

Vergleich statistischer Eigenschaften von Bildern
aus Werbung, Architektur und Kunst

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

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

**von Julia Braun
geboren am 01.11.1990 in Eisenach**

Gutachter:

1. Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. habil. Christoph Redies, Jena
2. Prof. Dr.- Ing. Joachim Denzler, Jena
3. Prof. Dr. rer. nat. Christian Wallraven, Seoul

Tag der öffentlichen Verteidigung: 17.11.2015

Inhalt

1. Zusammenfassung	4
2. Einleitung	6
2.1. Experimentelle Ästhetik	6
2.2. Statistische Analyse von Eigenschaften ästhetischer Bilder	13
2.3. Werbebilder und Fotos von Architektur	21
3. Ziele der Arbeit	25
4. Publierte Originalarbeit	
Statistical image properties of print advertisements, visual artworks and images of architecture, Braun J, Amirshahi SA, Denzler J, Redies C, Frontiers in Psychology, 4: 808-823. 2013	26
5. Diskussion	42
5.1 Kritische Betrachtung der Methodik	42
5.2 Diskussion der Ergebnisse für Werbung und Architektur	43
5.3 Bedeutung der Ergebnisse für Werbung und Architektur	47
5.4 Mögliches Modell der ästhetischen Wahrnehmung und Ausblick	47
5.5 Die Bedeutung pathologischer neuronaler Funktionen und ihre Auswirkungen auf künstlerische Fähigkeiten	49
6. Schlussfolgerungen	52
7. Literatur- und Quellenverzeichnis	53
8. Anhang	61
8.1 Danksagung	61
8.2 Lebenslauf	62
8.3 Ehrenwörtliche Erklärung	63

1. Zusammenfassung

Hintergrund:

Das Forschungsgebiet der Experimentellen Ästhetik beschäftigt sich mit den ästhetischen Reizen, welche auf den Organismus wirken, und den daraus resultierenden neuronalen Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozessen. Der in meiner Arbeit verfolgte experimentelle Ansatz besteht in der statistischen Analyse der Objekteigenschaften visueller ästhetischer Reize. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf Eigenschaften gelegt, welche durch verschiedene Vorstudien mit der ästhetischen Wahrnehmung in Verbindung gebracht wurden. Zum Beispiel konnten in früheren Arbeiten unserer Forschergruppe Gemeinsamkeiten für natürliche Szenen und Kunstwerke westlicher Herkunft in ihrem Fourier-Spektrum nachgewiesen werden.

In meiner Arbeit möchte ich zwei weitere Kategorien ästhetischer visueller Reize (Werbung und Architektur) untersuchen, deren spezifische Bildeigenschaften analysieren und mit den Ergebnissen der zuvor untersuchten ästhetischen Reize (Kunstwerke und natürliche Szenen) vergleichen. Werbung und Architektur sind Bestandteil des alltäglichen Lebens und gleichzeitig Resultate eines kreativen Prozesses. Beide Bildkategorien bzw. die abgebildeten Objekte werden mit dem Ziel erzeugt, Wohlbefinden bei dem Betrachter auszulösen. Dieses positive Werturteil kann dann weitere Reaktionen, wie zum Beispiel das Kaufverhalten, beeinflussen.

Fragestellung und Ziele:

In meiner Arbeit untersuche ich die statistischen Bildeigenschaften von Werbung und Architektur und stelle einen Bezug zu den bereits analysierten Kategorien (natürliche Szenen und Kunstwerke) her. Hier die drei konkreten Fragen kurz zusammengefasst:

- 1) Ist es anhand von statistischen Bildeigenschaften möglich, die verschiedenen Bildkategorien zu unterscheiden und sind diese Eigenschaften somit ein probates Mittel für die Einschätzung und Bewertung von Bildern?
- 2) Weisen Werbebilder und Fotos von Architektur trotz verschiedener Inhalte und Verwendungszwecke ähnliche statistische Bildeigenschaften wie natürliche Szenen und Kunstwerke auf?
- 3) In wie weit unterscheiden sich die verschiedenen Kategorien der Werbebilder bezüglich ihrer ästhetischen Eigenschaften bezogen auf den Werbeinhalt (Autowerbung, Modewerbung, Kosmetikwerbung etc.)?

Methodik:

In dieser Arbeit wurden mit Hilfe der Fourier-Transformation und der PHOG-Methode 15 verschiedene Bildkategorien bezüglich verschiedener statistischer Bildeigenschaften (fraktale Dimension, Steigung im Fourier-Spektrum, Selbstähnlichkeit, Komplexität und Anisotropie) untersucht. Die Ergebnisse der Bildkategorien wurden für jede charakteristische Bildeigenschaft miteinander verglichen. Signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Bildkategorien wurden mit dem multivariaten Wilks-Lambda-Test, gefolgt von dem Tukey-*Post hoc* Test, nachgewiesen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen:

Es zeigte sich, dass sich alle vier Bildkategorien (Werbung, Architektur, Kunst und natürliche Szenen) vor allem in Bezug auf die Komplexität, die Selbstähnlichkeit und die fraktale Dimension weitgehend ähneln und von anderen Bildkategorien (z.B. Fotos von einfachen Objekten, Passfotos, Astwerk etc.) unterscheiden. Im Detail konnten aber die einzelnen Bildkategorien auch anhand bestimmter Eigenschaften unterschieden werden. Zum Beispiel zeigen die hier erstmals analysierten Bildkategorien (Werbung und Architektur) höhere Anisotropie-Werte als Kunstwerke und natürliche Szenen. Weiterhin unterscheiden sie sich auch innerhalb ihrer Untergruppen. Vor allem bei der Anzeigenwerbung erlaubt die Komplexität eine Unterscheidung zwischen Abbildungen eines Produkts und Abbildungen mehrerer Produkte (Prospekte, Cover). Es bleibt unklar, ob die gefundenen statistischen Gemeinsamkeiten (mittlere Komplexität und hohe Selbstähnlichkeit) der untersuchten ästhetischen Bilder ursächlich mit ihrer ästhetischen Wirkung auf den Menschen in Verbindung stehen. Ich stelle die Hypothese auf, dass eine charakteristische Ausprägung der statistischen Bildeigenschaften einen positiven Effekt auf die ästhetische Beurteilung eines Objekts bewirken kann, da Bilder mit diesen Eigenschaften eine energieeffiziente Verarbeitung im Sehsystem erlauben.

2. Einleitung

2.1. Experimentelle Ästhetik

Das Wort Ästhetik stammt aus dem Griechischen und bezeichnet die Wissenschaft vom sinnlich Wahrnehmbaren bzw. die Lehre vom Schönen. Die Lehre und Forschung zur Schönheit und Kunst fand bereits in der Antike, mit Platon und Aristoteles als Vertreter, statt. Baumgarten prägte im 18. Jahrhundert den Begriff der Ästhetik und begründete diese als eigene philosophische Disziplin. Als einer der ersten Theoretiker der Ästhetik beschrieb er die ästhetische Wahrnehmung und Erfahrung als Teil der sinnlichen Erkenntnis (Baumgarten 1750/58). Mit dem Physiker und Naturphilosophen Gustav Theodor Fechner erfolgte die Hinwendung zu einer experimentellen Erforschung der Ästhetik. Er ging von einem universellen, empirisch bestimmbar ästhetischen Wert eines Reizes aus, welcher durch verschiedene Reizeigenschaften definiert sei. Diese Eigenschaften lösten bei allen Menschen gleichartige Reaktionen aus. Das anschließende unmittelbare spontane Urteil sei ein Ausdruck für das ästhetische Empfinden des Betrachters (Fechner 1871, Martindale 1984). Fechner beschäftigte sich mit der Theorie des „Goldenen Schnittes“ und gilt als Begründer der Experimentellen Ästhetik (Fechner 1865, 1871).

In den folgenden Jahren kristallisierten sich 3 Hauptansätze auf dem Forschungsgebiet der Ästhetik und der ästhetischen Wahrnehmung heraus: der gestalttheoretische, der informationstheoretische und der psycho-biologische Ansatz (Kebeck und Schroll 2011). Auf diese 3 Ansätze möchte ich im Folgenden näher eingehen.

Die *Gestalttheorie* ist ein Teilgebiet der Wahrnehmungspsychologie und beschäftigt sich mit den Grundlagen der Wahrnehmung (Metzger 1953). Das vom Betrachter wahrgenommene Blickfeld wird als Wahrnehmungsfeld bezeichnet. Dieses setzt sich aus einzelnen Ganzheiten (Gestalten) zusammen. Jede Ganzheit kann für sich alleine stehen. Durch verschiedene Gesetzmäßigkeiten und bekannte Strukturen stehen die einzelnen Objekte in einem Zusammenhang. Diese bekannten Strukturen entstehen aufgrund von Assoziationen mit ähnlichen, bereits zuvor verarbeiteten, Objekten. Dies bedeutet, dass eine neuronale Verarbeitung aufgrund von Erfahrungen erfolgt und die Wahrnehmung der Objekte durch diese Erfahrungen beeinflusst werden kann, um für den Betrachter ein logisches (vertrautes) Bild zu ergeben. Hierbei spielen die Gestaltqualitäten, d.h. spezifische zuvor definierte Eigenschaften von Objekten, wie Nähe, Kontinuität und Gleichheit eine große Rolle (siehe Abb. 1 und 2).

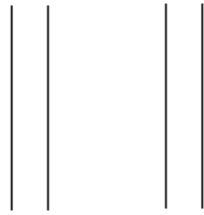


Abb. 1: Nähe

Die Abbildung zeigt 4 einzelne senkrechte Linien. Durch die Nähe der Linien werden jedoch 2 Linien-Paare wahrgenommen.

(Aus: https://www.braekling.de/wp-content/uploads/gestaltgesetz_naehe_beispiel_1.gif, 10.04.2014)

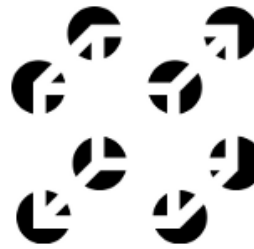


Abb. 2: Kontinuität

In der Abbildung erkennt man einen Würfel. Die Kanten sind jedoch imaginär und das Bild wird aufgrund von Erfahrungswerten vom Gehirn zusammengesetzt.

(Aus: https://www.braekling.de/wp-content/uploads/wuerfel_ohne_kanten.gif, 10.04.2014)

Wertheimer ist einer der Begründer der Gestalttheorie und beschreibt den Begriff der Prägnanz und präzisiert diesen (Wertheimer 1923). Demnach bildet eine Gestalt innerhalb einer Gruppe einen Bezugspunkt für das gesamte Gebilde. Dies wird als „Prägnanzstufe“ bezeichnet. Die „Prägnanztendenz“ beschreibt die Gliederung des Wahrnehmungsfeldes in leicht erinnerliche (prägnante) Gestalten. So entsteht für die Verarbeitung des Reizes eine optimale strukturelle Organisation des Gesamtbildes. Die anschließende Verbindung der Wahrnehmung einer prägnanten Gestalt mit einem positiven Werturteil führt zur charakteristischen Einschätzung als „gute Gestalt“. Es kommt somit auch zu einer moralischen Bewertung und Verknüpfung mit dem wahrgenommenen Objekt (Zaidel und Nadal 2011, Avram *et al.* 2013). Weiterhin gibt es verschiedene Gestaltqualitäten und Gesetze, welche in ihrem Vorkommen und ihrer Ausprägung variieren können (Metzger 1953, 1965). Die Kunst ermöglicht es, sowohl Prägnanz als auch verschiedene Gestaltqualitäten in höchstem Maß zur Darstellung zu bringen und somit ein höchstmögliches ästhetisches Werturteil zu bewirken (Kebeck und Schroll 2011).

Ein häufiger Kritikpunkt bei diesem Ansatz ist, dass die genannten Eigenschaften und „Forderungen“ an den Reiz gestellt werden, die Theorien jedoch keine Hinweise oder Anleitungen vorgeben, wie Prägnanz allgemein erzielt werden kann. Weiterhin sind keine Vorhersagen möglich, welche visuellen Reize bei der Wahrnehmung als prägnant klassifiziert und somit positiv bewertet werden würden (Kebeck und Schroll 2011).

Der *informationstheoretische Ansatz* beschäftigt sich mit den physikalischen Eigenschaften und Merkmalen visueller Reize, welche mit einer ästhetischen Empfindung einhergehen und diese eventuell bewirken können. Diese Betrachtungsweise wird auch als Objektästhetik bezeichnet. Die Erfahrungen des Betrachters und soziokulturelle Einflüsse werden, in Bezug auf das zu erwartende ästhetische Urteil, nicht berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass verschiedene Objekteigenschaften und deren Ausprägungen besondere Auswirkungen auf das ästhetische Empfinden des Betrachters haben können. Die Stärke des ästhetischen Urteils kann daher anhand der Berechnung der einzelnen Eigenschaften vorhergesagt werden und ist im Allgemeinen unabhängig von anderen Einflüssen. Die Hauptbegriffe und Eigenschaften sind hierbei Ordnung und Komplexität (Birkhoff 1933, von Ehrenfels 1937).

Auch Max Bense beschäftigte sich mit dem informationstheoretischen Ansatz (Büscher *et al.* 2004). Er bezeichnete diese Form der Ästhetik als Informationsästhetik. Er teilte die Ästhetik in eine klassische und eine moderne Ästhetik ein. Die klassische Ästhetik charakterisiert ganze Objekte nach ihrem ästhetischen Maß, wohingegen sich die moderne Ästhetik an Zeichen, bzw. einzelnen Elementen orientiert. Die Auswahl und Komposition dieser einzelnen unzerlegbaren Elemente vermittelt eine Botschaft und ruft das ästhetische Empfinden hervor. Für Bense stellte die Kunst ein Mittel zur Kommunikation dar (Büscher *et al.* 2004).

Ebenfalls diesem Ansatz zuzuordnen sind die Theorien von Birkhoff. Er beschrieb 1933 das ästhetische Maß eines Objekts als das Ergebnis eines Zusammenspiels von Ordnungsgrad und Komplexität. Mit einem steigenden Ordnungsgrad ist daher auch eine Steigerung des ästhetischen Empfindens assoziiert. Die Komplexität hingegen verhält sich umgekehrt proportional zum ästhetischen Maß eines Objekts (Birkhoff 1933). Die Wahrnehmung des Objekts kann nach Birkhoff in 3 Verarbeitungsschritte unterteilt werden. Zuerst wird, durch das Maß an Komplexität innerhalb eines Bildes, Aufmerksamkeit bei dem Betrachter erzeugt. Anschließend entsteht, als Belohnung für den kognitiven Arbeitsaufwand, die ästhetische Empfindung. Zum Schluss erkennt der Betrachter eine Ordnung. Diese Ordnung ist einerseits Voraussetzung für die ästhetische Empfindung, andererseits führt das Erkennen der Ordnung zu einer Steigerung des ästhetischen Empfindens. Eysenck hingegen vertrat die Ansicht, dass sowohl ein hohes Maß an Ordnung als auch eine hohe Komplexität das ästhetische Empfinden verstärken können (Eysenck 1942).

Eine neuere Theorie auf dem Gebiet der Objektästhetik stellt das *Peak-Shift-Prinzip* dar. Es orientiert sich gemäß dem zugrunde liegenden Ansatz am Objekt und dessen Eigenschaften. Das Objekt wird auf spezifische Charakteristika untersucht. Diese werden identifiziert und

verstärkt herausgearbeitet. Die Akzentuierung vergrößert die Unterschiede zwischen diesem Objekt und anderen. Somit führt dieses Prinzip zu einer leichteren Diskrimination des Reizes für den Betrachter. Daraus resultiert eine positive ästhetische Bewertung. Vor allem Karikaturen und Comics verdeutlichen diese Art der Darstellung. Für den Erfolg dieser Objektdarstellung benötigt der Betrachter jedoch einen bekannten Vergleichsstimulus, um im Folgenden anhand der überspitzt dargestellten Eigenschaften Unterschiede ausmachen und das Objekte definieren zu können (Ramachandran und Hirstein 1999).

Der *psycho-biologische Ansatz* beschäftigt sich mit den biologischen, psychischen sowie neuronalen Grundlagen der visuellen Wahrnehmung und Verarbeitung von Objekten. Hierbei werden die für die Verarbeitung notwendigen Hirnstrukturen erforscht, sowie die durch das Objekt und dessen Eigenschaften bewirkten Änderungen auf die Verarbeitung untersucht.

Einer der ersten Wissenschaftler, die dieses Gebiet vertraten, war Berlyne (1970). Er teilte die wahrgenommenen visuellen Reize in 3 Gruppen ein: die Elementarreize, die Schlüsselreize und die kollativen (überraschungsreichen) Reize. Die Elementarreize bezeichnen einfache psychophysische Eigenschaften, wie Helligkeit und Lautstärke. Die Schlüsselreize werden als Beispiel für die affektive Komponente von Reizeigenschaften genannt, welche die Möglichkeit besitzen, biologisch programmierte Reaktionen auszulösen (Nahrungssuche, Sexualmerkmale). Die kollativen Reize (Neuheit, Komplexität) bewirken eine starke Aufmerksamkeitssteigerung und stellen eine Verbindung zur Motivationstheorie her (Berlyne 1970, Dechêne 2006). Im Verarbeitungsprozess vergleicht der Betrachter die wahrgenommenen Objekte mit bereits Bekanntem. Kommt er zu dem Ergebnis der Verschiedenartigkeit, d.h. Neuheit (*novelty*), entsteht eine deutliche Steigerung der Aufmerksamkeit und es erfolgte eine Zuwendung zum Objekt.

Weiterhin postulierte Berlyne, dass ästhetische Reize im Gehirn zuerst Erregung induzieren (arousal potential) und somit ein gewisses Aktivierungsniveau auslösen, um dann im Folgenden Entspannung beim Betrachter zu bewirken. Dabei beschrieb er den Zusammenhang zwischen dem Aktivierungsniveau des Organismus und dem Potential eines Objekts, ein angenehmes Gefühl beim Betrachter zu erzeugen (hedonischer Wert), anhand einer umgekehrten u-förmigen Funktion. Ein mittlerer Erregungszustand entspricht demzufolge einem maximalen ästhetischen Erlebnis. Weiterhin seien Organismen im Laufe der Evolution an dieses Aktivierungsniveau adaptiert und spezialisiert (Berlyne 1970, 1974).

Es konnte jedoch konträr gezeigt werden, dass bei bedeutungsvollen Kunstwerken das ästhetische Empfinden mit dem Grad der Erregung gleichmäßig ansteigt und auch ein hohes

Erregungspotenzial mit einem positiven Urteil verbunden sein kann (Hekkert und Leder 2008).

In neuerer Zeit kann man auf dem Gebiet der Experimentellen Ästhetik in der Neuroästhetik eine verstärkte Hinwendung zur psycho-biologischen Betrachtungsweise erkennen. Die Neuroästhetik, als ein Teilgebiet der Experimentellen Ästhetik, untersucht die neuronalen Informationsverarbeitungsprozesse, welche die Grundlage für die ästhetische Wahrnehmung darstellen. Ästhetische visuelle Stimuli sind in der Lage, ein angenehmes Gefühl von Behaglichkeit beim Betrachter zu erzeugen. Auf welchen neuronalen Netzwerken diese Verarbeitung beruht und welche Hirnareale involviert sind, wird untersucht.

Durch Zeki (1999) erhielt die Neuroästhetik die Tendenz zur verstärkten Untersuchung der neurobiologischen Vorgänge. Er postulierte, dass bei der Wahrnehmung von Kunstbildern immer auch die neurophysiologischen Korrelate dieser Wahrnehmung zu betrachten seien. Um Kunst zu verstehen, müsse das Gehirn verstanden werden (Zeki 1999).

Die neurophysiologische Korrelate der ästhetischen Empfindungen zeigen sich in der Aktivierung von Hirnarealen und Funktionskreisen, z.B. des Belohnungssystems im menschlichen Gehirn. Zu den angesteuerten Hirnbereichen gehören der mediale orbitofrontale Cortex, der ventromediale präfrontale Cortex, das ventrale Pallidum sowie das ventrale Striatum (Erk *et al.* 2002, O'Doherty *et al.* 2003, Cela-Conde *et al.* 2004, Kawabata und Zeki 2004, Vartanian und Goel 2004, Jacobsen *et al.* 2006, Schaefer *et al.* 2006, Simmons *et al.* 2013). Weitere Netzwerke im Gehirn, welche bei der Wahrnehmung von visuell ansprechenden Reizen, wie z.B. Kunstwerken, aktiviert werden, nehmen auch bei der moralischen Bewertung einen wichtigen Platz ein (Zaidel und Nadal 2011, Avram *et al.* 2013). Sie können außerdem als selbst-reflektierenden Areale auch zum „*default mode network*“ (Netzwerk des Ruhezustandes) gehören (Vessel *et al.* 2012).

Bisher konnte eine Vielzahl von Hirnarealen identifiziert werden, die mit der Wahrnehmung und Verarbeitung ästhetischer Reize in Verbindung stehen. Im Folgenden möchte ich zwei Theorien vorstellen, welche sich mit der möglichen Organisation der zugrundeliegenden Verarbeitungsprozesse beschäftigen bzw. diese zu erklären versuchen.

Die Theorie der kognitiven Hedonik von Martindale (1984) gründet auf der Annahme, dass durch die Verarbeitung visuell ansprechender Reize ein angenehmes Gefühl beim Betrachter erzeugt wird. Dies geschieht durch die Bildung kognitiver Einheiten (Knoten), welche die visuell wahrgenommenen Informationen kodieren und durch die Verarbeitung der

Information ein gewisses Aktivitätsniveau aufweisen. Bei einer gehäuften Wahrnehmung ähnlicher Objekte mit diesen Eigenschaften wird das Aktivitätsniveau des kodierenden Knotens gesteigert. Einige Eigenschaften bzw. Bildinformationen können aktivierend oder hemmend wirken. Bei der Betrachtung eines Bildes können also bestimmte Bildeigenschaften zu einer stärkeren und schnelleren Verarbeitung führen, wohingegen andere Eigenschaften mit einer hemmenden Wirkung eine langsamere Verarbeitung erzielen. Die optimale Organisation und Verknüpfung dieser Einheiten kann zu einer energieeffizienten und als positiv bewerteten Verarbeitung des Gesehenen führen (Martindale 1984). Interessiert sich ein Betrachter also beispielsweise für einen spezifischen Kunststil, dann sind ihm die charakteristischen Merkmale bezüglich Form, Farbe und weiterer Elemente gut bekannt. Die für diese Eigenschaften kodierenden Knoten weisen ein hohes Aktivitätsniveau auf. Bei der Betrachtung eines Bildes, welches diesem Kunststil zugeordnet werden kann, kommt es zu einer zügigen Verknüpfung der kognitiven Knoten und einer schnellen und effizienten Verarbeitung. Bei dem Betrachter stellt sich in der Folge ein positives Empfinden ein.

Diese effiziente Verarbeitung wird auch bei Reber *et al.* (2004) in der Theorie der Verarbeitungsflüssigkeit aufgegriffen. Diese Theorie beschreibt den Umstand, dass das ästhetische Vergnügen und das ästhetische Potential eines Reizes mit dem neurophysiologischen Verarbeitungsaufwand in Verbindung stehen. Eine Optimierung des Verarbeitungsprozesses geht mit einem verminderten Ressourcenverbrauch und einer stärker ausgeprägten ästhetischen Empfindung einher. Reber unterscheidet die perzeptuelle Verarbeitungsflüssigkeit, als Verarbeitung von physikalischen Eigenschaften (Form, Farbe, Helligkeit), von der konzeptuellen Verarbeitungsflüssigkeit, welche den kognitiven Aufwand darstellt, um dem Reiz eine Bedeutung zuzuordnen. Der zu erwartende Aufwand und der tatsächliche Verarbeitungsaufwand stehen ebenfalls im Zusammenhang mit dem ästhetischen Urteil. Findet eine schnellere Verarbeitung als erwartet statt, erfolgt ein deutlich positiveres Urteil (Reber *et al.* 2004). Eine Erweiterung ist der *mere-exposure*-Effekt von Zajonc (1968). Eine wiederholte Darbietung eines Reizes führt demzufolge zu einer Familiarität mit dem Objekt und einer positiveren Bewertung.

Es lässt sich sagen, dass sowohl die Neuheit eines Objekts für die Aufmerksamkeitsgewinnung, als auch die Familiarität mit dem Objekt für die Verarbeitung eine Rolle spielen. Auch das Prinzip *unity in variety*, d.h. ein größtmögliches Maß an Einheitlichkeit innerhalb eines komplexen variablen Geschehens, erleichtert das Verarbeiten des Reizes (Post *et al.* 2013).

Der in der vorliegenden Arbeit von mir verfolgte Ansatz stellt eine Verbindung zwischen dem informationstheoretischem Ansatz der Objektästhetik und dem psycho-biologischen Ansatz dar. Ich gehe davon aus, dass nicht verschiedene neurologische Prozesse für eine effiziente Verarbeitung ästhetischer Reize nötig sind, sondern es die Reizeigenschaften sind, die eine effiziente Kodierung ermöglichen. Für das ästhetische Empfinden sind sowohl die Objekteigenschaften, als auch eine effiziente Verarbeitung nötig. Diese spezifischen Eigenschaften sind die Grundlage universell anzutreffender neuronaler Verarbeitungsprozesse. Das Vorhandensein dieser Eigenschaften in ihrer charakteristischen Ausprägung kann bei allen Menschen, unabhängig vom soziokulturellen Hintergrund, zu einer erleichterten neuronalen Verarbeitung führen und somit zu einer positiven Bewertung des Reizes. Entstanden sind diese Überlegungen durch die Annahme, dass natürliche Szenen und Kunst effizient durch das Gehirn verarbeitet werden können (Redies 2007). Bei der Betrachtung von natürlichen Szenen erfolgt die Wahrnehmung durch den visuellen Cortex unter Verwendung einer effizienten Kodierung (*sparse coding*; Vinje und Gallant 2000). Eine energieeffiziente Verarbeitung geht daher mit einer geringen Anzahl oder weniger aktivierter Neurone einher (Olshausen und Field 1996). Diese Art der Verarbeitung von natürlichen Szenen gründet vermutlich auf einer evolutionär erfolgten Adaptation und Entwicklung (z.B. Savannah-Hypothese; Orians 1986). Es konnte gezeigt werden, dass die Eigenschaften von Kunstbildern den charakteristischen Eigenschaften der natürlichen Szenen ähneln (Redies *et al.* 2007a). Somit stellt sich die Frage, ob alle ästhetischen Reize gemeinsame statistische Eigenschaften aufweisen, welche eine effiziente Verarbeitung ermöglichen und ein angenehmes Gefühl beim Betrachter erzeugen können (Redies 2007).

Die zuvor genannten Theorien legen den Hauptschwerpunkt bei der Wahrnehmung eines Objektes auf seine Eigenschaften. Leder *et al.* (2004) hingegen vertritt in seinem mehrstufigen Modell der ästhetischen Erfahrung (*model of aesthetic appreciation*; siehe Abb. 3) die Meinung, dass das ästhetische Urteil, speziell in der modernen Kunst, nicht allein durch die visuelle Betrachtung und das Erkennen der Eigenschaften eines Objekts beeinflusst wird. Auch die Vorlieben des Betrachters, dessen Vorwissen und beispielsweise die allgemeine Klassifizierung eines Objekts als Kunstwerk, anhand von Kontextfaktoren (Umwelt), beeinflussen das ästhetische Urteil. Zudem sei zur psychologischen Verarbeitung eines Kunstwerks eine gewisse Einstellung und mentale Haltung nötig. Als Faktoren, die sich diesen Expertisen entziehen, nennt er die Komplexität und Symmetrie innerhalb eines Objekts. Die Wahrnehmung dieser Eigenschaften erfolgt ohne direkte Verarbeitung oder den

Vergleich mit Bekanntem, d.h. passiv und unbewusst. Somit wird auch das resultierende Urteil unbewusst erzeugt. Das Vorliegen von Symmetrie innerhalb von Objekten, Bildern oder auch Architektur erleichtert das Verstehen und Verarbeiten der Informationen. Einzelne Teile des Bildes wurden bereits erkannt und verarbeitet. Wiederkehrende Elemente können anschließend deutlich schneller und mit weniger Aufwand prozessiert werden. Auch die Prototypikalität und die Familiarität spielen hier mit hinein (Leder *et al.* 2004, Hekkert und Leder 2008).

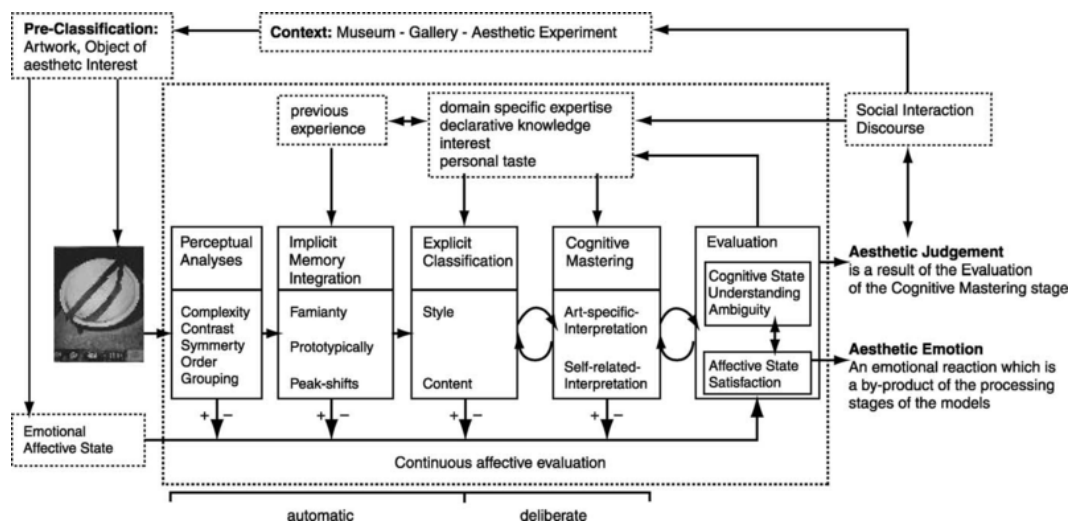


Abb. 3: Darstellung des *model of aesthetic appreciation*. Aus: Leder *et al.* 2004

2.2. Statistische Analyse von Eigenschaften ästhetischer Bilder

Mit Hilfe einer computergestützten Analyse wird versucht, für visuell ansprechende Reize typische Objekteigenschaften nachzuweisen und mit der visuellen Wahrnehmung und Verarbeitung im menschlichen Gehirn in Verbindung zu setzen (Datta *et al.* 2006, Li und Chen 2009, Graham und Redies 2010).

In meiner Arbeit untersuchte ich charakteristische Eigenschaften von Objekten, welche bereits in früheren Studien Forschungsgegenstand der Experimentellen Ästhetik waren. Die Eigenschaften der fraktalen Dimension und bestimmte Eigenschaften des Fourier-Frequenzspektrums wurden durch unsere Arbeitsgruppe an Bildern von natürlichen Szenen und Kunstwerken untersucht und Gemeinsamkeiten zwischen den Bildkategorien bezüglich der genannten Eigenschaften gefunden (Redies *et al.* 2007a, 2012). Im Weiteren werden die von mir analysierten statistischen Bildeigenschaften vorgestellt und die Verknüpfung zur ästhetischen Wahrnehmung dargelegt.

Fraktale Dimension

Eine häufig untersuchte und für natürlicher Szenen und Muster nachgewiesene Eigenschaft, stellt die Fraktalität dar. Natürliche Muster weisen fraktale Eigenschaften auf (Mandelbrot 1982, Barnsley 1993, Gouyet 1996). Die fraktale Dimension reflektiert das quantitative Auftreten von Kanten in binärisierten Bildern, korreliert also stark mit der Komplexität. Je höher die Anzahl der abgebildeten Kanten ist und je dichter diese gepackt sind, desto größer ist der Wert der fraktalen Dimension. Die Fraktalität oder fraktale Dimension weist rechnerisch eine nicht-ganzzahlige Dimension auf. Eine Linie hat die Dimension „1“, ein Dreieck oder eine Fläche haben die Dimension „2“. Ein fraktales Gebilde weist eine Dimension zwischen 1 und 2 auf. Dieser Umstand wird beispielsweise in der „Mandelbrotmenge“ deutlich (siehe Abb. 4).

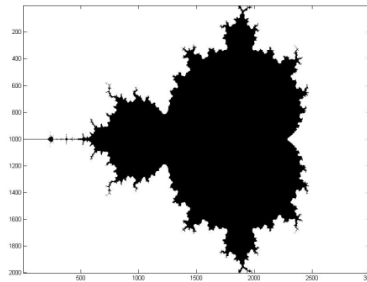


Abb. 4: Beispielbild für die graphische Darstellung der Mandelbrot-Menge.

(Aus: <http://n.ethz.ch/student/gkaemp/Mandelbrotmenge.n15.2001.3001.jpg>, 10.04.2014)

Taylor und Sprott (2008) konnten zeigen, dass ein Objekt mit einer fraktalen Dimension zwischen 1,3 und 1,5 als besonders ästhetisch angesehen wird. Die Analyse der fraktalen Dimension erfolgt mit Hilfe der *Box-counting*-Methode (siehe Abb. 5). Das Bild eines visuellen Reizes wird durch ein Netz von Quadraten überlagert. Die vom Objekt ausgefüllten Quadrate (Anzahl der Kanten) werden mit den freien, nicht ausgefüllten Quadraten ins Verhältnis gesetzt. Dieser Vorgang kann beliebig oft mit kleineren Quadraten wiederholt werden. Die Reduktion der Quadrate innerhalb des Netzes führt zu einer Vergrößerung der untersuchten Objektabschnitte. Der Nachweis ähnlich verteilter Anteile von Überlagerung und freien Flächen wird auch als Skalierungsinvarianz bezeichnet. Diese stellt einen zentralen Bestandteil der fraktalen Geometrie dar (Taylor *et al.* 2007). Ein Beispiel für Skalierungsinvarianz, bzw. Selbstähnlichkeit, stellt die Koch-Kurve dar. Sie ist gleichzeitig ein fraktales Objekt (siehe Abb. 6).

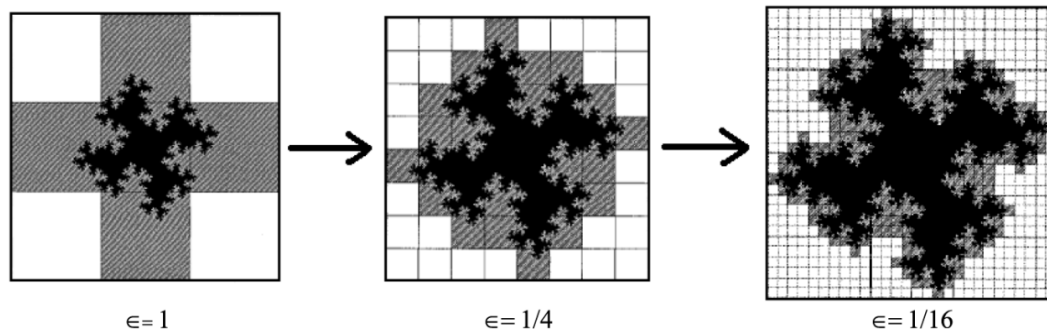


Abb. 5: Box-Counting-Methode mit fortschreitender Verringerung der Kästchengröße innerhalb des Netzes.

(Aus: http://www.emeraldinsight.com/content_images/fig/1540110402015.png, 10.04.2014)

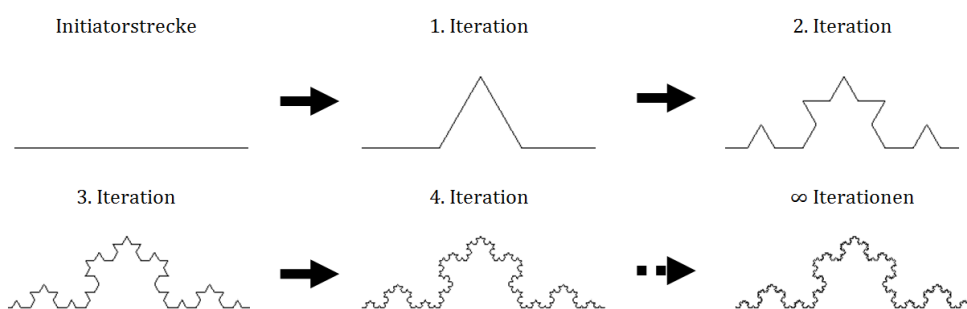


Abb. 6: Darstellung der Bildung einer Kochkurve und gleichzeitig Beispiel für die Skaleninvarianz.

(Aus: <http://quadsoft.org/fraktale/koch.png>, 05.05.2014)

Das Vorhandensein einer spezifischen fraktalen Dimension konnte jedoch nicht nur für Darstellungen von natürlichen Szenen nachgewiesen werden. Anhand der Werke des abstrakten Expressionisten Jackson Pollock kann die künstlerische Entwicklung und die Entwicklung der fraktalen Dimension nachvollzogen werden. Pollock verfolgte bei der Kreation seiner Werke eine Mehrschritt-Technik. So konnte man die fraktale Dimension seiner vollendeten Werke sowie verschiedener Zwischenschritte überprüfen. Bilder aus seiner frühen Schaffensperiode zeigen Werte der fraktalen Dimension von 1,1. Im Verlauf seiner künstlerischen Entwicklung stiegen die Werte auf 1,7 (Taylor *et al.* 2011). Andere Untersuchungen zeigen jedoch, dass die meisten Menschen eine fraktale Dimension von 1,3-1,5 bevorzugen (Spehar *et al.* 2003). Diese Werte konnten auch bei natürlichen Mustern nachgewiesen werden (siehe Abb. 7). Infolge seiner künstlerischen Entwicklung erfolgte bei Pollock selbst vermutlich ein Adaptationsprozess, sodass für ihn ein höheres Maß der Fraktalität nötig war, um ein ausgeprägtes ästhetisches Empfinden zu erlangen.

Auch neurophysiologische Untersuchungen anhand von EEG-Ergebnissen zeigen, dass bei der Betrachtung von natürlichen Landschaften mit einer mittleren fraktalen Dimension eine

deutlich stärkere Entspannung zu erreichen ist, als bei der Betrachtung von Stadtszenen mit höheren Werten (Ulrich 1981). Hagerhall konnte zeigen, dass die höchste *alpha*-Aktivität im EEG, die ein Hinweis für Entspannung ist, bei der Betrachtung von Stimuli mit einer fraktalen Dimension von 1.3 erreicht werden kann (Hagerhall *et al.* 2008).

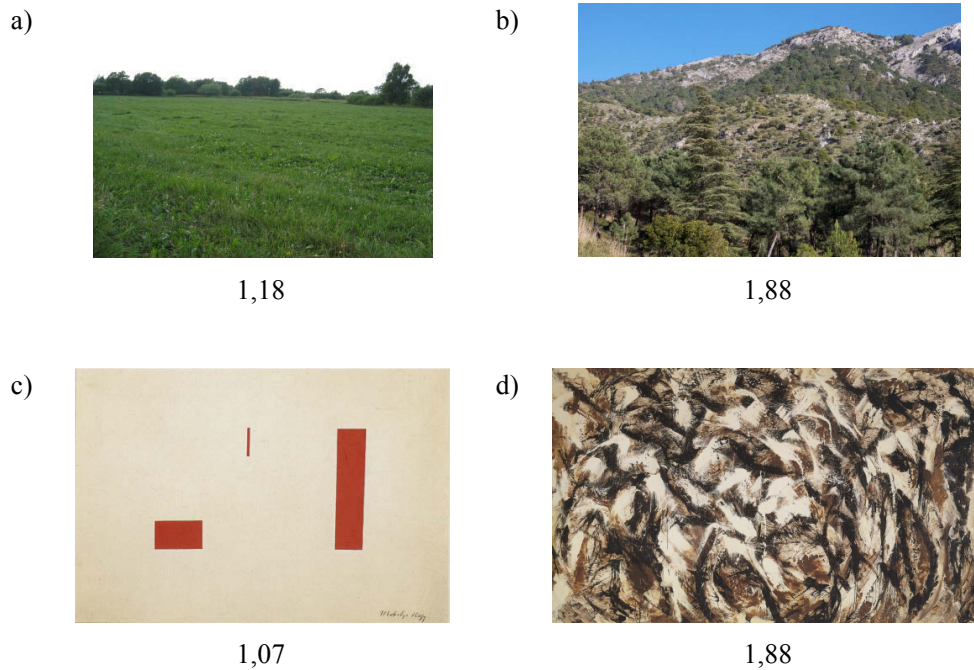


Abb. 7: Beispielbilder der Kategorien natürliche Szenen und Kunstwerke mit jeweils einer sehr niedrigen und sehr hohen Ausprägung der fraktalen Dimension. Die jeweilige fraktale Dimension ist unter den Bildern angegeben.

Kunstwerke: c) László Moholy-Nagy: Rotes Klebebild (1921), d) Lee Krasner: Polar Stampede (1960)

Steigung im Fourier-Spektrum

Ebenfalls ähnliche statistische Eigenschaften zwischen natürlichen Szenen und Kunstwerken konnten bei der Untersuchung des Fourier-Spektrums gefunden werden (Redies *et al.* 2007b). Hierzu wurde in einem eindimensionalen Plot die Frequenz gegen den radiär gemittelten Wert des 2D-Fourier-Spektrums eines Bildes aufgetragen. Es zeigte sich, dass natürliche Szenen und monochrome Graustufen-Bilder von graphischer Kunst im Mittel eine Steigung von -2 aufweisen (Burton und Moorehead 1987, Field 1987, Field und Brady 1997, Simoncelli 2003). Diese Art des Spektrums bedeutet eine Skalen-Invarianz und somit ein hohes Maß an Selbstähnlichkeit in den Bildern (siehe Abb. 8; Graham und Field 2007, Redies *et al.* 2007a, b, Alvarez-Ramirez *et al.* 2008).

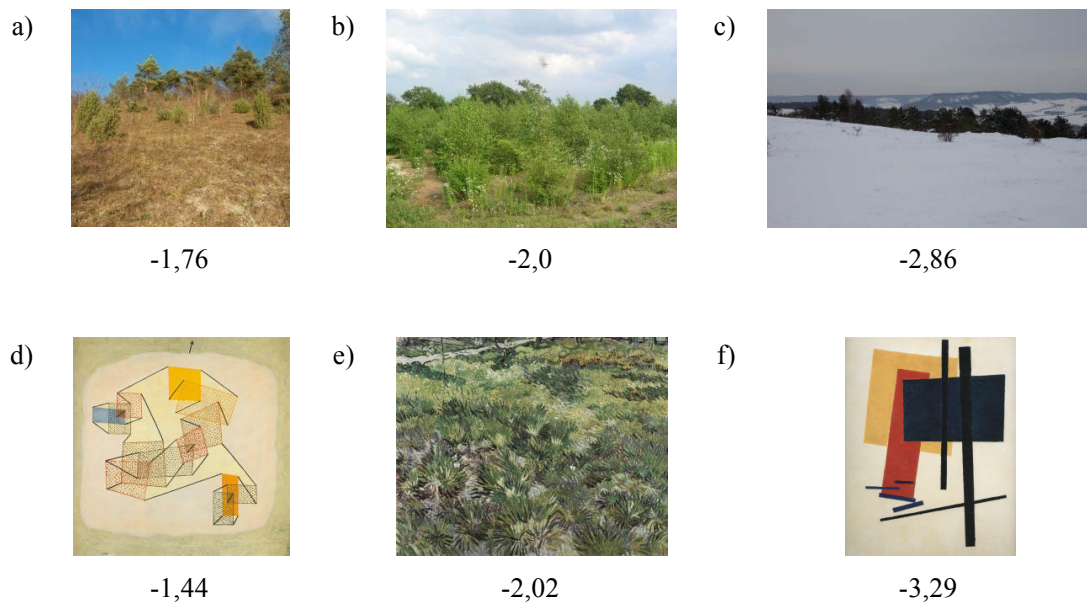


Abb. 8: Beispielbilder aus den analysierten Kategorien natürliche Szenen und Kunstwerke mit der niedrigsten und höchsten Steigung im Fourier-Spektrum sowie einer Steigung nahe -2. Die jeweiligen Werte für die Steigung sind unter den Bildern angegeben.

Kunstwerke: d) Paul Klee: Schwebendes (vor dem Anstieg) (1930), e) Vincent van Gogh: Wiesenstück mit Schmetterlingen (1890), f) Kasimir Malewitsch: Suprematismus (1915)

Komplexität

Eine weitere statistisch-physikalische Eigenschaft, welche eng mit der fraktalen Dimension verknüpft ist, ist die Komplexität (siehe Abb. 9). Sie stellt ein Maß für die Menge der Strukturen in einem Bild dar. Berlyne postulierte 1974, dass im Allgemeinen Bilder mit einem mittleren Maß an Komplexität als ästhetischer empfunden werden, als einfache oder hochkomplexe Bilder. Weiterhin zeigen zahlreiche Studien, dass die Komplexität bei der ästhetischen Wahrnehmung eine bedeutende Rolle spielt (Jacobsen und Höfel 2002, Rigau *et al.* 2008, Forsythe *et al.* 2011, Redies *et al.* 2012).

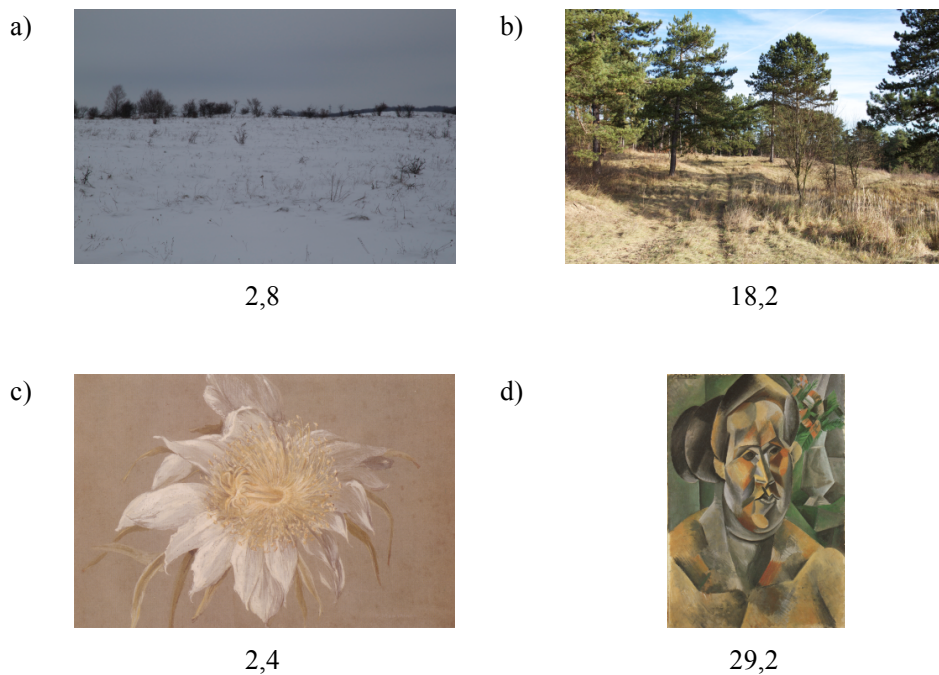


Abb. 9: Beispielbilder der Kategorien natürliche Szenen und Kunstwerke mit einer jeweils sehr niedrigen und sehr hohen Ausprägung der Komplexität. Die jeweiligen Werte der Komplexität sind unter den Bildern angegeben.

Kunstwerke: c) Piet Mondrian: Passion Flower (1908), d) Pablo Picasso: Bildnis Fernande (1909)

Selbstähnlichkeit

Ein von unserer Arbeitsgruppe neu entwickeltes Maß zur Berechnung der Selbstähnlichkeit wird auf der Grundlage der PHOG-Methode berechnet. Mit dieser Methode konnte in früheren Studien gezeigt werden, dass Gemälde in Museen eine selbstähnliche Struktur aufweisen (Amirshahi *et al.* 2012, 2013, Redies *et al.* 2012). Die Berechnungen beruhen auf der Registrierung von prominenten Orientierungen innerhalb eines Bildes. Die verschiedenen Orientierungen der einzelnen Bildelemente werden in einem Radius von 360° erfasst und in Form von Histogrammen abgebildet. Dieser Vorgang wird anschließend für verschiedene Betrachtungsebenen und Blickweiten wiederholt. Eine ähnliche Verteilung der Histogramme bedeutet auch eine ähnliche Ausrichtung innerhalb einzelner Bildabschnitte. Eine Kongruenz der Ergebnisse steht für eine skaleninvariante, fraktale Struktur. Die PHOG-Methode (*Pyramid of Histograms of Oriented Gradients*), welche ursprünglich zur Objekterkennung und -kategorisierung entwickelt wurde, wurde bereits in früheren Studien (Amirshahi *et al.* 2012, Redies *et al.* 2012) bei dem Vergleich von Kunstbildern mit natürlichen Szenen zur Analyse genutzt (siehe Abb. 10). Im Folgenden möchte ich mit dieser Art der Berechnung die Bildeigenschaften von Kunstbildern, Werbebildern und Architekturfotos vergleichen (siehe unten).

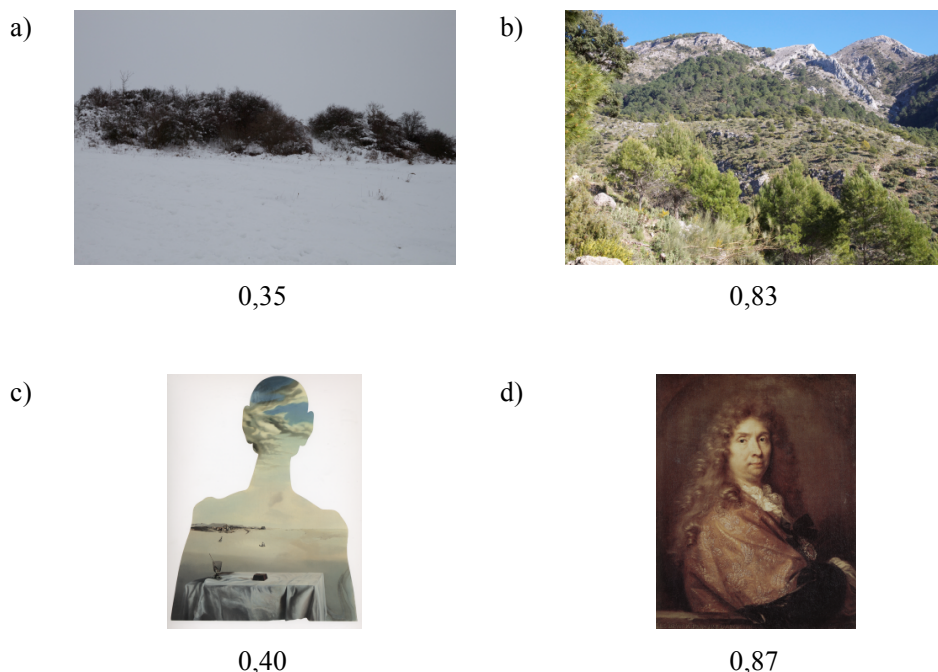


Abb. 10: Beispielbilder der Kategorien natürliche Szenen und Kunstwerke mit einer jeweils sehr niedrigen und sehr hohen Ausprägung der Selbstähnlichkeit. Die Werte der Selbstähnlichkeit sind unter den Bildern angegeben. Kunstwerke: c) Salvador Dalí: Paar, die Köpfe voller Wolken: Mann (1936), d) Charles Lebrun: Selbstporträt (1683/84)

Birkhoff-ähnliches Maß

Als Verknüpfung von Komplexität und Selbstähnlichkeit wählte ich den Ansatz nach Birkhoff (Redies *et al.* 2012). Er stellte 1933 die Theorie auf, dass der ästhetische Wert eines visuellen Reizes durch eine Funktion beschrieben werden kann, welche sich aus dem Verhältnis von Ordnung und Komplexität innerhalb eines Bildes ergibt (Birkhoff 1933). Für diese Arbeit ersetzte ich den Wert der Ordnung mit den Ergebnissen für die Selbstähnlichkeit. Dies ermöglicht eine Aussage zur Ausprägung beider Werte und deren Zusammenspiel (siehe Abb. 11; Redies *et al.* 2012).

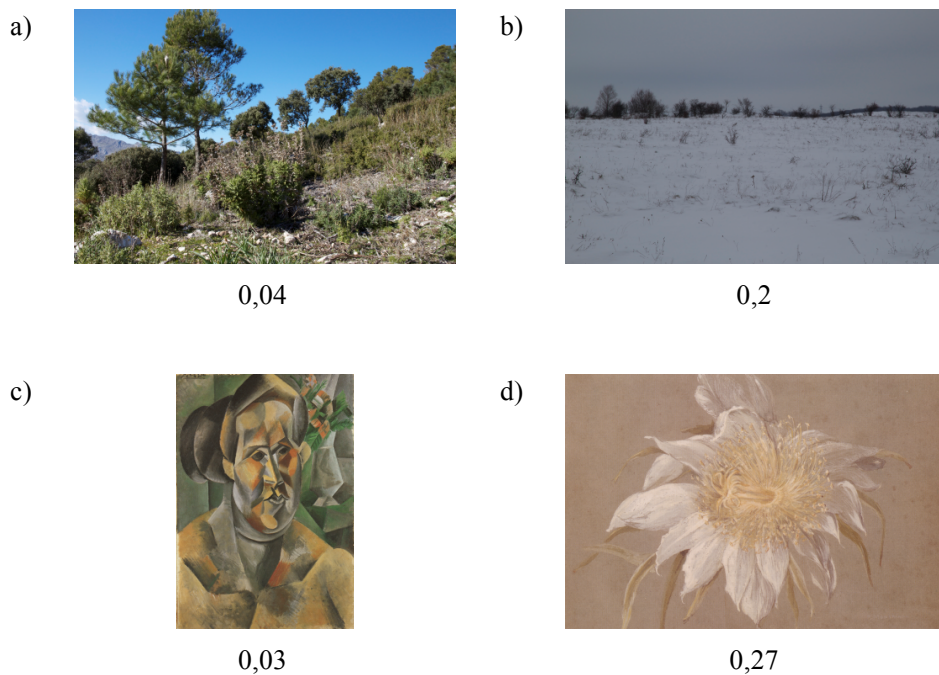


Abb. 11: Beispielbilder der Kategorien natürliche Szenen und Kunstwerke mit einer jeweils sehr niedrigen und sehr hohen Ausprägung des Birkhoff-ähnlichen Maßes. Die Werte für das Birkhoff-ähnliche Maß sind unter den Bildern angegeben.

Kunstwerke: c) Pablo Picasso: Bildnis Fernande (1909), d) Piet Mondrian: Passion Flower (1908)

Anisotropie

Während die Selbstähnlichkeit sich auf die gleiche Verteilung der Orientierungen bezieht, beschäftigt sich die Anisotropie mit der statistischen Varianz der Orientierungen innerhalb eines Bildes. Je stärker die Ausprägungen der Orientierungen variieren, desto höher ist die Anisotropie. Für Kunstbilder in Museen und graphische Kunst konnte ein geringer Grad der Anisotropie sowohl im Fourier-Spektrum (Koch *et al.* 2010, Melmer *et al.* 2013) als auch mit PHOG nachgewiesen werden (siehe Abb. 12; Redies *et al.* 2012).

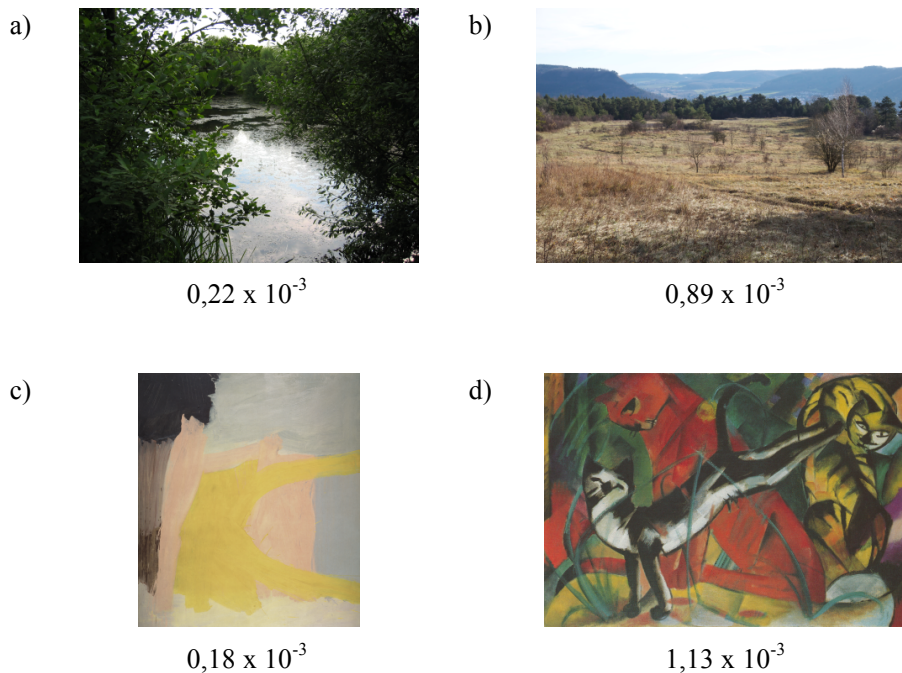


Abb. 12: Beispielbilder der Kategorien natürliche Szenen und Kunstwerke mit einer jeweils sehr niedrigen und sehr hohen Ausprägung der Anisotropie. Die Werte für die Anisotropie sind unter den Bildern angegeben.

Kunstwerke: c) Willem de Kooning: Ohne Titel (1962), d) Franz Marc: Drei Katzen (1913)

2.3. Werbebilder und Fotos von Architektur

In dieser Arbeit möchte ich die vorhergehenden Untersuchungen statistischer Bildeigenschaften von ästhetischen Bildern um zwei Bildkategorien erweitern. Werbung (Anzeigenwerbung, Werbeprospekte, Schaufenster) und Architektur werden in der Regel ebenfalls mit dem Ziel des Hervorrufens positiver Empfindungen erzeugt und sind zu einem gewissen Grad als ästhetisch zu betrachten. Es stellt sich also die Frage, ob in Bildern von Werbung und von Architektur (Stadtszenen, Gebäude und Fassaden) die bereits früher gefundenen Eigenschaften ästhetischer Bilder nachgewiesen werden können.

Werbung

Die Werbeindustrie und der Forschungszweig des Marketings beschäftigen sich intensiv mit der Darstellung und Wirkung von Produkten. In vielen psychologischen Studien wurde gezeigt, welche Inhalte geeignet sind, um ein angenehmes Gefühl bei dem Betrachter auszulösen und im Anschluss eine verstärkte Identifikation des Verbrauchers mit dem Produkt zu bewirken (Hekkert und Leder 2008).

Die Werbewirkungsforschung teilt den Prozess der Wahrnehmung einer Werbung in 3 Teile: die kognitive Wirkung, die affektive Komponente und die konative Komponente (Aktionskomponente).

Die kognitive Wirkung beschreibt die erste Wahrnehmung der Werbung mit der Steigerung der Aufmerksamkeit und eventuell Registrierung von Bekanntheit. Die affektive Komponente zeigt die Reaktion auf die Werbung. Eventuelles Interesse und Sympathie gegenüber dem gezeigten Produkt führen zu einer Kaufbereitschaft. Die abschließende konative Komponente beinhaltet das Kaufverhalten und die Rückkopplung zu Verwendungsmöglichkeiten und Nutzen des Produkts (Burst 2002).

Ein bekanntes Modell in der Werbeforschung und Beschreibung von Werbewirkung ist das AIDA-Stufenmodell, welches die zuvor genannten Schritte beschreibt und miteinander in Verbindung setzt (*A-attention, I-interest, D-desire, A-action*; Vakratsas und Ambler 1999).

Weiterhin gibt es zahlreiche Empfehlungen zur Gestaltung eines optimalen Layouts für Werbung, um größtmögliche Resonanzen hervorzurufen (Assael *et al.* 1967, Edell und Staelin 1983, Finn 1988, Bushko und Stansfield 1997). So besteht eine Werbeanzeige aus Bild- und Textelementen, wobei hier besonders die Darstellungen der Überschrift und des Markennamens eine große Bedeutung haben. Die grundlegenden Eigenschaften wie Farbe, Größe, Abstände und Anordnung von Bild- und Textelementen wurden ebenfalls untersucht (Assael *et al.* 1967, Janiszewski 1990, Rayner *et al.* 2001) und in interkulturellen Studien verglichen (Cutler und Javalgi 1992). Es zeigte sich, dass die meiste Aufmerksamkeit der Überschrift einer Werbung zukommt, gefolgt von den Bildelementen. Den Textkörpern kommt bei der Betrachtung die geringste Aufmerksamkeit zu (Rosbergen *et al.* 1997). Bezogen auf die Bildelemente steigen der Wiedererkennungswert einer Werbung sowie die positive Bewertung der Marke mit der Größe der abgebildeten Illustrationen. Je länger die Aufmerksamkeit beim Betrachter aufrecht erhalten werden kann, desto positiver fällt die Bewertung aus. Die besten Ergebnisse zeigen sich, wenn die Aufmerksamkeit zuerst auf das Bild und anschließend auf die Überschrift oder den Text gelenkt wird (Rossiter 1982).

Die Rolle der Bildelemente in der Anzeigenwerbung wurde bisher eingehend untersucht und ihre Bedeutsamkeit nachgewiesen. Mir sind jedoch zum jetzigen Zeitpunkt keine Studien bekannt, welche übergeordnete globale statistische Bildeigenschaften von Werbung untersuchten, die eventuell mit der ästhetischen Wahrnehmung in Verbindung stehen.

Architektur

Eine andere Art von visuell ansprechenden und von Menschen geschaffenen Objekten findet sich in der Architektur wider. Ein prominentes Gestaltungskonzept für den Städtebau und die Architektur ist das Biophilie-Konzept. Dieses beinhaltet die Forderung, dass Stadtplanung und architektonisches Design auf einer fraktalen (selbst-ähnlichen) Geometrie basieren sollten (Joye 2007, Taylor und Sprott 2008). Diese Theorie gründet auf der Beobachtung, dass Menschen eine fraktale Geometrie in ihrer Umwelt bevorzugen (Hagerhall *et al.* 2004, Taylor *et al.* 2005, 2011), vermutlich weil unsere Vorfahren in einer Umgebung mit fraktalen Charakteristika lebten und an diese angepasst waren (Orians 1986, Forsythe *et al.* 2011).

Natürliche Landschaften und Muster sind ästhetisch ansprechend und haben eine erholsame Wirkung auf den Körper und den Geist des Menschen. Es ist anzunehmen, dass die natürliche Umwelt charakteristische Eigenschaften aufweist, welche für die körperliche und kognitive Erholung nötig sind. Die Betrachtung von Natur und der Aufenthalt in der Natur steigern die Aufmerksamkeit und können Müdigkeit bzw. Interessensverlust vorbeugen (Hartig *et al.* 1991, Kaplan 1995, Tennessen und Cimprich 1995).

Diese erholende und energiespendende Wirkung der Natur wurde auch versucht für medizinische Zwecke zu nutzen, um möglicherweise neue Therapieoptionen zu schaffen. An Krebspatienten konnte gezeigt werden, dass nach Diagnose und Therapie der Erkrankung erhebliche Aufmerksamkeitsdefizite bei den Patienten zu verzeichnen waren. In einer Studie von Cimprich (1992) wurden Brustkrebspatienten nach der Operation in 2 Gruppen geteilt. Eine Gruppe beschäftigte sich dreimal in der Woche für 20 Minuten bewusst in der Natur. Die andere Gruppe wurde über die Absicht der Studie nicht informiert und gestaltete den Tagesablauf unabhängig von Vorgaben. Die erste Gruppe zeigte anschließend im Vergleich deutlich bessere Ergebnisse und eine Aufmerksamkeitssteigerung, sowie eine höhere Tendenz zu einer Rückkehr in das berufliche und soziale Leben (Cimprich 1992, 1993).

Nicht nur die kognitiven Fähigkeiten werden durch die Eigenschaften natürlicher Landschaften beeinflusst, sondern auch die physiologischen Parameter. Es konnte gezeigt werden, dass sowohl der Blutdruck als auch die Pulsrate bei der Betrachtung von natürlichen Szenen sinken, wohingegen urbane Landschaften einen gegenteiligen Effekt bei den

Probanden erzielten (Hartig und Evans 2003, Laumann *et al.* 2003). Weiterhin konnte Ulrich (1984) zeigen, dass sich nach einer Operation eine schnellere Erholung einstellte und ein geringerer Analgetikabedarf zu verzeichnen war, wenn das Zimmer der Patienten den Blick auf Landschaftsszenen ermöglichte.

Die statistischen Eigenschaften von natürlichen Szenen und Mustern wurden bereits diskutiert. Auch Architekten machen sich beispielsweise das Maß der fraktalen Dimension zunutze. Ein berühmtes Beispiel hierfür war der Architekt Frank Lloyd Wright, welcher die biophile Bauweise in hoher Vielfalt umsetzte. Das von ihm 1908 entworfene „Robie House“ weist eine konstante fraktale Dimension in allen Betrachtungsweiten auf (siehe Abb. 13; Bovill 2000).



Abb. 13: Frederick C. Robie House, welches 1908 von Frank Lloyd Wright als Wohnhaus entworfen und in der Nähe der Universität Chicago zwischen 1909 und 1910 errichtet wurde. (Aus: <http://askthedeckorator.com/artman2/uploads/1/Robie-House.png>, 15.04.2014)

Torralba und Oliva (2003) untersuchten einfache Bildeigenschaften, wie beispielsweise die verschiedenen Signaturen des Fourier-Spektrums in Bildern von Straßenszenen und Gebäuden. Dabei konnten sie zeigen, dass vertikale und horizontale Orientierungen deutlich häufiger vorkommen als in Landschaftsbildern.

Neben der Aufmerksamkeitssteigerung zeigen sich auch positive Effekte auf die Stressbewältigung im Zusammenhang mit der Betrachtung von und dem Aufenthalt in der Natur (Joye 2005, Taylor 2006). Weiterhin wurden die Auswirkungen von Stadt- und Gebäudeplanung auf die menschliche Gesundheit untersucht. Auch hier konnte gezeigt werden, dass Stimulation/Erregung durch Variabilität, Komplexität, Intensität und die Neuheit eines Objekts erzeugt wird (Evans 1998). Eine extreme Stimulation kann hierbei mit der Induktion von Stress in Verbindung stehen. Zur Kompensation werden erholsame Elemente in Innenräumen installiert. Diese beinhalten die Möglichkeit des Rückzuges und die Verbindung zur Natur. Auch natürliches Licht und Belüftung werden als positiv auf die menschliche Gesundheit bewertet (Jackson 2003).

3. Ziele der Arbeit

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, möchte ich in meiner Arbeit das Augenmerk auf zwei weitere Kategorien von Bildern lenken, welche im Alltag eine entscheidende Rolle spielen und zahlreiche visuelle Eindrücke schaffen. Sowohl die uns vertrauten Werbebilder der heutigen Konsumgesellschaft als auch die Architektur als Bestandteil unseres Lebensraumes stellen eine große Vielzahl an visuellen Reizen dar. Die bereits in der Einleitung vorgestellten 5 statistischen Maße zur Beschreibung von Bildeigenschaften (fraktale Dimension, Steigung im Fourier-Spektrum, Komplexität, Selbstähnlichkeit, Anisotropie und Birkhoff-ähnliches Maß) möchte ich nutzen, um die einzelnen Bildkategorien zu untersuchen und untereinander zu vergleichen. Des Weiteren möchte ich in der vorliegenden Arbeit die folgenden spezifischen Fragen klären:

- 1) Ist es anhand der oben genannten Bildeigenschaften möglich, die verschiedenen Bildkategorien zu unterscheiden und sind sie somit ein probates Mittel für die Einschätzung und Bewertung von Bildern?
- 2) Weisen Werbebilder und Fotos von Architektur trotz verschiedener Inhalte und Verwendungszwecke ähnliche statistische Bildeigenschaften wie natürliche Szenen und Kunstwerke auf?
- 3) In wie weit unterscheiden sich die verschiedenen Kategorien der Werbebilder bezüglich ihrer ästhetischen Eigenschaften bezogen auf den Werbeinhalt (Autowerbung, Modewerbung, Kosmetikwerbung etc.)?

4. Publierte Originalarbeit

Statistical image properties of print advertisements, visual artworks and images of architecture, Braun J, Amirshahi SA, Denzler J, Redies C, Frontiers in Psychology, 4: 808-823. 2013



Statistical image properties of print advertisements, visual artworks and images of architecture

Julia Braun¹, Seyed A. Amirshahi^{1,2}, Joachim Denzler² and Christoph Redies^{1*}

¹ Experimental Aesthetics Group, Institute of Anatomy I, University of Jena School of Medicine, Jena University Hospital, Jena, Germany

² Computer Vision Group, Friedrich Schiller University, Jena, Germany

Edited by:

Jaana Simola, University of Helsinki, Finland

Reviewed by:

Britt Anderson, Brown University, USA

Branka Spehar, University of New South Wales, Australia

*Correspondence:

Christoph Redies, Experimental Aesthetics Group, Institute of Anatomy I, Jena University Hospital, Teichgraben 7, D-07740 Jena, Germany
e-mail: christoph.redies@med.uni-jena.de

Most visual advertisements are designed to attract attention, often by inducing a pleasant impression in human observers. Accordingly, results from brain imaging studies show that advertisements can activate the brain's reward circuitry, which is also involved in the perception of other visually pleasing images, such as artworks. At the image level, large subsets of artworks are characterized by specific statistical image properties, such as a high self-similarity and intermediate complexity. Moreover, some image properties are distributed uniformly across orientations in the artworks (low anisotropy). In the present study, we asked whether images of advertisements share these properties. To answer this question, subsets of different types of advertisements (single-product print advertisements, supermarket and department store leaflets, magazine covers and show windows) were analyzed using computer vision algorithms and compared to other types of images (photographs of simple objects, faces, large-vista natural scenes and branches). We show that, on average, images of advertisements and artworks share a similar degree of complexity (fractal dimension) and self-similarity, as well as similarities in the Fourier spectrum. However, images of advertisements are more anisotropic than artworks. Values for single-product advertisements resemble each other, independent of the type of product promoted (cars, cosmetics, fashion or other products). For comparison, we studied images of architecture as another type of visually pleasing stimuli and obtained comparable results. These findings support the general idea that, on average, man-made visually pleasing images are characterized by specific patterns of higher-order (global) image properties that distinguish them from other types of images. Whether these properties are necessary or sufficient to induce aesthetic perception and how they correlate with brain activation upon viewing advertisements remains to be investigated.

Keywords: experimental aesthetics, digital image analysis, self-similarity, complexity, anisotropy, fractal dimension, Fourier spectrum, Pyramid of Histograms of Oriented Gradients (PHOG)

INTRODUCTION

Neuroeconomics and neuroaesthetics are two areas of experimental aesthetics, which study responses of the human brain to advertisements and beautiful images or objects, respectively. Both types of visual stimuli can induce the experience of pleasantness in human observers. At least in part, they also activate similar regions of the brain's self-reflective and reward circuitries, for example, the medial orbitofrontal cortex, the ventromedial prefrontal cortex, the ventral pallidum and the ventral striatum (Erk et al., 2002; O'Doherty et al., 2003; Cela-Conde et al., 2004; Kawabata and Zeki, 2004; Vartanian and Goel, 2004; Jacobsen et al., 2006; Schaefer et al., 2006; Simmons et al., 2013). Other brain systems that are associated with the perception of visually pleasing stimuli, such as artworks, are involved also in moral judgment (Zaidel and Nadal, 2011; Avram et al., 2013) or belong to the default mode network (Vessel et al., 2012).

Along another line of research in experimental aesthetics, the computational approach aims to identify the statistical properties of visually pleasing images and to relate them to visual perception (Hoenig, 2005; Datta et al., 2006; Li and Chen, 2009; Graham and

Redies, 2010; Amirshahi et al., 2012, 2013). For example, recent studies revealed that subsets of artworks possess a scale-invariant Fourier power spectrum (Graham and Field, 2007; Redies et al., 2007a,b; Alvarez-Ramirez et al., 2008). Images of natural scenes also show this property (Field, 1987; Burton and Moorhead, 1987; Field and Brady, 1997; Simoncelli, 2003). Interestingly, the human visual system is adapted to process natural scene statistics efficiently (Parraga et al., 2000; Olshausen and Field, 2004). Taylor and colleagues demonstrated fractal-like structure in both natural scenes and abstract expressionist paintings (Taylor, 2002; Taylor et al., 2011). Based on these similarities, it has been speculated that visually pleasing images follow universal regularities so that they can be processed efficiently by the human visual system (Zeki, 1999; Redies, 2007). In a similar vein, it was proposed that stimuli that can be processed fluently are more aesthetic in general (Reber et al., 2004). In the computational approach, a particular focus was placed on visual artworks and photographs (Datta et al., 2006; Li and Chen, 2009; Amirshahi et al., 2012; Redies et al., 2012), but other types of visually pleasing images, such as graphic novels (Koch et al., 2010) and aesthetic writings (Melmer et al., 2013) have also been studied.

Advertisements are another type of man-made images that attract human attention, often by using pleasant visual stimuli. Many psychological studies have investigated what contents are suited for advertisements in order to evoke a pleasant feeling in the observer, and there are elaborate practical instructions on how to produce an appealing visual layout for print advertisements (Assael et al., 1967; Edell and Staelin, 1983; Finn, 1988; Bushko and Stansfield, 1997). Basic features of print advertisements, such as color, size, and spacing of dominant pictorial and text elements, have been examined (Assael et al., 1967), also in cross-cultural studies (Cutler and Javalgi, 1992). However, to the best of our knowledge, there are no studies to date on higher-order global statistical image properties of print advertisements that may possibly relate to aesthetic perception.

Another source of man-made, visually pleasing stimuli is architecture. The biophilia concept of architecture conjectures that urban planning and architectural design should be based on fractal (self-similar) geometry (Joye, 2007, 2011; Taylor and Sprott, 2008). This theory is based on the observation that humans prefer fractal geometry in their environment (Hagerhall et al., 2004; Taylor et al., 2005), possibly because the natural surroundings of our ancestors had fractal characteristics (“savannah hypothesis”; Orians, 1986; Forsythe et al., 2011). However, Torralba and Oliva (2003) studied simple image statistics, such as Fourier spectral signatures in images of street scenes and buildings, and showed that cardinal (horizontal and vertical) orientations are more prevalent in these images than in images of natural scenes.

In the present work, we investigate higher-order image properties that have been studied in visually pleasing stimuli before. On the one hand, we used a modern computational method that was developed for object recognition and categorization, the Pyramid of Histograms of Oriented Gradients (PHOG) method (Dalal and Triggs, 2005; Bosch et al., 2007). With this method, the following measures were calculated:

- (1) *Self-similarity*. Fractal-like image structure can evoke aesthetic experience in humans (see above). Using the PHOG method, it has been shown that museum paintings are self-similar (Amirshahi et al., 2012, 2013; Redies et al., 2012).
- (2) *Complexity*. Berlyne (1974) postulated that images of intermediate complexity are considered more aesthetic than simple or highly complex images in general (Berlyne, 1974). Several studies confirm that complexity plays an important role in aesthetic perception (Jacobsen and Hofel, 2002; Rigau et al., 2008; Forsythe et al., 2011; Redies et al., 2012).
- (3) *Anisotropy*. This measure describes the statistical variance (heterogeneity) of image features across orientations in an image. For museum paintings and graphic artworks, a low degree of anisotropy was found both for the Fourier spectral profile (Koch et al., 2010; Melmer et al., 2013) and for histograms of oriented gradients (Redies et al., 2012).
- (4) *Birkhoff-like measure*. Birkhoff (1933) proposed that the aesthetic appeal of visual stimuli is a function of the ratio of order and complexity in an image. We proposed to substitute order by self-similarity in this ratio (Redies et al., 2012).

On the other hand, the above measures were compared to the following features that have been calculated for visually pleasing images before, also by other groups (for references, see above):

- (5) *Slope of log-log plots of radially averaged Fourier power*. For large subsets of monochrome artworks, the slope of the Fourier spectrum is about -2, i.e., the spectra are scale-invariant and the images have a fractal-like structure.
- (6) *Fractal dimension*. This measure reflects the density of edges in binarized images and is closely related to complexity (Mureika and Taylor, 2013). In a series of experiments, Taylor and colleagues showed that humans prefer intermediate values for the fractal dimension in both natural and artificial images (Taylor et al., 2011).

Using these six measures, we compared images of advertisements and architecture with various previously studied image categories, including colored artworks of Western provenance, and asked the following questions:

- (1) Can the above measures be used to discriminate the diverse image categories?
- (2) Given their intended visual appeal, do advertisements and images of architecture share statistical image properties with artworks and complex natural scenes?
- (3) In how far do different categories of advertisements vary with respect to the types of products promoted (cars, fashion, cosmetics etc.)?

MATERIALS AND METHODS

IMAGE DATASETS

We investigated 15 different categories of images, focusing on advertisements, artworks and architecture. For comparison, datasets of images that were studied before, including faces, simple objects, and natural scenes and patterns, were analyzed (control images). Each dataset consisted of about 200 color images.

The images of artworks and advertisements (except for show windows) were scanned from high-quality art books and advertisement brochures or magazines, respectively. For scanning, a calibrated digital scanner (Perfection 3200 Photo, Epson, Owa, Japan) was used, as described before (Redies et al., 2012). Images of the other datasets and show windows were taken with a digital camera (EOS 500D with EF-S15-85 mm f/3.5-5.6 IS USM lens; Canon, Tokyo, Japan) by the authors (Julia Braun and Christoph Redies).

Artworks

For this category, we selected 197 colored (mostly oil) paintings from a previously analyzed dataset (Redies et al., 2012). The images were selected so that they represented a wide variety of subject matters (21 paintings of architecture, 52 portraits, 23 natural scenes, 60 abstract paintings and 41 other subject matters). The following art periods were covered: Renaissance (20 paintings from 18 artists), Baroque (20 paintings from 18 artists), Romanticism (12 paintings from 9 artists), Realism (20 paintings from 11 artists), Impressionism (20 paintings from 18 artists), Art

Nouveau (5 paintings from 3 artists), Expressionism (20 paintings from 9 artists), Fauvism (7 paintings from 4 artists), Cubism (15 paintings from 7 artists), Surrealism (12 paintings from 4 artists), Suprematism (10 paintings from 6 artists), and abstract expressionist paintings from 14 artists). Examples are shown in **Figure 1A**. Images were scanned at a size higher than about 4 million pixels. In the statistical measures analyzed, the sample of 197 paintings did not differ from the previously published dataset (Redies et al., 2012).

Advertisements

First, single pages that represented advertisements of one product were scanned from current magazines that were purchased in two newspaper kiosks. An effort was made to include as many different categories of magazines available in the shops. The group of single-product advertisements was further divided into advertisements for cars and automobile accessories (200 images; **Figure 1B**), fashion (mostly for women, 200 images; **Figure 1C**), cosmetics (198 images; **Figure 1D**) and others products (204 images; **Figure 1E**). Brochures obtained from local car

dealers complemented the car image category. Second, other types of advertisements were scanned. They included covers of various womens' and TV magazines (196 images; **Figure 1F**) and leaflets from supermarkets and department stores with advertisements for grocery, furniture, hardware and other stores (212 images; **Figure 1G**). Members of the laboratory contributed this material. The cover page, the middle sheet and the rear page of the leaflets were used and typically contained advertisements for several products on each page. In addition, one of the authors (Julia Braun) took 85 photographs of show windows of fashion shops in Jena and Berlin, Germany, with a digital camera, as described above (**Figure 1H**). Photographs were taken during two walks in major shopping districts. All store windows encountered were photographed, except for those with strong light reflections. The photographs were cropped so that the height of the window fitted the height of the image.

For a general comparison of advertisement images with the other categories of images, we created a dataset that consisted of 30 images randomly selected from each of the seven advertisement subsets described above (210 images in total).



FIGURE 1 | Examples from the image datasets of artworks and advertisements. Three images each are shown from the dataset of artworks (A), advertisements for automobiles and accessories

(B), fashion (C), cosmetics (D), other products (E), magazine covers (F), supermarket and department store leaflets (G), and show windows (H).

Architecture

Photographs of architecture in Austria, Germany and Spain were obtained for three different ranges of distance to the photographed objects. First, 200 photographs of urban scenes, which represent street views or a group of buildings, sometimes with horizon, were taken (Figure 2A). Second, 200 entire buildings were photographed (Figure 2B). Third, 3–4 floors of 175 facades were photographed; an attempt was made not to include cars or people in front of the ground floor (Figure 2C).

For comparison with other types of images, we included previously analyzed datasets (control images; Redies et al., 2012) in the present study. These image datasets are available on the following webpage: www.inf-cv.uni-jena.de/en/aesthetics.

Simple objects

This dataset included 200 photographs of ordinary household and laboratory equipment (Figure 2D).

Face images

This dataset comprised 200 face photographs of about 100 persons of both genders who were either smiling (72 images) or showed a neutral facial expression (123 images). These photographs were randomly selected from the AR face database (Martinez and Benavente, 1998). Similar photographs are shown in Figure 2E.

Natural scenes and patterns

Images of artworks share statistical similarities with images of natural scenes and patterns, in particular large-vista natural scenes (Redies et al., 2007a,b), also in the PHOG analysis (Redies et al., 2012). For comparison, the following datasets were used

in the present study: 200 images of large-vista natural scenes of different landscapes (Figure 2F), including the horizon, and 200 images of branches that were taken in winter without foliage (Figure 2G).

IMAGE CALCULATIONS

For each image, values for self-similarity, complexity and anisotropy were obtained with the PHOG method, as described before (Amirshahi et al., 2012; Redies et al., 2012). Because halftone dots were visible in a small number of the scanned artworks, image size was reduced to 100,000 pixels by bicubic interpolation. This reduction was carried out for all image categories because the measured values depend on the image size (Redies and Groß, 2013). Color images were transformed into the Lab color space. The general procedure to calculate the PHOG measures is described in the Appendix.

Three different possibilities to calculate self-similarity were compared (Figure 3). The histograms of each section can be compared to the histograms (i) of the parent section at the previous level (parent approach; Figure 3B), (ii) of all the adjacent (neighboring) sections at the same level (neighbor approach; Figure 3C), (iii) of the entire image at level 0 (ground approach; Figure 3D). Self-similarity values obtained for the three levels of the pyramid (Figure 3A) were averaged, with each level carrying the same weight.

The slope of log-log plots of the radially averaged Fourier power spectrum was determined as described for natural scenes and artworks before (Burton and Moorhead, 1987; Field, 1987; Graham and Field, 2007; Redies et al., 2007a,b). In brief, images were padded according to square ones by adding a uniform border with a gray level that was equal to the mean gray level

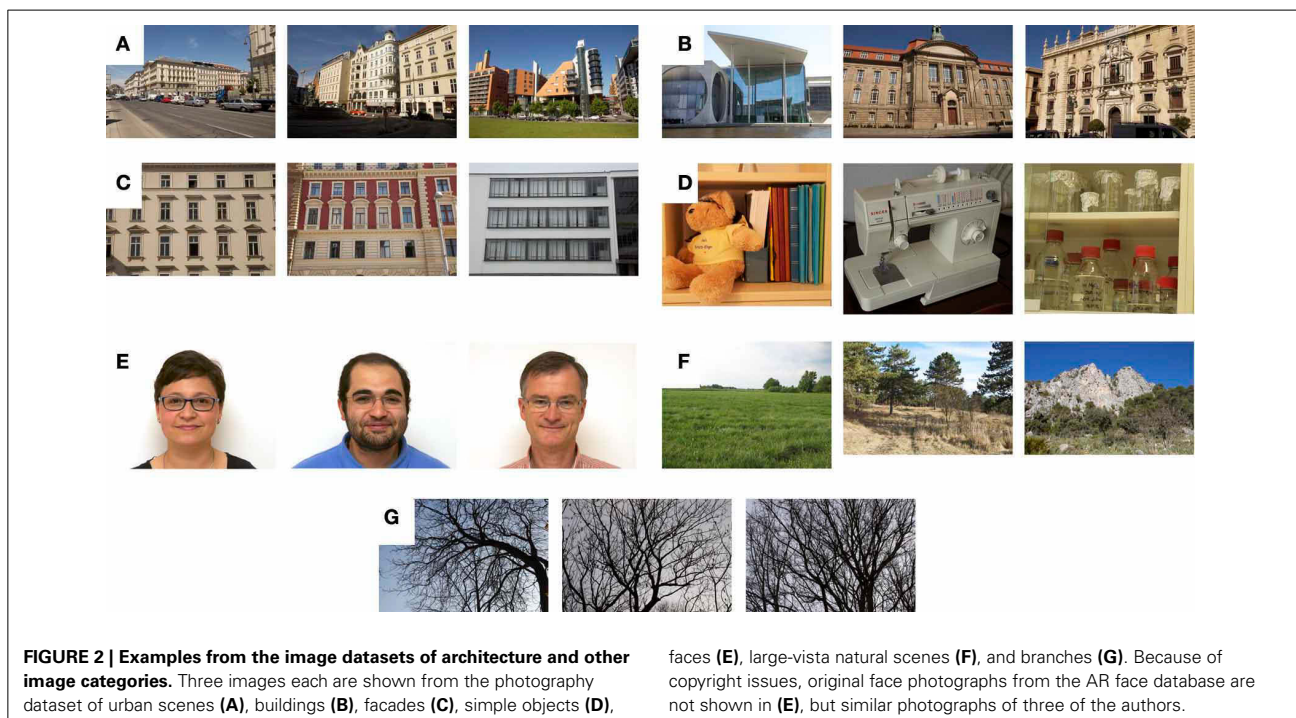


FIGURE 2 | Examples from the image datasets of architecture and other image categories. Three images each are shown from the photography dataset of urban scenes (A), buildings (B), facades (C), simple objects (D),

faces (E), large-vista natural scenes (F), and branches (G). Because of copyright issues, original face photographs from the AR face database are not shown in (E), but similar photographs of three of the authors.

of the image. All images were reduced to a size of 1024×1024 pixels by bicubic interpolation and isotropic scaling. A discrete Fourier transform (2d Fast Fourier Transform) was calculated to obtain the 2d power spectrum, which was then transformed into a 1d spectrum by rotational averaging for each frequency. In the log-log plane, power was plotted as a function of spatial frequency. To measure the slope of the resulting frequency spectrum, a least-squares fit of a line was performed in the range of 10–256 cycles/image and the slope of the line was determined.

The fractal dimension can be seen as an indicator for the complexity of a pattern: A high fractal dimension indicates high complexity, while a low fractal dimension indicates low complexity (Mureika and Taylor, 2013). The fractal dimension was estimated with the box-counting method, as described by Hagerhall et al. (2004). Because the box-counting method requires binarized images, we applied the canny-edge filter (Canny, 1986) to each image. Next, each image was covered by a mesh of “boxes” that represented equally sized squares. This procedure was repeated for decreasing box sizes ϵ , which results in an increasingly finer mesh. Let $N(\epsilon)$ be the number of boxes that are occupied by the pattern in relation to a specific box size ϵ . According to the power law relation $N(\epsilon) \sim \epsilon^{-D}$, the box-counting dimension D can be estimated by fitting a line to the plot $\log N(\epsilon)$ vs. $\log(1/\epsilon)$ and measuring the slope of this line. All calculations were performed with the MatLab program.

STATISTICAL ANALYSIS

For the statistical verification, we carried out the non-parametric Wilks-Lambda multivariate analysis of variance test on all 15

image categories with all the six measurements, followed by the Tukey *post-hoc* test for individual comparisons for all pairs of categories.

RESULTS

We measured statistical properties in 15 different categories of images, with a particular focus on advertisements, artworks and architecture. Six features that were previously studied in visually pleasing images were calculated (self-similarity, complexity, anisotropy, the Birkhoff-like measure, the slope of the 1d Fourier spectrum, and the fractal dimension; see Introduction). Statistical testing showed overall differences between all 15 groups and all six measures ($p < 0.001$).

Median values of the measured properties for all 15 image categories are provided in **Tables 1–5** and are summarized in **Figure 4**. **Figures 5, 7A** compare the results for advertisements with five datasets of image categories that were analyzed previously by our group (artworks and photographs of branches, simple objects, natural scenes and passport-type face photographs; Redies et al., 2012). Results show that images of advertisements can be characterized by a specific combination of the measured properties on average, as discussed in more detail below (section Comparison of Advertisements to Other Image Categories). The other image categories can also be characterized by specific combinations of the six measures (Redies et al., 2012).

In the following sections, we will first evaluate the three different methods to calculate self-similarity by the PHOG method. Second, we will compare results for advertisements with the previously studied image categories. This comparison was of interest in particular with respect to man-made images vs. natural images

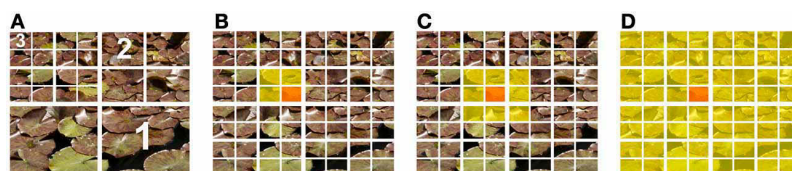


FIGURE 3 | Different approaches to measure self-similarity. The construction of the pyramid for the calculation of the histogram of oriented gradients (HOG) features is shown in **(A)**. The numbers in **(A)** indicate the levels of the pyramid. To determine

self-similarity, a section at a given level of the pyramid (orange) can be compared to the parent section (yellow in **B**), to the neighboring sections (yellow in **C**) or the entire image at the ground level (yellow in **D**).

Table 1 | Comparison of different approaches to calculate self-similarity.

Image dataset	Self-similarity [median (mean \pm SD)]		
	Parent approach	Neighbor approach	Ground approach
Advertisement ($n = 210$)	0.68 (0.68 \pm 0.07)	0.37 (0.38 \pm 0.10)	0.62 (0.62 \pm 0.09)
Artworks ($n = 197$)	0.74 (0.73 \pm 0.06)*	0.50 (0.50 \pm 0.11)*	0.68 (0.67 \pm 0.09)*
Simple objects ($n = 200$)	0.62 (0.62 \pm 0.05)*	0.28 (0.29 \pm 0.08)*	0.53 (0.54 \pm 0.07)*
Faces ($n = 200$)	0.56 (0.56 \pm 0.04)*	0.26 (0.26 \pm 0.05)*	0.43 (0.43 \pm 0.04)*
Natural scenes ($n = 200$)	0.73 (0.73 \pm 0.07)*	0.65 (0.62 \pm 0.12)*	0.64 (0.64 \pm 0.10)
Branches ($n = 200$)	0.83 (0.82 \pm 0.05)*	0.69 (0.69 \pm 0.07)*	0.78 (0.77 \pm 0.07)*

*Significantly different from advertisement ($p < 0.001$).

Table 2 | Average values for the four PHOG-derived image properties.

Image dataset	Self-similarity	Complexity	Anisotropy ($\times 10^{-3}$)	Birkhoff-like measure
Artworks ($n = 197$)	0.68 (0.67 \pm 0.09) ^{c, d}	7.23 (8.33 \pm 4.30) ^{a, d}	0.49 (0.51 \pm 0.16) ^{c, d}	0.09 (0.10 \pm 0.04) ^{c, d}
Advertisement ^e ($n = 210$)	0.62 (0.62 \pm 0.09)	9.00 (9.73 \pm 3.66)	0.70 (0.71 \pm 0.16) ^d	0.07 (0.07 \pm 0.02)
Urban scenes ($n = 200$)	0.56 (0.55 \pm 0.08) ^{c, d}	11.28 (11.21 \pm 2.77) ^b	0.72 (0.72 \pm 0.12) ^d	0.05 (0.05 \pm 0.01) ^{c, d}
Buildings ($n = 200$)	0.63 (0.63 \pm 0.08)	12.44 (12.56 \pm 3.65) ^{c, d}	0.75 (0.78 \pm 0.16) ^{c, d}	0.05 (0.05 \pm 0.02) ^{c, d}
Facades ($n = 175$)	0.76 (0.75 \pm 0.06) ^{c, d}	13.80 (13.75 \pm 3.68) ^{c, d}	0.83 (0.85 \pm 0.18) ^{c, d}	0.05 (0.06 \pm 0.02) ^{c, d}
Simple objects ($n = 200$)	0.53 (0.54 \pm 0.07) ^{c, d}	6.18 (6.46 \pm 2.40) ^{c, d}	0.93 (0.95 \pm 0.18) ^{c, d}	0.09 (0.09 \pm 0.03) ^{c, d}
Faces ($n = 200$)	0.43 (0.43 \pm 0.04) ^{c, d}	3.99 (4.09 \pm 0.58) ^{c, d}	0.86 (0.86 \pm 0.08) ^{c, d}	0.11 (0.11 \pm 0.01) ^{c, d}
Natural scenes ($n = 200$)	0.64 (0.64 \pm 0.10)	10.63 (10.41 \pm 3.51)	0.42 (0.44 \pm 0.12) ^c	0.06 (0.07 \pm 0.02)
Branches ($n = 200$)	0.78 (0.77 \pm 0.07) ^{c, d}	28.25 (28.30 \pm 6.99) ^{b, d}	0.33 (0.33 \pm 0.07) ^{c, d}	0.03 (0.03 \pm 0.01) ^{c, d}

Values represent median (mean \pm SD), calculated on the basis of the ground approach.

^{a, b, c}Significantly different from advertisement (^a $p < 0.05$; ^b $p < 0.01$; ^c $p < 0.001$).

^dSignificantly different from natural scenes ($p < 0.001$).

^eImages were randomly sampled from all seven advertisement subcategories.

Table 3 | Average values for the Fourier slope and fractal dimension.

Image dataset	Fourier slope	Fractal dimension
Artworks ($n = 197$)	-2.77 (-2.74 \pm 0.29) ^{c, e}	1.49 (1.49 \pm 0.16) ^e
Advertisement ($n = 210$)	-2.57 (-2.54 \pm 0.24) ^e	1.51 (1.50 \pm 0.12)
Urban scenes ($n = 200$)	-2.45 (-2.46 \pm 0.14) ^{b, e}	1.62 (1.61 \pm 0.08) ^c
Buildings ($n = 200$)	-2.53 (-2.51 \pm 0.24) ^e	1.65 (1.64 \pm 0.10) ^{c, d}
Facades ($n = 175$)	-2.47 (-2.47 \pm 0.21) ^{a, e}	1.68 (1.66 \pm 0.11) ^{c, e}
Simple objects ($n = 200$)	-2.83 (-2.84 \pm 0.22) ^{c, e}	1.44 (1.44 \pm 0.10) ^{c, e}
Faces ($n = 200$)	-3.51 (-3.53 \pm 0.14) ^{c, e}	1.29 (1.29 \pm 0.05) ^{c, e}
Natural scenes ($n = 200$)	-2.21 (-2.24 \pm 0.19) ^c	1.61 (1.60 \pm 0.16) ^c
Branches ($n = 200$)	-1.81 (-1.83 \pm 0.17) ^{c, e}	1.87 (1.86 \pm 0.06) ^{c, e}

Values represent median (mean \pm SD).

^{a, b, c}Significantly different from advertisement (^a $p < 0.05$; ^b $p < 0.01$; ^c $p < 0.001$).

^{d, e}Significantly different from natural scenes (^d $p < 0.05$; ^e $p < 0.001$).

and for images that differ in their degree of their aesthetic appeal. Third, we will compare results obtained for the different types of advertisements. Fourth, results for images of architecture will be described.

METHODOLOGICAL CONSIDERATIONS

The values that are derived from the PHOG method critically depend on several parameters, for example, the resolution of the images and the level of the image pyramid, on which the analysis was performed (Amirshahi et al., 2012). For this reason, we carried out PHOG calculations for all images at the same resolution (100,000 pixels) and at the same level (level 3).

To calculate self-similarity, three different approaches were considered in the present work (see Materials and Methods, Section Image Calculations; **Table 1**). In two earlier studies from our group, self-similarity was calculated based on the parent approach (**Figure 3B**; Amirshahi et al., 2012; Redies et al., 2012). The average self-similarity for advertisements assumes intermediate values (0.68; **Figure 5A**). Values for artworks (0.74), natural scenes (0.73) and branches (0.83) are higher ($p < 0.001$) whereas

values for faces (0.56) and simple objects (0.62) are lower ($p < 0.001$). These values are similar to those from our earlier study (Redies et al., 2012).

For the second method of calculating self-similarity (neighbor approach; **Figure 3C**), overall results follow the same pattern, but self-similarity values were generally lower than for the parent approach (**Figures 5A,B, Table 1**). This decrease is especially prominent for images of advertisements (0.37), artworks (0.50), faces (0.26) and simple objects (0.28). The decrease of average values for natural scenes (0.65) and branches (0.69) is smaller.

Results for the ground approach (**Figures 3D, 5C, Table 1**) are intermediate between those of the parent approach and the neighbor approach. Again, the overall pattern of differences is similar compared to the two other approaches.

In conclusion, these results demonstrate that the different PHOG-derived approaches to calculate self-similarity are relatively robust with regard to relative differences between image categories, although absolute values differ. In the following comparison, we chose the ground approach.

COMPARISON OF ADVERTISEMENTS TO OTHER IMAGE CATEGORIES

The scatter plots shown in **Figures 5C,D, 7A** compare the results for advertisements and the other image categories. The plot of self-similarity vs. complexity (**Figure 5C**), of anisotropy vs. the Birkhoff-like measure (**Figure 5D**) and Fourier slope vs. fractal dimension (**Figure 7A**) reveal distinct but partially overlapping clusters for each image category.

For advertisements, self-similarity values (0.62; **Figure 4C, Table 2**) differ significantly from artworks (0.68, $p < 0.001$), simple objects (0.53, $p < 0.001$), faces (0.43, $p < 0.001$) and branches (0.78, $p < 0.001$) but not from natural scenes (0.64). Complexity values (**Figure 4C**) obtained for advertisements (9.00) are higher than values for artworks (7.23, $p < 0.05$), simple objects (6.18; $p < 0.001$), and faces (3.99; $p < 0.001$), but much lower than for branches (28.25; $p < 0.001$). The complexity of natural scenes (10.63; **Table 2**) is similar to that of advertisements. This pattern of differences is similar to the previously published results (Redies et al., 2012) although absolute values differ because of the resolution of the images used (1 million pixels vs. 100,000

Table 4 | Comparison of different types of advertisements.

Image dataset	Self-similarity	Complexity	Anisotropy ($\times 10^{-3}$)	Birkhoff-like measure
Advertisement, all ($n = 1295$)	0.63 (0.63 \pm 0.10) ^c	9.61 (10.17 \pm 3.63) ^c	0.68 (0.70 \pm 0.16) ^{c, f}	0.06 (0.07 \pm 0.02) ^c
Advertisement, subset ($n = 210$)	0.62 (0.62 \pm 0.09) ^c	9.00 (9.73 \pm 3.66) ^b	0.70 (0.71 \pm 0.16) ^{c, f}	0.07 (0.07 \pm 0.02) ^c
Cars ($n = 200$)	0.58 (0.57 \pm 0.09) ^{c, f}	8.73 (8.81 \pm 2.16) ^f	0.78 (0.80 \pm 0.17) ^{c, f}	0.07 (0.07 \pm 0.01) ^c
Fashion ($n = 200$)	0.58 (0.58 \pm 0.08) ^{c, f}	7.64 (8.16 \pm 2.84) ^f	0.69 (0.71 \pm 0.17) ^{c, f}	0.08 (0.08 \pm 0.02) ^{c, e}
Cosmetics ($n = 198$)	0.60 (0.59 \pm 0.07) ^{c, f}	7.48 (7.92 \pm 2.34) ^f	0.68 (0.70 \pm 0.14) ^{c, f}	0.08 (0.08 \pm 0.02) ^{c, f}
Others ($n = 204$)	0.62 (0.61 \pm 0.08) ^c	8.96 (9.16 \pm 3.17) ^d	0.65 (0.67 \pm 0.16) ^{c, f}	0.07 (0.07 \pm 0.03) ^c
Magazine covers ($n = 196$)	0.67 (0.67 \pm 0.07) ^e	13.46 (13.75 \pm 3.93) ^{c, f}	0.59 (0.62 \pm 0.15) ^{c, f}	0.05 (0.05 \pm 0.01) ^{c, f}
Leaflets ($n = 212$)	0.76 (0.75 \pm 0.06) ^{c, f}	13.34 (13.10 \pm 2.41) ^{c, f}	0.63 (0.64 \pm 0.12) ^{c, f}	0.06 (0.06 \pm 0.01) ^{c, e}
Show windows ($n = 85$)	0.64 (0.64 \pm 0.07) ^a	10.15 (10.23 \pm 2.31) ^b	0.80 (0.80 \pm 0.17) ^{c, f}	0.06 (0.06 \pm 0.01) ^c

Values represent median (mean \pm SD), calculated on the basis of the ground method.

^{a,b,c} Significantly different from artworks (^a $p < 0.05$; ^b $p < 0.01$; ^c $p < 0.001$; **Table 2**)

^{d, e, f} Significantly different from natural scenes (^d $p < 0.05$; ^e $p < 0.01$; ^f $p < 0.001$; **Table 2**).

Table 5 | Comparison of different types of advertisements.

Image dataset	Fourier slope	Fractal dimension
Advertisement ($n = 1295$)	-2.49 (-2.50 \pm 0.24) ^c	1.50 (1.51 \pm 0.12) ^c
Cars ($n = 200$)	-2.50 (-2.51 \pm 0.21) ^{a, c}	1.48 (1.49 \pm 0.08) ^c
Fashion ($n = 200$)	-2.74 (-2.74 \pm 0.19) ^c	1.44 (1.45 \pm 0.09) ^{a, c}
Cosmetics ($n = 198$)	-2.55 (-2.54 \pm 0.24) ^{a, c}	1.42 (1.42 \pm 0.08) ^{a, c}
Others ($n = 204$)	-2.48 (-2.45 \pm 0.23) ^{a, c}	1.46 (1.46 \pm 0.09) ^c
Magazine covers ($n = 196$)	-2.33 (-2.35 \pm 0.16) ^{a, c}	1.59 (1.58 \pm 0.08) ^a
Leaflets ($n = 212$)	-2.30 (-2.31 \pm 0.16) ^{a, b}	1.60 (1.59 \pm 0.07) ^a
Show windows ($n = 85$)	-2.70 (-2.70 \pm 0.15) ^c	1.58 (1.58 \pm 0.09) ^a

Values represent median (mean \pm SD).

^a Significantly different from artworks ($p < 0.001$; **Table 3**)

^{b, c} Significantly different from natural scenes (^b $p < 0.05$; ^c $p < 0.001$; **Table 3**).

pixels) and the approaches to calculate self-similarity varied (see above).

We obtained distinct clusters for each image category in the scatter plot of anisotropy vs. the composite Birkhoff-like measure (**Figure 5D**, **Table 2**). For example, compared to advertisements (0.70×10^{-3}), anisotropy is lower for artworks (0.49×10^{-3} , $p < 0.001$), natural scenes (0.42×10^{-3} , $p < 0.001$) and branches (0.33×10^{-3} , $p < 0.001$), whereas it is higher for simple objects (0.93×10^{-3} , $p < 0.001$) and faces (0.86×10^{-3} , $p < 0.001$). For the Birkhoff-like measure, values are similar for advertisements and natural scenes (**Figure 5D**, **Table 2**). The comparison to all other image categories yields significantly different values.

The Fourier slope values of images of advertisements (-2.57) and architecture (-2.45 to -2.53) are similar (**Table 3**). Artworks have slope values (-2.77) lower than advertisements (-2.77; $p < 0.001$). Images of natural scenes and branches have slope values close to -2 (**Figure 7A**) while face images have much lower values than advertisements (-3.51; $p < 0.001$; **Figure 7A**). For the fractal dimension, as expected, the overall pattern of values is similar to that of complexity (**Figures 4C,D**).

COMPARISON OF DIFFERENT ADVERTISEMENT CATEGORIES

Figures 6, 7B–D illustrate the results for single-product advertisements (**Figures 6A,B, 7B**) and the other types of advertisement

(magazine covers, supermarket and department store leaflets, and show windows; **Figures 6C,D, 7C**). Detailed results are listed in **Tables 4, 5** and compared to the other image categories in **Figure 4**.

Compared to the image categories described in the previous section, the dot clusters of the individual advertisement categories overlap to a much larger degree with each other and also with the artworks cluster (**Figures 6A–D, 7B,C**). Single-product advertisements (cars, fashion, cosmetics and others) tend to have lower complexity, fractal dimension, and self-similarity than the other types of advertisements whereas anisotropy and the Fourier slope tend to be more variable in general (**Figure 4**, **Tables 4, 5**). Compared to artworks, single-product advertisements tend to be less self-similar ($p < 0.001$) and more anisotropic ($p < 0.001$) but they do not differ in average complexity (**Figures 6A,B, Table 4**). Values for the Birkhoff-like measure are lower than for artworks ($p < 0.001$; **Figure 6B**). The Fourier slope values for single-product advertisements are higher than for artworks ($p < 0.001$), except for fashion images. The fractal dimension is smaller for fashion (1.44, $p < 0.001$) and cosmetics (1.42, $p < 0.001$) than for artworks (1.49) (**Figure 7B**). The other types of advertisement are more complex ($p < 0.05$ to $p < 0.001$), more anisotropic ($p < 0.001$) and have a lower Birkhoff-like measure and a higher fractal dimension than artworks ($p < 0.001$; **Figures 6C,D, 7C, Tables 4, 5**). Self-similarity for magazine covers is as high as for artworks, higher for leaflets ($p < 0.001$) and lower for show windows ($p < 0.05$; **Figures 4, 6C**).

IMAGES OF ARCHITECTURE

The images of architecture (urban scenes, buildings, and facades) are more complex than artworks and single-product advertisements ($p < 0.001$; **Figures 4C, 6E; Table 2**) but tend to be similar to the other types of advertisements. A similar trend is observed for the fractal dimension (**Figures 4D, 7D, Tables 3, 5**). The degree of anisotropy resembles that of single-product advertisements and show windows but is higher than for artworks ($p < 0.001$; **Figure 6F, Table 2**). Self-similarity for buildings is as high as for the combined dataset of advertisements; it is higher for facades ($p < 0.001$) and lower for urban scenes ($p < 0.001$;

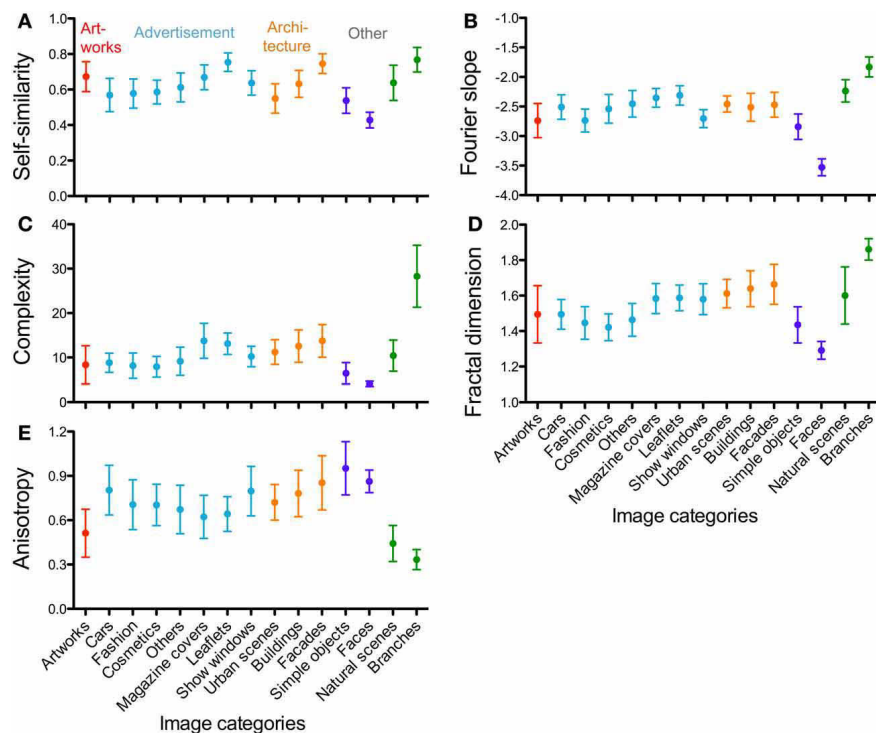


FIGURE 4 | Whisker plots of the means for self-similarity (A), Fourier slope (B), complexity (C), fractal dimension (D) and anisotropy (E). The image categories are indicated below the y-axis in panels (D,E) for all panels.

The colors represent the different image categories (red, artworks; light blue, advertisement; orange, architecture; dark blue and green, other image categories). Whiskers represent means ± 1 SD.

Figure 6E, Table 2). The Birkhoff-like measure is lower for architecture than for artworks (Figure 6F; $p < 0.001$). The Fourier slope for images of architecture is similar to that of single-product advertisements (Figures 4D, Tables 3, 5) and artworks (Figure 7D).

DISCUSSION

In this work, we studied statistical image properties in images of advertisements and architecture, and compared them to results of other man-made, visually pleasing images, such as artworks (Graham and Redies, 2010; Redies et al., 2012; Amirshahi et al., 2013; Melmer et al., 2013). Given the similarities in brain responses to these different types of rewarding stimuli (see Introduction), we speculated that the images might also share structural features at the stimulus level. This notion was challenged by measuring image features that have been studied in visually pleasing stimuli before (self-similarity, complexity, anisotropy, slope of the radially averaged Fourier spectrum, and fractal dimension; see Introduction). A particular focus of our study was the question of whether the images of advertisements differ from the other image categories.

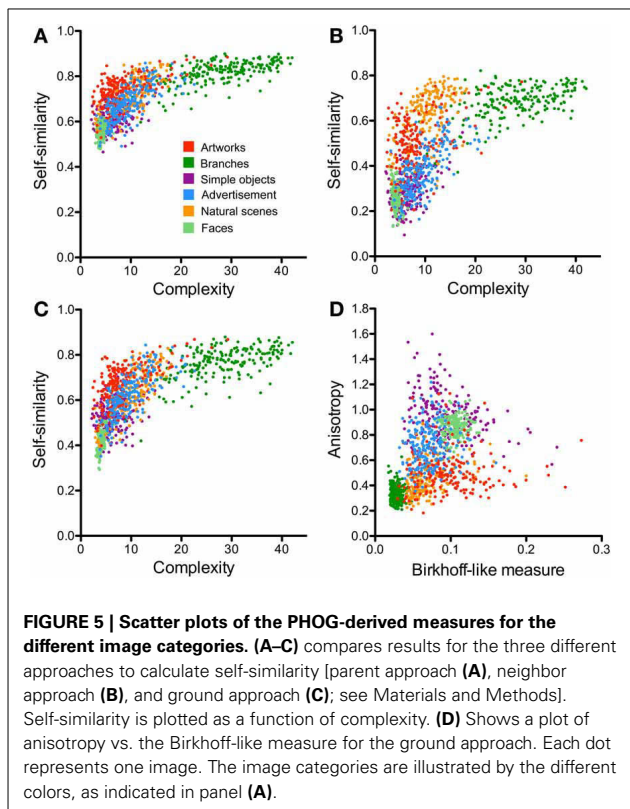
In the following paragraphs, we will first point out similarities and differences between advertisements and the other image categories, such as artworks and large-vista natural scenes. Second, we will address the question of whether the measured values relate to the content and layout of different types of advertisements. Third,

we will compare images of architecture to the other types of visual stimuli.

DIFFERENCES BETWEEN IMAGES OF ADVERTISEMENTS AND OTHER IMAGE CATEGORIES

In an earlier study, we showed that the PHOG measures (self-similarity, complexity and anisotropy) allow distinguishing artworks from many other image categories on average (Amirshahi et al., 2012; Redies et al., 2012). In the present work, we add images of advertisements to this comparison (Figure 5). In addition, we compare the results with previously obtained measurements of the Fourier slope and the fractal dimension (Figure 7).

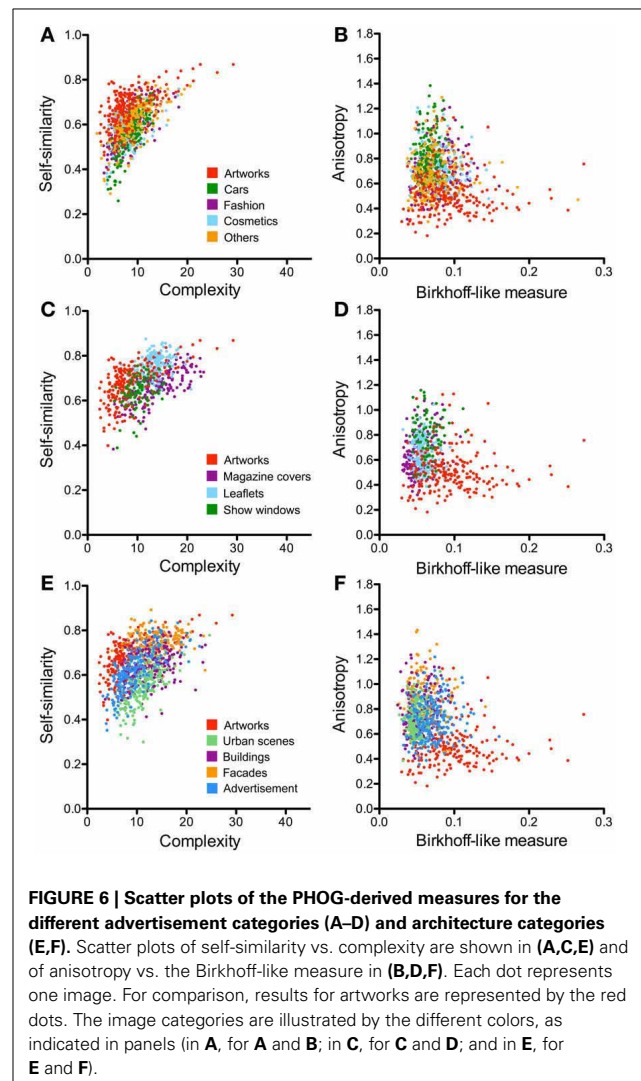
Our results indicate that, like the other image categories, advertisements can be characterized by a specific combination of these measures (Figures 4, 5C,D, 7A, Tables 2, 3). The results for the combined dataset of advertisements largely resemble those of artworks and natural scenes, although some differences were observed. All three image categories have relatively high values for self-similarity and intermediate values for complexity and the fractal dimension, compared to, for example, photographs of faces and branches. This finding supports the notion that subsets of visually pleasing images share specific statistical properties in general. However, we note that the different measures are not independent. For all images analyzed together, Table 6 provides the Spearman correlation coefficients for the measures. As expected, the strongest correlation is found between



complexity and the fractal dimension. Other correlations, e.g., between complexity and self-similarity, are also relatively strong. The precise relation between the different measures remains to be determined.

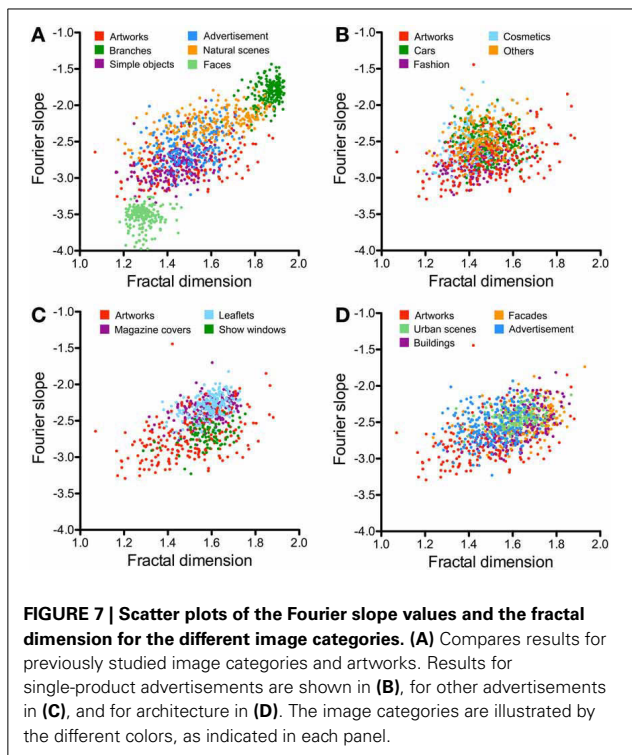
An intermediate level of complexity has been previously linked to aesthetic perception. Berlyne (1974) described a u-shaped dependence of the hedonic value of aesthetic stimuli on complexity (or information content). He postulated that this curve could be explained by the different degrees of activation of two antagonistic systems in the human brain, a reward system and an aversion system. For visually pleasing stimuli, the dependence of beauty on complexity is not straightforward, partially because physical measures of complexity differ between studies (Forsythe et al., 2011) and there is a general lack of well-controlled studies that manipulate complexity in such images, with few exceptions (Jacobsen and Hofel, 2002; Taylor et al., 2005; Forsythe et al., 2011). Nevertheless, the present results support the notion that the different categories of visually pleasing images have an intermediate degree of complexity in general.

Furthermore, the present results indicate that the PHOG-derived self-similarity measure used by us attains a similar degree in advertisements, artworks and natural scenes. The Fourier slope is not highly correlated with the self-similarity measure (Table 6). The Fourier slope of subsets of monochrome artworks and monochrome images of natural scenes share a slope value of around -2 (Graham and Field, 2007; Redies et al., 2007a,b; Alvarez-Ramirez et al., 2008), but the slope value of colored artworks converted to grayscale images is much lower (-2.8 in the



present study; -2.9 for colored art portraits in the study by Redies et al., 2007b). However, monochrome artworks are not equivalent to grayscale versions of colored paintings because color plays a pivotal role in aesthetic appreciation (Palmer et al., 2013). Consequently, conversion of colored artworks to grayscale version may destroy their aesthetic appeal.

Median anisotropy is higher for advertisements than for aesthetic artworks and natural scenes. This finding may relate to the presence of vertical text and image divisions along cardinal (horizontal and vertical) orientations in advertisements. Strikingly, all image categories studied are significantly more anisotropic on average than artworks, except for the natural categories (natural scenes and branches), although there is some degree of overlap (Figures 5C,D). A relatively low degree of anisotropy of artworks has been observed before in other studies (Koch et al., 2010; Redies et al., 2012; Melmer et al., 2013). This result is remarkable because, conceivably, artists can also produce highly anisotropic images. Note that specific natural patterns, such as lichen growth



single-product advertisements are generally less complex than leaflets that promote multiple products on each page. Magazine covers, which contain a relatively large amount of printed text, are also more complex. It is likely that the high complexity of leaflets and magazine covers relates to the fact that they display multiple visual elements that can each attract attention separately (e.g., headings, text banners and price information) whereas single-product advertisements are the result of a more integrated visual composition that encompasses the entire image. As a consequence, in single-product advertisements, the appeal of the product may be carried by the global appearance of the entire image and not by its parts, such as in leaflets. In this respect, single-product advertisements may resemble artworks. For this reason, it is perhaps not surprising that the two types of images have similar statistical image properties.

Like complexity, self-similarity differs significantly between the various types of advertisements. Nevertheless, single-product advertisements and show windows exhibit a similar degree of self-similarity in general, when compared to the other image categories. Also, differences in anisotropy between single-product advertisements are relatively small (Figure 4, Table 4).

In conclusion, for the single-product advertisements studied, image properties are similar irrespective of the type of product shown. Whether and by what perceptual mechanisms these properties lead to a higher efficiency in promoting products remains to be studied.

Table 6 | Spearman correlation coefficients *r* for the measures studied ($p < 0.001$ for all comparisons).

	Self-similarity	Complexity	Anisotropy	Fourier slope	Fractal dimension
Self-similarity	–	0.73	–0.53	0.52	0.60
Complexity	0.73	–	–0.45	0.66	0.82
Anisotropy	–0.53	–0.45	–	–0.59	–0.45
Fourier slope	0.52	0.66	–0.59	–	0.63
Fractal dimension	0.60	0.82	–0.45	0.63	–

patterns and branches, can have even lower anisotropy values (Redies et al., 2012). In how far the responses of the visual system to isotropic and anisotropic visual stimuli relate to aesthetic perception is unclear at present.

The separation of the different image categories is especially clear in the scatter plots of anisotropy vs. the Birkhoff-like measure, which we defined as self-similarity divided by complexity (Figure 5D). Each image category, including advertisements and artworks, is characterized by a specific pattern of values defined by the three measures. Whether this pattern is required or sufficient for aesthetic perception remains to be studied.

DEPENDENCE OF AESTHETIC MEASURES ON ADVERTISEMENT CONTENT

Within the seven subcategories of advertisements, differences were observed, some of which were anticipated. For example,

IMAGES OF ARCHITECTURE AND THEIR “BIOPHILIC” STRUCTURE

As expected, self-similarity of buildings and facades is relatively high (Figure 4), possibly because they are composed of repetitive visual elements, such as windows and architectural ornaments. In contrast, urban scenes contain elements of more diverse forms (e.g., cars, trees, street surfaces and buildings) and are less self-similar. The complexity of architectural images is higher than in artworks in general. Compared to natural scenes, images of buildings and facades tend to be more complex while urban scenes share a similar degree of complexity. The relatively high degree of anisotropy in architectural images was anticipated because cardinal orientations are prominent in most types of architecture and urban scenes, as demonstrated before (Oliva and Torralba, 2006).

Natural environments are thought to be particularly rich in stress-reducing, restorative elements (Kaplan, 1995). It has been proposed that humans possess a visual preference for natural, fractal-like patterns in architecture and urban scenes (“biophilia” hypothesis; see Introduction). The overall similarities between architectural images and natural scenes in self-similarity and complexity support this idea. However, anisotropy in our set of architectural images is much higher than in natural scenes and natural patterns, such as branches. Most likely, anisotropy is lower in specific types of architecture that prominently feature oblique orientations, for example the buildings by Antoni Gaudí or Friedensreich Hundertwasser. Other styles of architecture, for example the Bauhaus style, are characterized by a conspicuous lack of oblique orientations (Salingaros, 1999), leading to high anisotropy. The role of anisotropy in architectural aesthetics therefore remains unclear.

CONCLUSION AND HYPOTHESIS

The present study demonstrates that images of advertisements are characterized by a specific combination of higher-order image properties (high self-similarity, intermediate complexity and intermediate anisotropy) on average. For single-product advertisements, these properties do not depend on the type of product promoted. We hypothesize that the processing of such higher-order image features can be fast and may be mediated at a lower level of the visual system, similar to gist perception of scenes (Torralba and Oliva, 2003; Oliva and Torralba, 2006), possibly occurring even before the content of the advertisements (e.g., the depicted object, brand name etc.) is recognized. The degree of self-similarity and complexity in advertisements is close (but is not identical) to that of artworks and natural scenes. It has been shown that higher-order image properties similar to natural scenes allow an efficient processing in the visual system (Parraga et al., 2000; Simoncelli and Olshausen, 2001). This idea has been extended to visual artworks (Redies, 2007; Graham and Redies, 2010). Here, we speculate that the idea may also apply to print advertising, at least to some degree. Possibly, specific higher-order image properties enhance the visual effectiveness of advertisements. At higher levels of (cognitive) processing, the effectiveness of advertisements also depends on other factors, such as the psychological condition of the observer and the real or stimulated demand for the product. Interestingly, images of architecture share statistical properties with advertisements to a large extent. It remains to be investigated whether any of these image properties (or a combination thereof) plays a causative role in judging visual stimuli as perceptually pleasing.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Dr. Schlattmann for statistical advice, members of the Denzler and Redies groups for constructive suggestions, discussion and comments on the manuscript.

REFERENCES

- Alvarez-Ramirez, J., Ibarra-Valdez, C., Rodriguez, E., and Dagdug, L. (2008). 1/f-noise structures in Pollock's drip paintings. *Physica A* 387, 281–295. doi: 10.1016/j.physa.2007.08.047
- Amirshahi, S. A., Koch, M., Denzler, J., and Redies, C. (2012). PHOG analysis of self-similarity in esthetic images. *Proc. SPIE* 8291, 82911J. doi: 10.1117/12.911973
- Amirshahi, S. A., Redies, C., and Denzler, J. (2013). "How self-similar are artworks at different levels of spatial resolution?" *International Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging*. New York, NY: Association for Computing Machinery. doi: 10.1145/2487276.2487282
- Assael, H., Kofron, J. H., and Burgi, W. (1967). Advertising performance as a function of print Ad characteristics. *J. Advert. Res.* 7, 20–26.
- Avram, M., Gutyrchik, E., Bao, Y., Poppel, E., Reiser, M., and Blautzik, J. (2013). Neurofunctional correlates of esthetic and moral judgments. *Neurosci. Lett.* 534, 128–132. doi: 10.1016/j.neulet.2012.11.053
- Barla, A., Franceschi, E., Odone, F., and Verri, A. (2002). Image kernels. *International Workshop on Pattern Recognition with SVM, ICPR 2002. Lect. Notes Comp. Sci.* 2388, 83–96. doi: 10.1007/3-540-45665-1_7
- Berlyne, D. E. (1974). "The new experimental aesthetics," in *Studies in the New Experimental Aesthetics*, ed D. E. Berlyne (Washington, DC: Hemisphere Publishing), 1–25.
- Birkhoff, G. D. (1933). *Aesthetic Measure*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bosch, A., Tisserman, A., and Munoz, X. (2007). "Representing shape with a spatial pyramid kernel," in *Proceedings of the 6th ACM International Conference on Image and Video Retrieval*, (New York, NY: Association of Computing Machinery), 401–408. doi: 10.1145/1282280.1282340
- Burton, G. J., and Moorhead, I. R. (1987). Color and spatial structure in natural scenes. *Appl. Opt.* 26, 157–170. doi: 10.1364/AO.26.000157
- Bushko, D., and Stansfield, R. H. (1997). *Dartnell's Advertising Manager's Handbook*. Chicago: Dartnell.
- Canny, J. (1986). A computational approach to edge detection. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* PAMI-8, 679–698. doi: 10.1109/TPAMI.1986.4767851
- Cela-Conde, C. J., Marty, G., Maestu, F., Ortiz, T., Munar, E., Fernandez, A., et al. (2004). Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 101, 6321–6325. doi: 10.1073/pnas.0401427101
- Cutler, B. D., and Javalgi, R. G. (1992). A cross-cultural-analysis of the visual components of print advertising - the United-States and the European-Community. *J. Advert. Res.* 32, 71–80.
- Dalal, N., and Triggs, B. (2005). Histograms of oriented gradients for human detection. *Int. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.* 2, 886–893. doi: 10.1109/CVPR.2005.177
- Datta, R., Joshi, D., Li, J., and Wang, J. Z. (2006). "Studying aesthetics in photographic images using a computational approach," in *Proceedings of the 9th European Conference on Computer Vision*, (Graz), 3, 288–301. doi: 10.1007/11744078_23
- Edell, J. A., and Staelin, R. (1983). The information-processing of pictures in print advertisements. *J. Consum. Res.* 10, 45–61. doi: 10.1086/208944
- Erk, S., Spitzer, M., Wunderlich, A. P., Galley, L., and Walter, H. (2002). Cultural objects modulate reward circuitry. *Neuroreport* 13, 2499–2503. doi: 10.1097/01.wnr.0000048542.12213.60
- Field, D. J. (1987). Relations between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells. *J. Opt. Soc. Am. A* 4, 2379–2394. doi: 10.1364/JOSAA.4.002379
- Field, D. J., and Brady, N. (1997). Visual sensitivity, blur and the sources of variability in the amplitude spectra of natural scenes. *Vis. Res.* 37, 3367–3383. doi: 10.1016/s0042-6989(97)00181-8
- Finn, A. (1988). Print ad recognition readership scores - an information-processing perspective. *J. Mark. Res.* 25, 168–177. doi: 10.2307/3172648
- Forsythe, A., Nadal, M., Sheehy, N., Cela-Conde, C. J., and Sawey, M. (2011). Predicting beauty: fractal dimension and visual complexity in art. *Br. J. Psychol.* 102, 49–70. doi: 10.1348/000712610X498958
- Graham, D., and Redies, C. (2010). Statistical regularities in art: relations with visual coding and perception. *Vis. Res.* 50, 1503–1509. doi: 10.1016/j.visres.2010.05.002
- Graham, D. J., and Field, D. J. (2007). Statistical regularities of art images and natural scenes: spectra, sparseness and nonlinearities. *Spat. Vis.* 21, 149–164. doi: 10.1163/156856807782753877
- Hagerhall, C. M., Purcell, T., and Taylor, R. (2004). Fractal dimension of landscape silhouette outlines as a predictor of landscape preference. *J. Env. Psychol.* 24, 247–255. doi: 10.1016/j.jenvp.2003.12.004
- Hoening, F. (2005). "Defining computational aesthetics," in *Proceedings of the First Eurographics conference on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging*, eds L. Neumann, M. Sbert, B. Gooch, and W. Purgathofer (Geneva: Eurographics Association), 13–18, doi: 10.2312/COMPAESTH/COMPAESTH05/013-018
- Jacobsen, T., and Hofel, L. (2002). Aesthetic judgments of novel graphic patterns: analyses of individual judgments. *Percept. Mot. Skills* 95, 755–766. doi: 10.2466/pms.2002.95.3.755
- Jacobsen, T., Schubotz, R. I., Hofel, L., and Cramon, D. Y. (2006). Brain correlates of aesthetic judgment of beauty. *Neuroimage* 29, 276–285. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.07.010
- Joye, Y. (2007). Architectural lessons from environmental psychology: the case of biophilic architecture. *Rev. Gen. Psych.* 11, 305–328. doi: 10.1037/1089-2680.11.4.305
- Joye, Y. (2011). A review of the presence and use of fractal geometry in architectural design. *Environ. Plann. B. Plann. Des.* 38, 814–828. doi: 10.1068/b36032
- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: toward an integrative framework. *J. Environ. Psychol.* 15, 169–182. doi: 10.1016/0272-4944(95)90001-2
- Kawabata, H., and Zeki, S. (2004). Neural correlates of beauty. *J. Neurophysiol.* 91, 1699–1705. doi: 10.1152/jn.00696.2003
- Koch, M., Denzler, J., and Redies, C. (2010). 1/f₂ Characteristics and isotropy in the fourier power spectra of visual art, cartoons, comics, mangas, and different

- categories of photographs. *PLoS ONE* 5:e12268. doi: 10.1371/journal.pone.0012268
- Li, C., and Chen, T. (2009). "Aesthetic visual quality assessment of paintings," in *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, (New York, NY: IEEE), 236–252. doi: 10.1109/JSTSP.2009.2015077
- Martinez, A. M., and Benavente, R. (1998). *The AR Face Database*. Columbus, OH: Ohio State University.
- Melmer, T., Amirshahi, S. A., Koch, M., Denzler, J., and Redies, C. (2013). From regular text to artistic writing and artworks: fourier statistics of images with low and high aesthetic appeal. *Front. Hum. Neurosci.* 7:106. doi: 10.3389/fnhum.2013.00106
- Mureika, J. R., and Taylor, R. P. (2013). The abstract expressionists and les automatistes: a shared multi-fractal depth? *Sign. Proc.* 93, 573–578. doi: 10.1016/j.sigpro.2012.05.002
- O'Doherty, J., Winston, J., Critchley, H., Perrett, D., Burt, D. M., and Dolan, R. J. (2003). Beauty in a smile: the role of medial orbitofrontal cortex in facial attractiveness. *Neuropsychologia* 41, 147–155. doi: 10.1016/S0028-3932(02)00145-8
- Oliva, A., and Torralba, A. (2006). Building the gist of a scene: the role of global image features in recognition. *Prog. Brain Res.* 155, 23–36. doi: 10.1016/S0079-6123(06)55002-2
- Olshausen, B. A., and Field, D. J. (2004). Sparse coding of sensory inputs. *Curr. Opin. Neurobiol.* 14, 481–487. doi: 10.1016/j.conb.2004.07.007
- Orians, G. (1986). "An ecological and evolutionary approach to landscape aesthetics," in *Landscape Meanings and Values*, eds E. C. Penning-Rowsell and D. Lowenthal (London: Allen and Unwin), 3–25.
- Palmer, S. E., Schloss, K. B., and Sammartino, J. (2013). Visual aesthetics and human preference. *Ann. Rev. Psychol.* 64, 77–107. doi: 10.1146/annurev-psych-120710-100504
- Parraga, C. A., Troscianko, T., and Tolhurst, D. J. (2000). The human visual system is optimised for processing the spatial information in natural visual images. *Curr. Biol.* 10, 35–38. doi: 10.1016/S0960-9822(99)00262-6
- Reber, R., Schwarz, N., and Winkielman, P. (2004). Processing fluency and aesthetic pleasure: is beauty in the perceiver's processing experience? *Pers. Soc. Psychol. Rev.* 8, 364–382. doi: 10.1207/s15327957pspr0804_3
- Redies, C. (2007). A universal model of esthetic perception based on the sensory coding of natural stimuli. *Spat. Vis.* 21, 97–117. doi: 10.1163/156856807782753886
- Redies, C., Amirshahi, S. A., Koch, M., and Denzler, J. (2012). PHOG-derived aesthetic measures applied to color photographs of artworks, natural scenes and objects. *ECCV 2012 Ws/Demos, Part I. Lect. Notes Comp. Sci.* 7583, 522–531. doi: 10.1007/978-3-642-33863-2_54
- Redies, C., Hänisch, J., Blickhan, M., and Denzler, J. (2007a). Artists portray human faces with the Fourier statistics of complex natural scenes. *Network* 18, 235–248. doi: 10.1080/09548980701574496
- Redies, C., Hasenstein, J., and Denzler, J. (2007b). Fractal-like image statistics in visual art: similarity to natural scenes. *Spat. Vis.* 21, 137–148. doi: 10.1163/156856807782753921
- Redies, C., and Groß, F. (2013). Frames as visual links between paintings and the museum environment: an analysis of statistical image properties. *Front. Psychol.* 4:831. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00831
- Rigau, J., Feixas, M., and Sbert, M. (2008). Informational aesthetics measures. *IEEE Comput. Graph. Appl.* 28, 24–34. doi: 10.1109/MCG.2008.34
- Salingaros, N. A. (1999). Architecture, patterns, and mathematics. *Nexus Netw. J.* 1, 75–86. doi: 10.1007/s00004-998-0006-0
- Schaefer, M., Berens, H., Heinze, H. J., and Rotte, M. (2006). Neural correlates of culturally familiar brands of car manufacturers. *Neuroimage* 31, 861–865. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.12.047
- Simmons, W. K., Rapuano, K. M., Ingeholm, J. E., Avery, J., Kallman, S., Hall, K. D., et al. (2013). The ventral pallidum and orbitofrontal cortex support food pleasantness inferences. *Brain Struct. Funct.* doi: 10.1007/s00429-00013-0511-0
- Simoncelli, E. P. (2003). Vision and the statistics of the visual environment. *Curr. Opin. Neurobiol.* 13, 144–149. doi: 10.1016/S0959-4388(03)00047-3
- Simoncelli, E. P., and Olshausen, B. A. (2001). Natural image statistics and neural representation. *Ann. Rev. Neurosci.* 24, 1193–1216. doi: 10.1146/annurev.neuro.24.1.1193
- Taylor, R. P. (2002). Order in Pollock's chaos - Computer analysis is helping to explain the appeal of Jackson Pollock's paintings. *Sci. Am.* 287, 116–121. doi: 10.1038/scientificamerican1202-116
- Taylor, R. P., Spehar, B., Van Donkelaar, P., and Hagerhall, C. M. (2011). Perceptual and physiological responses to Jackson Pollock's fractals. *Front. Hum. Neurosci.* 5:60. doi: 10.3389/fnhum.2011.00060
- Taylor, R. P., Spehar, B., Wise, J. A., Clifford, C. W., Newell, B. R., Hagerhall, C. M., et al. (2005). Perceptual and physiological responses to the visual complexity of fractal patterns. *Nonlinear Dynamics Psychol. Life. Sci.* 9, 89–114.
- Taylor, R. P., and Sprott, J. C. (2008). Biophilic fractals and the visual journey of organic screen-savers. *Nonlinear Dynamics Psychol. Life. Sci.* 12, 117–129.
- Torralba, A., and Oliva, A. (2003). Statistics of natural image categories. *Network* 14, 391–412. doi: 10.1088/0954-898x/14/3/302
- Vartanian, O., and Goel, V. (2004). Neuroanatomical correlates of aesthetic preference for paintings. *Neuroreport* 15, 893–897. doi: 10.1097/01.wnr.0000118723.38067.d6
- Vessel, E. A., Starr, G. G., and Rubin, N. (2012). The brain on art: intense aesthetic experience activates the default mode network. *Front. Hum. Neurosci.* 6:66. doi: 10.3389/fnhum.2012.00066
- Zaidel, D. W., and Nadal, M. (2011). Brain intersections of aesthetics and morals: perspectives from biology, neuroscience, and evolution. *Perspect. Biol. Med.* 54, 367–380. doi: 10.1353/pbm.2011.0032
- Zeki, S. (1999). Art and the brain. *J. Conscious. Stud.* 6–7, 76–96.

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Received: 28 June 2013; accepted: 13 October 2013; published online: 05 November 2013.

Citation: Braun J, Amirshahi SA, Denzler J and 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

This article was submitted to *Cognition*, a section of the journal *Frontiers in Psychology*.

Copyright © 2013 Braun, Amirshahi, Denzler and Redies. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

APPENDIX A

This appendix gives an overview of the method that was used to calculate values for self-similarity, complexity and anisotropy (Amirshahi et al., 2012; Redies et al., 2012). The method is based on the Pyramid Histogram of Oriented Gradients (PHOG) approach. PHOG descriptors are spatial shape descriptors that were originally introduced by Bosch et al. (2007) for image classification. They are global feature vectors based on a pyramidal subdivision of an image into sub-images, for which Histograms of Oriented Gradient (HOG; Dalal and Triggs, 2005) are computed. In computer vision, such a data structure is called a *quadtrees*.

In this approach, the following steps are taken to calculate a gradient image **G** (shown in **Figure A1**) for a given color image **I**.

1. In the Lab color space, the image **I** is separated into its three channels (I_L , I_a , and I_b). The L channel represents the luminance. The a and b channels are the red-green and blue-yellow opponent channels, respectively.
2. The gradient image is then calculated for each of the three images, which we have introduced in step 1 and are represented as ∇I_L , ∇I_a , and ∇I_b in **Figure A1**. In this work, the gradient is calculated using the Matlab function *gradient*.
3. For each pixel in the three gradient images calculated in step 2, the maximum value among the three available values is

selected and placed in a new image, **G**. From here on, we will refer to **G** as the gradient image. The following equation represents this approach in another way:

$$G(x, y) = \max(\|I_L(x, y)\|, \|I_a(x, y)\|, \|I_b(x, y)\|)$$

As an example, **Figure A2C** shows the gradient image **G** of the photograph displayed in **Figure A2A**.

Next, the HOG features are calculated (Dalal and Triggs, 2005). HOG is based on the orientation of gradients in an image. Using image **G**, we separate the orientations of the gradients (**Figure A2D**) into n bins resulting in a HOG feature

$$h = (h_1, h_2, \dots, h_n)$$

of size n . Although the value for n and the range of orientations could be any arbitrary number, using 8 or 16 bins with 180 or 360 degrees is common. In the present study, we used 16 bins covering 360 degrees (**Figure A2E**). To obtain the HOGs, the strength of all gradients is calculated for each bin. As the last step in the HOG calculation, the histogram values are normalized so that the sum of the values for all 16 bins is one.

The self-similarity measure is obtained by calculating the HOG features for each sub-image of the quadtree (**Figure A2B**) as follows:

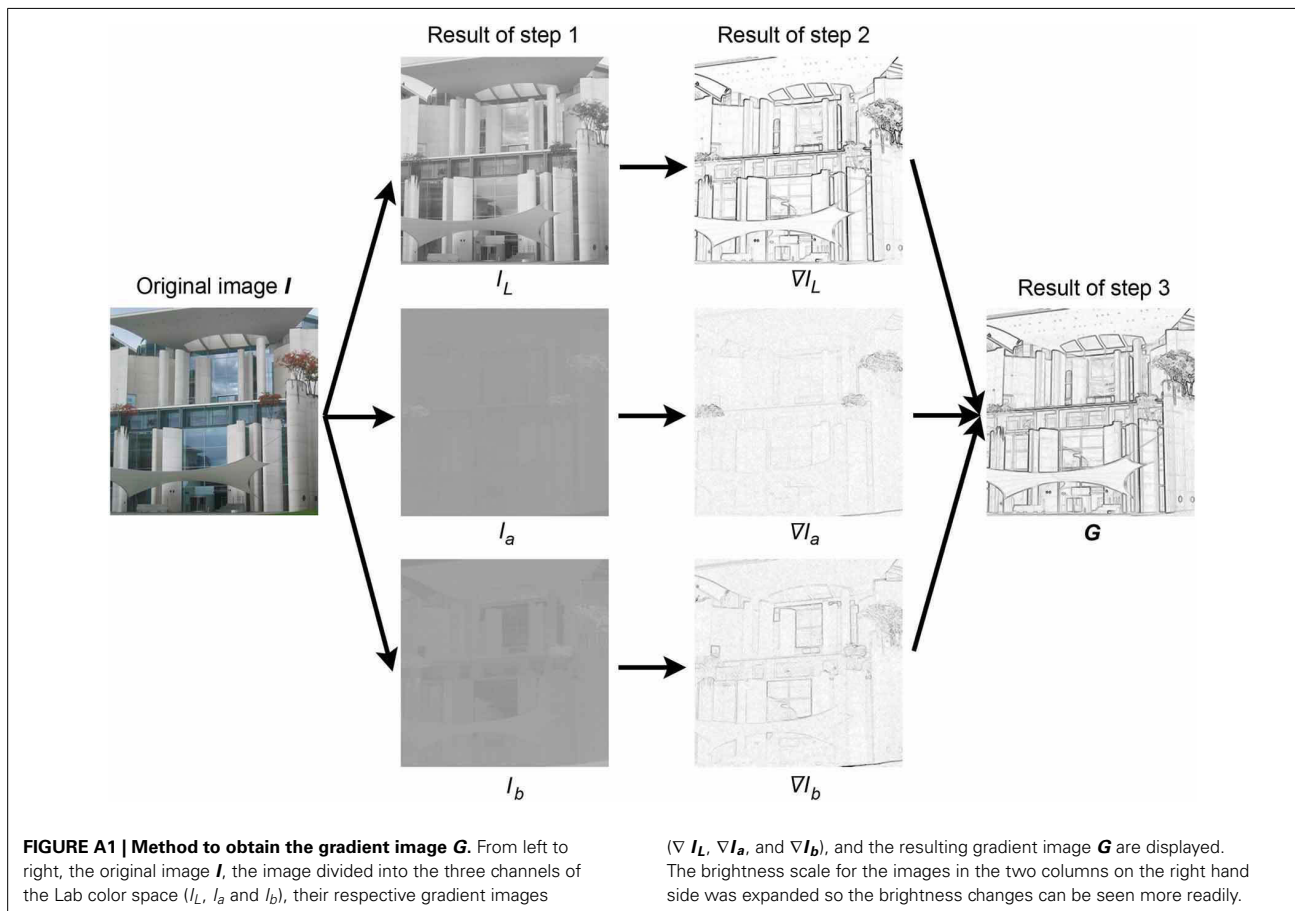
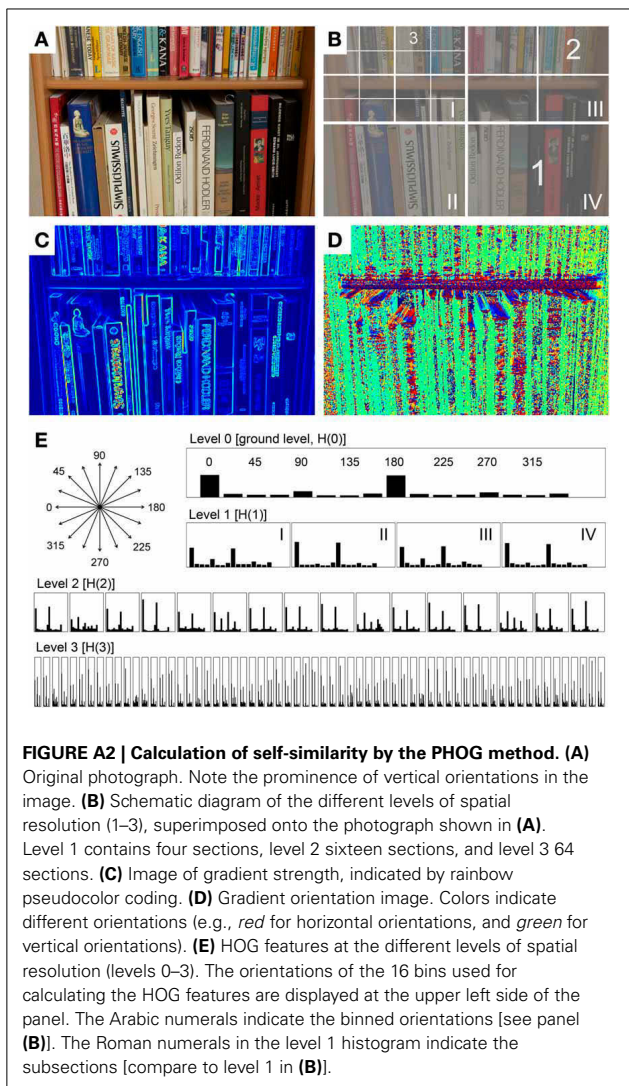


FIGURE A1 | Method to obtain the gradient image G. From left to right, the original image **I**, the image divided into the three channels of the Lab color space (I_L , I_a and I_b), their respective gradient images

(∇I_L , ∇I_a , and ∇I_b), and the resulting gradient image **G** are displayed. The brightness scale for the images in the two columns on the right hand side was expanded so the brightness changes can be seen more readily.



1. First, we calculate the HOG feature for the entire gradient image at level 0 (ground level).
2. Next, we divide the image into four equal sub-sections and calculate HOG features for each sub-section (level 1).
3. Each sub-section introduced at level 1 is divided again into four equal sub-sections (level 2) and the HOG features are calculated for the resulting 16 sub-sections.
4. The division and calculation can be continued as long as desired. In the present study, the highest level was level 3 (64 sub-sections). Higher levels result in even smaller sections with increasingly uniform distributions of luminance and fewer gradients, producing unstable results (Amirshahi et al., 2012).

The results of all HOG features at the individual levels of the quadtree (step 1–4) are concatenated to a features vector being the PHOG representation of the image. An example of the underlying histograms is depicted in **Figure A2E**.

To calculate the degree of self-similarity of an image, the Histogram Intersection Kernel (HIK; Barla et al., 2002) is used

$$HIK(\mathbf{h}, \mathbf{h}') = \sum_{i=1}^n \min(h_i, h'_i)$$

to determine how similar two HOG features are. In the above equation, \mathbf{h} and \mathbf{h}' represents two sets of HOG vectors for two sub-sections in the image and h_i represents the value in the i th bin in \mathbf{h} . The range of HIK is between 0 and 1. As it can be seen from the equation, the HIK function will result in the value of one in the case of two matching HOG features. The value of zero is reached if the entries for h_i or h'_i is zero for all bins. The self-similarity for image I at any level L is calculated by

$$m_{ss}(I, L) = \text{median}(HIK(\mathbf{h}(S), \mathbf{h}(N(S))))$$

In this equation, $\mathbf{h}(N(S))$ corresponds to the nod (section) in the quadtree of the section, to which sub-section S is compared (parent section, ground section or neighboring sections; see **Figure 3**), and \mathbf{h} represents the HOG vectors. Sample values for the self-similarity measure are given in the main text. By selecting the median value among the different values, we avoid taking the overshoots into account.

The mean of all gradient strengths in the gradient image \mathbf{G} serves us as a measure of the complexity of the image in the present study. A uniform original image with small changes in pixel values would result in a gradient image of low mean values (low complexity) while an image with large changes would result in a gradient image of high mean values (high complexity). To calculate complexity for image I ,

$$m_{Co}(I) = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{(x,y)} \mathbf{G}(x, y)$$

the mean value over the gradient image, \mathbf{G} is calculated. In this equation, N and M are the height and width of image I , respectively.

The HOG approach also allows deriving a measure for how different the strengths of the gradients are across orientations in an image (anisotropy). Low anisotropy means that the strengths of the orientations are uniform across orientations and high anisotropy means that orientations differ in their overall prominence. For example, in the photograph shown in **Figure A2A**, anisotropy is high because vertical orientations (0 and 180°) are more prominent than the other orientations. As a measure of anisotropy, we calculate

$$m_{AnI}(I, L) = \sigma(H(L)),$$

over the HOG feature entries for image I at the last level ($L = 3$ in our calculation). In this equation, $H(L)$ corresponds to the HOG feature at level L and σ is the standard deviation,

$$\sigma(H(L)) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_i - \mu_{H(L)})^2}$$

In this equation, $\mu_{H(L)}$ corresponds to the mean value of all the bins at level L , while m represents the number of bins at level L . If each section of the images is divided to sec new subsections,

$$m = (sec)^l$$

at level l . An image with a high degree of anisotropy will result in values that change a lot over the feature entries, while an image

with a low degree of anisotropy will result in feature values that are approximately equal.

According to Birkhoff (1933), the aesthetic value depends on the ratio of order and complexity. Following this idea, we substituted order by self-similarity to obtain a Birkhoff-like measure, as described in Redies et al. (2012). This measure was calculated for level 3 based on the ground approach.

5. Diskussion

5.1 Kritische Betrachtung der Methodik

In diesem Abschnitt diskutiere ich zunächst Faktoren, die die Auswahl der analysierten Bilder möglicherweise beeinflusst haben könnten, sodass die Ergebnisse möglicherweise nicht repräsentativ sind, sowie ein methodologisches Problem, das die Aussagekraft der Ergebnisse einschränken könnte.

Erstens lässt sich eine Beeinflussung der Ergebnisse durch die subjektive Auswahl der untersuchten Bilder, vor allem der Werbebilder, durch die Autoren nicht ausschließen. Ich versuchte jedoch, eine Beeinflussung durch eventuell vorhandene eigene Vorlieben und subjektive Beurteilungen möglichst gering zu halten. Die Wahl der Zeitschriften erfolgte nach der Menge der abgebildeten Werbung, sodass Zeitschriften mit einem möglichst hohen Anteil an Anzeigenwerbung ausgewählt wurden. Anschließend wurde jede Werbeanzeige innerhalb eines Magazins verwendet und der spezifischen thematischen Kategorie zugeordnet. Die Auswahl der Bilder, bzw. Seiten der Werbeprospekte erfolgte ebenfalls nach einem festgelegten Prinzip. Es wurden jeweils das Deckblatt, die Mitte und die Rückseite eines Prospektes verwendet. Für die Sammlung der Autowerbung wurden u.a. die umliegenden Händler für Automobile um Werbematerial gebeten. Die Verwendung von Werbung bestimmter Automarken ist also z.T. regional bedingt. Auch die Auswahl der fotografierten Stadtszenen und Gebäude kann unbewusst durch die Fotografen beeinträchtigt sein.

Zweitens wurden im Rahmen dieser Arbeit nur bestimmte Arten von Werbung untersucht. Wir versuchten eine breite Abdeckung der thematischen Inhalte zu erreichen und Werbung für verschiedene Adressaten einzubeziehen. Viele andere Arten von Werbung (filmische Werbespots, akustische Werbung) erreichen ihre Ziele durch andere Einflüsse und orientieren sich an anderen Kriterien. Diese konnten in dieser Arbeit jedoch nicht berücksichtigt werden.

Drittens wurde die Verarbeitung und Berechnung für alle Bilder in gleicher Weise mit der PHOG-Methode durchgeführt. Hierbei wurden die Bilder zur Analyse in die Lab-Farbkanäle zerlegt (L- Helligkeit, a- rot und grün, b- blau und gelb), welche sich an den physiologischen Eigenschaften des menschlichen Sehsystems orientieren. In den meisten Bildern zeigte sich jedoch, dass vor allem der Helligkeitsgradient für die Ergebnisse bestimmend war. In farbigen Kunstwerken und auch in Werbung spielt jedoch oft die Farbe eine bedeutende Rolle. Die von mir benutzte Art der Analyse kann eventuell der ästhetischen Bedeutung von Farbe und farbiger Darstellung nicht gerecht werden.

Dennoch erscheint die PHOG-Methode eine effektive Methode zu sein, um Bilder zu kategorisieren und zu beschreiben. Die Analyse der Bilder erfolgte auf der Grundlage statistischer Bildeigenschaften. Die untersuchten Bildeigenschaften wurden zuvor in anderen Studien für ästhetische Bilder, wie Kunstwerke, nachgewiesen (fraktale Dimension, Komplexität, Selbstähnlichkeit, Steigung im Fourier-Spektrum, Anisotropie; siehe Einleitung; Redies *et al.* 2012, Amirshahi *et al.* 2013, Melmer *et al.* 2013). Das neu eingeführte Birkhoff-ähnliche Maß ermöglicht eine Aussage zum Verhältnis von Selbstähnlichkeit (als ein Maß von Ordnung) und Komplexität, das von Birkhoff (1933) als wesentlich für den ästhetischen Eindruck eines Bildes angesehen wurde.

Viertens erfolgte die Berechnung der Selbstähnlichkeit auf drei unterschiedliche Arten. Der jeweilige zu vergleichende Bildausschnitt wurde mit dem Gesamtbild in Relation gesetzt (Ground-Methode), mit allen Nachbarbildausschnitten des gleichen Levels (Neighbor-Methode) oder mit dem jeweils weiteren Bildausschnitt des vorhergehenden Levels verglichen (Parent-Methode; Abb. 3 in Braun *et al.* 2013). Für alle drei Berechnungsmöglichkeiten fanden sich ähnliche Verteilungsmuster in den Ergebnissen der Selbstähnlichkeit. Dies zeigt eine geringe Anfälligkeit des Maßes gegenüber verschiedenen Analysemethoden.

Der einheitliche Vergleich der Bilder anhand der genannten Bildeigenschaften ermöglichte eine weitgehende Abgrenzung der einzelnen Bildkategorien anhand der Stärke ihrer charakteristischen Eigenschaften.

5.2 Diskussion der Ergebnisse für Werbung und Architektur

Ästhetische visuelle Reize spielen nicht nur in der Kunst, sondern auch in unserem Alltag, z.B. in Form von Werbung und Architektur, eine große Rolle. Im Folgenden möchte ich diskutieren, inwiefern Unterschiede oder Gemeinsamkeiten in den zuvor untersuchten visuellen ästhetischen Bildern (z.B. Kunstwerke und natürliche Szenen) und den hier erstmals näher untersuchten Bildkategorien Werbung und Architektur gefunden werden können und inwieweit die einzelnen Werbekategorien, bezogen auf die verschiedenen Inhalte, in den statistischen Eigenschaften variieren.

Werbung

Die in Bildern von natürlichen Szenen und Kunstwerken gefundene mittlere Komplexität und mittlere fraktale Dimension zeigte sich im Allgemeinen auch in den Bildern der

Werbekategorien. Im Gegensatz hierzu weisen die Bilder der Passfotos und Objekte, die einen niedrigeren ästhetischen Anspruch haben, eine deutlich niedrigere Komplexität auf. Bereits Berlyne (1970) wies einem Reiz mit mittlerer Komplexität ein hohes ästhetisches Maß zu (siehe Einleitung). Die Maße für eine optimale Komplexität variieren jedoch in verschiedenen Studien, da unterschiedlichste Analysemethoden zur Berechnung der Komplexität genutzt wurden (Forsythe *et al.* 2011). Es bleibt daher fraglich, ob das Vorhandensein einer mittleren Komplexität alleine über das positive ästhetische Empfinden des Betrachters entscheidet.

Weiterhin konnte ebenfalls eine hohe Selbstähnlichkeit für eine Vielzahl der Werbebilder nachgewiesen werden, ähnlich wie bei den Bildern von natürlichen Szenen und Kunstwerken. Die in zuvor erfolgten Studien für schwarz-weiße Kunstwerke nachgewiesene Steigung im radiär gemittelten Fourier-Spektrum von -2 konnte in unserem Datensatz von farbigen Kunstwerken nicht reproduziert werden. Die Steigung der Graustufen-Bildern, in die die farbigen Kunstwerke konvertiert wurden, ergab im Mittel einen Wert von -2,8 (Redies *et al.* 2007a,b). Diese Konvertierung kann daher die unterschiedlichen Ergebnisse bedingen. Man kann allerdings annehmen, dass die Konvertierung auch zu einem Verlust des ästhetischen Wertes des Kunstwerkes führt. Eine ähnliche Argumentation führten Redies *et al.* (2007b) für ihre Beobachtung an, dass sich für farbige Kunstporträts, die in Graustufen-Bilder umgewandelt wurden, eine Steigung von -2,9 ergab.

Größere Unterschiede zwischen den Bildkategorien zeigten sich in der Anisotropie. Die höheren Anisotropie-Werte in den Werbebildern, im Vergleich zu Bildern von Kunstwerken und natürlichen Szenen, entstehen vermutlich durch die horizontale und vertikale Ausrichtung von Text- und Bildelementen in den Werbebildern (Melmer *et al.* 2013). Bisher können noch keine Aussagen getroffen werden, ob vermehrt isotrope oder anisotrope visuelle Reize als ästhetischer empfunden werden bzw. welche Auswirkungen die Anisotropie auf das ästhetische Urteil haben kann.

Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass visuelle Reize, welche ein Wohlbefinden beim Betrachter auslösen, ähnliche statistische Eigenschaften aufweisen (Abb. 4 in Braun *et al.* 2013, Koch *et al.* 2010, Redies 2007, Redies *et al.* 2007a, Redies *et al.* 2012). Die einzelnen Werte sind hierbei nicht nur allein zu betrachten, sondern es könnte auch die Kombination der gemessenen Werte für den ästhetischen Eindruck entscheidend sein, z.B. die Kombination von mittlerer Komplexität und hoher Selbstähnlichkeit. Allerdings sind nicht alle der von mir gemessenen Eigenschaften unabhängig voneinander (Tabelle 6 in Braun *et al.* 2013). Zum Beispiel ergab die Untersuchung der Korrelation mit Hilfe des Spearman-Korrelationskoeffizienten eine starke Abhängigkeit zwischen den Werten der Komplexität

und fraktalen Dimension, was zu erwarten war (Alvarez-Ramirez *et al.* 2008). Aber auch zwischen den Werten für die Selbstähnlichkeit und die Komplexität konnte eine relativ starke Korrelation nachgewiesen werden.

Weiterhin unterteilte ich die Kategorie Werbung in 7 thematisch verschiedene Unterkategorien. Die Zuordnung erfolgte anhand des Inhalts und Layouts (Mode-, Kosmetik-, Autowerbung, sonstige Anzeigenwerbung, Werbeprospekte, Titelblätter von Zeitschriften und Schaufenster). Bei der Analyse zeigten sich bezogen auf die Ergebnisse der verschiedenen Bildeigenschaften zwei Hauptgruppen innerhalb der Werbekategorie.

Die Anzeigenwerbung dient der Darstellung eines oder weniger Produkte (Mode-, Kosmetik-, und Autowerbung). Dies spiegelt sich möglicherweise in den vergleichsweise geringen Komplexitäts-Werten wider. Die Aufgabe der Anzeigenwerbung ist nicht die Abbildung möglichst vieler Produkte, sondern die bestmögliche Darstellung eines Produkts mit dem Ziel, ein ansprechendes und daher aufmerksamkeitssteigerndes Ergebnis zu erreichen. Der Betrachter soll sich - im besten Fall - mit der Werbung und dem Produkt identifizieren können. Hierbei ist die gesamte Bildkomposition von Bedeutung. Der Informationsgehalt ist überwiegend gering gehalten. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Bildeigenschaften der Anzeigenwerbung in weiten Teilen überlappen, unabhängig von den thematischen Inhalten der visuellen Reize (Mode-, Kosmetik- und Autowerbung; Abb. 4 in Braun *et al.* 2013).

Im Vergleich dazu zeigten Werbebilder, die mehrere Produkte abbilden, wie zum Beispiel Supermarkt-Prospekte, deutlich höhere Komplexitäts-Werte. Durch die Abbildung mehrerer Produkte entsteht eine Vielzahl visueller Elemente mit einem unterschiedlichen Informationsgehalt. Auch die Titelblätter, welche zusätzlich große Überschriften und eine Vielzahl an Text enthalten, zeigten erwartungsgemäß eine höhere Komplexität. Die hohe Komplexität eines visuellen Reizes erzeugt nach Hekkert und Leder (2008) bei dem Betrachter Aufmerksamkeit und ermöglicht gleichzeitig die Darstellung vieler Produkte in einem Kontext. Auch so kann Werbung einen hohen visuellen Effekt auf den Betrachter entfalten.

Die Werbeprospekte und Zeitschriftendeckblätter sind selbstähnlicher durch eine zum Teil sich über das Bild wiederholende Anordnung von Produkten. Sie weisen jedoch ein geringeres Maß an Anisotropie auf. Die Schaufenster präsentieren meist ebenfalls eine Vielzahl von Produkten, zeigen aber trotzdem ähnliche statistische Eigenschaften wie die Anzeigenwerbung, da die Produkte meist in Gruppen im Bild gezeigt sind und sich nicht gleichmäßig auf das ganze Bild verteilen.

Bei den Prospekten und Zeitschriftendeckblättern liegt das Hauptaugenmerk auf den Überschriften und Preisanzeigen, die Anzeigenwerbung hingegen setzt den Hauptschwerpunkt auf die visuelle Darstellung des Produkts und des Markennamens. Auch dies mag eine Erklärung für die unterschiedlichen statistischen Eigenschaften sein.

Weiterhin ist die bildliche Struktur der Anzeigenwerbung in vielen Fällen vergleichbar mit künstlerischen Kompositionen. So ist es nicht verwunderlich, dass zwischen den Kunstwerken und den Bildern der Anzeigenwerbung ähnliche Werte für die statistischen Bildeigenschaften zu finden sind.

Welche Auswirkungen diese Bildeigenschaften eventuell auf das Kaufverhalten des Betrachters haben können und ob eine spezifische Ausprägung der Eigenschaften und somit charakteristische Darstellung der Werbung einen deutlichen Effekt bewirken, kann Gegenstand weiterer Studien sein.

Architektur

Die Selbstähnlichkeit in den Architekturkategorien ist ähnlich hoch wie in Kunstwerken und natürlichen Szenen, unterscheidet sich jedoch in den Gruppen (Stadtszenen, Gebäude, Fassaden). Viele Gebäude und Fassaden bestehen aus wiederkehrenden architektonischen Elementen, wie Ornamenten und Fenstern, welche ein hohes Maß an Selbstähnlichkeit bewirken und die hohen Ergebnisse in den beiden Gruppen bedingen. Die Verwendung wiederkehrender Elemente erleichtert die Bauweise und ist in der Lage, durch Selbstähnlichkeit und Skaleninvarianz ein positives Gefühl beim Betrachter zu erzeugen (siehe unten). Die Stadtszenen enthalten viele verschiedene Elemente und bilden einen weiteren Betrachtungswinkel, auch mit freien Flächen und Horizont, ab. Diese Bilder zeigen eine geringere Selbstähnlichkeit.

Alle 3 Architekturgruppen zeigen höhere Werte für die Komplexität als die Bilder von Kunstwerken und natürlichen Szenen, wobei die Stadtszenen ähnliche Komplexitätswerte wie die natürlichen Szenen aufweisen.

Wie auch in den Werbebildern ist die Anisotropie in den Architekturbildern sehr hoch, da auch hier die horizontalen und vertikalen Ausrichtungen sehr prominent sind. Ähnliche Ergebnisse für urbane Szenen wurden von Torralba und Oliva (2003) beschrieben. Von den untersuchten Eigenschaften ist die Anisotropie diejenige Eigenschaft, die am ehesten Kunstbilder von Werbe- und Architekturbildern unterscheidet.

5.3 Bedeutung der Ergebnisse für Werbung und Architektur

Diese Arbeit untersucht zum ersten Mal statistische Bildeigenschaften von Anzeigenwerbung und Werbebildern. Anhand dieser Eigenschaften ist es eventuell möglich, eine effektive und ästhetische Werbung zu gestalten. Da viele Faktoren in der Werbeindustrie eine Rolle spielen, haben diese Bildeigenschaften vermutlich nur einen bestimmten Anteil an der Werbewirkung. Es kann jedoch trotzdem für die Werbeindustrie und Werbewirkungsforschung hilfreich sein, die untersuchten Bildeigenschaften in den Kreativitätsprozess und die Produktion von Werbung mit einzubeziehen, um auf der Grundlage eines positiven ästhetischen Urteils einen verstärkten Bezug zum Produkt und ein gesteigertes Kaufverhalten induzieren zu können (Assael *et al.* 1967, Burst 2002, Rossiter 1982).

Die Bedeutung fraktaler Strukturen in unserer Umgebung wurde ebenfalls schon mehrfach beschrieben (siehe Einleitung). Wie unsere Arbeit zeigt, schaffen einige Architekten und Städteplaner Architektur mit statistischen Eigenschaften, die mit dem architektonischen Gestaltungskonzept der Biophilie bei der Planung von Städten und Gebäuden in Verbindung gebracht werden können. Die Wirkung fraktaler Geometrie beschränkt sich nicht nur auf ein positives ästhetisches Urteil, sondern zeigt sich auch in der Beeinflussung psychologischer und physiologischer Parameter (Hagerhall *et al.* 2008, Hartig und Evans 2003, Ulrich 1981). In Folge der Urbanisierung und oftmals auch Verdrängung der Natur kommt es zu einem Verlust der Wahrnehmung natürlicher Strukturen im Alltag. Die Folgen sind ein erhöhtes Aktivitäts- und Spannungsniveau sowie eine vermindertes Vermögen der Stressbewältigung (Kaplan 1995, Taylor 2006). Mit Hilfe einer biophilen und fraktalen Architektur ist es möglich die statistischen Eigenschaften natürlicher Szenen und Muster auch in das Städtebild zu integrieren und somit eventuell die positiven Effekte der Natur zu nutzen. Es wäre interessant spezielle Gebäude mit den untersuchten spezifischen Eigenschaften auszuwählen und die jeweiligen physiologischen Reaktionen auf die biophile Architektur mit den physiologischen Effekten natürlicher Szenen zu vergleichen.

5.4 Mögliches Modell der ästhetischen Wahrnehmung und Ausblick

Für Kunstwerke und natürliche Szenen, die beide als ästhetisch empfunden werden können, wurden in früheren Studien spezifische statistische Bildeigenschaften nachgewiesen. In der vorliegenden Arbeit wurden für visuelle Reize aus dem Alltag (Werbung und Architektur), welche den Anspruch haben, beim Betrachter Aufmerksamkeit zu erzeugen und Behagen oder Wohlwollen auszulösen, ähnliche Ergebnisse gefunden. Sowohl die untersuchten Bilder von

Werbung als auch von Architektur unterscheiden sich in weiten Teilen nur gering von den anderen analysierten ästhetischen Reizen (Kunstwerke und natürliche Szenen). In der Abbildung 14 ist ein von mir erstelltes mögliches Modell zur Wahrnehmung und Verarbeitung ästhetischer Stimuli dargestellt, welches auf den gefundenen Ergebnissen beruht.

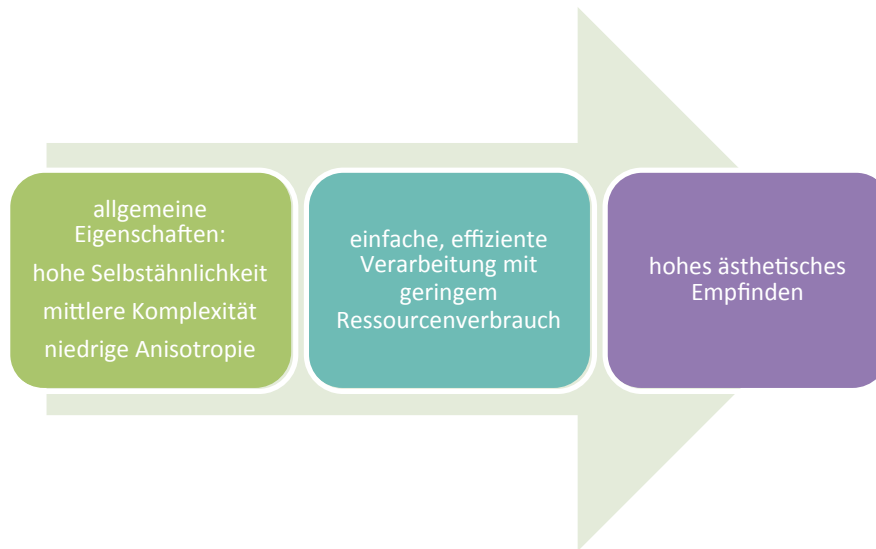


Abb. 14: Grafik zur Darstellung der Wahrnehmung ästhetischer visueller Reize.

Die Grafik stellt die gefundenen Ergebnisse der statistischen Bildeigenschaften von ästhetischen visuellen Reizen dar. Die einfachen statistischen Objekteigenschaften mit einer hohen Selbstähnlichkeit, einer mittleren Komplexität und einer geringen Anisotropie ermöglichen eine effiziente kognitive Verarbeitung. Diese effiziente Verarbeitung führt zu einem geringen Ressourcenverbrauch. Das Ergebnis des Wahrnehmungsprozesses und der effizienten Kodierung ist die Auslösung eines angenehmen Gefühls beim Betrachter und ein damit einhergehendes positives ästhetisches Urteil (Redies 2007). Welcher der genannten statistischen Werte den stärksten Einfluss auf diese Art der Verarbeitung hat, oder ob es eher auf das Zusammenspiel aller Parameter ankommt, ist noch ungewiss und kann in weiteren Studien genauer differenziert werden.

Sowohl Architektur als auch Werbebilder werden mit dem Ziel geschaffen, beim Betrachter Aufmerksamkeit zu erzeugen und Wohlbefinden auszulösen. In Folge der Wahrnehmung und der Verarbeitungsprozesse können dann unterschiedliche Reaktionen vermittelt werden, wie z.B. das Kaufverhalten bezüglich eines Produkts.

Es wird verständlich, dass die Beurteilung der visuellen Reize trotz der gefundenen statistischen Eigenschaften nicht von der kognitiven Verarbeitung und den zugrunde liegenden neuronalen Strukturen getrennt werden kann. Die Wahrnehmung selbst ist ein Zusammenspiel aus den formalen Eigenschaften des Objektes und der individuellen, doch auch universellen Verarbeitung durch den Betrachter.

Im nächsten und letzten Abschnitt möchte ich auf neurologische Fehlfunktionen infolge von Trauma oder Krankheit näher eingehen und mögliche Auswirkungen auf die visuelle Wahrnehmung und Verarbeitung von ästhetischen Reizen und Kunst darlegen.

5.5 Die Bedeutung pathologischer neuronaler Funktionen und ihre Auswirkungen auf künstlerische Fähigkeiten

Wie Zeki beschrieb (1999), kann Kunst und das ästhetische Empfinden nur verstanden werden, wenn man in der Lage ist, die neuronalen Prozesse der Verarbeitung dieser Reize im Gehirn zu verstehen, denn das Objekt und die verarbeitende Einheit können nicht getrennt betrachtet werden.

Eine weitere Möglichkeit, um einen Einblick in die neuronalen Verarbeitungsprozesse der visuellen Wahrnehmung zu gewinnen, bieten die Fehlfunktionen, welche im Zusammenhang mit neuronalen Schädigungen infolge Krankheit oder Trauma auftreten können. Der Schaffensprozess eines Kunstwerkes beziehungsweise eines ästhetisch ansprechenden Reizes ist unter anderem ein Ausdruck für die neurologische Funktion und die Verarbeitung des visuell Wahrgenommenen. Kommt es zum Funktionsverlust spezifischer Hirnareale, können auch Kreativitätsprozesse und das Kunsterleben beeinträchtigt sein. Durch die Störung gewisser neurologischer Funktionen kann sich der Stil eines künstlerisch Tätigen grundlegend verändern. Zum Beispiel kann es durch neurologische Beeinträchtigungen zu einem Stilwechsel kommen (Bogousslavsky 2005; Sherwood 2012). So konnten bei Künstlern mit neu aufgetretener Epilepsie vermehrt realistische Darstellungen gefunden werden, wohingegen Migräne zu einer surrealistischen Darstellung führte (Podoll und Robinson 2000).

Künstler mit organischen Hirnschäden können nach den traumatischen Ereignissen oder im Verlauf der Erkrankung eine Änderung ihrer künstlerischen Tätigkeit und Fähigkeiten erfahren. Beispielsweise kann ein Neglect in Folge eines Apoplex zu einer vermindert detailreichen Darstellung der betroffenen kontralateralen Bildhälfte und zu einer Verringerung der Farbwahl führen (Chatterjee 2004). Weiterhin sind Unterschiede festzustellen, wenn diese

betroffenen Künstler ein Objekt aus ihrer Erinnerung malen oder ein direkt visuell wahrgenommenes Objekt darstellen sollen. Die Abbildungen, welche nur aus der Erinnerung entstehen, enthalten keine Seitendifferenzen und Defizite, im Gegensatz zu den visuell wahrgenommenen Objekten. Graham und Meng (2011) untersuchten die statistischen Bildeigenschaften von Künstlern, welche an Schizophrenie erkrankt waren, und verglichen die Werke mit den Bildern gesunder Künstler. Die Analyse erfolgte unter anderem auf der Grundlage des Fourier-Spektrums. Die Ermittlung der radiär gemittelten Steigung im Fourier-Spektrum ergab, im Vergleich zu den Bildern von gesunden Künstlern, eine geringere Kontrastempfindlichkeit im Bereich der niedrigen Frequenzen. Die veränderten neurologischen Funktionen können somit auch durch eine Änderung in den statistischen Bildeigenschaften gezeigt werden (Graham und Meng 2011).

Weiterhin können ein Interesse an Kunst oder eine künstlerische Begabung neu entstehen. Ein Neuaufreten von künstlerischer Begabung wurde bereits bei frontotemporaler Demenz, Epilepsie, Subarachnoidalblutungen und Parkinson beschrieben (Sacks 1995a, Mendez 2004, Lythgoe *et al.* 2005, Chatterjee *et al.* 2006). Die betroffenen Hirnregionen, welche bei diesen neurologischen Defiziten und den sich daraus ergebenden neuen künstlerischen Aktivitäten assoziiert waren, sind der Temporallappen sowie der Frontallappen (Pollak *et al.* 2007). Vor allem die rechte Hirnhemisphäre wird mit Kreativität und künstlerischer Aktivität in Verbindung gebracht. Der rechte Temporallappen verarbeitet und interpretiert visuelle Reize (Chatterjee 2004). Kreativität wird als eine reduzierte Inhibition der Wahrnehmung beschrieben. Die normalerweise als irrelevant eingestuften Reize und Aspekte der visuellen Wahrnehmung werden vom Betrachter bewusst wahrgenommen (Lubow und Moore 1959, Carson *et al.* 2003). Diese reduzierte Inhibition kann auch durch neurologische Schädigungen hervorgerufen werden (Sherwood 2012).

Der Prozess der frontotemporalen Demenz ist mit einer Degeneration der Neurone, v.a. des Frontal- und Temporallappens assoziiert. Patienten mit frontotemporaler Demenz können klinisch eine Wesensveränderung mit einer Änderung des Sozialverhaltens sowie einen Verlust der sprachlichen Fähigkeiten aufweisen. Bei Vorliegen einer vor allem linkshemisphärisch ausgeprägten frontotemporalen Demenz, kommt es zu einer verstärkten Nutzung der rechten Hemisphäre und zur Steigerung der visuellen Verarbeitungsmöglichkeiten. Die künstlerischen Werke von Patienten mit frontotemporaler Demenz zeigen meist genaue Nachbildungen von bekannten Objekten oder Szenen aus dem eigenen Leben, detailgetreu und realistisch dargestellt. Oft wird diesen Darstellungen wenig Symbolkraft zugesprochen und das Maß an Kreativität in den Werken in Frage gestellt (Pollak *et al.* 2007).

Im Verlauf der Erkrankung verändert sich die Organisation der Bildkomposition, die Gewichtung von Details ändert sich und Inhalte können weniger gut abgebildet werden. Dieses Fortschreiten der Erkrankung zeigt sich auch in den geschaffenen Werken der Künstler (Mather 2014). Weiterhin können Patienten mit frontotemporaler Demenz, welche zuvor wenig oder kein Interesse an Kunst zeigten, sich verstärkt der Kunst zuwenden oder sogar kreativ tätig werden (Mendez 2004).

Bei Alzheimer-Patienten, die ebenfalls unter einer degenerativen neurologischen Erkrankung leiden, konnte gezeigt werden, dass trotz fortschreitender Erkrankung die ästhetische Präferenz von Kunstwerken erhalten bleibt, obwohl die Kunstwerke selbst nicht mehr erinnerlich waren. Dies lässt darauf schließen, dass für die ästhetische Beurteilung von visuellen Reizen keine höheren kognitiven Fähigkeiten nötig sind (Graham *et al.* 2013).

Auch Autismus kann mit einer visuellen Spezialisierung und stark ausgeprägten künstlerischen Fähigkeiten in Verbindung stehen. Die Fähigkeit zur sozialen Interaktion und Kommunikation kann bei Autisten in verschiedenem Maße beeinträchtigt sein. Etwa zehn Prozent der autistischen Kinder sind sogenannte Savants mit einer Inselbegabung (Sacks 1995b). Diese Begabung kann erstaunliche künstlerische Fertigkeiten hervorrufen. Die Werke zeigen eine in höchstem Maße realistische Darstellung mit jedoch häufiger repetitiver Komponente der dargestellten Objekte und Szenen (Selfe 1977). Die dargestellten Bildinhalte verändern sich meist nur wenig und eine kreative Entwicklung findet selten statt (Mather 2014).

Anhand der pathologischen Funktionen des Gehirns lässt sich nachvollziehen, dass die ästhetische Beurteilung und künstlerische Schaffenskraft nicht von den neuronalen Strukturen und neurophysiologischen Vorgängen getrennt betrachtet werden kann. Eine Schädigung innerhalb des Nervensystems hat auch Effekte auf das künstlerische Ergebnis. Dessen Ausprägung ist jedoch von der Lokalisation und den beeinträchtigten Funktionskreisen abhängig.

6. Schlussfolgerungen

In dieser Arbeit wurden die statistischen Bildeigenschaften von Bildern aus Werbung und Architektur untersucht und mit den Eigenschaften ästhetischer Bilder (Kunstwerke) verglichen. Die bereits in früheren Studien nachgewiesene hohe Selbstähnlichkeit in Kunstwerken und Bildern von natürlichen Szenen konnte auch in den Bildkategorien Werbung und Architektur nachgewiesen werden. Eine mittlere Komplexität eines Reizes, welche mit einem hohen ästhetischen Empfinden in Verbindung gebracht wird und ebenfalls in Kunstwerken und natürlichen Szenen nachgewiesen werden konnte, zeigte sich vor allem in der Anzeigenwerbung und den Stadtszenen. Die übrigen Werbe- und Architekturgruppen wiesen höhere Komplexitätswerte auf. Der größte Unterschied zwischen den neu untersuchten Bildkategorien und den vorigen Ergebnissen zeigte sich in der Anisotropie. Kunstwerke und auch natürliche Szenen sind in hohem Maße isotrop. Sowohl die Werbekategorien als auch die Bilder der Architektur weisen höhere Anisotropiewerte auf, was zum Teil durch die stark ausgeprägte Präsentation von horizontalen und vertikalen Orientierungen in beiden Kategorien bedingt ist.

Die Bilder der Werbekategorie unterscheiden sich trotz der Darstellung verschiedenster thematischer Inhalte nur gering in Bezug auf die spezifischen Eigenschaften.

Die Ergebnisse zeigen, dass visuelle Reize aus dem Alltag wie Werbung und Architektur ähnliche Ausprägungen in den untersuchten Bildeigenschaften aufweisen, wie die zuvor analysierten ästhetischen Reize aus Kunst und Natur. Auch diese Bildkategorien werden mit der Absicht geschaffen, eine positive Reaktion beim Betrachter auszulösen, um im Anschluss verschiedene Reaktionen zu bewirken.

Es bleibt offen, ob eine der genannten Bildeigenschaften eine dominante Rolle in der visuellen Wahrnehmung und Bewertung von Reizen einnimmt, oder ob das Zusammenspiel verschiedener Bildeigenschaften für die ästhetische Bewertung eines Reizes entscheidend ist.

7. Literatur- und Quellenverzeichnis

Alvarez-Ramirez J, Lbarra-Valdez C, Rodriguez E, Dagdug L. 2008. 1/f-noise structures in Pollocks's drip paintings. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications*, 387: 281-295.

Amirshahi SA, Koch M, Denzler J, Redies C. 2012. PHOG analysis of self-similarity in esthetic images. *Proceedings of SPIE 8291, Human Vision and Electronic Imaging XVII*, 82911J. doi:10.1117/12.911973

Amirshahi SA, Redies C, Denzler J. 2013. How self-similar are artworks at different levels of spatial resolution?- *International Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging*. New York: Association for Computing Machinery. doi:10.1145/2487276.2487282

Assael H, Kofron JH, Burgi W. 1967. Advertising performance as a function of print ad characteristics. *Journal of Advertising Research*, 7: 20-26.

Avram M, Gutyrchik E, Bao Y, Poppel E, Reiser M, Blautzik J. 2013. Neurofunctional correlates of esthetic and moral judgments. *Neuroscience Letters*, 534: 128-132.

Barnsley MF. 1993. *Fractals Everywhere*. Boston: AP Professional.

Baumgarten AG. 1750/58. *Aesthetica-Ästhetik*. Lateinisch-deutsche Ausgabe. Hrsg. Constanze Peres. 2. Auflage. München: Fink Verlag.

Berlyne DE. 1970. Novelty, complexity and hedonic value. *Perception and Psychophysics*, 8: 279-286.

Berlyne DE. 1974. The new experimental aesthetics. In: Berlyne, DE Hrsg. *Studies in the New Experimental Aesthetics*. Washington DC: Hemisphere Publishing, S. 1-25.

Birkhoff GD. 1933. *Aesthetic Measure*. Cambridge: Harvard University Press.

Bogousslavsky J. 2005. Artistic creativity, style and brain disorders. *European Neurology*, 54: 103-111.

Bovill C. 2000. Fractal geometry as design aid. *Journal for Geometry and Graphics*, 4: 71-78.

Braun J, Amirshahi SA, Denzler J, Redies C. 2013. Statistical image properties of print advertisements, visual artworks and images of architecture. *Frontiers in Psychology*, 4: 808. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00808

Burst M. 2002. *Werbewirkungsforschung: Theorien, Methoden, Anwendungen*. Unterföhring: SevenOne Media GmbH.

Burton GJ, Moorhead IR. 1987. Color and spatial structure in natural scenes. *Applied Optics*, 26: 157-170.

Büscher B, Herrmann HC, Hoffmann C. 2004. *Ästhetik als Programm: Max Bense/ Daten und Streuungen*. Berlin: Kaleidoskopien.

Bushko D, Stansfield RH. 1997. *Dartnell's Advertising Manager's Handbook*. Chicago: Dartnell.

Carson SH, Peterson JB, Higgins DM. 2003. Decreased latent inhibition is associated with increased creative achievement in high-functioning individuals. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85: 499-506.

Cela-Conde CJ, Marty G, Maestu F, Ortiz T, Munar E, Fernandez A, Roca M, Rossello J, Quesney F. 2004. Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101: 6321-6325.

Chatterjee A. 2004. The neuropsychology of visual artistic production. *Neuropsychologia*, 42: 1568-1583.

Chatterjee A, Hamilton RH, Amorapanth PX. 2006. Art produced by a patient with Parkinson's disease. *Behavioural Neurology*, 17: 105-108.

Cimprich B. 1992. Attentional fatigue following breast-cancer surgery. *Research in Nursing & Health*, 15: 199-207.

Cimprich B. 1993. Development of an intervention to restore attention in cancer patients. *Cancer Nursing*, 16: 83-92.

Cutler BD, Javalgi RG. 1992. A cross-cultural-analysis of the visual components of print advertising: The United-States and the European Community. *Journal of Advertising Research*, 32: 71-80.

Datta R, Joshi D, Li J, Wang JZ. 2006. Studying aesthetics in photographic images using a computational approach. *Computer Vision - ECCV 2006 Proceedings*, 3953: 288-301.

Dechêne CF. 2006. *Abwechslungsbedürfnis und Werbewirkung: Theoretische Überlegungen und experimentelle Prüfung*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.

Edell JA, Staelin R. 1983. The information-processing of pictures in print advertisements. *Journal of Consumer Research*, 10: 45-61.

Ehrenfels C v. 1937. Über Gestaltqualitäten. In: Weinhandl F. Hrsg. Gestalthaftes Sehen. Ergebnisse und Aufgaben der Morphologie. Zum Hundertjährigen Geburtstag von Christian von Ehrenfels. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1978, S. 61-63.

Erk S, Spitzer M, Wunderlich AP, Galley L, Walter H. 2002. Cultural objects modulate reward circuitry. *Neuroreport*, 13: 2499-2503.

Evans GW, McCoy JM. 1998. When buildings don't work: the role of architecture in human health. *Journal of Environmental Psychology*, 18: 85-94.

Eysenck HJ. 1942. The experimental study of the good gestalt: A new approach. *Psychological Review*, 49: 345-364.

Fechner GT. 1865. Über die Frage des goldenen Schnittes. In: Dr. Naumann, E. W. R. Hrsg. *Archiv für die zeichnenden Künste mit besonderer Beziehung auf Kupferstecher- und Holzschnidekunst und ihre Geschichte*. Band 11. Leipzig: Weigel Verlag, S. 100-112.

Fechner GT. 1871. *Vorschule der Ästhetik*. Nachdruck der 3. Auflage 1925. Hildesheim: Olms. 1978

Field DJ. 1987. Relations between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells. *Journal of the Optical Society of America A*, 4: 2379–2394.

Field DJ, Brady N. 1997. Visual sensitivity, blur and the sources of variability in the amplitude spectra of natural scenes. *Vision Research*, 37: 3367-3383.

Finn A. 1988. Print ad recognition readership scores - an information-processing perspective. *Journal of Marketing Research*, 25: 168-177.

Forsythe A, Nadal M, Sheehy N, Cela-Conde CJ, Sawey M. 2011. Predicting beauty: fractal dimension and visual complexity in art. *British Journal of Psychology*, 102: 49-70.

Gouyet J. 1996. *Physics and Fractal Structures*. Heidelberg: Springer Verlag.

Graham DJ, Field DJ. 2007. Statistical regularities of art images and natural scenes: spectra, sparseness and nonlinearities. *Spatial Vision*, 21: 149-164.

Graham DJ, Redies C. 2010. Statistical regularities in art: relations with visual coding and perception. *Vision Research*, 50: 1503-1509.

Graham D, Meng M. 2011. Altered spatial frequency content in paintings by artists with schizophrenia. *Iperception*, 2: 1-9. doi: 10.1068/i0391

- Graham DJ, Stockinger S, Leder H. 2013. An island of stability: art images and natural scenes - but not natural faces - show consistent esthetic response in alzheimer's-related dementia. *Frontiers in Psychology*, 4: 107. doi:10.3389/fpsyg.2013.00107
- Hagerhall CM, Purcell T, Taylor R. 2004. Fractal dimension of landscape silhouette outlines as a predictor of landscape preference. *Journal of Environmental Psychology*, 24: 247-255.
- Hagerhall CM, Laike T, Taylor RP, Küller M, Küller K, Martin TP. 2008. Investigations of human EEG response to viewing fractal patterns. *Perception*, 37: 1488-1494.
- Hartig T, Mang M, Evans GW. 1991. Restorative effects of natural environment experiences. *Environment and Behavior*, 23: 3-26.
- Hartig T, Evans GW, Jamner LD, Davis DS, Garling T. 2003. Tracking restoration in natural and urban field settings. *Journal of Environmental Psychology*, 23: 109-123.
- Hekkert P, Leder H. 2008. Product design. In: Schifferstein H. N. J., Hekkert P. Hrsg. *Product Experience*. Amsterdam: Elsevier Science, S. 259-285.
- Jackson LE. 2003. The relationship of urban design to human health and condition. *Landscape and Urban Planning*, 64: 191-200.
- Jacobsen T, Höfel L. 2002. Aesthetic judgments of novel graphic patterns: analyses of individual judgments. *Perceptual & Motor Skills*, 95: 755-766.
- Jacobsen T, Schubotz RI, Hofel L, Cramon DYV. 2006. Brain correlates of aesthetic judgment of beauty. *Neuroimage*, 29: 276-285.
- Janiszewski C. 1990. The influence of print advertisement organization on affect toward a brand name. *Journal of Consumer Research*, 17: 53-65.
- Joye Y. 2005. Evolutionary and cognitive motivations for fractal art in art and design education. *International Journal of Art & Design Education*, 24: 175-185.
- Joye Y. 2007. Architectural lessons from environmental psychology: the case of biophilic architecture. *Review of General Psychology*. 11: 305-328.
- Kaplan S. 1995. The restorative benefits of nature - toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15: 169-182.
- Kawabata H, Zeki S. 2004. Neural correlates of beauty. *Journal of Neurophysiology*, 91: 1699-1705.
- Kebeck G, Schroll H. 2011. *Experimentelle Ästhetik*. Wien: facultas.wuv Universitätsverlag.

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: e12268. doi:10.1371/journal.pone.0012268

Laumann K, Gärling T, Stormark KM. 2003. Selective attention and heart rate responses to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 23: 125-134.

Leder H, Belke B, Oeberst A, Augustin D. 2004. A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgements. *British Journal of Psychology*, 95: 489-508.

Li CC, Chen T. 2009. Aesthetic visual quality assessment of paintings. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 3: 236-252.

Lubow RE, Moore AU. 1959. Latent inhibition: the effect of nonreinforced pre-exposure to the conditional stimulus. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 52: 415-419.

Lythgoe MF, Pollak TA, Kalmus M, de Haan M, Chong WK. 2005. Obsessive, prolific artistic output following subarachnoid hemorrhage. *Neurology*, 64: 397-398.

Mandelbrot BB. 1982. *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.

Martindale C. 1984. The pleasures of thought - a theory of cognitive hedonics. *Journal of Mind and Behavior*, 5: 49-80.

Mather G. 2014. *The Psychology of Visual Art: Eye, Brain and Art*. Cambridge: Cambridge University Press.

Melmer T, Amirshahi SA, 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

Mendez MF. 2004. Dementia as a window to the neurology of art. *Medical Hypotheses*, 63: 17.

Metzger W. 1953. *Gesetze des Sehens*. Frankfurt am Main: Waldemar Kramer Verlag.

Metzger W. 1965. The foundations of artistic experience. *Acta Psychologica*, 24: 409-422.

O'Doherty J, Winston J, Critchley H, Perrett D, Burt DM, Dolan RJ. 2003. Beauty in a smile: the role of medial orbitofrontal cortex in facial attractiveness. *Neuropsychologia*, 41: 147-155.

Olshausen BA, Field DJ. 1996. Natural image statistics and efficient coding. *Network*, 7: 333-339.

- Orians G. 1986. An ecological and evolutionary approach to landscape aesthetics. In: Penning- Rowselland EC, Lowenthal D Hrsg. *Landscape Meanings and Values*. London: HarperCollins Publishers, S. 3-25.
- Podoll K, Robinson D. 2000. Migraine experiences as artistic inspiration in a contemporary artist. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 93: 263-265.
- Pollak TA, Mulvenna CM, Lythgoe MF. 2007. De novo artistic behaviour following brain injury. *Frontiers of Neurology and Neuroscience*, 22: 75-88. doi: 10.1159/000102873
- Post R, Blijlevens J, Hekkert P. 2013. 'Unity in variety' in product design aesthetics. In: Ansorge U, Kirchler E, Lamm C, Leder H Hrsg. *TEAP 2013: Abstracts of the 55th Conference of Experimental Psychologists*. Wien: Pabst Science Publishers, S. 217.
- Ramachandran VS, Hirstein W. 1999. The science of art: a neurological theory of aesthetic experience. *Journal of Consciousness Studies*, 6: 15-51.
- Rayner K, Rotello CM, Stewart AJ, Keir J, Duffy SA. 2001. Integrating text and pictorial information: eye movements when looking at print advertisements. *Journal of Experimental Psychology*, 7: 219-26.
- Reber R, Schwarz N, Winkielman P. 2004. Processing fluency and aesthetic pleasure: Is beauty in the perceiver's processing experience? *Personality and Social Psychology Review*, 8: 364-382.
- Redies C. 2007. A universal model of esthetic perception based on the sensory coding of natural stimuli. *Spatial Vision*, 21: 97-117.
- Redies C, Hasenstein J, Denzler J. 2007a. Fractal-like image statistics in visual art: similarity to natural scenes. *Spatial Vision*, 21: 137-148.
- Redies C, Hanisch J, Blickhan M, Denzler J. 2007b. Artists portray human faces with the Fourier statistics of complex natural scenes. *Network*, 18: 235-248.
- Redies C, Amirshahi SA, Koch M, Denzler J. 2012. PHOG-derived aesthetic measures applied to color photographs of artworks, natural scenes and objects. *Computer Vision - ECCV 2012. Workshops and Demonstrations. Lecture Notes in Computer Science*, 7583: 522-531.
- Rigau J, Feixas M, Sbert M. 2008. Informational aesthetics measures. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 28: 24-34.
- Rosbergen E, Pieters R, Wedel M. 1997. Visual attention to advertising: a segment-level analysis. *The Journal of Consumer Research*, 24: 305-314.

- Rossiter JR. 1982. Visual imagery: applications to advertising. *Advances in Consumer Research*, 9: 101-106.
- Sacks, O. 1995a. The landscape of his dreams. In: *An Anthropologist on Mars*. New York: Alfred A. Knopf, S. 153-187.
- Sacks, O. 1995b. Prodigies. In: *An Anthropologist on Mars*. New York: Alfred A. Knopf, S. 188-243.
- Schaefer M, Berens H, Heinze HJ, Rotte M. 2006. Neural correlates of culturally familiar brands of car manufacturers. *Neuroimage*, 31: 861-865.
- Selfe L. 1977. *Nadia. A case of extraordinary drawing ability in an autistic child*. New York: Academic Press.
- Sherwood K. 2012. How a cerebral hemorrhage altered my art. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6: 55. doi:10.3389/fnhum.2012.00055
- Simmons WK, Rapuano KM, Ingeholm JE, Avery J, Kallman S, Hall KD, Martin A. 2013. The ventral pallidum and orbitofrontal cortex support food pleasantness inferences. *Brain Structure Function*, 219: 473-483.
- Simoncelli EP. 2003. Vision and the statistics of the visual environment. *Current Opinion in Neurobiology*, 13: 144-149.
- Spehar B, Clifford CWG, Newell BR, Taylor RP. 2003. Universal aesthetic of fractals. *Computers & Graphics*, 27: 813-820.
- Taylor RP, Spehar B, Wise JA, Clifford CW, Newell BR, Hagerhall CM, Purcell T, Martin TP. 2005. Perceptual and physiological responses to the visual complexity of fractal patterns. *Nonlinear Dynamics Psychology and Life Sciences*, 9: 89-114.
- Taylor RP. 2006. Reduction of physiological stress using fractal art and architecture. *Leonardo*, 39: 245-251.
- Taylor RP, Guzman R, Martin TM, Hall G, Micolich AP, Jonas D, Scannell BC, Fairbanks MS, Marlow CA. 2007. Authenticating Pollock paintings with fractal geometry. *Pattern Recognition Letters*, 28: 695-702.
- Taylor RP, Sprott JC. 2008. Biophilic fractals and the visual journey of organic screen-savers. *Nonlinear Dynamics Psychology and Life Sciences*, 12: 117-129.

Taylor RP, Spehar B, Van Donkelaar P, Hagerhall CM. 2011. Perceptual and physiological responses to Jackson Pollock's fractals. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5: 60.
doi:10.3389/fnhum.2011.00060

Tennessen CM, Cimprich B. 1995. Views to nature - effects on attention. *Journal of Environmental Psychology*, 15: 77-85.

Torralla A, Oliva A. 2003. Statistics of natural image categories. *Network* 14: 391-412.

Ulrich RS. 1981. Natural versus urban scenes: some psychophysiological effects. *Environment and Behaviour*, 13: 523-556.

Ulrich RS. 1984. View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224: 420-421.

Vakratsas D, Ambler T. 1999. How advertising works: what do we really know? *Journal of Marketing*, 63: 26-43.

Vartanian O, Goel V. 2004. Neuroanatomical correlates of aesthetic preference for paintings. *Neuroreport*, 15: 893-897.

Vessel EA, Starr GG, Rubin N. 2012. The brain on art: intense aesthetic experience activates the default mode network. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6: 66.
doi:10.3389/fnhum.2012.00066

Vinje WE, Gallant JL. 2000. Sparse coding and decorrelation in primary visual cortex during natural vision. *Science*, 287: 1273-1276.

Wertheimer M. 1923. Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II. *Psychologische Forschung*, 4: 301-350.

Zaidel DW, Nadal M. 2011. Brain intersections of aesthetics and morals: perspectives from biology, neuroscience, and evolution. *Perspectives in Biology and Medicine*, 54: 367-380.

Zajonc RB. 1968. Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 9: 1-27.

Zeki S. 1999. Art and the brain. *Journal of Consciousness Studies*, 6: 76-96.

8. Anhang

8.1 Danksagung

Eine wissenschaftliche Arbeit ist nie das Werk einer einzelnen Person, deshalb ist es jetzt an der Zeit, mich bei allen Menschen zu bedanken, die mir die Erstellung meiner Dissertation ermöglicht haben. Ich danke meinem Doktorvater Prof. Dr. Dr. Christoph Redies für die ausgezeichnete fachliche Betreuung und unermüdliche mentale Unterstützung. Seyed Ali Amirshahi danke ich für die Überarbeitung der PHOG-Methode und die stetige Beantwortung meiner technischen Fragen. Den Mitgliedern der Arbeitsgruppe Experimentelle Ästhetik danke ich für die zielführenden Diskussionen und die konstruktive Kritik. Außerdem möchte ich Prof. Dr. Peter Schlattmann für die Beratung zur statistischen Analyse danken. Ein großer Dank gilt abschließend meiner Familie, welche mich in allen Phasen dieser Arbeit tatkräftig unterstützt hat.

8.2 Lebenslauf

Julia Braun

geboren am 01.11.1990 in Eisenach

Ausbildung

2000- 2009	Martin-Luther-Gymnasium Eisenach Abitur: Durchschnittsnote 1,0
seit WS 2009/2010	Studium der Humanmedizin an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
August 2011	1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung: gut (2,5)
seit März 2012	Promotion zum Thema „Vergleich statistischer Eigenschaften von Bildern aus Werbung, Architektur und Kunst“, Institut für Anatomie des Universitätsklinikums Jena, AG Experimentelle Ästhetik, Betreuer: Prof. Dr. Dr. Christoph Redies

Weitere Qualifikationen

2010- 2013	Tutor für Anatomie
2012- 2014	wissenschaftliche Hilfskraft und Doktorandin bei Prof. Dr. Dr. Christoph Redies in der AG Experimentelle Ästhetik
2012	fakultatives Seminar Neuroästhetik (Prof. Dr. Dr. Christoph Redies, Anatomie)

Praktika

Oktober 2006	Universitätsklinikum Magdeburg
Juni 2007	St. Georg Klinikum, Eisenach
Februar 2008	Praxis Dr. med. Wolfgang Dein, Eisenach
Juli/August 2009	Pflegepraktikum St. Georg Klinikum, Eisenach
August 2010	Pflegepraktikum St. Georg Klinikum, Eisenach
September 2012	Famulatur in der Diakonissenanstalt, Flensburg, Neurochirurgie
März 2013	Famulatur in der Praxis Dr. med. Jörg Budeus, Eisenach, Allgemeinmedizin
September 2013	Famulatur in der Praxis Dr. med. Angelika Beyer, Eisenach, Pädiatrie
März 2014	Famulatur am Universitätsklinikum Jena, Hämatologie/ Onkologie

8.3 Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität 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: Prof. Dr. Dr. C. Redies, Prof. Dr.- Ing. J. Denzler, M. Sc. S. A. Amirshahi und Univ.-Prof. Dr. P. Schlattmann

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,

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

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

Jena, den 26. August 2014