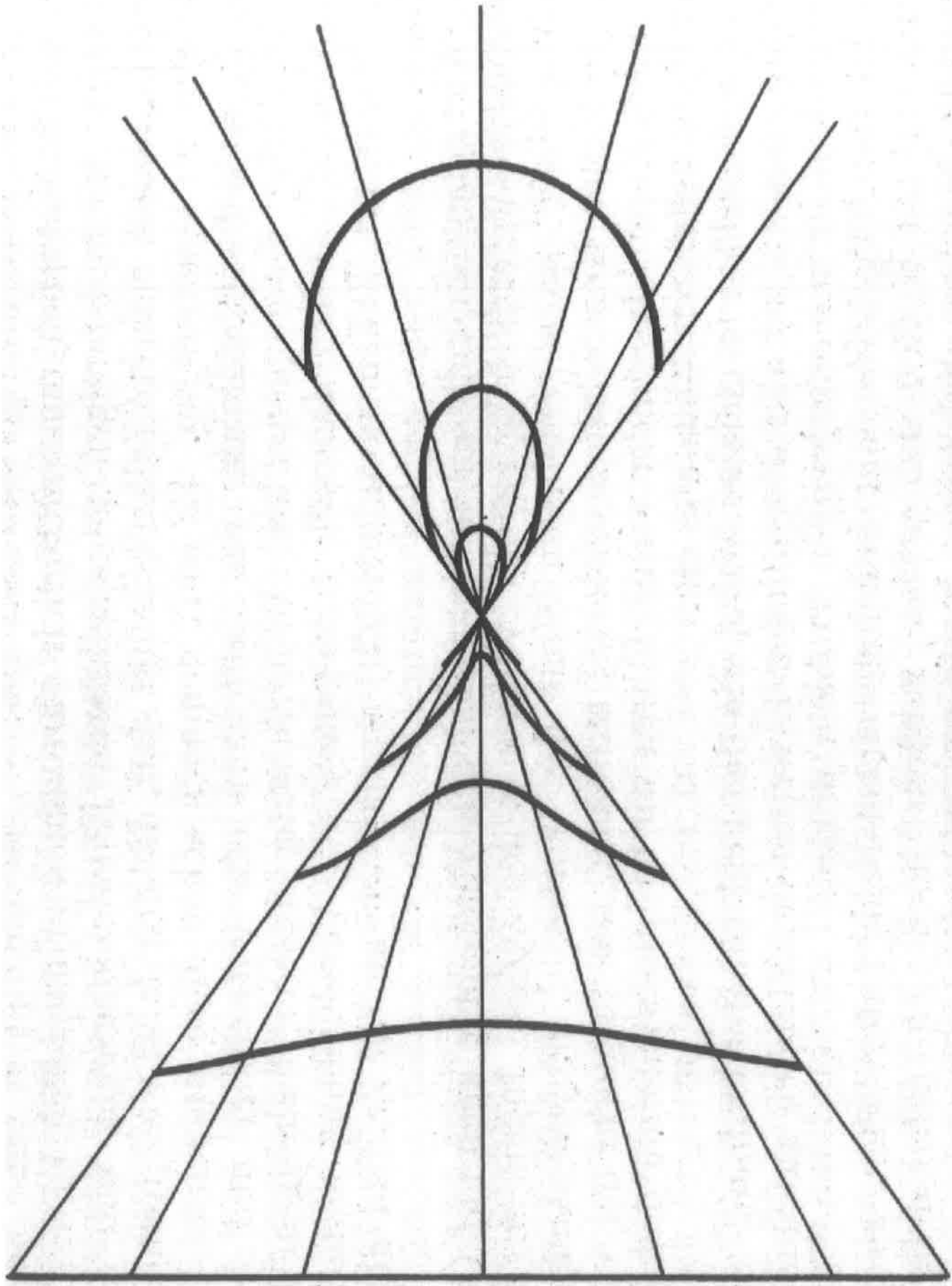


Fig. 145. Formevolution einer Geraden (links in der Figur), deren Punkte gleiche Wegstrecken den Radienvektoren entlang zurücklegen, die sich in einem gemeinsamen Punkte schneiden (sogenannte Konchoide).

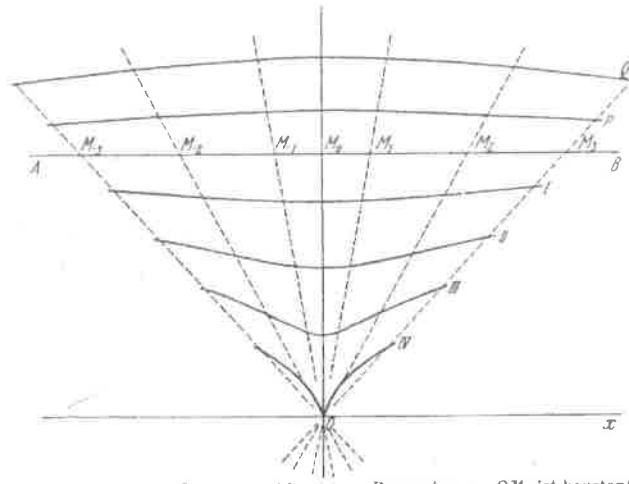


Abb. 5. Konchoidenschar vom Typus $r = a/\sin \varphi - b$. Parameter $a = OM_0$ ist konstant, b variiert. Bei Kurven I–IV ist $b > 0$, bei P und Q $b < 0$. Konchoide IV hat in O eine Spitze.

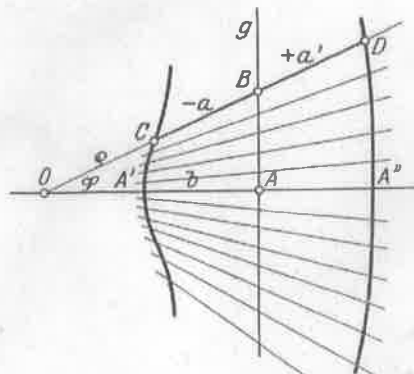


Abb. 1. Die Konchoide als Muschellinie $x = b - a = a' = CB = BD$. B = Schnittpunkt der Polarkoordinate mit der Leitlinie. Die Leitlinie eine Gerade. OC und OD Polarkoordinaten zu den Punkten C und D . $\cos \varphi = \frac{OA}{OB} = \frac{b}{OB}$; OB daher $\frac{b}{\cos \varphi}$

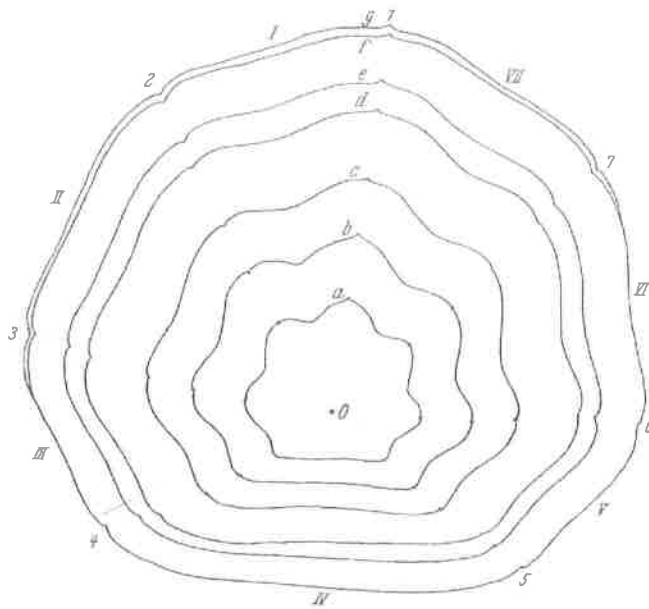


Abb. 3. Konturen der aufeinanderfolgenden Altersstadien des Blattes der Kontrollserie, nach Photographien, $\times 1,67$. Die innere Kontur entspricht der Abb. 1, die äußere der Abb. 2. Die Ziffern 1–7 gehören den Gipfeln (auch den ganzen Lappen und entsprechenden Radialnerven) an, I–VII den Einkerbungen (gleichzeitig auch den ganzen Sektoren). Diese Bezeichnungen bleiben auch auf den folgenden Abbildungen dieselben.

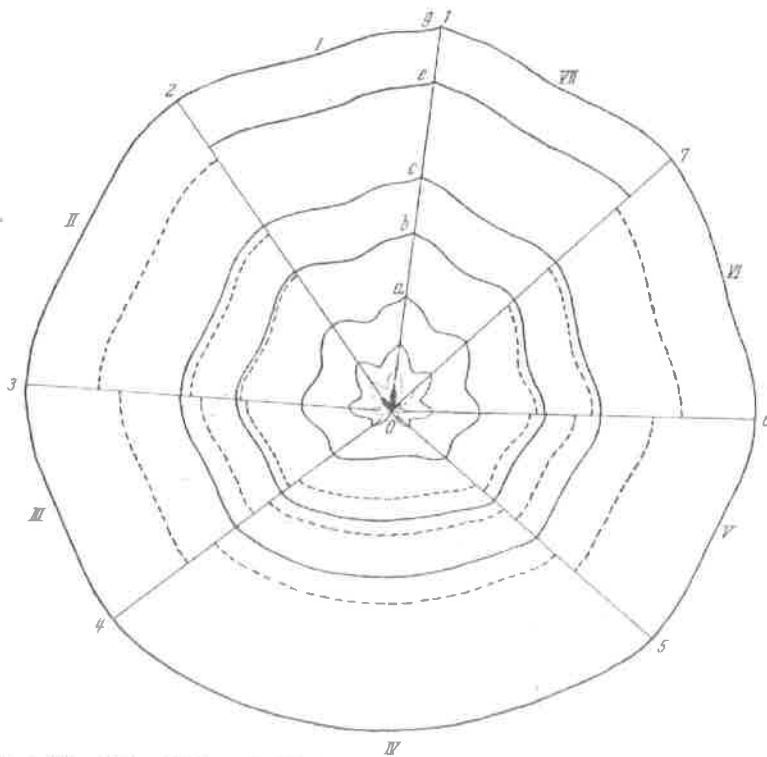


Abb. 6. Theoretische Ableitung der Blattkonturen verschiedenen Alters auf Grund eines faktischen Umrisses (a) des jungen Blattes, nach dem Gesetze der Konchoide ausgeführt (Kontrollreihe). Die nach außen vom Ausgangsumriss liegenden Konturen sind unter der Annahme einer gleichen radialen Wachstumsgeschwindigkeit sämtlicher Punkte der Peripherie aufgestellt (ununterbrochene Linien; die Strichlinien unter der Annahme einer innerhalb eines Sektors konstanten Geschwindigkeit). Innerhalb des Umrisses a liegen drei Konturen, welche sich unter der Annahme einer zentripetalen und dabei für sämtliche Punkte des Umrisses gleichschnellen Bewegung ergeben; die zweite von ihnen (punktirt) ist fünfrippig, die innerste (geschwärzt) dreilappig. Die Radialen sind durch die Spitzen der Kontur a gezogen.

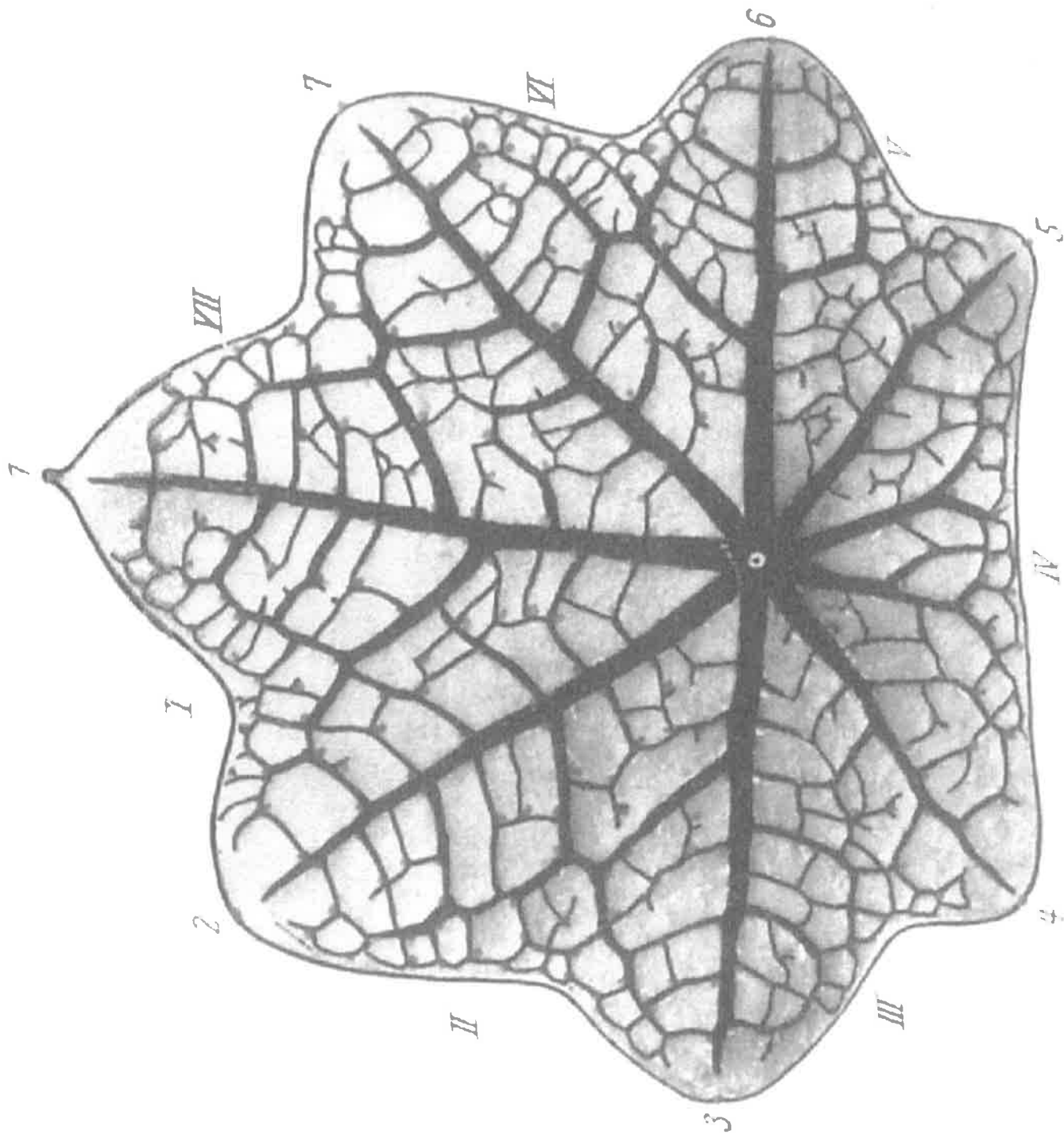


Abb. 1. Ein junges Blatt der Kontrollserie, $\times 7,62$. Photographie, die stärkeren Nerven geschwärtzt. Die kleinen roten Kreise markieren die Punkte, welche zur Konstruktion des Feldes der Wachstumsgeschwindigkeit dienten (Abb. 20).

