Sammlungen von Objekten und Daten können erfahrungsgemäß Strukturen von hoher Komplexität ausbilden. In Bibliotheken manifestiert sich die Komplexität von Sammlungen z. B. in diversen Ordnungsvarianten und in Aufstellungsszenarien des Sammlungsguts in Räumen. Die Objektgruppen erscheinen hierbei teils streng systematisch, teils zufallsbestimmt und lückenhaft geordnet, teils auch in Mustern, die den Übergang von Ordnung zu Unordnung markieren. Für die Formen der Komplexität von Sammlungen gibt es bislang kein Maß. Mit dem Konzept des Fraktalen hat Benoit B. Mandelbrot die Qualität der »roughness« mathematischer, natürlicher und artifizieller Phänomene beschrieben. Es geht dabei um rekursive Prozesse und selbstähnliche Strukturen, die in so unterschiedlichen Bereichen wie Verästelungen von Bäumen, Metallbruchstellen, Siedlungsformen und textilen Designstudien, musikalischen Tonfolgen und Kursverläufen von Aktien und Währungen auftreten. Auch Sammlungen kann das Merkmal der »roughness« zugeschrieben und als Ausdruck der Komplexität verstanden und gemessen werden.

As is known, collections of objects and data can form highly complex structures. In libraries, the complexity of collections can manifest itself in different arrangement methods and collection display scenarios in the rooms. Some such groups of objects are ordered according to a strict system, some are randomly and incompletely ordered, some are ordered in patterns that mark a transition from order to disorder. At present, there is no method for measuring the forms of complexity of collections. Benoit B. Mandelbrot made use of the concept of the fractal to describe the »roughness« of mathematical, natural and artificial phenomena. This concept describes recursive processes and self-similar structures that occur in such diverse phenomena as tree ramifications, metal fractures, settlement forms, textile design studies, musical note sequences and the price movements of stocks and currencies. Collections, too, can be attributed the characteristic of »roughness« and be understood and measured as an expression of complexity.

JÜRGEN WEBER

Sammlungen enthalten kleine Kopien ihrer selbst

Symmetrien und fraktalähnliche Muster im Sammelprozess

»What have we here? A new tool to measure, not how long, heavy, hot, or loud something is, but how convoluted and irregular it is. It provides science with its first yardstick for roughness.«[1]

Einleitung: Selbstähnlichkeit

Abbildungen von Bibliotheken begegnen uns in unterschiedlichen Medienformaten: als Kalenderedition, als Bildband, in Form von Frontispizen historischer Drucke, auf Postkarten und Imagebroschüren. Gleichgültig ob ein historischer oder moderner Bibliothekssaal, ein Kompaktmagazin oder auch das Arrangement von Bücherregalen in häuslicher Umgebung unsere Aufmerksamkeit weckt, in den meisten Fällen erscheinen die Büchersammlungen homogen in großen Bildbereichen, aber inhomogen in kleinen, detailreichen Bildbereichen.

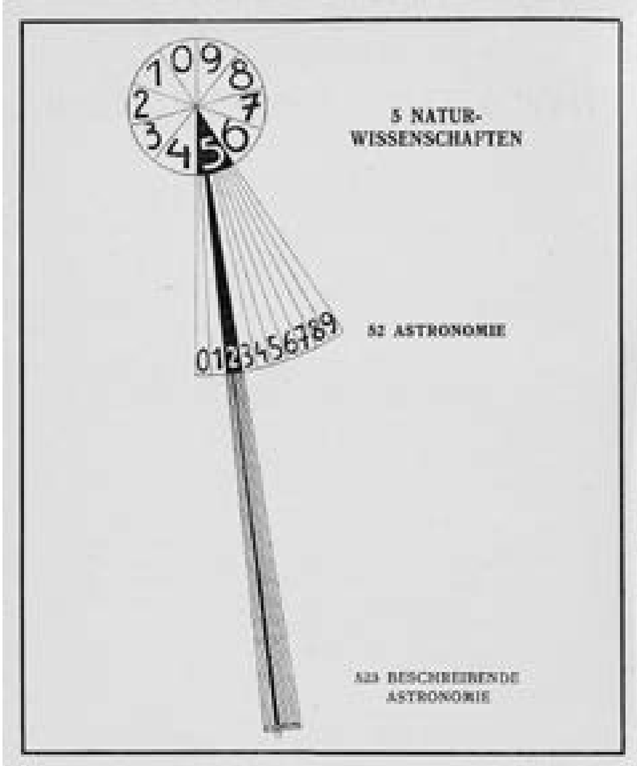
Bei näherem Hinsehen sind es die *Symmetrien* der Eigenschaften, an denen wir die Homogenität der im Raum platzierten Sammlungen festmachen können, z. B. an der Symmetrie der Regalanordnung und dem Arrangement von Globen, Büsten und Vitrinen im Raum. In ihren ausgeprägten hierarchie-, gitter- oder netzartigen Strukturen deuten Symmetrien zugleich auf ein hohes Maß an Diversität und Komplexität angewandter Ordnungsmuster.

Symmetrien sind häufig Indikatoren für Komplexität. Wodurch sich die uns oft vertraut erscheinenden Strukturen im Detail auszeichnen, ist nicht immer leicht zu benennen, um es für die Sammlungserschließung zu nutzen. Ein einfaches Beispiel hierfür ist das Gliederungsschema der Dewey Dezimalklassifikation (Abb. 1), deren Abteilungen und Unterabteilungen mit weiteren Gliederungsstufen der Unterordnung – immer nach dem Schema des Dezimalzahlensystems – Wissensgebiete abbilden. Ein anderes Beispiel ist die Ordnung der Bücher auf Regalen in der Kombination einer klassifikatorischen Aufstellung oder der nummerischen Zugangsfolge mit den Formatgrößen der Bücher. Das entspricht einem gängigen bibliothekarischen Prinzip der Ökonomie bei der »Packung« von Regalen, bei dem sich symmetrische Konfigurationen von Merkmalen einer Sammlung über die verschiedenen Formatgrößen hinweg wiederholen. Auch wenn sich mit den Formaten die Proportionen ändern, bleibt die Symmetrie bestimmter Eigenschaften von einer zur nächsten Objektgruppe unverändert.

Für Benoit B. Mandelbrot sind Symmetrien eine Art Ankerpunkt, um in unübersichtlich wirkenden Konfigurationen ordnende Faktoren sichtbar zu machen: »The fastest way to simplify things is to spot the symmetries, or invariances – the fundamental properties that do not change from one object under study to another.«[2] Objekte mit symmetrischen Strukturen gelten als selbstähnlich, wenn sie über verschiedene Vergrößerungs- oder Verkleinerungsstufen hinweg zwar die Größe, aber nicht die Form verändern. Man sagt dann, dass Teile der Struktur eines Objekts jeweils Kopien des Ganzen enthalten. Wie wir bei der Packung der Regale an dem Gefüge aus Formatgrößen und klassifikatorischer oder Zugangsfolge der Bücher sehen, lässt sich die Ordnung der Bücher auch als Hierarchie selbstähnlicher Komponenten eines Systems verstehen. Strukturen mit Eigenschaften diesen Zuschnitts bezeichnet Mandelbrot als fraktal: »A fractal has a special kind of invariance or symmetry that relates a whole to its parts: The whole can be broken into smaller parts, each an echo of the whole.«[3]

Die für viele fraktale Strukturen zentrale Bestimmung der Selbstähnlichkeit scheint auf den ersten Blick zwar leicht verständlich zu sein, verlangt mathematisch aber nach zahlreichen Differenzierungen, die für die Argumentation dieses Aufsatzes nur in begrenztem Umfang entwickelt werden müssen. Ein Beispiel: Anders als mathematische Objekte erreichen natürliche Objekte und Artefakte den Grad exakter Selbstähnlichkeit nicht. Zur Plausibilisierung dieses Sachverhalts wird in populären Darstellungen der fraktalen Geometrie gern auf selbstähnliche Muster verwiesen, die bestimmte Gemüse, wie Brokkoli und Blumenkohl, zeigen. Deren Blütenstände setzen sich aus kleineren Blütenständen zusammen, die noch kleinere Blütenstände enthalten, doch lässt sich die Verkleinerung, leicht nachvollziehbar, nicht unbegrenzt ins Unendliche fortsetzen.[4] Auch bekannte Kunstwerke, wie Salvador Dalís *The Visage of War* (1940) – ein Totenschädel, dessen Augenhöhlen und Mundöffnung jeweils kleinere Totenschädel derselben Art enthalten – weisen zwar fraktale Muster auf, deren Fortführung ins Unendliche jedoch nur angedeutet werden kann.[5] Man sagt dann, dass solche Objekte im Unterschied zu exakt selbstähnlichen geometrischen Figuren nicht in genaue Kopien des Ganzen in unendlicher Folge zerlegt werden können, und spricht stattdessen von ermäßigter Selbstähnlichkeit, deren Komplexität noch einmal gesteigert ist.[6]

In dem Lehrbuch *Fraktale Geometrie* (2000) machen Herbert Zeitler und Dušan Pagon daher den Vorschlag, bei physischen Objekten in Abgrenzung von mathematischen Fraktalen von *fraktalähnlichen Gebilden* zu sprechen, deren Struktur *durch Simulation eines Fraktals* gefunden wird.[7] In dieser Bedeutung wird der Begriff fraktaler, genauer: fraktalähnlicher Strukturen im Folgenden zur Charakterisierung von Sammlungen als Artefakten gebraucht.



1 Das Gliederungsschema der Dewey Dezimalklassifikation ist nach dem metrischen Dezimalzahlensystem aufgebaut. Die symmetrisch angelegte Baumstruktur in Form einer Kaskade bildet die Selbstähnlichkeit des Systems ab, die auch für viele fraktale Strukturen kennzeichnend ist. Grafik aus: Karl Wilhelm Bührer und Adolf Saager: *Die Welt-Registratur. Das Melvil-Deweysche Dezimal-System.* München 1912, S. 4
Foto: KSW/HAAB D4 : 165b8

Im Vergleich zur Reichweite, die Interpretationen auf der Grundlage der fraktalen Geometrie im Hinblick auf die Strukturanalyse komplexer Objekte und Prozesse abdecken, erscheint die klassische Geometrie eher als ein Spezialfall von idealisierten Objekten wie Strecken, Rechtecken und Kugeln. Mandelbrot hat diese Differenz der Geometriekonzepte und ihrer Objektbereiche durch das Gegensatzpaar »rough« und »smooth«, »rau« und »glatt« zu charakterisieren versucht. Mandelbrot verweist auf die – mathematikhistorisch gesehen – »anarchischen Auswüchse« einer Vorgeschichte der fraktalen Geometrie in den Jahren 1875 bis 1925 mit ausgefallenen Versuchen, grundlegende Begriffe zeitgenössischer Mathematik zu Ende zu denken: »fantasies, deliberately contrived to point out some logical inconsistencies in mainstream mathematics.«[8] Diese Versuche haben paradoxe Gebilde (mit kuriosen Namen wie »Cantor-Staub«, »Sierpinski-Teppich« und »Menger-Schwamm«) hervorgebracht, die von den Zeitgenossen oft nur als Provokation oder als abnorm eingeordnet werden konnten.[9] Aus der Sicht Mandelbrots ist die fraktale Geometrie daher auch gegen diese Abwehr von Phänomenen des Fragmentierten, Komplexen, Irregulären, kurz: des Rauen gerichtet, deren Evidenz durch unsere Alltagserfahrung bestätigt wird. Mandelbrot leitet seine Autobiografie (2012) denn auch mit einer Beschreibung der Rauheit ein: »Nearly all common patterns in nature are rough. They have aspects that are exquisitely irregular and fragmented – not merely more elaborate than the marvelous ancient geometry of Euclid but of massively greater complexity.«[10] Kennzeichnend für solche rauen Eigenschaften ist, dass sie unter Vergrößerung wider Erwarten nicht einfacher oder glatt werden, sondern ihre Komplexität beibehalten und sich im Sinne ermäßigter Selbstähnlichkeit mehr oder weniger wie kleine Kopien des Ganzen verhalten.

Der Begriff »fraktal« wurde 1975 geprägt (zuvor wurde vereinzelt von »fractional« gesprochen). Mandelbrot nennt sein bekanntestes Buch, *Die fraktale Geometrie der Natur* (englisch zuerst 1977, deutsch 1987), einen »›essay‹ combining a fractal manifesto and a casebook«[11] und steckt damit die Reichweite der Publikation ab: Programm und Beispielsammlung. In der Fachliteratur wird daher auch immer wieder auf den experimentellen Charakter der Theorie hingewiesen, deren Anwendungsperspektiven heute auf technischem und medizinischem Gebiet, in der Kunst und den Kultur- und Naturwissenschaften gesehen werden.

Mandelbrot betont, dass die begonnene Ausformulierung der fraktalen Theorie anwendungsorientiert angelegt sei und von dem frühen Einsatz der Computertechnologie bei der Auswertung und später auch grafischen Darstellung großer Datenmengen profitiere. Daher hat Mandelbrot neben seiner akademischen Lehrtätigkeit seine Forschungsarbeit in technisch orientierten Umgebungen immer geschätzt. So war er Mitte der 1950er-Jahre zunächst im Laboratoire d'Électronique et Physique Appliquée von Philips France in Paris tätig, wo er bei der Entwicklung von Farbfernsehern an der Analyse von Farbspektren arbeitete, bevor er 1958–1993 als Fellow des Thomas J. Watson Research Centers in New York der Forschungsabteilung von IBM (International Business Machines) angehörte.[12]

Zu den ersten Fachbereichen, die sich mit der Theorie des Fraktalen auseinandergesetzt haben, gehörten die Wirtschaftswissenschaften. Anlass war ein Beitrag Mandelbrots in dem Themenband *The Random Character of Stock Market Prices* (1964), in dem er durch eine datenreiche Analyse der an der New Yorker Börse gehandelten US-Baumwollpreise eines Jahrhunderts auf (später fraktal genannte) Muster – Diskontinuitäten und Sprünge in Kursverläufen – gestoßen war, die nach den Standardmodellen der modernen Finanztheorie gar nicht hätten auftreten dürfen. Der Beitrag löste wiederholt tiefgreifende Debatten über die Grundlagen der Finanzmärkte aus.[13]

Bei der Untersuchung von Prozessen der Finanzmärkte und des Konsumsektors ist Mandelbrot auch auf einen Effekt gestoßen, den er als »long-memory process« großer zeitlicher oder räumlicher Distanzen bezeichnet. Stark vereinfacht besagt dieser Effekt, dass bestimmte Muster, die bei Betrachtung eines kurzen Zeit- oder Längenabschnittes zufällig erscheinen mögen, doch Abhängigkeiten und Wiederholungen aufweisen, die man erkennt, sobald man – wie in einer Projektion – einen längeren zeitlichen oder räumlichen Abschnitt in den Blick nimmt.[14] Zu zeigen, dass solche Datencluster fraktale Strukturen enthalten, dient der Komplexitätsreduktion, die man sich bei der Bestimmung fraktaler Muster auch zur Interpretation von Sammelprozessen zunutze machen kann. Das betrifft Fragestellungen des Sammlungsmanagements, etwa die Entwicklung von Budgets, Parametern der Medienauswahl, Ausstattungsmerkmalen von Bucheinbänden und Benutzungsstatistiken.

Institutionelle Sammlungen sind wie eine Mixtur aus einer unbekannten Anzahl von Faktoren, die das Sammlungsprofil prägen. Gelegenheitskäufe, Motive der Sammelleidenschaft, Zugänge unbekannter Provenienz, Medientausch, kalkulierte Verkäufe und unkontrollierte Verluste durch Diebstahl lassen das Sammlungsmanagement oft unübersichtlich erscheinen. Es ist daher gut vorstellbar, dass man – wie dies z. B. in der Provenienzforschung der Fall ist – bei der Analyse von Überlieferungssträngen auch auf Phänomene stößt, die mit ordnenden Strukturen eines »long-memory process« in Verbindung gebracht werden können. So werden sammlungsidentifizierende Merkmale auch in zerstreuten Teilsammlungen eine Zeitlang unerkannt überliefert und treten in veränderten Kontexten großer zeitlicher oder räumlicher Distanzen wieder zutage. Das können fragmentarisch überlieferte Evidenzen älterer Signatursysteme und andere Gebrauchsspuren einer Sammlung sein, die ein typisches Muster erkennen lassen und heute voneinander getrennte Teilsammlungen als früher zusammengehörig ausweisen.

Die Leitfrage dieses Aufsatzes, wie sich Komplexität von Sammlungen beschreiben und messen lässt, zielt auf Genese und Erscheinungsformen von komplexen Strukturen *in einer Sammlung* (intra) und auf Beziehungen *zwischen Sammlungen* (inter). Als ein Beispiel wird die Anordnung von Sammlungen im Raum in ihren augenfälligen morphologischen Ausprägungen nach Form und Funktion des Weimarer Rokokosaales untersucht. Die Interpretation macht fraktalähnliche Musterbildungen des Sammlungsdesigns sichtbar, die – so die einschlägige Messgröße – jeweils als *Dimension der Sammlung* bestimmt werden können. Der experimentelle Interpretationsansatz hat keine historische Rekonstruktion zum Ziel, sondern bietet auf der Basis geometrischer Modellbildung ein Hilfsmittel zur Strukturanalyse von Sammlungen an, die nach dem vorgeschlagenen Format auf weitere Experimentierfelder des Sammlungsmanagements übertragbar sein soll.

Symmetrien in Sammlungen

Für die Konzeption des Sammlungsdesigns, d. h. des Designs der räumlichen Anordnung und der Binnenstruktur von Sammlungen, sind Symmetrien von fundamentaler Bedeutung. Durch Erschließungsleistungen, z. B. die Klassifizierung der Objekte nach einem Fachgebiet, entwerfen wir Sammlungen in Form von Systemen. Die Komponenten solcher Systeme stehen untereinander in Beziehung, etwa durch ihre Über-, Unter- und Beiordnung oder auch durch ihre Entgegensetzung. Die Strukturen der Systeme und Subsysteme, die das Beziehungsgefüge der Komponenten bilden, können in Form von symmetrisch konstruierten Hierarchien räumlich abgebildet werden.

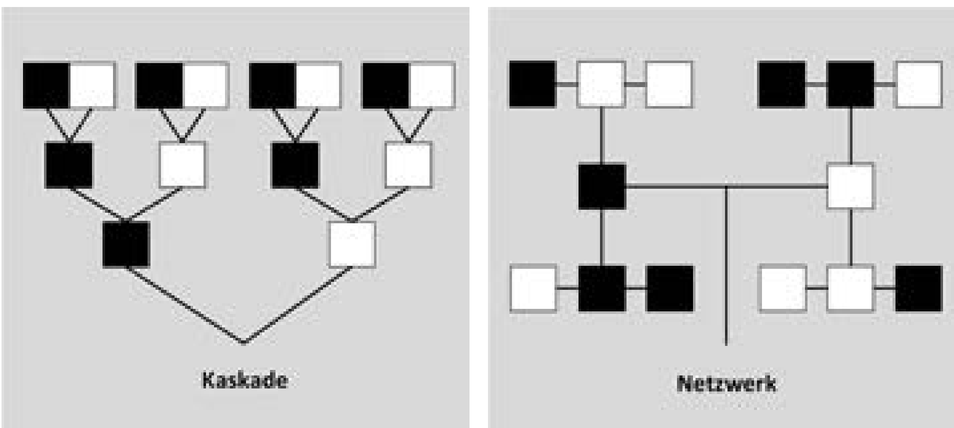
Baumstrukturen mit sich verzweigenden Ästen, wie z. B. die Dewey Dezimalklassifikation, gehören zu den bekannteren Grundmustern solcher hierarchischen Gefüge. In ihrer Einfachheit und erst recht in ihrer Fortentwicklung als Gitterstrukturen sind sie dennoch variantenreich und können ganz unterschiedliche Grade von Komplexität annehmen. Verfahren der Design- und Entwurfstheorie, die eine wichtige Schnittstelle für Anwendungen fraktaler Interpretation auf Artefakte in Kulturwissenschaften, Soziologie, Architektur und Kunst sind, können zur Strukturanalyse solcher Gefüge herangezogen werden.

Beispielhaft führen dies die Geographen Michael Batty und Paul Longley in ihrer Studie *Fractal Cities. A Geometry of Form and Function* (1994) vor. Sie können durch ihre Profilanalysen urbaner Infrastrukturen zeigen, dass mit zunehmender Komplexität der jahrelangen Nutzung städtischer Räume sich fraktale Muster ausbilden. Das gilt sowohl für Stadtkerne, die schachbrettartig am Reißbrett entworfen scheinen, als auch für Städtegründungen, deren Anlage keine strikte Planung (mehr) erkennen lässt.[15]

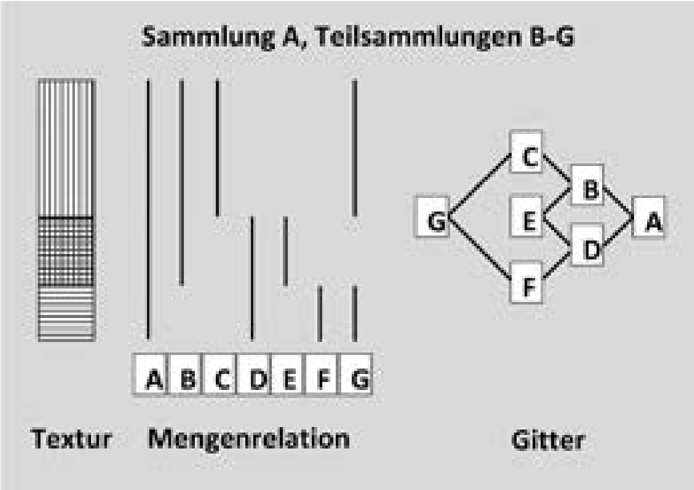
Plausibel wird dies durch die propädeutischen Überlegungen, mit denen Batty und Longley die Baumstruktur und die Komponenten eines hierarchischen Gefüges in einen Entdeckungszusammenhang mit fraktalen Mustern bringen: »Various decompositions of the system into sets of elements define subsystems which it may be possible to associate with, and arrange into, a distinct hierarchy. The various elements, and aggregations thereof into subsystems, may reflect the same form but at different system levels of the hierarchy, and if this conception of organizing the system this way is spatial in any sense, these subassemblies may be *replications of the same form at different scales*.«[16]

Batty und Longley machen in ihrer Argumentation Gebrauch von zwei elementaren Methodenbegriffen, »decomposition« und »spatial layout«, die zur Interpretation von Designaufgaben und zur Beschreibung eines Artefakts (das ist das Ziel von Design) angewandt werden.[17] Das analytische Verfahren der Dekomposition hat das Ziel, implizite Attribute eines Designprozesses oder eines Objektes ausfindig zu machen und nutzt für deren Darstellung bevorzugt Baumdiagramme. Das Hilfsmittel des »spatial layout« hat exploratorische Funktion und unterstützt die Modellierung des Artefakts nach Maßgabe der Dekomposition, z. B. durch die Konstruktion der Formen, die benachbarte oder aufeinander verweisende Komponenten einer Hierarchie bilden können. Die Methoden dienen dazu, eine Abstraktionsebene als Basis für Strukturanalysen herzustellen. Als Beispiel soll eine hierarchische Struktur in zwei symmetrischen Varianten als Baumdiagramm und als Netzwerk vorgestellt werden.

Abbildung 2 zeigt ein Baumdiagramm, auch Kaskade genannt, mit zwei und vier Verzweigungen der Komponenten mit disjunktiver Struktur sowie ein Netzwerk, das gleichwohl hierarchisch angelegt ist und eine andere



2 Hierarchie mit Baumdiagramm als Kaskade und als Netzwerk (H-Baum oder H-Fraktal, Ausschnitt) mit der gleichen Verteilung schwarzer und weißer Boxen: Die Figuren zeigen, dass nach wenigen Verzweigungen aus einer einfachen Bildungsregel (links: schwarze Box; rechts: weiße Box) ein komplexes Muster hervorgehen kann
Grafik: Jürgen Weber



3 Dekomposition einer Sammlung mit polyzentrischer Struktur: Die Teile der Sammlung und ihre Relationen untereinander werden in Form von Textur, Mengen und Gitter dargestellt, z. B. als Vereinigung (A), Schnitt (E) und symmetrische Differenz (G). Das Gitter baut auf der Kaskadenform disjunktiver Relationen in Abb. 2 auf und fügt weitere Relationen hinzu: (B), (D), die in (E) überlappen, sind Komponenten von (A); (C), (E) sind Komponenten von (B); (E), (F) sind Komponenten von (D); (C), (F) markieren die symmetrische Differenz (G)
Grafik: Jürgen Weber

Ansicht der Kaskade darstellt.[18] Die schwarzen und weißen Boxen sind nach einer sehr einfachen Bildungsregel (links: schwarze Box; rechts: weiße Box) symmetrisch verteilt, gewinnen jedoch mit fortschreitender Verzweigung rasch an Komplexität. Das Netzwerk mit seinen H- oder Y-förmigen Verzweigungen stellt zugleich die Grundform des H-Baums oder H-Fraktals dar, dessen Verzweigungen als verkleinerte Kopien seiner selbst in unendlicher Folge verschachtelt vorgestellt werden können.[19]

Batty und Longley beziehen sich bei ihrer Analyse der Baumstrukturen auf Arbeiten von Christopher Alexander, der in einem vielzitierten Aufsatz *A City is Not a Tree* (1965) Baumdiagramme näher untersucht und durch ein Schema mit gitterartigen Strukturen ergänzt hat.[20] Anlass für die Auseinandersetzung mit diesen Darstellungsformen waren architekturkritische Untersuchungen zu städtebaulichen Nutzungskonzepten und ihren formalen Repräsentationen. Einrichtungen, wie z. B. Schulen und Sportplätze, die eine gemeinsame Nutzung durch Personen aus verschiedenen Nachbarschaften und Stadtvierteln vorsahen, zeigten eine Überlappung von Bewegungsbildern, deren Komplexität und Diversität mit der Form von Baumdiagrammen nicht mehr adäquat wiedergegeben werden können.

Die Verfahren der Dekomposition und der zeichnerischen Darstellung der Komponenten sind Hilfsmittel, die *Komplexität artifizieller Systeme* zu beschreiben. Auf dieser Abstraktionsebene wird die Art und Weise, wie die Verschränkung und Verschachtelung der Hierarchien urbaner Infrastrukturen zu denken sind, mit dem Aufgabengebiet der Erschließung von Sammlungen als hierarchischen, räumlich abbildbaren Systemen und Subsystemen vergleichbar. Abbildung 3 ist ein Diagramm, das modellhaft die Dekomposition einer Sammlung mit polyzentrischer Struktur darstellen soll. Die Relationen der Komponenten werden abstrakt in Form von Textur, Mengenrelationen und Gitter ausgedrückt. Diese Darstellungsform greift auf ein schon publiziertes Schema[21] zurück, das durch ein Gitter im Sinne Alexanders ergänzt wird. Im Unterschied zu dem Modell von Kaskade und Netzwerk können mit dem Schema der Textur auch Überlappungen dargestellt werden. Die vertikalen Striche (A)–(G) drücken mögliche, mit der Textur verbundene Mengenrelationen aus, z. B. Vereinigung (A), Schnitt (E) und symmetrische Differenz (G). Das Modell zeigt eine Überlappung von Komponenten zwischen den Sammlungspartitionen, deren Gefüge auch durch ein Gitter – als eine Weiterentwicklung der Kaskadenform – wiedergegeben werden kann.

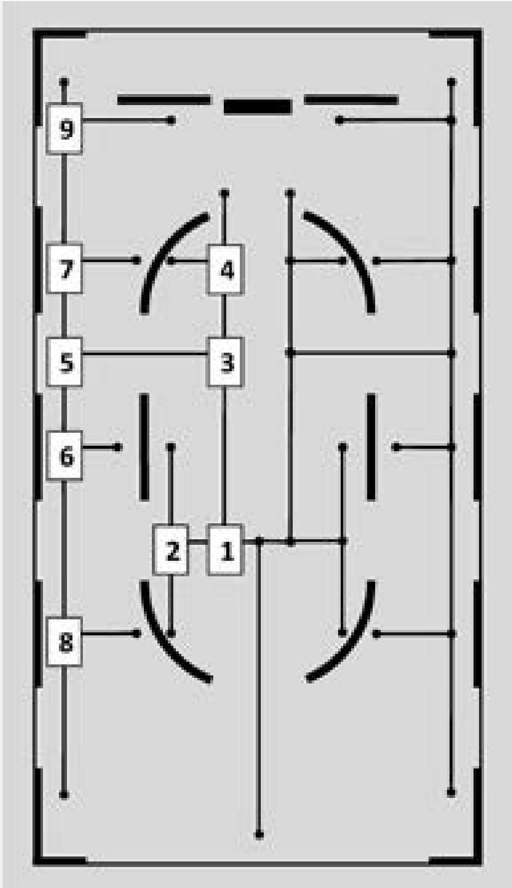
Dass Sammlungen eine polyzentrische Struktur haben, bedeutet, dass sie im Hinblick auf ihre Funktionen definiert werden, welche sie im jeweiligen institutionellen Umfeld erfüllen. Je nachdem, unter welchen Perspektiven man eine Sammlung betrachten will, können die funktional definierten Sammlungspartitionen verschiedene Teilsammlungen oder Sammlungskerne ausmachen, z. B. im Hinblick auf den Schauwert, den Vorbesitz, die Nutzungsfrequenz oder Wissensgebiete.[22]

Battys und Longleys Sicht auf hierarchische Abstraktionen (z. B. in Form einer Kaskade oder eines Netzwerkes) bildet im Folgenden den Ausgangspunkt der Strukturanalyse räumlicher Repräsentationen einer Sammlung. In den nächsten beiden Kapiteln werden an einem Aspekt der räumlichen Infrastruktur des Weimarer Rokokosaales, einem Wegegraphen zu den Repositorien, mithilfe der Simulation des H-Fraktals fraktalähnliche Strukturen aufgezeigt und berechnet.

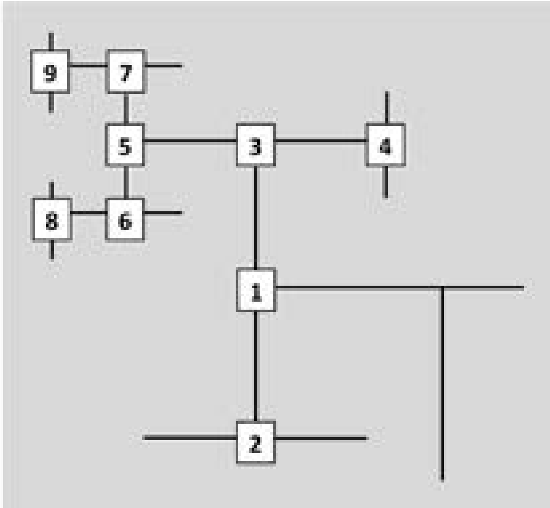
Ein Jachthafen im Rokokosaal

Als *Kulturgeschichte einer Sammlung* ist eine umfassende Publikation zur Geschichte der Herzogin Anna Amalia Bibliothek untertitelt, die im Kulturstadtjahr Weimars 1999 erschienen ist.[23] Damit wird der Sammlungsbegriff dem Buch zwar programmatisch vorangestellt, scheint aber in einer Übersicht von gut dreihundert Jahren Bibliotheksgeschichte ambivalent, ja unentschieden zu bleiben.

Diesen Eindruck vermittelt schon die Fotostrecke von 26 Schwarz-Weiß-Aufnahmen, mit der Laura Padgett den Band eröffnet. Sie porträtiert den Bibliothekssaal nicht im Weitwinkel der Totalen, wie er nach dem Brand ikonisch werden wird und die Blicke des Publikums auf das lebensgroße Porträtbild Karl Augusts, des Sohnes von Anna Amalia und Herzogs von Sachsen-



4 Stark vereinfachter Grundriss der Basis des Rokokosaales mit eingezeichnetem Wegegraph und nummerierten Verzweigungspunkten auf der linken Seite
Grafik: Jürgen Weber



5 Linke Seite des H-Fraktals (Ausschnitt) mit nummerierten Verzweigungspunkten im Vergleich mit dem Netzwerk in Abb. 2 und dem Wegegraphen in Abb. 4: Winkel und Längen der typischen H- oder Y-förmigen Verzweigungen sind variabel und in Abb. 4 an die Umfeldbedingungen angepasst
Grafik: Jürgen Weber

Weimar-Eisenach, lenkt. Im Kontrast dazu präsentiert die Fotografin ungewohnte Perspektiven auf Nischen, Erker und Schlupfwinkel unter den Treppen, zum Teil ausgestattet mit technisch unzulänglichen Vorrichtungen, die man nicht für möglich gehalten hätte. Auch Aufnahmen der durch den Brand 2004 zerstörten zweiten Galerie des Saales sind zu finden. Viele Aufnahmen betonen die Rundungen und Bögen und verleihen damit der Architektur des fassadenähnlichen Holzkonstrukts und des Regalbaus rokokotypische dynamische Züge.[24]

Auch einem Rezensenten des Buches ist dieser ungewohnte Blick auf die Sammlung und das Ambiente des 1998 zum Weltkulturerbe erhobenen Gebäudes aufgefallen. So schreibt Werner Arnold zur Fotostrecke: »[…] aus variierenden Perspektiven wird das Zentrum der Bibliothek […] beleuchtet und zugleich durch diesen konzentrierten Kunstblick seine Baufälligkeit (die angegriffenen Verschalungen mit den über sie laufenden elektrischen Leitungen) visuell erläutert. Aber auch die rechte Ordnung der Kunstwerke scheint etwas derangiert zu sein, denn manchen Porträts und Büsten sind wohl eher Verlegenheitsplätze als im Hinblick auf eine ideelle Einheit überlegte Standorte zugeordnet worden.«[25]

Die Gründe und Folgen dessen, was Arnold als Fehlen einer ideellen Einheit konstatiert, werden in dem kulturwissenschaftlich akzentuierten Beitrag von Ulrike Steierwald erkundet, der die Epoche 1758–1832 in den Blick nimmt. In diese Zeit fallen der Umzug der Bibliothek aus dem Stadtschloss in den 1760–1766 umgebauten Rokokosaal des Grünen Schlosses und die Öffnung der Bibliothek für eine Nutzung durch die Stadtgesellschaft. Bezogen auf den Zustand der Sammlungen im Saal kommt Steierwald am Ende zu dem ernüchternden Urteil: »Ein systematisches, durch die Literatur repräsentiertes Raum- und Weltbild hat es in der Weimarer Bibliothek nie gegeben.«[26]

Als einen der Gründe nennt sie die Multifunktionalität des neuen Saales. Mit der Funktion eines Schausaales verbanden sich schon früh Aufgaben als Magazin, Versammlungsraum, Gedächtnisort und Museum. Hinzu kommt, dass dessen Struktur darüber hinaus schon bald nach der Inbetriebnahme durch Verdichtungen der Regalkonstruktion überfrachtet worden ist. Es ist seltsam, dass dieser für das Publikum auf den ersten Blick aufgeräumt wirkende Saal von Beginn an konzeptionell durch eine markante Unentschlossenheit geprägt war, die eine Rekonstruktion von Vorzuständen nach Meinung Steierwalds bis heute praktisch unmöglich macht.[27]

Glücklicherweise verfügen wir über zeitgenössische Berichte über die Aufstellung der ersten Sammlungen im Rokokosaal, die nach dem Umbau des Grünen Schlosses in den Saal verlagert wurden. Aus den von Steierwald ausgewerteten Berichten geht hervor, dass die zunächst im Stadtschloss in drei Räumen nach ihren Vorbesitzern geschlossen aufgestellten Sammlungen im Umfang von 30.000 Bänden jeweils systematisch gegliedert waren. So heißt es über den Transfer der Sammlungen in den neuen Hauptsaal der Bibliothek in einem Reisebericht von 1791: »Dieses mit schöner Stuccaturarbeit und Vergoldungen ausgeschmückte Gebäude, hat drey Abtheilungen über einander; einen grossen länglichten Saal mit einem Oval in der Mitte, und zwey Stockwerken, wozu eine bequeme Treppe führt. Hier ist nun die Trennung der drey erwähnten Bibliotheken größtentheils beybehalten, und auf der rechten Seite, wenn man in den Saal tritt, die Logauische, auf der linken die Schurzfleischische, und im mittleren Oval sind die kostbarsten Werke der herzoglichen Handbibliothek aufgestellt worden.«[28] Diese Aufstellung nach Vorbesitz, Binnenklassifikationen und Formatgrößen scheint dann durch das Vorhaben aufgebrochen worden zu sein, zugunsten einer übergreifenden Systematik, die sich an den komplexen räumlichen Gegebenheiten aller drei Stockwerke orientierte, die alten Sammlungen aufzulösen. So liest Steierwald aus dem Reisebericht, »daß sich zwanzig Jahre nach dem Umzug einzelne Fachgruppen gebildet hatten, in denen die alten und neuen Erwerbungen allmählich durchmischt wurden.«[29]

Steierwald folgert daraus: »Das Ergebnis der systematischen Aufstellung im Saal zeigt jedenfalls, daß hier räumlich kein durch Texte geordnetes Weltbild suggeriert werden konnte. Zwischen den beiden Aufstellungsprinzipien der Provenienz und der fachlichen Einordnung hatte man also keine klare Entscheidung getroffen.« Auch der Versuch, dem Saal hilfsweise durch Einbände aus hellem Gebrauchspergament ein einheitliches Äußeres zu verleihen, ließ sich nicht durchhalten.[30]

Wie man an Padgetts Fotoserie gut nachvollziehen kann, wirkt wie die meisten Bibliothekssäle auch der Rokokosaal homogen in großen Bildbereichen, aber inhomogen in kleinen, detailreichen Bildbereichen. Die Disaggregation der Bücher im symmetrisch angelegten Schausaal manifestiert sich als Spreizung der Sammlungen, deren dynamische Aufstellung Steierwald als Komplexitätssteigerung beschreibt. Verstärkt wird die Spreizung durch eine Tendenz zur Fragmentierung nach Kabinetten und Sondersammlungen, dokumentiert z. B. durch einen Katalog von 1780, der eine Sammlung nach ihrem Aufstellungsort im Saal benennt, bezogen auf ein Fenster auf der Westseite der Basis des Hauptsaales: *Verzeichnis derer in dem Glasschranke des Fensters D befindlichen Handschriften, und andern raren paradoxen und Sotadischen Schriften,*[31] sowie durch »kleine Archive« in den Podesten der Porträtbüsten von Goethe, Schiller, Herder und Wieland, die den Vorhof des zentralen Herzogporträts bilden.[32] Steierwald weist auf die kommunikative Funktion der Porträtkultur mit ihren nachhaltigen rezeptionsästhetischen Wirkungen bis heute hin: »Die heutige Wirkung des Raumes resultiert nicht zuletzt aus den Blicken hunderter gemalter und skulpturierter Porträts, mit denen sich der Betrachter konfrontiert sieht.«[33]

Die Konfiguration der Sammlungen im Rokokosaal ist ein Ergebnis der Beziehungen von Ausstattung, Platzierung und Packung der Repositorien mit den temporären Schwankungen in der Anwendung der Ordnungsprinzipien nach Klassifikationen und Provenienz. Will man die Komplexität dieses Aufstellungsszenarios charakterisieren, wird nun vorgeschlagen, zunächst die Infrastruktur zu beschreiben, zu der auch die Wegeführung zu den Repositorien mit Zwischenräumen und Durchgängen gehört. Der stark vereinfachte Grundriss des Saales in Abbildung 4 zeigt die Positionierung der Repositorien an den Wänden und im inneren Oval. Dem Zugang zum Saal entgegengesetzt ist an der Stirnseite ein niedriges Sofa unter dem Porträtbild im Zentrum, von Repositorien rechts und links flankiert. Die Wegeführung zu den Sammlungspartitionen lässt sich auf der Grundfläche des Saales als linienförmiger *Wegegraph mit spiegelsymmetrischen Eigenschaften* einzeichnen. Das Grundmuster des Graphen erinnert an die in Abbildung 2 als Netzwerk bezeichnete Variante einer selbstähnlichen hierarchischen Struktur, die eine Spielart des H-Baums oder H-Fraktals (Ausschnitt) ist. Zum Vergleich sind in Abbildungen 4 und 5 markante Verzweigungspunkte des Wegegraphen und der Grundform des H-Fraktals mit Nummern versehen.

Nach Batty und Longley kommen Formationen dieses Typs in der Städteplanung dann zum Einsatz, wenn auf begrenztem und gebogen geformtem Raum Bebauung und Ausstattung verdichtet geplant werden sollen, z. B. bei der Anlage von Ankerplätzen in einem Jachthafen. Nach diesem Muster lassen sich Straßennetz, Verkehrs- und Transportwege so anlegen, dass man von A nach B gelangt, *ohne die Wege kreuzen zu müssen*. Jeder Wegezweig hat eine direkte Verbindung mit den anderen Zweigen (ohne Überlappung) und endet in einer Sackgasse.[34] Die Wegestruktur im Bibliothekssaal markiert die Sammlungen mithilfe der kleiner werdenden, netzwerkartig angeordneten Komponenten der Verzweigungen an den Kontaktstellen zu den Repositorien und vermittelt so eine Vorstellung davon, wie wir uns durch den Raum bewegen können, um zu den Sammlungspartitionen zu gelangen.

Die Box-Dimension der Sammlung

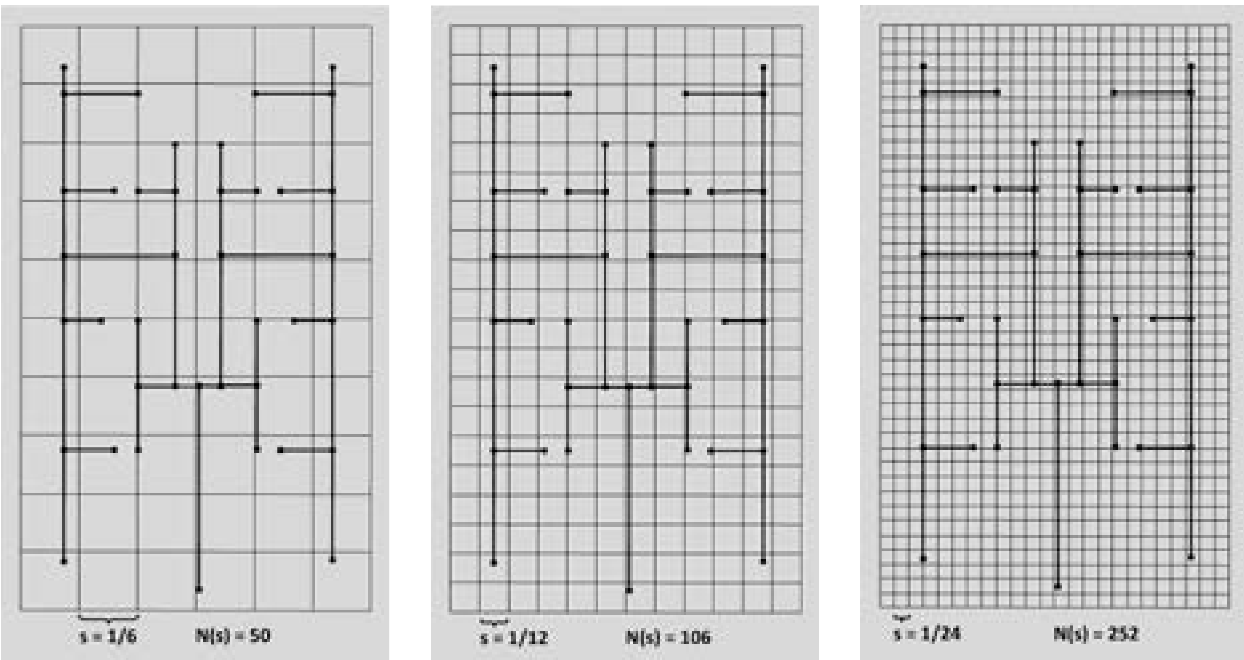
Der Wegegraph im Rokokosaal wird experimentell durch Probieren gefunden und könnte daher auch andere Formen und Winkelöffnungen annehmen. Die gewählte Form des H-Fraktals ist im Hinblick auf die Längen und Winkelöffnung der Verzweigungen variabel und kann an die Umfeldbedingungen angepasst werden. So zeigt der Vergleich von Abbildungen 4 und 5, dass das eingezeichnete Muster des H-Fraktals nur unvollständig und nicht regelmäßig entwickelt ist, zum Teil ist die Ausrichtung der Winkelöffnung um 90° verschoben. Das Muster der Verzweigungen des Wegegraphen auf der Basis des H-Fraktals könnte auch in weitere Nischen vorangetrieben werden und würde mit der wachsenden Anzahl der Verzweigungen den verfügbaren Raum in Teilen mehr und mehr füllen.

In dem geometrisch anschaulichen euklidischen Raum ist ein Würfel dreidimensional (nach Länge, Breite, Höhe) bestimmbar, eine Fläche zweidimensional (Länge, Breite), eine Strecke eindimensional (Länge), der Punkt ist dimensionslos. Mandelbrot und Hudson zufolge können wir uns in der fraktalen Geometrie den Begriff der Dimension als eine Art Maß oder Messinstrument vorstellen, dessen Messwert als Dimensionszahl angegeben wird.[35] Diese Zahl ist eine positive reelle Zahl, sodass es neben Dimensionen mit ganzzahligem Wert auch Dimensionen mit gebrochenem Wert gibt, der z.B. zwischen der ersten und zweiten Dimension, zwischen Strecke und Fläche, liegt. Man sagt dann, dass die eindimensionale linienförmige Strecke des H-Fraktals aufgrund einer wachsenden Anzahl von Verzweigungen einer zweidimensionalen Fläche nahekommt.

Zur Bestimmung der fraktalen Dimension gibt es mehrere Methoden, abhängig davon, welchen Zweck man verfolgt. Im Folgenden wird die sogenannte Box-Dimension (»box-counting method«), das für technische Anwendungen bekannteste Messverfahren, angewandt.[36] Die Box-Dimension kann für Mengen in ein-, zwei- und dreidimensionalen Räumen berechnet werden, und zwar unabhängig davon, ob die Strukturen Selbstähnlichkeit aufweisen.

Das breite Spektrum fraktaler Muster haben Michael Frame und Amelia Urry 2016 unter dem Titel *Fractal Worlds. Grown, Built, and Imagined* in einem mathematischen Kompendium für universitäre Grundkurse anschaulich aufbereitet. Das Buch gehört zu einer Reihe von didaktischen Materialien, darunter auch *Arbeitsbüchern* für den Schulunterricht, die für diesen Aufsatz ausgewertet und bei den Berechnungen fraktaler, genauer: fraktalähnlicher Sammlungsstrukturen angewendet wurden.[37]

Eine Schwierigkeit der Anwendung der fraktalen Geometrie auf den Gegenstandsbereich von Artefakten (z.B. Sammlungen) und natürlichen Objekten liegt darin, dass die für die Berechnung der Dimensions-



6–8 Wegegraph unter drei Gittern mit variabler Rastergröße s = 1/6, 1/12, 1/24 und Anzahl von Rastern N(s), die Teile der Figuren jeweils überdecken
Grafik: Jürgen Weber

zahl vorausgesetzte Existenz eines Grenzwertes einige Zusatzannahmen erforderlich macht. Frame und Urry sprechen in diesem Zusammenhang vom Unterschied »MathWorld vs. PhysicalWorld«.[38] Während wir z. B. das H-Fraktal als mathematisches Objekt aus unendlich iterierten und skalierbaren H-förmigen Verzweigungen konstruiert vorstellen, verfügen wir im Anwendungsbereich von physischen Objekten nur über eine begrenzte, endliche Bandbreite von Skalierungen, die wir auf iterative Strukturen untersuchen können.

Die Bestimmung der Dimensionszahl soll in drei Schritten entwickelt werden.[39] Zunächst wird in *Schritt 1* zeichnerisch mithilfe von Rastern (Boxen) eine relevante Datenmenge erzeugt, auf deren Basis die Box-Dimension ermittelt werden kann. Dann wird in *Schritt 2* anhand einer Skalierungshypothese und eines Potenzgesetzes eine Näherung für die Dimensionszahl plausibel gemacht. Schließlich wird in *Schritt 3* untersucht, ob in einem logarithmischen Koordinatensystem sich eine annähernd lineare Verteilung der erzeugten Datenpunkte als Näherungsgerade ergibt. Ist diese Bedingung erfüllt, kann – *Schritt 2* – die Gültigkeit des Potenzgesetzes unterstellt werden (Skalierungshypothese), und – das war Mandelbrots Einsicht – der Figur können fraktale Eigenschaften zugeschrieben werden. Die Dimensionszahl wird ermittelt, indem die Steigung der Näherungsgeraden mithilfe eines Steigungsdreiecks grafisch dargestellt und durch Division der vertikalen durch die horizontalen Distanzen der Wertepaare berechnet wird. *Je steiler die Gerade ausfällt, desto höher ist die Box-Dimension und folglich komplexer die untersuchte Struktur.*

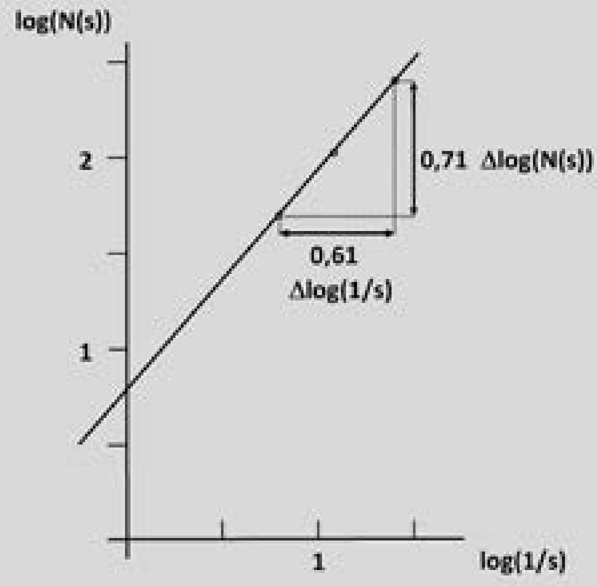


	Abb. 6	Abb. 7	Abb. 8
1/s	6	12	24
Anzahl N(s)	50	106	252
log(1/s)	0,77	1,07	1,38
log(N(s))	1,69	2,02	2,4

$$D = \frac{\Delta\log(N(s))}{\Delta\log(1/s)} \quad \frac{2{,}4 - 1{,}69}{1{,}38 - 0{,}77} = \frac{0{,}71}{0{,}61} = 1{,}16$$

9 Bestimmung der Box-Dimension: Die Steigung der Geraden, welche die Anzahl der Raster N(s) über der Skalierung 1/s in doppelt-logarithmischer Darstellung annähert, ist die Box-Dimension D. In einem Koordinatensystem mit linearen Skalen werden die transformierten Daten log(N(s)) gegen log(1/s) aufgetragen. Rechnerisch wird D aus dem Quotienten der Differenz der Ordinaten und der Differenz der Abszissen Δlog(N(s)) / Δlog(1/s) ermittelt. Die Steigung wird mithilfe des Steigungsdreiecks bestimmt
Grafik: Jürgen Weber

Schritt 1: Erzeugung der Datenpunkte

Ausgangspunkt für die Bestimmung der Box-Dimension ist der vereinfachte Grundriss der Basis des Rokokosaales mit dem eingezeichneten Wegegraphen in Abbildung 4. Zunächst werden in mehreren Schritten netzartige Gittergerüste mit abnehmender quadratischer Rastergröße (Boxen) über die gesamte Figur des Wegegraphen gelegt. Wie in Abbildungen 6–8 gezeigt, wird für eine gegebene Rastergröße s_i ermittelt, wie viele Raster die Teile der Figur überdecken. Diese Zahl heißt $N(s_i)$. Für eine Folge von Rastergrößen $s_1 > s_2 > \ldots > s_i > \ldots > s_n$ wird nun für jedes Gittergerüst die entsprechende Anzahl $N(s_1), N(s_2), \ldots, N(s_i), \ldots, N(s_n)$ ausgezählt und in eine tabellarische Übersicht übertragen (Abb. 9), um sie für die folgende Rechenoperation zu nutzen.

Heinz-Otto Peitgen, Hartmut Jürgens und Dietmar Saupe weisen darauf hin, dass in der Praxis eine Folge von Gittergerüsten mit dem Reduktionsfaktor 1/2 für die Rastergröße zweckmäßig sei.[40] Je kleiner die Boxen werden, desto besser passen sie sich der Figur an, in Abbildungen 6–8 dargestellt am Beispiel der Skalierungsfaktoren für s = 1/6, 1/12 und 1/24. Ziel ist es, die Figur mit immer kleineren Boxen zu überdecken, wobei die Rastergröße s gegen 0 strebt, und idealerweise einen mathematischen Grenzwert zu finden, bei dem sich die Anzahl der Boxen N(s), welche die Figur überdecken, in Relation zu den Rastergrößen 1/s nicht mehr verändert.

Schritt 2: Skalierungshypothese

Die hier betrachtete Skalierungshypothese[41] besagt, dass das Verhältnis der Anzahl der überdeckenden Raster N(s) und der reziproken Rastergröße 1/s durch ein Potenzgesetz der Form

$$N(s) = k \cdot (1/s)^D$$

bestimmt wird, wobei $k > 0$ ist und der Exponent $D > 0$ die gesuchte Box-Dimension ist, deren Wert die Komplexität der fraktalen Struktur charakterisieren soll.

Damit wird unterstellt, dass mit abnehmender Rastergröße die zur Überdeckung erforderliche Anzahl der Raster proportional nach einer Potenzfunktion zunimmt. Wendet man auf diese Gleichung den Logarithmus an und dividiert durch log(1/s), so erhält man log(N(s)) / log(1/s) = D + log(k) / log(1/s).

Betrachtet man die Zahlenwerte der Komponenten der Gleichung in ihrer Abhängigkeit voneinander, so resultieren aus »sehr kleinen« s-Werten (d.h. sehr kleinen Rastergrößen) »sehr große« log(1/s)-Werte, und der Quotient log(k) / log(1/s) wird wiederum »sehr klein« und geht gegen 0 für s gegen 0.

Somit erlaubt die obige Gleichung die Näherung

$$D \approx \log(N(s)) / \log(1/s).$$

Kann man jetzt zeigen, dass der Grenzwert

$$D = \lim_{s \downarrow 0} \log(N(s)) / \log(1/s)$$

existiert, so ist die Box-Dimension D bestimmt.

Die oben erwähnte Schwierigkeit besteht nun darin, dass der Nachweis der Existenz eines Grenzwertes in der »MathWorld« unter Voraussetzungen gilt, die für den Anwendungsbereich der »PhysicalWorld« aufgrund endlicher Werte nicht zu erfüllen sind. In der »PhysicalWorld« gibt man sich mit einer Näherung zufrieden. Wenn für »sehr kleine« s-Werte der Quotient log(N(s)) / log(1/s) sich nur noch »sehr wenig« verändert, so hat man die Dimension bestimmt.

Schritt 3: Näherungsgerade und Steigungsdreieck

Um die Dimensionszahl in der Praxis zu ermitteln, kehren wir noch einmal zu der Gleichung

$$\log(N(s)) / \log(1/s) = D + \log(k) / \log(1/s)$$

zurück und schreiben diese gleichwertig als affin-lineare Funktion um:

$$\log(N(s)) = D \cdot \log(1/s) + \log(k).$$

In der Fachliteratur[42] spricht man auch von einer doppeltlogarithmischen Darstellung: Die Ordinate ist log(N(s)), die Abszisse ist log(1/s), der Ordinatenabschnitt (oder die Verschiebungskonstante) ist log(k), und die Steigung ist gegeben durch D. Die Steigung der Geraden in dem Steigungsdreieck entspricht dem Quotienten aus der Differenz der Ordinaten $\Delta\log(N(s))$ und der Differenz der Abszissen $\Delta\log(1/s)$, in Abbildung 9 basierend auf den transformierten Daten des ersten und dritten Wertepaares aus Abbildung 6 und Abbildung 8 (0,71 ; 0,61). Die Dimensionszahl D des Wegegraphen ist ca. 1,16. Die Logarithmenbasen sind frei wählbar und werden dann beibehalten, in unserem Beispiel werden durchgehend Zehner-Logarithmen angewandt.

Die Steigung der Geraden ist ein Näherungswert, der durch das Minimieren der Rastergrößen verbessert werden kann. In diesem Zusammenhang weisen Frame und Urry darauf hin, dass es bei der Anwendung der Box-Dimension und dem Rückschluss auf eine fraktale Struktur auch zu Fehlinterpretationen kommen kann, wenn die Skalierung zu niedrig angesetzt wird: »Without repetition across at least a few scales, any claim of fractality is difficult to support. […] In PhysicalWorld, we are looking for objects made of approximate smaller copies of themselves, with enough complication to reveal the imprint of a force working over a considerable range of scales. The minimum range varies with the category of object, but a good rule of thumb is to look for a 100-fold magnification.«[43] Als Richtwert geben sie zwei »Dekaden« im Sinne von Größenordnungen an: »That is, the smallest boxes should have sides no larger than 1/100 times the sides of the largest boxes.«[44]

Frames und Urrys Begründung verweist auf den experimentellen Charakter der fraktalen Geometrie, die durch Probieren, Visualisierung und den Einsatz computergestützter Grafik neue Darstellungsformen nutzt und zugleich Spielräume in der Beurteilung dafür lässt, ab welchem Punkt der Bestimmung der Dimensionszahl wir z.B. einer Sammlung eine fraktalähnliche Eigenschaft zuschreiben können.[45] Auch wenn nach der Faustregel die Skalierung des Wegegraphen noch weiter vorangetrieben werden könnte, lässt sich doch anhand der Näherungsgeraden in Abbildung 9 ein Muster erkennen, das die Skalierungshypothese stützt und folglich für eine fraktalähnliche Struktur des Wegegraphen (mit der Dimensionszahl 1,16) spricht.

Nachweis und Bestimmung fraktaler Formen werden inzwischen in zahlreichen Wissenschafts- und Technikbereichen für analytische und diagnostische Zwecke eingesetzt. Das H-Fraktal, das im Rokokosaal als Wegegraph die Verbindung der einzelnen Sammlungspartitionen vermittelt und in der Städteplanung für die räumliche Konfiguration von Jachthäfen eingesetzt wird, spielt auch in der Biologie und Medizin als geometrisches Modell des Bronchialbaums menschlicher Lungen eine Rolle.[46] Mandelbrot und Hudson verwenden in ihrer Kritik der modernen Finanztheorie eine Reihe von Kurvendiagrammen, welche die Entwicklung der Indexwerte des Dow Jones in verschiedenen Varianten (z.B. Indexänderungen in der Anzahl von Standardabweichungen) zeigen, die ungewöhnliche, nicht erwartete Verläufe deutlicher als die absoluten Werte zutage treten lassen.[47] So können anstelle des Wegegraphen auch andere aussagefähige räumliche Repräsentationen von Daten der Sammelprozesse genutzt werden, um mithilfe der Box-Dimension die Komplexität von Sammlungsprofilen zu charakterisieren. Diese Untersuchungen können systematisch wiederholt, künftige Veränderungen nachvollzogen und gemessen werden.[48]

Die These dieses Aufsatzes, dass Sammelprozesse fraktalähnliche Strukturen aufweisen, deren Komplexitätsgrade in Diagrammen dargestellt und berechnet werden können, verfolgt einen experimentellen Ansatz, der das Sammlungsmanagement um ein neues Handlungsfeld erweitert. Das soll abschließend kurz erläutert und eingeordnet werden.

Paderborn und die Idee der »Fraktalen Bibliothek«

Vor dem Hintergrund der Debatten über die Modernisierung öffentlicher Verwaltungen hat Mitte der 1990er-Jahre das Schlagwort der »Fraktalen Bibliothek« Eingang auch in den bibliothekswissenschaftlichen Diskurs gefunden. In Verbindung mit dem Stuttgarter Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung hatte Hans-Jürgen Warnecke, Direktor des Instituts und später Präsident der Fraunhofer Gesellschaft, Publikationen zum Thema *Die Fraktale Fabrik* (1996, zuerst 1992) und *Aufbruch zum Fraktalen Unternehmen* (1995) herausgebracht, in denen er sehr anschaulich die Analyse von Defiziten in der strategischen Ausrichtung und Betriebsorganisation deutscher Industriebetriebe mit zahlreichen Praxisbeispielen des neuen Umgangs mit einem komplexer werdenden, »turbulenten« wirtschaftlichen Umfeld verbunden hatte.[49] Ursprünglich als Antwort auf fernöstliche Wirtschaftskonkurrenzen gedacht, operierte das neue Konzept mit Forderungen wie Vernetzung, Eigenverantwortung des Einzelnen und Vitalität und bildete das zentrale Merkmal der Selbstähnlichkeit auf »fraktale Betriebseinheiten« in Einkauf, Produktion und Vertrieb ab: »Marktwirtschaft funktioniert nach dem Prinzip der Fraktale: Selbstorganisation und Selbstoptimierung in kleinen schnellen Regelkreisen. Jeder erbringt einen Nutzen für den anderen und erhält dafür einen Gegenwert.«[50] Das Konzept teilautonomer Betriebseinheiten und flacher Hierarchien in der Betriebsorganisation ist früh von mittelständischen Betrieben wie den Metallwerken Gebrüder Seppelfricke GmbH & Co. oder Konzernen wie der Mercedes-Benz AG aufgegriffen worden und auf dem Weg der Einführung dezentraler Steuerungsmodelle bis in die kommunalen Verwaltungen vorgedrungen.

Die Ausrichtung auf Werte wie Dienstleistung, Kundenorientierung und ökonomische Effizienz machte das Programm auch für kommunale Bibliotheken attraktiv. In einer Konzeptstudie zur Paderborner Stadtbibliothek hat Klaus Ceynowa die Adaption der neuen Managementmethoden als hoffnungsvolle Weiterentwicklung des Programms der »Dreigeteilten Bibliothek« zu einer »Bibliothek der Kabinette« nachgezeichnet. Ceynowa greift den – auch in der Sammlungsforschung einschlägigen – Begriff des Kabinetts auf, mit dem die Paderborner Bibliothek eine geeignete Übersetzung des Merkmals der Selbstähnlichkeit gefunden hatte. Über den Weg einer »Filialisierung der Bibliotheksbestände« wurde aus einer Dreigeteilten Bibliothek mit Nah-, Mittel- und Fernbereich eine Bibliothek von »selbständig handlungsfähigen Dienstleistungszentren der Kabinette«.[51]

Die von Ceynowa diskutierte Anwendung der fraktalen Theorie auf die Betriebsorganisation einer kommunalen Bibliothek weist den räumlichen Repräsentationen, in denen sich das Organisationsprinzip der Paderborner Bibliothek in ihren Filialgliederungen manifestiert, eine konstitutive Bedeutung zu. Als Belege werden die Grundrisse der »Computerbibliothek« und der »Kinderbibliothek« wiedergegeben.[52]

In der Computerbibliothek wurde die konventionelle Klassifikation des Wissensgebietes der Informatik und Kybernetik in »Interessenkreise« überführt, z. B. »Computer in der Schule« und »Texten & Gestalten«, und damit nach Ansicht der Bibliothek stärker am Erleben des Alltags des Publikums ausgerichtet. Art der Raumgestaltung und Medienpräsentation lassen ein Muster erkennen, das – für das Publikum immer wieder erlebbar – auch auf andere Sammlungsräume übertragen werden konnte. In Ceynowas Interpretation des Paderborner Modells der »Fraktalen Bibliothek« spielen – ebenso wenig wie bei Warneckes Adaptionen der »Fraktalen Fabrik« – mathematische Anwendungen der fraktalen Geometrie noch keine Rolle.

Fraktalität ist ein Thema des Sammlungsmanagements. Wo Fraktalität als Strukturprinzip plausibel vorausgesetzt werden kann – im Filial- und Kabinettsystem der Paderborner Stadtbibliothek und im experimentell erschlossenen Zugang zur Sammlungskonfiguration des Weimarer Rokokosaals – wird es zu einem wichtigen Indikator für Komplexität, die mit Mitteln der fraktalen Geometrie analysiert, beschrieben und besser verstanden werden kann.

Will man das neue Handlungsfeld bezeichnen, kann man – ganz unabhängig von bibliothekstypologischen Unterschieden – von einer Art experimenteller Sammlungserschließung oder Sammlungstechnik sprechen, etwa mit »collection engineering«[53] zu übersetzen. *Sammlungstechnik ist zu verstehen als Analyse und Kombination von Skalierungseigenschaften einer Sammlung, die im Hinblick auf fraktalähnliche Strukturen hin untersucht, vermessen und mit anderen Sammlungen verglichen werden können.* Den Spielraum für den experimentellen Nachweis fraktalähnlicher Eigenschaften auf dem Handlungsfeld der Sammlungstechnik auszugestalten, wird dann künftig eine Aufgabe der Normierung der Skalierung von Sammelprozessen sein.

Anmerkungen

1 MANDELBROT, Benoit B. and Richard HUDSON. *The (Mis)-Behavior of Markets. A Fractal View of Risk, Ruin, and Reward.* London: Profile Books, 2008 (zuerst 2004), S. 131.

2 MANDELBROT / HUDSON (s. Anm. 1), S. 125.

3 Ebd.

4 PEITGEN, Heinz-Otto und Hartmut JÜRGENS, Dietmar SAUPE. *Bausteine des Chaos: Fraktale.* Aus dem Amerikan. übersetzt von Ernst F. Gucker. New York: Springer; Stuttgart: Klett-Cotta, 1992, S. 82 f. mit Abb. 2.1 und S. 162 f. mit Abb. 3.1.

5 FRAME, Michael and Amelia URRY. *Fractal Worlds. Grown, Built, and Imagined.* New Haven, London: Yale University Press, 2016, S. 121 f. – Durch das Bildmaterial und zahlreiche Motivstudien aufschlussreich ist die kulturhistorisch, anthropologisch und ethnomathematisch ausgerichtete Studie von EGLASH, Ron. *African Fractals. Modern Computing and Indigenous Design.* New Brunswick, New Jersey, and London: Rutgers University Press, 1999. Als ein Beispiel zeitgenössischer afrikanischer Kunst am Bau ist darin abgebildet die Fassade der Universitätsbibliothek Dakar mit fraktal strukturierter Fassade, S. 216 f. mit Fig. 14.1.

6 PEITGEN / JÜRGENS / SAUPE (s. Anm. 4), S. 172–174.

7 ZEITLER, Herbert und Dušan PAGON: *Fraktale Geometrie – Eine Einführung. Für Studienanfänger, Studierende des Lehramtes, Lehrer und Schüler.* Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 2000, S. 145–147.

8 MANDELBROT / HUDSON (s. Anm. 1), S. 128.

9 PEITGEN / JÜRGENS / SAUPE (s. Anm. 4), Kap. 2, S. 81–159 mit Erläuterung des mathematikhistorischen Kontextes. – MANDELBROT / HUDSON (s. Anm. 1), S. 123–128.

10 MANDELBROT, Benoit B. *The Fractalist. Memoir of a Scientific Maverick.* New York: Vintage Books, 2013 (zuerst 2012), S. XI.

11 MANDELBROT, Benoit B. (s. Anm. 10), S. 265.

12 MANDELBROT, Benoit B. (s. Anm. 10), S. 145–148, 199–213.

13 MANDELBROT, Benoit B. The variation of certain speculative prices. In: COOTNER, Paul H., Hrsg. *The Random Character of Stock Market Prices.* Repr. London: Risk Books, 2000 (zuerst Cambridge, MA: MIT Press, 1964), S. 369–412. – MANDELBROT / HUDSON (s. Anm. 1), S. 147–172. – MANDELBROT (s. Anm. 10), S. 216–226.

14 MANDELBROT / HUDSON (s. Anm. 1), S. 173–195, hier S. 183–186.

15 BATTY, Michael and Paul LONGLEY. *Fractal Cities. A Geometry of Form and Function.* London, San Diego, New York: Academic Press, 1994, S. 47–57 sowie Kap. 2, S. 58–95 und Zusammenfassung S. 369–372.

16 BATTY / LONGLEY (s. Anm. 15), S. 43 mit Hervorhebung im Original.

17 COYNE, Richard. *Logic Models of Design.* London: Pitman, 1988, S. 4–6, 225–229.

18 Abbildung 2 nimmt eine Idee Battys und Longleys auf, die hierarchischen Beziehungen räumlicher Disaggregation in einem Diagramm vergleichend abzubilden, und reduziert die Muster auf vier Verzweigungen zugunsten der Kennzeichnung schwarzer und weißer Boxen. Das dritte Verfahren der Disaggregation durch Halbierung der Komponenten (»strict subdivision«) bleibt unberücksichtigt. BATTY / LONGLEY (s. Anm. 15), S. 45 mit Fig. 1.17.

19 Beispiele für den H-Baum sind abgebildet in: MANDELBROT, Benoit B. *Die fraktale Geometrie der Natur.* Sonderausgabe. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser Verlag, 1991, S. 167 (Tafel 167) und S. 176 f. (Tafeln 176 und 177). – BATTY / LONGLEY (s. Anm. 15), S. 78–81.

20 BATTY / LONGLEY (s. Anm. 15), S. 42–47. – ALEXANDER, Christopher. A City is Not a Tree. In: *Architectural Forum.* 122 (1965), H. 1, S. 58–62; H. 2, S. 58–61. Alexanders Konzeption der Diagramme bezieht sich auf avancierte mathematische Theoriebestände der Zeit. Er nennt Paul R. Halmos' *Naive Set Theory* (1960), die Mengenlehre, und Garrett Birkhoffs *Lattice Theory* (1948), die mathematische Verbandstheorie, vgl. hierzu die methodologische Designstudie: ALEXANDER, Christopher. *Notes on the Synthesis of Form.* Cambridge, MA and London, England: Harvard University Press, Paperback edition 1971 (zuerst 1964), S. 78–83, 208, Fn. 7, 8, 13.

21 WEBER, Jürgen: Was ist eine Sammlung? In: *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie.* 67 (2020) 1, S. 15–24, hier S. 17 f. mit Abb. 1 und S. 20 mit Abb. 2.

22 WEBER (s. Anm. 21), S. 17 f. Polyzentrik gehört zu den vier konstitutiven Merkmalen der Sammlungsform (relational, polyzentrisch, lokal, temporär) in Atkinsons Konzeption institutioneller Sammlungen, s. ATKINSON, Ross. The Conditions of Collection Development. In: Charles B. OSBURN und Ross ATKINSON, Hrsg. *Collection Management: A New Treatise.* Part A. Greenwich, CT und London: Jai Press Inc., 1991, S. 29–48.

23 KNOCHE, Michael, Hrsg. *Herzogin Anna Amalia Bibliothek – Kulturgeschichte einer Sammlung.* München, Wien: Stiftung Weimarer Klassik bei Hanser, 1999.

24 PADGETT, Laura. *Der Rokokosaal, fotografiert.* In: KNOCHE (s. Anm. 23), S. 11–28. – Achim Ilchmann hat die Formgebung des Rokoko am Beispiel von Linie und Fläche der Ornamentik eines Erfurter Stadthauses in Zusammenhang mit fraktalen Theorieinhalten gebracht und eine Publikation zum Weimarer Rokokosaal angekündigt, s. ILCHMANN, Achim. *Das bürgerliche Stadthaus im Rokoko.* Tübingen, Berlin: Wasmuth, 2018, S. 63–75 (vgl. Anm. 39).

25 ARNOLD, Werner. Herzogin Anna Amalia Bibliothek – Kulturgeschichte einer Sammlung. Hrsg. von Michael Knoche … In: *Bibliothek.* 24 (2000) 1, S. 115–117, hier S. 115.

26 STEIERWALD, Ulrike. Zentrum des Weimarer Musenhofes. Die Herzogliche Bibliothek 1758–1832. In: KNOCHE (s. Anm. 23), S. 62–97, hier S. 69.

27 STEIERWALD (s. Anm. 26), S. 96.

28 STEIERWALD (s. Anm. 26), S. 67 und Fn. 111. Zitiert wird: Hirsching, Friedrich Carl Gottlob, Hrsg. *Versuch einer Beschreibung sehenswürdiger Bibliotheken Teutschlands nach alphabetischer Ordnung der Oerter.* Vierter Band, welcher die Supplemente zu den drey ersten Bänden und ein vollständiges Register enthält. Erlangen: Palm, 1791, S. 168.

29 STEIERWALD (s. Anm. 26), S. 68.

30 STEIERWALD (s. Anm. 26), S. 68 f.

31 WEBER, Jürgen: Flüchtiges Erbe – Nationale Sammlungen in virtuellen Netzen. In: KNOCHE, Michael und Justus H. ULBRICHT, Jürgen WEBER, Hrsg. *Das »deutsche Buch« in der Debatte um nationale Identität und kulturelles Erbe.* Göttingen: Wallstein Verlag, 2006, S. 193–208, hier S. 202–205 mit Abb. 3.

32 STEIERWALD (s. Anm. 26), S. 107.

33 STEIERWALD (s. Anm. 26), S. 96.

34 BATTY / LONGLEY (s. Anm. 15), S. 47–55, 79–82, 92.

35 MANDELBROT / HUDSON (s. Anm. 1), S. 129–131. – Vgl. auch die Illustration »The continuum of fractional dimensions.« in: BATTY / LONGLEY (s. Anm. 15), S. 76, Fig. 2.10.

36 PEITGEN / JÜRGENS / SAUPE (s. Anm. 4), S. 256–265. – MANDELBROT / HUDSON (s. Anm. 1), S. 129–131, 138, 292 f. – Frame / Urry (s. Anm. 5), S. 167–177, 368–370.

37 FRAME / URRY (s. Anm. 5). – PEITGEN, Heinz-Otto und Hartmut JÜRGENS, Dietmar SAUPE, Evan M. MALETZKY, Terence H. PERCIANTE, Lee E. YUNKER. *Fraktale: Selbstähn-*

lichkeit, Chaosspiel, Dimension. Ein Arbeitsbuch. Aus dem Amerikan. übersetzt von Ernst F. Gucker. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; Stuttgart: Ernst Klett Schulbuchverlag, 1992, im Text zitiert als *Arbeitsbuch*. – Einen guten Überblick über die Grundzüge der fraktalen Geometrie vermittelt die Webseite der Yale University: FRAME, Michael und Benoit MANDELBROT, Nial NEGER. *Fractal Geometry* [Zugriff am 30. September 2021]. Verfügbar unter: https://users.math.yale.edu/public_html/People/frame/Fractals/

38 Vgl. FRAME / URRY (s. Anm. 5), S. 56.

39 Trotz zahlreicher didaktischer Hilfsmittel für den schulischen und universitären Unterricht (vgl. Anm. 4, 5, 7, 37) bleiben Fragen offen, wenn Sachverhalte der fraktalen Geometrie für eine Anwendung auf das bibliothekarische Sammlungsmanagement aufbereitet werden sollen. Daher danke ich Achim Ilchmann, Technische Universität Ilmenau, mit dem ich im Sommer 2021 Entwürfe dieses Aufsatzes diskutieren konnte (vgl. Anm. 24). Er hat geduldig den Weg zu einer plausiblen Erörterung mathematischer Sachverhalte gewiesen und darauf geachtet, dass die Darstellung mathematischen Konventionen genügt. Sollten sich ungenaue und fehlerhafte Formulierungen eingeschlichen haben, geht das auf mich zurück.

40 PEITGEN / JÜRGENS / SAUPE (s. Anm. 4), S. 257 f.

41 Die mathematischen Ausführungen zur Skalierunghypothese (»scaling hypothesis«) werden ausführlicher entwickelt in: FRAME / URRY (s. Anm. 5), S. 167–177, 368–370.

42 PEITGEN / JÜRGENS / SAUPE (s. Anm. 4), S. 256–265, hier 256–260. – *Arbeitsbuch* (s. Anm. 9), S. 9, 25–28, 69–74, 75–104, 124–132. – FRAME / URRY (s. Anm. 5), S. 171–175.

43 FRAME / URRY (s. Anm. 5), S. 56.

44 FRAME / URRY (s. Anm. 5), S. 176.

45 FRAME / URRY (s. Anm. 5), S. 174.

46 Vgl. BATTY / LONGLEY (s. Anm. 15), S. 79–83 mit Fig. 2.13.–2.15. – VARNER, Victor D. und NELSON, Celeste M. Computional models of airway branching morphogenesis. In: *Seminars in Cell & Developmental Biology.* 67 (2017), S. 170–176, hier 170–172 mit Fig. 1 und 2.

47 MANDELBROT / HUDSON (s. Anm. 1), S. 88–94.

48 MANDELBROT / HUDSON (s. Anm. 1), S. 263.

49 WARNECKE, Hans-Jürgen, Hrsg. *Aufbruch zum Fraktalen Unternehmen. Praxisbeispiele für neues Denken und Handeln.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1995, hier S. 7. – WARNECKE, Hans-Jürgen. *Die Fraktale Fabrik. Revolution der Unternehmenskultur.* Reinbek bei Hamburg: Rowohlt, 1996 (zuerst 1992).

50 WARNECKE, Hans-Jürgen. *Die Fraktale Fabrik* (s. Anm. 49), S. 12.

51 CEYNOWA, Klaus. *Von der »Dreigeteilten« zur »Fraktalen« Bibliothek. Benutzerzentrierte Bibliotheksarbeit im Wandel: das Beispiel der Stadtbibliothek Paderborn.* Würzburg: Königshausen und Neumann, 1994, S. 86.

52 Ceynowa (s. Anm. 51), S. 32 und 80.

53 Begriffsbildung im Anschluss an Mandelbrots Vorschlag einer Finanztechnik (»finance engineering«), vgl. MANDELBROT (s. Anm. 10), S. 227–229.

Verfasser
Dr. Jürgen Weber, Abteilungsleiter Bestände, Klassik Stiftung Weimar, Direktion Herzogin Anna Amalia Bibliothek, Burgplatz 4, 99423 Weimar,
Telefon +49 3643 545-208,
juergen.weber@klassik-stiftung.de
Foto: Maik Schuck