

The Composition of Abstract Images – Differences Between Artists and Laypersons

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena von:

Rainer Philip Letsch
geboren am 02.12.1987 in Essen

Gutachter:

1. PD Dr. Gregor Uwe Hayn-Leichsenring, Jena
2. Prof. Dr. Christian Dobel, Jena
3. Prof. Dr. Thomas Jacobsen, Hamburg

Tag der öffentlichen Verteidigung: 06.07.2021

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGEN	4
ZUSAMMENFASSUNG	5
EINLEITUNG	6
Statistische Bildeigenschaften	9
Drittelregel	11
HOG-Komplexität	12
HOG-Anisotropie	12
PHOG-Selbstähnlichkeit	13
Fourier-Anstieg	14
Nicht berücksichtigte Bildeigenschaften	14
Bewusst und unbewusst	14
Ansätze der experimentellen Ästhetik	15
ZIELE DER ARBEIT	17
Experiment 1	18
Experiment 2	18
PUBLIKATION:	19
The Composition of Abstract Images – Differences Between Artists and Laypersons. Letsch, P., & Hayn-Leichsenring, G. U. <i>Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts</i> (2018).	20
DISKUSSION	31
Was ist ein Künstler?	31
Experimente	32
Experiment 1	32
Experimentelles Design.....	32
Auswertung.....	33
Künstler komponieren anders als Laien	33
Experiment 2	35
Daten	35
Auswertung.....	36
Naive Betrachter wissen mehr	36
Ein Ausblick in die Zukunft	38
SCHLUSSFOLGERUNG	39
LITERATUR- UND QUELLVERZEICHNIS	40
ANHANG	44

Abkürzungen

HOG – Histogram of Oriented Gradients

PHOG – Pyramid of Histogram of Oriented Gradients

EEG – Elektroenzephalografie

fMRT – funktionelle Magnetresonanztomografie

Zusammenfassung

Die experimentelle Ästhetik ist seit Theodor Fechner eine etablierte Wissenschaft, welche sich mit ästhetischen Stimuli befasst. Oft liegt der Fokus hierbei auf der Wahrnehmung dieser Stimuli, z.B. beim Betrachten von Kunst. Im Gegensatz dazu gibt es wenige wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit dem Kreieren von Kunst beschäftigen.

In der hier zugrundeliegenden Publikation werden von Laien und Künstlern erstellte abstrakte Bilder untersucht, um so Rückschlüsse auf kompositorische Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen herleiten zu können. In einem ersten Experiment erschufen Künstler und Laien abstrakte Bilder aus vorgegebenen abstrakten Elementen. Die Wahl der Abstraktion eliminiert eine semantische Bedeutung der Bilder und die vorgegebenen Elemente exkludieren zeichnerische Fähigkeiten der Probanden. Die entstandenen Bilder wurden auf ihre Bildeigenschaften hin computerbasiert analysiert. Die statistische Auswertung erfolgte hauptsächlich mithilfe des Student's t-Test und einer post-hoc Holm-Bonferroni Methode, sowie einer k-clustering Analyse. Von den analysierten Bildeigenschaften *Drittelregel*, *PHOG-Selbstähnlichkeit*, *HOG-Anisotropie*, *HOG-Komplexität* und *Fourier-Anstieg* wiesen die beiden erstgenannten Eigenschaften signifikante Unterschiede zwischen der Künstler- und der Laiengruppe auf. Künstler kreierten weniger selbstähnliche Bilder, die eher mit der Drittelregel übereinstimmten.

In einem Folgeexperiment wurden naive Betrachter gebeten, die in dem ersten Experiment entstandenen Bilder zu kategorisieren. Dabei sollten die Probanden entscheiden, ob die Bilder von Künstlern oder Laien erstellt wurden.

Bemerkenswerter Weise wurden die Bilder überwiegend korrekt zugeordnet.

Ausgewertet wurde dies mithilfe des Student's t-Test und post-hoc Holm-Bonferroni Methode, sowie eines einseitigen Binominaltests. Das zweite Experiment ergab zudem, dass die naiven Betrachter bei ihrer Zuordnung bestimmten Mustern folgten. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass ein kompositorischer Unterschied zwischen Künstlern und Laien in Bezug auf das Kreieren von abstrakter Kunst vorliegt, und dieser Unterschied von naiven Betrachtern wahrgenommen werden kann.

Einleitung

„Ich möchte alles Ästhetische vermeiden, um mir nichts in den Weg zu stellen und kein Problem zu haben, wo man sagt: «Aha, so sieht der die Welt, das ist seine Interpretation».“ (Richter, 2008)

Diese Worte des weltbekannten Künstlers Gerhard Richter verdeutlichen die vielfältige Auslegung des Wortes Ästhetik. Es ist nicht eindeutig, wie Richter die Ästhetik in Bezug auf dieses Zitat interpretiert, da viele Betrachter seine Werke durchaus als ästhetisch empfinden. Im Sinne von Hegel – und wohl auch in der Auffassung vieler Menschen – ist die Ästhetik ein Synonym für Schönheit (in der Kunst). Aus dem Griechischen stammend bedeutet Ästhetik wörtlich: Wahrnehmung ("Ästhetik," 2020). In der Philosophie bezeichnet die Ästhetik heutzutage nicht nur die Wahrnehmung von Kunst, sondern beschreibt die Gesamtheit der sinnlichen Empfindungen.

Alexander Gottlieb Baumgarten definiert den Begriff der Ästhetik im Jahr 1735 in seiner Schrift *Meditationes philosophicae de nonnullis ad poema pertinentibus* als die Wissenschaft der sinnlichen Erkenntnis und begründet damit die Ästhetik als eine eigenständige philosophische Disziplin (Baumgarten & Paetzold, 1983). Fast 150 Jahre später greift der Mediziner Gustav Theodor Fechner die Thematik erneut auf und erweitert die Definition der Ästhetik. In seinem Werk *Vorschule der Ästhetik* analysiert Fechner die bisher vorherrschende Interpretationsweise der Ästhetik. Er unterscheidet zwischen der „Ästhetik von oben“, welche auf bis dato üblichen philosophischen Prinzipien basierte, und der „Ästhetik von unten“, was für die damalige Zeit eine Revolution auf dem Gebiet der Ästhetik bedeutete. Die „Ästhetik von oben“ ist ein traditionell philosophischer Ansatz, bei welchem bestimmte Gesetzmäßigkeiten aus der Summe allgemeiner Prinzipien abgeleitet werden – vom Allgemeinen werden Rückschlüsse auf das Einzelne abgeleitet. Die Philosophen sahen die Ästhetik als eine Form von in der Kunst dargestellter Schönheit, die im Zusammenhang mit dem „Wahren“ steht. Demgegenüber entwickelt Fechner die Theorie der „Ästhetik von unten“, die auf einer empirischen Grundlage basiert. Fechner nimmt an, dass durch eine „systematische Variation von Merkmalen der ästhetischen Reize die Veränderung der zugehörigen ästhetischen Empfindungsstärke zuverlässig gemessen werden kann“ (Kebeck & Schroll, 2011, p. 12). Im Vergleich zu dem traditionellen Ansatz werden *von unten* (vom Einzelnen) Rückschlüsse auf allgemeine gültige Prinzipien abgeleitet. Statistisch fundierte

Analysen bilden so die Basis für die Interpretation der Ästhetik. Diese neuartige Definition umfasst die Schönheitsbelange der traditionellen Künste, inkludiert aber zusätzlich die *banalen* Schönheitserlebnisse wie z.B. das Betrachten von Alltagsgegenständen oder der Natur. Der zentrale Gedanke hinter dieser innovativen, wissenschaftlich basierten Methodik war das „unmittelbare und spontane ästhetische Urteil als Ausdruck der ästhetischen Empfindung.“ (Kebeck & Schroll, 2011, p. 12) Fechners Theorie legt damit den Grundstein für die experimentelle Ästhetik.

Um diese Theorie zu untermauern, führte Fechner ein Experiment zum goldenen Schnitt mit fast 600 Probanden durch. Dabei untersuchte er, ob es eine Präferenz für die Schönheit des goldenen Schnittes bei Rechtecken gäbe. Der goldene Schnitt war besonders in der Renaissance der westlichen Welt für Kunstwerke und Architektur verwendet worden und galt als ästhetisch ansprechend (Graham & Redies, 2010). Für goldene Rechtecke gilt ein Verhältnis der beiden Seiten von 1 : 1,618, das heißt, dass sich die größere Seite zur kleineren verhält, wie die Summe aus beiden Seiten zur größeren.

Auch wenn das Ergebnis (der goldene Schnitt wird von Probanden präferiert) später widerlegt wurde (Boselie, 1992; Markowsky, 1992; McManus, 1980; Russell, 2000) war es dennoch der erste dokumentierte Versuch die Ästhetik empirisch (*von unten* her) zu erfassen.

Seit der Geburtsstunde der experimentellen Ästhetik sind fast 150 Jahre vergangen. Die weitere Entwicklung auf diesem Gebiet war keineswegs kontinuierlich, vielmehr lassen sich rückblickend nebeneinander bestehende, oder auch miteinander konkurrierende Einflüsse erfassen (Kebeck & Schroll, 2011). George David Birkhoff war ein Vertreter der Mathematik, der einen großen Einfluss auf diese Entwicklung ausübte. Birkhoff definierte ein Maß, wonach sich die Ästhetik eines Bildes anhand des Verhältnisses aus Ordnung zu Komplexität ausmachen ließe (Birkhoff, 1933). Dieses Maß wird auch heute noch bei der Analyse von Bildeigenschaften verwendet (Graham & Redies, 2010; Hayn-Leichsenring, Lehmann, & Redies, 2017). Basierend auf Birkhoffs Theorie entwickelte Max Bense ebenfalls eine Hypothese zur Ästhetik. Bekannt als Informationsästhetik (oder informationstheoretische Ästhetik) werden semiotische und mathematische Mittel angewandt, um eine ästhetische *Wertung* auszuschließen und das ästhetische Maß auf eine rein numerische Statistik zu reduzieren (Bense, 1969; Oswald, Wachsmann, & Kellner, 2015). Darauf folgende

Studien von Kolmogorov zu Komplexität und von Zurek zu physikalischer Entropie, erweitern das Spektrum der Ästhetikforschung um objektiv messbare Marker (Rigau, Feixas, & Sbert, 2008).

Fast gleichzeitig erarbeitet Berlyne ein Programm, das als „the new experimental aesthetics“ bekannt wurde (Crozier, 1980). Der Titel eines seiner Hauptwerke „Aesthetics and Psychobiology“ verdeutlicht den biologischen Einfluss der Ästhetik auf den Menschen – die Antwort des Körpers auf ästhetische Reize (Berlyne, 1971). Damit prägt Berlyne die heutige Ästhetikforschung nachhaltig und gibt den ursprünglichen Theorien von Fechner ein Gerüst, auf welches die anschließende Forschung aufbauen konnte (Crozier, 1980; Roberts, 2007).

Im Gegensatz zu Fechner (welcher einen einfachen Stimulus, die geometrische Form, testete) war Berlyne an dem Einfluss mehrerer gleichzeitig wirkender Stimuli auf den Menschen interessiert. Ein besonderer Fokus lag auf den Reizen *Überraschung, Neuheit, Komplexität, Unsicherheit, und Mehrdeutigkeit* als Auslöser menschlicher Erregbarkeit. Aus seinen Experimenten leitete Berlyne ab, dass diese kollativen Stimuli mit einem gewissen Maß an Freude/Lust (hedonic value) korrelieren (Berlyne, 1970, 1974; Lengger, Fischmeister, Leder, & Bauer, 2007). Des Weiteren postulierte er, dass ein mittlerer Wert an Komplexität (der Stimuli) mit einem gesteigerten ästhetischen Empfinden einhergeht (Berlyne, 1970; Roberts, 2007; Schwabe, 2018).

Ein Kritiker der Ansichten von Berlyne (und Fechner) war der Wissenschaftler Rudolf Arnheim. Seiner Meinung nach war die Darstellung der Kunst als Motiv von Freude/Lust (hedonistic appeal) zu undifferenziert. Arnheim nutze zwar ebenfalls Messwerte wie Entropie und Ordnung, bezog aber zusätzlich gestaltpsychologische Theorien in die Diskussion um ästhetisches Empfinden ein. Für ihn hatte Ordnung die Funktion, Kunst zu strukturieren. Damit wurde es dem menschlichen Geist zugänglich gemacht (Arnheim, 1966, 1974).

Diese Phase der experimentellen Ästhetik, welche von behavioralen, frühen kognitiven (phänomenalen), und psychodynamischen Theorien geprägt wurde, ging über in eine Ära, die durch Theorien mit kognitivem Ansatz dominiert wurde (Martindale, 2007). Der Fokus der Forschung lag dabei hauptsächlich auf der Untersuchung des Betrachters/der Person.

In der heutigen Zeit koexistieren viele verschiedene Herangehensweisen, die Ästhetik weiter zu erforschen (Kebeck & Schroll, 2011). Was die Forschung

heutzutage eint, ist die immense Weiterentwicklung der Technik. Bilder (und andere Kunstwerke) können computerbasiert analysiert werden und so auf der Basis verschiedener Parameter objektiv gemessen und verglichen werden. Somit gewinnt die Analyse des Objektes/Bildes zunehmend an Bedeutung. Im Bereich der experimentellen Ästhetik haben sich bestimmte Messwerte herauskristallisiert, die eine sinnvolle Bewertung der Kunst erlauben.

Statistische Bildeigenschaften

Ein Ziel der experimentellen Ästhetik ist es, Eigenschaften von Stimuli zu identifizieren, die mit einem harmonischen Schönheitsempfinden korrelieren (Redies, Hayn-Leichsenring, & Brachmann, 2015). Was zu Zeiten Fechners und der informationstheoretischen Ästhetik noch auf Intuition basierte, wird heute durch computerbasierte Algorithmen bestätigt und ergänzt. Forscher nutzen die neue Technik, um Bildeigenschaften zu identifizieren, welche visuell ansprechende Stimuli charakterisieren (Mallon, Redies, & Hayn-Leichsenring, 2014; Redies et al., 2015). Hierbei gibt es zwei verschiedene Ansätze (Amirshahi, Koch, Denzler, & Redies, 2012). Datta und Kollegen und Li und Kollegen – stellvertretend für den einen Ansatz – nutzen eine Kombination aus Bildeigenschaften (z.B. Farbe, Symmetrie, Struktur) um Bilder (Fotos und Malereien von Landschaften) als entweder ästhetisch ansprechend, oder nicht-ansprechend zu klassifizieren (Datta, Joshi, Li, & Wang, 2006; Li & Chen, 2009). Als Prädiktoren für ästhetisch ansprechende Bilder nutzen Datta und Kollegen subjektive Kriterien und Konventionen (z.B. Belichtung, Sättigung, Drittelregel), welche von Probanden als schön empfunden wurden. Eine computerbasierte Analyse dieser Wertungen resultierte in Algorithmen, die bestimmte Bildeigenschaften (und Kombinationen aus diesen) als ästhetische Schönheitsmarker bestätigen konnten (Datta et al., 2006).

Der andere Ansatz verfolgt die Theorie, dass eine (oder wenige) statistisch ermittelte Bildeigenschaft(en) ein Bild als ästhetisch ansprechend definiert und gleichzeitig von anderen Bildkategorien abgrenzen kann (Amirshahi et al., 2012). Redies ist ein prominenter Vertreter dieses Ansatzes. Sein Experiment zu Kunstbildern (der westlichen Hemisphäre) im Vergleich mit natürlichen Szenen zeigt, wie beide Stimuli ähnliche Bildeigenschaften im Bereich des Fourier-Power-Spektrums aufweisen. Sowohl Kunstbilder als auch Landschaftsbilder weisen sehr ähnliche Werte für auf Raumfrequenzen basierte Selbstähnlichkeit (nach der Fourier Transformation) auf.

Die Theorie stützt sich auf die Annahme, dass Künstler Kunstwerke intuitiv erschaffen, welche komplexen natürlichen Szenen (in Bezug auf die Selbstähnlichkeit) sehr ähnlich sind (Redies, Hasenstein, & Denzler, 2007). Vermutlich hängt dies mit der evolutionär-bedingten, effizienten, neuronalen Verarbeitung von natürlichen Szenen im visuellen System zusammen. Olshausen und Field postulierten, dass eine effiziente Verarbeitung visueller Sinneseindrücke positive Gefühle hervorrufen kann (Olshausen & Field, 2009). Deshalb können Kunstwerke mit ähnlichen Eigenschaften wie in natürlichen Szenen als positiv oder schön wahrgenommen werden (Redies, Hasenstein, et al., 2007). Als ein bedeutender Künstler der heutigen Zeit scheint Richter diese Theorie (intuitiv) zu bekräftigen: „Die Erfahrung hat mich gelehrt, dass es keinerlei Unterschiede zwischen einem sogenannten realistischen Bild, wie einer Landschaft, und einem abstrakten Gemälde gibt: beide üben eine ähnliche Wirkung auf den Betrachter aus.“ (Richter, 2008)

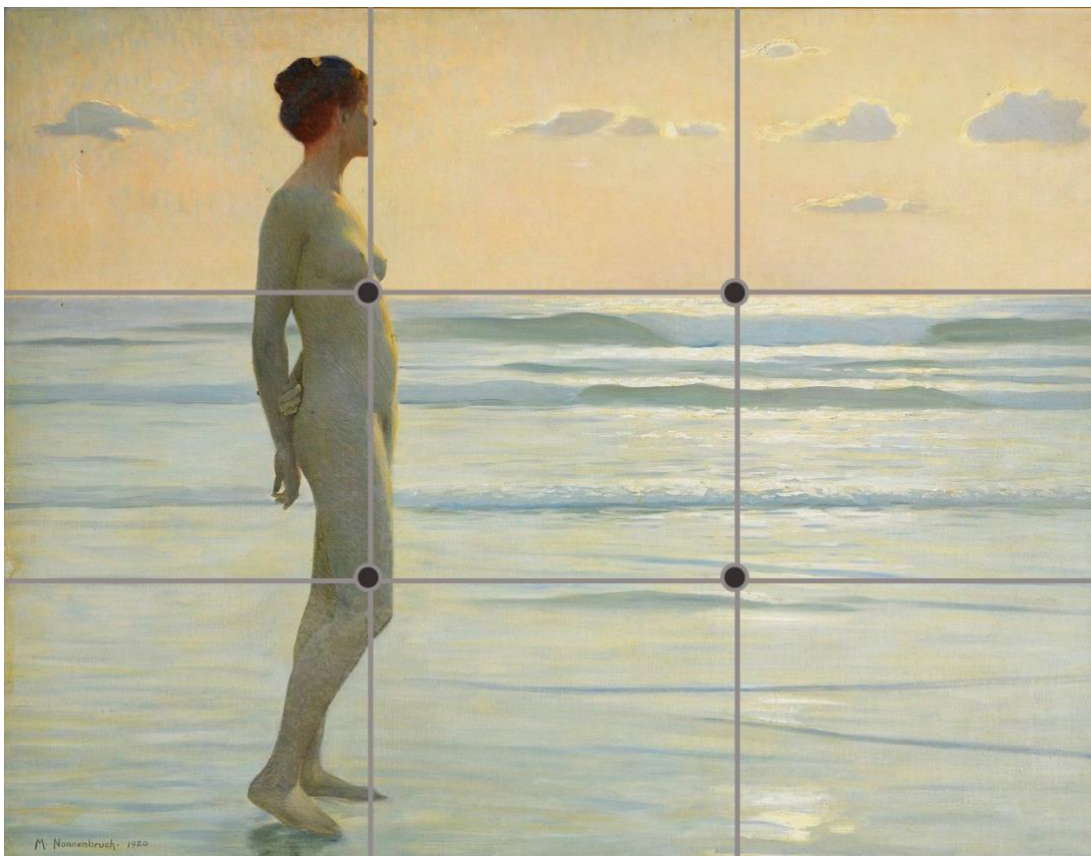
In einem weiteren Experiment konnte die Abgrenzung zu anderen Bildkategorien mithilfe des Fourier-Power-Spektrums gezeigt werden (Koch, Denzler, & Redies, 2010). Demgemäß wurden hauptsächlich Kunstwerke und Photographien analysiert, aber auch Comicbücher (Koch et al., 2010) und (ästhetische) Schriftarten (Melmer, Amirshahi, Koch, Denzler, & Redies, 2013) wurden computergestützt untersucht. Neben den Fourier-Eigenschaften gibt es weitere Parameter, die bei einer Analyse visueller Stimuli aussagekräftige Vergleiche zulassen. Die HOG-Eigenschaften bedürfen eines besonderen Fokus. HOG steht für *Histogram of Oriented Gradients* und wurde erstmals von Dalal und Triggs verwendet, um automatisch Personen in Bildern zu detektieren (Dalal & Triggs, 2005). Basierend auf dieser Methode ist es möglich, Komplexität, Anisotropie und Selbstähnlichkeit zu berechnen.

Die Weiterentwicklung der HOG Theorie beinhaltet die Betrachtung der HOG-Vektoren in unterschiedlichen Ebenen des Bildes. Hierbei wird das Bild in mehrere Subregionen unterteilt, welche miteinander verglichen werden (Braun, Amirshahi, Denzler, & Redies, 2013; Redies, Amirshahi, Koch, & Denzler, 2012). Diese pyramidale Unterteilung und Vergleichsweise des Bildes wird als PHOG-Methode (*Pyramid of Histogram of Oriented Gradients*) bezeichnet (Bosch, Zisserman, & Munoz, 2007) und ist besonders für die Berechnung der Selbstähnlichkeit relevant. Eine detaillierte Beschreibung der Methode findet sich im folgenden Kapitel.

Die bereits erwähnten Bildeigenschaften und weitere, die in der Publikation Verwendung gefunden haben, sind im Folgenden näher erläutert.

Drittelregel

Die Drittelregel ist eine bewusst angewandte Technik, welche oft von Fotografen und Künstlern benutzt wird, um ästhetisch ansprechende Bilder zu kreieren (Amirshahi, Hayn-Leichsenring, Denzler, & Redies, 2014; Datta et al., 2006). Einige Experten halten die Drittelregel für eine der wichtigsten kompositorischen Methoden in der Kunst (Gooch, Reinhard, Moulding, & Shirley, 2001; Mai, Le, Niu, & Liu, 2011). Bei dieser Regel wird das Bild durch zwei imaginäre horizontal und zwei imaginäre vertikal verlaufenden Linien in neun gleich große Teile unterteilt. Die hervorstechenden Elemente des Motives befinden sich der Drittelregel nach entweder auf den imaginären Schnittpunkten der Linien oder verlaufen entlang einer der Linien. Die Drittelregel steht in enger Beziehung zum goldenen Schnitt und ist eine praktische Vereinfachung dessen. Platziert man ein Motiv entlang einer der imaginären Linien, erhält man annähernd den Goldenen Schnitt (Goldener Schnitt = 0.616 im Vergleich zur Drittelregel: $2/3 = 0.666$).



Die Drittelregel, Quelle: Mädchen am Strand – Max Nonnenbruch, selbst eingefügte Linien

HOG-Komplexität

Komplexität in Bildern wird oft beschrieben als Reichhaltigkeit von Details. Es gibt mehrere Möglichkeiten Komplexität zu berechnen (Mario, Chacon, Alma, & Corral, 2005). Im Fall der hier zugrundeliegenden Publikation wurde die HOG-Methode verwendet. Wie bereits erwähnt steht HOG für *Histogram of Oriented Gradients*, also ein Histogramm der orientierten Gradienten. Dabei wird die Komplexität als ein Maß für die Stärke aller Gradienten in einem Bild angegeben (Amirshahi et al., 2012; Redies et al., 2012). Bilder, in denen unterschiedlich helle oder stark unterschiedlich gefärbte Strukturen nebeneinanderliegen, weisen in der Regel hohe Werte an Komplexität auf.

Bereits Birkhoff erkannte, dass Komplexität eine messbare Eigenschaft ist, die er als Anzahl der Aufmerksamkeitszentren beim Betrachten eines Bildes definierte (Birkhoff, 1933; Mallon, 2018). Berlyne nahm an, dass – im Sinne einer U-Kurve verlaufend – eine mittlere Komplexität mit einem hohen Grad an Ästhetik korreliert, was der heutigen Ansicht auf dem Gebiet der experimentellen Ästhetik entspricht (Redies et al., 2015; Roberts, 2007). Verschiedene Studien bestätigen die Relevanz der Komplexität in Bezug auf die ästhetische Wahrnehmung (Jacobsen & Höfel, 2002; Redies et al., 2012; Rigau et al., 2008). So kann die Komplexität ein Prädiktor für Schönheit in Bildern sein (Forsythe, Nadal, Sheehy, Cela-Conde, & Sawey, 2011). In der nachfolgenden Publikation wird die Komplexität mithilfe der HOG-Methode ermittelt.

HOG-Anisotropie

Ähnlich der Komplexität basiert die Berechnung der Anisotropie auf Gradienten in einem Bild. Bei der Anisotropie ist die Orientierung von Luminanzgradienten innerhalb eines Bildes entscheidend. Dominieren diese Luminanzgradienten eine bestimmte Richtung (z.B. hauptsächlich vertikale Ausrichtung bei einer Darstellung vieler nebeneinanderstehender Hochhäuser), ist das Maß stark anisotrop. Bei eher gleichförmiger Verteilung der Gradienten ist die Anisotropie gering. Redies und Kollegen postulierten, dass Bilder von Künstlern und natürliche Strukturen ähnliche Anisotropiewerte aufweisen (Redies et al., 2012).

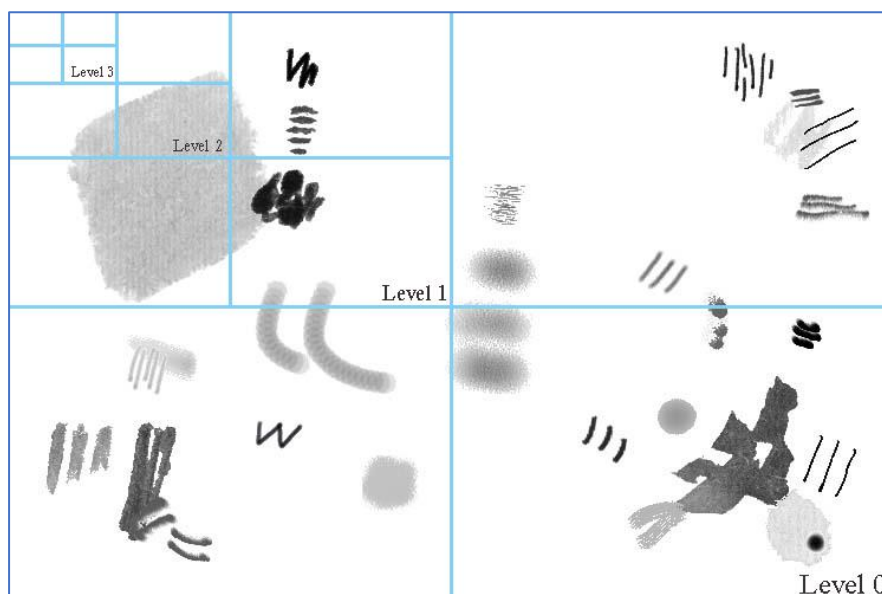
In der hier zugrundeliegenden Publikation wurde ein Histogramm der Gradienten in den zu untersuchenden Bildern erstellt, die Orientierung der Gradienten wurde in 16

gleichförmig verteilte Richtungen zusammengefasst, welche dann miteinander verglichen wurden.

PHOG-Selbstähnlichkeit

Selbstähnlichkeit spiegelt die Eigenschaft eines Bildes oder Objektes wider, Ähnlichkeit zwischen dem Gesamten und Teilen seiner selbst aufzuweisen. So bleiben in sehr selbstähnlichen Bildern die Strukturen beim Vergrößern oder Verkleinern (fast) gleich. Diese spezielle Variante der Selbstähnlichkeit wird als Skaleninvarianz bezeichnet und mithilfe der Fourier Transformation berechnet. Eine sehr nah verwandte Eigenschaft ist die Fraktalität. Besondere Aufmerksamkeit erlangte die Fraktalität im Bereich der Ästhetik durch eine Veröffentlichung von Taylor und Kollegen in der Zeitschrift *Nature*. Die Autoren analysierten Drip-Paintings von Jackson Pollock und kamen zu dem Schluss, dass die Kunstwerke fraktal (also selbstähnlich) sind (Taylor, Micolich, & Jonas, 1999).

Die in dieser Publikation angewandte Methode zur Ermittlung der Selbstähnlichkeit ist die von Bosch und Kollegen beschriebene PHOG-Analyse. Hierbei werden erst die HOG-Werte berechnet und dann in einem pyramidalen System miteinander verglichen. Das Bild (Level 0) wird in 4 gleich große Teile geteilt (Level 1, 4 Teilbilder), die Teile wiederum in weitere 4 gleiche Teile (Level 2, 16 Teilbilder) und diese Teile nochmals in 4 weitere gleichgroße Teile (Level 3), sodass sich 64 gleichgroße Teile ergeben. Die in Level 3 ermittelten HOG-Werte werden dann mit den Werten aus Level 0 verglichen, um die Selbstähnlichkeit zu bestimmen (Braun et al., 2013).



PHOG-Selbstähnlichkeit, Quelle: von einem Probanden erstelltes Bild

Fourier-Anstieg

Um den Fourier Anstieg berechnen zu können, werden die Bilder zuerst in einen Frequenzbereich umgewandelt. Räumliche Frequenzen beschreiben die periodische Verteilung von hell und dunkel innerhalb eines Bildes (Murphy, Brooks, & Cook, 2015). Des Weiteren wird das Power Spektrum (radiale Mittelung) eines Bildes berechnet und als log-log-Plot gegen die Frequenz im Diagramm dargestellt (Menzel, Hayn-Leichsenring, Langner, Wiese, & Redies, 2015; Van der Schaaf & van Hateren, 1996). Das Ergebnis ist eine Gerade, deren Anstieg Aufschluss über Struktur eines Bildes gibt. Je höher der Wert dieses Anstieges ist (also je näher an Null), desto mehr Details (höhere Frequenzen) sind im Bild zu erkennen. Bisherige Studien konnten zeigen, dass Künstler ihre Bilder überwiegend mit einem Fourier-Anstieg von -2 kreieren, was ebenfalls dem Fourier-Anstieg in Fotos von natürlichen Szenen entspricht (Redies, Hasenstein, et al., 2007).

Eine ausführliche Beschreibung der Fourier-Transformation finden Sie in der Arbeit von Redies und Kollegen (Redies, Hänisch, Blickhan, & Denzler, 2007).

Nicht berücksichtigte Bildeigenschaften

Neben den oben aufgeführten Eigenschaften gibt es weitere Parameter, die bei einer Bildanalyse sinnvoll sein können. Birkhoff-ähnliches Maß, Bildformat, Symmetrie, Sättigung und Farbe sind unter Anderem Messwerte, die in bestimmten Fällen aufschlussreiche Ergebnisse liefern können. Möglicherweise gibt es weitere Bildeigenschaften, die bisher noch nicht erforscht und/oder etabliert wurden. Für die Auswertung des Experimentes aus der hier zugrundeliegenden Publikation waren diese Bildeigenschaften allerdings nicht sinnvoll, da sie keinen Mehrwert bei der Unterscheidung von Künstlern und Laien erbracht hätten. So wären einige dieser Bildeigenschaften schon aufgrund des experimentellen Designs nichtig gewesen (z.B. Farbe und Bildformat)

Bewusst und unbewusst

Die oben aufgeführten Bildeigenschaften können genutzt werden, um Bilder zu analysieren. Sind die Künstler sich allerdings bewusst, dass sie ein selbstähnliches Bild erstellen, oder dass der Fourier-Anstieg ihrer Komposition bei -2 liegt?

Um diese Frage zu beantworten, hilft es, die Bildeigenschaften in unbewusste (intuitive) und bewusste (nicht intuitive) Parameter einzuteilen. Während in manchen wissenschaftlichen Bereichen (z.B. in der Psychologie) das Bewusstsein und Unterbewusstsein im Fokus einiger Studien steht (Afanasiev et al., 2010), ist diese Thematik im Bereich der experimentellen Ästhetik nicht erforscht. Dennoch ist es im Zuge dieser Arbeit sinnvoll, die Bildeigenschaften dementsprechend zu unterteilen. Die Drittelregel (und der Goldene Schnitt) ist ein Beispiel für eine bewusst angewandte Form der Komposition. Künstler und Photographen erlernen diese Regel, können sie beschreiben und lehren. Lange wurde das Anwenden der Drittelregel mit visuell ansprechenden Bildern assoziiert, moderne Studien konnten dies allerdings nicht bestätigen (Amirshahi et al., 2014).

Im Gegensatz zu den bewusst angewandten Bildeigenschaften, gibt es solche, die vom Erschaffer intuitiv genutzt werden. Die Veröffentlichung von Taylor zu den Drip-Paintings von Jackson Pollock illustriert dies eindrücklich. Taylor und Kollegen konnten zeigen, dass Pollocks Bilder Fraktalität aufweisen (Taylor et al., 1999). Pollock konnte sich dessen nicht bewusst sein, da das Konzept der Fraktalität erst 20 Jahre nach seinem Tod wissenschaftlich erforscht wurde (Mandelbrot, 1977). Weitere Studien haben gezeigt, dass Fraktalität oft eine Bildeigenschaft von visueller Kunst ist (Graham & Field, 2007).

Fraktalität – und ebenso Selbstähnlichkeit, Anisotropie, und Komplexität – bedarf aufwendiger Rechenarbeiten, die der Mensch ohne die Hilfe eines Computers kaum bewältigen könnte. Somit ist davon auszugehen, dass Künstler beim Kreieren ihrer Kunst keinen direkten Gebrauch von den intuitiven Bildeigenschaften machen, um visuell ansprechende Bilder zu erstellen. Wenn Künstler diese Eigenschaften nicht direkt/bewusst anwenden, können dann auch Nicht-Künstler – also Laien – Bilder mit ähnlichen Eigenschaften erstellen?

Ansätze der experimentellen Ästhetik

Bereits seit den Anfängen der experimentellen Ästhetik gibt es verschiedene Ansätze ästhetische Fragestellungen zu erforschen. Fechner selbst postulierte drei verschiedene Methoden, die auch in der heutigen Zeit ihre Gültigkeit nicht verloren haben: Die Methode der Wahl, die Methode der Herstellung und die Methode der Verwendung. Bei der Methode der Wahl steht die Evaluation der Stimuli im Vordergrund. Es wird untersucht, welche Stimuli/Objekte bevorzugt werden. Die

Methode der Verwendung beinhaltet die Betrachtung der vorhandenen Stimuli/Objekte in der Welt, welche bevorzugt genutzt werden und umschließt die Analyse der Eigenschaften dieser Stimuli/Objekte. Die Methode der Herstellung ist bisher wohl am seltensten angewandt und erforscht. Hier liegt der Fokus auf der Produktion von ästhetischen Stimuli/Objekten (Fechner, 1897; Höge, 1995; McManus et al., 2011; Westphal-Fitch, Oh, & Fitch, 2013). Um zu einer sinnvollen Einschätzung der Ergebnisse dieser Methoden zu gelangen, sollten mindestens zwei der genannten Methoden miteinander verbunden werden, da eine Methode alleine keine gültige Aussagekraft besitzt (Fechner, 1897).

Ein Großteil der Forschung im Bereich der experimentellen Ästhetik bedient sich der Methode der Wahl mit dem Schwerpunkt auf Empfindungen und kognitiven Verarbeitungsprozessen beim Betrachten von Kunst (Gartus, Klemer, & Leder, 2015; Leder, Belke, Oeberst, & Augustin, 2004; Lyssenko, Redies, & Hayn-Leichsenring, 2016). Eine weniger oft verwendete Methode ist die der Herstellung. Die Schwierigkeit, das künstlerische Schaffen in seiner Freiheit zu gewährleisten und dennoch einen objektiven Vergleich herstellen zu können, zählt wahrscheinlich zu den Hauptgegenargumenten der Herstellungsmethode (Westphal-Fitch et al., 2013). Dennoch wurden Versuche unternommen, das Kreieren von Kunst empirisch zu erforschen. Westphal und Kollegen kombinierten die Methode der Herstellung mit der Methode der Verwendung und zeigten so, dass beim Kreieren einfacher visueller Muster die Betonung auf lokalen Beziehungen liegt, wohingegen beim Betrachten von Stimuli die globalen Beziehungen im Vordergrund stehen (Westphal-Fitch et al., 2013). Ein weiteres Beispiel der Kombination dieser Methoden ist die Studie von McManus und Kollegen. Experten und Laien wurden gebeten, Fotos ihrem Schönheitsempfinden nach zu beschneiden. Danach wurden diese Ausschnitte bewertet. Das Ergebnis zeigt, dass die Ausschnitte der Experten zwar stärker variieren, aber weder von Experten selbst, noch von Laien präferiert wurden (McManus et al., 2011).

Ein Versuchsaufbau mit Experten und Laien ist besonders in Bezug auf die oben erwähnten (intuitiven) Bildeigenschaften interessant. Wenn Experten sich der intuitiven Bildeigenschaften nicht bewusst sind, können Laien dann nicht Bilder mit ähnlichen Eigenschaften erstellen? Speziell im Hinblick auf moderne Kunst stellt sich die Frage, ob es tatsächlich einen Unterschied beim Kreieren von Kunst zwischen Experten und Laien gibt. Mitunter glauben naive Betrachter moderner Kunst, dass

bestimmte Kunstwerke ohne jegliche künstlerische Eingebung erstellt werden könnten. Oft ist nicht offensichtlich, ob ein künstlerisches Talent nötig ist um moderne (abstrakte) Kunst zu kreieren. Zwar konnte nachgewiesen werden, dass Künstler (und Kunststudierende) technisch versierter zeichnen können (Chamberlain, McManus, Riley, Rankin, & Brunswick, 2013; Kozbelt, Seidel, ElBassiouny, Mark, & Owen, 2010; McManus et al., 2010; Tchalenko, 2007, 2009), dennoch ist das kein Indikator für künstlerische Kompositionen.

Ziele der Arbeit

Das Ziel der Publikation ist es, Unterschiede zwischen Künstlern und Laien in Bezug auf das Kreieren von abstrakter Kunst zu untersuchen.

Für eine medizinische Dissertation mag diese Fragestellung initial befremdlich wirken. Die Experimente, welche dieser Arbeit zugrunde liegen, sind keine Patientenstudien. Im Zuge psychologischer Grundlagenforschung werden Probanden gebeten, verschiedene Aufgaben zu absolvieren. Die Psychologie offeriert Themengebiete (wie z.B. die Ästhetikforschung), deren Erforschung aus medizinischer Sicht auch berechtigte Grundlage für eine medizinische Dissertation darstellen.

Die experimentelle Ästhetik, als einer der ältesten Forschungsbereiche der Psychologie, hat sich besonders in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt und zunehmend an Einfluss im Bereich der Neuropsychologie – als Schnittstelle zwischen Psychologie und Medizin – gewonnen. Ein Schwerpunkt der Forschung liegt aber nach wie vor auf der Wahrnehmung von Kunst und weniger auf ihrer Entstehung. Besonders im Bereich der abstrakten Kunst wird die Herstellung von Bildern kontrovers diskutiert und oft stellt sich die Frage nach der „künstlerischen Begabung“ des Erschaffers. Gibt es einen Unterschied zwischen Künstlern und Laien und wenn ja, worin besteht dieser Unterschied beim Erschaffen von abstrakter Kunst?

Auf dieser Frage basiert die Hypothese, dass Künstler sich durch kompositorische Mittel in der Tat von Laien unterscheiden. Im Fall dieser Publikation wird untersucht, ob kompositorische Verschiedenheiten ein valides Mittel zur Abgrenzung der beiden Gruppen darstellen können. Zusätzlich wurde erforscht, ob naive Betrachter einen Unterschied zwischen den Kreationen von Künstlern und Laien erkennen können.

Somit nutzen wir die Methode der Herstellung in Kombination mit der Methode der Wahl, um unsere Fragestellung empirisch zu erfassen. Abstrakte Kunst ist eine geeignete Stilrichtung, da es eine semantische Bedeutung möglicher Motive exkludiert. Des Weiteren wurde das experimentelle Design so angepasst, dass möglichst viele künstlerische Freiheiten erhalten bleiben, die Ergebnisse aber nicht von zeichnerischen Fähigkeiten abhängen und trotzdem einen objektiven Vergleich zulassen. Somit konnten wir den Fragen nachgehen, ob 1.) ein objektiv messbarer Unterschied zwischen Künstlern und Laien beim Kreieren abstrakter Kunst besteht, und 2.) naive Betrachter einen Unterschied zwischen von Künstlern und von Laien erstellten Bildern (unter den gleichen Voraussetzungen) erkennen können.

Experiment 1

In einem ersten Experiment wurden Künstler und Laien gebeten, abstrakte Bilder aus vorgegebenen abstrakten Elementen zu kreieren. Die Bilder sollten am Ende dem Erschaffer gefallen. Insgesamt musste jeder Proband 10 Bilder erstellen aus jeweils 30 vorgegebenen Elementen. Dabei wurde darauf geachtet, dass alle Elemente verwendet wurden und keine kleineren Elemente von größeren Verdeckt werden konnten. Anschließend wurden die erstellten Bilder auf ihre Bildeigenschaften hin untersucht und ausgewertet. Eine ausführliche Beschreibung der Versuchsanordnung findet sich in der Publikation.

Experiment 2

In einem Folgeexperiment wurden naive Betrachter (hauptsächlich Medizinstudierende ohne künstlerische Vorkenntnisse) gebeten, die Bilder aus dem ersten Experiment zu begutachten. Die Probanden sollten wählen, ob ein Bild von einem Künstler oder Laien kreiert wurde. Hierzu wurden den Probanden die Bilder aus dem ersten Experiment ausgehändigt (in der Orientierung wie sie erstellt wurden), mit der Bitte, die Bilder entweder der Künstlergruppe oder der Laiengruppe zuzuordnen. Anschließend wurde die Zuordnung statistisch ausgewertet. Eine ausführliche Beschreibung der Versuchsanordnung findet sich in der Publikation.

Publikation:

The Composition of Abstract Images – Differences Between Artists and Laypersons

Philip Letsch
University Hospital Jena

Gregor U. Hayn-Leichsenring
University Hospital Jena and University of Pennsylvania

The compositional abilities of artists have been widely discussed. Yet, there is not much experimental research on this topic. This study examines the difference in composition of abstract art between artists and laypersons. During the first experiment, artists and laypersons were asked to create abstract images out of 30 given abstract elements. This experimental design helped excluding semantic meaning and drawing ability as factors. We analyzed the created images for their statistical low-level properties. An interesting find was that artist created images that were significantly less self-similar (Pyramid of Histogram of Oriented Gradients [PHOG] Self-Similarity) and adhered more closely to the so-called Rule-of-Thirds. In a follow-up experiment, laypersons were asked to categorize the images from the first experiment into images “created by artist” and “created by layperson.” Strikingly, naïve observers were able to distinguish between the groups significantly. Overall, our studied showed that there are differences in the creation of abstract art between laypersons and artists and artist’s creations can be recognized as a class by naïve observers.

Keywords: art, artwork, composition, expertise, image properties

Supplemental materials: <http://dx.doi.org/10.1037/aca0000209.supp>

German philosopher Immanuel Kant (1922) thought of the artist as a *genius*. In Kant’s thinking, artists are people of a special type that are able to unconsciously apply certain rules (the rules of *nature* itself) to produce artworks. Following this notion, artworks are man-made objects that look as if they are natural although they have been created by a genius (the artist). In modern aesthetic research, the identification of those rules has been targeted.

In a highly influential study, Taylor and colleagues showed that drip paintings by the American painter Jackson Pollock are *fractal* (Taylor, Micolich, & Jonas, 1999). In other words: There is a hidden rule according to which Pollock created these images and he was not aware of this particular rule because the modern concept of *fractality* was described about 20 years after Pollock’s death (Mandelbrot, 1977). Subsequent studies showed that—on average—fractality is a property of different kinds of visual artworks (Graham & Field, 2007; Redies, Hasenstein, & Denzler, 2007). This implies that artists—possibly in contrast to layper-

sons—tend to create specific kinds of visual objects. Of interest to the authors, these objects look natural (as insinuated by Immanuel Kant) and possess objective similarities with natural landscapes. Artists paint images with low-level statistics similar to photographs of natural scenes (Redies, Hasenstein, et al., 2007). For Immanuel Kant, the concept of an *artwork* that looks as if it were natural was closely related to *beauty*.

Even in modern art, there is still a strive for beauty (Redies, 2014). However, the understanding and the cognitive mastering of modern artworks are often considered as equally if not more important (Leder, Belke, Oeberst, & Augustin, 2004). An evaluation of six current aesthetic models compares inputs, processing mechanisms, and outputs with the intent of further understanding our engagement with visual art (Pelowski, Markey, Luring, & Leder, 2016). The authors mainly focus on the observer of the artwork (looking for appraisal, understanding, elicited emotion, and physiological reaction) and less on the artist. According to the authors, beauty seems to be mostly irrelevant. Following the considerations in aesthetics research, cognitive mastering of the stimuli is the key in aesthetic appreciation (Leder et al., 2004; Leder & Nadal, 2014). Therefore, it is not surprising that many recent studies in the field of empirical aesthetics focus on the perception and cognitive evaluation of artworks (e.g., Gartus, Klemer, & Leder, 2015; Lyssenko, Redies, & Hayn-Leichsenring, 2016; Muth & Carbon, 2013).

Nevertheless, there is still the question whether artists are special—not only in creating cognitively challenging items, but also

Philip Letsch, Psychology of Beauty Group, Institute of Anatomy I, University Hospital Jena; Gregor U. Hayn-Leichsenring, Psychology of Beauty Group, Institute of Anatomy I, University Hospital Jena, and Neurology Department, University of Pennsylvania.

Correspondence concerning this article should be addressed to Gregor U. Hayn-Leichsenring, Psychology of Beauty Group, Institute of Anatomy I, University Hospital Jena, Teichgraben 7, 07745 Jena, Germany. E-mail: gregorhaynleichenring@googlemail.com

in terms of their ability to compose. Do artists possess some kind of compositional “talent” that distinguishes them from laypersons? This is of particular interest when it comes to modern artists. Occasionally, naïve people tend to believe that anybody can generate modern (abstract) artworks. Accordingly, modern artworks may seem arbitrary (not following traditional art customs) and it may not be obvious what kind of special skills contemporary artists possess. To empirically investigate the talent of artists, it is necessary to differentiate between technical drawing skills and compositional skills.

Previous studies have shown that art students develop a better (technical) drawing ability for sketching human (Schlegel et al., 2015) and other figures (Chamberlain & Wagemans, 2015) from observation. An interesting find, lay people are similarly accurate as artists in tracing simple straight and curved lines (Tchalenko, 2007), while artists were more accurate than laypersons in copying more complex structures of lines (Tchalenko, 2009). Following the hypothesis that artists have better drawing abilities, several authors used the membership in an artistic group as an indicator for good drawing skills (Kozbelt, Seidel, ElBassiouny, Mark, & Owen, 2010; Perdreau & Cavanagh, 2014). As predictors for good drawing ability as shown by actual artists, enhanced visual encoding (I. C. McManus et al., 2010; Perdreau & Cavanagh, 2014), enhanced local visual processing (Chamberlain, McManus, Riley, Rankin, & Brunswick, 2013; Drake & Winner, 2011), enhanced visual selection (Kozbelt et al., 2010; Ostrofsky, Kozbelt, & Seidel, 2012) and a reduction of perception constancy effects (Ostrofsky et al., 2012) have been discussed. Overall, studies on drawing abilities show superior craftsmanship from artists (or trained art students) over lay people.

Regarding compositional rules, there is a (rather indistinct) differentiation between consciously applied rules and subconsciously (or intuitively) applied rules. The former can be explained by the artist and, subsequently, can be taught in art schools. Of interest to the authors, two of the most influential formal rules of composition have been shown to have no, or at least rather limited effect on subjective liking. The so-called “Golden Ratio” (or “Golden Section”) is a traditional relation of sizes and lengths that has been thought to be aesthetically pleasing (Fechner, 1876). However, empirical experiments showed no preference for the Golden Ratio over other ratios (I. C. McManus, 1980). Similarly, the often applied “Rule-of-Thirds”, which says that the most salient features of an image are positioned on the crossings of the third lines in an image) has been not been confirmed to be more aesthetically pleasing than another positioning of salient features (Amirshahi, Hayn-Leichsenring, Denzler, & Redies, 2014).

Besides these consciously applied rules, there are also more intuitively applied rules. George Birkhoff proposed that visual appeal is a function of the ratio of order over complexity (Birkhoff, 1933). In line with this, several recent studies confirmed the importance of complexity in aesthetic composition and perception (Bies, Blanc-Goldhammer, Boydston, Taylor, & Sereno, 2016; Forsythe, Nadal, Sheehy, Cela-Conde, & Sawey, 2011; Jacobsen & Höfel, 2002; Rigau, Feixas, & Sbert, 2008). Artists possibly follow their intuition to create images with these specific properties to make them visually appealing. Subconscious (i.e., intuitively applied) rules also include the already mentioned fractality. Fractality can be determined in different ways. Taylor and colleagues used a box-counting method to calculate the fractal di-

mension D in Pollock’s drip paintings (Taylor et al., 1999). In contrast, Redies et al. (2007) showed that works of visual art display a type of scale invariance by analyzing Fourier statistics and proposed that fractal-like properties are reflected in a $1/f^2$ (f = spatial frequency) Fourier power spectrum. A somewhat related measure is the so-called PHOG (Pyramid Histogram of Oriented Gradients) Self-Similarity. This measure is based on a hierarchical analysis of histograms that measure the anisotropy of an image and it has been used to subjectively evaluate beauty and artistic value (Braun, Amirshahi, Denzler, & Redies, 2013; Hayn-Leichsenring, Lehmann, & Redies, 2017; Lyssenko et al., 2016). It is possible that there are additional compositional rules that have not yet been identified and/or are not measurable.

Gustav Theodor Fechner proposed three methods to investigate aesthetic phenomena (Fechner, 1871). The “method of use” refers to an observation of aesthetic stimuli in the world and analyzing them for their properties. In the “method of choice” participants evaluate stimuli, while in the “method of production,” participants create original aesthetic stimuli (Fechner, 1871; Höge, 1995; Westphal-Fitch, OH, & Fitch, 2013). To investigate aesthetic phenomena in a meaningful way, Fechner proposed a combination of at least two of the methods. In a recent study, Westphal-Fitch and colleagues (2013) showed that production of simple visual patterns puts a larger emphasis on local relations, while reception of simple visual patterns relies more on global, easily scannable relations. Another example for the combination of the method of production with the method of use is a study by McManus et al. (2011). In this study, the authors asked experts and laypersons to crop photographs according to their liking. Experts varied more in their selections, but their crops are not overall preferred—neither by expert viewers nor by nonexpert viewers.

Here, we examine compositional skills of artists as compared with laypersons and, furthermore, investigate whether naïve observers could distinguish between creations of artists and laypersons. Therefore, our approach is a combination of Gustav Theodor Fechner’s method of production and method of choice. We utilized algorithm-based analysis of low-level image properties to objectively measure the difference between compositions by artists and compositions by laypersons. To avoid confounding the results with semantic meaning, we conducted the experiment with abstract images. Additionally, we used an experimental design in which the resulting image did not depend on the drawing skills of the participants. Participants (artists and laypersons) were asked to arrange preexisting elements to their liking. This design allowed us to tackle two questions: (a) Do images created by artists and laypersons differ objectively in their compositional features? (b) Can naïve observers differentiate between images from artists and laypersons that have been created under the same conditions?

Method

Experiment 1: “Production”

Participants. The presented study was conducted in accordance with the ethical guidelines of the Declaration of Helsinki and was approved by the ethics committee of Jena University Hospital. 32 people (22 women, 10 men, mean age: 36.4 years) participated in this experiment. All participants declared having normal or corrected-to-normal visual acuity and gave their written

informed consent after receiving an explanation of the procedures. We selected 16 artists (people who had had at least one art exhibition of their own works) and 16 laypersons (mostly medical students). To validate our categorization into artists and laypersons, we used a questionnaire that showed that the two groups differed significantly for several aspects (see Table 1 for results). The questionnaire included questions about interest in art and how much time was spent on different art related activities, as well as a quiz on the identification of painters of well-known art paintings.

Stimuli. The abstract elements used in this experiment were taken from a pool of 400 elements that had previously been used for creating abstract images (Redies, Brachmann, & Hayn-Leichsenring, 2015). For each image creation, participants had to use a pool containing 30 different elements of various shapes and sizes (see Figure 1 e.g., elements). None of the elements was used more than once.

Experimental design. The experiment was conducted in a quiet, lightly dimmed room on an Apple MacBook Pro computer (15.4 in. screen, resolution: 2880 × 1800 pixel). A computer mouse was used instead of the trackpad. A specifically modified version of Adobe Photoshop CC 2015 was utilized for this experiment that allowed only the needed functions to be used without any of the tools or distracting menus visible on the screen. Single-button keyboard shortcuts were created to rotate the objects. Following a brief introduction of the experiment's procedure, an exemplary image was shown in order to make the participants familiar with the computer program. Unlike the 10 actual test images, which contained 30 abstract elements, the test image only showed four elements. After the participants managed to create an example image, the actual experiment started. For all images, the screen showed a white background with a black frame, surrounded by the abstract elements. The elements were evenly distributed around the black frame (see Figure 1). Once the test subjects felt comfortable with the technical aspects of the experiment, they were given the following instructions:

In this experiment, you will create 10 images. Each image will be constructed from 30 different, preexisting abstract elements. You have 7 minutes to complete each image. Your task will be to place all 30 elements within a black frame and arrange them to create abstract images to your liking. You may freely rotate the elements if you like. (German: In diesem Experiment werden Sie 10 Bilder aus je 30 abstrakten Elementen erstellen. Sie haben für das Erstellen jedes der Bilder sieben Minuten Zeit. Ihre Aufgabe ist es, alle 30 Elemente so anzuordnen, dass Ihnen das erstellte Bild gefällt. Sie können jedes der 30 Elemente frei rotieren.)

The program was designed to enable continuous rotation of an element but prohibit scaling. Each element was defined as a layer

and arranged from the largest to smallest element in terms of depth (background to foreground, respectively). Thus, larger elements could not overlap smaller elements, which prevents smaller elements from becoming invisible. Although this design restricts creative freedom, it was necessary to achieve an objectively equal base for the image analyses.

Within the time limit, participants were allowed to move and rotate every element as long and as often as they wanted. After 3.5 min and 1 min before the ending, participants were informed about the remaining time. In sum, every participant (16 artists and 16 laypersons) created 10 images (320 images in total).

Calculated image properties. To objectively analyze the paintings on compositional aspects, we calculated the following image properties using MATLAB 2008A.

Rule of Thirds. We measured the degree, to which images composition was in line with the so-called Rule of Thirds. This rule implies that the most salient point or points of an image should be placed along the third lines or on the crosses of these third lines to create aesthetically pleasing images (Amirshahi et al., 2014). In the present study, the saliency points were determined based on the Graph-Based Visual Saliency method (Mai, Le, Niu, & Liu, 2011). Subsequently, we calculated whether these saliency points are located on the third-lines of the respective image. Higher values for Rule of Thirds indicate that the image is following this rule.

HOG (Histogram of Oriented Gradients) Complexity. There are several measures to objectively calculate complexity (often described as richness in detail) in images (e.g., Mario, Chacon, Alma, & Corral, 2005; Shiner, Davison, & Landsberg, 1999). Here, we decided for the HOG Complexity that is a measure for the total strength of all gradients in an image (Redies, Amirshahi, Koch, & Denzler, 2012). Image gradients (over the L channel) represent changes of lightness. We calculate the mean norm of the gradients across all orientations as an estimate for image complexity. Higher values of the mean gradient indicate higher complexity. For a detailed explanation of the algorithm, see Braun et al. (2013).

Fourier Slope. To obtain a Fourier Slope measure, we transferred every image into the frequency domain and computed the rotational average of the power spectrum. Then, we created a log-log plot of spectral power (amplitude squared) versus spatial frequency. The slope of a curve in this log-log plot is a measure for the distribution of spatial frequencies in an image (Burton & Moorhead, 1987; Field, 1987; Párraga, Troscianko, & Tolhurst, 2000; Redies, 2007). Previously, it had been shown that artists tend to create images with a slope of about -2 that is similar to photographs of natural scenes (Redies, Hasenstein, et al., 2007). For a detailed explanation of the measuring algorithm, see (Redies, Hänisch, Blickhan, & Denzler, 2007).

Table 1
Results from the Art Questionnaire

Group	Interest in art (low = 0, high = 7)	Visited exhibitions (per month)	Time spent creating art (in hours per week)	Reading art books (in hours per week)	Quiz: Correct answers (out of 9)
Artists	6.25	1.75	14.81	3.06	5.25
Laypersons	3.44	0.69	0.5	0.56	1.56
Two-sided <i>t</i> test (equal variances)	$p < .001^*$	$p = .056$	$p < .001^*$	$p = .008^*$	$p < .001^*$

Note. We precategorized the two groups (artists and laypersons) based on the fact whether or not they have ever had an exhibition of their own (visual) works. Additionally, we used an art questionnaire to investigate if these groups differ in knowledge and interest on art. Every participant completed the questionnaire before the experiment. Displayed are the mean values for the individual questions for artists and laypersons.

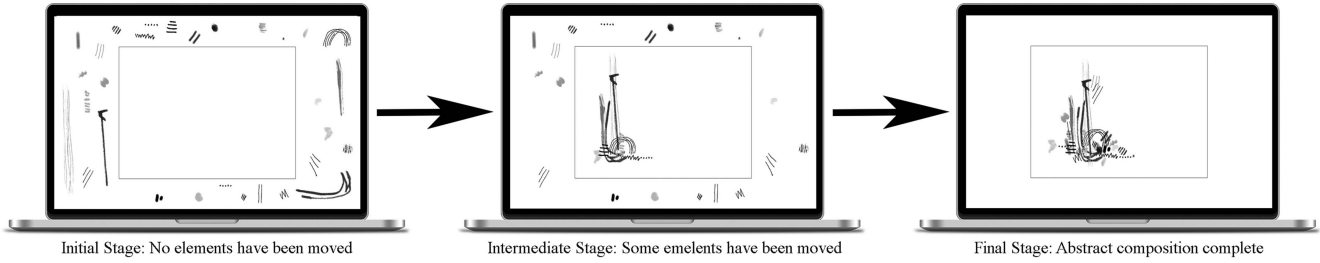


Figure 1. Experimental design for Experiment 1. See chapter Experimental Design for a detailed description.

HOG Anisotropy. We calculated HOG Anisotropy as a measure for the heterogeneity of luminance gradients across orientations in an image. To obtain this measure, a HOGs is created for every single image. In these histograms, the mean strength of the luminance gradients is binned in 16 equally sized orientations that cover all orientations in the image (Dalal & Triggs, 2005). Then, the size of the mean strengths for every gradient orientation is compared. High values in HOG Anisotropy imply that one or few orientations of gradients are more prominent than others in the HOGs. In contrast, low values indicate a rather uniformly distribution of luminance gradients across all orientations (Redies et al., 2012). See Braun et al. (2013) for a detailed description of the method.

PHOG (Pyramid of HOGs) Self-Similarity. Self-Similarity implies that the whole image is structured similarly to its parts. Here, we calculated Self-Similarity using the so-called PHOG method (Bosch, Zisserman, & Muñoz, 2008). To obtain this particular measure, we first calculated the HOG features (Dalal & Triggs, 2005) for the entire image. Second, the image was divided into four rectangles of the same size (Level 1). Afterward, each of the four rectangles was again divided into equal rectangles (Level 2, 16 subimages). We took this approach up to Level 3 (64 rectangular subimages). Then, the HOG features of the entire image on Level 0 were compared with the HOG features of the

rectangles on the third level using the Histogram Intersection Kernel (Amirshahi, Koch, Denzler, & Redies, 2012; Barla, Franceschi, Odone, & Verri, 2002). Again, a detailed description of the methodology can be found in Braun et al. (2013).

Statistics. To compare image properties of images created by artists with images created by laypersons, we calculated the mean values of image properties for every of the 10 images for artist's creations and for layperson's creation (10 mean values for images \times 2 categories of participants). Then, we calculated an independent-samples Student's *t* test with the respective image property as dependent variable and image number as grouping variable. Results were controlled with a post hoc Holm–Bonferroni method.

Furthermore, we performed a k-means clustering over participants. To this aim, we calculated the mean image properties (Rule of Thirds, HOG Complexity, Fourier Slope, HOG Anisotropy, and PHOG Self-Similarity) for every participant and clustered over the results. Afterward, we calculated the mean values of all image properties for both clusters.

Experiment 2: “Categorization”

Participants. The presented study was conducted in accordance with the ethical guidelines of the Declaration of Helsinki

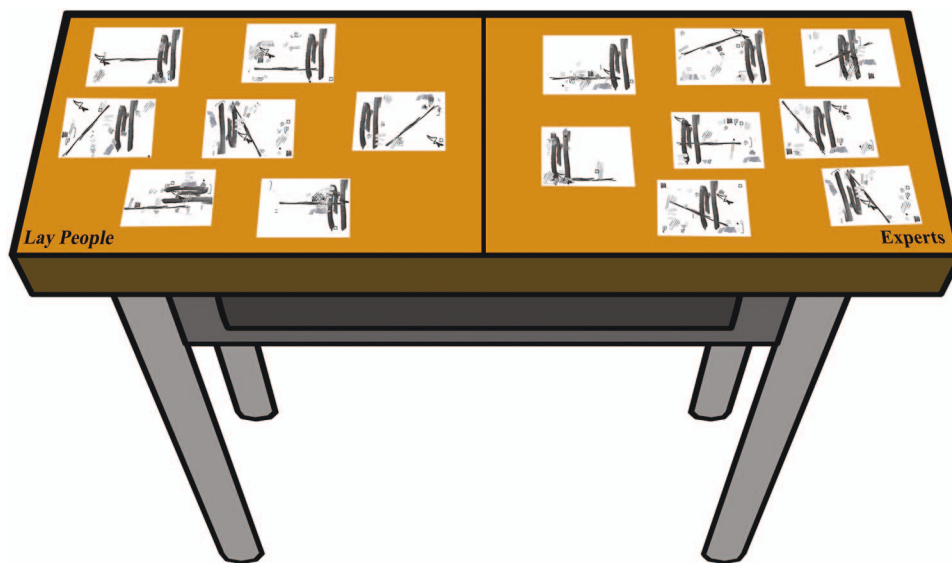


Figure 2. Experimental design for Experiment 2. See chapter Experimental Design for a detailed description. See the online article for the color version of this figure.

and was approved by the ethics committee of Jena University Hospital. Twenty students (mean age: 24 years, 14 women, 6 men) volunteered to partake in Experiment 2. All participants declared having normal or corrected-to-normal visual acuity and gave their written informed consent after receiving an explanation of the procedures. None of these students studied art subjects or art-related topics.

Stimuli. As stimuli, we used the 320 images (10 images from individual sets of elements \times 32 participants) that had been created in Experiment 1. All images were printed on 120 g paper (size: 148 \times 105 mm).

Experimental design. The participants were asked to sort the images created in Experiment 1 into two groups. For this purpose, a table was divided in the middle by a clearly visible line and each

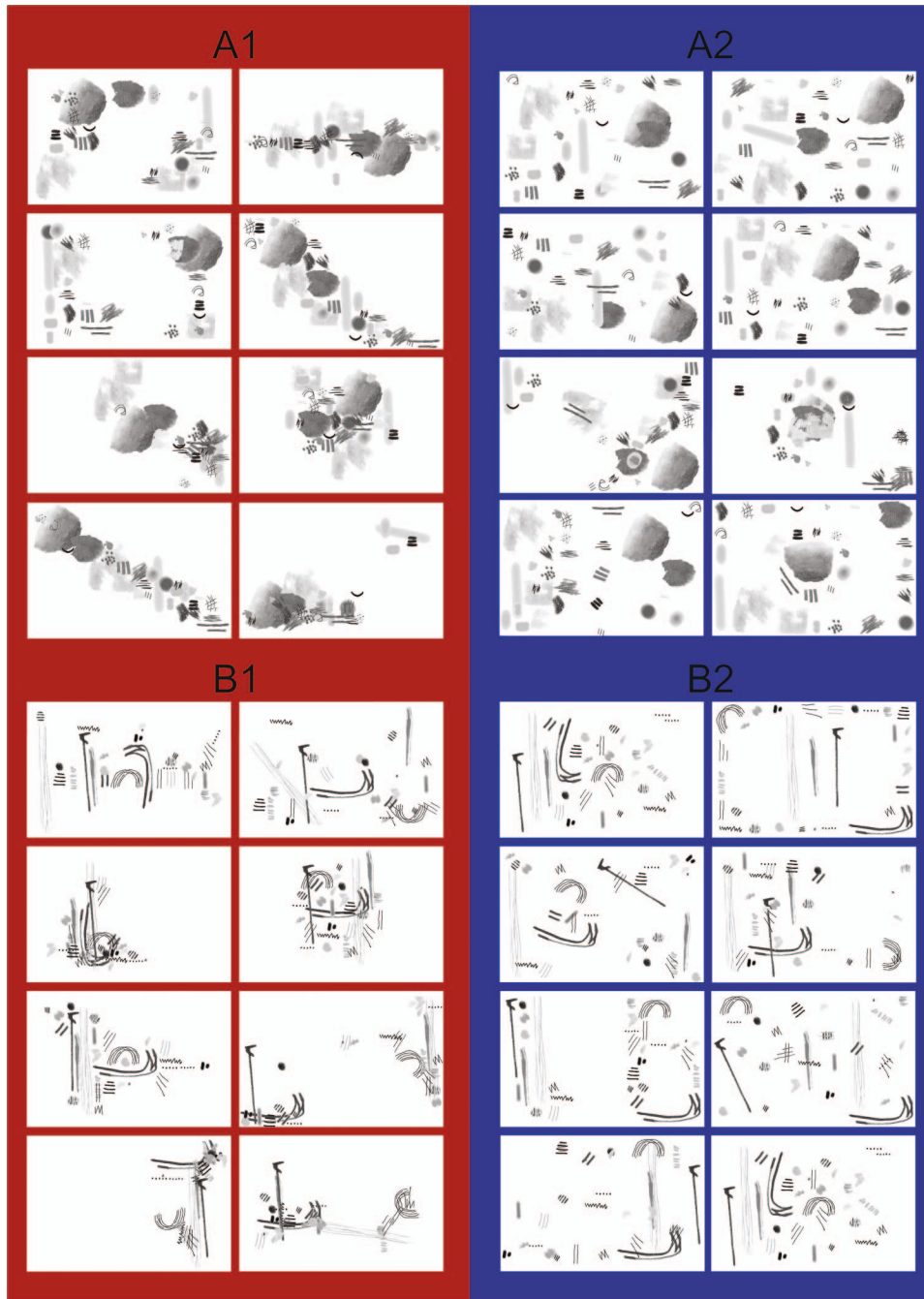


Figure 3. Example images created in Experiment 1 (and used as stimuli in Experiment 2). (A1) artist's creations (Image 4); (A2) layperson's creations (Image 4); (B1) artist's creations (Image 10); (B2) layperson's creations (Image 10). See the online article for the color version of this paper.

side was marked with either “artist” or “layperson” (see Figure 2). The participants were then given a set of 32 printed images (all created from the same elements) that were shuffled before the task started. The instruction was:

Look at every single image and try to evaluate whether it has been created by an artist or by a layperson. Put every image on the respective side of the table. Please make sure that at the end, there are 16 images on each side. (German: Schauen Sie sich bitte jedes Einzelne der Bilder an und versuchen Sie zu entscheiden, ob das jeweilige Bild von einem Künstler oder von einem Laien erstellt wurde. Legen Sie das Bild danach auf die entsprechende Tischseite. Bitte stellen Sie sicher, dass am Ende jeder Sortierung genau 16 Bilder auf jeder Seite liegen.)

The printed images were handed to the participants in the same orientation as the original creation. Every participant completed this task for all 10 sets of images. In total, every participant categorized 160 images as “created by artist” and 160 images as “created by layperson” (320 judgments \times 20 participants = 6,400 judgments overall).

Statistics. To investigate whether naïve observers categorized the images from Experiment 1 correctly, we performed a one-sided binomial test over the absolute numbers of categorization as created by artist or created by layperson, respectively.

Then, we investigated whether objective image properties could be correlated with the categorization created by artist. To this aim, we counted the absolute number of categorizations as created by artist for each of the 320 images (there were 20 participants; therefore, the maximum number of categorizations as created by artist was 20) and calculated the Pearson’s r coefficients for correlations with the respective image properties. Additionally, a multiple linear regression was calculated to predict the classification created by artist based on the image properties of the respective image.

We then looked whether individual observers relied on image statistics for their decisions on whether an image was created by artist. To this aim, we performed an independent-samples Student’s t test with the respective image property as dependent variable and categorization as grouping variable for every naïve observer. Results were controlled with a post hoc Holm-Bonferroni method.

Results

Experiment 1: Production

In Experiment 1, 320 different images were created (160 by artists and 160 by laypersons, see Figure 3 e.g., images). Modern computational methods combined with statistical analysis were applied to characterize certain image properties of the newly created abstract images. Therefore, we calculated a saliency-based measure for the “Rule of Thirds” (a usually consciously applied rule). Furthermore, we obtained HOG Complexity, Fourier Slope, HOG Anisotropy, and PHOG Self-Similarity (to look for unconsciously/intuitively applied rules).

Rule of Thirds. The Rule of Thirds implies that important compositional elements are placed along lines, which split the image into nine equally sized rectangles. Two equally spaced horizontal and two equally spaced vertical lines intersect in four points on the image. Calculating the means for images created by artists ($M = .278$, $SD = .022$) and for images created by laypersons ($M = .241$, $SD = .028$) a significant difference ($t(18) = 3.230$, $p = .005$) was found. This means that artists tend to follow the Rule of Thirds more closely than laypersons (see Figure 4).

HOG Complexity. HOG Complexity measures the strength of all oriented gradients in an underlying gradient image. The mean was calculated for both groups—artists ($M = 5.819$, $SD = 1.332$) and laypersons ($M = 5.466$, $SD = 1.420$). Using a t test analysis, the difference between artists and laypersons proved to be nonsignificant ($t(18) = -.574$; ns ; see Figure 4).

Fourier Slope. A steeper slope stands for a larger amount of low spatial frequencies while a shallower slope reflects a larger amount of high spatial frequencies. We calculated the means for images created by artist ($M = -2.454$, $SD = .198$) and images created by laypersons ($M = -2.495$, $SD = .189$) and the difference was not significant ($t(18) = .484$; ns ; see Figure 4).

HOG Anisotropy. To determine a value for anisotropy, we measured the orientation of the gradients in a gradient image. If the value approached zero, the gradients would distribute uniformly in orientation across the image. Again, the means were calculated for images created by artists ($M = 2.363 \times 10^{-4}$, $SD = 2.727 \times 10^{-5}$) and images created by laypersons ($M = 2.132 \times 10^{-4}$, $SD =$

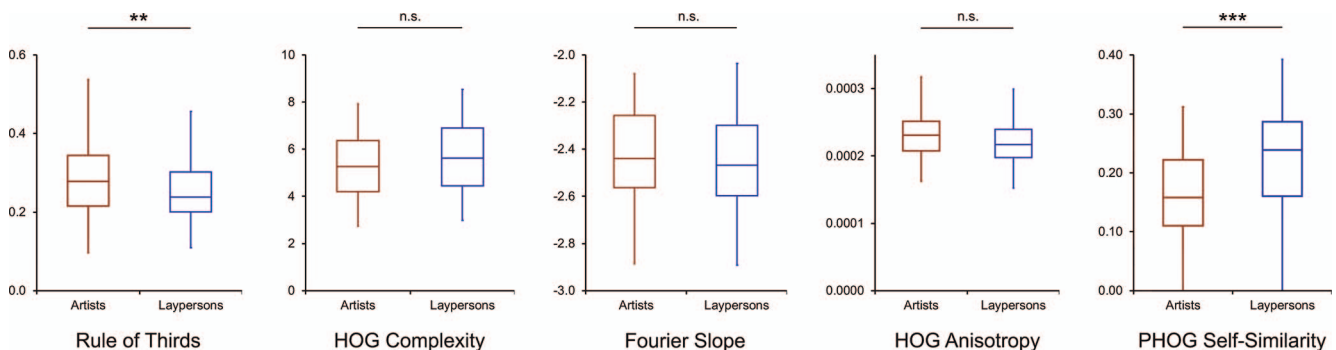


Figure 4. Boxplots for the comparison of artists and laypersons for the obtained statistical measures (Experiment 1). HOG = Histogram of Oriented Gradients; PHOG = Pyramid of Histogram of Oriented Gradients. ** $p < .01$. *** $p < .001$. See the online article for the color version of this figure.

Table 2

Results of the K-Means Clustering Over Mean Values of Produced Images (Experiment 1)

Number of Cluster	Total number	Artists	Laypersons	Rule of Thirds	HOG Complexity	Fourier Slope	HOG Anisotropy	PHOG Self-Similarity
Cluster 1	11	7	4	.2924434	4.906864	-2.42745	.00024096	.1320057
Cluster 2	21	9	12	.2545823	5.779771	-2.49261	.00021644	.2230707

Note. HOG = Histogram of Oriented Gradients; PHOG = Pyramid of Histogram of Oriented Gradients. Displayed are total number of participants assigned to each cluster, numbers of artists, and laypersons assigned to each cluster and mean values for image properties for each cluster.

2.375×10^{-5}) and the difference was also nonsignificant ($t(18) = 1.151$; *ns*; see Figure 4).

PHOG Self-Similarity. Based on the gradient orientation, Level 0 (whole image) is compared with Level 3 (64 subimages, see explanation in 2.1.4). A value of 1 indicates an exactly self-similar image. By calculating the means for images created by artists ($M = .166$, $SD = 0.048$) and by laypersons ($M = .242$, $SD = .036$) and applying a *t* test analysis, a significant difference between the two groups was observed ($t(18) = -4.013$, $p < .001$). Therefore, artists created significantly less self-similar images than laypersons (see Figure 4).

In a next step, we divided the participants with the k-means clustering method according to the mean values of their images. Clustering allowed allocation of participants into two subgroups that resembled each other according to similarities of image properties of their produced images. A comparison of these two clusters showed that 64% of the participants assigned to Cluster 1 were artists, while only 43% of the participants assigned to Cluster 2 were artists (see Table 2). Figure 5 shows the differences between artists or laypersons and Clusters 1 or 2 according to selected image properties (Rule of Thirds and PHOG Self-Similarity).

Experiment 2: Categorization

We analyzed the categorization of the images based on the creators (artists or laypersons) of the images (see Experiment 1). On average, 5.75 out of 10 images that had been created by artists have been (correctly) categorized as created by artists. In

contrast, on average only 4.25 out of 10 images that had been created by laypersons were (incorrectly) categorized as created by artists. A one-sided binomial test indicated that the proportion of correct answers of .575 was higher than the expected .50 ($p < .001$). Therefore, naïve observers sorted the images into the correct group with a significant higher percentage than what random chance would have predicted. Figure 6 shows the categorization according to individual participants (Figure 6A: Artists vs. Laypersons; Figure 6B: Cluster 1 vs. Cluster 2 from Experiment 1).

Furthermore, we found a significant correlation of the categorization created by artist with Rule of Thirds (Pearson's $r = .324$, $p < .001$), HOG Complexity, $r = -.251$, $p < .001$, Fourier Slope, $r = .158$, $p = .005$ HOG Anisotropy, $r = .362$, $p < .001$ and PHOG Self-Similarity, $r = -.613$, $p < .001$. Therefore, participants tended to categorize images following the Rule of Thirds as well as less complex images, images with a shallower Fourier Slope, more anisotropic images and less self-similar images as created by artist.

A multiple linear regression showed that predictors (i.e., image properties) explained 77.5% of the variance (adjusted $R^2 = .7754$; $F(5, 26) = 22.41$, $p < .001$). Rule of Thirds ($t = 3.155$; $p < .01$) and PHOG Self-Similarity ($t = -2.533$; $p < .05$) were significant predictors of categorization as created by artist.

Furthermore, we investigated whether some naïve observers performed better than others. We found that 16 of the 20 observers provided more correct than incorrect categorizations (see Figure

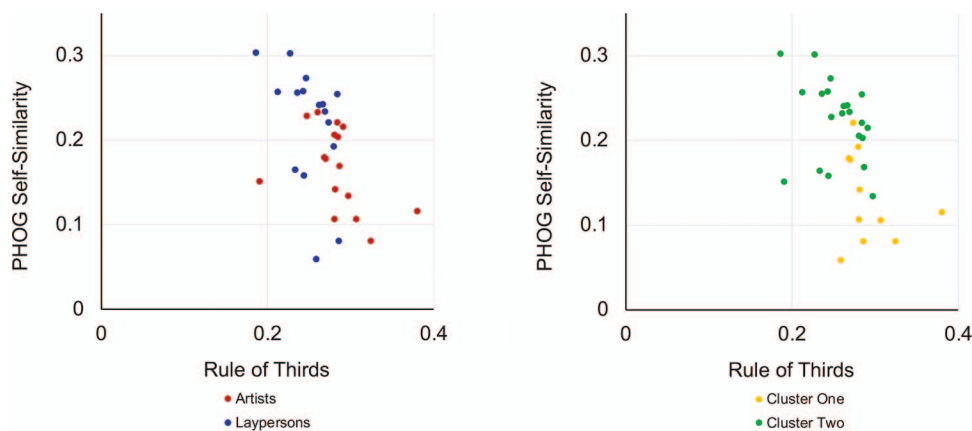


Figure 5. Comparison of artists or laypersons (A) with Clusters 1 or 2 (B). Displayed are the scatter plots for the mean values for Rule of Thirds and PHOG (Pyramid of Histogram of Oriented Gradients) Self-Similarity (Experiment 1). We chose these two image properties, because images produced by artists and images produced by laypersons differed significantly for them. See the online article for the color version of this figure.

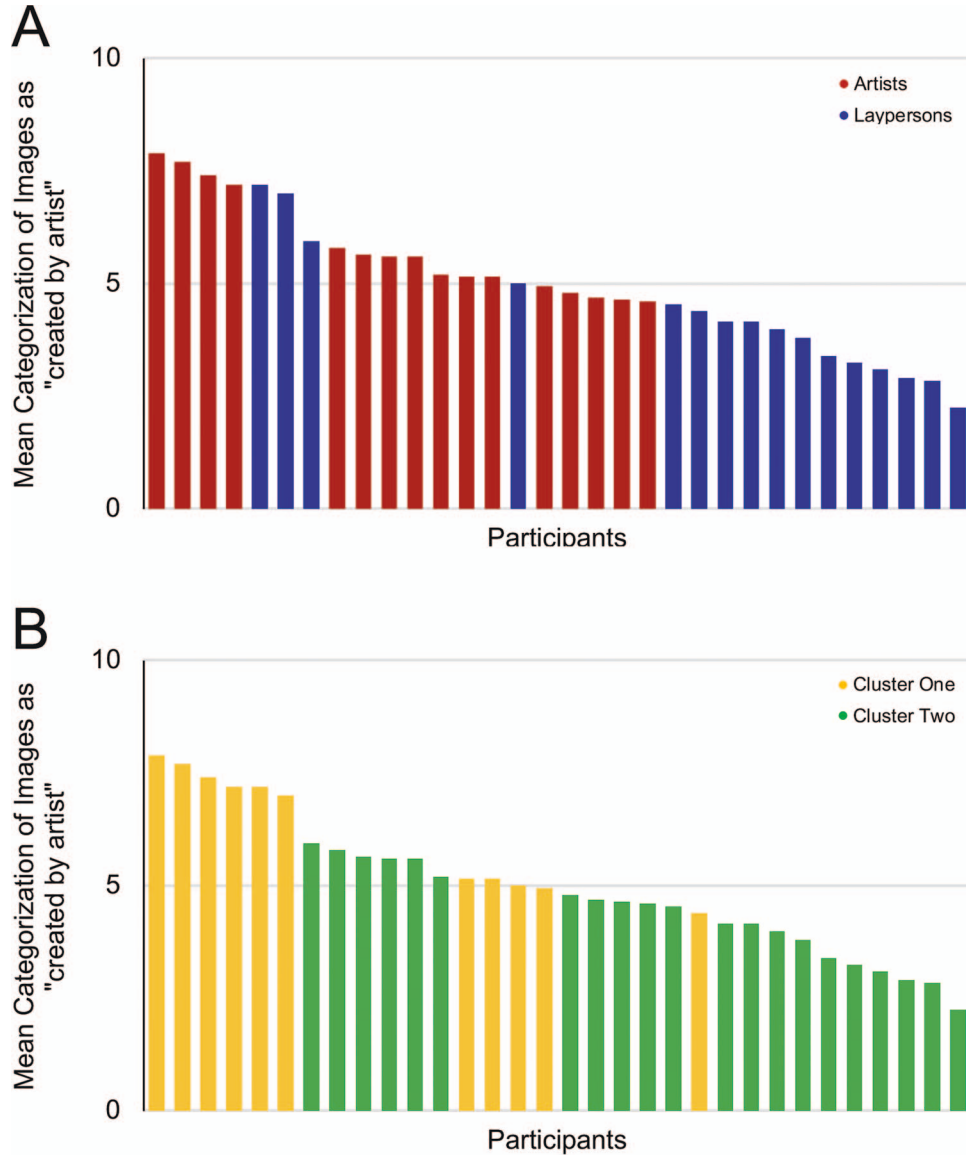


Figure 6. Display of the mean categorization of images as “created by artist” (Experiment 2). A value of 10 on the Y-axis would mean that every naïve observer categorized every image of the respective participant as created by artist. Chart A is color-coded for artists and laypersons. Chart B is color coded for assignment to Cluster 1 and Cluster 2 from Experiment 1. See the online article for the color version of this figure.

7). Independent-samples *t* tests on categorization as created by artist for single naïve observers showed that individual participants relied differently on image properties for their decisions (see Figure 8 and supplemental Table 1).

Discussion

Experiment 1: Production

We conducted a study to determine whether artists apply certain rules when composing an image. Although a previous study showed that images following the Rule of Thirds are not evaluated as more beautiful than other images (Amirshahi et al., 2014), we

found that artist’s creations are more in line with the Rule of Thirds as layperson’s creations—at least within our experimental design. This bias might be based on the (conscious) application of the Rule of Thirds learned in art schools or copied from other artworks. A k-means clustering of the participants on image properties showed that it is (to some degree) possible to decide on image properties only, whether an image has been created by an artist or a layperson (see Figure 5).

Unsurprisingly, we did not find differences in HOG Complexity and HOG Anisotropy between the two categories of participants, because the images were always composed from the same elements (minor differences can be explained by overlapping of the elements). However, we found a compositional difference in

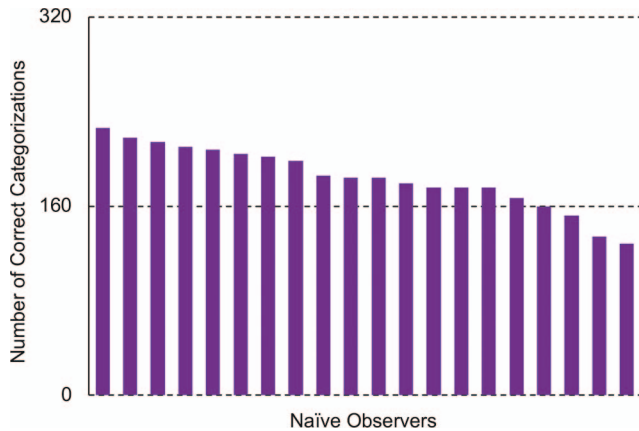


Figure 7. Displayed are the numbers of correct categorizations of images (Experiment 2). Every participant made 320 decisions. Therefore, 160 correct categorizations are chance level. See the online article for the color version of this figure.

low-level properties: Artists created less self-similar images than laypersons. This finding might be unanticipated, having in mind that artworks are usually associated with high values in self-similarity (Amirshahi et al., 2012; Hayn-Leichsenring et al., 2017; Redies, Hasenstein, et al., 2007; Taylor et al., 1999). Though, one has to consider our experimental design. Because of the restrictions within the creation process, there was only a small scope of compositional variance possible. In a study on images composed of similar elements, it had been shown that PHOG Self-similarity is negatively correlated with subjective ratings on interest (Redies et al., 2015). Therefore, we hypothesize that—in our study—artists tended to try to create more interesting (i.e., visually challenging) images. This hypothesis is in line with our findings in Experiment 2.

Experiment 2: Categorization

It is highly difficult to decide whether an object should be considered as an artwork or not (Hayn-Leichsenring, 2017). Therefore, there are not many experimental studies on the categorization of objects as an artwork by participants. In a study on preferences, participants preferred original Mondrian paintings over fake Mondrian paintings (McManus, Cheema, & Stoker, 1993). Furthermore, it has been shown that participants are capable of determining the correct orientation (as from the artist intended) of abstract artworks (Mather, 2012). Similarly, computer analysis has been shown to achieve results comparable to those of humans (Liu, Dong, Zhang, & Jiang, 2017). Here, we found that naïve observers were capable to decide whether an image created under identical circumstances had been created by an artist or a layperson. The effect is rather small. However, participants made their choices solely on the resulting images without any additional information. Furthermore, the task (Experiment 1) was very controlled and the experimental design eliminated any possible technical advantages from artists over laypeople. An analysis of low-level image properties showed that participants that were asked to categorize the images followed a correct pattern. The categorization of images as created by artists correlated positive with Rule of Thirds (a mea-

sure that was significantly higher in actually by artists created images) and negatively with PHOG Self-Similarity (a measure that was significantly lower in actually by artists created images). Also, there was a correlation in the correct direction with values for those measure that showed a tendency in Experiment 1 (HOG Complexity, Fourier Slope, and HOG Anisotropy). On an individual level, we showed that most participants (16 out of 20) were above chance in deciding whether images had been created by artists or laypersons. Therefore, the effect is not driven by a small number of “good” observers. Observers relied differently on image statistics. For example, while most observers categorized less self-similar images as created by artist, some other observers showed the opposite pattern. Strikingly, this was not the case for Rule of Thirds.

In summary, it seems like participants did not categorize the images solely by accident, but instead followed a specific pattern that was (consciously or subconsciously) based on image properties. It is striking that (A) participants were able to categorize the images correctly and (B) that they—consciously or subconsciously—accurately attributed specific objective image properties to images created by artist.

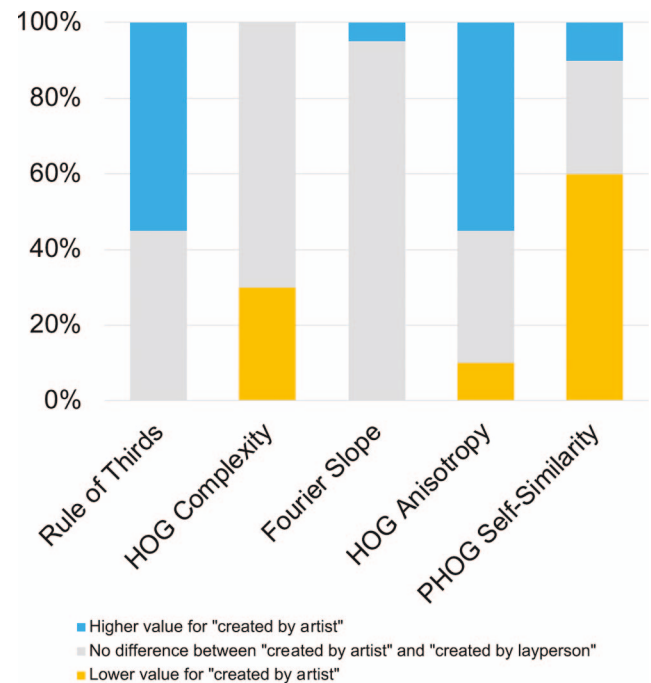


Figure 8. Results from Experiment 2. Displayed are the percentages of naïve observers for which the images that had been categorized as “created by artist” compared with images that were categorized as “created by layperson” showed differences in image properties (Student’s t test, $p < .01$). The color blue indicates positive differences (e.g., higher values in Rule of Thirds for images that had been categorized as created by artist), while dark yellow indicates negative differences (e.g., lower values in Histogram of Oriented Gradients [HOG] Complexity for images that had been categorized as created by artist). See the online article for the color version of this figure.

General Discussion

We found evidence that artists apply certain compositional rules when creating abstract images. Unlike most previous research, we focused on the compositional aspect of art creation. The arrangement of predesigned abstract elements was used as a tool to investigate the question, whether or not artist compose art differently from laypersons, because this experimental design eliminated the confounding aspects of drawing skills and semantic meaning.

With reference to Immanuel Kant, we found that artists might not be geniuses, but they do adhere to certain (conscious and unconscious) rules. They are exceptional composers who create different objects than laypersons.

Limitations

There were several limitations to our study. To investigate one aspect of art creation (namely composition), we had to use a very strict experimental design. Thus, our experimental results on image properties are specific and cannot be generalized. Furthermore, because of the difficulty in recruiting actual artists as participants, there were solely laypersons as naïve observers in Experiment 2. An interesting question for another experiment would be whether artists are capable to do the same categorization as laypersons.

Additionally, the setting of the experiment needs to be considered. Several studies have shown, that art cannot be defined without reference to its context and artistic appreciation is indeed a function of the context of presentation (Gartus et al., 2015; Langer, 2016). Therefore, the categorization task in Experiment 2 might yield different results in a museum like setting.

Summary

We showed that artists create abstract images in a different way than laypersons. Artist adhere to the Rule of Thirds and—presumably subconsciously—create images with low values in PHOG Self-Similarity. In comparison with images created by laypersons, naïve observers significantly categorized artist's images correctly as created by artist without any helping information on the images.

References

- Amirshahi, S. A., Hayn-Leichsenring, G. U., Denzler, J., & Redies, C. (2014). Evaluating the Rule of Thirds in Photographs and Paintings. *Art & Perception*, 2, 163–182. <http://dx.doi.org/10.1163/22134913-00002024>
- Amirshahi, S. A., Koch, M., Denzler, J., & Redies, C. (2012). PHOG analysis of self-similarity in esthetic images. *Proceedings of the Society for Photo-Instrumentation Engineers*, 8291. <http://dx.doi.org/10.1117/12.911973>
- Barla, A., Franceschi, E., Odone, F., & Verri, A. (2002). Image Kernels. In S. W. Lee & A. Verri (Eds.), *Pattern recognition with support vector machines* (pp. 83–96). Berlin, Heidelberg: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/3-540-45665-1_7
- Bies, A. J., Blanc-Goldhammer, D. R., Boydston, C. R., Taylor, R. P., & Sereno, M. E. (2016). Aesthetic responses to exact fractals driven by physical complexity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 210. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2016.00210>
- Birkhoff, G. D. (1933). *Aesthetic measure*. Cambridge, MA: Kessinger Pub Co. <http://dx.doi.org/10.4159/harvard.9780674734470>
- Bosch, A., Zisserman, A., & Muñoz, X. (2008). Scene classification using a hybrid generative/discriminative approach. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 30, 712–727. <http://dx.doi.org/10.1109/TPAMI.2007.70716>
- Braun, J., Amirshahi, S. A., Denzler, J., & Redies, C. (2013). Statistical image properties of print advertisements, visual artworks and images of architecture. *Frontiers in Psychology*, 4, 808. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00808>
- Burton, G. J., & Moorhead, I. R. (1987). Color and spatial structure in natural scenes. *Applied Optics*, 26, 157–170. <http://dx.doi.org/10.1364/AO.26.000157>
- Chamberlain, R., McManus, I. C., Riley, H., Rankin, Q., & Brunswick, N. (2013). Local processing enhancements associated with superior observational drawing are due to enhanced perceptual functioning, not weak central coherence. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66, 1448–1466. <http://dx.doi.org/10.1080/17470218.2012.750678>
- Chamberlain, R., & Wagemans, J. (2015). Visual arts training is linked to flexible attention to local and global levels of visual stimuli. *Acta Psychologica*, 161(Suppl. C), 185–197. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.08.012>
- Dalal, N., & Triggs, B. (2005). Histograms of oriented gradients for human detection. In *2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)* (Vol. 1, pp. 886–893). <http://dx.doi.org/10.1109/CVPR.2005.177>
- Drake, J. E., & Winner, E. (2011). Realistic drawing talent in typical adults is associated with the same kind of local processing bias found in individuals with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41, 1192–1201. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-010-1143-3>
- Fechner, G. T. (1871). *Zur experimentellen Aesthetik I. I.* Leipzig, Germany: Hirzel.
- Fechner, G. T. (1876). *Aesthetik* [Preschool of Aesthetics]. Wiesbaden, Germany: Breitkopf & Härtel.
- Field, D. J. (1987). Relations between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells. *Journal of the Optical Society of America A, Optics and Image Science*, 4, 2379–2394. <http://dx.doi.org/10.1364/JOSAA.4.002379>
- Forsythe, A., Nadal, M., Sheehy, N., Cela-Conde, C. J., & Sawey, M. (2011). Predicting beauty: Fractal dimension and visual complexity in art. *British Journal of Psychology*, 102, 49–70. <http://dx.doi.org/10.1348/000712610X498958>
- Gartus, A., Klemmer, N., & Leder, H. (2015). The effects of visual context and individual differences on perception and evaluation of modern art and graffiti art. *Acta Psychologica*, 156(Suppl. C), 64–76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.01.005>
- Graham, D. J., & Field, D. J. (2007). Statistical regularities of art images and natural scenes: Spectra, sparseness and nonlinearities. *Spatial Vision*, 21, 149–164. <http://dx.doi.org/10.1163/156856807782753877>
- Hayn-Leichsenring, G. U. (2017). The ambiguity of artworks: A guideline for empirical aesthetics research with artworks as stimuli. *Frontiers in Psychology*, 8, 1857. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01857>
- Hayn-Leichsenring, G. U., Lehmann, T., & Redies, C. (2017). Subjective ratings of beauty and aesthetics: Correlations with statistical image properties in western oil paintings. *i-Perception*, 8, 2041669517715474. <http://dx.doi.org/10.1177/2041669517715474>
- Höge, H. (1995). Fechner's experimental aesthetics and the golden section hypothesis today. *Empirical Studies of the Arts*, 13, 131–148. <http://dx.doi.org/10.2190/UHTQ-CFVD-CAU2-WY1C>
- Jacobsen, T., & Höfel, L. (2002). Aesthetic judgments of novel graphic patterns: Analyses of individual judgments. *Perceptual and Motor Skills*, 95, 755–766. <http://dx.doi.org/10.2466/pms.2002.95.3.755>
- Kant, I. (1922). *Kritik der Urteilskraft* [Critique of the Power of Judgment]. (5. Aufl.). Leipzig, Germany: F. Meiner.
- Kozbelt, A., Seidel, A., ElBassiouny, A., Mark, Y., & Owen, D. (2010). Visual selection contributes to artists' advantages in realistic drawing. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 4, 93–102. <http://dx.doi.org/10.1037/a0017657>

- Langer, F. (2016). Art theory for (neuro)scientists: Bridging the gap. *Poetics Today*, 37, 497–516. <http://dx.doi.org/10.1215/03335372-3638030>
- Leder, H., Belke, B., Oeberst, A., & Augustin, D. (2004). A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments. *British Journal of Psychology*, 95, 489–508. <http://dx.doi.org/10.1348/0007126042369811>
- Leder, H., & Nadal, M. (2014). Ten years of a model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments: The aesthetic episode - Developments and challenges in empirical aesthetics. *British Journal of Psychology*, 105, 443–464. <http://dx.doi.org/10.1111/bjop.12084>
- Liu, J., Dong, W., Zhang, X., & Jiang, Z. (2017). Orientation judgment for abstract paintings. *Multimedia Tools and Applications*, 76, 1017–1036. <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-015-3104-5>
- Lyssenko, N., Redies, C., & Hayn-Leichsenring, G. U. (2016). Evaluating abstract art: Relation between term usage, subjective ratings, image properties and personality traits. *Frontiers in Psychology*, 7, 973. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00973>
- Mai, L., Le, H., Niu, Y., & Liu, F. (2011). Rule of thirds detection from photograph. In *2011 IEEE International Symposium on Multimedia* (pp. 91–96). <http://dx.doi.org/10.1109/ISM.2011.23>
- Mandelbrot, B. B. (1977). *Fractals: Form, chance and dimension* (1st ed.). San Francisco, CA: W. H. Freeman & Company.
- Mario, I., Chacon, M., Alma, D., & Corral, S. (2005). Image complexity measure: A human criterion free approach. In *NAFIPS 2005–2005 Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society* (pp. 241–246). <http://dx.doi.org/10.1109/NAFIPS.2005.1548541>
- Mather, G. (2012). Aesthetic judgement of orientation in modern art. *i-Perception*, 3, 18–24. <http://dx.doi.org/10.1068/i0447aap>
- McManus, I. C. (1980). The aesthetics of simple figures. *British Journal of Psychology*, 71, 505–524. <http://dx.doi.org/10.1111/j.2044-8295.1980.tb01763.x>
- McManus, I. C., Chamberlain, R., Loo, P. W., Rankin, Q., Riley, H., & Brunswick, N. (2010). Art students who cannot draw: Exploring the relations between drawing ability, visual memory, accuracy of copying, and dyslexia. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 4, 18–30. <http://dx.doi.org/10.1037/a0017335>
- McManus, I. C., Cheema, B., & Stoker, J. (1993). The aesthetics of composition: A study of mondrian. *Empirical Studies of the Arts*, 11, 83–94. <http://dx.doi.org/10.2190/HXR4-VU9A-P5D9-BPQQ>
- McManus, I. C., Zhou, F. A., l'Anson, S., Waterfield, L., Stöver, K., & Cook, R. (2011). The psychometrics of photographic cropping: The influence of colour, meaning, and expertise. *Perception*, 40, 332–357. <http://dx.doi.org/10.1068/p6700>
- Muth, C., & Carbon, C.-C. (2013). The aesthetic aha: On the pleasure of having insights into Gestalt. *Acta Psychologica*, 144, 25–30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.05.001>
- Ostrowsky, J., Kozbelt, A., & Seidel, A. (2012). Perceptual constancies and visual selection as predictors of realistic drawing skill. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 6, 124–136. <http://dx.doi.org/10.1037/a0026384>
- Párraga, C. A., Troscianko, T., & Tolhurst, D. J. (2000). The human visual system is optimised for processing the spatial information in natural visual images. *Current Biology*, 10, 35–38. [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-9822\(99\)00262-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-9822(99)00262-6)
- Pelowski, M., Markey, P. S., Lauring, J. O., & Leder, H. (2016). Visualizing the impact of art: An update and comparison of current psychological models of art experience. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 160. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2016.00160>
- Perdreau, F., & Cavanagh, P. (2014). Drawing skill is related to the efficiency of encoding object structure. *i-Perception*, 5, 101–119. <http://dx.doi.org/10.1068/i0635>
- Redies, C. (2007). A universal model of esthetic perception based on the sensory coding of natural stimuli. *Spatial Vision*, 21, 97–117. <http://dx.doi.org/10.1163/156856807782753886>
- Redies, C. (2014). Beauty: Neglected, but alive and kicking. *British Journal of Psychology*, 105, 468–470. <http://dx.doi.org/10.1111/bjop.12083>
- Redies, C., Amirshahi, S. A., Koch, M., & Denzler, J. (2012). PHOG-derived aesthetic measures applied to color photographs of artworks, natural scenes and objects. In *Computer Vision—ECCV 2012. Workshops and Demonstrations* (pp. 522–531). Berlin, Heidelberg: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-33863-2_54
- Redies, C., Brachmann, A., & Hayn-Leichsenring, G. U. (2015). Changes of statistical properties during the creation of graphic artworks. *Art & Perception*, 3, 93–116. <http://dx.doi.org/10.1163/22134913-00002017>
- Redies, C., Hänisch, J., Blickhan, M., & Denzler, J. (2007). Artists portray human faces with the Fourier statistics of complex natural scenes. *Network*, 18, 235–248. <http://dx.doi.org/10.1080/09548980701574496>
- Redies, C., Hasenstein, J., & Denzler, J. (2007). Fractal-like image statistics in visual art: Similarity to natural scenes. *Spatial Vision*, 21, 137–148. <http://dx.doi.org/10.1163/156856807782753921>
- Rigau, J., Feixas, M., & Sbert, M. (2008). Informational aesthetics measures. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 28, 24–34. <http://dx.doi.org/10.1109/MCG.2008.34>
- Schlegel, A., Alexander, P., Fogelson, S. V., Li, X., Lu, Z., Kohler, P. J., . . . Meng, M. (2015). The artist emerges: Visual art learning alters neural structure and function. *NeuroImage*, 105, 440–451. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.11.014>
- Shiner, J. S., Davison, M., & Landsberg, P. T. (1999). Simple measure for complexity. *Physical Review E*, 59, 1459–1464. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevE.59.1459>
- Taylor, R. P., Micolich, A. P., & Jonas, D. (1999). Fractal analysis of Pollock's drip paintings. *Nature*, 399, 422. <http://dx.doi.org/10.1038/20833>
- Tchalenko, J. (2007). Eye movements in drawing simple lines. *Perception*, 36, 1152–1167. <http://dx.doi.org/10.1068/p5544>
- Tchalenko, J. (2009). Segmentation and accuracy in copying and drawing: Experts and beginners. *Vision Research*, 49, 791–800. <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2009.02.012>
- Westphal-Fitch, G., OH, J., & Fitch, W. T. (2013). Studying aesthetics with the method of production: Effects of context and local symmetry. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7, 13–26. <http://dx.doi.org/10.1037/a0031795>

Received February 22, 2018

Revision received July 16, 2018

Accepted October 9, 2018 ■

Diskussion

Die Intention zu den Experimenten in der Publikation basiert auf einer Fragestellung aus dem künstlerischen Alltag. Beim Betrachten von abstrakter Kunst ist es nicht immer eindeutig, was den Erschaffer des Werkes zu einem Künstler macht. Am Beispiel des Bildes *Full Stop* von John Latham lässt sich die Thematik veranschaulichen. *Full Stop* zeigt einen schwarzen Punkt ungefähr in der Mitte einer sonst unbehandelten Leinwand. Abgesehen davon, dass die Ränder des Punktes in Teilen verwaschen sind, ist sonst auf den ersten Blick wenig auffällig. Allein das visuelle Erscheinungsbild wirft die Frage auf, ob dieses Gemälde nicht auch von einem Laien hätte erschaffen werden können.

Basierend auf der Hypothese, dass Künstler – im Gegensatz zu Laien – bestimmte (bildkompositorische) Techniken oder Mittel verwenden, um Kunst zu erschaffen, wurden die Experimente aus der zugrundeliegenden Publikation entwickelt. Die Vorhersage, dass Künstler andere Kompositionen erschaffen als Laien konnte in einem speziellen experimentellen Versuchsaufbau anhand computerbasiert gemessener Bildeigenschaften belegt werden. Des Weiteren war es naiven Betrachtern möglich, von Künstlern erstellte Bilder überwiegend korrekt als solche zuzuordnen.

Was ist ein Künstler?

Die oben aufgeführte Fragestellung zu den Unterschieden zwischen Künstlern und Laien unterliegt der Prämisse, dass bestimmte Menschen als Künstler klassifiziert werden können. Ein Vergleich der zwei Gruppen (Künstler und Laien) ist nur dann sinnvoll, wenn gewisse Eigenschaften eines Künstlers ausgemacht werden können. Eine eindeutige Definition eines Künstlers ist schwer festzulegen. Das deutsche Gesetz definiert Künstler wie folgt: „Künstler im Sinne dieses Gesetzes ist, wer Musik, darstellende oder bildende Kunst schafft, ausübt oder lehrt“ (§ 2 KSVG - SGB). Für die Auswahl der Probanden ist diese Definition zu vage. Der Künstler Marcel Duchamp relativiert diese Thematik weiter. Er selbst wurde zum Künstler indem er *Readymades* (Alltagsgegenstände, welche ursprünglich nicht von einem Künstler erschaffen wurden) populär macht, und proklamiert, dass jeder, der sich selber Künstler nennt, auch einer ist (Ashton, 1966). Für eine wissenschaftliche Arbeit ist diese Definition nicht tragbar. 1979 unternahmen Götz und Götz einen

Versuch, Künstler wissenschaftlich zu klassifizieren. Anhand eines Fragebogens wurden Persönlichkeitsmerkmale ermittelt, die Künstlern inhärent seien (Götz & Götz, 1979). In einer späteren einflussreichen Studie von Lena und Lindemann wurde ebenfalls ein Fragebogen verwendet, um Künstler als solche deklarieren zu können. Ein wichtiger Prädiktor für künstlerische Selbstklassifikation in dieser Studie ist eine künstlerische Ausbildung (Lena & Lindemann, 2014). Trotz dieser Studien ist es schwer, Kriterien für die Zugehörigkeit einer Künstlergruppe zu definieren. In der zugrundeliegenden Publikation wurde ein Fragebogen verwendet, um Künstler von Laien zu unterscheiden. Allerdings wurden keine Persönlichkeitsmerkmale berücksichtigt, sondern hauptsächlich der zeitliche Aufwand, den eine Person für die Kunst aufbringt. Des Weiteren mussten die Probanden eine Auswahl historisch signifikanter Bilder benennen, und als Ausschlusskriterium galt, dass Künstler ihre Werke mindestens einmal der Öffentlichkeit in Form einer Ausstellung präsentiert haben mussten. Diese Kriterien sind die Basis für die Definition eines Künstlers im Sinne der Publikation.

Experimente

Im Weiteren wird das erste Telexperiment aus der zugrundeliegenden Publikation als *Experiment 1* und das Folgeexperiment als *Experiment 2* bezeichnet.

Experiment 1

Wie aus der Einleitung erkenntlich, wurden in Experiment 1 mehrere Bildeigenschaften anhand computerbasierter Algorithmen gemessen. Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet und miteinander verglichen.

Experimentelles Design

Experiment 1 wurde konzipiert, um festzustellen, ob Künstler bestimmten kompositorischen Regeln folgen, wenn sie ihre Bilder kreieren. Das experimentelle Design wurde so gestaltet, dass es einen gewissen Grad an künstlerischen Freiheiten ermöglicht, die entstanden Bilder dennoch objektiv vergleichbar macht. Die Probanden wurden gebeten, abstrakte Bilder zu erstellen, welche ihnen gefallen. Der Vorteil der Abstraktion ist der Verlust von semantischer Bedeutung. Somit wurde versucht das „Gefallen“ vom Inhalt eines gegenständlichen Motives zu entkoppeln.

Zusätzlich wurde beim Versuchsaufbau darauf geachtet, dass zeichnerische Fähigkeiten kein Einflussfaktor sind. Es ist bekannt, dass Künstler besseres handwerkliches Können aufzeigen (Chamberlain & Wagemans, 2015; Schlegel et al., 2015; Tchalenko, 2007), weshalb es in Experiment 1 nicht als Variable einfließen sollte.

Weitere Details des Versuchsaufbaus finden sich in der Publikation.

Auswertung

Insgesamt wurden 320 Bilder (160 von Künstlern und 160 von Laien) ausgewertet und im Hinblick auf die Drittelregel, HOG-Komplexität, Fourier-Anstieg, HOG-Anisotropie und PHOG-Selbstähnlichkeit verglichen. Dies geschah mit Hilfe der Students t-Test und der k-clustering Methode.

Künstler komponieren anders als Laien

Die bewusst angewandte Drittelregel wird von Künstlern häufiger verwendet als von Laien. Zwar haben vorherige Experimente zeigen können, dass Bilder, welche der Drittelregel folgen, nicht als *schöner* empfunden werden (Amirshahi et al., 2014), dennoch geht aus Experiment 1 hervor, dass Künstler signifikant häufiger ($t(18) = 3.230$, $p = 0.005$) der Drittelregel folgen (siehe Publikation für weitere Details zu den Resultaten). In Anbetracht der Tatsache, dass die Drittelregel eine in Kunstschulen gelehrt kompositorische Technik darstellt, war das Ergebnis nicht überraschend. Die Auswertung zu HOG-Komplexität, HOG-Anisotropie und Fourier-Anstieg liefern keinen Anhalt zur Unterscheidung von Künstler und Laien auf Basis dieser Bildeigenschaften. Die t-Test Analyse zur HOG-Komplexität ($t(18) = -0.574$; $p = n.s.$), zum Fourier-Anstieg ($t(18) = 0.484$; $p = n.s.$), und zur HOG-Anisotropie ($t(18) = 1.151$; $p = n.s.$) zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Der Grund hierfür liegt im experimentellen Design und in der Art, wie die Bildeigenschaften ermittelt werden. Wie in der Einleitung erwähnt, werden HOG-Anisotropie und HOG-Komplexität mit Hilfe gerichteter Gradienten ermittelt. Da die abstrakten Bilder in Experiment 1 aus vorgegeben Elementen hergestellt wurden (und Künstler und Laien die gleichen Voraussetzungen hatten), entstehen die Unterschiede zwischen den Bildern durch die verschiedene Anordnung von Elementen. Die Elemente durften sich überlappen, was demzufolge in kleineren

Unterschieden von HOG-Anisotropie und HOG-Komplexität resultiert. Hätten sich keine Elemente überlappen dürfen, gäbe es keine Unterschiede bei HOG-Anisotropie und HOG-Komplexität. Zwar wird der Fourier-Anstieg anders ermittelt (auf Basis einer hell-dunkel-Verteilung), aber die Logik hinter der ausbleibenden Signifikanz ist dieselbe.

Im Gegensatz dazu konnte durch die Berechnung der PHOG-Selbstähnlichkeit ein kompositorischer Unterschied zwischen Künstlern und Laien ermittelt werden. Ein Wert von 1 bedeutet, dass ein Bild komplett selbstähnlich ist (siehe PHOG-Selbstähnlichkeit in der Einleitung für eine detaillierte Beschreibung). Der Mittelwert der PHOG-Selbstähnlichkeit von Künstlern lag bei $M = 0.116$ ($SD = 0.048$) und der Mittelwert von Laien bei $M = 0.242$ ($SD = 0.036$). Der angewandte t-Test ergab einen signifikanten Unterschied ($t(18) = -4.013$, $p < 0.001$) zwischen den beiden Probandengruppen. Somit konnte gezeigt werden, dass Künstler weniger selbstähnliche Bilder kreieren als Laien.

Verglichen mit anderen Studien ist dieses Ergebnis unerwartet, da Kunstwerke in aller Regel höhere Werte an Selbstähnlichkeit aufweisen (Amirshahi et al., 2012; Hayn-Leichsenring et al., 2017; Redies, Hasenstein, et al., 2007; Taylor et al., 1999). Zum einen muss hier der experimentelle Aufbau aus Experiment 1 berücksichtigt werden. Auch wenn versucht wurde, den Probanden so viel künstlerischen Spielraum wie möglich zu gewährleisten, gab es dennoch nur einen begrenzten Umfang für kompositorische Vielfalt. Zum anderen kann das Ergebnis evolutionsbiologisch erklärt werden. Wie bereits erwähnt, ist das Sehsystem evolutionär an das Verarbeiten von natürlichen Stimuli (wie z.B. Tiere, Landschaften oder Pflanzen) adaptiert. Dementsprechend ist anzunehmen, dass dem Betrachten von natürlichen Szenen eine optimale, neuronale Kodierung zugrunde liegt (Simoncelli, 2003). Eine effiziente Verarbeitung visueller Sinneseindrücke kann positive Gefühle hervorrufen (Olshausen & Field, 2009). Da klassische Kunstwerke ähnliche Eigenschaften – besonders im Hinblick auf Selbstähnlichkeit – besitzen wie natürliche Szenen (Graham & Redies, 2010), kann klassische Kunst mit positiven Empfindungen assoziiert werden (Redies, Hasenstein, et al., 2007). Es ist zu vermuten, dass klassische Kunst überwiegend erschaffen wurde, um „Schönes“ zu kreieren und damit positive Reaktionen auszulösen. Moderne und abstrakte Kunst hingegen unterliegen anderen Ermessensgrundlagen. Seit dem Dadaismus haben sich die beabsichtigten Reaktionen auf Kunstwerke grundlegend verändert. Es ist

schwierig, die Absichten der nachfolgenden Kunstepochen zu vereinheitlichen, dennoch überwiegt dabei insgesamt eine Distanzierung von der traditionellen Kunst, hin zu dem Versuch nicht etwas „Schönes“, sondern etwas „Interessantes“ zu erschaffen. Bei abstrakter Kunst ist dies besonders eindrücklich. In der Vergangenheit konnte gezeigt werden, dass eine subjektive Bewertung von Interesse in negativer Korrelation zu PHOG-Selbstähnlichkeit steht (Redies et al., 2015). Daraus ergibt sich die Hypothese, dass Künstler in Experiment 1 versucht haben, interessantere (bzw. visuell anspruchsvollere) Bilder zu erstellen, was sich in niedrigen Selbstähnlichkeitswerten (im Vergleich zu klassischen Kunstwerken) widerspiegelt. Dies konnten wir in Experiment 2 bestätigen.

Zusätzlich zu der Analyse des t-Tests, wurde in Experiment 1 die k-clustering Methode angewandt. Hierbei wurden die Probanden nach den Mittelwerten ihrer Bildeigenschaften in zwei Subgruppen unterteilt. Diese Aufteilung erlaubt es, die Probanden (unabhängig ihrer Zuordnung der Gruppen Künstler oder Laie) nach Ähnlichkeiten der Bildeigenschaften der erstellten Bilder zu klassifizieren. Ein Vergleich der so entstandenen zwei Cluster/Subgruppen zeigt, dass 64% der in *Cluster 1* fallenden Personen Künstler sind, während „nur“ 43% der in *Cluster 2* fallenden Personen Künstler sind. Ein Vergleich der entstanden *Cluster* mit den ursprünglichen Gruppen (Künstler und Laie) in Bezug auf die beiden signifikanten Bildeigenschaften Drittelregel und PHOG-Selbstähnlichkeit, gibt zu einem gewissen Grad Aufschluss darüber, ob ein Bild von einem Künstler oder Laien erstellt wurde. *Figure 5* aus der Publikation stellt dieses graphisch da: basierend auf den Bildeigenschaften lassen sich Rückschlüsse ziehen, welcher Gruppe der Erschaffer eines Bildes angehört ist.

Experiment 2

Daten

In diesem Teil des Experimentes wurden naive Betrachter gebeten, die in Experiment 1 erstellten Bilder den Kategorien *von Künstlern erstellt* oder *von Laien erstellt* zuzuordnen. Durchschnittlich wurden 5.75 von 10 Bildern korrekt der Künstlergruppe zugeordnet. Im Gegensatz dazu wurden durchschnittlich 4.25 von 10 Bildern, welche von Laien erstellt wurden, inkorrekt als Künstlerbilder zugeordnet. Ein einseitiger Binominaltest ergab, dass ein Anteil von 0.575 korrekt zugeordneter Bilder höher war, als die erwarteten 0.50 ($p < 0.001$). Daraus lässt sich schlussfolgern,

dass naive Betrachter die Bilder den entsprechenden Gruppen öfter korrekt zuordneten, als es mit einer Zufallswahrscheinlichkeit von 50% der Fall gewesen wäre.

Auswertung

Die Auswertung der Bildparameter ergab signifikante Korrelationen zwischen der Kategorie „von Künstlern erstellt“ und: der Drittelregel (Pearson's $r = 0.324$, $p < 0.001$), der HOG Komplexität ($r = -0.251$, $p < 0.001$), dem Fourier-Anstieg ($r = 0.158$, $p = 0.005$), der HOG Anisotropie ($r = 0.362$, $p < 0.001$) und der PHOG Selbstähnlichkeit ($r = -0.613$, $p < 0.001$). Demnach neigten die Probanden dazu, solche Bilder der Künstlerkategorie zuzuordnen, welche eher der Drittelregel folgen, weniger komplex sind, einen flacheren Fourier-Anstieg haben, eher anisotrop und weniger selbstähnlich sind. Die Drittelregel und die PHOG-Selbstähnlichkeit sind zusätzlich signifikante Prädiktoren für die Zuordnung von Bildern zur Künstlergruppe. Des Weiteren wurde untersucht, ob die Probanden ihre Entscheidung basierend auf den Bildeigenschaften trafen. Bei der Analyse einzelner Probanden in Experiment 2 konnte gezeigt werden, dass 16 der 20 Probanden öfter korrekte als inkorrekte Zuordnungen vornahm. Dabei nutzten die Probanden die jeweiligen Bildeigenschaften individuell unterschiedlich, um Bilder den jeweiligen Gruppen (*von Künstlern erstellt* und *von Laien erstellt*) zuzuordnen (*Figure 8* in der Publikation).

Naive Betrachter wissen mehr

Es ist schwer, Menschen als Künstler einzuordnen. Es ist möglicherweise noch schwerer zu entscheiden, ob, oder wann, ein Objekt als Kunstwerk deklariert werden kann (Hayn-Leichsenring et al., 2017). Dementsprechend finden sich nur wenige Studien, die sich mit der Kategorisierung von Objekten als Kunstwerke befassen. Eine dieser Studien analysiert die Vorlieben von Probanden beim Betrachten von originalen und gefälschten Bildern. McManus und Kollegen konnten so zeigen, dass die Versuchsteilnehmer originale Mondrianbilder gegenüber gefälschten Nachahmungen präferierten (McManus, Cheema, & Stoker, 1993). Überdies wurde gezeigt, dass Probanden die korrekte Orientierung von Bildern (so wie vom Künstler beabsichtigt) bestimmen können (Mather, 2012). Abstrakte Bilder in ihrer korrekten Orientierung erhalten zudem von Betrachtern höhere ästhetische Bewertungen

(Lindauer, 1969). Interessanterweise erzielen Computeralgorithmen ähnlich gute Ergebnisse wie Menschen bei der Beurteilung der Bildorientierung (Liu, Dong, Zhang, & Jiang, 2015).

In Experiment 2 der hier zugrundeliegenden Publikation wurde ebenfalls auf die Orientierung der Bilder geachtet. Den Probanden lagen die Bilder exakt so vor, wie sie in Experiment 1 erstellt wurden. Die Auswertung des Experiments 2 ergab, dass naive Betrachter tatsächlich in der Lage sind, Bilder, welche von Laien und Künstlern unter denselben Bedingungen erstellt wurden, überwiegend korrekt zuzuordnen zu können.

Auch wenn die Effektstärke eher gering ist, weisen die Ergebnisse ein signifikantes Maß auf. Das Ergebnis ist bemerkenswert, da die Probanden in Experiment 2 ihre Entscheidungen allein auf Basis des Bildes trafen, ohne über jegliche Informationen der Bilder zu verfügen. Wie bereits in Experiment 1, ist auch in Experiment 2 das experimentelle Design zu berücksichtigen. Es bestanden keine direkten Einschränkungen für die Probanden (kein Zeitlimit oder Ähnliches), dennoch haben Studien gezeigt, dass die Umgebung beeinflussend auf das Betrachten (und Bewerten) von Kunst wirkt. So erhalten moderne Kunstwerke höhere Bewertungen (im Sinne der Schönheit und des Interesses) innerhalb eines Museums, als auf der Straße (Gartus et al., 2015). Experiment 2 wurde in einem Raum der Universität abgehalten, was möglicherweise keine ideale Umgebung darstellt, um (abstrakte) Kunst zu bewerten. Dennoch erkannten die Probanden die Bilder, welche von Künstlern erstellt wurden, überwiegend korrekt. Eine Analyse der Bildeigenschaften zeigt zudem, dass die Entscheidungen der Probanden auf bestimmten Mustern basieren. Die Kategorisierung der Bilder, welche der Künstlergruppe zugeordnet wurden, weist eine positive Korrelation mit der Drittelregel auf (ein Maß, was bei den Künstlerbildern höher ist, als bei den Laienbildern) und eine negative Korrelation mit der PHOG-Selbstähnlichkeit (ein Maß, was bei den Künstlerbildern niedriger ist, als bei den Laienbildern). Die anderen in Experiment 1 ermittelten (nicht-signifikanten) Bildeigenschaften (HOG-Komplexität, Fourier-Anstieg, und HOG-Anisotropie) offenbaren eine Tendenz zu einer Korrelation, sind aber nicht entsprechend stark ausgeprägt, um sie als wiedererkennbares Muster deklarieren zu können. Die individuelle Betrachtung der Probanden in Experiment 2 ergibt, dass die Zuordnung der Bilder zu der Künstler- oder Laiengruppe nicht dem Zufallsprinzip unterliegt. 16 von 20 Probanden entschieden besser, als der Zufall es vorgegeben

hätte. Somit ist die Effektstärke nicht von wenigen „guten“ Beobachtern beeinflusst, sondern basiert auf den Ergebnissen der Mehrheit aller Testteilnehmer. Wie bereits angedeutet, lagen der Beurteilung der Bilder individuelle Präferenzen von Bildeigenschaften zugrunde. So ordneten einige Probanden weniger selbstähnliche Bilder der Künstlergruppe zu, während andere ein gegenteiliges Verhalten aufwiesen. Bei der Drittelregel war dies nicht der Fall.

Zusammenfassend für Experiment 2 ist festzuhalten, dass die Entscheidungen der Probanden, nicht vom Zufall bestimmt waren. Es konnte gezeigt werden, dass die Probanden bei ihren Entscheidungen bestimmten Mustern (bewusst oder unbewusst angewandt) folgten. Hervorzuheben ist, dass 1.) die Probanden überwiegend korrekt *von Künstlern erstellte* Bilder klassifizieren konnten und 2.) die Probanden – bewusst oder unbewusst – objektiv ermittelte Bildeigenschaften zutreffend Künstlerbildern zuwiesen.

Ein Ausblick in die Zukunft

“It would be very interesting to preserve photographically not the stages, but the metamorphoses of a picture. Possibly one might then discover the path followed by the brain in materializing a dream.” –

Pablo Picasso

Zu Zeiten Picassos war die medizinische Technik noch nicht so ausgereift, wie das heute der Fall ist. Nach wie vor ist es hilfreich Bilder zu analysieren, um Rückschlüsse über den Gedankenprozess der Künstler zu erhalten (oder auch über den Unterschied zwischen Künstlern und Laien in Bezug auf das Kreieren von abstrakter Kunst); aber mit Untersuchungen wie EEGs oder fMRTs lassen sich Aktivitäten direkt im Gehirn nachweisen. Diese neuen Möglichkeiten erlauben es den Wissenschaftlern, spezifische Hirnareale zu lokalisieren, welche bei dem Kunstprozess eine Rolle spielen. Der medizinische Fachbereich, der sich mit dieser Thematik befasst, wird als Neuroästhetik bezeichnet. Zeki beschreibt die Neuroästhetik als das Erforschen von neuronalen Grundlagen bei künstlerischer Kreativität und Leistung, angefangen von elementaren Wahrnehmungsprozessen (Zeki, 2001). In den letzten Jahren hat sich diese junge Wissenschaft rasant weiterentwickelt, aber der Fokus der Untersuchungen liegt hauptsächlich auf der Wahrnehmung und weniger auf der Produktion von Kunst (Lengger et al., 2007). Dabei legt Pinna dar, dass Kunstwerke nicht nur durch Menschen wahrgenommen,

sondern auch von ihnen produziert werden (Pinna, 2007). Die hier zugrundeliegende Publikation untersucht ebenfalls die Produktion von Kunst und dient durch psychologische Grundlagenforschung als Basis für die medizinische Neuroästhetik. Einige Wissenschaftler haben bereits fMRT-Studien zur Kunstproduktion durchgeführt. Eine Studie von Bolwerk und Kollegen konnte zeigen, dass eine prolongierte Exposition gegenüber Kunstproduktion mit neuronalen (verbesselter Verschaltung zwischen Kortizes) und psychologischen (höherer Stressresistenz) Vorteilen in Gegensatz zu Kunstwahrnehmung einhergeht (Bolwerk, Mack-Andrick, Lang, Dörfler, & Maihöfner, 2014). Allerdings wurden in dieser Studie die Langzeiteffekte gemessen und nicht die direkte Antwort im fMRT auf das Erschaffen von Kunst. Shah und Kollegen haben in dieser Hinsicht ein beeindruckendes Experiment durchgeführt. Dabei wurde die Hirnaktivität während des (kreativen) Schreibprozesses gemessen. Somit konnten direkt die Hirnareale aufgezeigt werden, welche beim kreativen Schreibprozess aktiviert werden. Ein solcher Versuchsaufbau ist auch denkbar für das Kreieren/Produzieren von malerischer Kunst. Weiterführende Studien könnten untersuchen, welche Hirnareale bei der malerischen Kunstproduktion aktiv sind und inwieweit diese mit den Arealen des kreativen Schreibens übereinstimmen. Möchte man Zeki in dieser Hinsicht Glauben schenken, können solche und weitere Studien der Neuroästhetik langfristig Aufschluss geben über Themen, wie z.B. die neuronale Basis von Moralität oder Glauben – Antworten auf Fragen des Menschen bei seinem fundamentalen Bestreben, sich selbst zu verstehen (Zeki, 2001).

Schlussfolgerung

Im Gegensatz zu vielen anderen bisher durchgeführten Studien im Bereich der experimentellen Ästhetik liegt der Schwerpunkt in der hier zugrundeliegenden Publikation auf dem Aspekt der Komposition beim Erschaffen von Kunst. Dabei liefert die Studie Belege dafür, dass Künstler beim Kreieren von abstrakter Kunst spezifischen kompositorischen Regeln folgen. Abstrakte Bilder von Künstlern weisen nicht nur andere Bildeigenschaften als Laienbildern auf, sondern können überdies von naiven Betrachtern als Künstlerbilder erkannt werden.

Es besteht in der Tat ein Unterschied zwischen Laien und Künstlern in Bezug auf das Kreieren von abstrakter Kunst.

Literatur- und Quellverzeichnis

- Afanasiev, B. G., Chernopyatov, E. V., Ioffe, S. V., Nezhdanov, I. K., Rusalkina, E. G., & Yesin, S. V. (2010). Psychological Testing or Teaching a Subject Using Subconscious Image Exposure. In: Google Patents.
- Amirshahi, S. A., Hayn-Leichsenring, G. U., Denzler, J., & Redies, C. (2014). Evaluating the Rule of Thirds in Photographs and Paintings. *Art & Perception*, 2(1-2), 163-182. doi:10.1163/22134913-00002024
- Amirshahi, S. A., Koch, M., Denzler, J., & Redies, C. (2012). PHOG analysis of self-similarity in aesthetic images. 8291, 82911J. doi:10.1117/12.911973
- Arnheim, R. (1966). *Toward a psychology of art: Collected essays* (Vol. 242): Univ of California Press.
- Arnheim, R. (1974). *Entropy and art: An essay on disorder and order*: Univ of California Press.
- Ashton, D. (1966). An Interview with Marcel Duchamp. *Studio International*, 171(878), 244-247.
- Ästhetik. (2020). In *Brockhaus Enzyklopädie Online*: NE GmbH | Brockhaus.
- Baumgarten, A. G., & Paetzold, H. (1983). *Meditationes Philosophicae de Nonnullis Ad Poema Pertinentibus= Philosophische Betrachtungen Über Einige Bedingungen des Gedichtes: Lateinisch-Deutsch*.
- Bense, M. (1969). Einführung in Die Informationstheoretische Ästhetik Grundlegung Und Anwendung in der Texttheorie. *Rowohlts deutsche Enzyklopädie*.
- Berlyne, D. E. (1970). Novelty, complexity, and hedonic value. *Perception & Psychophysics*, 8(5), 279-286.
- Berlyne, D. E. (1971). *Aesthetics and psychobiology* (Vol. 336): Appleton-Century-Crofts New York.
- Berlyne, D. E. (1974). *Studies in the new experimental aesthetics: Steps toward an objective psychology of aesthetic appreciation*: Hemisphere.
- Birkhoff, G. D. (1933). *Aesthetic measure*: Cambridge, Mass.
- Bolwerk, A., Mack-Andrick, J., Lang, F. R., Dörfler, A., & Maihöfner, C. (2014). How art changes your brain: Differential effects of visual art production and cognitive art evaluation on functional brain connectivity. *PLoS One*, 9(7).
- Bosch, A., Zisserman, A., & Munoz, X. (2007). *Representing shape with a spatial pyramid kernel*. Paper presented at the Proceedings of the 6th ACM international conference on Image and video retrieval.
- Boselie, F. (1992). The Golden Section has no Special Aesthetic Attractivity! *Empirical Studies of the Arts*, 10(1), 1-18. doi:10.2190/qb14-nk7b-aryt-w5qt
- Braun, J., Amirshahi, S. A., Denzler, J., & Redies, C. (2013). Statistical image properties of print advertisements, visual artworks and images of architecture. *Front Psychol*, 4, 808. doi:10.3389/fpsyg.2013.00808
- Chamberlain, R., McManus, I. C., Riley, H., Rankin, Q., & Brunswick, N. (2013). Local processing enhancements associated with superior observational drawing are due to enhanced perceptual functioning, not weak central coherence. *Q J Exp Psychol (Hove)*, 66(7), 1448-1466. doi:10.1080/17470218.2012.750678
- Chamberlain, R., & Wagemans, J. (2015). Visual arts training is linked to flexible attention to local and global levels of visual stimuli. *Acta Psychol (Amst)*, 161, 185-197. doi:10.1016/j.actpsy.2015.08.012
- Crozier, J. B. (1980). The new experimental aesthetics—The beginning or the end? *Motivation and emotion*, 4(2), 143-148.

- Dalal, N., & Triggs, B. (2005). *Histograms of oriented gradients for human detection*.
- Datta, R., Joshi, D., Li, J., & Wang, J. Z. (2006). *Studying aesthetics in photographic images using a computational approach*. Paper presented at the European conference on computer vision.
- Fechner, G. T. (1897). *Vorschule der Aesthetik*. Leipzig: Breitkopf & Härtel.
- Forsythe, A., Nadal, M., Sheehy, N., Cela-Conde, C. J., & Sawey, M. (2011). Predicting beauty: fractal dimension and visual complexity in art. *Br J Psychol*, 102(1), 49-70. doi:10.1348/000712610X498958
- Gartus, A., Klemer, N., & Leder, H. (2015). The effects of visual context and individual differences on perception and evaluation of modern art and graffiti art. *Acta Psychol (Amst)*, 156, 64-76. doi:10.1016/j.actpsy.2015.01.005
- Gooch, B., Reinhard, E., Moulding, C., & Shirley, P. (2001). Artistic composition for image creation. In *Rendering Techniques 2001* (pp. 83-88): Springer.
- Götz, K. O., & Götz, K. (1979). Personality Characteristics of Successful Artists. *Perceptual and motor skills*, 49(3), 919-924. doi:10.2466/pms.1979.49.3.919
- Graham, D., & Field, D. (2007). Statistical regularities of art images and natural scenes: Spectra, sparseness and nonlinearities. *Spatial Vision*, 21(1-2), 149-164.
- Graham, D., & Redies, C. (2010). Statistical regularities in art: Relations with visual coding and perception. *Vision Res*, 50(16), 1503-1509. doi:10.1016/j.visres.2010.05.002
- Hayn-Leichsenring, G. U., Lehmann, T., & Redies, C. (2017). Subjective Ratings of Beauty and Aesthetics: Correlations With Statistical Image Properties in Western Oil Paintings. *Iperception*, 8(3), 2041669517715474. doi:10.1177/2041669517715474
- Höge, H. (1995). Fechner's Experimental Aesthetics and the Golden Section Hypothesis Today. *Empirical Studies of the Arts*, 13(2), 131-148. doi:10.2190/uhtq-cfvd-cau2-wy1c
- Jacobsen, T., & Höfel, L. (2002). Aesthetic judgments of novel graphic patterns: analyses of individual judgments. *Perceptual and motor skills*, 95(3), 755-766.
- Kebeck, G., & Schroll, H. (2011). *Experimentelle Ästhetik*: Facultas. wuv.
- Koch, M., Denzler, J., & Redies, C. (2010). 1/f 2 Characteristics and isotropy in the fourier power spectra of visual art, cartoons, comics, mangas, and different categories of photographs. *PLoS One*, 5(8), e12268. doi:10.1371/journal.pone.0012268
- Kozbelt, A., Seidel, A., ElBassiouny, A., Mark, Y., & Owen, D. R. (2010). Visual selection contributes to artists' advantages in realistic drawing. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 4(2), 93-102. doi:10.1037/a0017657
- Leder, H., Belke, B., Oeberst, A., & Augustin, D. (2004). A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments. *British Journal of Psychology*, 95(4), 489-508. doi:10.1348/0007126042369811
- Lena, J. C., & Lindemann, D. J. (2014). Who is an artist? New data for an old question. *Poetics*, 43, 70-85. doi:https://doi.org/10.1016/j.poetic.2014.01.001
- Lengger, P. G., Fischmeister, F. P., Leder, H., & Bauer, H. (2007). Functional neuroanatomy of the perception of modern art: A DC-EEG study on the influence of stylistic information on aesthetic experience. *Brain Res*, 1158, 93-102. doi:10.1016/j.brainres.2007.05.001
- Li, C., & Chen, T. (2009). Aesthetic visual quality assessment of paintings. *IEEE Journal of selected topics in Signal Processing*, 3(2), 236-252.

- Lindauer, M. S. (1969). The orientation of form in abstract art. *Proceedings of the Annual Convention of the American Psychological Association*, 4(Pt. 1), 475-476.
- Liu, J., Dong, W., Zhang, X., & Jiang, Z. (2015). Orientation judgment for abstract paintings. *Multimedia Tools and Applications*, 76(1), 1017-1036. doi:10.1007/s11042-015-3104-5
- Lyssenko, N., Redies, C., & Hayn-Leichsenring, G. U. (2016). Evaluating Abstract Art: Relation between Term Usage, Subjective Ratings, Image Properties and Personality Traits. *Front Psychol*, 7, 973. doi:10.3389/fpsyg.2016.00973
- Mai, L., Le, H., Niu, Y., & Liu, F. (2011). *Rule of thirds detection from photograph*. Paper presented at the 2011 IEEE International Symposium on Multimedia.
- Mallon, B. (2018). *Schönheit in abstrakter Kunst: Beeinflussende statistische Eigenschaften und Adaptionseffekte*. Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Mallon, B., Redies, C., & Hayn-Leichsenring, G. U. (2014). Beauty in abstract paintings: perceptual contrast and statistical properties. *Front Hum Neurosci*, 8, 161. doi:10.3389/fnhum.2014.00161
- Mandelbrot, B. B. (1977). *Fractals: form, chance, and dimension* (Vol. 706): WH Freeman San Francisco.
- Mario, I., Chacon, M., Alma, D., & Corral, S. (2005, 26-28 June 2005). *Image complexity measure: a human criterion free approach*. Paper presented at the NAFIPS 2005 - 2005 Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society.
- Markowsky, G. (1992). Misconceptions about the golden ratio. *The College Mathematics Journal*, 23(1), 2-19.
- Martindale, C. (2007). Recent trends in the psychological study of aesthetics, creativity, and the arts. *Empirical Studies of the Arts*, 25(2), 121-141.
- Mather, G. (2012). Aesthetic Judgement of Orientation in Modern Art. *i-Perception*, 3(1), 18-24. doi:10.1068/i0447aap
- McManus, I. C. (1980). The aesthetics of simple figures. *British Journal of Psychology*, 71(4), 505-524. doi:10.1111/j.2044-8295.1980.tb01763.x
- McManus, I. C., Chamberlain, R., Loo, P.-W., Rankin, Q., Riley, H., & Brunswick, N. (2010). Art students who cannot draw: Exploring the relations between drawing ability, visual memory, accuracy of copying, and dyslexia. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 4(1), 18-30. doi:10.1037/a0017335
- McManus, I. C., Cheema, B., & Stoker, J. (1993). The Aesthetics of Composition: A Study of Mondrian. *Empirical Studies of the Arts*, 11(2), 83-94. doi:10.2190/HXR4-VU9A-P5D9-BPQQ
- McManus, I. C., Zhou, F. A., l'Anson, S., Waterfield, L., Stover, K., & Cook, R. (2011). The psychometrics of photographic cropping: the influence of colour, meaning, and expertise. *Perception*, 40(3), 332-357. doi:10.1068/p6700
- Melmer, T., Amirshahi, S., Koch, M., Denzler, J., & Redies, C. (2013). From regular text to artistic writing and artworks: Fourier statistics of images with low and high aesthetic appeal. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(106). doi:10.3389/fnhum.2013.00106
- Menzel, C., Hayn-Leichsenring, G. U., Langner, O., Wiese, H., & Redies, C. (2015). Fourier power spectrum characteristics of face photographs: attractiveness perception depends on low-level image properties. *PLoS One*, 10(4), e0122801. doi:10.1371/journal.pone.0122801
- Murphy, M. S., Brooks, D. I., & Cook, R. G. (2015). Pigeons use high spatial frequencies when memorizing pictures. *J Exp Psychol Anim Learn Cogn*, 41(3), 277-285. doi:10.1037/xan0000055

- Olshausen, B. A., & Field, D. J. (2009). Natural image statistics and efficient coding. *Network: Computation in Neural Systems*, 7(2), 333-339. doi:10.1088/0954-898x_7_2_014
- Oswald, D., Wachsmann, C., & Kellner, P. (2015). *Rückblicke – Die Abteilung Information an der hfg ulm*: Verlag Dorothea Rohn, Lemgo.
- Pinna, B. (2007). Art as a scientific object: toward a visual science of art. *Spatial Vision*, 20(6), 493-508.
- Redies, C., Amirshahi, S. A., Koch, M., & Denzler, J. (2012). PHOG-Derived Aesthetic Measures Applied to Color Photographs of Artworks, Natural Scenes and Objects. 7583, 522-531. doi:10.1007/978-3-642-33863-2_54
- Redies, C., Hänisch, J., Blickhan, M., & Denzler, J. (2007). Artists portray human faces with the Fourier statistics of complex natural scenes. *Network: Computation in Neural Systems*, 18(3), 235-248. doi:10.1080/09548980701574496
- Redies, C., Hasenstein, J., & Denzler, J. (2007). Fractal-like image statistics in visual art: similarity to natural scenes. *Spatial Vision*, 21(1-2), 137-148.
- Redies, C., Hayn-Leichsenring, G. U., & Brachmann, A. (2015). Changes of Statistical Properties During the Creation of Graphic Artworks. *Art & Perception*, 3(1), 93-116. doi:10.1163/22134913-00002017
- Richter, G. (2008). *Text 1961 bis 2007: Schriften, Interviews, Briefe* (Vol. 1): Walther König.
- Rigau, J., Feixas, M., & Sbert, M. (2008). Informational aesthetics measures. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 28(2), 24-34.
- Roberts, M. N. (2007). Complexity and aesthetic preference for diverse visual stimuli. (Doctoral thesis), *Universitat de les Illes Balears, Palma, Spain*.
- Russell, P. A. (2000). The aesthetics of rectangle proportion: effects of judgment scale and context. *The American journal of psychology*, 113(1), 27.
- Schlegel, A., Alexander, P., Fogelson, S. V., Li, X., Lu, Z., Kohler, P. J., . . . Meng, M. (2015). The artist emerges: Visual art learning alters neural structure and function. *Neuroimage*, 105, 440-451. doi:https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.11.014
- Schwabe, K. (2018). *Über die Wahrnehmung von Bildkomposition in abstrakten Kunstwerken*. University of Jena, db-thueringen.de.
- Simoncelli, E. P. (2003). Vision and the statistics of the visual environment. *Current Opinion in Neurobiology*, 13(2), 144-149. doi:https://doi.org/10.1016/S0959-4388(03)00047-3
- Taylor, R. P., Micolich, A. P., & Jonas, D. (1999). Fractal analysis of Pollock's drip paintings. *Nature*, 399(6735), 422-422. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1038/20833>
- Tchalenko, J. (2007). Eye movements in drawing simple lines. *Perception*, 36(8), 1152-1167. doi:10.1068/p5544
- Tchalenko, J. (2009). Segmentation and accuracy in copying and drawing: experts and beginners. *Vision Res*, 49(8), 791-800. doi:10.1016/j.visres.2009.02.012
- Van der Schaaf, v. A., & van Hateren, J. v. (1996). Modelling the power spectra of natural images: statistics and information. *Vision research*, 36(17), 2759-2770.
- Westphal-Fitch, G., Oh, J., & Fitch, W. T. (2013). Studying aesthetics with the method of production: Effects of context and local symmetry. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7(1), 13-26. doi:10.1037/a0031795
- Zeki, S. (2001). Artistic Creativity and the Brain. *Science*, 293(5527), 51. doi:10.1126/science.1062331

Anhang

Danksagung

Ich danke meinem Doktorvater PD Dr. med. dent. habil. Gregor Hayn-Leichsenring, ohne den die Publikation und die darauf basierende Dissertation niemals zustande gekommen wäre. Die stete Unterstützung und unermüdliche Geduld weiß ich sehr zu schätzen. Dank gebührt auch dem Leiter des Institutes für Anatomie, Herrn Prof. Dr. Dr. Christoph Redies, nicht alleine dafür, dass er mir die Arbeit ermöglicht hat, sondern ganz besonders dafür, dass wir die im Experiment verwendeten Elemente (von Prof. Redies eigens kreiert) benutzen durften.

Abschließend danke ich meiner Frau und meiner Familie, die mich in vielerlei Hinsicht tatkräftig unterstützt haben! Ich liebe euch.

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass

mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: PD Dr. med. dent. habil. Gregor Hayn-Leichsenring, Prof. Dr. Dr. Christoph Redies

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe

ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Berlin, 13.10.2020