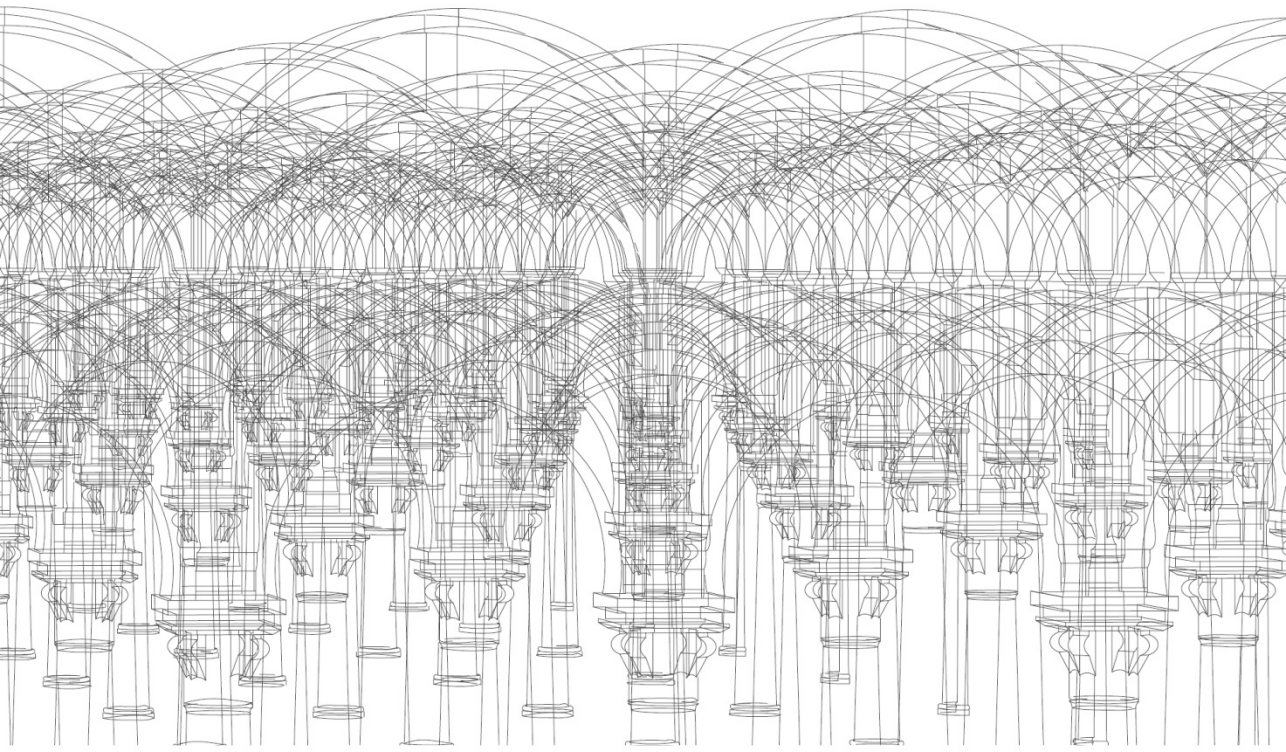
Matthias Ballestrem

NEBENBEI RAUM



NEBENBEI RAUM

Die Bedeutung von Form und Struktur architektonischer Räume für die Mechanismen der impliziten visuellen Raumwahrnehmung

vorgelegt von
Dipl.-Ing.
Matthias Graf von Ballestrem
geb. in Köln

von der Fakultät VI – Planen Bauen Umwelt
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften
-Dr.-Ing.-

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:
Vorsitzender: Prof. Jürgen Weidinger
Gutachterin: Prof. Regine Leibinger
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Jörg Gleiter

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 26. September 2013

Berlin 2014

NEBENBEI RAUM

Die Bedeutung von Form und Struktur architektonischer Räume für die Mechanismen der impliziten visuellen Raumwahrnehmung

Matthias Graf von Ballestrem

Impressum
Copyright: © 2014 Matthias Ballestrem
Umschlag: Säulenhalle der Moschee von Córdoba, Zeichnung des Verfassers
Verlag: epubli GmbH, Berlin, www.epubli.de,
und Technische Universität Berlin, Diss., 2014
ISBN: 978-3-7375-2298-4

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung		1
Thema		1
Umfang und Aufbau		18
1.	Die psychologische Perspektive auf den architektonischen Raum	23
1.1	Ursprünge: der Automatismus der Raumwahrnehmung	23
1.1.1	Einfühlung als unmittelbare Wahrnehmung	25
1.1.2	Der leibbezogene Raumbegriff	27
1.1.3	Das Überschreiben der leibbezogenen Raumtheorie	31
1.2	Rudolf Arnheims Kunst- und Architekturpsychologie	38
1.2.1	Gestaltgesetze	39
1.2.2	Vom Film zu Kunst und Architektur	43
1.2.3	Rudolf Arnheims Vermächtnis	59
2.	Implizite visuelle Wahrnehmung	67
2.1	Der Begriff des Impliziten in der Wahrnehmung	67
2.2	Aufmerksam - Unaufmerksam	71
2.2.1	Die Zuordnung visueller Aufmerksamkeit	71
2.2.2	Vorhersage von Selektion	79
2.3	Lernen durch Üben und Spielen	89
2.4	Wie viel wir implizit wahrnehmen	99
3.	Mechanismen der impliziten visuellen Raumwahrnehmung im Dialog mit Architektur	111
3.1	Tiefenhinweise	117

3.1.1 Zeichnungen als Manipulation von Raumwahrnehmung 117
3.1.2 Tiefenhinweise im Raum 134
3.2 Stehende Betrachter im Raum 141
3.2.1 Die Korridore von Córdoba 141
3.2.1.1 Gestaltgesetze als Ergänzung von Form 141
3.2.1.2 Zwei Korridore - Mehrdeutigkeit als Entweder Oder 147
3.2.1.3 Zwei neue Korridore: Dynamic Grouping 157
3.2.2 Ein barocker Innenraum als eine Vielzahl von Teilräumen 163
3.2.3 Santa Costanza als Vorbild 183
3.2.4 Aus Faden wird Volumen 189
3.2.5 Zusammenfassung: transient und angedeutet 193
3.3 Flüssige Objekte 195
3.3.1 Der Boden der Säulenhalle - Wahrnehmung als ein Zyklus 197
3.3.2 Ähnliches und Gleiches 211
Schlussbetrachtungen 229
Anhang 244
Abbildungsnachweis 247
Literatur 254

Einleitung

Die Architektur der letzten Jahre ist reich an Beispielen formal und strukturell komplexer Projekte, die den Betrachter faszinieren, ihm jedoch gleichzeitig keinen Zugang anbieten, der es ihm ermöglichen würde, Herkunft, Sinn und Bedeutung ihrer Formen zu verstehen. Während für eine Bewertung solcher Entwürfe belastbare technische Kriterien herangezogen werden, sind eben solche für eine Beschreibung von Form und Struktur in Bezug auf ihre Wahrnehmung verloren gegangen. Den Versuch zu unternehmen, solche Kriterien wieder zu entwickeln scheint heute besonders aus Sicht der Psychologie und Neurowissenschaften vielversprechend, da in diesen Forschungsbereichen in den letzten Jahren neue relevante Erkenntnisse über die Mechanismen der Wahrnehmung erarbeitet worden sind. Vorliegende Arbeit widmet sich demnach der Aufgabe, Form und Struktur architektonischer Räume aus Sicht der visuellen Raumwahrnehmung zu beschreiben. Dabei steht nicht die individuelle geschmackliche Bewertung der Wahrnehmung im Vordergrund, sondern die implizite prozesshafte Interaktion zwischen Architektur und Wahrnehmendem. Die Erkenntnisse der letzten Jahre über diese Dimension der Wahrnehmung gewähren einen Einblick in eine Vielzahl automatisch verlaufender Verarbeitungsprozesse, die bei den meisten Menschen ähnlich verlaufen. Ziel der Untersuchung ist es dabei, einen neuen aussagekräftigen Aspekt der Bedeutung von architektonischer Form und Struktur zu erschließen und diesen den etablierten Betrachtungsweisen hinzuzufügen.

Thema

Die flache Kuppel des kleinen Sportpalasts von 1957 ist ein räumliches Ornament (Abb. 1, Abb. 2). Ihre Rippen entspringen in der Mitte am Oculus, von wo aus sie zuerst als gleichmäßiger Ring strahlenförmig nach außen

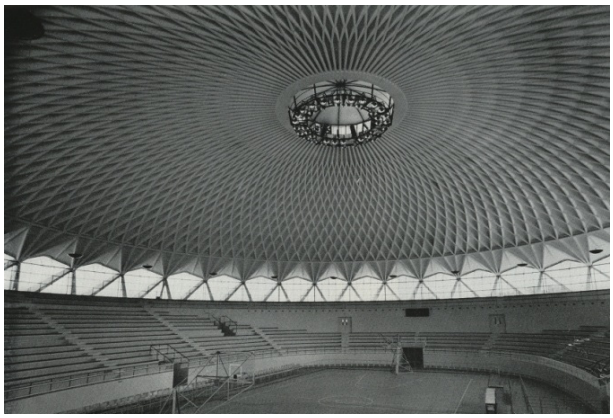


Abb. 1: Pier Luigi Nervi: kleiner Sportpalast, Rom, 1957, Innenansicht.

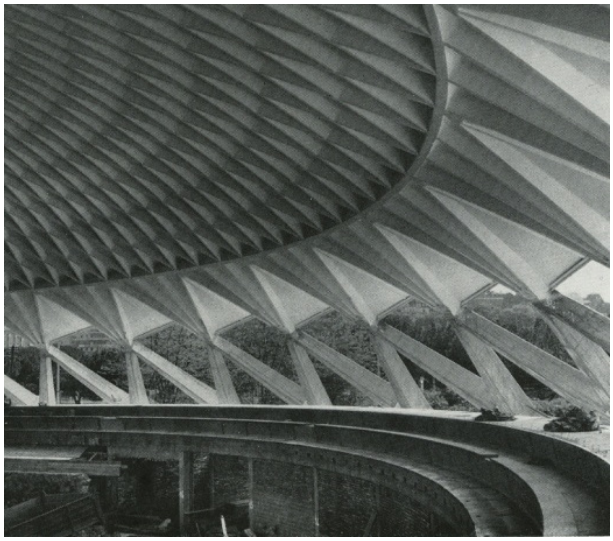


Abb. 2: kleiner Sportpalast, Innenansicht.

laufen bevor sie sich V-förmig aufspalten und in fließende Bögen übergehen, die in entgegengesetzter Richtung auseinanderstreben. Durch die Überschneidung der Rippen entsteht ein Rautenmuster, das - innen dicht und außen immer weiter - die Kuppelfläche vollständig überspannt. Am Rand der Kuppel bündeln sich die Rippen wie Blumenstängel zu einem Strauß und fließen so in schrägen, Y-förmigen Wiederlagern zusammen, die sich schließlich gegen den Boden stemmen (Abb. 3).
Folgt man der Argumentation des Architekten und Ingenieurs Pier Luigi Nervi, so ist die Gestalt dieser Kuppel das Resultat einer systematischen Suche nach einer ökonomischen Konstruktion und Bauweise für die vorliegende Bauaufgabe. Das Rautenmuster entsteht also nicht aus gestalterischen Gründen, sondern weil es eine materialsparende und kostengünstige Konstruktion der Kuppel aus Halbfertigteilen ermöglicht. Nervi selbst beschreibt es so:

> „Die Fertigteile sind am Boden in besonderen Gußformen aus Mauerwerk nach dem System Nervi hergestellt worden. Ihre Wanddicke beträgt 2,5 cm. Das Verlegen erfolgte mit Hilfe eines Stahlrohrgerüstes und eines im Mittelpunkt des Gebäudes stehenden Kranes. Die aus der charakteristischen Form der Fertigteile erwachsenen statischen Eigenschaften ermöglichen es, diese während des Verlegens nur auf zwei der in konzentrischen Kreisen angeordneten Schienen aufzulegen, die das Stahlrohrgerüst bildeten. So wurde eine erhebliche Einsparung auch bei der Herstellung des Gerüstes erzielt.“[1]

Wie diese lesen sich die meisten von Nervis Beschreibungen seiner Projekte als logische und einfache Lösungen für die technischen und konstruktiven Anforderungen, die aus der architektonischen Aufgabe erwachsen. Nervi strebte immer eine ideale Symbiose aus Entwurf und Konstruktion an. Seine gleichzeitige Beschäftigung als Architekt, Ingenieur und Bauunternehmer

[1] Nervi (1963) S.34.

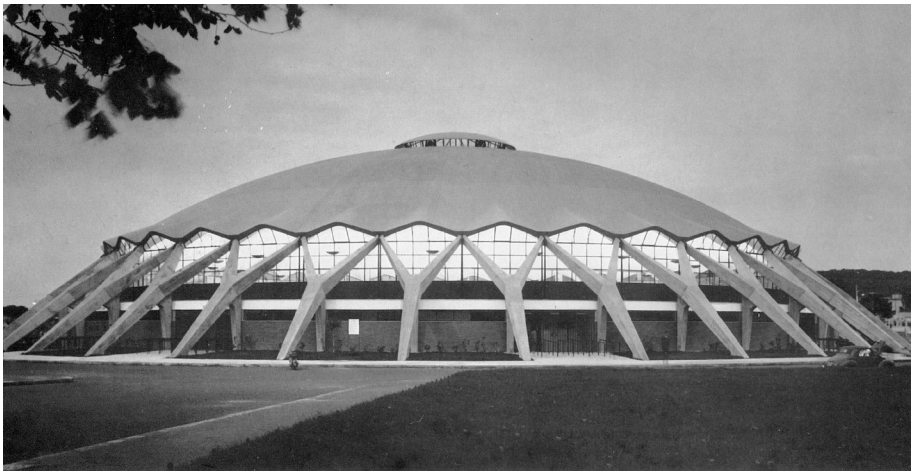


Abb. 3: Pier Luigi Nervi: kleiner Sportpalast, Rom, 1957, Außenansicht.

ein und desselben Gebäudes schaffte dafür ideale Vorrausetzungen.[2] Durch Nervis konsequent technische Argumentationslinie prägte er auch sein eigenes Image als struktureller Architekt, der seine Projekte strikt nach konstruktiven, ressourcen- und dadurch kostensparenden Richtlinien entwickelte. Dieser Anspruch ist allerdings nach Meinung von Stefan Polónyi[3] gerade in Bezug auf die Konstruktion des kleinen Sportpalasts nicht gerechtfertigt:

> „Die schrägen Stützen erfordern ein Ringfundament für die Aufnahme der horizontalen Kraftkomponenten. Ordnet man das Zugband bei der Traufe an, so ist sie [sic] kürzer, und dann kann man auf die abgestützten Schrägstützen ganz verzichten. So wird die stark konstruktive Geste als gestalterisches Beiwerk entlarvt.
> Die Schale ist vorgefertigt. Zielsetzung der Vorfertigung ist in erster Linie die Einsparung von Schalung und Gerüst. Das Gerüst benötigte Nervi für die Auflagerung der verlorenen Ferro-Cemento-Schalungselemente. Dafür bewehrte und betonierte er zweimal, unten und oben. Eine recht ungünstige Herstellungsmethode wurde zur Erzielung einer ornamentalen Architektur angewendet.
> Das heißt, dieses Bauwerk, dessen Thema eigentlich die Konstruktion ist, kann man nur dann gelten lassen, wenn man die statische und herstellungstechnische Folgerichtigkeit bei der Wertung nicht als Kriterium ansetzt.“[4]

---

[2] Nervi beklagt in den 1960er Jahren, dass durch die getrennte Ausbildung von Architekten und Bauingenieuren die Möglichkeit zu einem Zusammenwirken von Material, Konstruktion und Entwurf nicht gegeben ist: „Man könnte also sagen, daß - angesichts eines neuen strukturellen Problems - der angehende Architekt gewohnheitsmäßig an eine Form denkt, während der künftige Bauingenieur dabei in erster Linie auf eine elegante Berechnungsmethode orientiert ist. Der eine wie der andere vergißt jedoch, daß es sich bei einer Struktur nur um ein System von inneren Beanspruchungen und Reaktionen handelt, das in der Lage ist, ein entsprechendes System von äußerlich einwirkenden Kräften im Gleichgewicht zu halten und das folglich wie ein materieller Organismus konzipiert sein muß, der einzig diesem präzisen Zweck dient.“ Nervi (1963) S.8-9.

[3] Stefan Polónyi ist Bauingenieur und war von 1965-71 Professor für Tragwerkslehre an der TU Berlin, von 1971 bis zu seiner Emeritierung 1995 an der Universität Dortmund.

[4] Polónyi (1989) S.244.

Abb. 4: Das Dach als Strohhut. Shigeru Ban: „Centre Pompidou", Metz, 2010, Außenansicht.

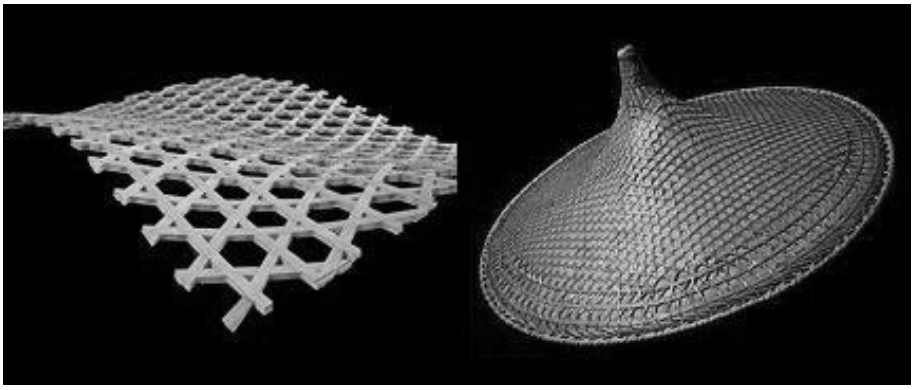


Abb. 5: Shigeru Ban: „Centre Pompidou", Ausschnitt der Dachstruktur und Inspirationsquelle chinesischer Strohhut.

Polónyi kritisiert, dass eben die Idee, die Konstruktion zum Thema seiner Architektur zu machen, nicht zu einer Optimierung derselben geführt hat.[5] Beide, Architekt und Kritiker bewerten das Gebäude dabei aus Sicht der Konstruktion. Neben seiner präzisen Kritik weist Polónyi jedoch an anderer Stelle auch darauf hin, dass die Kriterien der Logik, Effizienz und Sparsamkeit einer Konstruktion nicht ausreichen können, um Form und Struktur aus gestalterischer Sicht zu bewerten.[6]

Die Bewertung aus Sicht des Ingenieurs bleibt auch heute - 50 Jahre nach Nervis Sportbau und 20 Jahre nach Polónyis Kritik - ein geeigneter Ansatzpunkt für Architekturkritik. So auch beim „Centre Pompidou" in Metz, das vor allem durch seine bemerkenswerte hölzerne Dachstruktur charakterisiert wird (Abb. 4 - Abb. 5). Das Dach - so erklärt der Architekt Shigeru Ban - leitet sich von einem geflochtenen chinesischen Strohhut ab, der ihn inspiriert hatte:

> „Ich war überrascht, wie architektonisch er wirkte. Die eigentliche Konstruktion besteht aus Bambus, eine Schicht Wachspapier macht sie wasserdicht. Es gibt sogar eine Isolierschicht aus getrockneten Blättern. Er ist konstruiert wie die Architektur eines Gebäudes, Seit ich diesen Hut damals gekauft habe, wollte ich ein solches Dach entwerfen."[7]

Dem Vorbild folgend wurden Brettschichtholzträger miteinander zu einer hexagonalen Tragstruktur zusammengefügt.[8] Wie das Rautenmuster bei dem

---

[5] Tullia Ioris Beschreibung des kleinen Sportpalasts aus dem Jahr 2010 kann wiederum als Widerspruch zu Polónyi gelesen werden. Sie beschreibt den Planungs- und Bauprozess detailliert und stellt heraus, wie durch das Nervi System ein außerordentlich ökonomischer und dadurch auch schneller Bau ermöglicht worden sei: „Indeed, this work, more than any other in his long career, represents the static, constructional, economic and architectural success of the ‚Nervi system'." Iori (2010) S. 162.

[6] "Sollen wir aus einem statischen Unvermögen ein ästhetisches Kriterium herleiten?" Polónyi (1989) S.243.

[7] Jodidio, Ban (2010) S. 443.

[8] „The roof is made from laminated wood in a hexagonal woven pattern composed in the form of a Chinese bamboo-woven hat." Ban (2010). Übersetzung durch den Verfasser: „Das Dach

kleinen Sportpalast, steht in Metz das Holzgeflecht im Mittelpunkt der öffentlichen Rezeption des Gebäudes. Mit seiner fließenden Form, der mehrfachen Krümmung und der hexagonalen Tragstruktur ist der Entwurf in gewisser Weise typisch für die heutige Architektur, die von einer Fülle neuer, besonderer und einzigartiger Formen geprägt ist. Auch hier kann die mangelnde Optimierung der Konstruktion kritisiert werden:

> „Vergleicht man das Centre Pompidou mit der mehrfach gekrümmten Fläche der Gitterschale der Multihalle Mannheim, stellt man irritiert fest: Beim Centre Pompidou überspannen sechs Brettschichtholzlagen von je 14 x 44 cm bis zu 50 m. Bei der Multihalle überspannen vier Schnittholzlagen von 5 x 5 cm bis zu 60 m. Ob dies damit zu tun hat, dass bei der Formfindung der Multihalle kein chinesischer Strohhut, sondern ein Hängemodell Pate stand?“[9]

Wie Polónyi sind sich auch die Autoren dieser Kritik unsicher, ob ihre Kriterien für eine umfassende Bewertung des Entwurfs ausreichen. Der zitierte Abschnitt stammt aus einem Artikel, in dem Sabine Kraft und Christoph Bauer aktuelle Projekte diskutieren, die mithilfe von digitalen Planungs- und Produktionsmethoden entstanden sind und sich allesamt durch eine gewisse ornamentale Struktur auszeichnen. Dort liest man an anderer Stelle:

> „Es stellt sich die Frage, inwieweit diese Experimente der Inkubator für eine anders geartete holzspezifische Formensprache und neue Tragwerkskonzepte im Holzbau sind, oder ob sich der Neuheitswert in der Umsetzung mit erstaunlich weit vorangetriebenen computergestützten Planungs- und Fertigungsmethoden erschöpft. Zweifel sind zumindest angebracht. Sie können anhand zweier Kriterien, wenn auch sicher nicht abschließend geklärt, so doch in der Diskussion zumindest erhärtet bzw. abgeschwächt werden. Diese Kriterien liegen zum einen in der Methode der Formfindung und zum anderen in der Nutzung der Materialeigen-

---

besteht aus Schichtholz das in einem hexagonal gewobenem Muster die Form eines chinesischen, aus Bambus gewobenen Huts einnimmt.“ Vgl. hierzu auch: Jodidio, Ban (2010) S.440-448.

[9] Kraft, Schindler (2009) S.96.

schaften bzw. der erforderlichen Zahl von Arbeitsschritten der Fertigung bezogen auf das Rohmaterial Holz."[10]

Hier offenbart sich ein Dilemma der heutigen Architekturkritik. Zwar ist es offensichtlich, dass die Faszination von Nervis kleinem Sportpalast als auch Bans Kulturzentrum nicht von der Schlüssigkeit, Ökonomie und Effizienz ihrer Konstruktion, sondern von ihren Wahrnehmungsqualitäten ausgeht. Eine belastbare Beschreibung dieser Qualitäten, die sich hinter der „anders gearteten holzspezifischen Formensprache" verbergen könnte, scheint jedoch nicht möglich.

Zur Zeit des Humanismus bot die Architektur reichhaltiges Anschauungsmaterial für ihre Anlehnung an die menschliche Gestalt. So nahm Alberti den Körperbau des Menschen als Vorbild für die Architektur und strebte danach, architektonische Elemente den Körpergliedern nachzuempfinden.[11] Der Betrachter wurde, erkannte er diese quasimimetischen Elemente in der Architektur, auf sich selbst verwiesen. Die Architektur war somit auch ein Lobpreis der Schöpfung des Menschen. Durch die Wahrnehmungsqualitäten ihrer Form und Struktur nahm sie als Botschafter der humanistischen Weltanschauung eine feste Rolle in der Gesellschaft ein.

---

[10] Kraft, Schindler (2009) S.93. Unter den in diesem Artikel beschriebenen Projekten befinden sich unter anderem die Holzwandprototypen von Gramazio & Kohler aus dem Jahr 2009, der „Metropol Parasol" in Sevilla von Jürgen Mayer H. von 2009 oder das Betriebsrestaurant Ditzingen von Barkow Leibinger aus dem Jahr 2008.

[11] In seinen „Zehn Büchern über die Baukunst" zieht Alberti die tektonische Logik des menschlichen Körperbaus als Leitbild für die Gliederung von Gebäuden heran: „Die Ärzte haben an den Körpern der Lebewesen bemerkt, daß die Natur ihr Werk derart zu vollenden pflegt, daß sie niemals einen Knochen vom anderen irgendwie abgesondert oder getrennt haben will. So wollen auch wir Gerippe mit Gerippe vereinen und mit Sehnen und Verbindungen aufs schönste befestigen, so daß die Rippen eine zusammenhängende Reihe bilden, durch welche allein auch wenn alles andere fehlt, das Werk vollkommen auf seinen eigenen Gliedern und seiner Standfestigkeit bestehe." Alberti (1991) S.154. Vgl. hierzu auch Mallgrave (2010) S.12-15 und S.9ff.

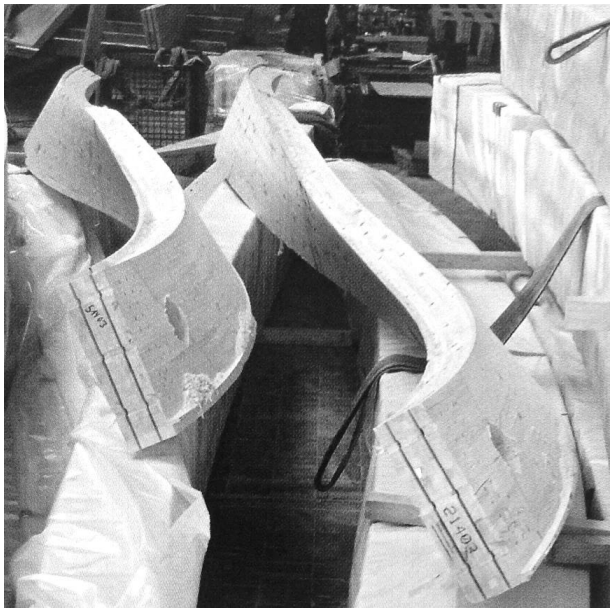


Abb. 6: „Centre Pompidou", Metz: mehrfach gebogene Bauteile der Dachstruktur in der Produktionshalle.

Obwohl Ban selbst den Hut als Architektur interpretierte und nicht umgekehrt durch die Architektur die Assoziation eines Hutes hervorrufen wollte, könnte man darin einen dem Humanismus verwandten Ansatz entdecken. Angesichts der meisten zeitgenössischen Projekte bleibt dem Betrachter ein solcher Zugang allerdings versagt. Dass, um nur ein Beispiel zu nennen, hinter den experimentellen Wandstrukturen, welche die Schweizer Architekten Fabio Gramazio und Matthias Kohler mit ihren Studierenden an der ETH Zürich produzieren, eine systematische Auseinandersetzung mit den Potentialen eines Industrieroboters für die Architekturproduktion steht, kann der Betrachter sich durch die Wahrnehmung allein nicht erschließen (Abb. 7 - Abb. 8). Er steht dem Produkt ohne einen Interpretationszugang gegenüber.

Auch aufgrund dieser Deutungsschwierigkeiten werden Aspekte der Wahrnehmung heute immer mehr an den Rand der Architekturdiskussion gedrängt. Stattdessen treten klar nachvollziehbare, technische Aspekte in den Vordergrund. Diese Entwicklung wird noch durch die gegenwärtige Situation begünstigt, in der die Diskussion mehr denn je von dem Paradigma der Nachhaltigkeit geprägt ist. Die drängenden Energie- und Umweltprobleme fordern vom Architekten, seine Entwürfe entsprechend nachhaltig zu entwickeln und dieses nachweisen zu können. Shigeru Bans „Centre Pompidou" und Gramazio & Kohlers Projekte sind dabei Teil einer neuen Lust an Form und Struktur an und für sich, welche dem Diktat der Nachhaltigkeit zu widersprechen scheint. Diese junge neue Architektur kann man insofern als formal und strukturbetont bezeichnen, als hier komplexe, formbetonte räumliche Strukturen aus einer Vielzahl ähnlicher, variierender Bauteile konstruiert und zusammengefügt werden.[12] Die formale, strukturbetonte

[12] In einigen jüngeren Publikationen wurde in diesem Zusammenhang von einer neuen Form des ‚Strukturalismus' geschrieben (Vgl. hierzu: Oxman, Oxman (2010) , sowie: Valena, Avermaete & Vrachliotis (2011)). Dabei wird der Strukturalismus der 1950er und 60er Jahre mit regelbasierten Entwurfsmethoden der heutigen Zeit verglichen. In diesem Kontext bezieht sich der Begriff der Struktur eher auf das Denken in Netzwerken, auf funktionale, soziale und gedankliche Organisationsformen. Im vorliegenden Fall bezieht sich Struktur jedoch auf das

Architektursprache ist Ausdruck der Möglichkeiten, die durch die Entstehung und Weiterentwicklung computergestützter Planungs-, Kalkulations- und Fertigungsmethoden für die Realisierung komplexer Gebäudeformen entstanden sind. Beim Dach des „Centre Pompidou“ müssen die einzelnen Bauteile hohe geometrische Anforderungen erfüllen, um sich zur Dachstruktur zusammenfügen zu können (Abb. 6). Dafür erforderte der Planungs- und Produktionsprozess den Einsatz digitaler Planungs- und Produktionsmethoden.[13] Mit Standardbacksteinen oder gleichlangen Kanthölzern sind die Bauteile der Wandprototypen von Gramazio & Kohler dagegen sehr einfach (Abb. 9). Hier wird eine komplexe Form durch den Einsatz eines Industrieroboters erreicht, der mithilfe eines digitalen Programms die Bauteile in einer präzisen Ausrichtung an ihren vorgesehenen Ort in der Struktur befördert.

Wie wir am Beispiel des „Centre Pompidou“ sehen konnten, bleiben solche Projekte meist den Nachweis schuldig, dass sich der hohe Aufwand für die besondere Form und Struktur in einer benennbaren Weise lohnt. Damit verstoßen sie gegen grundlegende Prinzipien nachhaltiger Architektur. Es müssen also andere, technische Potentiale solch formaler, strukturbetonter Architektur gefunden und weiterentwickelt werden, um nicht in den Ruf zu geraten, sich in einer Zeit der drängenden Klimaprobleme mit gestalterischen Extravaganzen beschäftigen zu wollen. [14]

System von tragenden und raumbildenden architektonischen Elementen. Der Begriff Strukturalismus wurde deshalb in vorliegender Arbeit nicht verwendet.

[13] Vgl. hierzu: Scheurer (2011), sowie Kockelkorn (2008).

[14] Solche Potentiale entwickeln sich beispielsweise in der Anpassungsfähigkeit parametrischer Modelle, der Optimierung materialgerechter Konstruktionen oder der Weiterentwicklung und individuellen Optimierung etablierter Konstruktionsmethoden. Mit der Entwicklung performativer Potentiale parametrischer Strukturen beschäftigt sich unter anderem Prof. Achim Menges. Vgl. hierzu u.a.: Hensel, Menges (2008) . Farshid Moussavi hingegen untersucht in ihrem Buch „The Function of Form“ potentielle Weiterentwicklungsmöglichkeiten historischer Konstruktionsformen mit heutigen Entwurfswerkzeugen. Vgl. hierzu: Moussavi, Lopez (2009).

Die Verengung der Diskussion auf die technischen Aspekte birgt die Gefahr in sich, die Bedeutung von Form und Struktur architektonischer Räume nicht umfassend und dadurch nicht zutreffend zu bewerten. Dadurch werden andere wichtige Dimensionen der Architektur vernachlässigt und gehen verloren. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, bietet sich ein psychologischer Ansatz an. Angesichts der beschriebenen Deutungsschwierigkeiten für Projekte dieser formalen, strukturbetonten Architektur ermöglicht dieser, andere Dimensionen von Bedeutung zu suchen und zu beschreiben. In einer wahrnehmungspsychologischen Untersuchung - so die Ausgangsvermutung dieser Arbeit - können auch die Bedeutungen architektonischer Form und Struktur beschrieben werden, welche keiner bewussten Reflexion des Betrachteten bedürfen und beispielsweise auf einen assoziativen Zugang angewiesen sind. Vielmehr rücken Inhalte und Bedeutungen in den Fokus, die sich direkt in dem unmittelbaren Prozess der Wahrnehmung bilden.
Die formal verspielt und strukturell aufwendigen Entwürfe, oder aber Form und Struktur generell, so vermutet diese Arbeit, entwickeln in ihrer Interaktion mit der menschlichen Wahrnehmung Bedeutung. Auf welche Art sich diese beschreiben lässt, ist die Forschungsaufgabe der folgenden Erörterungen.

Zuletzt hatte die Psychologie Anfang des 20. Jahrhunderts großen Einfluss auf die Architekturtheorie. Die deutsche Ästhetik mit der Einfühlungstheorie von Robert Vischer und Theodor Lipps hatte maßgeblich zur Einführung des Raumbegriffs in die Architekturtheorie beigetragen und dabei Raum konsequent ausgehend von der Wahrnehmung des individuellen Betrachters gedacht und beschrieben. Der Vorwurf, dass eine solche Betrachtung zu subjektiv und deshalb nicht übertragbar sei, trug mit dazu bei, dass die Psychologie zwischen den Weltkriegen ihren bedeutenden Einfluss unter anderem auch auf die Architekturtheorie verlor. Raum wurde von der phänomenologischen Philosophie als ein Problem des Denkens und der Erkenntnis

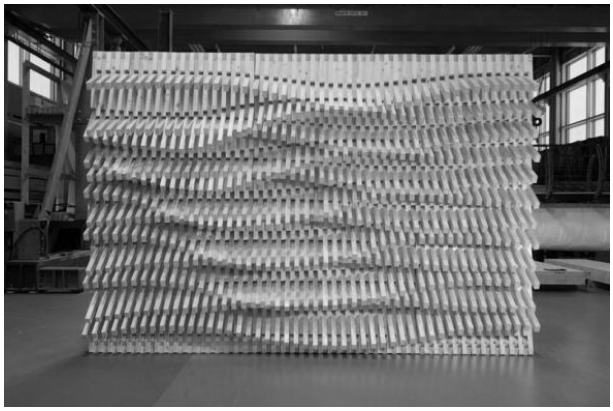


Abb. 7: Gramazio & Kohler: „Die sequenzielle Wand", ETH Zürich, 2008, Ansicht.

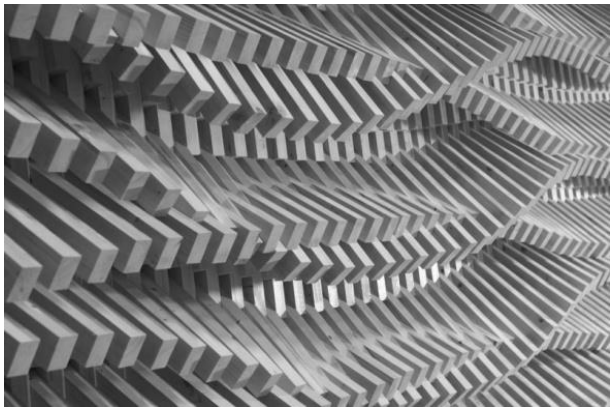


Abb. 8: Gramazio & Kohler: „Die sequenzielle Wand", ETH Zürich, 2008, Detail.

weiterentwickelt, oder aber von den Theoretikern der Moderne mit sozialen und politischen Aspekten bereichert. Zwar hielt sich eine Disziplin der Architekturpsychologie am Rande des Geschehens, sie hat sich allerdings ihrerseits anderen psychologischen Aspekten von Raum zugewandt.

Die Weiterentwicklung der Forschungsmethoden der letzten Jahrzehnte hat nun zu einer neuen Ausgangslage geführt. Dadurch dass sie es ermöglichen auch jenseits unseres Bewusstseins Wahrnehmungsprozesse zu interpretieren, geben die bildgebenden Verfahren[15] in der empirischen Kognitionsforschung Einblick in die niedrigen Ebenen der Wahrnehmung. Sie ermöglichen die wissenschaftliche Beschreibung grundlegenderer Ebenen der Wahrnehmung und können dabei zeigen, dass unser Wahrnehmungssystem auch neben unserer Aufmerksamkeit beständig mit der Interpretation von Reizen aus unserer Umgebung beschäftigt ist. Dabei ist die Interpretation von Reizen nicht als eine bewusste Bedeutungsgebung und Bewertung unserer Wahrnehmung zu verstehen, sondern als ein einfaches Erkennen der Objekte in unserer Umgebung in ihrem räumlichen Zusammenhang und der eigenen Verortung im Raum; als Suchen nach Antworten auf die Fragen: Wo befinde ich mich im Verhältnis zu den Objekten in meiner Umgebung? Was umgibt mich? Auf welcher Bahn, wie schnell und wohin bewege ich mich und die Objekte in meiner Umgebung?
Diese Interpretationsprozesse laufen insofern in einem Kreislauf, als die daraus resultierende Wahrnehmung nur eine Annahme, eine Hypothese darstellt, die beständig überprüft werden muss. Mehrfach konnte dokumentiert

[15] Mit den bildgebenden Verfahren in der Gehirnforschung (z.B. ‚Elektroenzephalographie' (EEG) und ‚funktionelle Magnetresonanztomographie' (fMRT)) werden Methoden bezeichnet, die Erregungsmuster des Gehirns bildlich darstellen. Aus Stärke und Ort der Erregung im Gehirn lassen sich Rückschlüsse auf die Verarbeitungsprozesse ziehen; z. B. Verarbeitung visueller Reize, Planung einer Handlung, Ausführung einer Handlung etc.. Die Weiterentwicklung unterschiedlicher Methoden von bildgebenden Verfahren in den letzten Jahrzehnten wird mit für die großen Fortschritte der Gehirnforschung und deren Aufstieg zur heutigen Leitwissenschaft verantwortlich gemacht. Vgl. hierzu: Haynes, Rees (2006).

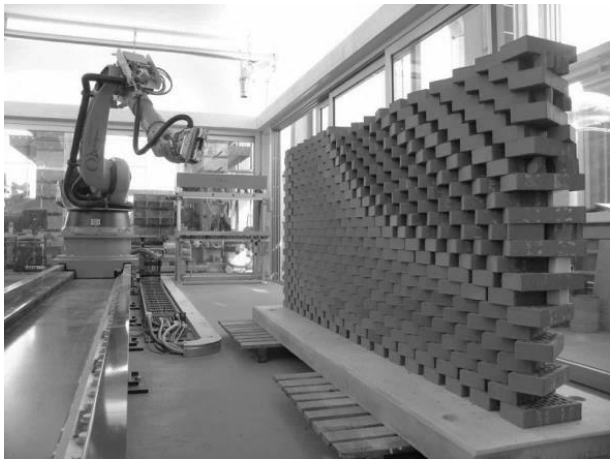


Abb. 9: Gramazio & Kohler, ETH Zürich: Einsatz von einem Industrieroboter für die Produktion eines Wandprototyps aus einfachem Klinker.

werden, dass nicht nur ein Großteil der Informationen, der uns über unsere Umgebung zur Verfügung steht, durch diese implizit verlaufenden Wahrnehmungsprozesse gewonnen wird, sondern diese Prozesse auch unseren momentanen Geisteszustand, unser Verhalten, unsere Entscheidungen beeinflussen und längerfristig unser Wissen und unsere kognitiven und motorischen Fähigkeiten mit prägen. Wenn auch die grundlegenden Wahrnehmungsmechanismen bei den meisten Menschen auf vergleichbare Art und Weise funktionieren, hat sich durch die neuen Erkenntnisse nicht die Tatsache verändert, dass der Wahrnehmungsprozess individuell unterschiedlich verläuft und schwer vorhersehbar ist.[16] Die genauere Beschreibung des Prozesses der Wahrnehmung auch abseits unserer bewussten Aufmerksamkeit ermöglicht es aber dennoch, Form und Struktur des architektonischen Raumes in seiner beständigen Interaktion mit dem Nervensystem zu beschreiben. Dabei wird deutlich, wie sie den Wahrnehmungsprozess modulieren. Genau darin liegen gleichzeitig die Potentiale einer solchen Betrachtungsweise für die Entwurfspraxis. In einem Dialog zwischen Betrachter und Raum werden Form und Struktur zu einer beständigen Quelle von Interpretation, von Wiedererkennen und Neuerkennen. Dadurch kann Raum konsequent als ein Gegenüber in einem unbemerkten, aber beständigen Dialog mit dem menschlichen Nervensystem verstanden und beschrieben werden. Neben den vornehmlich technischen Kriterien erschließt sich somit eine andere - für die Interaktion zwischen Raum und Betrachter relevante - Dimension der Beschreibung von Form und Struktur in der Architektur. Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist es nicht, die neu zu formulierenden Kriterien der Wahrnehmung als einen Gegenpol zu den schwergewichteten und vor allem

[16] Semir Zeki beschreibt dieses Verhältnis zwischen Individualität der Wahrnehmung und universellen Wahrnehmungsmechanismen wie folgt: „But the inestimable value of variable subjective experiences should not distract from the fact that, in executing his work, Michelangelo instinctively understood the common visual and emotional organization and workings of the brain." Zeki (2012) . Übersetzung durch den Verfasser: „Aber der unschätzbare Wert der variablen subjektiven Erfahrungen sollte nicht von der Tatsache ablenken, dass Michelangelo bei seinem Schaffen instinktiv die gemeinsame visuelle und emotionale Organisation und Arbeitsweise des Gehirns verstand."

ökonomisch relevanten technischen Kriterien zu verstehen. Vielmehr verbirgt sich hinter diesem Versuch die Hoffnung, einen Beitrag zu einer geeigneten und zutreffenden Sprache für die Bedeutung von Form und Struktur in der Architektur zu leisten.

Umfang und Aufbau

Ein psychologischer Deutungsansatz für Architektur beinhaltet, dass Raum aus einer individuellen Perspektive beschrieben wird. Es geht um das subjektive Erleben von Raum. Diese Perspektive auf den Raum bestimmt gegen Ende des 19. Jahrhunderts die Ästhetik der Einfühlungstheorie. Vor allem Robert Vischer und Theodor Lipps beschreiben, wie in dem Gegenüber vom menschlichen Körper und Formen des Raums Wahrnehmung als eine unwillkürlich automatische Reaktion auf das Gesehene entsteht. Ihre Theorie beeinflusst auch die Architekturtheorie von Schmarsow und Wölfflin. Anfang des 20. Jahrhunderts verliert allerdings die Psychologie mehr und mehr an Einfluss auf die Architektur.
Dafür wird hauptsächlich die Subjektivität der damaligen Betrachtungsweise verantwortlich gemacht, die einer notwendigen Erweiterung des noch jungen Raumbegriffs im Wege stand. In der daraus folgenden Abkehr von den psychologischen Forschungsmethoden der damaligen Zeit nimmt die Arbeit Rudolf Arnheims eine Ausnahmestellung ein. Bis Ende des 20. Jahrhunderts hält er an einer grundlegenden gestaltpsychologischen Methode fest, die er zuerst zu einer eigenständigen und systematischen Kunstpsychologie und schließlich auch zu einem architekturtheoretischen Ansatz weiterentwickelt. Seine Betrachtungsmethode bleibt in der Tradition der Gestaltpsychologie hart am physisch Gegebenen, seien es Kunstwerke oder Gebäude. Er analysiert die Potentiale, die sich unmittelbar aus dem sichtbaren Gegebenen für die Interpretationsmechanismen der Wahrnehmung ergeben. Die Ebene der Reflexion schließt er bei seinen Betrachtungen weitestgehend aus.

Im ersten Teil der Arbeit wird diesen Grundlagen aus der Einfühlungstheorie und der Gestaltpsychologie nachgegangen. Da der Fokus der Arbeit auf der Anwendung zeitgenössischer Erkenntnisse aus Neurowissenschaften und Psychologie auf die Architektur liegt, beschränkt sich dieser erste Teil auf die wesentlichen Aspekte, welche die Grundlagen für den heutigen Raumbegriff mitbestimmt haben. Genauer wird einzig die Arbeit Rudolf Arnheims diskutiert, da sein Ansatz eine geeignete Systematik bietet, eine Verbindung zwischen der heutigen Forschung zur impliziten Wahrnehmung und der Architektur zu schaffen. Viele der Wahrnehmungsmechanismen, die er in ihrer Interaktion mit Kunst und Architektur analysiert hat, können im Folgenden übernommen und erweitert werden.

Rudolf Arnheims Methodik bildet den Ausgangspunkt für die Untersuchung des relevanten Wissensstands in Psychologie und Neurowissenschaften im zweiten Teil der Arbeit. Die Grenzen zwischen der neurowissenschaftlichen und psychologischen Wahrnehmungsforschung verschwimmen zunehmend. Die Forschungsaktivitäten in diesem Bereich sind weitverzweigt und inzwischen hochspezialisiert. Ein umfassender systematischer Ansatz, der sich mit der Bedeutung von Form und Struktur für die Mechanismen der impliziten Raumwahrnehmung beschäftigt, hat sich in der Forschungslandschaft nicht gebildet. Um dennoch zu prägnanten Aussagen zu kommen, wurde der Schwerpunkt vorliegender Arbeit deshalb auf einige Aspekte innerhalb der visuellen Wahrnehmungsforschung gelegt. Eine Einschränkung auf das Sehen ist einerseits deshalb sinnvoll, weil es nach wie vor die bedeutendste Modalität der Wahrnehmung von Struktur und Form in der Architektur ist. Andererseits beschränkt sich auch Arnheim als ein relevanter Vordenker in seiner Theorie auf das Sehen.
Die Schwerpunkte der Untersuchungen in diesem zweiten Teil der Arbeit werden sich auf die Forschungsbereiche konzentrieren, die sich mit impliziter Wahrnehmung beschäftigen. Dabei werden Aspekte der visuellen Aufmerksamkeit, Selektion, Expertise, des Lernens und der unbewussten Wahrnehmung erörtert. Diese Bereiche der Forschung beleuchten die Mechanis-

men, die auch abseits unserer bewussten Aufmerksamkeit mit der Gewinnung von Informationen aus den Reizen der Umgebung beschäftigt sind. Sie liefern eine fundierte Vorstellung davon, wie auch ohne unser Zutun und ohne dass wir es bemerken unser Nervensystem durch die beständige Verarbeitung von Reizen in die Lage gebracht wird, mit seiner Umgebung weitgehend unabhängig von unserem Aufmerksamkeitsfokus erfolgreich zu interagieren. Und darüber hinaus, wie diese Interaktion mit unserer Umgebung unser Verhalten beeinflusst und uns prägt. Es wird deutlich, dass Form und Struktur der Objekte um uns herum mithilfe grundlegender Wahrnehmungsmechanismen beständig und automatisch neu interpretiert werden.

Die Einblicke in diese Wahrnehmungsprozesse werden im dritten Teil mit zunehmender Komplexität auf die Interaktion des Wahrnehmungssystems mit konkreten architektonischen Räumen übertragen und dabei auch Quellen aus der Philosophie und den Kunstwissenschaften herangezogen. Dadurch können einige Phänomene beschrieben werden, die die Potentiale von Form und Struktur für die Modulation der Wahrnehmung beleuchten. Die Untersuchungen des dritten Teils unterteilen sich in drei Unterkapitel. Das erste widmet sich Architekturzeichnungen. Anhand bekannter Zeichnungen wird analysiert, wie Architekten mithilfe von bildhaften Tiefenhinweisen Raumwahrnehmung manipulieren. Der ergänzende und interpretierende Charakter der Wahrnehmung des Betrachters wird herausgearbeitet. Im zweiten Kapitel werden diese Mechanismen im dreidimensionalen Raum an den Konturen von Form und Struktur des Raumes untersucht. Die Ergänzung durch die Wahrnehmung, welche die Gestaltgesetze im Zweidimensionalen systematisch beschrieben haben, wird dabei in den dreidimensionalen Raum übertragen. Die Säulenreihen der großen Moschee von Córdoba werden dadurch als Korridore wahrnehmbar. Miteinander verschnittene Volumenkörper von Borrominis San Carlo werden als angedeutete und transiente Räume in ihrer Wechselwirkung mit dem Betrachter beschrieben. Das dritte Unterkapitel schließlich widmet sich dem Aspekt der Bewegung durch den Raum. Das Konzept des flüssigen Objekts beschreibt, wie sich ein Objekt

in der Wahrnehmung dabei durch die Interaktion von Erinnerung und neu Wahrgenommenen ständig aktualisiert.

Die Beschreibungen dieses dritten Teils betonen die Rolle von Form und Struktur architektonischen Raums für den Wahrnehmungsprozess. Sie wird als eine dauerhafte, in gewisser Weise bedeutungsgebende Interaktion zwischen Betrachter und Raum beschrieben, von der nur ein Bruchteil in unsere bewusste Aufmerksamkeit gelangt. Der Prozess der Wahrnehmung in Form eines ständigen Dialogs mit Form und Struktur verbindet den Betrachter mit seiner Umgebung dauerhaft. In den Schlussbetrachtungen werden die Implikationen aufgezeigt, die sich aus einer solchen Betrachtungsweise für die Entwurfspraxis des Architekten, für eine sinnvolle zukünftige Verknüpfung der Architektur mit der Psychologie, und schließlich für die Beschreibung und Beurteilung von Gebäuden ergeben.

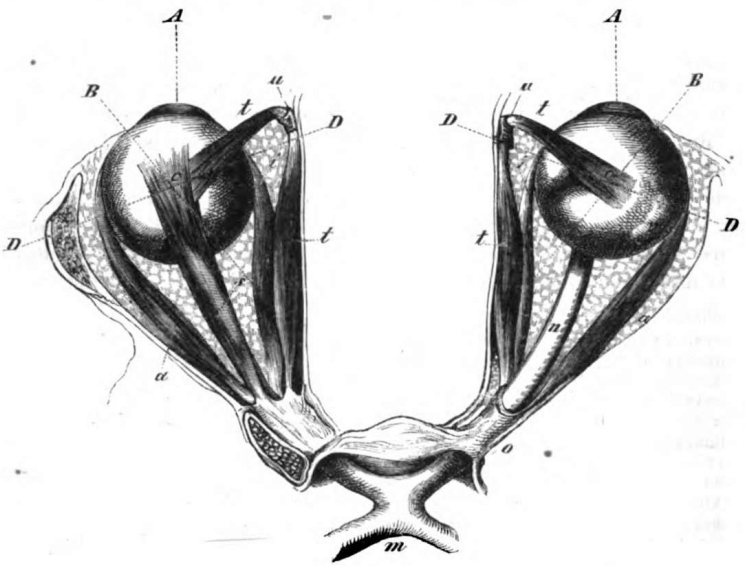


Abb. 10: Hermann von Helmholtz: „Die Lage der Augen in den beiden Augenhöhlen“.

1. Die psychologische Perspektive auf den architektonischen Raum

1.1 Ursprünge: der Automatismus der Raumwahrnehmung

Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts bildet die junge wissenschaftliche Disziplin der Psychologie eine Art Leitwissenschaft, von der zahlreiche Impulse auf benachbarte Wissenschaften ausgehen. So auch auf die Architekturtheorie, die in dieser Zeit ganz unter dem Einfluss einer psychologischen Ästhetik und insbesondere der Einfühlungstheorie steht.

Dieser Entwicklung vorausgegangen waren die Erkenntnisse aus der physiologischen Forschung. Hermann von Helmholtz legt 1867 mit seinem „Handbuch der physiologischen Optik“[17] einen der Grundsteine für eine Betrachtungsweise, welche den Aufbau und die Funktionsweise des Nervensystems und seiner Sinnesorgane bei der Entstehung der menschlichen Wahrnehmung in den Mittelpunkt rückt (Abb. 10). Wenig später - 1879 - gründet Wilhelm Wundt als ehemaliger Assistent von Helmholtz in Leipzig das erste Institut für experimentelle Psychologie. Wundt hat selbst Medizin studiert und sich in seiner Assistenzzeit bei Helmholtz auf die Erforschung der Sinneswahrnehmung konzentriert. Er weitet sein Untersuchungsgebiet von der Physiologie auf die Erforschung des Geistes und des Denkens aus und vertraut dabei auf die Datenauswertung von Experimenten als wesentliches objektives Messwerkzeug. Aufgrund der Entwicklung dieser grundlegenden Methode der experimentellen Psychologie wird er auch als einer der Väter der Psychologie bezeichnet, die sich in dieser Zeit überhaupt erst als eigenständige wissenschaftliche Disziplin herausbildet. Für die Erforschung des

[17] Helmholtz (1867).

menschlichen Geistes entsteht in der experimentellen Psychologie eine Alternative zu den klassischen Forschungsmethoden der Philosophie: der Analyse und dem kritisch logischen Denken. Dabei bildet die Funktionsweise, Entwicklung und das Vermögen des Nervensystems und seiner Sinnesorgane die Grundlage, auf der die Psychologie in der Folge versucht, die Mechanismen der Wahrnehmung zu erklären. Diese Betrachtungsweise wird auch von der Philosophie aufgenommen. Insbesondere bietet sie interessante Aspekte für die Philosophie der sinnlichen Wahrnehmung, der Ästhetik: Fast zeitgleich[18] entsteht dadurch die Einfühlungstheorie. Basierend auf den Arbeiten seines Vaters Karl Theodor Vischer entwickelt Robert Vischer diese Theorie, in welcher der Leib und seine unmittelbare Reaktion auf die Umgebung in den Mittelpunkt der ästhetischen Auseinandersetzung rückt. Wahrnehmung als eine Folge von „Schwingungen“[19] in unserem Nervensystem - wie es die Physiologie dieser Zeit beschreibt - bildet die Vorrausetzung dafür, dass Wahrnehmung als körperlicher Akt gedacht werden kann.
Hier schließlich wird die Psychologie relevant für die Architektur, die als künstlerische Gestaltung der menschlichen Umgebung in die Betrachtung der Ästhetiker eingeschlossen wird. Ausgehend von Robert Vischer leisten bis in das frühe 20. Jahrhundert August Schmarsow, Wilhelm Worringer, Paul Klopfer, Heinrich Wölfflin und Theodor Lipps ihren Beitrag zu einer Architekturtheorie der Einfühlung. Die folgenden Untersuchungen konzentrieren sich auf einige Grundannahmen dieser Theorie, die noch heute - so wird sich zeigen - in wichtigen Begriffen und Betrachtungsweisen nachwirken und seither nicht wieder zum Gegenstand der Forschung geworden sind.

---

[18] Schon 1860 erscheinen Friedrich Theodor Vischers „Kritische Gänge“. Wilhelm Wundts „Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung“ 1862 und schließlich Robert Vischers „Über das optische Formgefühl“ 1872. Vgl. hierzu: Wundt (1862), Vischer, Vischer (1860), Vischer (2007).

[19] Vgl. hierzu auch: Vischer (2007) S.37. Robert Vischer zitiert hier seinen Vater Friedrich Theodor Vischer.

1.1.1 Einfühlung als unmittelbare Wahrnehmung

In seiner Dissertation „Über das optische Formgefühl" legt Robert Vischer 1873 die Eckpunkte seiner Theorie dar, die er direkt auf den Gedanken seines Vaters aufbaut:

> „In seiner Ästhetik selbst [der des Vaters] hatte er diesen Formbegriff nur gelegentlich angedeutet, z. B. in der Baukunst (a. 1851), ebenso in der Lehre vom Naturschönen (a. 1847), woselbst er die ästhetische Wirkung aller anorganischen Erscheinung, - auch des ersten Organischen, der Pflanze, also des ganzen Landschaftsgebietes aus einem ahnenden Leihen [sic], einem unbewußten Unterlegen von Seelenstimmungen erklärt."[20]

Vischer beschreibt Einfühlung als einen Vorgang, im Laufe dessen sich durch Betrachtung die Beziehung zwischen Betrachter und Objekt verändert. Wir projizieren unseren eigenen Körper und unsere Seele in das betrachtete Objekt („Erscheinung") und beleben es dadurch. Vischers Vorstellung vom Einfühlen ist dabei sehr wörtlich zu verstehen:

> „Habe ich es mit einer kleinen, ganz oder teilweise beschränkten und verengten Erscheinung zu tun, so wird sich mein Gefühl demnach pünktlich konzentrieren, es wird sich ducken und bescheiden (Stern, Blume [eigentliche Wirklichkeit: enger Gürtel]. - Zusammenfühlung). Stehe ich dagegen vor einer großen oder teilweise übermäßigen Form, so werde ich ein Gefühl von geistiger Großheit und Weite, von Willensfreiheit bekommen (Gebäude; Wasser, Luft [eigentliche Wirklichkeit: weiter Mantel]. - Ausfühlung)."[21]

Diesen Vorgang beschreibt Vischer als einen schrittweisen Prozess, bei dem das unbewusste, traumartige Sehen in ein bewusstes Schauen übergeht, das mit einer Annäherung an das betrachtete Objekt einhergeht („Zufühlung"),

---

[20] Vischer (2007) S.37.

[21] Vischer (2007) S.52. Die Einfügungen in eckiger Klammer sind in diesem Fall Teil des Originalzitats.

bis der Betrachter sich schließlich in das Objekt einfühlt und dort das Objekt von innen erfühlt.[22] Einfühlung ist für Vischer keine mühevolle konzentrierte Tätigkeit, sondern die unmittelbare Folge eines intensiven Betrachtungsvorgangs: „Es ist also ein unbewußtes Versetzen der eigenen Leibform und hiermit auch der Seele in die Objektsform. Hieraus ergab sich mir der Begriff, den ich Einfühlung nenne."[23]

Vischers Ansatz kann erkenntnistheoretisch insofern als *bottom up* - ein Ansatz von unten - bezeichnet werden als er nicht vom Intellekt, sondern vom Leib als Erkenntnisquelle ausgeht, wie er dem Menschen in seiner natürlichen Funktionsweise gegeben ist. Aus der Arbeit des Nervensystems, den Muskeln und den Sinnesorganen entstehen bei ihm die Empfindungen quasi als Grundlage allen Denkens. Damit ist bei Vischer gewissermaßen schon angelegt, was der Kunsthistoriker Heinrich Wölfflin wenig später zu einem neuen kunsthistorischen Fundament ausbaut: die Befreiung der Form von historisch geprägter symbolischer Bedeutung und die Konzentration auf ihre unmittelbare sinnliche Wirkung. Für die Wirkung auf den Betrachter ist eine abstrahierte Bewertung durch das Denken seiner Ansicht nach unbedeutend:

> „Daß eine Pyramide genau in einem Winkel von 45 Grad aufsteigt, bietet uns ein bloß intellektuelles Vergnügen, unserm [sic] Organismus ist dies gleichgültig, er rechnet bloß mit den Verhältnissen von Kraft und Schwere und gibt danach sein Urteil ab. […] Für die Charakteristik, das

[22] „Man kann also sagen: die Einfühlung erfühlt das Objekt von innen (Objektszentrum) nach außen (Objektsform); während Zufühlung und Nachfühlung (als Anfühlung) von außen (Objektsform) nach innen (Objektszentrum, Einfühlung) gehen, aber auch von jedem Innen des Objekts abstrahieren können." Vischer (2007) S.56.

[23] Vischer (2007) S.39. Vischer bezeichnet den intensiven Betrachtungsvorgang auch als „betonte Empfindung": „Unter Empfindung verstehe ich hier nur einen sinnlichen Vorgang und zwar das sinnliche Befinden gegenüber dem angeschauten Gegenstande. Zunächst unterscheidet man betonte und unbetonte Empfindungen." Vischer (2007) S.42.

> heißt für den Ausdruck eines Kunstwerks ist der intellektuelle Faktor beinahe ganz bedeutungslos."[24]

Wie bei Vischer ist auch bei Wölfflin Wahrnehmung ein körperlicher Akt, der sich unmittelbar vollzieht und durch unser körperliches Mitempfinden mitgeprägt ist.

1.1.2 Der leibbezogene Raumbegriff

Um die gleiche Zeit äußert sich der Kunsthistoriker August Schmarsow zum Verhältnis von Körper und Architektur. Auch für ihn steht das persönliche Erleben des Raumes im Mittelpunkt der architektonischen Schöpfung. Während für Vischer und Wölfflin der Körper selbst die Grundvoraussetzung der Wahrnehmung ist, so wird bei Schmarsow die Bewegung des eigenen Körpers durch den Raum zum zentralen Moment der Raumwahrnehmung:

> „Die Ortsbewegung in der dritten Dimension erst bringt uns die Ausdehnung zum unmittelbaren Erleben. Die Entfernung kann ich abschreiten und abtasten, den Raum vor mir kann ich Stück für Stück zurücklegen. Nachdem ihn meine vorwärts blickenden Augen schon im Voraus überschaut haben, ordnen sich nun erst beim Durchwandeln die Einzelheiten in ihrem tatsächlichen Abstand zueinander, bewähren nach dem bloßen Augenschein nun erst ihre volle Realität, eben als Körper im Raum wie ich selber."[25]

In seinem Bemühen, die Architektur als Kunst zu definieren, widmet sich Schmarsow stärker als Wölfflin der Wahrnehmung des architektonischen Raumes. In dieser Konzentration auf die Architektur als Kunst der „Raumgestaltung" entsteht erstmals eine Beschreibung, wie durch den Prozess der Wahrnehmung Raum als eine Anschauungsform entsteht:

---

[24] Wölfflin, Cepl (1999) S.21.

[25] Schmarsow (1903) S.104. Vgl. hierzu auch: Hartle (2008) und Schmarsow, Ikonomou (1998) S.13.

„Die psychologische Tatsache, daß durch die Erfahrungen unseres Gesichtssinnes, sei es auch unter Beihülfe [sic] andrer leiblicher Faktoren, die Anschauungsform des dreidimensionalen Raumes zu Stande kommt, nach der sich alle Wahrnehmungen des Auges und alle anschaulichen Vorstellungen der Phantasie richten, ordnen und entfalten, - dieser Tatbestand ist auch der Mutterboden der Kunst, deren Ursprung und Wesen wir suchen.
Sobald aus den Residuen sinnlicher Erfahrung, zu denen auch die Muskelgefühle unseres Leibes, die Empfindlichkeit unserer Haut wie der Bau unseres ganzen Körpers ihre Beiträge liefern, das Resultat zusammenschießt, das wir unsere räumliche Anschauungsform nennen, - der Raum, der uns umgiebt [sic], wo wir auch seien, den wir fortan stets um uns aufrichten und notwendig vorstellen, notwendiger als die Form unsers Leibes, - sobald wir uns selbst und uns allein als Centrum dieses Raumes fühlen gelernt, dessen Richtungsaxen [sic] sich in uns schneiden, so ist auch der wertvolle Kern gegeben, das Kapitel gleichsam des architektonischen Schaffens begründet […]. Raumgefühl und Raumphantasie drängen zur Raumgestaltung und suchen ihre Befriedigung in einer Kunst; wir nennen sie Architektur und können sie deutsch kurzweg als R a u m g e s t a l t e r i n bezeichnen.“[26]

In dieser Konzentration auf das Verhältnis von Betrachter und umgebendem Raum manifestiert sich eine Definition von Raum, welche Johan Frederik Hartle treffend als „leibbezogenen Raumtheorie“ betitelt. Sein Essay „die Räume“ ist einer von zahlreichen Publikationen, welche sich in den letzten Jahren mit der Entstehung dieses heute noch zentralen Raumbegriffs in der Architektur auseinandersetzen. Diese jüngeren Untersuchungen[27], deren schiere Anzahl auf die Wichtigkeit dieser Ansätze für die heutige Architekturtheorie hindeutet, fördern dabei eine Reihe von Beschreibungen der Raumwahrnehmung zu Tage, welche sich untereinander nicht unähnlich sind.
Hartle sieht den Ursprung des leibbezogenen Raumbegriffs bei Wölfflin, wenn er schreibt: „Aufgrund unserer leiblichen Situierung im Raum, so war

[26] Schmarsow (2002) S.323-324.

[27] Hartle (2008), vgl. hierzu auch: Fecht, Kamper & Albrecht (2000), Wagner (2004), Mallgrave (2010), Blum (2010).

die These, die sich seit Wölfflin in zunehmender Komplexität mit dem gebauten Raum verbindet, nehmen wir jenen (quasi) unmittelbar wahr, indem wir uns bewegen und dabei selbst immer schon räumlich verfaßt sind."[28] Zur Unterstützung zitiert er aus Wölfflins Dissertation: „Um das räumliche Gebilde ästhetisch zu verstehen, müssen wir diese Betrachtung sinnlich miterleben, mit unserer körperlichen Organisation mitmachen."[29]
Während bei Wölfflin der Raum dem Betrachter jedoch eher gegenübersteht, wird er bei Schmarsow vom Raum umgeben. Dies ist ein wesentlicher Unterschied, auf den auch der Architekturtheoretiker Ullrich Schwarz hindeutet.[30] Er verweist dabei auch auf die Kritik von Schmarsows Zeitgenossen Hermann Sörgel, die der Architekt und Kulturphilosoph 1921 in seinem Buch „Architektur Ästhetik" veröffentlicht. Sörgel summiert Wölfflins Architekturdefinition als „Kunst körperlicher Massen"[31] und setzt dagegen Schmarsows „Architektur ist Raumgestaltung"[32]. Dazu schreibt er: „Die Kunst der körperlichen Massen ist die Plastik. Hier kommt es nur auf die Außenfläche an, hier ist das vorherrschende Gesetz die Konvexität. Anders bei der Architektur, wo das Gesetz der Konkavität zugrunde liegt, und der Kern das ursprüngliche ist."[33]

---

[28] Hartle (2008).

[29] Wölfflin, Cepl (1999) S.11. Dieses Zitat stammt aus einem Zusammenhang, in dem Wölfflin selbst Johannes Volkelts „Symbolbegriff in der neueren Ästhetik" analysiert: Volkelt (1876). Hartle schreibt dazu: „Wenn Wölfflin der architektonischen Raumauffassung eine quasimimetische Gestalt gibt, so nicht nur weil Bauwerke beseelt werden und Analogien von Baukörper und eigenem Körper geschaffen werden, sondern vor allem weil die Erfahrung des räumlichen Gebildes eine umfassend leibliche Angelegenheit ist." Hartle (2008).

[30] Schwarz (2000).

[31] Wölfflin, Rose (1926) S.63.

[32] Sörgel (1998) S.206. Als wörtliches Zitat existiert dieser Ausspruch bei Schmarsow meines Wissens nicht. Allerdings finden sich an verschiedenen Stellen sehr ähnliche Formulierungen. So z.B. in o.g. Zitat: „[…]wir nennen sie Architektur und können sie deutsch kurzweg als R a u m g e s t a l t e r i n bezeichnen." Schmarsow (2002) S.324. Oder auch hier: „Und diese Stationen führen von der K ö r p e r b i l d n e r i n , Plastik und Tektonik, zur R a u m g e s t a l t e r i n , Architektur." Schmarsow (1903) S.104. Diesen Vergleich von Wölfflins und Schmarsows Raumbegriff greift auch Kirsten Wagner auf: Vgl. hierzu Wagner (2004).

[33] Sörgel (1998) S.206. Vgl. hierzu auch: Schwarz (2000) S.82.

Schließlich findet sich auch bei Theodor Lipps - dem letzten starken Vertreter der Einfühlungstheorie - eine Beschreibung, welche von einem im Raum befindlichen Betrachter ausgeht:

> „Hier interessiert uns nun aber noch speziell der irgendwie geformte körperliche, d.h. der begrenzte dreidimensionale Raum. Dieser kann ausgefüllt sein oder leer. Ist er ausgefüllt, so ist auch die Masse, abgesehen von der Form, lebendig; umgekehrt ist aber auch die Form des geometrischen Körpers lebendig, abgesehen von seiner Ausfüllung. So ist etwa der von den Wänden eingeschlossene Raum lebendig. Er ist es ganz und in allen seinen Teilen."[34]

Wird der Betrachter, wie hier beschrieben, IN den Raum gestellt, so folgt daraus, dass Raum als ein Hohlraum oder Volumen beschrieben wird, welches den Betrachter umgibt und dessen Wahrnehmung unmittelbar im Wechselspiel zwischen Nervensystem und Form und Struktur der Architektur hervorgebracht wird.
Die beiden hier beschriebenen, aus der Einfühlungstheorie hervorgegangenen Aspekte - die leibliche Unmittelbarkeit des Wahrnehmungsprozesses und der darauf aufbauende, leibbezogene Raumbegriff - bilden eine wichtige Grundlage für die Architekturpsychologie generell und damit auch für vorliegende Arbeit. Dass sie aus heutiger Sicht eine Selbstverständlichkeit des architektonischen Raumbegriffs bilden zeigt, dass sie sich auch in der Architekturtheorie verwurzelt haben.[35] Sie sind eine logische Folge der physiologischen und psychologischen Forschungen des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts. Die Erkenntnisse zu den unmittelbaren körperli-

---

[34] Lipps (2003) S.159.

[35] Dazu schreibt Ullrich Schwarz: „Auf den ersten Blick mag es trivial erscheinen, den Raum als zentrales Moment des Architektonischen zu thematisieren, unterstellt das heutige Alltagsverständnis fast schon eine selbstverständliche Implikation des Räumlichen im Architektonischen. Die wissenschaftliche Literatur ist sich allerdings weitgehend einig in dem Urteil, dass die Kunstgeschichte und die Architekturtheorie des 19. Jahrhunderts die Kategorie des Raumes als selbständige entweder gar nicht kennen oder zumindest nicht als Leitkategorie einsetzen." Schwarz (2000) S.82. Dieses Zitat führt auch Kirsten Wagner an. Vgl. hierzu: Wagner (2004).

chen Aspekten des Wahrnehmungsvorgangs zogen es nach sich, dass auch architektonischer Raum als ein Gesprächspartner des Körpers betrachtet wurde. Mit dem schwindenden Einfluss der Psychologie auf die Ästhetik und die Architekturtheorie zu Beginn des 20. Jahrhunderts werden diese Aspekte unter anderen Gesichtspunkten weitergedacht, stehen aber selbst nicht mehr im Fokus der Forschung.

1.1.3 Das Überschreiben der leibbezogenen Raumtheorie

In der Literatur finden sich unterschiedliche Begründungen dafür, warum der psychologische Ansatz der Architekturtheorie sich Anfang des 20. Jahrhunderts nicht mehr durchsetzen konnte. Für die Idee dieser Arbeit, heute wieder zu einer psychologischen Betrachtung von Architektur zurückzukehren, sind diese Gründe von Bedeutung, um daran die heutige Ausgangslage zu prüfen.

Kirsten Wagner argumentiert, dass der psychologisch-ästhetische Raumbegriff für eine Weiterentwicklung in der Architekturtheorie zu begrenzt für den rasanten Wandel gewesen sei, der mit der Industrialisierung einsetzte. Er klammere zu viele andere Aspekte aus, die in dieser Zeit große Bedeutung gewannen. In ihrem bezeichnenderweise mit „Vom Leib zum Raum“ überschriebenen Artikel legt sie dar, wie die rasante Entwicklung in vielen Teilen der Gesellschaft an einer „rein ästhetisch-psychologischen Architektur- und Raumbetrachtung, die sich bewusst von den materiellen, funktionalen und sozialen Aspekten des architektonischen Raumes abgegrenzt hatte,“[36] vorbeilaufen musste.
Die Rolle der neuen Mobilität durch Auto und Eisenbahn für die Veränderung des Raumbegriffs, den Wagner dabei neben anderen Beispielen nennt,

[36] Wagner (2004).

greift auch Hartle auf. Er beschreibt am Beispiel von Siegfried Giedions „Raum, Zeit, Architektur“[37], wie der Haupttheoretiker der Moderne und gleichzeitig Wölfflin-Schüler den Bewegungsraum seines Lehrers weiterdenkt und ihn zu einem Verkehrsraum entwickelt. Tatsächlich lässt sich Hartles Analyse an zahlreichen Planungen und Visionen moderner Architekten zu „autogerechten Städten“ nachvollziehen. Der zunehmende Verkehr der Stadt bringt automatisch funktional-räumliche Anforderungen mit sich. Mit dem Raumbegriff der Einfühlungstheorie hat dieser Verkehrsraum nicht mehr viel zu tun.
Daneben widmet sich Hartle einem weiteren Hauptthema der Moderne, den sozialen Aspekten von Raum: Auch hier überschreibe die hereinbrechende Moderne, die sich den Wohnbedingungen der breiten Masse und damit auch dem Thema sozialen Wohnungsbaus widmete, den zweckfreien psychologischen Raumbegriff mit gesellschaftspolitischen Aspekten:

> „Durch die avantgardistische Architekturtheorie mit ihrer Besinnung auf soziale Funktionen erfährt das Denken räumlicher Gestaltung eine soziale Konkretion, die ihm im Ästhetizismus am Ende des 19. Jahrhunderts fehlt und die auch in der ursprungsphilosophischen Pointierung von ›Raum‹ aus dem Blick gerät.“[38]

Ein weiterer Grund für die Sackgasse, in der sich die psychologische Raumtheorie in dieser Zeit wiederfand, kann im Subjektivismus gesehen werden. Dieser bezog sich einerseits auf die Betrachtungsweise, andererseits aber auch auf den Anspruch an Allgemeingültigkeit, der in der Literatur der Einfühlungstheoretiker oftmals formuliert wird. Bei Robert Vischer ist das ästhetische Empfinden davon abhängig, dass ich im betrachteten Objekt die gleichen Organisations- und Gestaltungsprinzipien wiedererkenne, die auch dem menschlichen Körper zugrunde liegen:

---

[37] Giedion (1965) .

[38] Hartle (2008).

> „Worauf aber beruht nun angesichts von festen Formen und abgesehen von ihrer Helligkeit und Farbe die Verschiedenheit der Zuempfindung? Ich glaube, man darf dreist antworten: auf der Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit des Objektes zunächst mit dem Bau des Auges, weiterhin aber mit dem Bau des ganzen Körpers. Die horizontale Linie ist befriedigend, weil unser Augenpaar eine horizontale Lage hat."[39]

In dieser Art der Argumentation skizziert Vischer konsequent eine Kategorisierung von Formen, Farben und Verhältnissen, welche dem Bau des menschlichen Körpers entsprechen und uns deshalb angenehm erscheinen: In rhythmisch durch ähnliche Elemente gegliederten Räumen würden wir unsere eigenen harmonischen Bewegungen wiedererleben. Ein Kreis sei deshalb angenehm, weil er rund ist wie unser Auge. Und schließlich könne ein Traum von einer Spinne im Dach unseres Hauses zu Kopfweh führen.[40] Aufgabe des Künstlers könne es also nur sein, Formen zu schaffen, die uns diese Einfühlung aufs Beste ermöglichten und dadurch Werke zu schaffen, welche die Göttlichkeit des Universums in Form übersetzten.[41] Eine Argumentationsweise, die zu solchen Aussagen kommt, wirkt aus heutiger Sicht aufgrund fehlender Nachweise und Referenzen spekulativ und subjektiv.
Ähnlich wie Vischer argumentiert auch Wölfflin in seiner Bewertung von schlechter und guter Gestaltung. Ein messbarer Maßstab der Bewertung von Architektur ist für Wölfflin die Atmung:

> „Kräftige Säulen bewirken in uns energische Innervationen, nach der Weite oder Enge der räumlichen Verhältnisse richtet sich die Respiration, wir innervieren, als ob wir diese tragenden Säulen wären und atmen so tief und voll, als wäre unsre Brust so weit wie diese Hallen, Asymmetrie macht sich oft als körperlicher Schmerz geltend, uns ist, als ob uns ein Glied fehlte oder verletzt sei, ebenso kennt man den unleidlichen Zustand, den der Anblick gestörten Gleichgewichts hervorruft usw."[42]

---

[39] Vischer (2007) S.44.

[40] Vischer (2007) S.45-46, S.48.

[41] Vischer (2007) S.63-64.

[42] Wölfflin, Cepl (1999) S.12.

Den von Vischer angeführten Formkriterien wie Symmetrie und Harmonie kommt bei Wölfflin keine Bedeutung zu. Ein symmetrischer Würfel beispielsweise ist für ihn dumm, plump und gutmütig. Seine Seiten seien alle gleich lang, er wolle nichts, strebe nirgendwohin. Der goldene Schnitt hingegen stellt für ihn das ideale Verhältnis zwischen Ruhe und Streben dar.[43]
Seine Bewertungen sind dabei oftmals absolut und bedürfen offenbar keiner weiteren Rechtfertigung. Wie wenn er beispielsweise schreibt: „Es ist wichtig, sich klar zu machen, daß eine Pressung niemals ästhetisch wirksam sein kann."[44]
Diese überaus allgemeingültig formulierten Bewertungen weisen auf den erzieherischen Auftrag hin, welcher den Künsten in dieser Zeit beigemessen wurde. Es scheint als komme dem Künstler aufgrund seiner besonderen Fähigkeiten die Aufgabe zu, die Masse der Menschen zu Gutem und Schönem zu erziehen. Bei Wölfflin findet sich dazu die befremdliche Feststellung:

> „In diesem psychologischen Tatbestand ist die Verwandtschaft des moralischen und des ästhetischen Gemütszustands begründet. Das ‚Mitleiden', das jener voraussetzt, ist psychologisch der gleiche Prozess, wie das ästhetische Mitfühlen. Daher sind große Künstler bekannter Weise immer auch ‚gute Menschen', d. h. dem Affekt des Mitleids in hohem Grade unterworfen."[45]

Für eine seriöse Unterstützung solcher Postulate fehlten zu dieser Zeit sicherlich auch die heutigen Forschungswerkzeuge, welche eine experimentalpsychologische, empirische Erforschung des Wahrnehmungsvorgangs im Gehirn ermöglicht hätten. Folglich wird die Einfühlungstheorie an dieser Stelle in hohem Maße spekulativ und ist mit den heutigen Ansprüchen an eine wissenschaftliche Argumentation auf der Grundlage von aussagekräftigen Beweisen unvereinbar.

---

[43] Wölfflin, Cepl (1999) S.26f.

[44] Wölfflin, Cepl (1999) S.37.

[45] Wölfflin, Cepl (1999) S.14.

Diese Kritik liegt auch Edmund Husserls phänomenologischem Ansatz zu Grunde, der in der Philosophie die Wahrnehmungs- und damit auch die Raumtheorie der Einfühlung ablöst. Diesen Übergang thematisieren Thomas Friedrich und Jörg H. Gleiter in ihrer Textsammlung zur Einfühlung und Phänomenologie:

> „Aus der Erfahrung stammende Gesetze, wie die der empirischen Psychologie, resultieren aus induktiver Verallgemeinerung von Einzeltatsachen der Erfahrung, das heißt ihr Charakter ist vage und ein Anspruch auf Notwendigkeit nicht gegeben. Die Gesetz der Logik aber, wie sie zum Beispiel in der Mathematik gegeben sind, haben dagegen den Geltungsanspruch apodiktischer Evidenz."[46]

Um seine Kritik zu verdeutlichen, zieht Husserl einen Vergleich zwischen dem Gehirn und einer Rechenmaschine. Diese funktioniere zwar nach bestimmten mechanischen Regeln, die aber nicht die Arithmetik erklären könnten, für deren Ausführung die Maschine gebaut worden sei. Insofern könnten die Regeln, nach denen das Denken verläuft, so wie es die Psychologie untersuche, nicht die Normen des Denkens erklären.[47] Diese Kritik wird auch in den eigenen Reihen der Psychologen wahrgenommen, wie sich der Gestaltpsychologe Kurt Koffka später erinnert:

> „How could […] the laws of sensation and association, which then composed the bulk of scientific psychology, ever explain the creation or en-

[46] Friedrich, Gleiter (2007) S.20.

[47] „Das Beispiel der Rechenmaschine macht den Unterschied völlig klar: Die Anordnung und Verknüpfung der hervorspringenden Ziffern wird naturgesetzlich so geregelt, wie es die arithmetischen Sätze für ihre Bedeutung fordern. Aber niemand wird, um den Gang der Maschine physikalisch zu erklären, statt der mechanischen die arithmetischen Gesetze heranziehen. Die Maschine ist freilich keine denkende, sie versteht sich selbst nicht und nicht die Bedeutung ihrer Leistungen." Husserl (1980) S.67-68. Vgl. hierzu auch: Friedrich, Gleiter (2007) S.21.

joyment of a work of art, the discovery of truth, or the development of a great cultural movement like that of the Reformation?“[48]

Die Unzufriedenheit mit der Aussagekraft ihrer Disziplin, die daraus auch für die Psychologen resultierte, führt Koffka als einen maßgeblichen Grund für die Entstehung der Gestalttheorie an, von welcher hier noch ausführlicher die Rede sein wird.
Husserl hingegen löst den Konflikt, indem er mithilfe seiner „phänomenologischen Reduktion“ die Welt der real existierenden Dinge ausklammert und nur die Phänomene betrachtet, wie sie uns erscheinen. Die Phänomenologie, die Husserl dadurch begründet, verlagert das Interesse auf den Erkenntnisgewinn durch das Denken. Während dabei die Wahrnehmung weiterhin eine zentrale Rolle spielt, tritt der unmittelbare Wahrnehmungsprozess - die Verarbeitung von Reizinformationen durch das Nervensystem - als eine ausgeklammerte Grundbedingung in den Hintergrund der Betrachtungen.[49]

Aus heutiger Sicht ist offensichtlich und wird sich auch im Folgenden zeigen, dass sich die Psychologie nach den 1920er Jahren zwar weiterhin als Wissenschaft behauptet. Ihre breite Ausstrahlung, insbesondere auf die philosophische Disziplin der Ästhetik und die Architekturtheorie verliert sie jedoch vorerst. Die hier in Kürze erörterten Gründe dafür lassen sich so zusammenfassen, dass von der Untersuchung der menschlichen Psyche durch empirische Methoden keine wesentlichen Impulse für die Lösung der anstehenden

---

[48] Koffka (1935) S.19. Übersetzung durch den Verfasser: „Wie könnten […] die Gesetze der Empfindung und Assoziation, die damals den Großteil der wissenschaftlichen Psychologie ausmachten, jemals die Erschaffung eines Kunstwerks, die Freude daran, die Entdeckung von Wahrheit oder die Entstehung einer bedeutenden kulturellen Bewegung wie der Reformation erklären?“

[49] Vgl. hierzu: Friedrich, Gleiter (2007) . An anderer Stelle beschreibt Husserl sein Denkmodell so: „Wir bewegen uns ja im Rahmen der phänomenologischen Reduktion, in dem alle objektive Wirklichkeit und objektive Kausalität ‚eingeklammert‘ ist. Nicht die als Wirklichkeit hingenommene Welt mit ihren animalischen Wesen und ihren Kausalitäten, sondern nur die Phänomene davon, die Dingphänomene, die Menschenphänomene usw. in ihrer Intentionalität sind für uns da.“ Husserl, Fleischer (1966) S.117.

theoretischen und praktischen Herausforderungen mehr erwartet werden konnten. Diese Verschiebung des Aufmerksamkeitsfokus auf andere Aspekte des Raums bringt es mit sich, dass die Beschäftigung mit der Interaktion zwischen Nervensystem und räumlicher Umgebung in der Architektur in den Hintergrund tritt. Weder in der Architekturtheorie noch in der Psychologie lassen sich danach nennenswerte Versuche finden, den Bereich der Raumwahrnehmung weiter zu untersuchen. Eine Ausnahme bildet dabei Rudolf Arnheim, der als Schüler der Berliner Gestaltpsychologen der experimentellen Psychologie treu bleibt und seine Kunst- und später auch Architekturpsychologie systematisch auf deren empirischen Untersuchungen aufbaut.

1.2 Rudolf Arnheims Kunst- und Architekturpsychologie

Wie im vorangegangenen Kapitel schon erwähnt, kann die Entstehung der Gestaltpsychologie um das Jahr 1912 als eine Reaktion auf die Kritik an der experimentellen Psychologie verstanden werden.[50] Die Gestaltpsychologen bemühten sich in der Konsequenz, empirische psychologische Untersuchungen auf größere Zusammenhänge anzuwenden: Sie untersuchten die Wahrnehmung von Teilen und Ganzem und versuchten, die ordnenden und strukturierenden Mechanismen des Wahrnehmungssystems zu beschreiben. Diese Untersuchungen mündeten in der Formulierung der Gestaltgesetze durch Max Wertheimer, die im Wesentlichen auch heute noch gelten. Die Gestaltgesetze können erstmals systematisch zeigen, dass Wahrnehmung eine aktive Interpretationstätigkeit ist. Oder, wie Arnheim es ausdrückt, „that the content of perception is not identical with the sum of qualities corresponding to the projective picture."[51]
Die Gestaltgesetze und das Verständnis des Wahrnehmungsvorgangs als einer aktiven Interpretationstätigkeit bilden die Grundlage für Arnheims Analysemethoden in seiner Film-, Kunst- und schließlich Architekturpsychologie. Deswegen sollen sie hier nochmals zusammengefasst werden.

---

[50] 1912 erscheint Max Wertheimers Habilitationsschrift „Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung" in der „Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane". Vgl. hierzu: Wertheimer (1912) . Dies gilt als Geburtsstunde der Gestaltpsychologie mit Wertheimer als Begründer, wie es auch Kurt Koffka rückblickend beschreibt. Vgl. hierzu auch: Koffka (1935) S.20.

[51] Arnheim (1943) S.73. Übersetzung durch den Verfasser: „[…] dass der Inhalt der Wahrnehmung nicht identisch ist mit der Summe der Qualitäten des projizierten Bildes". Das „projizierte Bild" bezeichnet hier die Reize, die von außen auf die Netzhaut projiziert werden. Der „Inhalt der Wahrnehmung" bezeichnet die Wahrnehmung, die durch die Verarbeitung der Reize bei uns entsteht.

1.2.1 Gestaltgesetze

Die Gestaltgesetze sind Bestandteil von Grundlagenwerken und Lehrbüchern der Psychologie. So auch in Maurice Hershensons Einführung in die visuelle Raumwahrnehmung.[52] Bezeichnung und Anzahl der Gestaltgesetze variieren je nach Veröffentlichung. Hershenson beschränkt sich auf die fünf zentralen Gesetzmäßigkeiten, welche auf Wertheimers Veröffentlichung „Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt“[53] aus dem Jahr 1923 zurückgehen. Diese sind das Gesetz der Nähe, der Ähnlichkeit, der Geschlossenheit, der guten Fortsetzung und des gemeinsamen Schicksals.
Hershenson verdeutlicht diese anhand einiger Illustrationen (Abb. 11 + Abb. 12): Sehen wir ein regelmäßiges Muster, dessen gleiche Objekte sich in vertikaler Richtung näher sind als in horizontaler Richtung, fassen wir die Elemente zu Säulen zusammen, nicht zu Reihen (Abb. 11 a: ‚Gesetz der Nähe‘). Ersetzen wir im gleichen Layout eine horizontale Reihe durch andere sich gleichende Elemente, sehen wir nicht mehr Säulen, sondern Reihen (Abb. 11 b: ‚Gesetz der Ähnlichkeit‘). Kreisförmig angeordnete Elemente fassen wir zu einem vollständigen Kreis zusammen. Gleiches gilt auch für eine unterbrochene Kontur. Hier ergänzt unser visuelles System die fehlenden Teile und nimmt einen Kreis wahr. (Abb. 11 c: ‚Gesetz der Geschlossenheit‘). Konturen gruppieren wir entsprechend der ‚guten Fortsetzung‘. Das heißt, wir nehmen eher die gerade und fließende Fortsetzung an als einen Knick in der Kontur (Abb. 12: ‚Gesetz der guten Fortsetzung‘).

Die so wahrgenommenen Gestalten sind Interpretationen unseres Wahrnehmungssystems, denn sie sind in den visuellen Reizmustern auf dem Papier nicht vorhanden. Der Begriff der Interpretation muss in diesem Kontext präzisiert werden. Was die Gestaltgesetze betrifft, haben die Experimente der

[52] Hershenson (1999).
[53] Wertheimer (1923).

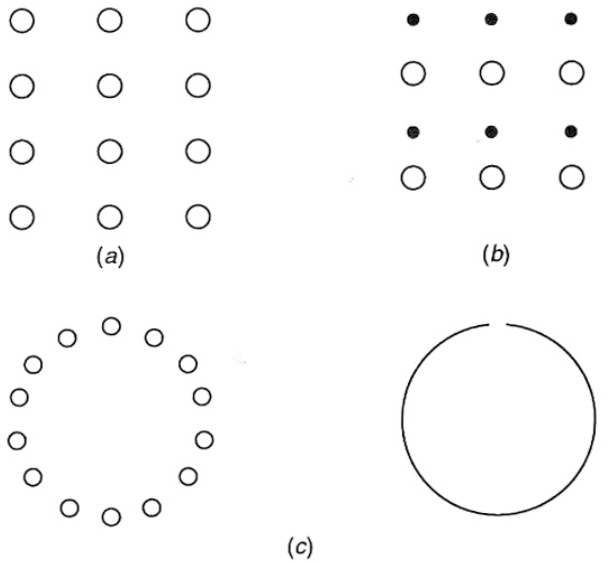


Abb. 11 : Muster zur Illustration der Gestaltgesetze nach Hershenson: ***a****. ‚Gesetz der Nähe', **b**. ‚Gesetz der Ähnlichkeit', **c**. ‚Gesetz der Geschlossenheit'.*

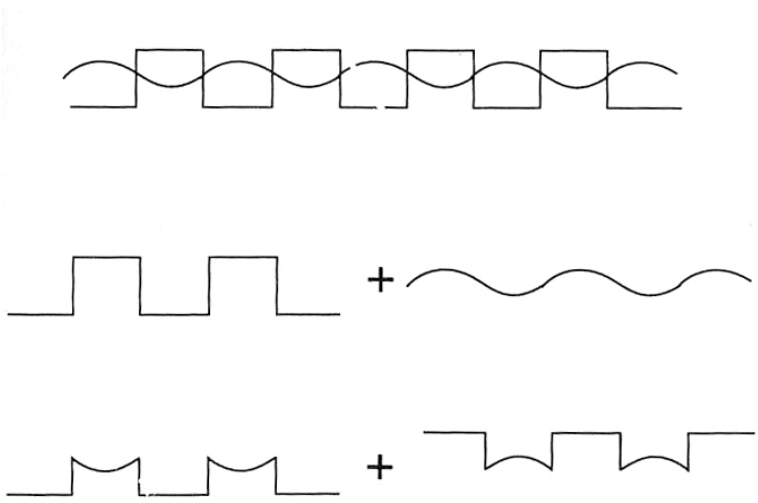


Abb. 12: Illustration des ‚Gesetzes der guten Fortsetzung' nach Hershenson.

Gestaltpsychologen bewiesen, dass anhand der vorliegenden Muster alle Menschen im Normalfall das Gleiche wahrnehmen. Im Fall der Abb. 11 c nicht nur eine gewisse Anzahl kleiner Kreise, sondern einen Kreis, der sich aus der regelmäßigen, kreisförmigen Anordnung der kleinen Kreise ergibt. Der Begriff der Interpretation bezeichnet in diesem Fall nicht die Möglichkeit, dass jeder Betrachter die Darstellung individuell verschieden interpretiert, sondern dass zwischen Wahrnehmung und Dargestelltem eine Lücke besteht, die durch Interpretation geschlossen wird. Oder, um es vereinfacht zusammenzufassen: Alle Betrachter interpretieren eine Kreis, obwohl anstelle eines durchgehend gezeichneten Kreises nur eine Reihe kreisförmig angeordneter Elemente zu sehen ist. Das Produkt dieser Interpretation ist eine Hypothese, welche immer unsicher bleibt. Dass da ein Kreis ist, ist also nichts weiter als eine Annahme, eine Art bestmögliche Interpretation, die unser Nervensystem auf Grundlage der zur Verfügung stehenden visuellen Reize trifft. Es besteht dabei immer die Möglichkeit, dass die Hypothese falsch ist und korrigiert werden muss. Wenn sich beispielsweise die in Abb. 12 oben gezeigten Linien in Bewegung setzen und sich nicht in der vorher angenommenen Art und Weise in eine eckige und eine geschwungene Einheit trennen, sondern in eine in Abb. 12 unten dargestellte Mischung aus beiden, muss unsere ursprüngliche Hypothese korrigiert werden.
Wertheimer geht in seinen Untersuchungen nicht von einzelnen Illustrationen aus, sondern untersucht eine Reihe von Variationen, um die Faktoren zu isolieren, welche für die Gültigkeit der Gesetze verantwortlich sind.[54] Was das Gesetz der guten Fortsetzung betrifft, schreibt er: „Es kommt auf die ‚gute' Fortsetzung an, auf die *‚kurvengerechte',* auf das *‚innere Zusammengehören',* auf das *Resultieren in ‚guter Gestalt'*, die *ihre* bestimmten ‚inneren

[54] In seinen Untersuchungen geht Wertheimer neben den hier beschriebenen Gestaltgesetzen noch auf andere Faktoren ein. Darunter u.a. den Faktor des gemeinsamen Schicksals, der sich mit der Wahrnehmung von gemeinsamer Bewegung beschäftigt, sowie den Faktor der objektiven Einstellung. Vgl. hierzu Wertheimer (1923) „Faktor der Nähe" S.308, „Faktor der Gleichheit" S. 309, „Faktor des gemeinsamen Schicksals" S. 316, „Faktor der objektiven Einstellung" S. 319, „Faktor der guten Fortsetzung" S. 324, „Faktor der Geschlossenheit" S. 325.

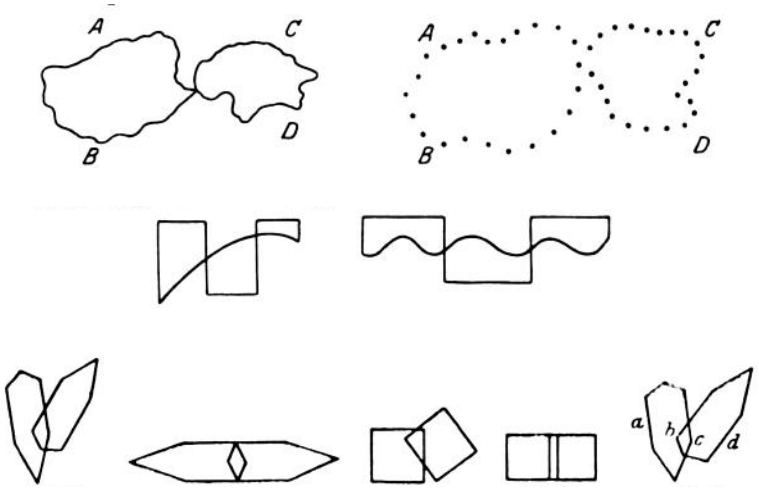


Abb. 13: Illustrationen von Max Wertheimer zur Untersuchung des ‚Prinzips der guten Gestalt'.

Notwendigkeiten‘ zeigt.“[55] Das hier erwähnte Prinzip der guten Gestalt oder auch das Gesetz der Prägnanz bezeichnet die in allen Gestaltgesetzen zu entdeckende Tendenz, visuelle Reize möglichst einfach zu interpretieren. Abb. 13 zeigt eine Reihe von Wertheimers Illustrationen, welche sich mit dieser ‚guten Gestalt‘ beschäftigen. Durch die systematischen, experimentellen Untersuchungen ist es den Gestaltpsychologen gelungen, Automatismen in unseren Wahrnehmungsmechanismen präzise zu beschreiben, die sich nicht willentlich oder durch Erfahrung verändern lassen. Bis heute sind die Gestaltgesetze ein gültiger Grundbestandteil der Psychologie der Wahrnehmung.[56] Ihre Prinzipien lassen sich auf die visuelle Wahrnehmung unendlicher Einzelfälle von Mustern, Bildern, Organisationen und Räumen anwenden. Gerade dadurch bieten sie sich - wie gezeigt werden soll - Rudolf Arnheim als Werkzeug an, um die unendlichen, jeweils besonderen Erscheinungsformen der Kunst entlang eines festen, wissenschaftlichen Rückgrats analysieren zu können.

1.2.2 Vom Film zu Kunst und Architektur

Rudolf Arnheim wird 1904 in Berlin geboren und studiert dort nach dem Abitur am Psychologischen Institut der Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin. Dort lehren zu dieser Zeit mit Wolfgang Köhler, Kurt Lewin und Max Wertheimer drei Gestaltpsychologen. Arnheim erinnert sich später:

> „An der Berliner Universität galt Psychologie damals noch als ein Teil der Philosophie, so dass man zwei Hauptfächer zu studieren hatte. Ich habe das nie bereut, und Philosophie hat in meiner Arbeit eine immer wichtigere Rolle gespielt. Als Nebenfächer hatte ich Kunstgeschichte und Musikgeschichte. Vor allem aber verbrachte ich meine Zeit im kaiserlichen Schloss, das nach der Revolution leer stand und wo dem Psycholo-

[55] Wertheimer (1923) S.324.

[56] Vgl. hierzu auch Rock (1985).

> gischen Institut zwei Stockwerke eingeräumt waren. Dort in den malerischen Räumen der Hofdamen wurden die für die Gestaltpsychologie grundlegenden Experimentalarbeiten gemacht. Wolfgang Köhler war der Direktor des Instituts, und neben ihm waren die bedeutendsten Dozenten Max Wertheimer und Kurt Lewin. […] Wir arbeiteten fast ausschließlich experimentell, und ich verbrachte viele Jahre mit meiner Dissertation unter Wertheimer, in der ich die Ausdruckswahrnehmung an Handschriften und Gesichtern untersuchte. Die Dissertation wurde im Jahre meiner Promotion, 1928, in unserer Zeitschrift *Psychologische Forschung* veröffentlicht."[57]

1925, bereits vor seiner Promotion, beginnt Arnheim über Film zu schreiben. Durch seine zahlreichen Veröffentlichungen zu diesem Thema gilt er heute unter anderem als bedeutender Filmtheoretiker des 20. Jahrhunderts. Wie in der Arbeit der Gestaltpsychologen führt Arnheim auch in seiner Filmbeschreibung eine Trennung ein in die Darstellungen im Film einerseits und das, was im Prozess der Wahrnehmung beim Betrachter entsteht andrerseits. Dazwischen tritt die Interpretation. Die Interpretationsmöglichkeiten, die so in einem Film auf dynamische Weise angelegt werden können, bewertet er als künstlerisches Potential. In seinem Buch „Film als Kunst" listet er einige Mittel auf, die dem Regisseur zur Verfügung stehen, um im Film durch die Bildfolge Interpretationen beim Betrachter zu provozieren und mit diesen zu spielen.[58]

Nach der Machtübernahme durch die Nationalsozialisten im Jahr 1933 wandert auch der jüdischstämmige Arnheim zuerst nach Italien, dann über England in die USA aus. Dort kommt er durch seine alte Bekanntschaft mit dem ebenfalls emigrierten Max Wertheimer schließlich zu seiner Tätigkeit als Kunstpsychologe:

---

[57] Arnheim (1981). Die von Arnheim erwähnte Zuordnung der noch jungen Psychologie zur Philosophie ist bezeichnend für den im Vorangegangenen erörterten Disput zwischen den beiden Disziplinen. Neben den hier erwähnten Gestaltpsychologen Wertheimer, Köhler und Lewin wird noch Kurt Koffka zur Berliner Schule der Gestaltpsychologie gezählt.

[58] Diese Auflistung findet sich unter den Überschriften „Das Handwerkszeug" und „Übersicht über die Gestaltungsmittel der Kamera und des Bildstreifens" in: Arnheim (1975) S.149-153.

> „Wertheimer war Professor an der University in Exile an der New School for Social Research in New York, wo auch ich zu unterrichten begann und 25 Jahre lang einen Abend wöchentlich unterrichtet habe. Nach Wertheimers Tod im Jahre 1943 übernahm ich seine dortigen Vorlesungen über Kunstpsychologie, und das war der Beginn meiner Universitätstätigkeit in diesem Fach."[59]

Im gleichen Jahr wirbt Arnheim mit dem Artikel „Gestalt and Art" im „Journal of Aesthetics and Art Criticism" für einen gestaltpsychologischen Ansatz in der Kunstgeschichte.1950, einige Jahre später legt er in seinem Hauptwerk „Kunst und Sehen"[60] seinen Ansatz systematisch dar. Dort beschreibt er die Kunsterfahrung als Wechselwirkung zwischen dem Werk und dem Betrachter, in der den unwillkürlichen Mechanismen unseres Wahrnehmungsapparats eine zentrale Bedeutung zukommt. Dadurch konzentriert er die Analyse und Kritik auf die physische Gestalt der Arbeit selbst: Was existiert im Werk physisch und wie wird es wahrgenommen?
Die Qualität eines Kunstwerks entsteht bei Arnheim in der Dynamik, die es im Wahrnehmungsprozess entwickelt. Die Struktur eines Werks, die diese Dynamik bewirkt, wird durch die Summe seiner Elemente definiert. Diese Elemente entfalten im Prozess der Wahrnehmung beispielsweise durch Ihre Lage und Form ein dynamisches Wechselspiel untereinander, d.h. sie scheinen je nach Struktur des Werkes zu ruhen oder mit mehr oder minder starker Kraft in eine Richtung zu drücken oder zu ziehen und damit die anderen Elemente der Struktur zu beeinflussen. Arnheim illustriert dieses Prinzip an einfachen Skizzen. Zu Abb. 14 schreibt er:

[59] Arnheim (1981).

[60] Arnheim (2000).

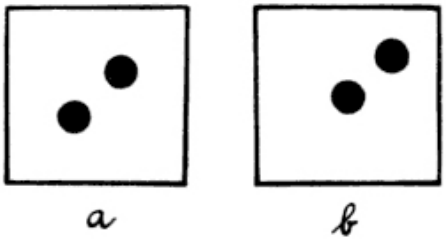


Abb. 14: Illustration der unterschiedlichen Dynamik einfacher Kompositionen von Rudolf Arnheim.

> „Für sich allein genommen würde jede der Scheiben in Abb. 5a [hier Abb. 14a] vielleicht unausgewogen erscheinen. Zusammen bilden sie ein symmetrisch angeordnetes Paar in Ruhelage. Dasselbe Paar kann jedoch höchst unausgewogen wirken, sobald es innerhalb des Quadrates verschoben wird (Abb. 5b) [hier Abb. 14b]."[61]

Neben Lage und Form der Elemente geht Arnheim auf eine Vielzahl weiterer Mittel ein, die dem Künstler abhängig von seinem Medium für die Erweckung solcher „Wahrnehmungskräfte"[62] zur Verfügung stehen. Darunter sind Kontur, Kontrast, Farbe, räumliche Darstellung und natürlich Bewegung als zentrales Mittel aus Arnheims Tätigkeit als Filmkritiker. In seiner systematischen Beschreibung der künstlerischen Potentiale dieser Mittel geht Arnheim immer wieder von den Gestaltgesetzen oder anderen, jüngeren experimentalpsychologischen Forschungen aus. Das Suchen nach Gleichgewicht - so argumentiert er beispielsweise - sei ein Grundmechanismus des visuellen Systems, um Unausgewogenheit auszugleichen und eine stabile Ordnung herzustellen.[63] Gelingt es dem Künstler, die Kräfte seiner Elemente gegenseitig auszugleichen und in ein Gleichgewicht zu bringen, entsteht dadurch eine gewisse Qualität.[64]
Hier spekuliert Arnheim, wenn er Gestaltprinzipien auf künstlerische Qualität überträgt. Eine wissenschaftliche Evidenz lässt sich daraus nicht ableiten. Im Gegensatz zu den weiter oben unter ähnlichen Gesichtspunkten

---

[61] Arnheim (2000) S.21.

[62] Arnheim (2000) S.19.

[63] Vgl. hierzu beispielsweise: „Mechanical forces become active, pushing and pulling, until the oil is collected in a circular shape in the middle of the water surface. They will do so not be-cause of a longing for beauty, but be-cause only under these conditions will all the forces involved balance each other in such a way that a state of rest is obtained. Similar processes are likely to occur in the physiological field of vision when stimuli interfere with its balance. Areas stimulated by light of different amplitude and wave length are adjusted, as to their shape, contours, color, etc., to the most stable organization possible under the given circumstances." Arnheim (1943) S.73.

[64] „Das Gleichgewicht ist unter allen Situationen, die ein dynamisches Kräftespiel herbeiführen kann, diejenige, die dem Stillstand am nächsten kommt; sie ist aber keineswegs eine statische Inaktivität." Arnheim (1980) S.81.

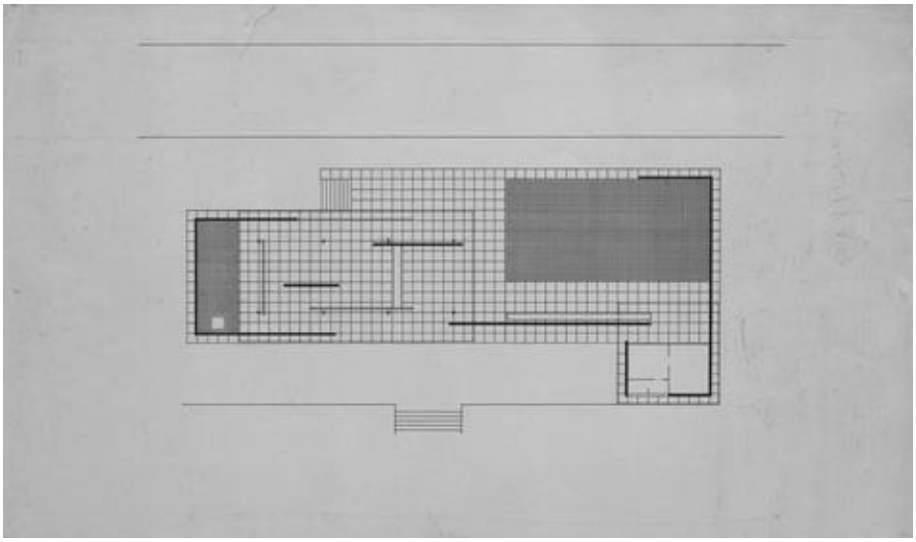


Abb. 15: Ludwig Mies van der Rohe: Grundriss des Deutschen Pavillons für die Weltausstellung in Barcelona, 1929. Ein kleines weißes Quadrat markiert den Standpunkt der Skulptur „Der Morgen“ von Georg Kolbe.

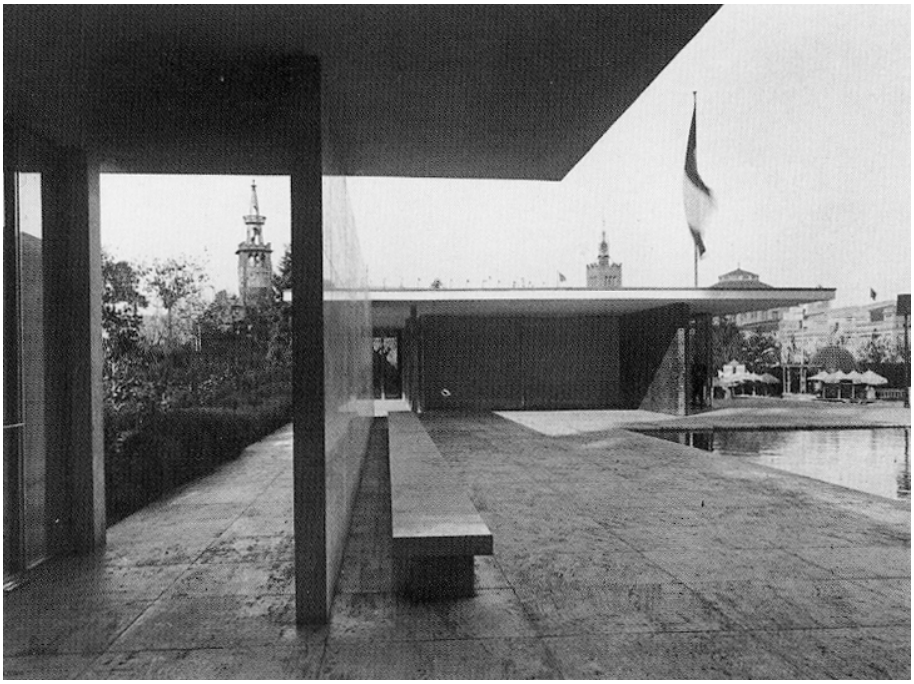


Abb. 16: Barcelona Pavillon aus „rechtwinkligen Platten“: Blick entlang des schmalen Ganges zur Skulptur „Der Morgen“.

kritisierte Methoden von Wölfflin und auch Vischer, hält sich Arnheim jedoch eng an die Erkenntnisse der Psychologie. Die Erforschung der Funktionsweise unseres Nervensystems wird zu Erkenntnissen führen, die unsere Kunsterfahrung erklären können. Davon ist Arnheim überzeugt, wenn er schreibt: „Wechselwirkungen, die wir visuell wahrnehmen, müssen auf Prozesse in unserem Nervensystem zurückgehen."[65]

Erst spät in seinem Wirken geht Arnheim explizit auf die Architektur ein und veröffentlicht 1980 das Buch „Die Dynamik der architektonischen Form"[66], in welchem er seinen gestaltpsychologischen Ansatz auf den architektonischen Raum ausdehnt. In konsequenter Fortführung seiner kunstpsychologischen Untersuchungen beschreibt er die formal-räumlichen Aspekte von Gebäuden, Straßen und Plätzen im Hinblick auf ihre Auswirkung auf unterschiedliche Anschauungsqualitäten. Seine Systematik soll anhand zweier Beispiele erläutert werden, die ihm als Betrachtungsobjekte dienen: Ludwig Mies van der Rohes ‚Barcelona Pavillon'[67] aus dem Jahr 1929 und Michelangelos ‚Porta Pia' in Rom (1561-65).
Mies Pavillon beschreibt Arnheim als einen „Raum aus lauter rechtwinkligen Platten". Erst durch die Platzierung der Statue von Georg Kolbe, die in der Ecke des kleinen Wasserbassin an der entlegenen Ecke des Pavillons steht (Abb. 15 - Abb. 17), entstehe eine spannungsvolle Asymmetrie, „die durch das Kräftespiel im größeren Rahmen des ganzen Gebäudes gerechtfertigt und ausgeglichen werden muß."[68]
Als „einzige organische Form" wirke sie in der sonst sehr rechtwinkligen Architektur „besonders auffallend".[69] Platzierung und Formensprache wirke

[65] Arnheim (2000) S.70.

[66] Arnheim (1980).

[67] Der sogenannte Barcelona Pavillon wurde von Ludwig Mies van der Rohe als deutscher Pavillon für die Weltausstellung in Barcelona 1929 entworfen.

[68] Arnheim (1980) S.32.

[69] Arnheim (1980) S.31.

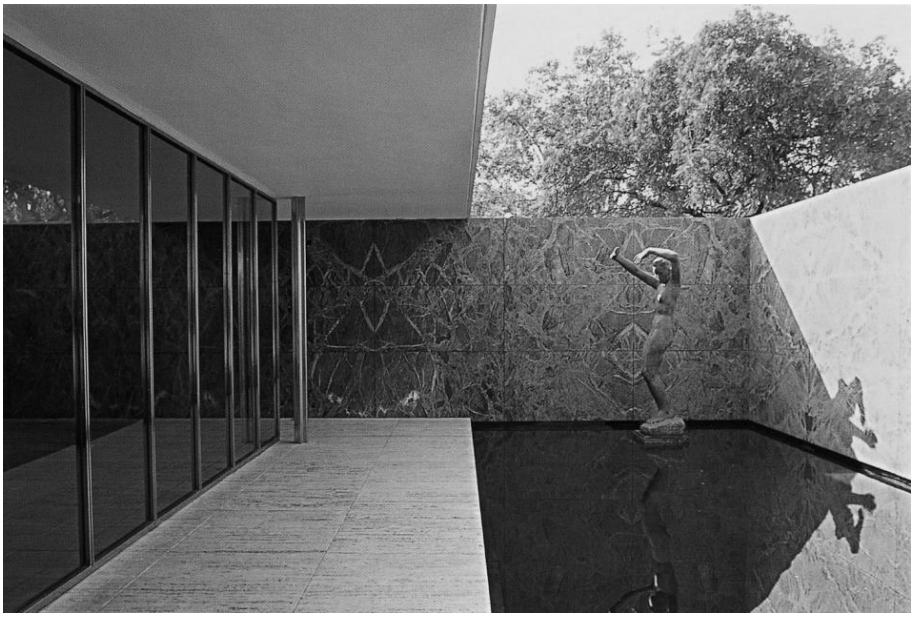


Abb. 17: Barcelona Pavillon (Rekonstruktion): Georg Kolbes Skulptur „Der Morgen“.

dabei als ein Akzent, ein Schwerpunkt außerhalb der Mitte, der ein Wechselspiel mit den rechteckigen Terrassen und der Anlage hervorbringe. Der Architekt, so vermutet Arnheim, benutze dieses Mittel bewusst, um einer andernfalls nebensächlichen Hinterseite eine besondere Betonung und dadurch auch Sinn zu geben. [70]

Arnheim unterscheidet in seiner Beschreibung nicht zwischen Kunst und Architektur. Kolbes Plastik ist für ihn ebenso ein räumliches Element wie Wände, Terrassen, Stützen und Dach. Er löst die Architektur aus ihrem inhaltlichen und konzeptionellen Kontext heraus und beschreibt sie aus der Position eines Betrachters ohne Vorwissen. Ihm geht es um das pure Erlebnis der Dynamik, welche zwischen den Objekten und deren Wahrnehmung allmählich entstehen:

> „Man lasse mich hier anfügen, daß die Komplexität des von der Architektur geschaffenen Raumes zum Teil das ist, was Psychologen eine Entwicklungsangelegenheit nennen. Der dreidimensionale Raum ist im menschlichen Geist nur in seiner gröbsten Form vorgegeben; das feinere Wechselspiel der Dimensionen muß von ihm allmählich erfaßt werden.“[71]

Wie sich das Kräftespiel des Barcelona Pavillons dem Betrachter erst bei der Bewegung durch den Raum erschließt, entfaltet sich auch die Fassade der Porta Pia (Abb. 18) erst allmählich im Prozess der Wahrnehmung. Arnheim verteidigt Michelangelos Stadttor gegen die Kritik Steen Eiler Rasmussens, der in ihr eine wirkungshaschende Anhäufung von bewegten Elementen sieht.[72] Im Gegensatz sieht Arnheim in ihr vielmehr ein geordnetes Ganzes,

---

[70] Vgl. hierzu Arnheim (1980) S.31-32, S.164 und S. 205. Die Bronzestatue von Georg Kolbe entstand unter dem Namen „Der Morgen“ im Jahr 1925. Sie war ursprünglich als Gruppe konzipiert „Der Morgen und der Abend“.

[71] Arnheim (1980) S.24.

[72] „Die bizarrsten Details drängen sich eng aneinander und stehen gegeneinander, harte gegen weiche, helle vorspringende Körper, die in tief ausgehölte schwarze Vertiefungen hineingesetzt sind. […] Michelangelos Tor ist bewußt unruhig, ein Verusch [sic], eine Architektur zu schaffen, die dramatisch empfunden wird.“ Rasmussen (1980) S.60-61. Der dänische Architekt Steen Eiler Rasmussen ist einer der ersten Architekten, der sich während der Nach-

Abb. 18: Porta Pia, Rom.

kriegsmoderne wieder mit den sinnlichen Qualitäten von Architektur beschäftigt und mit „Architektur Erlebnis“ ein einflussreiches Buch veröffentlicht. Vergleichbare Ansätze finden sich bei Kükelhaus und später auch Spengemann. Vgl. hierzu bspw.: Kükelhaus (1983) sowie: Spengemann (1993).

dessen Elemente sich gleichzeitig in einem dynamischen Wechselspiel und in einem komplexen Gleichgewicht befinden. Während Rasmussen seine Argumentation rein auf seine subjektiven Beschreibungen stützt, geht die dynamische Analyse Arnheims jeweils auf die Untersuchungen der Gestaltpsychologie zurück. Er betrachtet dabei nicht den Stil der Elemente, sondern die Bewegungskraft, die sie in der Wahrnehmung hervorbringen. Die Gesamtform stelle einen „Kontrapunkt zur Horizontalität der Aurelianischen Mauer dar". Die beiden Fenster links und rechts der Öffnung sind bei ihm ein kleines „Echo" des Portals, indem sie dessen Form skaliert wiederholten. Das Hauptportal selbst forme einen Pfeil, welcher „die Widerstandsfähigkeit der Dachkante prüft, ohne sie über Gebühr zu behelligen".[73] Die Vertikalität, unterstützt durch die kannelierten Pfeilervorlagen, werde durch die stark horizontalen Elemente ausgeglichen. Besonders der mit Zinnen versehene Architrav halte dabei die aufstrebenden Kräfte im Zaum.

Dieser Beschreibung des Zusammenspiels geht bei Arnheim eine präzise Beschreibung einzelner architektonischer Elemente voraus. Die Wirkung eines Sockels beschreibt Arnheim beispielsweise anhand eines Vergleichs der Taufkapelle von Pisa mit Bramantes „Tempietto" in San Pietro in Montorio in Rom. Je nachdem, ob der Architekt dem Gebäude einen Sockel gebe oder nicht, wirke das Gebäude entweder als stünde es auf dem Boden oder als stecke es in der Erde.[74] In einem anderen Kapitel geht Arnheim auf die Ausdrucksmöglichkeiten von Säulen ein. Er vergleicht dabei Säulen mit vertikalen Richtungsvektoren untereinander und deren Verhältnis zur Waagerechten. Die Säulen wirkten, so Arnheim, als drückten sie sich gegen Dach und Boden. Für die Anschauungsdynamik kommt es dabei auf das Verhältnis

[73] Arnheim (1980) S.190.

[74] Arnheim (1980) S.47-51.

zwischen Höhe und den anderen Proportionen des Gebäudes an, aber auch auf Schlankheit, Sockel und Kapitell.[75]
Das komplexe Wechselspiel der Elemente untereinander, das Arnheim schließlich am Beispiel der Porta Pia beschreibt, ist bei ihm einer geplanten inneren Ordnung geschuldet, die Michelangelo in seinem Entwurf angelegt hat. In dieser Ordnung der Kräfte entsteht für Arnheim die künstlerische Aussage von Architektur:

> „Eine Beschreibung dieser Art kann bestenfalls verschiedene Vektoren aufzählen und etwas über ihre Richtung und ungefähre Stärke und die wichtigsten Beziehungen zwischen ihnen aussagen. Sie kann aber nicht den Beweis für die dahinterstehende Behauptung erbringen, nach der sich alle diese dynamischen Kräfte in einer harmonischen Ordnung gegenseitig ausgleichen. Und doch kommt es entscheidend darauf an, daß diese Ordnung tatsächlich existiert. Ohne sie könnte das dynamische Thema dieses Portals von Michelangelo nicht das aussagen, was es auszusagen versucht."[76]

Welche Aussage Arnheim dabei genau meint, bleibt allerdings nicht nur in Bezug auf die Porta Pia unklar. Wohl unternimmt er an mancher Stelle den Versuch, Ausdruck, Bedeutung und Aussage bestimmter Räume zu beschreiben, wenn er am Beispiel der Vierung in der Kirche beschreibt, wie die räumliche Situation „zu einem äußerst dynamischen Bild für die Begegnung des Menschen mit Gott" [77] wird. Ein klares Menschen- oder Weltbild, wie

---

[75] Arnheim (1980) S.56 ff. Arnheim verweist hier auch auf Theodor Lipps Erörterungen von Säulen. Vgl. hierzu Lipps (1897).

[76] Arnheim (1980) S.192.

[77] „Die Vierung bietet dem Betenden auf seinem Weg zum Altar auch einen Aufenthaltsort. Sie schafft einen zweiten Mittelpunkt, der an Bedeutung mit dem ersten konkurriert […]. Diese Zweideutigkeit in der Grundstruktur, die Gegenwart zweier konkurrierender Mittelpunkte, macht die Form des lateinischen Kreuzes zu einem äußerst dynamischen Bild für die Begegnung des Menschen mit Gott. Wenn der Betende auf dem Weg zum Altar an die Vierung kommt, wird er vom Anblick des Querschiffs aufgehalten, und er entdeckt vielleicht auch, daß er unter einer Kuppel steht. Die Kuppel ist ein Abbild des Himmels und weist als solches auf den Sitz der göttlichen Macht, die auf der Erde, auf der Ebene des Menschen, vom Altar vertreten wird. Die Höhe der Kuppel unterstreicht die Ferne des Altars. Zugleich ist die

man es in Robert Vischers Pantheismus findet, ergibt sich daraus nicht. Hier - so kann man vermuten - wirkt Arnheims wissenschaftliche Ausbildung nach, die ihn daran hindert, seine Beschreibungen in den Dienst der eigenen subjektiven Weltanschauung zu stellen. Auch wenn er an mancher Stelle der Versuchung erliegt und zu geschmacklichen Qualitätsurteilen kommt[78], bleibt sein Fokus der eines Wissenschaftlers, der sich darum bemüht, die Erkenntnisse über den menschlichen Wahrnehmungsprozess auf Film, Kunst und Architektur zu übertragen und nutzbar zu machen. Es geht es ihm nicht um eine Kategorisierung der Wirkung und Bedeutung von Raumformen[79], sondern um das Potential, das sich aus dem Wahrnehmungs-

---

Kuppel jedoch auch ein Baldachin für den Menschen, denn schließlich steht er unter ihr, beschützt und damit ermutigt." Arnheim (1980) S.97.

[78] Arnheim bemängelt beispielsweise das Überhandnehmen von gläsernen Wänden in der modernen Architektur, welche die Wand als solche zerstörten (Arnheim (1980) S.27). An anderer Stelle fordert er, Plätze sollten dem Menschen ein Gegenüber bieten, dem Menschen ein Fürsprecher sein, da er sich sonst wie eine Ameise vorkomme (Arnheim (1980) S.94). Leere - so meint Arnheim - bewirke beim Menschen Angstzustände und schiefe Räume lösten Verwirrung und Unsicherheit aus (Arnheim (1980) S.41.). Er fordert, dass Gebäuden eine Ordnung innewohne, die an keiner Stelle gestört werden sollte (Arnheim (1980) S.168 ff). Damit widerspricht Arnheim konkret Robert Venturis „Lob des Widerspruchs" in dessen Buch „Komplexität und Widerspruch in der Architektur". Venturi verwechsle Komplexität mit Fehlern und Unordnung. Das ergäbe keinen Sinn für die Architektur. Jedes Gebäude sei für einen Zweck entworfen und Ordnung bei gleichzeitiger Komplexität müsse schließlich diesem Zweck dienen. Störungen entstünden über die Jahre und mit der Zeit. Künstlich eingebaute Störungen der Ordnung wären aber unangebrachte Romantik: „Die gesellschaftlichen und historischen Zwänge und die Einflüsse der Natur mögen ein verwirrendes Bild ergeben, aber sie sind nun einmal Mächte von ehrfurchtgebietender Größe und Unwiderstehlichkeit und unterscheiden sich grundsätzlich von den Unverantwortlichkeiten unreifer Individuen." Arnheim (1980) S.176. Vgl. hierzu auch: Venturi (1993).

[79] „Wenn zum Beispiel eine christliche Kirche einen kreuzförmigen Grundriß erhält, sind alle anderen Beiklänge des Kreuzes bestenfalls noch inoffizielle Nebenbedeutungen. Dabei kann die Kreuzform an sich viele Dinge symbolisieren: das Zusammentreffen von Gegensätzen, das Wirken zentrifugaler und zentripetaler Kräfte, die Ausbreitung des Lebens oder eines Feuers, eine Straßenkreuzung, das Verhältnis von vertikalem Aufwärtsstreben zu horizontaler Stabilität und noch manch andere. […] Symbole könnten nicht auf die Ausdrucksqualitäten der Sinneserfahrung bauen, wenn diese Erfahrung in der Alltagspraxis keine metaphorischen Untertöne hätte." Arnheim (1980) S.215. Sowie: „Es versteht sich jedoch von selbst, daß es keine ideale, für jedermann gültige Lösung gibt. Die Abstufung zwischen senkrechtem Aufragen und waagrechtem Liegen, Leichtigkeit und Schwere, Selbständigkeit und Abhängigkeit

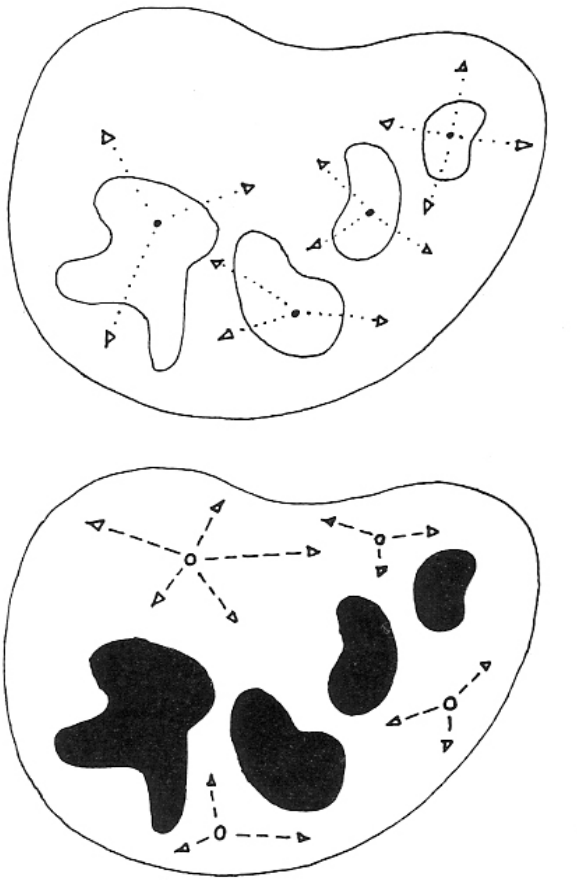


Abb. 19: Arnheims Analyse einer Komposition von Jean Arp.

wird im Grunde davon bestimmt, wie der Mensch das Leben sieht und sehen möchte; sie ist daher ein wesentliches Stilelement.“ Arnheim (1980) S.53.

prozess für den künstlerischen Ausdruck ergibt: Form und Struktur werden zum Ausdrucksmittel des Architekten, mit deren Hilfe er räumliche Erfahrungen ermöglicht.

> „Es stellt sich heraus, daß Umrandungen mehr sind als die inaktiven Begrenzungen, die sie zu sein scheinen wenn man sie als Eigenschaften physischer Gegenstände sieht. Rein physikalisch ist ein Strich auf dem Papier in der Tat etwas Totes, und dasselbe gilt für die Kante, Umrißlinie oder Fläche, die ein Gebäude vom umgebenden Raum trennt. Die Wahrnehmungsbilder dieser Striche, Kanten oder Flächen sind jedoch Produkte des Nervensystems, und als solche sind sie die höchst dynamischen Produkte der widerstreitenden Kräfte, die ich zu beschreiben versuche. Die psychologische Wirkung ist elementar und umfassend, aber nur der Künstler schärft seine intuitive Erkenntnisfähigkeit bis zu einem Punkt, wo er diese Wirkung in seiner Arbeit verwenden kann, und selbst er ist sich möglicherweise seiner Erfahrungen nicht klar bewußt. Beim Mann auf der Straße ist die Wahrscheinlichkeit noch geringer, daß ihm die Dynamik von Wahrnehmungsobjekten bewußt ist, obwohl sie immer einen gewissen Einfluß auf seine Anschauungswelt ausübt."[80]

Rudolf Arnheims Kunst- und Architekturpsychologie - so zeigt es diese Analyse - geht aus der experimentellen Gestaltpsychologie hervor. Er schließt damit nicht an die Theorie der Einfühlung an, sondern an die experimentelle

---

[80] Arnheim (1980) S.78-79. In diesem Kontext steht auch folgendes Zitat: „Es wird manchmal behauptet, die Vorstellungen des Architekten brauchten nicht anspruchsvoller zu sein als die des durchschnittlichen Bewohners, und es gebe keinen guten Grund, etwas zu liefern, was nachher keiner beachtet. Wir werden aber noch Gelegenheit haben, zu zeigen, daß es verschiedene Ebenen des Erkennens gibt, die nicht immer ein Bewußtwerden voraussetzen, und daß sich - schon aus Gründen des Berufsethos und der Selbstachtung - in jedem Beruf die intelligenteste Auffassung durchsetzen muß, ganz gleich, wie sehr sie nun im Einzelfall bei Klienten, Kunden oder Verbrauchern ankommen wird." Arnheim (1980) S.108. Sowie: „Wenn das Gebäude Architektur - d.h. ein Produkt des schöpferischen gestaltenden Geistes - sein will, muß es den allgemeinen Anforderungen des Geistes genügen und daher von Anfang an als eine Ganzheit begriffen werden; ob diese Einheitlichkeit den Bewohnern viel nützt, ja, ob sie überhaupt Zugang dazu finden und sie erkennen, ist in diesem Zusammenhang nebensächlich. Eine solche Einheitlichkeit erfordert die Einbeziehung aller relevanten Dimensionen." Arnheim (1980) S.65.

Psychologie von Wilhelm Wundt.[81] Neben seiner Methodik weisen auch Arnheims Raumbeschreibungen darauf hin, dass die Einfühlungsästhetik keinen bedeutenden Einfluss auf sein Denken gehabt hat. Als Betrachter befindet sich Arnheim meist selbst nicht im Raum, wie wir es bei Schmarsow, Sörgel und Lipps beschrieben haben. Wie auch bei der Beschreibung der Porta Pia steht er dem Bauwerk meist wie einem Bild gegenüber. Aber auch in seiner Beschreibung von Innenräumen ist er um einen ähnlich distanzierten Betrachterstandpunkt bemüht. Selten beschreibt Arnheim eine unmittelbar körperliche Auswirkung einer Raumerfahrung wie hier anhand des Pantheons, in welchem man das Gefühl habe, „senkrecht nach oben zu den höchsten Höhen der Kuppel und durch das Oberlicht bis in den Himmel zu reichen“[82]. In der Regel bleibt Arnheim nüchterner und beschreibt die Wahrnehmung des Innenraums als einen Schritt in der allmählichen Decodierung der unterliegenden Ordnung und Struktur des Raumes. Dafür bezeichnend ist seine Beschreibung einer Komposition von Jean Arp in dem Kapitel „Festkörper und Hohlräume“. Er analysiert die Arbeit, die aus mehreren amöbenhaften Feldern besteht mithilfe von Diagrammen, in die er das „Wechselspiel der Räume“ anhand von Linien und Pfeilen einträgt (Abb. 19). [83] Indem er dies tut, nimmt er die Position des analytischen Gegenübers ein. Den Raum als Hohlraum, als ein den Betrachter umgebendes Volumen, welches erst im Prozess der Wahrnehmung entsteht, gibt es bei Arnheim nicht.

Auch hierbei ist zu vermuten, dass diese Behandlung von Raum Arnheims Ausbildung und Tätigkeit geschuldet ist. Die Experimente der Gestaltpsychologen wurden anhand von zweidimensionalen Darstellungen durchge-

---

[81] Damit widerspreche ich Kirsten Wagner in ihrer Einschätzung, Arnheim schließe „mit seinen Überlegungen zum Bedeutungsaspekt der Form- und Raumwahrnehmung unmittelbar an die Einfühlungsästhetik des 19. Jahrhunderts an, die schon Heinrich Wölfflin erlaubt hatte, die Ausdrucksqualitäten von Architektur psychologisch zu erklären.“ Wagner (2004).

[82] Arnheim (1980) S.105.

[83] Arnheim (1980) S.76-78.

führt. Ebenso arbeitet der Film, der Arnheims erstes künstlerisches Reflexionsobjekt wird, mit der Reihung zweidimensionaler Darstellungen und somit auch mit einer Illusion von Räumlichkeit.[84] Schließlich nimmt auch die Kunstgeschichte, in deren Nähe sich Arnheim als Kunstpsychologe begibt, klassischerweise einen distanzierten Betrachterstandpunkt ein, von dem aus eine Darstellung, in erster Linie ein Bild, objektiv beschrieben und analysiert werden kann.

1.2.3 Rudolf Arnheims Vermächtnis

Rudolf Arnheim stirbt 2007 als anerkannter und einflussreicher Kunst- und Filmtheoretiker. Sein Ausflug in die Architekturpsychologie erfährt zwar Beachtung, eine nachhaltige Auswirkung seiner Ideen auf die Architekturtheorie oder -psychologie lässt sich jedoch heute noch nicht feststellen. Insgesamt ist es anhand der dürftigen Forschungsaktivitäten in diesem Bereich fraglich, ob heute überhaupt von einer Disziplin der Architekturpsychologie gesprochen werden kann. Die Literatur, die seit den 1970er Jahren dazu erschienen ist, ist überschaubar. Diese Entwicklung diagnostiziert auch Riklef Rambow, der sich als Psychologe auf den Bereich der Architekturvermittlung konzentriert. Während von Seiten der Psychologie in den sechziger und siebziger Jahren noch ein Interesse bestanden hätte, den Einfluss der gebauten Umwelt auf den Menschen zu untersuchen und in dieser Zeit „Konzepte wie Personal Space, Aneignung, Ortsidentität, Crowding, Behavior Setting" entstanden wären, seien diese Inhalte immer innerhalb der Psychologie ge-

[84] Dies wird an einer Stelle seines Buchs „Film als Kunst" besonders deutlich, an der er die Bemühungen um die Entwicklung einer stereoskopischen Projektionstechnik als eine drohende Beschränkung der künstlerischen Mittel bewertet. Dadurch würden die Möglichkeiten zu zweideutigen räumlichen Darstellungen begrenzt. Vgl. hierzu: Arnheim (1975) S.89.

blieben und nie in der Disziplin der Architektur angekommen.[85] Die heutige Architekturpsychologie bezeichnet Rambow als eine „Nischendisziplin".[86] Heute stammen relevante Studien meist aus anderen Bereichen der Psychologie, die sich eher zufällig mit Fragen auseinandersetzen, die auch für die Architektur von Bedeutung sein können. Peter G. Richter, einer der wenigen deutschen Architekturpsychologen, hat in seinem Lehrbuch „Architekturpsychologie" versucht, einen Überblick über seine Disziplin zu geben.[87] „Architekturpsychologie" so schreibt er zu Beginn, kann „als Lehre vom Erleben und Verhalten des Menschen in gebauten Umwelten definiert werden."[88]
Im 2. Teil des Buchs fasst Richter den heutigen Kenntnisstand in der Psychologie darüber zusammen, wie die Menschen ihre Umwelt „Wahrnehmen und Erleben"[89]. Dieser Korpus an Wissen, zu dem auch die für Arnheim so wichtigen Gestaltgesetze gehören, wird jedoch nicht als ein Forschungsfeld beschrieben, sondern als eine Form von Grundlagenwissen.[90] Bei Richter dient dieses Grundlagenwissen dem eigentlichen Forschungsinteresse der Architekturpsychologie: der Verbesserung der Planung von Gebäuden anhand von isoliert untersuchten und empirisch belegten Bewertungskriterien. Um zu solchen Aussagen kommen zu können, bemühe sich die Architekturpsychologie darum, die Bedingungen zu verstehen, unter welchen die Nutzer Architektur verstehen und bewerten, bzw. auf Architektur reagieren.
Eine bekannte Studie aus den 1980er Jahren, die auch Richter anführt, mag dafür als Illustration dienen: Roger S. Ulrich stellte anhand einer Auswertung von Patientenakten aus neun Jahren fest, dass Patienten, die in ihrem Krankenhauszimmer einen Blick in die Natur hatten, nach der Operation

---

[85] Rambow, Schuster & Schahn (2010) S.5.

[86] Rambow (2005) S.106.

[87] Richter (2009). Peter Richter ist Professor für Architekturpsychologie am Institut für Arbeits- und Organisationspsychologie der Technischen Universität Dresden. Dieses Buch bespricht Riklef Rambow: Rambow (2005).

[88] Richter (2009) S.21.

[89] Richter (2009) S.77-230.

[90] Ganz in diesem Sinne werden Wundt, Vischer und Lipps bei Richter nicht erwähnt.

schneller gesundeten und weniger Medikamente brauchten als Patienten, die auf ein gegenüberliegendes Gebäude blickten.[91] Aus dieser Studie, die den Zusammenhang zwischen Genesung und Ausblick isolierte, lassen sich nach den Regeln der experimentellen Psychologie konkrete Handlungsanweisungen für Architekten ableiten: Baut Krankenhauszimmer so, dass man in die Natur blicken kann. Daran wird aber gleichzeitig ein großes Dilemma offensichtlich, das mit für das Schattendasein der Architekturpsychologie verantwortlich sein dürfte: Die Beschränkung auf den Aspekt des Ausblicks lässt alle anderen Aspekte der Architektur des Raumes außer Acht, sodass sich daraus keine umfassende Anforderung an die Architektur ableiten lässt. Insofern ist der Aussagewert solch empirischer Untersuchungen im Hinblick auf die Architektur beschränkt. Im Gegensatz zu der Untersuchung solch genereller architektonischer Charakteristika richtet Rudolf Arnheim seine Aufmerksamkeit auf den Prozess der Wahrnehmung von bestimmten Gebäuden in ihrer konkreten, charakteristischen und einzigartigen Form.

Neue Möglichkeiten für die Untersuchung der Dynamik des Wahrnehmungsprozesses im Sinne Arnheims kommt in den letzten Jahren aus einer anderen Richtung: den Neurowissenschaften. Ihnen ist es in den letzten Jahren durch die Entwicklung bildgebender Verfahren möglich geworden, Gehirnaktivitäten zu messen und daraus bestimmte geistige Vorgänge abzuleiten. Ein bestimmtes Erregungsmuster im Gehirn lässt sich beispielsweise der Entscheidung zuordnen, eine Bewegung auszuführen.[92] Diese Methode der Dekodierung geistiger Vorgänge - wie Emotionen, Entscheidungen, Handlungen, Erinnerungen, Assoziationen - verspricht in der Konsequenz die Entschlüsselung des menschlichen Bewusstseins. Die Neurowissenschaften scheinen dadurch in die Lage versetzt worden zu sein, Aussagen über die menschliche Geisteswelt treffen zu können, die bislang nur der Philosophie

[91] Ulrich (1984) . Vgl. hierzu auch: Richter (2009) S.57.

[92] John Dylan Haynes Forschungen zeigen exemplarisch, wie sich Gehirnaktivitäten dekodieren lassen. Siehe dazu: Soon u.a. (2008) und Haynes, Rees (2006).

vorbehalten waren[93]. Dadurch, dass sich die Neurowissenschaften in ihren Fragestellungen nicht mehr allein auf die Untersuchung von neuronalen Aktivitäten beschränken können, ohne Aussagen über die psychischen Vorgänge damit zu verbinden, verschwimmen auch die Grenzen zwischen den Disziplinen der Neurowissenschaften und der Psychologie. Darüber hinaus beeinflusst die Neurowissenschaft - somit als eine Leitwissenschaft - eine Vielzahl anderer Disziplinen. Insbesondere sind in den letzten Jahren einige Ansätze entstanden, das Wissen aus den Neurowissenschaften auf die gestalterischen Disziplinen anzuwenden. Allen voran ist dabei die Neuroästhetik zu nennen, welche von Seiten der Neurowissenschaften darum bemüht ist, das ästhetische Empfinden bei der Erfahrung von Kunst zu untersuchen. Der Neurowissenschaftler Semir Zeki, der als einer der Gründer der Neuroästhetik gilt und den einzigen Lehrstuhl unter dieser Bezeichnung am University College London innehat, beschreibt den Grund für sein Interesse an der Kunst wie folgt:

> „*Art of course,* belongs in the subjective world. Yet subjective differences in the creation and appreciation of art must be superimposed on a common neural organization that allows us to communicate about art and through art without the use of the spoken or written word. In his great requiem in marble at St. Peter's in Rome, Michelangelo invested the lifeless body of Christ with infinite feeling - of pathos, tenderness,

[93] Gerade in den letzten Jahren, in denen klassisch naturwissenschaftlich ausgebildete Forscher und Forscherinnen in den Neurowissenschaften basierend auf Ihre Untersuchungen Aussagen über das menschliche Bewusstsein wagen, entstehen zwischen Geistes- und Naturwissenschaften oftmals heftige Auseinandersetzungen über die Legitimität der jeweiligen Schlussfolgerungen. Wolf Singer formuliert es aus Sicht der Gehirnforschung so: „Ich muß gestehen, daß ich mich ungern auf die Introspektion als alleinige Wissensquelle verlasse. Der Grund ist, daß die Konzepte über die Organisation unserer Gehirne, die auf Intuition und Introspektion basieren, in eklatantem Widerspruch zu Konzepten stehen, die sich der naturwissenschaftlichen Erforschung von Hirnfunktionen verdanken - es ist dieser Konflikt übrigens einer der Gründe, die gegenwärtig zu mitunter recht heftigen Auseinandersetzungen zwischen Hirnforschern und Vertretern der Geisteswissenschaften führen.“ Singer, Ricard & Warmuth (2008) S.24. Eben diese Publikation löste eine solche Debatte - die „Geist und Gehirn“ Debatte - in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung aus. Siehe dazu u.a. Janich (2008a), Singer (2008) und Janich (2008b).

> and resignation. the [sic] feelings aroused by his Pietà are no doubt experienced in different ways, and in varying intensity, by different brains. But the inestimable value of variable subjective experiences should not distract from the fact that, in executing his work, Michelangelo instinctively understood the common visual and emotional organization and workings of the brain. That understanding allowed him to exploit our common visual organization and arouse shared experiences beyond he [sic] reach of words.
> *It is for this reason* that the artist is in a sense, a neuroscientist, exploring the potentials and capacities of the brain, though with different tools. How such creations can arouse aesthetic experiences can only be fully understood in neural terms. Such an understanding is now well within our reach."[94]

Zeki beschreibt hier, warum er die Kunst und die Künstler für eine wichtige Erkenntnisquelle der neurowissenschaftliche Forschung hält. Umgekehrt beschäftigen sich auch die Gestalter mit den Potentialen, welche die Erkenntnisse der Neurowissenschaften für die Anwendung in ihrer jeweiligen Disziplin bieten. Während sich der Großteil dieser Initiativen auf den Be-

[94] Zeki (2012). Übersetzung durch den Verfasser: „Kunst gehört natürlich in die subjektive Welt. Jedoch müssen subjektive Unterschiede in der Entstehung und der Würdigung von Kunst mit einer gemeinsamen neuronalen Organisation überlagert werden, die es uns erlaubt, über Kunst und durch Kunst ohne das gesprochene oder geschriebene Wort zu kommunizieren. In seinem großartigen Requiem in Marmor in St. Peter in Rom verlieh Michelangelo dem leblosen Körper Christi ein grenzenloses Gefühl - von Pathos, Zärtlichkeit und Resignation. Die Gefühle, die seine Pieta hervorruft werden von verschiedenen Gehirnen zweifellos auf verschiedene Weise und in variierender Intensität erlebt. Aber der unschätzbare Wert der variablen subjektiven Erfahrungen sollte nicht von der Tatsache ablenken, dass Michelangelo bei seinem Schaffen instinktiv die gemeinsame visuelle und emotionale Organisation und Arbeitsweise des Gehirns verstand. Dieses Verständnis ermöglichte ihm, unsere gemeinsame visuelle Organisation zu benutzen um gemeinsame Erfahrungen hervorzurufen die über die Reichweite von Worten hinausgehen. Deshalb ist der Künstler in einem gewissen Sinne ein Neurowissenschaftler, der die Potentiale und Kapazitäten des Gehirns erforscht, allerdings mit anderen Werkzeugen. Wie solche Kreationen ästhetische Erfahrungen hervorrufen können kann erst in neuronalen Begriffen umfassend verstanden werden. Dieses Verständnis ist heute erreichbar geworden." An anderer Stelle äußert sich Zeki so: „Aesthetics, like all other human activities, must obey the rules of the brain of whose activity it is a product, and it is my conviction that no theory of aesthetics is likely to be complete, let alone profound, unless it is based on an understanding of the workings of the brain." Zeki (1999) S.94.

reich der bildenden Kunst konzentriert, gibt es auch einige Aktivitäten in der Architektur: Seit etwa 10 Jahren beschäftigt sich die „Academy of Neuroscience for Architects“ damit, „Wissen zu verbreiten und zu erweitern, das neurowissenschaftliche Forschung mit einem wachsenden Verständnis der menschlichen Reaktion auf die gebaute Umgebung verbindet.“[95]
Unter dem Dach dieser Akademie ist eine Reihe von unterschiedlichen Ansätzen beheimatet. Diese reichen von der direkten praktischen Anwendbarkeit von Forschungsergebnissen aus den Neurowissenschaften - wie beispielsweise zur menschlichen Orientierung[96] - auf die Planung von Gebäuden bis hin zur Untersuchung ästhetischer Hypothesen wie der, das Gehirn sei vorprogrammiert, auf den goldenen Schnitt anzusprechen.[97] In dieser Bandbreite bemüht sich die Akademie, ein möglichst breites Forum für den Austausch zwischen den Disziplinen zur Verfügung zu stellen, ohne bislang fundamental neue Erkenntnisse als Ergebnis einer Zusammenarbeit hervorgebracht zu haben.

Eine historische Einbettung der Erkenntnisse der Neurowissenschaften in die Architekturtheorie unternimmt der US-amerikanische Architekturhistoriker und -theoretiker Harry Francis Mallgrave in seinem 2010 erschienenen Buch „The Architect's Brain : Neuroscience, Creativity, and Architecture“[98]. Darin setzt er sich - ähnlich wie die beiden schon beschriebenen Ansätze -

---

[95] Academy of Neuroscience for Architects (2010) . Übersetzung durch den Verfasser. „The mission of the Academy of Neuroscience for Architecture is to promote and advance knowledge that links neuroscience research to a growing understanding of human responses to the built environment.“

[96] Dieses Thema wird von Fred Gage untersucht, welcher gleichzeitig Mitglied der Akademie und Professor für Genetik am Salk Institute ist. Vgl. hierzu: Gage (2009).

[97] „The brain is hard-wired to respond to proportions based on the golden mean (as illustrated by the architect Palladio).“ Eberhard (2009a) S.755. Das Zitat stammt aus einem Artikel des Gründers der Akademie, John Eberhard in der Zeitschrift „Neuron“. Eine umfassende Übersicht über seine Vorstellungen zu einer Anwendbarkeit der neurowissenschaftlichen Forschung auf die Architektur veröffentlichte er im gleichen Jahr in dem Buch „Brain Landscapes - the coexistance of neuroscience and architecture“: Eberhard (2009b).

[98] Mallgrave (2010).

zum Ziel, herauszufinden, was die Erkenntnisse aus den Neurowissenschaften der Architektur zu bieten haben.
In den historischen Essays, die den ersten Teil des Buches einnehmen, fasst er die wichtigsten Wahrnehmungstheorien der Architekturgeschichte seit Vitruv zusammen. [99] Auch der zweite Teil „Neuroscience and Architecture" ist eine Zusammenfassung, hier der vielversprechenden Forschungsergebnisse der Neurowissenschaften zur Wahrnehmung, sowie auch - treu dem Titel seines Buchs - zu den Vorgängen im Gehirn des entwerfenden Architekten selbst. Gerade unter dem Aspekt der Einordnung in die Architekturtheorie verweist auch Mallgrave bei der Zusammenfassung des heutigen Forschungsstandes immer wieder auf die hier erörterten Theorien Vischers, Schmarsows, Wölfflins und Arnheims. Sie - das wird offensichtlich - haben viele Thesen vorgedacht und angewendet, die durch die heutige Forschung unterstützt oder widerlegt werden.[100] Nicht zuletzt dadurch wird deutlich, dass die heutigen Forschungsmethoden der Neurowissenschaften die Möglichkeit eröffnet haben, einen neuen neuropsychologischen Deutungsansatz auf die Architektur zu wagen.

Mit Rudolf Arnheim hat ein experimentalpsychologischer Ansatz im Feld der gestalterischen Disziplinen überdauert, der sich heute als Anknüpfungspunkt für die vorliegende Arbeit anbietet. Sein Ansatz zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass er in seiner Beschreibung von dem Sichtbaren ausgeht, das der Betrachter vorfindet. Das unmittelbare Erlebnis des Betrachters steht im Zentrum. Wie schon bei Wölfflin ist die Wirkung der Kunst und

---

[99] Bereits 1994 war Mallgrave Mitherausgeber eines Sammelbands, in dem einige Quellentexte aus der deutschen Ästhetik um die Jahrhundertwende wiederverlegt worden waren. Der Brückenschlag zwischen der Zeit der Einfühlungsästhetik und der heutigen Neuroästhetik, den er in seinem neuen Buch vollzieht, kann als eine Folge dieser Auseinandersetzung verstanden werden. Vgl. hierzu: Mallgrave, Ikonomou (1994).

[100] Mallgrave verbindet Zekis Theorie der Mehrdeutigkeit mit Robert Vischers Einfühlungstheorie: Mallgrave (2010) S.146. Später verweist er im Kapitel „Metaphor" auf die Positionen Wölfflins und Schmarsows: S.159. Einige dieser Bezüge werden auch in dieser Arbeit zu einem späteren Zeitpunkt eine Rolle spielen.

Architektur auch bei Arnheim nicht von der Geschichte oder den inhaltlichen Konzepten abhängig, die möglicherweise bei der Entstehung eine wichtige Rolle gespielt haben. Nicht also durch das Denken und die Reflexion, sondern durch die automatische Tätigkeit des Nervensystems entsteht die grundlegende Ebene der Wahrnehmung. Arnheims Ansatz eignet sich deshalb auch für einen Deutungsansatz heutiger Architektur, in der - wie ich bereits beschrieben habe - architektonische Form und Struktur zwar betont werden, aber nicht mit einer abstrakten Bedeutung verbunden sind, die sich der Betrachter über die reine Betrachtung der Architektur erschließen könnte.

Im weiten Spektrum der neurowissenschaftlichen und neuropsychologischen Forschung bieten sich im Besonderen die Forschungsbereiche zur unbewussten subliminalen und impliziten Wahrnehmung für die Erweiterung der psychologischen Architekturtheorie an. Dieser Forschungsbereich bietet einen Einblick in die nicht willentlich koordinierte Arbeitsweise des Gehirns, d.h. in Vorgänge, die unterhalb der Bewusstseinsebene oder auf niedriger, kaum bewusster Ebene vor sich gehen, und damit in die Mechanismen, welche dem unmittelbaren Wahrnehmungsprozess sowohl der Einfühlungstheorie als auch der Arnheimschen Dynamik zugrunde liegen. Das daraus resultierende heutige Verständnis der Mechanismen der Reizverarbeitung und -interpretation, der repetitiven Wahrnehmungstätigkeit des Nervensystems und der automatisierten, erlernten Entscheidungen des Gehirns, welche schließlich den Inhalt der bewussten Wahrnehmung bestimmen, werden Gegenstand des folgenden Kapitels sein. Sie bilden die Grundlage für die neue psychologische Theorie der Raumwahrnehmung, welche im letzten Kapitel auf die Architektur angewendet werden soll.

2. Implizite visuelle Wahrnehmung

2.1 Der Begriff des Impliziten in der Wahrnehmung

Der Begriff des Impliziten ist im täglichen Sprachgebrauch hauptsächlich als Verb geläufig. Impliziere ich etwas mit dem was ich sage oder tue, dann beziehe ich etwas ein, was ich nicht ausdrücklich ausgesprochen habe.[101] Implizites Wissen ist folglich eine Form von Wissen, das nicht artikuliert werden muss. Im Bereich der empirischen Wahrnehmungsforschung wird der Begriff seit einiger Zeit für Vorgänge verwendet, in denen eine Wahrnehmung stattfindet ohne dass wir es bemerken oder artikulieren könnten. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts untersuchten Charles Sanders Peirce und Joseph Jastrow die Grenzen der Wahrnehmungsbereiche der Sinnesorgane. In einer ersten Studie versuchten sie, Gewichte voneinander zu unterscheiden, die sie mit ihren Fingern anheben mussten.[102] Als die Unterschiede zwischen diesen Gewichten so klein wurden, dass sie nicht mehr sicher sagen konnten, welches schwerer oder leichter sei, begannen sie, zu schätzen. Dabei stellten sie fest, dass ihre Schätzungen öfter zutrafen als nicht. Ihre Treffsicherheit lag damit deutlich höher als bei einer Zufallsschätzung, woraus sie sowohl schließen mussten, dass sie unbewusst größere Feinheiten unterscheiden konnten als bewusst, als auch dass diese unbewusste Wahrnehmung ihre bewusste Schätzung beeinflusste.
Seit dieser Zeit hat die Forschung das Wissen um die unbewusste Wahrnehmung beständig erweitert. Der Begriff der impliziten Wahrnehmung ist dabei vergleichsweise jung. Der Psychologe John F. Kihlstrom definiert implizite Wahrnehmung 1994 als einen Überbegriff, der sowohl unbewusste, als auch subliminale Wahrnehmung umschließt, und insgesamt alle Wahrneh-

[101] Implizieren in Langenscheidt (2012): „einbeziehen, gleichzeitig beinhalten, bedeuten; mit enthalten."

[102] Peirce, Jastrow (1885). Vgl. hierzu auch: Kihlstrom, Barnhardt & Tataryn (1992).

mungen beschreibt, welche neben der bewussten Aufmerksamkeit vor sich gehen und sich dennoch auf unser Denken, Handeln und Tun auswirken können.[103] Er argumentiert, die Begriffe der unbewussten oder subliminalen Wahrnehmung seien schlechter geeignet, diesen Bereich der Wahrnehmung zu beschreiben. Denn obwohl der Begriff ‚unbewusst' eigentlich auch auf die implizite Wahrnehmung angewendet werden könnte, sei er hauptsächlich im Bereich der Psychoanalyse und demnach eher im Zusammenhang mit dem menschlichen Geist in Gebrauch.[104] Der Begriff ‚subliminal' hingegen konzentriere sich auf die Grenze des bewusst Wahrnehmbaren, also auf Reize, die selbst bei voller Aufmerksamkeit nicht bewusst wahrgenommen werden könnten, weil sie beispielsweise nur sehr kurz zu sehen seien. Der Begriff der impliziten Wahrnehmung beschreibe darüber hinaus auch die Form der unbewussten Wahrnehmung, bei welcher der Reiz zwar dauerhaft präsent ist aber trotzdem nicht bewusst wahrgenommen wird.[105]

Während zu Zeiten von Jastrow und Peirce der unbewussten Wahrnehmung für die Entwicklung des menschlichen Geistes noch wenig Bedeutung beigemessen wurde, wird heute davon ausgegangen, dass ein großer, wenn nicht der größte Teil unserer Wahrnehmung implizit verläuft und dennoch auf unser Denken, Handeln und Fühlen einwirkt.[106] Und im Gegensatz zu

---

[103] Kihlstrom, Barnhardt & Tataryn (1992).

[104] Vgl. hierzu: Berlin (2011) S.5 und Kihlstrom (1994). Sowie: „Der Begriff ‚unbewusst' ist eng mit der psychoanalytischen Theorie verbunden. Inhalte werden vom Bewusstsein ferngehalten, also verdrängt, um negative Gefühle zu vermeiden. Auch diese Inhalte beeinflussen trotzdem das Verhalten und sind in gewissem Maße bewusstseinsfähig etwa durch Psychoanalyse oder Traumarbeit." Lemke (2003) S.72.

[105] Vgl. hierzu Kihlstrom, Barnhardt & Tataryn (1992): „Moreover, as we shall begin to see in a moment, there are many instances of implicit perception, as we have defined it here, where the stimuli in question are in no sense subliminal. They are presented at intensities and for durations clearly sufficient for conscious perception; yet they are not consciously perceived."

[106] „A great deal of complex cognitive processing occurs at the unconscious level and affects how humans behave, think, and feel." Berlin (2011) S.5. Sowie: „ […] implicit perception, instances in which current events influence our experience, thought, and action outside of phenomenal awarenenss." Kihlstrom, Barnhardt & Tataryn (1992).

der Vorstellung, dass solch unbewusst verarbeitete Informationen eine eigenständige, niedrige Form der Information für uns darstellt, besteht eine berechtigte Vermutung, dass die automatische implizite Verarbeitung von Reizen sogar die Grundlage für alle höheren bewussten Wahrnehmungsvorgänge bildet. Darauf verweisen unter anderem Untersuchungen, die zeigen konnten, dass bewussten Entscheidungen oftmals implizite Prozesse im Gehirn vorrausgehen.[107]

Die impliziten Wahrnehmungsprozesse sind insbesondere für die Architektur von besonderer Bedeutung, da die gebaute Umwelt meist unbewusst, nebenbei wahrgenommen wird und im seltensten Fall das Objekt eines bewussten und reflektierten Betrachtungsvorganges wird. Darauf verweist auch Walter Benjamin, wenn er schreibt:

> „Die Architektur bot von jeher den Prototyp eines Kunstwerks, dessen Rezeption in der Zerstreuung und durch das Kollektivum erfolgt. Die Gesetze ihrer Rezeption sind die lehrreichsten. […]
> Bauten werden auf doppelte Art rezipiert: durch Gebrauch und durch Wahrnehmung. Oder besser gesagt: taktil und optisch. Es gibt von solcher Rezeption keinen Begriff, wenn man sie sich nach Art der gesammelten vorstellt, wie sie z. B. Reisenden vor berühmten Bauten geläufig ist. Es besteht nämlich auf der taktilen Seite keinerlei Gegenstück zu dem, was auf der optischen die Kontemplation ist. Die taktile Rezeption erfolgt nicht sowohl auf dem Wege der Aufmerksamkeit als auf dem der Gewohnheit. Der Architektur gegenüber bestimmt diese letztere weitgehend sogar die optische Rezeption. Auch sie findet von Hause aus viel weniger in einem gespannten Aufmerken als in einem beiläufigen Bemerken statt.“[108]

Dieses „beiläufige Bemerken“, das Benjamin hier im Bereich des Taktilen verortet, beschreibt auch recht treffend, wie implizite Wahrnehmung funktioniert. Indem sich heute das Verständnis des Wahrnehmungsvorgangs ins-

---

[107] Berlin (2011) S.5.

[108] Benjamin (1977) S.41-41. Benjamin entfaltet dieses Argument, um die Aneignung eines Kunstwerks von der Aneignung von Gebäuden zu unterscheiden.

gesamt in das eines beständigen Interpretationsprozesses entwickelt, der nicht nur in der besonderen, bewussten und reflektierten Wahrnehmung sondern auch im Nebenbei, im Unbewussten stattfindet, könnte sich auch das grundlegende Verständnis zum Ablauf und der Bedeutung der Wahrnehmung von Architektur verändern. Architektonische Form und Struktur könnte dann nicht mehr nur in der aufmerksamen reflektierten Betrachtungssituation eine wirkungsvolle Verbindung zum Menschen aufnehmen, sondern bildete auch in der impliziten Wahrnehmung einen mitteilsamen, vom Nervensystem beständig befragten und bearbeiteten, interpretierten und uminterpretierten Dialogpartner. Rudolf Arnheims Beschreibung der Dynamik des Wahrnehmungsvorgangs könnte als ein dauerhafter Prozess verstanden werden, der auch außerhalb der bewussten Aufmerksamkeit stattfindet und unbemerkt unser Handeln, Denken und Tun beeinflusst. Um dieser These nachzugehen, sollen die grundlegenden Bedingungen und Prozesse impliziter visueller Wahrnehmungsprozesse in den folgenden Kapiteln zu Aufmerksamkeit, Lernen und den Qualitäten von impliziter Wahrnehmung erörtert werden.

2.2 Aufmerksam - Unaufmerksam

2.2.1 Die Zuordnung visueller Aufmerksamkeit

Dieses Kapitel widmet sich dem dynamischen Zusammenhang, in dem das bewusste, aufmerksame und das implizite, unbewusste Sehen stehen. Visuelle Aufmerksamkeit, so wird sich im Folgenden zeigen, operiert vergleichbar mit einer Reihe von flexibel programmierten Scheinwerfern, die sich je nach Programmierung auf eine Auswahl der zur Verfügung stehenden visuellen Reizen richtet. In einem komplexen, dynamischen Prozess wird eine Szenerie einmal ganz breit und einmal fokussiert beleuchtet. Die Zuordnung und der Wechsel von visueller Aufmerksamkeit geschehen mit hoher Geschwindigkeit. Wir können beträchtliche Informationsmengen verarbeiten und erinnern, die nur für den Bruchteil einer Sekunde den Fokus der Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben. [109] In kürzester Zeit vermag unser Gehirn visuelle Reize zu Objekten zu gruppieren und individuell zu identifizieren. D.h. wir sehen nicht nur ein Haus, eine Stütze, eine Person, ein Gesicht, sondern erkennen darüber hinaus auch, wessen Haus, oder wessen Gesicht es ist.[110] Das bedeutet, dass wir erkannte Objekte verfolgen können, auch wenn sie ihre Position verändern oder sich unter anderen ähnlichen Objekten befinden. Beispielsweise können wir eine uns bekannte Person in einer Menschenmenge erkennen und ihre Position verfolgen ohne sie mit anderen

---

[109] Die Psychologen Howard E. Egeth und Steven Yantis zählen mehrere Studien auf, in denen Reaktionszeiten von Aufmerksamkeit getestet wurden. Dabei konnten Probanden in 16,7ms bis zu 4 Zahlen erkennen und in der richtigen Reihenfolge wiedergeben. Vgl. hierzu: Egeth, Yantis (1997) S.287. Dazu muss bemerkt werden, dass es sich hierbei um einen hochkontrollierte Testumgebung handelte, in der keine anderen visuellen Reize existierten. Mit einer Situation in einer realen Umgebung sind diese Zeiten nicht zu vergleichen. Sprich, die Reaktionszeit wäre länger. Vgl. hierzu auch: Itti, Koch (2000) S.1490.

[110] „The human object recognition system must not only recognize objects as belonging to specific categories, such as ‚cat', ‚chair', ‚car', etc., but must also be able to recognize individuals within that category—my neighbour's cat, my car, etc." Farivar (2009) S.145.

Personen allzu leicht zu verwechseln.[111] Während eine solche visuelle Verfolgung meist bewusst vor sich geht, gelangt ein Großteil der Informationen, die visuell gesammelt, kategorisiert und erkannt werden, nicht in das Bewusstsein. Wie im Folgenden beschrieben, wird aber auch dieser Teil der Informationen bis zu einem gewissen Grad analysiert. Es gibt also neben der bewussten Aufmerksamkeit immer auch einen großen Bereich der unbewussten Aufmerksamkeit, der zu impliziten Wahrnehmungen führt.

Die Psychologie unterscheidet im Wesentlichen zwei Arten, wie visuelle Aufmerksamkeit zugeordnet wird: ‚reizabhängige' und ‚zielgerichtete' Selektion.[112]
Bei der ‚reizabhängigen' Selektion ziehen - unabhängig der momentanen geistigen Verfassung des Betrachters - bestimmte Elemente die Aufmerksamkeit auf sich: Ein einzigartiges Element unter vielen ähnlichen, plötzlich aus dem Nichts auftauchende Elemente oder etwas Neues und Unbekanntes erscheint in unserem peripheren Sichtfeld. [113] In der ersten Kontaktzeit der

---

[111] Vgl. hierzu: Egeth, Yantis (1997) S.281-284. Heute wird u.a. versucht, dieses erfolgreiche Analysesystem des menschlichen Gehirns im Computer zu simulieren. Für einen Einblick in die Analysemethoden des Gehirns siehe in diesem Kontext: Riesenhuber, Poggio (2000).

[112] ‚Reizabhängig' und ‚zielgerichtet' wird in der meist englischsprachigen Literatur auch als *bottom-up* und *top-down* bezeichnet. Die meisten Experimente zu diesem Thema basieren auf der Interpretation von Reaktionszeiten und -präzision (*reaction time and accuracy*). Vgl. hierzu Egeth, Yantis (1997) : Den Probanden wurde die Aufgabe gestellt, möglichst schnell auf ein Ziel in einem Bild zu reagieren. Beispielsweise: drücken Sie diese Taste, wenn Sie ein ‚C' erkennen. Indikator für einen Einfluss auf die Selektion der Aufmerksamkeit waren Verspätungen in der Reaktionszeit durch bewusst eingestreute Ablenkungselemente. Bsp.: farbige Elemente, Buchstaben, die in der Peripherie auftauchen, nur kurz blinkende Elemente etc.. D.h. die zielgerichtete Selektion wurde durch reizabhängige Selektion gestört.

[113] Ein einzigartiges Element unter vielen anderen gleichen, wird in der meist englischsprachigen Literatur als *feature singleton* bezeichnet: „Feature singletons are judged as subjectively salient, and there is ample evidence that such stimuli can be found efficiently in visual search. For example, Neisser (1967) observed that curved letters could be found easily among straight letters, and using a somewhat different paradigm, Egeth et al (1972) drew a similar conclusion. Treisman & Gelade (1980) also showed, using a visual search paradigm like that of Egeth et al (1972), that various feature singletons could be efficiently detected in visual search." Siehe

Augen mit einer neuen Szenerie wird vor allem diesen auffälligen Reizen Aufmerksamkeit geschenkt.
Bei der ‚zielgerichteten' Selektion dagegen spielt es eine Rolle, welche Reize der Betrachter in seiner Umgebung sucht. Sucht der Proband beispielsweise nach vertikalen roten Stäben in seinem Blickfeld, so wird sowohl alles Rote als auch alles Vertikale eine gewisse Aufmerksamkeit erwecken. Am meisten jedoch rote UND vertikale Elemente.[114] In diese Situation kann man sich als Autofahrer auf verschneiter Straße hineindenken: Rote Stäbe ragen aus der weißen Schneelandschaft heraus und zeigen die Fahrbahnkanten an. Das Auge sucht die Umgebung nach diesen Signalen ab, was dazu führen kann, dass der Betrachter anderen Objekte und Veränderungen in der Umwelt nicht nur keine Beachtung schenkt, sondern sie überhaupt nicht bewusst wahrnimmt. In diesem Fall wird unsere ganze Aufmerksamkeit von dieser, auf rote Stäbe konditionierten visuellen Suche[115] beansprucht. Eine Ablenkung unserer Aufmerksamkeit muss auch deshalb vermieden werden, da es uns von der dringenden Aufgabe abhalten würde, mit dem Auto auf der Straße zu bleiben.
Besonders eine solche visuelle Suche nach bestimmten Objekten führt dazu, dass andere Teile der visuellen Szene nicht bewusst wahrgenommen werden. Dieses Phänomen des ‚Blind-Seins' für bestimmte Veränderung in unserem Sichtfeldt wird als *change blindness* bezeichnet. Bei einer der bekanntesten Studien, die David Simons zu diesem Phänomen durchführte, ignorierten die meisten Testpersonen sogar einen als Gorilla verkleideten Menschen, der sich unter eine Gruppe von Basketballspielern mischte.[116] Während die Probanden die Aufgabe hatten, die Anzahl der Pässe der Basketballspieler zu

---

Egeth, Yantis (1997) S.271. Ein plötzlich auftauchender Reiz wird mit *abrupt visual onset* beschrieben. Vgl. hierzu: Egeth, Yantis (1997) S.274-276.

[114] Egeth, Yantis (1997) S.277.

[115] Die Suche nach bestimmten visuellen Eigenschaften wird in der meist englischsprachigen Literatur als *visual search* bezeichnet.

[116] Vgl. hierzu: Simons, Chabris (1999). Das Video ist online verfügbar. Siehe hierzu: Simons (1999).

Abb. 20: Der menschliche Gorilla unter den Basketballspielern.

zählen, bewegte sich der Affe geradewegs durch die Mitte des Bildes und der Spieler. Er war dabei so präsent, dass er unmöglich übersehen werden konnte (Abb. 20). Hätten sich die Zuschauer nicht auf eine spezielle visuelle Aufgabe konzentriert, würde der Affe sofort Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben. In diesem Fall jedoch waren die meisten Probanden so von ihrer Zählaufgabe eingenommen, dass sie sich bei der anschließenden Befragung nicht an einen Gorilla erinnern konnten. Dass der Gorilla unbemerkt blieb, obwohl er genau denselben Teil des Sichtfelds durchquerte, in dem sich auch die aufmerksam betrachteten Spieler bewegten, legt den Schluss nahe, dass das Gehirn den Gorilla zwar wahrnahm, dies aber zugunsten des Zählens der Ballpässe unterdrückte noch bevor die Probanden bewusst entscheiden konnten, ihn nicht zu beachten. Die Verblüffung der Probanden über ihre eigene Blindheit, als sie bei der nochmaligen Präsentation des Films den Gorilla mitten durch die Szene marschieren sahen, war auch der Überraschung geschuldet, dass ihr Gehirn scheinbar eine unabhängige Entscheidung getroffen hatte.[117]

Das Phänomen der *change blindness* zeigt deutlich, dass eine Art Regulierungsventil oder „Flaschenhals“[118] existiert, der eine Vielzahl von Informationen herausfiltert, bevor sie in das Bewusstsein gelangen. Neben der eben

---

[117] Auf eine ähnliche Studie verweisen der Sportpsychologe Daniel Memmert in seiner Review zu den Mechanismen von Aufmerksamkeit: „For example, a series of studies used a dynamic monitoring inattentional blindness task by Most, Simons, Scholl and Chabris (2000), in which the participants had to count the total number of times that letters cross a horizontal line in the middle of a display. During a critical trial, an unexpected object moved horizontally over different distances (on-line, near, far, very far) from the line passing through the center of the display. Less than half the observers noticed the unexpected object, even though the object always stayed on what was presumably the focus of attention and was clearly visible for 5 s.“ Memmert (2010) S.1098-1099. Für die hier beschriebene Studie siehe: Most u.a. (2000) . Für eine differenzierte Diskussion der Phänomene um die *change blindness*, sowie den Begriffen *ittatentional blindness* und *misdirection paradigm* siehe auch: Memmert, Furley (2010) und Memmert, Furley (2007) .

[118] Itti und Koch bezeichnen dieses Ventil als „bottleneck“. Vgl. hierzu Itti, Koch (2000) S.1489.

genannten Notwendigkeit der konzentrierten Aufmerksamkeit für die effektive Bearbeitung einer bestimmten Aufgabe wie das Zählen der Pässe, wird als eine weitere Begründung dafür auch die begrenzte ‚Rechenkapazität' des Gehirns angeführt, welche nicht ausreiche, alle Informationen, die uns aus unserer Umgebung zur Verfügung stehen, bewusst zu verarbeiten. Laurent Itti und Christof Koch, die sich am CalTech mit der Simulation von neurologischen Prozessen im Computer beschäftigen, schreiben dazu:

> „However, in any physical computational system, processing resources are limited, which leads to bottlenecks [...]. Nowhere is this more evident than in the primate's visual system, where the amount of information coming down the optic nerve - estimated to be on the order of 108 bits per second - far exceeds what the brain is capable of fully processing and assimilating into conscious experience."[119]

Viktor Lamme von der *Cognitive Neuroscience Group* Amsterdam unterstützt die Theorie eines Flaschenhalses. In einer Review beschreibt er den Prozess, wie visuelle Reize von den Augen aus das Gehirn in einer zeitlichen Abfolge durchlaufen. Dabei werden nacheinander bestimmte Areale aktiviert, die unterschiedliche Analyseaufgaben ausführen.[120] Dieser Ablauf, wird auch als *feedforward sweep* - vorwärts gerichteter Durchlauf - bezeichnet. Dabei bleiben die Aktivierungen innerhalb der sogenannten niederen visuellen Areale, die ausschließlich visuelle Reize verarbeiten. Nur eine kleine Auswahl von Reizen, die sich in der Konkurrenz unterschiedlicher Reize um die Aufmerksamkeit durchgesetzt haben, die das Gehirn also in der jeweiligen Situation als wichtig bewertet hat, überwindet den Flaschenhals. Im Gehirn manifestiert sich dies durch eine wesentlich aufwendigere Verarbeitung

---

[119] Itti, Koch (2000) S.1498. Übersetzung durch den Verfasser: „In jedem physischen Rechensystem jedoch sind die Verarbeitungsressourcen begrenzt, was zu Flaschenhälsen führt […]. Nirgendwo wird dies deutlicher als im visuellen System des Primaten, in dem die Menge an Informationen, die den Sehnerv durchläuft - schätzungsweise in der Größenordnung von 108 Bits pro Sekunde - bei weitem das übersteigt, was das Gehirn in der Lage ist, vollständig zu verarbeiten und in die bewusste Erfahrung aufzunehmen."

[120] Lamme (2005) S. 169-170. Vgl. hierzu auch: VanRullen (2007).

der Reize in den Hirnarealen, die Informationen von mehreren Sinnen erhalten. Dort werden Assoziationen ausgelöst, Erinnerungen geformt und Aktionen geplant. Erst hier, so argumentiert Lamme, entstehe eine bewusste Wahrnehmung. Bliebe die Information innerhalb der niedrigen visuellen Areale, entstünden Sinneserfahrungen außerhalb der bewussten Aufmerksamkeit. Diese könnten in spontane reflexartige Reaktionen resultieren, oder sie könnten später noch ins Bewusstsein gelangen. [121] Auch Lamme sieht also den Grund für eine selektive Auswahl der Reize für die bewusste Wahrnehmung in dem hohen ‚Rechenaufwand', den eine bewusste Wahrnehmung erfordert und der unzureichenden Kapazität des Gehirns, solche aufwendigen Prozesse für alle verfügbaren visuellen Reize durchzuführen.

Deutlicher noch als die ‚Gorilla-Studie' zeigt eine weitere Untersuchung, dass auch Informationen außerhalb der bewussten Wahrnehmung verarbeitet und genutzt werden. [122] In dieser Studie sollten sich die Probanden an einem Empfangstresen für ein Experiment anmelden. Hier sollten ihnen die Fragebögen zum Test ausgehändigt und der Weg in den Testraum gewiesen werden. In Wirklichkeit fand das Experiment dabei schon am Tresen statt: Unter dem Vorwand, nach etwas zu suchen tauchte die Empfangsperson

---

[121] "Suppose a visual scene is presented to the eyes. The feedforward sweep reaches V1 at a latency of about 40 ms. If multiple stimuli are presented, these are almost all represented at this stage. Next (60-80 ms), this information is fed forward to the extrastriate areas. At these intermediate levels, there is already some competition between multiple stimuli, in particular when they are close by. Not all stimuli can be processed in full by the receptive fields, which grow larger and larger going upstream in the visual cortical hierarchy. This results in crowding phenomena. Attentional selection (in one way or another, see above) may resolve this competition (Desimone, 1998). In the end, only a few stimuli reach the highest levels, up to and including areas in executive space. This whole feedforward event evolves very rapidly (within ~120ms) and is hypothesized to be fully unconscious. Feedforward activation alone may, in certain circumstances, result in a behavioral response (or modify ongoing behavior), but if it does, it will be a reflexlike action that is fully unconsciously initiated (which is not to say that we may not become aware of it later)" Lamme (2005) S.170. Sowie: "The major finding is that conscious perception seems to require attention." Memmert (2010) S.1098.

[122] Levin u.a. (2002). Das Video zu dieser Studie ist online verfügbar. Siehe hierzu: Simons (2008).

Abb. 21: Scanpfad der Augen auf einem Bild aus einer Militärdatenbank. Gesucht wird ein Militärfahrzeug (im grünen Kreis - Vergrößerung in der oberen linken Ecke). Der Scanpfad wurde von der Software von Itti & Koch errechnet.

kurz hinter dem Tresen ab und tauschte unsichtbar für den Probanden mit einer anderen Person. Beide Empfangspersonen waren etwa gleich alt und männlich. Als die neue Person dann hinter dem Tresen wieder auftauchte und die Ausgabe der Dokumente fortführte, bemerkten 75% der Probanden den Wechsel nicht. Das ist insofern bemerkenswert, als eine bedeutungsvolle mündliche und räumliche Interaktion zwischen Proband und Empfangsperson stattfand, welche eine direkte Auswirkung auf das Verhalten der Probanden hatte (Annahme der Testbögen und Wegbeschreibung in den Testraum). Es kann also ausgeschlossen werden, dass die Empfangspersonen nicht wahrgenommen wurden, selbst wenn der Wechsel nicht bemerkt wurde.

2.2.2 Vorhersage von Selektion

Das Wissen um die Mechanismen der Selektion hat zu einigen Versuchen geführt, die Zuordnung visueller Aufmerksamkeit vorherzusagen. Auch für die Wahrnehmung von Architektur wäre eine solche Vorhersage direkt anwendbar. Sie könnte beispielsweise Informationen dazu liefern, wohin ein Betrachter seinen visuellen Fokus richtet wenn er ein Gebäude betritt.
Wie Glen Harding und Marina Bloj in einer Review[123] beschreiben, ist das Ziel solcher Vorhersagemodelle die Berechnung der frühen Augenbewegungen: Sind wir mit einer neuen Szenerie konfrontiert, fokussiert sich unsere visuelle Aufmerksamkeit in den ersten drei Sekunden auf bestimmte Punkte im Sichtfeld. Ein Anzeichen dafür, dass wir diesen Punkten Aufmerksamkeit widmen und sie nicht nur streifen, ist die Verweildauer unserer Fokussierung.[124] Verweilt der Fokus unserer Augen länger als 100 Millisekunden auf einem Punkt, wird davon ausgegangen, dass die visuellen Reize dieser Fokus-

[123] Harding, Bloj (2010).

[124] In der Literatur wird diese Thematik unter den Bezeichnungen *steady gaze* und *fixation* behandelt. Vgl. hierzu Harding, Bloj (2010) S.1.

sierung von uns bewusst verarbeitet werden.[125] Diese Art der Aufmerksamkeit wird als ‚offenkundig' bezeichnet, da sie eine sichtbare Bewegung und Fokussierung des Auges mit sich bringt. Als fokussierte Punkte werden vom Gehirn erwartungsgemäß solche ausgewählt, von denen es sich eine gewisse vorrangige Wichtigkeit und einen besonderen Informationsgehalt erwartet.[126]

Das bekannteste Vorhersagemodell ist rechnergestützt und wurde von Laurent Itti und Christof Koch entwickelt.[127] Sie versuchen, den Analysevorgang visueller Reize im menschlichen Gehirn nachzuahmen und durch ihren Rechenprozess für eine beliebige Fotografie Vorhersagen zu treffen, auf welche Punkte sich in welcher Reihenfolge die Aufmerksamkeit des Betrachters richten wird (Abb. 21). Beim Analysevorgang des menschlichen Gehirns werden unterschiedliche Eigenschaften visueller Reize getrennt voneinander analysiert. Das Sichtfeld wird dafür in unterschiedliche Regionen unterteilt, für welche geistige Karten im Gehirn entstehen. Entlang dieser Analysemethode nutzt auch das Modell von Itti und Koch unterschiedliche Analysekarten, die der Computer aus der Bildvorlage errechnet. Im Besonderen wird das Bild nach Unterschieden in Intensität, Orientierung und Farbe analysiert.[128] Angelehnt an die rezeptiven Felder der menschlichen Retina wird die Analyse jeweils für einen Punkt des Bildes im Vergleich mit den umgeben-

---

[125] Vgl. hierzu: Harding, Bloj (2010) . Die Autoren nehmen sich in diesen ersten 3 Sekunden 6 Fixierungen, um einen sogenannten Scan-Pfad nachzuzeichnen.

[126] „Models of visual saliency attempt to predict these early eye movements by means of a saliency map that describes how likely a particular point in an image is to attract visual attention via a bottom-up processing mechanism, based on the low-level features of the image." Harding, Bloj (2010) S.1-2.

[127] Itti, Koch (2000). Weitere Vorhersage-Modelle werden von Harding & Bloj aufgelistet: Harding, Bloj (2010) S.2.

[128] Die Autoren räumen ein, dass Ihr Modell einige bekannte Faktoren für die Selektion auf niedriger visueller Ebene nicht berücksichtigen. Darunter fallen temporär auftretende Reize, das Verschwinden von Reizen, oder aber Bewegung innerhalb der betrachteten Szenen. Vgl. hierzu: Itti, Koch (2000) S.1498 und S.1502.

den Punkten durchgeführt.[129] Ähnlich wie das menschliche Gehirn Einzelinformationen zu einer einzelnen Sinneswahrnehmung zusammensetzt, führen auch Itti und Koch 42 Analysekarten zusammen, legen sie übereinander und errechnen daraus eine einzige sogenannte *saliency map* (Abb. 22): eine Karte, deren Maximum erkennen lassen soll, welcher Punkt des Bildes am ehesten hervorsticht und damit unsere Aufmerksamkeit zuerst auf sich ziehen wird. Nach dem Maximum sollen in absteigender Reihenfolge, je nach Grad der Auffälligkeit, andere Punkte vorhergesagt werden, die nacheinander fokussiert werden.

Bei einer Überprüfung des Modells durch den Vergleich von berechneten Scanpfaden mit realen Scanpfaden von Probanden stellten Harding und Bloj fest, dass Itti und Kochs Berechnungsmethode nur eine begrenzte Vorhersagegenauigkeit erreicht. [130] Zwar könnten sie zeigen, dass das Modell Positionen und Reihenfolge der Zuordnung visueller Aufmerksamkeit besser vorhersage als ein Zufallsmodell, aber eine verlässliche Vorhersage der Scanpfade ergebe sich nicht. Den Grund dafür sehen Harding und Bloj darin, dass das Modell nur eine reizabhängige Selektion[131] berücksichtige - also nur davon ausgehe, welche Reize durch ihr visuelles Hervorspringen die größte Aufmerksamkeit auf sich zögen. Andere Faktoren, welche mit für die Steuerung der Augenbewegungen und der Zuordnung von Aufmerksamkeit verantwortlich seien, blieben dabei unbeachtet.[132]

---

[129] Grundlegend für dieses Verständnis der Verarbeitung visueller Information ist die Arbeit von Hubel und Wiesel. Sie fanden die ursprünglichen Hinweise darauf, dass visuelle Reize in unterschiedlichen Bereichen des Gehirns getrennt voneinander verarbeitet werden. Die einzelnen Bereiche haben unterschiedliche Aufgaben. So sind beispielsweise einige Bereiche für Linien von bestimmter Orientierung verantwortlich. Der Vergleich des Auges mit einer Kamera wurde damit unmöglich. Vgl. hierzu: Hubel, Wiesel (1979).

[130] Harding, Bloj (2010).

[131] In der Literatur als „saliency based bottom-up" Modell bezeichnet.

[132] „While Itti and Koch's saliency model has been shown to predict fixation locations better than random models […], it clearly cannot account for all the factors that appear to drive eye movements and therefore can only have limited success. New models that take into account factors other than bottom-up saliency are required to improve applications such as those in

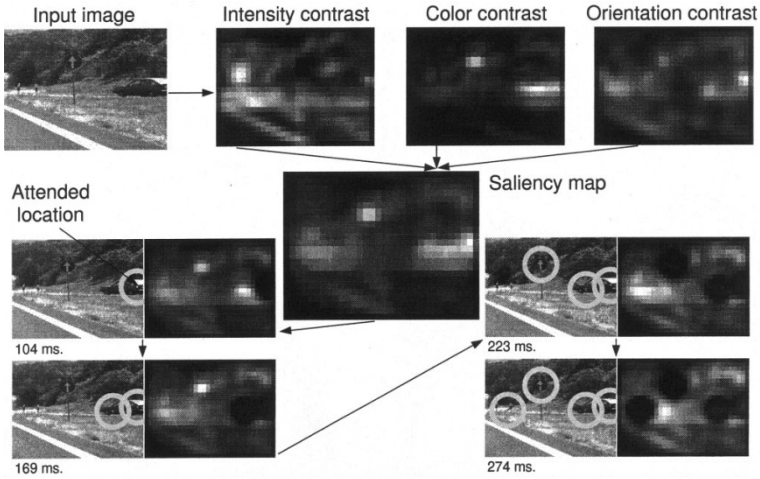


Abb. 22: Beispiel für das Erstellen einer saliency map bei Itti & Koch für ein bestimmtes Foto (oben links) anhand der Analyse von Intensitätskontrast, Farbkontrast und Orientierungskontrast. Die saliency map entsteht durch die Überlagerung der Analysen der Intensität, Farbe und Orientierung. Daraus ergeben sich die Bereiche, die im Bild am deutlichsten hervorspringen und es werden Prognosen errechnet, in welcher Reihenfolge nacheinander die vier Punkte fokussiert werden.

computer graphics.“ Harding, Bloj (2010) S. 15. Die Autoren verweisen dabei auch auf Foulsham, Underwood (2008).

Einer dieser unbeachteten Faktoren ist beispielsweise, dass die Zuordnung der visuellen Aufmerksamkeit sich nicht notwendigerweise mit dem visuellen Fokus decken muss. Das Gehirn kann die Aufmerksamkeit auch auf Bereiche im Sichtfeld richten, welche nicht fokussiert werden. Im Gegensatz zu der offensichtlichen (*overt*), spricht man dabei von einer verdeckten (*covert*) Selektion. [133] Wieder eignet sich das Autofahren als geeignetes Beispiel zur Verdeutlichung: Der visuelle Fokus - die Ausrichtung der Augen - des Fahrers ist nicht unbedingt der alleinige Fokus der Aufmerksamkeit, sondern auch das überholende Fahrzeug in der Peripherie des Sichtfelds wird beachtet, dessen Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung wird verfolgt und eingeschätzt, während der Blick gleichzeitig geradeaus gerichtet ist.
Der wesentlich bedeutendere Faktor jedoch, den Itti und Koch in ihrem Modell nicht berücksichtigen können, ist der Einfluss der individuellen Erfahrungen auf die Zuordnung von Aufmerksamkeit. Sehr deutlich erforscht wurde dieser Einfluss bislang anhand der Vergleiche von Profisportlern mit Laien. Diese Studien werden im folgenden Kapitel genauer besprochen. [134]
Aber nicht nur durch sportliches Training, sondern auch durch prägende Erlebnisse werden von Person zu Person unterschiedliche Aspekte unsere Aufmerksamkeit bevorzugt erregen, wie einige Studien zeigen konnten.[135]
Auf Basis ihrer Übersicht über existierende neurologische Modelle zum Einfluss individueller Faktoren auf die Wahrnehmung schließt auch die Kunsthistorikerin Nina Zschocke:

---

[133] „Visual attention is the mechanism the nervous system uses to highlight specific locations, objects or features within the visual field. This can be accomplished by making an eye movement to bring the object onto the fovea (overt attention) or by increased processing of visual information in neurons representing more peripheral regions of the visual field (covert attention). " Bisley (2011) S.49. Auch Rudolf Arnheim bezweifelt die Aussagekraft von Scan-Pfaden: „Im Übrigen gibt es jedoch kaum einen Zusammenhang zwischen den Bahnen und Richtungen der Augenbewegungen und der aus diesem Abtasten hervorgehenden Wahrnehmungsstruktur des endgültigen Bildes." Arnheim (2000) S.90.

[134] Zur Expertiseforschung an Sportlern siehe u.a.: Abernethy (1988), Abernethy, Zawi & Jackson (2008) . Für den Einfluß von Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis auf die Selektion siehe Soto, Llewelyn & Silvanto (2012).

[135] Vgl. hierzu: Desimone, Duncan (1995). Sowie: Zschocke (2006) S.52-55.

Abb. 23: Die roten Mäntel in „Wenn die Gondeln Trauer tragen“. Oben: Der Ertrinkungstod von Baxters Tochter. Unten: Baxter folgt der kleinwüchsigen Mörderin und wird ihr Opfer.

> „Auch in alltäglichen Szenen liegen der visuellen Suche - wenn auch in vielen Fällen stark automatisiert und daher weniger bewusst […] - aus vorausgehenden Erfahrungen oder aus Handlungszielen hervorgegangene Erwartungen in Form von mehr oder weniger klar definierten Zielen zugrunde. So ist also davon auszugehen, dass auch im Alltag gespeicherte Repräsentation von kurz zuvor gesehenen Objekten und auch von Objekten, die in ähnlichen Situationen zu einem früheren Zeitpunkt gesehen wurden, die jeweils aktuelle Wahrnehmung (und auch die folgende, höherstufige Interpretation des Gesehenen) beeinflussen."[136]

Mit diesem Phänomen arbeitet beispielsweise Nicolas Roeg in seiner Literaturverfilmung „Wenn die Gondeln Trauer tragen" [137] (Abb. 23). Der Film zeigt zu Beginn den Ertrinkungstod der Tochter des Archäologen John Baxter. Die Tochter wird von dem verzweifelten Vater tot aus dem Gewässer geborgen. Sie trägt ein rotes Regenmäntelchen. Einige Zeit nach diesem Schicksalsschlag befindet sich das Elternpaar für einen Restaurierungsauftrag in Venedig, das zur selben Zeit von einer unheimlichen Mordserie heimgesucht wird. Immer wieder huscht eine kleine Gestalt durch die Szenen, die ebenfalls ein rotes Mäntelchen trägt und auch in ihrer Statur einem kleinen Mädchen gleicht. Durch die persönliche, prägende Erfahrung - in der besonderen Kombination von rotem Mäntelchen, kleiner Gestalt und Wasser - ist Baxter besonders konditioniert, dieser Gestalt seine Aufmerksamkeit zu widmen. Ihm allein und mit ihm auch dem Filmzuschauer[138] fällt sie immer wieder auf. Indem er der Gestalt folgt und schließlich selbst zum Opfer der

---

[136] Zschocke (2006) S.55. Und Bettina Lemke vom Deutschen Institut für Erwachsenenbildung schreibt dazu in einem anderen Zusammenhang: „Beim impliziten Gedächtnis werden Menschen von vergangenen Erlebnissen beeinflusst, ohne sich darüber bewusst zu sein, dass es sich um einen Erinnerungsprozess handelt." Lemke (2003) S.75.

[137] Der Film „Wenn die Gondeln Trauer tragen" basiert auf der Kurzgeschichte „Don't look now" von Daphne Du Maurier. Vgl. hierzu: Du Maurier (1971). In der Kurzgeschichte wird die Farbe des Mantels von Baxters Tochter und der kleinwüchsigen Mörderin nicht spezifiziert. Diese Verbindung der beiden Personen durch eine farbliche Markierung vorzunehmen, war also eine Entscheidung von Nicolas Roeg, dem Regisseur. „Don't look now" ist auch der Originaltitel des Films. Vgl. hierzu: Roeg (1973).

[138] „Anyone who has seen Nicolas Roeg's 1973 film Don't Look Now will remember that little red coat." Bradshaw (2011).

kleinwüchsigen Mörderin wird, wird ihm diese besondere Konditionierung zum Verhängnis.

Die Zuordnung von Aufmerksamkeit ist zusammenfassend einerseits davon abhängig, welche Informationen wir in einer bestimmten Situation benötigen, um aktuelle Aufgaben zu erfüllen, Entscheidungen zu treffen oder zu reagieren, andererseits von unserer momentanen geistigen Verfassung und unserer individuellen Prägung und Konditionierung.[139] Für die Neurowissenschaften manifestieren sich diese Abhängigkeiten als ein komplexes Zusammenspiel von Prozessen in unterschiedlichen Gehirnarealen, bei denen die visuellen Informationen intern um die größte Aufmerksamkeit konkurrieren. Die Neurowissenschaftlerin Jacqueline Gottlieb formuliert eine neurowissenschaftliche Definition von Aufmerksamkeit wie folgt: „In its broadest definition, attention is a mechanism, or a family of mechanisms, by which multiple behavioral demands are synthesized and brought to bear onto covert perceptual analysis and overt action."[140] Eine verlässliche Vorhersage der Zuordnung von Aufmerksamkeit ist infolge des komplexen Zusammenspiels dieser unterschiedlichen Faktoren zumindest gegenwärtig noch nicht möglich.

Eine wesentliche Erkenntnis, die aus diesem Forschungsbereich für die Interaktion mit unserer Umgebung gewonnen werden kann ist, dass ein großes Spektrum an Reizen aus unserer Umgebung weiterverarbeitet wird und zu Wahrnehmungen führt, ohne dass es bewusst wird. Aus einem impliziten Dialog mit einer Fülle von Informationen aus unserer Umgebung wird nur wenigen ausgesuchten und vorgeprüften Elementen bewusste Beachtung

---

[139] Vgl. hierzu: Desimone, Duncan (1995).

[140] Gottlieb (2007) S.14. Übersetzung durch den Verfasser: „In seiner weitesten Definition ist Aufmerksamkeit ein Mechanismus oder eine Familie von Mechanismen, durch die vielfältige Anforderungen an das Verhalten zu einer Synthese vereint und in verdeckte perzeptuelle Analyse und offensichtliche Aktion umgewandelt werden." Vgl. hierzu auch: Behrmann, Haimson (1999).

geschenkt. Obwohl die impliziten Wahrnehmungen nebenbei im Hintergrund ablaufen, haben sie Auswirkungen auf unser Verhalten. Das Gehirn wird in diesem Prozess zu einem unabhängigen Akteur, wie dieses weitere Zitat von Gottlieb zeigt:

> „Consider an attentionally demanding activity such as driving a car on a busy road. To be successful at this task, the brain must constantly monitor the external world: it must survey the visual environment, singling out significant objects such as nearby cars, pedestrians, or traffic lights; and it must physically orient and reorient the eyes to any new or significant object in the scene."[141]

Die Fähigkeit, so unabhängig von unserer bewussten Aufmerksamkeit zu agieren, hat das Gehirn jedoch nicht von Geburt an. Das folgende Kapitel beschäftigt sich damit, wie automatische Abläufe durch unterschiedlichste Lernprozesse erst allmählich gelernt werden. Dabei spielt auch die Beschaffenheit der Umgebung und somit der Architektur eine bedeutende Rolle.

[141] Gottlieb (2007) S.9. Übersetzung durch den Verfasser: „Stellen Sie sich eine Aktivität vor, die Aufmerksamkeit erfordert, wie beispielsweise, auf einer befahrenen Straße Auto zu fahren. Um diese Aufgabe erfolgreich zu meistern, muss das Gehirn die externe Welt ständig beobachten: Es muss die visuelle Umgebung überwachen, bedeutende Objekte wie Autos, Fußgänger oder Ampeln in der unmittelbaren Umgebung ausfindig machen; und es muss die Augen physisch auf neue oder bedeutende Objekte in der Szene immer wieder neu ausrichten."

Abb. 24: Fußballprofis Lionel Messi (re.) und Álvaro Arbeloa (li.) im Zweikampf.

2.3 Lernen durch Üben und Spielen

Die Psychologie nennt eine Fähigkeit, welche durch gezielte Übung über mindestens 10 Jahre erlernt wurde ‚Expertise'. [142] In der dazugehörigen Expertise-Forschung wird insbesondere durch den Vergleich von Spitzen- mit Laiensportlern untersucht, wie mittels Übung komplexe Erkennungsaufgaben, Handlungsabläufe und Koordinationsaufgaben in das motorische und kognitive Repertoire des Körpers übergehen und automatisch, sicher und schnell ausgeführt werden können. [143] Beispielsweise im Fußball: Abb. 24 zeigt zwei Fußballer in einem Augenblick des Zweikampfs. Die Augen beider Spieler sind auf den Ball gerichtet. Während der kleinere Lionel Messi jedoch versuchen wird, entweder den Ball zielgerichtet am großen Verteidiger Álvaro Arbeloa vorbeizuschießen oder ihn aber mit Ball zu passieren, wird jener versuchen, das zu verhindern und den Ball seinerseits unter Kontrolle zu bekommen oder abzuwehren. In dieser Momentaufnahme scheint es, als ahme der Verteidiger wie ein Tänzer die Bewegung des Angreifers nach, um den eigenen Körper in den gleichen Bewegungsablauf zu versetzen und dadurch besser vorfühlen zu können, welche Bewegung dieser als nächstes ausführen wird. [144]

Anhand diverser Studien wird deutlich, dass Training bei Spitzensportlern wie diesen Fußballspielern neben einer Steigerung der motorischen Fähigkeiten auch eine Steigerung des spezifischen Wahrnehmungsvermögens mit

---

[142] Vgl. hierzu: Ericsson, Krampe & Tesch-Römer (1993). Im Englischen wird gezielte Übung als *deliberate practice* bezeichnet.

[143] Eine Studie von Barker, Allen & McGeorge weist unter anderem darauf hin, dass sich auch bei Tätigkeiten des Beobachtens eine Expertise entwickeln kann. Sie konnten zeigen, dass sich die räumliche Interpretation von Konstellationen auf dem Radarschirm durch Übung verbesserte. Vgl. hierzu: Barker, Allen & McGeorge (2010).

[144] Zum Thema der Ähnlichkeit zwischen Tanz und Fußball publizierte die Soziologin Gabriele Klein 2009 den Essay „Fußball als Choreographie. Zum Verhältnis von spielerischer Interaktion und tänzerischer Improvisation". Klein (2009) . Der Berliner Kunsthistoriker Horst Bredekamp vergleicht in seinem Aufsatz „Fußball als letztes Gesamtkunstwerk" Fotografien von Weltmeisterschaftspartien mit bedeutenden Kunstwerken. Bredekamp (1982).

sich bringt. Und umgekehrt, dass das spezifische Wahrnehmungsvermögen mit zu einer solch außergewöhnlichen Fähigkeit beiträgt.[145] Für die Entscheidung eines Zweikampfes wie in Abb. 24 ist es tatsächlich von großer Bedeutung, die Bewegungen des Gegenspielers vorhersagen zu können, und die dafür entscheidenden Signale wahrnehmen zu können.
Mit der Vorhersage der gegnerischen Aktion am Beispiel von Badminton-Spielern beschäftigt sich auch eine Studie aus dem Jahr 2008, die die Fähigkeiten von Laien und Experten vergleicht, Richtung und Kraft des gegnerischen Schlags richtig einzuschätzen.

> „In order to predict successfully where an opponent is about to hit the next stroke in badminton, and to move quickly to the desired interception point to hit a return stroke, it is necessary to predict quickly and accurately not only the direction but also the depth of the opponent's stroke. Variation in stroke depth is typically achieved by the attacking player varying the force applied to the shuttle at impact. Such variation, however subtle, necessitates some changes in the underlying stroke kinetics and, in turn, in the observable stroke kinematics. Obviously, early and heightened sensitivity to these kinematic changes may afford the player an advantage in responding."[146]

In dieser Studie konnten Abernethy, Zawi & Jackson zeigen, dass Profis bei der Beobachtung für ihre Vorhersage von Richtung und Reichweite des geg-

---

[145] „In the perceptual-motor domain, two sets of tasks - tasks measuring memory recall and tasks measuring anticipation capability - most consistently and reliably show performance gradients that are directly related to skill level." Abernethy, Zawi & Jackson (2008) S.931.

[146] Abernethy, Zawi & Jackson (2008) S.933. Übersetzung durch den Verfasser: „Um beim Badminton erfolgreich vorhersagen zu können, wohin ein Gegner den nächsten Schlag lenken wird, und sich schnell zu dem anvisierten Kreuzungspunkt zu bewegen, um den Schlag zu erwidern, ist es notwendig, schnell und akkurat nicht nur die Richtung, sondern auch die Reichweite des gegnerischen Schlages vorherzusagen. Eine Variation der Schlagreichweite wird typischerweise dadurch erreicht, dass der angreifende Spieler die Kraft variiert, die er beim Schlag auf den Ball ausübt. Solch eine Variation, wie subtil sie auch sein mag, bringt einige Änderungen in der zugrunde liegenden Bewegung mit sich und damit auch in dem sichtbaren Bewegungsablauf beim Schlag. Es ist offensichtlich, dass dem Spieler eine frühe und erhöhte Sensibilität für diese Änderungen in der Bewegung einen Vorteil für seine Reaktion bringt."

nerischen Schlags weniger Informationen benötigten und ihren Aufmerksamkeitsfokus auf andere Punkte am Körper des Gegners richteten als Laien. Vergleicht man die Ergebnisse unterschiedlicher Studien in der Expertise-Forschung, so zeigt sich, dass sich die trainierten Fähigkeiten in sehr subtilen Unterschieden und Verschiebungen von Sportart zu Sportart unterscheiden. Fußballprofis, so konnte die Sportpsychologin Caterina Pesce beispielsweise zeigen, können den Fokus ihrer Aufmerksamkeit sehr schnell von einem lokalen Fokus auf eine globale Überwachung verschieben - eine Fähigkeit, die im Spiel mit dem Umschalten von Zweikampf auf Spielübersicht korrespondiert. Dieselben Profis schnitten bei der Reaktionsschnelligkeit auf rein lokale Ziele im Test jedoch schlechter ab als Laien.[147] Ein spezifisches Training – so wird deutlich - bewirkt spezifische Wahrnehmungsfähigkeiten. Vermutet wird, dass diese Verknüpfung auch daraus resultiert, dass das Gehirn beim Prozess der Wahrnehmung auf die gleichen Informationen zugreift wie beim Ausführen einer Bewegung. So wurde unter anderem gezeigt, dass die motorischen Areale von Tänzern bei der Beobachtung von Bewegungen, die sie selbst beherrschen, weit stärker angeregt wurden als wenn Nicht-Tänzer diese ihnen unbekannten Bewegungen beobachteten.[148] Ein Profifußballer - so lässt sich schließen - ist demnach besser in der Lage, die Bewegung seines Gegenübers nachzuempfinden und entsprechend zu antizipieren als ein Laie.

---

[147] Vgl. hierzu: Pesce u.a. (2007).

[148] Calvo-Merino u.a. (2005). Für ein solches Mitempfinden werden die sogenannten Spiegelzellen verantwortlich gemacht. Vgl. hierzu: Rizzolatti, Matelli (2003) . Darauf genauer einzugehen, würde hier vom Thema ablenken. Allerdings lässt sich leicht vorstellen, dass diese Spiegelzellenforschung nicht unerhebliche Implikationen für einige Wissenschaftsdisziplinen mit sich bringt. Unter anderem wurde der amerikanische Kunsthistoriker David Freedberg dadurch dazu bewegt, zusammen mit dem Spiegelzellenforscher Vittorio Gallese einige Thesen aufzustellen, die die Theorie vom körperlichen Miterleben durch das Betrachten auf die Kunstrezeption übertragen. Aus den Tropfbildern Jackson Pollocks wird dabei für den Betrachter das Erlebnis der Bewegung, die für die Entstehung des Bildes verantwortlich ist. Vgl. hierzu: Freedberg, Gallese (2007).

Im Allgemeinen überraschen diese Ergebnisse nicht. Sie bestätigen eine offensichtliche Abhängigkeit von Übung und Können. Neben der Ausbildung körperlicher Fähigkeiten betont die Expertiseforschung jedoch auch die Rolle der Wahrnehmungsfähigkeiten für eine Expertise. Bemerkenswert ist dabei, dass ein Großteil der relevanten Wahrnehmungen dabei unbemerkt und automatisch vor sich geht. So könnten bei der oben genannten Studie die Badmintonprofis in den seltensten Fällen benennen, wohin sie ihren Aufmerksamkeitsfokus bei der Beobachtung des Gegners lenken. Auch die Auswertung der Beobachtung des Gegners ist kein bewusster, sondern ein impliziter, automatischer Vorgang.[149] Eine bewusste Überlegung wäre im schnellen Ablauf eines Wettkampfs sogar hinderlich. Die Vorhersage ist zwar dem Bewusstsein insofern zugänglich, als sich daraus eine Reaktion ergibt (der Spieler bewegt sich zu einem bestimmten Punkt, um den Ball zurückspielen zu können). Aber die Art und Weise, wie der Experte sie besser treffen kann als der Laie, bleibt dem Bewusstsein verborgen.

Während sich die Expertise-Forschung mit dem Lernen und Können von sogenannten Experten beschäftigt, die eine Tätigkeit über einen Zeitraum von mehreren Jahren gezielt trainiert haben[150], trifft das Phänomen der Expertise in ähnlicher Weise auch auf Fähigkeiten zu, die im Alltäglichen gefragt sind, wenn wir beispielsweise „in große Schwierigkeiten geraten, die

---

[149] Eine der größten, automatisierten Expertisen, welche die meisten Menschen entwickelt haben, ist das Erkennen von Gesichtern. Es wird davon ausgegangen, dass diese Fähigkeit deshalb so gut entwickelt wird, weil sie für unsere soziale Interaktion sehr wichtig ist. Vgl. hierzu: Farivar (2009) S.145. Michael J. Tarr and Yi D. Cheng konnten feststellen, dass die Präzision und Schnelligkeit beim Erkennen von Objekten auch durch eine gewisse Expertise beeinflusst wird. Vgl. hierzu: Tarr, Cheng (2003).

[150] Das Aneignen von Fähigkeiten durch das gezielte Üben ist durch unterschiedliche Strategien möglich. So konnte u.a. gezeigt werden, dass eine rein gedankliche Übung zur Steigerung von Muskelkraft beitragen kann. Vgl. hierzu: Yue, Cole (1992) . Diese Studie beschreibt auch Chris Frith in: Frith (2007) S.106. Chris Frith ist Professor für Neuropsychologie am University College in London und beschäftigt sich in diesem Buch aus Sicht der Neuropsychologie mit dem Verhältnis zwischen *mind* und *brain*, also zwischen unserer Geisteswelt und dem Gehirn.

schnelle Lösungen erfordern, wie zum Beispiel eine komplizierte Situation im Straßenverkehr. Wir greifen sofort auf ein großes Repertoire von Verhaltensreaktionen zurück, die wir erlernt und eingeübt haben, und wir wählen eine aus, ohne daß wir viel darüber nachdenken. Ohne vorherige Übung wäre dies nicht möglich."[151]

Das hier schon vielfach bemühte Beispiel des Autofahrens unterscheidet sich insofern von der Expertise eines Spitzensportlers, als es meist nicht gezielt über mehrere Jahre trainiert wird. Nach kurzem Training in der Fahrschule und bestandener Fahrprüfung wird das Autofahren schnell etwas Alltägliches, das bei vielen Menschen unbewusst ausgeführt wird. Ähnlich wie das Autofahren eignen wir uns im Laufe der Zeit viele Fähigkeiten nebenbei an, die von unserem Gehirn automatisch gesteuert werden. Darunter fallen sowohl das Treppensteigen wie auch das Türöffnen[152] bis hin zu Fähigkeiten, deren wir uns nie bewusst werden. Diese beiden Arten des Lernens unterscheidet Bettina Lemke vom Deutschen Institut für Erwachsenenbildung so: „Routinehandlungen bei der täglichen Ausführung sind weitestgehend unterbewusst, doch waren sie im Lernstadium teilweise bewusst und können es auch bei Veränderungen sein, auch wenn die Möglichkeit besteht, dass sie von Anfang an implizit erworben worden sind, also niemals bewusst waren."[153] „Implizites Lernen" so schreibt sie weiter, „bezeichnet den Vorgang des Erwerbs von Wissen ohne Beteiligung bewusster Prozesse. Für Arthur Reber, den Entdecker impliziter Lernprozesse, ist implizites Lernen dadurch gekennzeichnet, dass der Erwerb des Wissens beiläufig geschieht, d. h. ohne Absicht, und dass das Ergebnis dieser Prozesse zu einer nichtbewussten Wissensbasis führt."[154]

---

[151] Das Zitat stammt von Wolf Singer, Leiter des Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt am Main. In: Singer, Ricard & Warmuth (2008) S.37.

[152] Vgl. hierzu: Capranica u.a. (2004).

[153] Lemke (2003) S.72.

[154] Lemke (2003) S.78. Zu *implicit learning* vgl. auch: Frith (2007) S.92. Mit diesem Forschungsbereich beschäftigt sich unter anderem der Berliner Psychologe Peter A. Frensch und

Daraus ergibt sich: der größte Teil unserer Fähigkeiten muss - bewusst oder implizit - durch Übung gelernt werden. Auch hierbei gilt, dass nicht nur die automatische Koordination von Bewegungen dazugehört, sondern auch die notwendige Wahrnehmung. Insbesondere unsere Wahrnehmungsfähigkeiten sind also auf irgendeine Form der Übung und des Trainings zurückzuführen, welches bewusst oder unbewusst in der Interaktion mit unserer Umgebung stattfindet. In den einleitenden Sätzen seines Essays „Hirnentwicklung und Umwelt" schreibt Wolf Singer dazu: „Inzwischen gilt es als gesichert, daß das Gehirn höherer Tiere und insbesondere des Menschen seine vielfältigen Leistungen nur im Wechselspiel mit der Umwelt voll entwickeln und entfalten kann."[155] Singer geht demnach davon aus, dass auch die Fähigkeit, visuelle Reize sinnvoll zu verarbeiten nicht angeboren ist. Dabei verweist er auf das Beispiel von Kleinkindern, deren Sehfähigkeit durch eine Infektion der Augen verloren gegangen war. Ihnen konnte durch die inzwischen weiterentwickelte Operationstechnik teilweise erst im Schulalter geholfen werden. Bei der Operation wurde die Funktionsweise des Auges zwar wieder voll hergestellt, aber die Kinder konnten dennoch nichts sehen. Ihr Gehirn „blieb unfähig, die von den Augen wieder einwandfrei übermittelten Signale zu verarbeiten."[156]

Was Singer beschreibt weist darauf hin, dass sich erst in einer kritischen nachgeburtlichen Phase die Verarbeitungs- und Interpretationsmechanismen des Gehirns entwickeln. Wahrnehmung muss in dieser Periode erst erlernt werden. Geschieht das nicht, bleiben wie im Beispiel der Kinder visuelle Reize unzusammenhängende Informationen, die sie nicht zu einer sinnvollen Wahrnehmung wie Gesichtern, Räumen und Objekten verarbeiten konnten.

---

sein Mitarbeiter Robert Gaschler am Psychologischen Institut der HU Berlin. Vgl. hierzu u.a.: Gaschler u.a. (2012) und Schuck u.a. (2012).

[155] Singer (1987) S.186.

[156] Singer (1987) S.186.

„Was sich im Erwachsenenalter wahrnehmen lässt," so schreibt Singer, „hängt also entscheidend von der Art frühkindlicher Erfahrung ab."[157] Er vermutet, dass Wahrnehmung nur mithilfe komplexer visueller Reize aus der Umwelt effektiv geübt werden kann und deshalb im Mutterleib noch nicht vollständig entwickelt wird. Zur Erläuterung führt er das Beispiel der binokularen Wahrnehmung an: Die räumliche Information, die wir aus der Stellung der Augäpfel bei deren gemeinsamer Ausrichtung auf einen bestimmten Punkt im Raum gewinnen könnten, sei ohne eine detailreiche und in die Tiefe gestaffelte Szenerie als Trainingspartner nur schwer erlernbar. Das „Ausprobieren" sei für das Erlernen solch komplexer Fähigkeiten in der Realität der ökonomischste Weg, „wenn nicht sogar der einzig gangbare".[158] Aus dieser These leitet Singer schließlich einen Anspruch an die Qualität unserer Umgebung in der kritischen Phase der Kindheit ab:

> „Damit das Gehirn die zur Optimierung seines Repertoires erforderliche außergenetische Information gewinnen kann, muß die Umwelt, in die hinein es sich entwickelt, hinreichend differenziert sein. Ferner müssen die Interaktionsmöglichkeiten den Bedürfnissen des jungen Gehirns in seinen jeweiligen Entwicklungsphasen entsprechen und ihm - sofern kritische Phasen auch für die Entwicklung anderer Teilleistungen existieren - zu ganz bestimmten Zeiten vorrangig und ungestört verfügbar sein.
> In diesem Zeitraum sollten die jeweils relevanten Umweltbedingungen hinreichend konstant bleiben, damit eindeutige Zuordnungen möglich

[157] Singer (1987) S. 186.

[158] Singer (1987) S.197. Aus einer architekturtheoretischen Perspektive heraus argumentiert Steen Eiler Rasmussen schon 1959, dass es der Erfahrung im Umgang mit Materialien und ihrem Verhalten bedarf, um diese auf das Tragverhalten von Gebäuden übertragen zu können. Maßgeblich würden wir das als Kinder beim Umgang mit Geräten erlernen. Weiches und Hartes, Schweres und Leichtes, Gespanntes und Schlaffes könne man gut nachempfinden, wenn man beispielsweise schon mal einen Bogen gespannt, Knete geformt, schwere Steine geschleppt habe. Auch Rasmussen vermutet, dass dieses Erlernen nicht nur einen bewussten, reflektierten Anteil hat, sondern auch einen körperlichen, unmittelbaren: „Aber selbst wenn er es nicht ausdrücken konnte, hat er es jedenfalls erlebt." Rasmussen (1980) S. 20-28.

> sind. Bloße unablässig wechselnde Anreicherung der Umwelt schafft noch keine optimalen Entwicklungsbedingungen."[159]

Was Singer in seinem Essay 1987 noch vermutet, ist inzwischen aus neurowissenschaftlicher Perspektive unbestritten: Die Kindheit ist für das Lernen das beste Lebensalter, da das menschliche Gehirn nach der Geburt am flexibelsten ist. In den ersten Lebensjahren werden viele der notwendigen Verarbeitungswege geschaffen, die Neuronen werden miteinander entsprechend ‚verschaltet', ein Prozess, der sich ca. bis zum 20. Lebensjahr vollzieht und dann weitestgehend abgeschlossen ist. Danach ergeben sich Anpassungen an neue Bedingungen im Gehirn eher durch den Ausbau oder die Abschwächung bestehender Verarbeitungswege,[160] eine gewisse Kapazität zum Umbau und Neubau des Gehirns bleibt jedoch auch nach dem 20. Lebensjahr über das ganze Leben hinweg erhalten: Vor etwa 20 Jahren wurde beispielsweise festgestellt, dass auch zu Lebzeiten im menschlichen Gehirn neue Nervenzellen geboren werden, die in die Funktionsstrukturen des Gehirns integriert werden können. Eine Studie am *Salk Institute* legt nahe, dass diese Zellen für eine Verfeinerung der räumlichen Orientierung genutzt werden.[161] Die Integration dieser neuen Zellen in das Gehirn findet wiederum, so wie im frühkindlichen Stadium, in der direkten Interaktion mit der Umgebung statt. Fred Gage, einer der beteiligten Forscher am *Salk Institute* findet hier in einem Vortrag bei der *Academy for Neuroscience for Architects* eine direkte Verbindung zur Architektur: „If the brain is the structure that controls behavior and now I am finding out that the environment that we live in can change the structure of our brain - then architects are changing our

[159] Singer (1987) S.199. Singer unterstreicht diese Folgerung durch den Verweis auf Versuche, in welchen Katzen eben solch differenzierte Umgebungen vorenthalten wurden, was dazu führte, dass Sie nicht lernten, bestimmte Reize richtig zu verarbeiten. Ein Schaden, der später nicht wieder umkehrbar war.

[160] Vgl. hierzu: Singer, Ricard & Warmuth (2008) S.30-31.

[161] Vgl. hierzu Clelland u.a. (2009).

brain."[162] Unterstützung erhält diese Argumentation von einer Studie zur Bildung neuer Nervenzellen (sogen. ‚Neurogenesis') bei älteren Ratten:

> „Bei Ratten, die in einer einfachen Pappschachtel gehalten werden, vermehren sich die Nervenzellen kaum noch. Setzt man sie jedoch in eine Art Rattenvergnügungspark mit Laufrädern, Röhren und einigen netten Artgenossen, dann weist ihr Gehirn binnen eines Monats eine starke Neurogenese auf. Man könnte das als ‚halbpassive' Beschäftigung mit der Welt bezeichnen."[163]

Die Schlussfolgerungen aus diesen Untersuchungen zu den Mechanismen des Lernens sind naheliegend: Zunächst wird offensichtlich, dass sich die räumliche Umgebung und damit auch die Architektur sowohl im Kindes- wie im Erwachsenenalter beständig auf die Fähigkeiten unseres Gehirns auswirkt. Es konnte gezeigt werden, wie unser Gehirn und damit unsere Fähigkeiten durch die Interaktion mit der Umgebung trainiert werden. An diesem Lernen und Trainieren ist offenbar auch der Großteil der Informationen aus unserer Umgebung beteiligt, den unser Gehirn ohne unsere bewusste Aufmerksamkeit verarbeitet. Auch diese impliziten Wahrnehmungen wirken sich demnach sowohl kurz- wie auch langfristig auf unsere Denken, Handeln und Tun aus. Von dem konzentrierten Training beim Spitzensport, über das spielerische Ausprobieren bis hin zur geistesabwesenden Wiederholung alltäglicher Situationen tragen unterschiedliche Strategien zur Aneig-

---

[162] Gage (2009). Transkribiert und übersetzt durch den Verfasser: „Wenn das Gehirn die Instanz ist, die unser Verhalten kontrolliert. Und jetzt finde ich heraus, dass die Umgebung, in der wir leben, die Struktur unseres Gehirns verändern kann, dann verändern Architekten unser Gehirn."

[163] Matthieu Ricard in: Singer, Ricard & Warmuth (2008) S.29. Für die beschrieben Studie, siehe: Speisman u.a. (2013). Ziel solcher Studien ist die Entdeckung von Strategien, welche dazu beitragen können, die kognitiven Fähigkeiten des menschlichen Gehirns im Alter zu erhalten. Eine maßgebliche Ursache dafür, dass im Alter automatische Bewegungsabläufe wie das Treppensteigen wieder eine konzentrierte Aufmerksamkeit erfordern, wird in einem Verlernen der entsprechenden Gehirnleistungen vermutet. Vgl. hierzu auch: Capranica u.a. (2004).

nung spezifischer Wahrnehmungsfähigkeiten bei, die entsprechend bei jedem unterschiedlich ausgeprägt und trainiert sind.
Somit hängt auch das Meistern einer alltäglichen Situation, in der wir beispielsweise geistesabwesend einen U-Bahnhof durchqueren, ähnlich wie die automatische Reaktion eines Badminton- oder Fußballspielers, maßgeblich von unserem Können, d.h. von erlernten Wahrnehmungs- und Handlungsabläufen ab. Erst wenn wir das Wahrnehmen von und Navigieren durch Räume ausreichend geübt haben, können wir dieses Wissen implizit anwenden. Im weiteren Sinne ist die Interaktion mit Architektur somit vergleichbar mit einem Zweikampf im Fußball: Beide Situationen sind geprägt von Wahrnehmung, Antizipation, Interpretation und Reaktion, die bewusst gesteuert oder automatisiert abgerufen werden. Unabhängig davon, worauf wir unsere bewusste Aufmerksamkeit in diesem Moment richten, befindet sich unser Wahrnehmungssystem in beständiger Interaktion mit seinem Gegenüber, ob das ein sich bewegender Fußballer oder eine unbewegliche räumliche Struktur ist.
Architektur ist damit auch eine Art Übungspartner des Organismus, der durch seine Form und Struktur unsere Wahrnehmungsfähigkeiten mitprägt. Durch die Wahrnehmung werden wir in gewisser Weise zu Experten bestimmter Umgebungen. Auch wenn wir uns dessen also nicht bewusst sind, macht es einen Unterschied, welche Räume wir zerstreut durchqueren, wo wir uns in ein Buch oder in eine Unterhaltung vertiefen. Daraus folgt, dass jeder Mensch seine individuelle Raumwahrnehmungsexpertise in eine neue Umgebung mitbringt und diese seine Expertise wiederum beeinflussen wird.
Bevor nun der Versuch angegangen werden kann, eine solche implizite Architekturwahrnehmung zu beschreiben und die Frage zu beantworten, welches neue Verständnis von der Bedeutung architektonischer Form und Struktur dadurch entstehen kann, muss noch vertiefend der Frage nachgegangen werden, welche Qualität implizite Wahrnehmungen erreichen können: Ob sie aus psychologischer Sicht in ihrem Informationsgehalt und Detailgrad mit einer bewussten Wahrnehmung vergleichbar sind und bis zu welcher räumlichen Komplexität und welchem Detailgrad insbesondere

auch architektonische Form und Struktur innerhalb der hier beschriebenen beständigen, impliziten Interaktion mit der Umgebung verarbeitet werden. Diese Fragestellung wird im nächsten Kapitel untersucht werden.

2.4 Wie viel wir implizit wahrnehmen

> „Some have argued that all information processing can, at least in principle, operate without conscious experience, and that consciousness may thus be of a different nature. This view goes along with the hypothesis that nonconscious processes can achieve the highest levels of representation."[164]

Im vorangegangenen Kapitel wurde das unwillkürliche, in Fleisch und Blut übergegangene „Können" unseres Nervensystems diskutiert, das die Frage aufwirft, wie die Struktur unseres Gehirns ein solches „Schattenwissen" ermöglicht und bis zu welchem Detail eine implizite Wahrnehmung geht. Eine Annäherung an dieses Thema bietet die sogenannte *two stream hypothesis,* eine These, die den Verarbeitungswegen visueller Information im Gehirn - dem dorsalen und ventralen Gehirnstrom - unterschiedliche Aufgaben zuschreibt. [165]

---

[164] Berlin (2011) S.6. Übersetzung durch den Verfasser: „Manche sprechen sich dafür aus, dass alle Informationsverarbeitung zumindest prinzipiell ohne bewusste Erfahrung ablaufen kann, und dass Bewusstsein deshalb von anderer Art sein könnte. Diese Sicht geht mit der Hypothese einher, dass nichtbewusste Prozesse den höchsten Grad an Repräsentation erreichen können."

[165] Während die Forschungen über zwei Verarbeitungswege von visuellen Reizinformationen ursprünglich auf die Arbeit von G.E. Schneider aus den 60er Jahren zurückgeht, hat sich dieser Bereich heute weit aufgefächert. Obwohl es auch Gegner der *two stream hypothesis* gibt, hat sie bis heute Bestand. In den genauen Aufgabenteilungen und vor allem der Interaktion zwischen diesen Strömen gibt es heute immer neue Ergebnisse und kleinere Korrekturen. Aus Gründen der Prägnanz stützen sich die hier aufgeführten Erkenntnisse im Wesentlichen auf Goodale und Milner, auf deren Arbeit die *two stream hypothesis* hauptsächlich basiert.

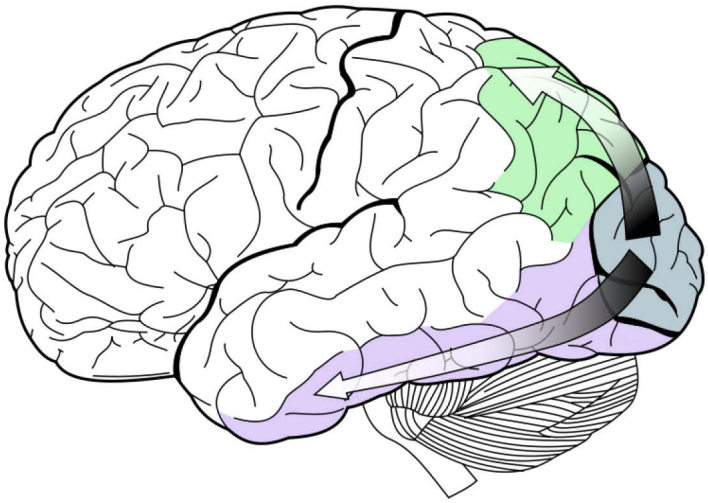


Abb. 25: ventraler (violett nach unten) und dorsaler (grün nach oben) Gehirnstrom.

Von der Retina aus wird der Großteil der visuellen Reize über die Sehnerven auf die Rückseite des Gehirns in die Sehrinde, die primäre visuelle Rinde (*primary visual cortex*) geleitet. Diese übermittelt die Informationen hauptsächlich entlang zweier Gehirnströme an andere Hirnareale, in welchen die Informationen weiterverarbeitet werden (Abb. 25). Diese werden als dorsal (‚zum Rücken hin gelegen') oder ventral (‚zum Bauch hin gelegen') bezeichnet. Die beiden Neurologen Melvin A. Goodale und A. David Milner begründeten 1992 die sogenannte *two stream hypothesis* mit der These, dass der ventrale Strom dafür verantwortlich sei, Objekte in unserer Umgebung zu identifizieren, zu benennen und zu beschreiben, während der dorsale Strom dafür verantwortlich sei, Informationen über die Entfernung, Größe und Orientierung von Objekten in unserer Umgebung zu sammeln. [166] Entsprechend bezeichneten sie den ventralen Strom auch als ‚Was'-, den dorsalen als ‚Wie'-System. [167] Gleichzeitig stellten sie fest, dass die Informationen, die der dorsale Strom erarbeitet, dem Bewusstsein nicht notwendigerweise zur Verfügung stehen, obwohl sie präzise Informationen über die Beschaffenheit unserer Umgebung enthalten.

Goodale und Milner stützen ihre These im Wesentlichen auf die vergleichenden Untersuchungen von Patienten mit Gehirnstörungen. Unter anderem beschrieben sie die Eigenarten einer Patientin mit Balint-Syndrom, das mit einer Schädigung des dorsalen Stroms und einer daraus resultierenden optischen Ataxie einherging. Solche Patienten haben Schwierigkeiten, Tätigkeiten auszuführen, die vom Sehen kontrolliert werden müssen. In diesem Fall konnte die Patientin Objekte auf Zeichnungen mühelos erkennen. Ihre Fähigkeit, Objekte in Ihrer Umgebung zu greifen war aber gestört: Das ‚Was' machte ihr keine Schwierigkeiten, aber das ‚Wie'.[168] Diesem Fall stellen Goodale & Milner das Beispiel einer anderen Patientin[169] mit einer Läsion im

[166] Vgl. hierzu: Goodale, Milner (1992).

[167] Vgl. hierzu: Goodale, Milner (1992) S.20-21.

[168] Vgl. hierzu Goodale, Milner (1992) S. 21. Und: Cardoso-Leite, Gorea (2010) S.90.

[169] Diese Patientin ist in der Literatur unter dem anonymisierenden Kurznamen DF bekannt.

ventralen visuellen System und einer daraus resultierenden visuellen Agnosie gegenüber: Während sie die Orientierung einer Linie oder eines Schlitzes sehr schlecht beschreiben konnte, fiel es ihr ganz leicht, einen Brief in den Schlitz zu stecken. [170] Sie konnte das ‚Was' nicht beantworten, das ‚Wie' bereitete Ihre jedoch keine Schwierigkeiten.

Solche Patienten mit einer visuellen Agnosie können also nicht beschreiben, was sie sehen, aber sie sehen es.[171] Die Bedeutung dieses Satzes wird durch eine weitere Untersuchung an gesunden Probanden klarer. In diesem Experiment zu visuell kontrollierten Bewegungen[172] sollten die Probanden mit ihrem Zeigefinger einem Punkt folgen, der plötzlich auf eine andere Position sprang. Manchmal veränderte der Punkt nach dem ersten größeren Sprung nochmals seine Position geringfügig, ohne dass der Proband dies bewusst sehen konnte. Das Ergebnis der Messungen zeigte unter anderem, dass die Genauigkeit der Zeigebewegung durch die unbemerkte zweite Positionsänderung des Punktes nicht beeinflusst wurde. Auch wenn sich der Punkt unbemerkt nochmals verschob, konnten die Probanden genauso präzise auf die neue Position deuten, als hätte es eine zweite Positionsänderung nicht gegeben. D.h. die Veränderung des Ziels wurde zwar gesehen und die Information wurde der Aktion des Deutens, dem ‚Wie' zur Verfügung gestellt, dem bewussten ‚Was' blieb sie jedoch verborgen.[173] Solche Studien führen in der

---

[170] Goodale, Milner (1992) S.24. Die Erkenntnisse aus den Studien an dieser Patientin DF wurden später angezweifelt, da die Läsionen ihres Gehirns nicht auf die für die Studie scheinbar relevanten Areale begrenzt waren, sondern auch andere Bereiche untypischer Aktivitätsmuster aufwiesen. Vgl. hierzu auch Cardoso-Leite, Gorea (2010) S.95.

[171] Ähnliche Fälle nutzt auch der schon zitierte Psychologe John F. Kihlstrom für seine Erörterungen impliziter Wahrnehmungsvorgänge. Vgl. hierzu: Kihlstrom, Barnhardt & Tataryn (1992).

[172] Wird in der meist englischsprachigen Literatur als *visually guided action* bezeichnet.

[173] Vgl. hierzu: Goodale, Milner (1992) S.24 und Goodale, Pelisson & Prablanc (1986) . Damit die Veränderung der Position des Zeigeziels nicht wahrgenommen werden konnte, wurde das Ziel während einer Sakkade, also einer unwillkürlichen Bewegung der Augen verändert. Die Ergebnisse aus dieser und ähnlichen Studien wurden später durch solche insofern eingeschränkt, als gezeigt werden konnte , dass auch das Motor-System für optische Illusionen anfällig ist. Siehe dazu auch: Cardoso-Leite, Gorea (2010) S.91.

Literatur auch zu einer Interpretation, die sich leicht von der des ‚Was'- und ‚Wie'-Systems unterscheidet. So vermutet unter anderem Reza Farivar, dass dem dorsalen Strom schlicht die räumliche Erfassung des Sichtfeldes obliege ohne die Wahrnehmungen begrifflich zu kategorisieren, während der ventrale Strom für eben diese Kategorisierung der erkannten Objekte zuständig sei, was wir als bewusstes Sehen erführen.[174] Diese Art des Sehens wird dabei als eine Form der höheren Gehirnfunktion beschrieben, da es uns durch Beschreibung und Benennung des Gesehenen erst zur Kommunikation und zur Ausführung von sehr komplexen Tätigkeiten befähigt. [175]

Seit Ihrer ursprünglichen Entstehung Anfang der 90er Jahre hat die Hypothese von den zwei unterschiedlichen visuellen Dekodierungswegen im Wesentlichen Bestand und entwickelt sich immer weiter. Der aktuelle Forschungsstand geht aber nicht mehr von der ursprünglich angenommenen vollständigen Trennung des Informationsflusses in diesen anatomisch getrennten Verarbeitungswegen aus.[176] Vor allem die Annahme, dass wir präzise geometrische Informationen von Objekten benötigen, um Gegenstände genau erkennen und kategorisieren zu können, hat die Ausgangslage für eine Vielzahl von Studien gebildet, die Hinweise darauf liefern, dass dem ventralen System auch die Informationen aus dem dorsalen Verarbeitungsweg zur Verfügung stehen. [177]

Die *two stream hypothesis* deutet folglich darauf hin, dass mit dem dorsalen Strom dem Gehirn ein eigener Verarbeitungsweg für die schnelle, operative

---

[174] Farivar (2009).

[175] Innerhalb der Forschung um diese zwei Ströme wird oft nur dieses bewusste Sehen als tatsächliche Wahrnehmung beschrieben, während die Reizverarbeitung im dorsalen Strom eher operativ und ohne Aufmerksamkeit vonstattengeht, was sich demnach nicht als Wahrnehmung beschreiben ließe. Vgl. hierzu: Bridgeman, Hoover (2008) S. 853.

[176] Beispielsweise: Dorsale Areale reagieren auch auf Aufgaben, die nach dieser Theorie rein ventrale sind, wie beispielsweise Form und Farbe. Vgl. hierzu: Cardoso-Leite, Gorea (2010) S.95.

[177] Goodale, Westwood (2004) , Farivar (2009).

Gewinnung von Informationen zur Verfügung steht.[178] Die Information, die aus dieser Verarbeitung von Reizen gewonnen wird, gelangt nicht notwendigerweise in die bewusste Aufmerksamkeit. Sie wird dem Nervensystem vielmehr implizit für eine unmittelbare Reaktion zur Verfügung gestellt. Aus der zitierten Studie, die das präzise Deuten auf unbemerkt hüpfende Punkte untersuchte, lässt sich darüber hinaus schließen, dass die impliziten Wahrnehmungen Veränderungen in der Umgebung schneller und präziser beschreiben als die bewussten. Bei Bettina Lemke findet sich der Satz: „Die nichtbewusste Wahrnehmung hat eine größere Kapazität, ist schneller und sensibler als bewusste Wahrnehmung. Sie kann Muster erkennen, ist unabhängig von bewusster Aufmerksamkeit und kann Informationen außerhalb der normalen Wahrnehmungsschwellen erfassen."[179]

Dass implizite Wahrnehmungen auch einen Einfluss auf unsere bewussten Entscheidungen haben können, darauf deuten die Untersuchungen einer Patientin mit einem ‚linksseitigen visuellen Neglect' hin. Eine solche Schädigung des ventralen visuellen Cortex bewirkt, dass die Patientin die linke Seite Ihres Sichtfelds nicht mehr bewusst wahrnimmt. Gleichzeitig ist sie sich dieser Einschränkung nicht bewusst. In dieser Studie wurden der betreffenden Patientin zwei Zeichnungen gezeigt, die beide das gleiche Haus zeigten. In der einen Zeichnung jedoch brannte das Haus auf der linken Seite. Obwohl die Patientin keinen Unterschied zwischen beiden Zeichnungen feststellen konnte - sie sah ja die brennende Hälfte nicht bewusst - wollte sie auf Nachfrage nur in das Haus ziehen, das nicht brannte.[180] Es ist also anzunehmen, dass sie das brennende Haus nicht nur irgendwie wahrgenommen hatte, sondern ihm auch eine entsprechende Bedeutung zuweisen konnte.[181]

---

[178] Vgl. hierzu auch: Bridgeman, Hoover (2008).

[179] Lemke (2003) S.74.

[180] Rizzolatti, Matelli (2003) S. 152.

[181] Vgl. hierzu auch *blindsight* in: Cardoso-Leite, Gorea (2010).

Die Autoren dieser Studie, die Neurowissenschaftler Giacomo Rizzolatti und Massimo Matelli stellten daraufhin die Vermutung auf, dass die Informationen, die der dorsale Strom produziert, auch für das bewusste Sehen verwendet werden und in der Folge, dass die dorsalen Informationen über unsere Umgebung eine Vorbedingung für das bilden, was unser Bewusstsein erreicht. Sie folgern, dass dieses Wissen zeitlich gesehen vor der bewussten Wahrnehmung existiert, also unmittelbarer und schneller als diese ist.[182]

Auch jenseits der Forschung zur *two stream hypothesis* lassen sich aussagekräftige Hinweise zur Qualität impliziter Wahrnehmung finden, von denen im Folgenden einige angeführt werden sollen. So stellten die Psychologen Cathleen Moore und Howard Egeth in einer Studie aus dem Jahr 1997 Probanden die Aufgabe, sich auf dem Bildschirm auf die zwei Linien im Vordergrund zu konzentrieren und zu berichten welche der beiden horizontalen Linien länger sei. Im Hintergrund der Linien wurden verschiedene Punktraster gezeigt, die teilweise eine Ponzo Illusion[183] für die im Vordergrund befindlichen Linien bildete (Abb. 26). Das im Hintergrund befindliche Punktraster wurde von den meisten Probanden nicht bewusst gesehen. Obwohl sich die Probanden also nicht daran erinnern konnten, wurden ihre Einschätzungen der Länge doch von der Illusion beeinflusst.[184]

---

[182] Vgl. hierzu: Rizzolatti, Matelli (2003) S. 154.

[183] Die sogenannte Ponzo Illusion ist nach Mario Ponzo (1882-1960), einem italienischen Psychologen benannt. Er stellte sie erstmals vor. Dabei wird davon ausgegangen, dass schräge Linien vom Gehirn als Indikatoren einer perspektivischen Darstellung interpretiert werden. Dadurch entsteht eine Fehleinschätzung zweier gleichlanger Linien: Jene, welche scheint, als sei sie vom Betrachter weiter entfernt wird wahrgenommen als sei sie länger, als die andere, die näher wirkt.

[184] Vgl. hierzu: Moore, Egeth (1997).

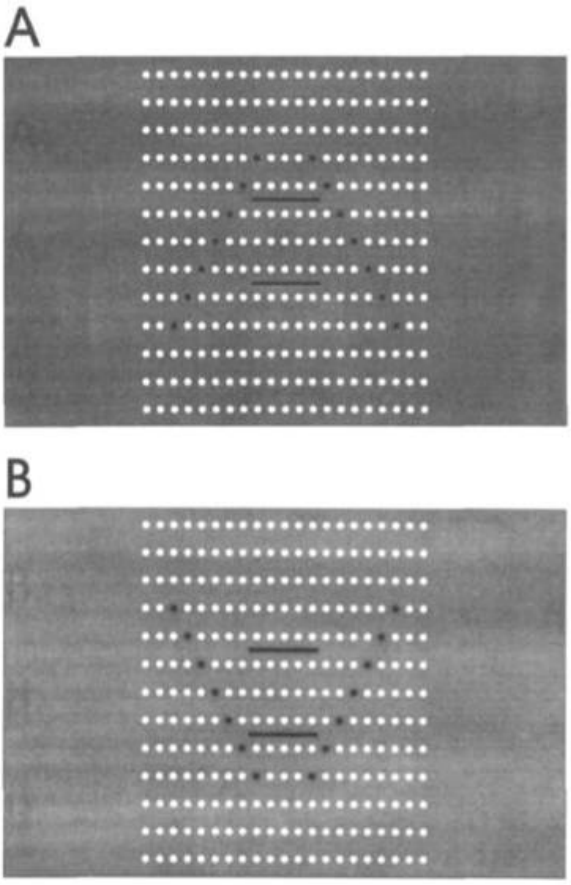


Abb. 26: Testbild aus der Studie von Moore und Egeth.

Ein weiteres, erprobtes Mittel, um den Effekt unbewusster Verarbeitungsprozesse auf unser Verhalten und Empfinden nachzuweisen sind maskierte Reize. Wolf Singer beschreibt ein solches Experiment wie folgt:

> „In diesem Experiment haben wir Versuchspersonen visuelle Reize gezeigt, im speziellen Fall die Namen von Tieren, die durch vorangehende und darauffolgende Muster maskiert worden waren. Die Masken sahen so aus wie das, was man auf einen Fernsehschirm sieht, wenn das Programm zu Ende ist, also weißes Rauschen. […] Der Zweck der Masken besteht darin, den Reiz unsichtbar zu machen. Wenn man auf dem Bildschirm eine Maske präsentiert, unmittelbar darauf ein Wort, in unserem Fall einen Tiernamen, und dann eine weitere Maske, dann läßt sich durch geschickte Wahl der Zeitintervalle erreichen, daß die Betrachter das Wort nur in etwa der Hälfte der Darbietungen wahrnehmen. In den Übrigen Durchgängen sehen die Versuchspersonen nichts als die Masken. Interessant ist nun, daß auch in den Fällen, in denen die Versuchspersonen behaupten, nichts gesehen zu haben, das Gehirn die Informationen über das maskierte Wort trotzdem aufgenommen und sogar seine Bedeutung verstanden hat. Wir haben den Versuchspersonen am Ende dieser Darbietung, nach einem gewissen Intervall, wieder Namen oder Bilder von Tieren präsentiert und sie gebeten, durch Tastendruck zu signalisieren, ob es sich bei den dann gesehenen Namen oder Bildern um dieselben handelt wie jene, die zwischen den Masken gezeigt worden waren. In Fällen, wo die Versuchsperson keine Namen zwischen den Masken wahrgenommen hatten lautete der Auftrag, einfach zu raten und so schnell wie möglich die entsprechende Taste ‚gleich' oder ‚verschieden' zu drücken. Dabei hat sich gezeigt, daß die Reaktionszeiten für den Tastendruck kürzer waren, wenn die Testmuster am Ende des Versuchs mit den zwischen den Masken gezeigten Worten übereinstimmten, und dies auch dann, wenn die Versuchspersonen angaben, das erste Wort gar nicht gesehen zu haben. Dieses Phänomen wird als subliminale Wahrnehmung bezeichnet und legt den Schluß nahe, daß das Gehirn durchaus in der Lage ist, Reize zu verarbeiten, ihre Bedeutung zu erkennen und entsprechend Reaktionen auszulösen, ohne daß sich die handelnde Person dabei bewußt wird, die Reize gesehen zu haben."[185]

[185] Wolf Singer in Singer, Ricard & Warmuth (2008) S.56-57.

Eine weitere Studie, die mit maskierten Reizen arbeitet, beschäftigt sich mit der Frage, ob implizite Wahrnehmungen auch emotionale Reaktionen auslösen können. In dieser Studie war der maskierte Reiz ein wütendes Männergesicht, gefolgt von einem Gesicht mit neutralem Ausdruck. Dabei wurde das wütende Gesicht zuerst so kurz gezeigt, dass es nicht bewusst wahrgenommen wurde. Die Präsentation der Gesichter wurde von einem unangenehmen Krach begleitet. Nach mehrmaliger Wiederholung wurde schließlich das wütende Männergesicht so lange gezeigt, dass es bewusst gesehen werden konnte. Von dieser Wahrnehmung wurde im Gehirn eine Furchtreaktion ausgelöst, wie sie mit dem unangenehmen Krach verbunden war. Die Probanden, so schlossen daraus die Autoren, hatten das wütende Männergesicht mit dem Krach assoziiert, obwohl sie es niemals bewusst mit dem begleitenden Geräusch gesehen hatten. [186]

Unter dem Begriff des *wayfinding* beschäftigt sich eine psychologische Forschungsrichtung damit, herauszufinden, wie sich Menschen oder auch Tiere in ihrer Umgebung zurechtfinden. Neben der unmittelbaren Umgebung geht es dabei auch darum, welche Informationen aus der Umgebung von uns für die Orientierung in größeren Bereichen wie Stadtteilen oder Wegesystemen genutzt werden. An diesen Prozessen sind unterschiedliche Arten von Nervenzellen im Gehirn beteiligt. Die *place cells* registrieren unsere Position auf einer geistigen Karte unserer Umgebung, der *mental map*. *Head direction cells* registrieren, in welche Richtung wir uns gewandt haben und schließlich teilen *grid cells* unsere Umgebung in ein positionsunabhängiges Raster ein und ermöglichen es dadurch, Ort und Richtung in einen Kontext zu verwe-

[186] Morris, Öhman & Dolan (1998). Diese Phänomen wird als assoziatives Lernen bezeichnet: „Associative learning is vital for our survival. It embeds us in the physical world and allows us to respond quickly and efficiently to that world. Through associative learning we acquire important knowledge about the physical world. But we are hardly aware of this knowledge; our minds are on higher things. And usually these higher things are our own private wishes and desires." Frith (2007) S. 101. Vgl. hierzu auch: Beck u.a. (2001). Beck u.a. konnten zeigen, dass unser Gehirn minimale Veränderungen in Gesichtern auch dann registriert, wenn wir diese nicht bewusst bemerken.

ben. Die auf diese Weise für die Orientierung gesammelten Informationen beinhalten: Ort, physische Beschaffenheit von Objekten (ist es ein Hindernis oder nicht?) und die Stabilität dieser Eigenschaften (verschwindet es, verändert es sich?). Auch diese Wahrnehmungs- und Erinnerungsprozesse laufen mitunter automatisch ab und gelangen nicht ins Bewusstsein. Wohl aber stehen uns die gewonnenen Ergebnisse für Orientierungsentscheidungen zur Verfügung.[187] Darauf deutet auch eine jüngere Studie von Gabriele Janzen hin. Am Anfang der Studie sollten sich die Probanden in einem virtuellen Museum zurechtfinden und sich darauf vorbereiten, eine Gruppe von Kindern durch die Räume zu führen. Unter den Ausstellungsstücken im Museum waren Spielzeuge, welche sich die Probanden im Besonderen merken sollten. Nach der Erkundung des Museums wurden den Probanden einzelne Bilder der Ausstellungsstücke des Museums vorgeführt. Erwartungsgemäß erkannten die Probanden dabei die Spielzeuge schneller als andere Objekte. Darüber hinaus wurde bei Objekten, die sich im Museum an Kreuzungspunkten verschiedener Wege, also Entscheidungspunkten für die Orientierung im Gebäude befanden, eine höhere Aktivität im ‚parahippocampalen Gyrus' der Probanden registriert. Diese Aktivität im Gehirnareal, das mit dem Lernen von Objekten und Objekt-Ort Assoziationen in Verbindung gebracht wird, war nicht nur unabhängig davon, ob es sich bei dem Objekt um ein Spielzeug handelte, sondern auch davon, ob der Proband das Objekt bewusst wiedererkannte oder nicht.[188] Daraus folgert Janzen, dass das Gehirn der Probanden bei der Erkundung der Räume unbemerkt orientierungsrelevante Informationen gesammelt hatte und diese dem Probanden - wiederum unbemerkt - zur Verfügung stellte, als er an die Entscheidungspunkte zurückkehrte.

---

[187] "Specifically, O'Keefe and Nadel argued that spatial processing seems to operate automatically". Jeffery (2010) S.1684.

[188] Janzen (2005) und Janzen, Jansen (2010).

Zusammenfassend unterstreichen die hier angeführten Forschungsergebnisse die Bedeutung impliziter Wahrnehmung. Als weithin anerkannte These zeigt die *two stream hypothesis*, wie implizite Wahrnehmungen im Gehirn entstehen können und wie diese uns detaillierte Informationen über die Beschaffenheit, die Position und die Bedeutung von Objekten in unserer Umgebung zur Verfügung stellen, welche sich unbemerkt auf unser Denken, Handeln und Tun auswirken. Sie bietet damit auch eine Erklärung dafür an, auf welche Weise unser Nervensystem lernt, selbständig und ohne Aufmerksamkeit erfolgreich mit der Umgebung zu interagieren. Während die *two stream hypothesis* dabei Hinweise darauf liefert, dass implizite Wahrnehmung schneller und präziser verläuft und unsere Entscheidungen und Reaktionen beeinflusst als bewusste, zeigen die weiteren hier beschriebenen Studien, dass der Einfluss einer unbemerkt stattfindenden, impliziten Wahrnehmung auf unsere Reaktionen ebenso stark ist, als hätte die Wahrnehmung bewusst stattgefunden. So konnte gezeigt werden, dass die implizite Wahrnehmung das ganze Spektrum der bewussten Wahrnehmung mit abdecken kann: Vom Erkennen und Verorten von Objekten, der Wahrnehmung spezifischer Details und minimaler Veränderungen, der Bedeutungszuschreibung bis zur Auslösung emotionaler Reaktionen. Insbesondere Gabriele Janzens Untersuchung, aber auch die weiter oben zitierten Studien zur *change blindness* deuten dabei explizit darauf hin, dass diese umfassende Qualität auch auf die implizite Wahrnehmung räumlicher Umgebungen zutrifft.

Der Großteil des Wissens um die impliziten Wahrnehmungsmechanismen ist jung. Vor allem der Einsatz von neuen bildgebenden Verfahren ermöglicht es, die Art der kognitiven Vorgänge im Gehirn anhand der Erregungsmuster zu entziffern, ohne auf die Aussagen von Probanden angewiesen zu sein. Dadurch wächst der Wissensstand in diesem Bereich seit einigen Jahren enorm an. Einige Initiativen, die sich darum bemühen, dieses Wissen für die Architektur anwendbar zu machen, wurden bereits im ersten Teil der vorliegenden Arbeit vorgestellt. Zu den Implikationen, die aus den neuen Er-

kenntnissen zur impliziten Wahrnehmung für die Architektur entstehen, gibt es bislang noch keinen systematischen Ansatz. Es ist jedoch evident, dass sich aus den in diesem Teil der Arbeit erörterten Untersuchungen eine neue Situation für die Architektur ergibt. Denn sie steht als ständiger, jedoch meist unbemerkter Begleiter des Menschen häufiger den impliziten Verarbeitungsmechanismen gegenüber als der bewussten Wahrnehmung. Mit Benjamin argumentierend könnte man sagen: Architektur wird meist implizit wahrgenommen.[189] Die implizite Wahrnehmung von Architektur begleitet uns in Form eines ständigen einflussreichen, aber unbemerkten Dialogs zwischen uns und der Umgebung. Architektur ist damit nicht mehr nur Gegenstand bewusster Reflexion, sondern ein ständiges Interpretationsfeld, ein Dialog- und Trainingspartner. Im Folgenden soll nun der Versuch unternommen werden, implizite Architekturwahrnehmung anhand von Beispielen gebauter Räume zu beschreiben und dabei zu untersuchen, welches neue Verständnis für die Bedeutung architektonischer Form und Struktur dadurch entstehen kann.

3. Mechanismen der impliziten visuellen Raumwahrnehmung im Dialog mit Architektur

In der im vorangegangenen Kapitel diskutierten Literatur aus der Psychologie und den Neurowissenschaften wird Raum meist als gegeben betrachtet. Als etwas, das schon da ist. Die Untersuchung der Wahrnehmung konzentriert sich dabei auf den Wahrnehmenden. Für die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit, die Beziehung zwischen Form und Struktur von architektonischen Räumen und visueller Wahrnehmung zu untersuchen - muss die Be-

[189] Bezugnehmend auf das weiter oben zitierte: „Die Architektur bot von jeher den Prototyp eines Kunstwerks, dessen Rezeption in der Zerstreuung und durch das Kollektivum erfolgt.“ Benjamin (1977) S.40.

trachtung nun auch den Architekten, bzw. den von ihm geschaffenen Raum mit einbeziehen, legt doch die Architektur erst die physischen Bedingungen fest, in denen dann das Wechselspiel aus Interpretation und Hypothese mit dem Betrachter stattfinden kann.

Die folgenden Betrachtungen schließen damit an die erörterte Arbeit von Rudolf Arnheim an, der konsequent diese dynamische Wechselbeziehung zwischen dem architektonischen Raum und dem Betrachter in den Fokus der Untersuchung rückte. Bei seiner „Dynamik der architektonischen Form“[190] geht es um das Verhältnis zwischen physischer Realität und den Interpretationsmechanismen der Wahrnehmung. Die Dynamik entsteht im Vorgang der Reizinterpretation. Darin besteht eine Erlebnisqualität an und für sich, die keiner weiteren Reflexion bedarf. Nicht das Verstehen eines gestalterischen Konzeptes ist das Ziel der Betrachtung, sondern das Wechselspiel der Wahrnehmungskräfte selbst. Dabei beschreibt Arnheim Wahrnehmung vornehmlich als bewussten Vorgang.

Die heutigen Erkenntnisse zur visuellen Wahrnehmung, die im letzten Kapitel herausgearbeitet wurden, können zu einer Erweiterung von Arnheims Ansatz genutzt werden. Es konnte gezeigt werden, dass der Prozess der Wahrnehmung auch oder sogar größtenteils außerhalb unserer bewussten Aufmerksamkeit stattfindet. Der Wahrnehmungsvorgang kann demnach als dauernder impliziter Dialog des Betrachters mit seiner Umgebung verstanden werden. Das Prozesshafte, das bei Arnheim Grundbedingung für eine dynamische Interaktion ist, wird nun zu einem Dauerzustand ausgeweitet, der uns in einer Art Nebenbei-Tätigkeit beständig begleitet. Gleichzeitig wird der Vorgang des Lernens, der Konditionierung und der Prägung beleuchtet, der durch diese Form der Wahrnehmung ausgelöst wird. Welche Vorbedingungen beeinflussen die Wahrnehmung und wie werden diese wiederum beeinflusst?

Um auf dieser Grundlage die Wechselbeziehungen zwischen dem Prozess der Wahrnehmung und der Form und Struktur von Architektur beschreiben

---

[190] Buchtitel von: Arnheim (1980).

zu können, müssen wir von den grundlegenden Mechanismen der visuellen Raumwahrnehmung ausgehen, die den Kontakt mit unserer Umgebung in diesem ‚Nebenbei' herstellen. Das würde alle Analysemethoden der visuellen Areale einschließen, die daran beteiligt sind, aus den visuellen Reizen eine sinnvolle dreidimensionale Darstellung der betrachteten Umgebung zu errechnen. Alle diese Methoden zu untersuchen wäre Aufgabe eines systematischen Ansatzes. Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine solche Katalogisierung und Kategorisierung jedoch nicht, sondern zuerst einmal, die prinzipielle Natur der Beziehung zwischen dem Prozess der visuellen Wahrnehmung und der Architektur neu zu beschreiben.
Der Schwerpunkt der folgenden Untersuchungen wurde deshalb nicht auf die zu untersuchenden Phänomene gelegt, sondern auf eine Auswahl an Beispielen aus der Architektur, anhand derer auch einige - nicht alle - Phänomene der visuellen Wahrnehmung beschrieben werden sollen. Mit zunehmender Komplexität beginnt die Untersuchung mit zweidimensionalen Architekturzeichnungen, geht anschließend in einzelne lokale Situationen im dreidimensionalen Raum über und beschreibt schließlich den sich frei bewegenden Betrachter in seiner Interaktion mit Form und Struktur ausgewählter Räume. Die Wahrnehmungsphänomene, die dabei ausführlicher behandelt werden, beinhalten die sogenannten ‚bildhaften Tiefenhinweise', die Ergänzung von Konturen zu Objekten durch die Wahrnehmung und schließlich das Wechselspiel von Vorhersage, Erinnerung und ‚frischer' Wahrnehmung im Erkunden von gebauten Räumen. Wie im vorigen schon festgestellt wurde, liegt die essentielle Veränderung im Verständnis der Architekturwahrnehmung im Sinne der vorliegenden Arbeit darin, dass an die Stelle einer präzise beschriebenen bewussten Betrachtungssituation ein dauerhafter, unbemerkter Interpretationsvorgang tritt. Der vorgeschlagene Aufbau der folgenden Erörterungen trägt dazu bei, diese prozesshafte Beschreibung schrittweise von der zweidimensionalen Zeichnung in die fließende dreidimensionale Wahrnehmung von Raum zu entfalten.

Die ‚bildhaften Tiefenhinweise' wurden von der Psychologie erstmals Ende des 19. Jahrhunderts umfassend beschrieben und kategorisiert.[191] Dabei ging es in erster Linie darum, zu verstehen wie wir aus der Verarbeitung visueller Reize Hinweise über die räumliche Staffelung unserer realen physischen Umgebung gewinnen können. Die bildhaften Tiefenhinweise beschreiben dabei diejenigen Phänomene, die uns nicht nur im dreidimensionalen Raum, sondern auch in zweidimensionaler Darstellung eine Räumlichkeit vermitteln. Daher stammt die Bezeichnung ‚bildhaft'. Es bietet sich demnach an, diese Hinweise anhand von zweidimensionalen Darstellungen zu diskutieren. Entsprechend werden im Folgenden zunächst Architekturzeichnungen Gegenstand der Betrachtung sein,[192] eine Methode, die der kunstpsychologischen Methode Arnheims entspricht, der beispielsweise in seinem Buch „Kunst und Sehen"[193] Bilder oder Zeichnungen als Analyseobjekte wählt. Die Betrachtung von Architekturzeichnungen dient insofern auch als Anschlusspunkt an Arnheims Arbeiten sowie als Vorbereitung auf die anschließende Übertragung der Untersuchung auf die Wahrnehmung von dreidimensionalen Räumen.

Zwar mag es als Rückschritt in der Betrachtungsweise erscheinen, wenn ein feststehendes Bild und dessen Komponenten in ihrer Wirkung auf den Betrachter untersucht werden. Vor allem nachdem an dieser Betrachtungsmethode kritisiert wurde, dass Raum dabei als ein Gegenüber und nicht - viel zutreffender - als ein ‚Drumherum' wirksam wird. Jedoch bilden die bildhaften Tiefenhinweise im Zweidimensionalen die Voraussetzung für das Verständnis der komplexeren Wahrnehmungsprozesse im Raum. Der isolierte Untersuchungsrahmen, der den Zeichner, seine Zeichnung und den Betrach-

---

[191] ‚Bildhafte Tiefenhinweise' ist der Fachbegriff aus der Psychologie. Im Englischen: ‚*pictorial cues*'. Vgl. hierzu: Cutting, Visthon (1995) S.69.

[192] Die Methode der Erklärung von Tiefenhinweisen anhand von Bildern und Zeichnungen ist nicht neu. Beispielsweise nutzt Irvin Rock in seinem Grundlagenbuch zur Wahrnehmung aus dem Jahr 1984 mehrere berühmte Gemälde, um die Prinzipien der visuellen Wahrnehmung zu erläutern. Vgl. hierzu: Rock (1985).

[193] Arnheim (2000).

ter umschließt, bietet zudem die Möglichkeit, das Beziehungsgeflecht zwischen Architekt und Betrachter einführend zu beschreiben. Durch die Verwendung von Tiefenhinweisen, oder aber das bewusste Auslassen von räumlichen Informationen weist der Architekt mit seinen Zeichnungen dem Betrachter eine aktive Rolle zu, in der er interpretieren muss, was uneindeutig oder unsichtbar bleibt. Der Interpretationsspielraum zwischen Zeichnung und Betrachter kann vom Zeichner auch als Potential verstanden und genutzt werden.

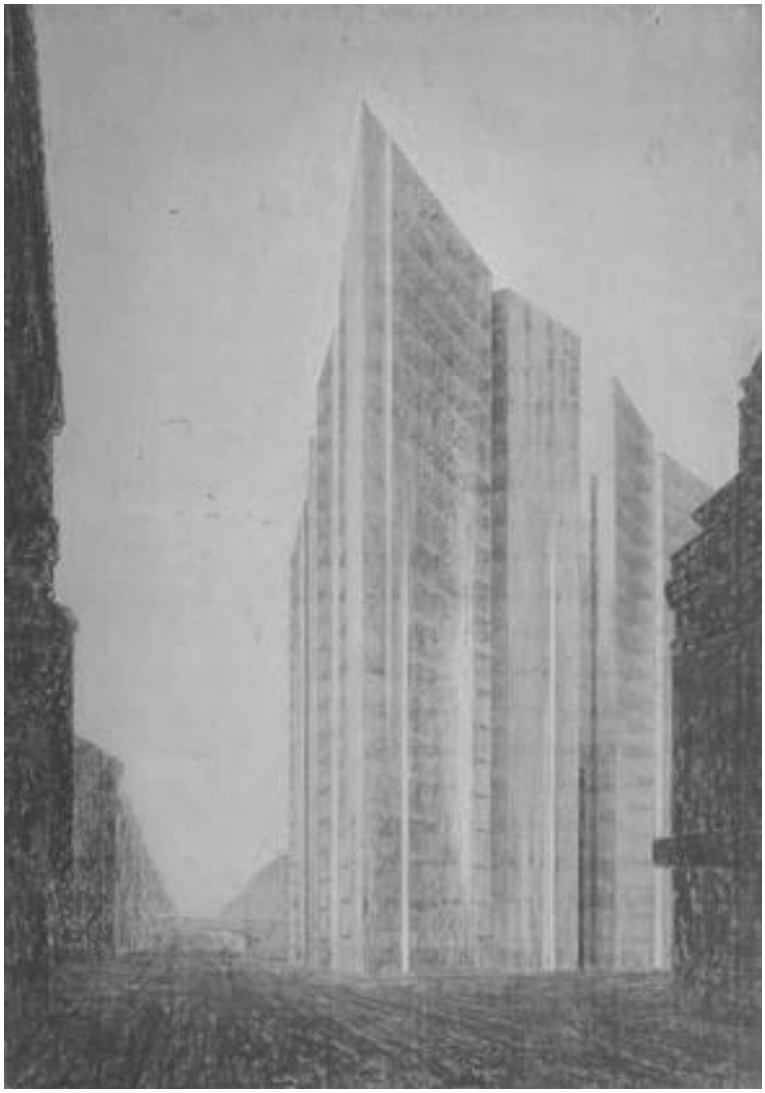


Abb. 27: Ludwig Mies van der Rohe: „Hochhaus Friedrichstraße“.

3.1 Tiefenhinweise

3.1.1 Zeichnungen als Manipulation von Raumwahrnehmung

Die Kohlezeichnung von Ludwig Mies van der Rohes berühmtem Beitrag zum Berliner Hochhauswettbewerb (Abb. 27) zeigt einen Blick entlang der Friedrichstraße Richtung Süden. Im Vordergrund wird die Szenerie rechts und links von Gebäudesilhouetten gerahmt, die sich schwarz gegen den hellen Himmel abzeichnen. Mit zunehmender Entfernung - entlang der Straße Richtung Süden - setzt sich diese Rahmung in einer langen Reihe von Bauten fort. Deren Fassaden lassen im linken Vordergrund noch einige Details in der Profilierung erkennen. Gegen den Horizont, hinter der schematisch dargestellten Brücke über die Friedrichstraße, verschwimmen die Gebäude zu einer einheitlichen Wand, die mit zunehmender perspektivischer Verkleinerung immer heller wird. Es sind keine Details mehr dargestellt, aber das wolkig mit Kohle überstrichene Papier suggeriert eine Fassadenstrukturierung. Schließlich verschwimmen die immer helleren Fassaden am Horizont mit dem wolkenlosen Himmel. Im Gegensatz zur kulissenhaften Darstellung der Bestandsbauten stellt Mies sein Hochhaus in höherem Detailgrad dar. Mit der Helligkeit des Himmels strahlt es in den dunklen Vordergrund der Straße mit ihren ‚Altbauten' hinein. Die Materialität der Glasfassade ist durch Reflexionen und Transparenz angedeutet, die Geschosshöhen sind ablesbar. Diese Zeichnung ist als Präsentationszeichnung für einen Wettbewerbsbeitrag entstanden. Als solche will sie dem Betrachter nicht ausschließlich einen realistischen Eindruck des Gebäudeentwurfs in seiner Umgebung vermitteln, sondern gleichzeitig bestimmte Aspekte betonen und möglicherweise überzeichnen, um die Qualitäten des Entwurfs herauszustellen und zu bewerben. Wäre das Hochhaus gebaut worden, erschiene es aller Wahrscheinlichkeit nach wesentlich dunkler im Straßenbild, die angedeuteten Reflexionen wären geschossweise gebrochen und versetzt, die Glasfassade weit weniger

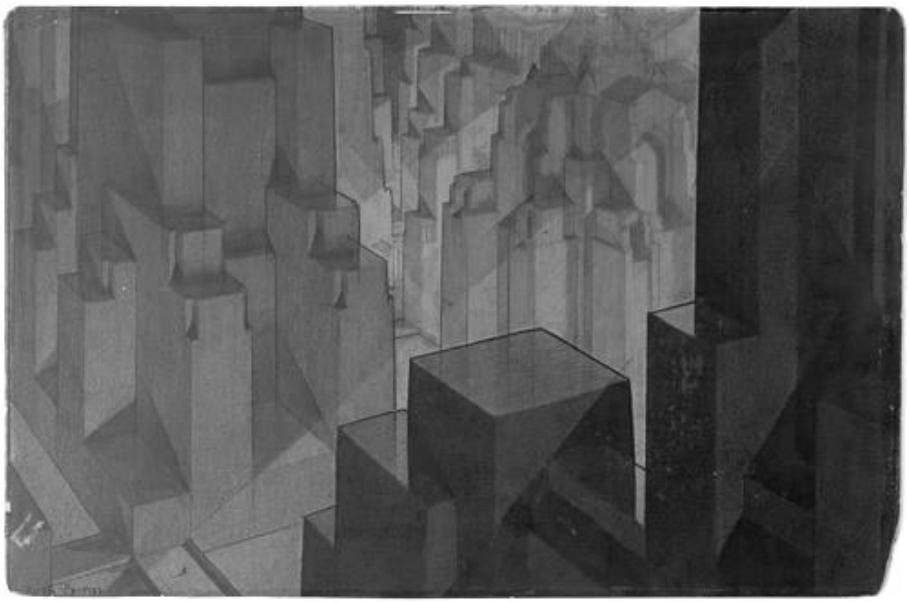


Abb. 28: Hugh Ferriss: „Building in the Modeling“.

transparent. Durch die unterschiedlichen Detaillierungen und Kontraste in seiner Zeichnung arbeitet Mies manipulierend - bewusst oder unbewusst - mit dem Phänomen der ‚Verblauung', das uns in einer realen tiefen räumlichen Szenerie eine Tiefenwahrnehmung ermöglicht: Durch die Moleküle der Luft wird Licht zerstreut. Mit zunehmender Entfernung zwischen Objekt und Betrachter und gleichzeitig zunehmender Schichtdicke der Atmosphäre führt diese Zerstreuung dazu, dass weniger Kontraste wahrgenommen werden. Dazu kommt ein Verschwimmen, Verblassen und Verblauen der Farben. Dieses Phänomen wird folglich als ‚Luftperspektive' oder einfach als ‚Verblauung' bezeichnet und wurde im Berlin der 20er Jahre, so könnte man vermuten, durch die industrielle Luftverschmutzung noch unterstützt.[194] Mies zeichnet Berlin schwarz weiß. Sein Hochhaus wirkt geradezu provokant kristallin, leicht, klar und rein als Kontrast zur dunklen, verschwimmenden, einheitlichen und verkohlten Stadt des 19. Jahrhunderts.[195]

Im Gegensatz zur Fußgängerperspektive hebt Hugh Ferriss den Betrachter von der Straße in die Luft (Abb. 28). Der Blick ist schräg nach unten gerichtet in die Täler zwischen den Hochhäusern. Auch bei Ferriss ist der Vordergrund dunkel und kontrastreich. Im Gegensatz zu Mies arbeitet er aber mit Schattierung und Schattenwurf der Flächen bis in die Tiefe des Blattes. Durch die in feinen Nuancen angelegten unterschiedlichen Helligkeiten der Flächen treten die Kubaturen seiner Gebäude deutlich hervor. Gleichzeitig laufen nach oben immer dichter und dunkler werdende Schlagschatten quer über die Gebäude. Es scheint, als ob gerichtete Scheinwerfer nachts aus den Straßen herauf scheinen. Der Betrachter befindet sich selbst im Dunkeln

---

[194] Vgl. hierzu Hershenson (1999) S.96. Hershenson verweist hier auf eine Studie, die sich damit beschäftigt, ob das Phänomen der Luftperspektive auf die Luftverschmutzung des Industriezeitalters zurückzuführen ist. Offensichtlich tritt es aber auch bei reiner Luft auf.

[195] An dieser Stelle könnte natürlich eingewendet werden, dass Mies´ Entwurf zur damaligen Zeit, als es solche Bauten wie seinen visionären Entwurf noch nicht gab, nicht wissen konnte, wie es in der Stadt wirken würde. Es würde sich lohnen, diesem Aspekt nachzugehen. Die Beschreibung der ‚bildhaften Tiefenhinweise' würde sich dadurch nicht wesentlich ändern.

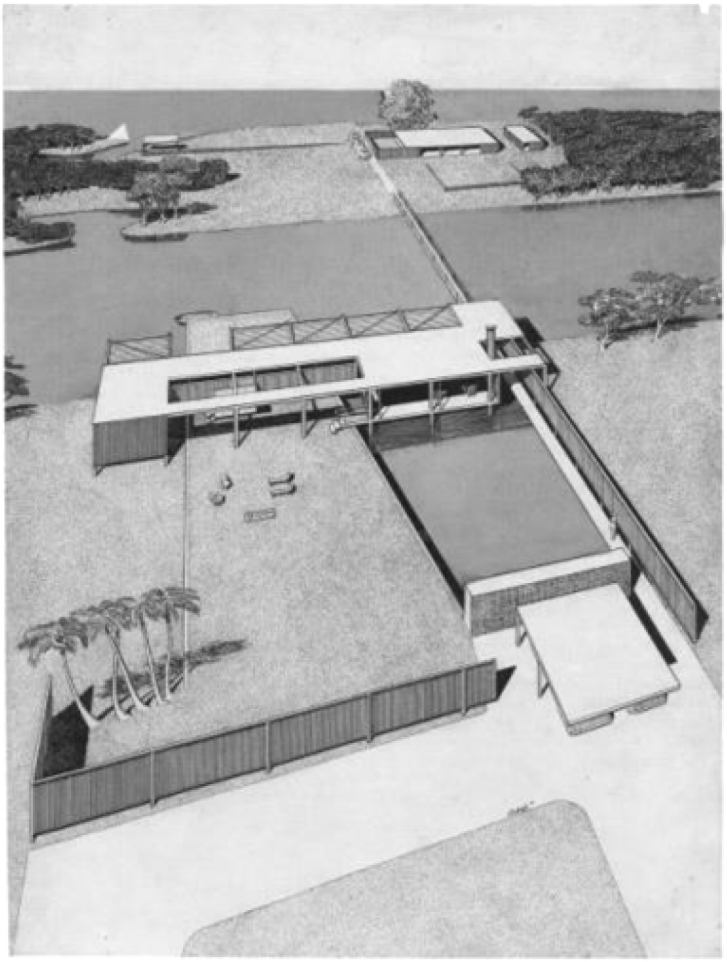


Abb. 29: Paul Rudolph: „Gästehaus Finney“.

hoch oben auf den fensterlosen felsartigen Hochhäusern. Von den einsamen Berggipfeln erahnt er das Treiben unten auf den unsichtbaren hell erleuchteten Straßen. Entgegen unserer gewohnten Vorstellung, dass das Licht der Sonne parallel von oben fällt, kommt es hier aus streuenden Lichtquellen und von unten.[196] Im Spiel des Lichts auf den Fassaden seiner Hochhausgiganten überspitzt Ferriss die Tiefenhinweise durch sich überschneidende Schatten und Schattierungen. Dadurch entsteht nicht nur eine starke Räumlichkeit. Gleichzeitig wird seine Stadt zu einer schlaflosen Nachtstadt. Ein künstliches Gebirge - oben der einsame Wanderer, unten das leuchtende Dorf im Tal.

Auch von weit oben aus der Luft, aber in hellem Sonnenschein, schauen wir auf das Projekt für ein Gästehaus von Paul Rudolph (Abb. 29). Rudolph arbeitet zwar mit Schlagschatten, verzichtet aber auf die Darstellung abgestufter Helligkeiten unterschiedlich geneigter Oberflächen. Dadurch entsteht ein großer hell-dunkel Kontrast wie bei starkem Sonnenschein. Vor allem spielt er aber mit den Regeln der Linearperspektive, um Tiefe zu suggerieren. Perspektivisch zeichnet er die Texturen der Flächen, wie beispielsweise die Lattung der Zäune. Die Bäume sind in der Bildtiefe entsprechend kleiner als im Vordergrund. Die Konturen der rechteckigen Elemente seiner Architektur richten sich zum Meereshorizont an zwei Fluchtpunkten aus. Allerdings liegt der zentrale Fluchtpunkt nicht auf der Linie des Horizonts, wie es der Perspektivregel entspräche, sondern deutlich darüber, jenseits der oberen Blattkante. Dadurch wird die Tiefe des dargestellten Grundstücks praktisch dem Betrachter entgegengeklappt, wodurch die Uferkante und die dortigen Gebäude detailreich dargestellt werden können. Gleichzeitig bleibt der

[196] Die Gewohnheit, grundlegend von dem parallel von oben einfallenden Sonnenlicht als Hauptlichtquelle auszugehen ist - so wird angenommen - evolutionär bedingt. Die bekannteste Studie hierzu wurde anhand der sogenannten Domino-Illusion durchgeführt: Bei einer Abbildung eines Dominosteins wirken die Punkte konvex, deren Unterseite schattiert wurde und jene konkav, an welchen die gleiche Schattierung an die Oberseite gespiegelt wurde. Vgl. hierzu: Frith (2007) S.129.

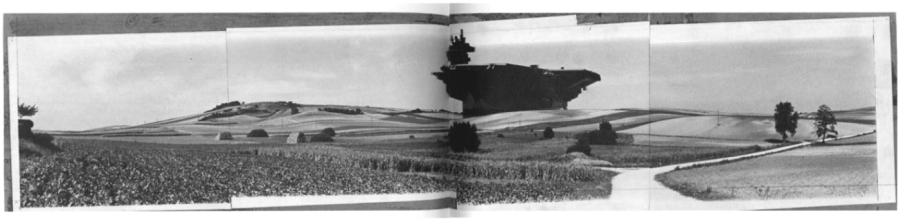


Abb. 30: Hans Hollein: „Flugzeugträgerstadt in der Landschaft“.

Abb. 31: Hans Hollein: „Hochhaus: Zündkerze“.

Meereshorizont als wichtiges Element der Lage und des Ausblicks sichtbar. Scheinbar alle Kanten richten sich an diesen verzerrten Fluchtpunkten aus. Allein das Wasserbecken zwischen Carport und Gästehaus widersetzt sich. Es scheint sich zum Haus hin zu verbreitern. Diese perspektivischen ‚Fehler' bewirken eine räumliche Spannung und irritieren den Betrachter. Gleichzeitig ermöglichen sie Rudolph, viele Aspekte seines Entwurfs auf einer einzigen Zeichnung zu zeigen, was bei einer strengen Befolgung der Perspektivregeln nicht möglich gewesen wäre.

Anders als die oben genannten Beispiele verwendet Hollein in seinen „Transformationen" (1963-1968)[197] Fotografien als Material für seine Kollagen. Die „Flugzeugträgerstadt" (Abb. 30) liegt in den sanften Hügeln einer Ackerlandschaft. Die Texturen der Äcker sind im Vordergrund noch körnig und kontrastreich. Ein teilweise abgemähtes Maisfeld ist zu erkennen. Die Pflanzreihen ziehen sich nach links hinten perspektivisch zusammen. Gleichzeitig verdichtet sich die Ackertextur und wird zu einer grauen Fläche. Am Horizont im Bildzentrum wirken die Gras- und Getreidehalme in weiter Entfernung wie ein Samtstoff, der kunstvoll über die Hügel gezogen wurde. Während Rudolph mit dem Tuschestift seine Grasflächen im Vorder- und Hintergrund relativ gleichmäßig punktet, tragen bei Holleins Kollage die beschriebenen ‚Texturgradienten' zur Tiefenwirkung bei. Unterstützend wirken die hier und da über die Landschaft verteilten Heuhaufen, Büsche, Bäume und die nach links hinten verlaufende Reihe von Strommasten. Sie verkleinern sich nicht nur perspektivisch mit zunehmender Entfernung, auch strebt ihre Lage mit zunehmender Tiefe immer mehr dem Horizont zu. Die ‚relative Höhe' von Objekten im Blickfeld wirkt auch ohne eine perspektivische Verkleinerung. Je näher ein Objekt an der Linie des Horizonts ist, desto größer schätzt der Betrachter seine Entfernung ein.[198] Umso größer ist die Irritation in Holleins Kollage durch die Erscheinung des

[197] Vgl. hierzu: McQuaid (2003) S.147.

[198] Vgl. hierzu: Hershenson (1999) S.91 und S.139.

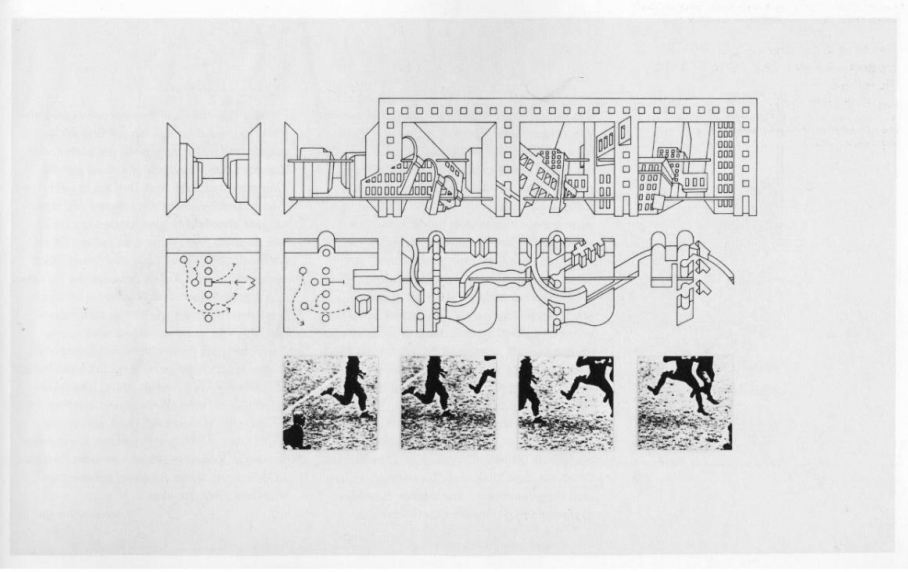


Abb. 32: Bernard Tschumi: „The Manhattan Transcripts, Episode 3: Der Block, New York City, New York".

Flugzeugträgers. Eine doppelte Irritation, die einerseits durch die ungewohnte Konstellation eines Schiffs im Binnenland, andererseits durch die erstaunliche Größe des Schiffs erzeugt wird. Der Flugzeugträger ist jedoch so kunstvoll korrekt in die Perspektive eingefügt, dass der Betrachter nicht sicher sein kann, ob er nicht tatsächlich in der Landschaft sitzt. Dass Hollein bewusst mit dieser Gegenüberstellung spielt, zeigt ein weiteres Beispiel aus seinen „Transformationen", das „Hochhaus: Zündkerze" (Abb. 31).

Im Vergleich zu der Vielzahl an Tiefenhinweisen, die Hollein durch die Verwendung von Fotografien zur Verfügung stehen, der ‚relativen Größe', den ‚Texturgradienten' und der ‚relativen Höhe im Blickfeld', wirken Bernard Tschumis zeichnerischen Übertragungen einer Reihe von Bewegungen in räumliche Skizzen sehr reduziert. In der obersten Reihe ganz links zeichnet Tschumi in Zentralperspektive einen Blick vermutlich entlang einer Straße, die rechts und links von Reihen rechteckiger Baukörper gesäumt ist. Die räumliche Ordnung der Baukörper wird neben der Perspektive unter anderem auch durch die ‚Verdeckung' dekodiert. Dieses Phänomen ist einer der stärksten Tiefenhinweise, die dem Zeichner zur Verfügung stehen: Ein Objekt, das sich näher am Betrachter befindet, verdeckt durch seine Oberfläche ein dahinterliegendes. Je nach den Informationen, die die sichtbaren Teile des verdeckten Objekts enthalten, ergänzt der Betrachter die verdeckten Teile. Auch in Tschumis Zeichnung nehmen wir nicht an, dass die dargestellten Körper nur aus ihren sichtbaren Teilen bestehen, sondern, dass sie sich in den verdeckten Bereichen fortsetzen. Angedeutet wird die Geometrie der Baukörper durch ihre Konturen, welche die Grenze zwischen den einzelnen Oberflächen markieren. Tschumi zeichnet sie als Linien, während sie in realen Szenen meist durch das Aufeinandertreffen von Flächen unterschiedlicher Helligkeit oder Farbe markiert werden. Folgen wir der obersten Reihe der Zeichnungen nach rechts, interpretiert der Betrachter die auf die Flächen der sich transformierenden Baukörper gezeichneten Rechtecke unwillkürlich als Fenster und Fenstertüren. Die Allgegenwärtigkeit solcher durch Fenster

Abb. 33: James Wines (SITE): „Highrise of Homes", Projekt, 1981.

gegliederter Fassaden in unserer Umgebung hat sie für uns ein Element werden lassen, mit welchem wir eine ‚gewohnte Größe' assoziieren. Automatisch lesen wir horizontale Fensterreihen als Geschoss und interpretieren damit einen Maßstab in die Zeichnung, den sie ohne die Fensterrechtecke in der linken Anfangszeichnung nicht hatte. Dem gleichen Mechanismus verdankt die Zeichnung von James Wines ihre Räumlichkeit (Abb. 33). Nur dadurch, dass wir die verschiedenen Vorstadt- und Dorfhäuser erkennen und ihre gewohnte Größe annehmen, können wir uns den Maßstab der Zeichnung und ihre Aussage erschließen.

Tiefenhinweise sind Teil des Wissens um die visuelle Raumwahrnehmung des Menschen. Viele dieser Kenntnisse gehören - auch ohne dass sie bewusst verwendet werden - seit Jahrhunderten zum gängigen Repertoire der Architekten. Erst in der Kategorisierung als bildhafte Tiefenhinweise werden sie uns als solche verständlich. In diesen Zeichnungen wird deutlich, dass das Wissen um Wahrnehmungsphänomene dem Architekten als Mittel zur Verfügung steht. Sie sind ein Beweis dafür, dass kategorisiertes Wissen der Kognitionswissenschaften für Architekten anwendbar ist.
Die bildhaften Tiefenhinweise, die anhand der Zeichnungen bis hierher illustriert wurden umfassen ‚Verdeckung', ‚gewohnte Größe', ‚Verblauung', ‚Perspektive', ‚Illumination' , ‚relative Höhe im Blickfeld', ‚relative Größe' und ‚Texturgradienten'. Bei der Mehrzahl der Abbildungen kommen nicht alle Tiefenhinweise gleichzeitig zum Einsatz. Während Tschumi mit ‚Verdeckung' und ‚gewohnter Größe' arbeitet, betont Ferriss die Räumlichkeit seiner Zeichnung durch ‚Schatten und Schattierung' und Mies durch ‚Verblauung'. Obwohl also noch eine Vielzahl von anderer Hilfsmittel[199] zur Verfügung stünden, wurden nicht alle eingesetzt, um Räumlichkeit zu suggerieren. Dennoch reichen die verwendeten Mittel dazu nicht nur aus, sondern sie unterstützen durch ihre Betonung die Wirkung der Zeichnung noch. Denn

[199] Für weiterführende Informationen und eine Zusammenfassung der Tiefenhinweise siehe Anhang 1.

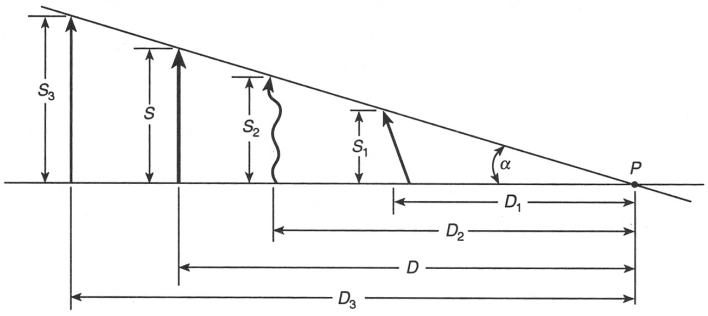


Abb. 34 Familie äquivalenter Konfigurationen nach Hershenson: Alle dargestellten Konturen (S, S1, S2, S3) bilden sich auf der Netzhaut identisch ab. Mit nur einem Auge betrachtet, reicht die Lichtprojektion einer Linie auf die Netzhaut alleine nicht aus, Form und Entfernung eindeutig zu bestimmen.

das Weglassen und Offenlassen von Informationen bewirkt gleichzeitig auch eine Uneindeutigkeit der Zeichnung. Wir können nicht sicher sagen, wie die dunklen Gebäudemassen in Mies Friedrichstraße tatsächlich aussehen. Vielmehr müssen wir die Details der Fassaden interpretieren. Ebenso lässt Ferriss die Details seiner Hochhäuser im Ungewissen. Bei Tschumi ist die Offenheit der Zeichnungsfolge gar Teil der Strategie. Was auf der linken Seite eine Reihe von Bauklötzen darstellen könnte, wird durch die Veränderung und das Hinzufügen von Informationen erst zu Architektur.[200] Die Interpretation des Betrachters aber ist ein essentieller Bestandteil der Darstellung. Hier wird keine Eindeutigkeit vorausgesetzt, sondern eine Interaktion zwischen Darstellung und Betrachter, in welcher der Betrachter eine kreative Rolle spielt.

In der Psychologie wird die Interpretationsoffenheit visueller Reize als ‚Reizunzulänglichkeit' beschrieben (Abb. 34). Sie beschreibt, dass vor allem bei zweidimensionalen Darstellungen Reize nicht eindeutig erkannt werden können. So ist zuerst nicht klar, was eine einzelne Linie auf einer Zeichnung darstellen soll. Meist erschließt sich die Zeichnung aber aus dem Kontext. Eine beliebige Fläche auf einer Zeichnung ist möglicherweise erst dadurch als Wand zu erkennen, dass noch eine oder mehrere Personen dargestellt sind oder eine Fensteröffnung der Wand eine perspektivische Wirkung verleiht. Dennoch verbleibt ein gewisser Interpretationsspielraum, der dem Betrachter eine aktive Rolle zuweist, indem er interpretieren muss was er sieht. Hershenson schreibt dazu:

[200] Das entspricht auch der Technik Tschumis, der „Transkription".

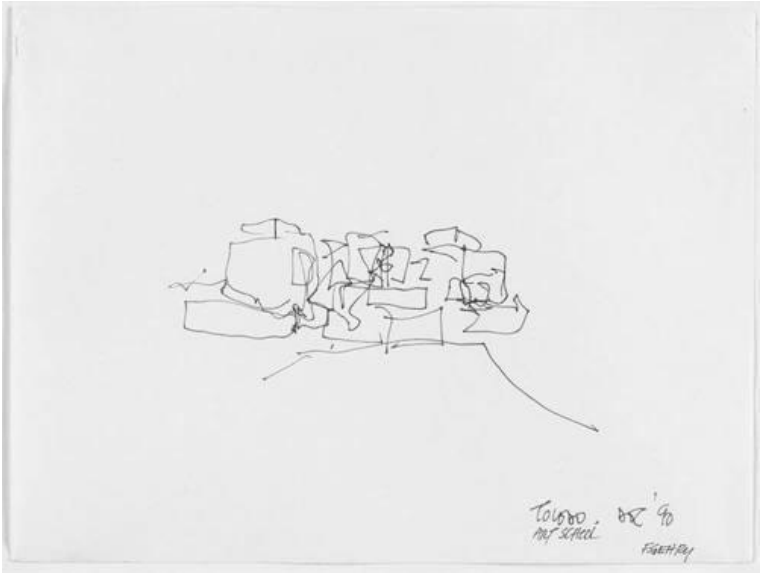


Abb. 35: Frank O. Gehry: University of Toledo, Center for the Visual Arts.

> „Artists use the pictorial cues to represent ordinal information about depth in drawings and paintings. Although pictures frequently appear realistic, when viewed individually, pictorial cues are ambiguous in the sense of stimulus inadequacy - they do not determine a unique perceptual outcome.“[201]

Auch bei den grauen rauchig-nebligen Gebäuden in Mies‘ Zeichnung bleibt eine Unsicherheit, wie genau diese im Detail aussehen könnten. Frank Gehrys Zeichnung (Abb. 35) schließlich ist die reinste Illustration für Reizunzulänglichkeit. Es ist nicht viel, was der Betrachter hier eindeutig identifizieren kann. Aus den Andeutungen einer Topografie und sich stapelnder oder verdeckender Volumen kann sich jeder sein eigenes Gebäude erdenken.

[201] Hershenson (1999) S.87. Übersetzung durch den Verfasser: „Künstler benutzen die bildhaften Tiefenhinweise, um ordinale Tiefeninformationen in Zeichnungen und Gemälden zu repräsentieren. Obwohl Bilder oftmals realistisch erscheinen, sind bildhafte Tiefenhinweise individuell betrachtet mehrdeutig im Sinne der Reizunzulänglichkeit - sie bestimmen kein eindeutiges Wahrnehmungsergebnis“ Hershenson meint dabei nicht eine Eindeutigkeit im Sinne einer inhaltlichen Interpretation, welche die Aussage, die semantische Bedeutung hinter der Darstellung und die Intention des Künstlers betrifft. Hershenson meint dabei schlicht eine Eindeutigkeit für das Erkennen von Objekten.

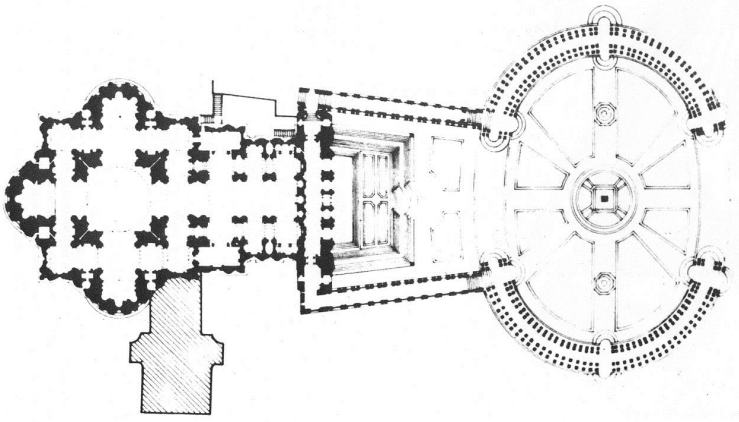


Abb. 36: Petersdom und -platz in Rom: Grundriss.

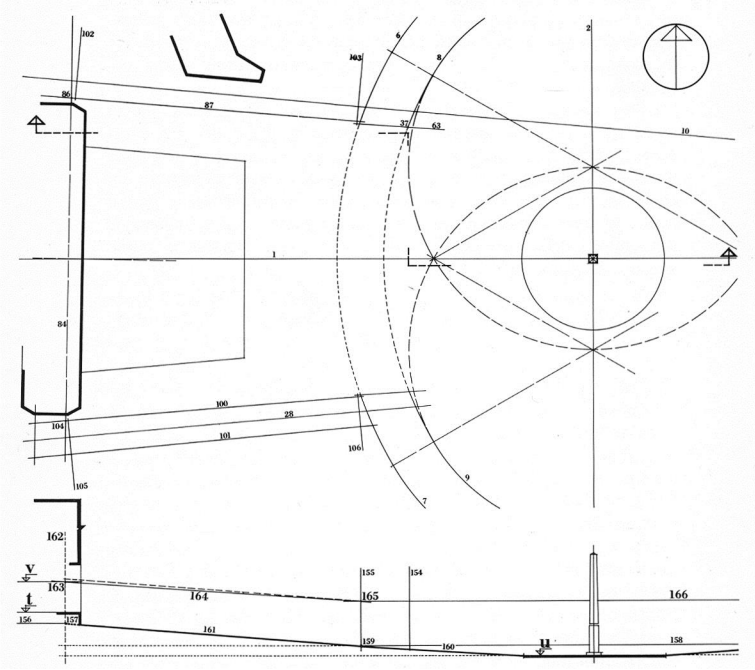


Abb. 37: Petersplatz in Rom: Grundriss (oben) - und Schnittskizze (unten) von Birindelli.

Abb. 38: Petersplatz in Rom, 1909.

3.1.2 Tiefenhinweise im Raum

Zeichnungen, könnte man einwenden, seien nicht das eigentliche Medium des Architekten und nur verführerische Vorboten einer noch zu entstehenden Wirklichkeit. Und diese sei nicht so einfach zu manipulieren wie ein Bild. Dabei finden sich natürlich zahlreiche Beispiele dafür, wie eben diese Manipulation der Raumwahrnehmung mit architektonischen Mitteln umgesetzt wurde. Bekannt für gebaute Illusionen ist vor allem der Barock. So zum Beispiel die perspektivischen Manipulationen bei Gianlorenzo Berninis Petersplatz in Rom,[202] die dem Ankömmling beim Betreten des Platzes eine unwirkliche Nähe der Kirchenfassade vermitteln. Um diese Wirkung zu erzielen greifen mehrere Mittel ineinander, die Massimo Birindelli in den Abb. 36 und Abb. 37 herausarbeitet: Der ovale Hauptplatz verläuft mit seiner Längsachse parallel zur Fassade. Dadurch liegt sein kürzerer Durchmesser zwischen Ankömmling und Domportal. Die Mitte des Platzes ist abgesenkt, so dass sich der Platz jenseits seines Tiefpunktes dem Betrachter mitsamt der Kirchenfassade entgegenklappt. Darüber hinaus streben die flankierenden seitlichen Kolonnaden der „Piazza Retta“ zwischen dem ovalen eigentlichen Petersplatz und der Fassade auseinander. Dadurch verkürzt sich ihre Ansicht stark und sie wirken kürzer als sie in Wirklichkeit sind (Abb. 38). Das wird noch dadurch unterstützt, dass die Größe der Statuen auf den Kolonnaden zur Kirche hin zunimmt, um der natürlichen perspektivischen Verkleinerung entgegenzuwirken. [203]
Dieser Wahrnehmung widersprechen wiederum andere, natürliche Tiefenhinweise wie die Verblauung der Luft, die perspektivische Verkleinerung der

[202] Gianlorenzo Bernini gestaltete den Petersplatz und die angrenzende Piazza Retta unter Papst Alexander VII. 1657-1667 zu seiner heutigen Gestalt um. Vgl. hierzu Grundmann, Fürst (1997) S.233.

[203] Eine ausführliche Analyse der geometrischen Ordnung des Platzes findet sich bei Mavrikios (1965) . Bloomer und Moore verweisen auf die auseinanderlaufenden Kolonnaden und die anwachsenden Statuen. Bloomer, Moore (1977) S. 93.

Menschen zur Fassade hin und die Textur des Materials, die in der Entfernung immer dichter wird. Es entsteht eine Widersprüchlichkeit der Reizinformationen, welche Kent Bloomer und Charles W. Moore zu der Feststellung bringt, die eigentliche Qualität dieser Komposition von Bernini bestünde nicht in der Illusion von Nähe, sondern in der Widersprüchlichkeit, die zwischen den Reizinformationen entstehe. [204]

Auch in den Bauten von Francesco Borromini, von dem hier noch später ausführlicher unter anderen Gesichtspunkten die Rede sein wird, sind einige Beispiele perspektivischer Illusionen zu finden.[205] Am bekanntesten unter ihnen ist wahrscheinlich das Vestibül im Palazzo Spada[206] (Abb. 40). Es vermittelt den Eindruck, als sähe man durch einen langen Gang in einen geräumigen Hof. In Wirklichkeit hat Borromini hier eine Perspektive gebaut. Die Säulen verkürzen sich nach hinten, der Boden steigt an, der Gang verengt sich, die Decke verläuft schräg nach unten (Abb. 39).[207] Dadurch konnte er trotz beengter räumlicher Verhältnisse den Eindruck von Weite und Großzügigkeit erwecken, der sich tatsächlich erst dann als Täuschung entpuppt, wenn man hineingeht und sich alsbald den Kopf stößt.

---

[204] Dieses Wechselspiel zwischen den Interpretationen, so schreiben sie, „pits one sense against another for a powerfully unsettling experience." Bloomer, Moore (1977) S.93.

[205] So auch bei dem später ausführlich beschriebenen Bau „San Carlo alle Quattro Fontane". Dort verwendet Borromini perspektivisch zulaufende Muster in den Kalotten, welche die flachen Nischen tiefer erscheinen lassen. Dass Borromini diese Mittel bewusst einsetzte, zeigen seine Entwürfe für alternative Muster, die er zugunsten der perspektivischen Variante verwarf. Auch das Sechseck-Kreuz-Muster der Kuppel verleiht dieser zusätzliche Höhe, indem es zur Laterne hin perspektivisch zuläuft. (Abb. 66).

[206] Borromini wurde von Bartolomeo Spada für größere Umbauarbeiten seines Palazzo beauftragt, den sich Kardinal Girolamo Capodifero im 16. Jh. bauen ließ. Im Rahmen der Umbauarbeiten entstand auch das Vestibül von 1632-1635. Vgl. hierzu: Grundmann, Fürst (1997) S.151.

[207] Dieselben perspektivischen Mittel verwendet Bernini in seiner „Scala Regia" im Vatikan (1656-1657). Vgl. hierzu: Koch (2006) S.316.

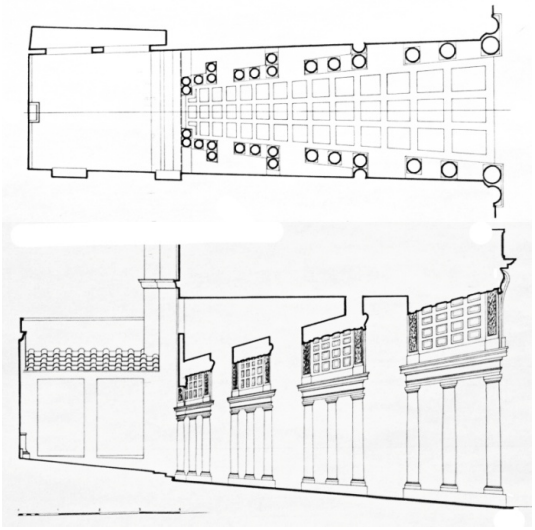


Abb. 39: Borromini: Vestibül im „Palazzo Spada", Rom. Grundriss und Schnitt.

Abb. 40: Borromini: Vestibül im „Palazzo Spada", Rom.

Dass der irritierende Einsatz von Tiefenhinweisen in gebauter Architektur nicht auf die bekannten barocken Illusionen begrenzt ist, zeigt beispielsweise Steven Holls Studentenwohnheim in Cambridge (Abb. 41). Aus der Entfernung scheint es als ob eine horizontale Fensterreihe einer Geschoßhöhe entspräche. Beim Vergleich mit den davor geparkten Autos wird jedoch klar, dass Holl hier jeweils drei übereinander liegende Fensteröffnungen pro Geschoss entworfen hat. Er verzichtet in der Fassade auf eine Betonung der tatsächlichen Geschossdecken, wodurch ein gleichmäßiges Fensterraster entsteht. Die gewohnte Höhe eines Geschosses, die bei Tschumi und Wines Zeichnungen (Abb. 32 und Abb. 33) ihre räumliche Wirkung entfaltet, führt in Cambridge dazu, dass die Größe des Gebäudes uneindeutig wird. Der Maßstab der Fensteröffnungen steht in Konkurrenz zum Maßstab der Autos und Personen. Eine ‚Entweder-Oder' Situation, die wir zwar schnell verstehen können, die aber trotzdem für die Wahrnehmung dauerhaft mehrdeutig bleibt.

Geradezu unmerklich sind die Wahrnehmungsmanipulationen der griechischen Tempelbauten. Dabei gilt das Parthenon (Abb. 43) als eines der bekanntesten und ältesten Beispiele, in der eine Abstimmung der Architektur auf die Eigenarten der menschlichen Wahrnehmung nachgewiesen werden konnte. Die horizontalen Elemente des Tempels sind in einer für das bloße Auge nicht erkennbaren Weise nach oben gekrümmt, damit die Konturen als gerade, liegende Linien wahrgenommen werden (Abb. 42). Ohne eine solche Krümmung wirken lange Horizontale als ob sie in der Mitte durchhingen.[208] Diese Krümmung brachte es mit sich, dass keine standardisierten

[208] Die Krümmung langer horizontaler Linien in den griechischen Tempeln wird als „Kurvatur" bezeichnet. Die Kurvatur des Parthenon beschreiben Bloomer und Moore: „And both, the base and entablature swell slightly to counter an optical illusion that would make a straight line seem to sag". Bloomer, Moore (1977) S.109. Das Parthenon wurde von dem Architekten und Archäologen Francis Penrose 1846 vermessen, um die Theorie zu bestätigen, dass einige griechische Tempel tatsächlich gekrümmt gebaut worden waren. Seine Messungen bestätigten die Vermutung, die ursprünglich der Architekt und Mathematiker John Pennethorne geäußert hatte. Vgl. hierzu Frith (2007) S.49. Auguste Choisy erweiterte die Analyse Anfang des

Abb. 41: Steven Holl Architects: „Simmons Hall", MIT, Cambridge, MA, 1999-2002.

20. Jahrhunderts auf die Gesamtanlage der Akropolis. Vgl. hierzu Fröbe (2004) : „Choisy hatte die revolutionäre Entdeckung gemacht, dass der scheinbaren Unordnung, die sich im Grundriss der Akropolis spiegelt, eine Ordnung zugrunde liegt, die auf eine bewusste schließen lässt. Choisy erkannte die Akropolis als dynamische Architektur, die der Wahrnehmungsfähigkeit des Betrachters angepasst ist und die die Bewegung des Betrachters voraussetzt. Detailliert zeichnete er den Weg des Akropolisbesuchers nach, die Sichtweise, die sich dem Vorangehenden auf dem Plateau eröffnet, die Art und Weise, wie sich Schritt für Schritt Verdecktes erschließt, sich wiederum anderes dem Blick entzieht." Vgl. hierzu auch: Choisy (1982) .

Bauteile verwendet werden konnten, sondern jeder Stein individuell für eine bestimmte Position mit jeweils unterschiedlichen Maßen hergestellt werden musste. Der damit verbundene Aufwand und die präzise Ausführung zeigt, dass es sich dabei um eine genau kalkulierte und entworfene Maßnahme handeln muss und sich die Architekten der Wirkung dieser Manipulation auf die visuelle Wahrnehmung bewusst waren.

Während im Falle von Parthenon, Petersplatz und Vestibül kein Zweifel daran bestehen kann, dass die Architekten die Phänomene der menschlichen Raumwahrnehmung kannten und ihr Wissen bewusst einsetzten, um diese zu manipulieren, ist dies bei Holls Entwurf nicht dokumentiert. Dennoch zeigt auch das Studentenwohnheim in Cambridge, dass ein solches Wissen auf die Architektur angewendet werden kann.
Die reine Illusion, wie sie Borromini mit seinem Vestibül baute, bleibt in gewisser Weise unbefriedigend, wohl weil sie die Architektur der Nutzbarkeit beraubt und sie damit auf eine Skulptur oder ein Schaubild reduziert. Sowohl Berninis Petersplatz, wie auch Holls Studentenwohnheim und erst recht das Parthenon integrieren ihre Manipulationen in eine nutzbare Architektur und bleiben dadurch subtiler. Hier ziehen die Wahrnehmungsbesonderheiten keine Aufmerksamkeit auf sich und wirken dennoch auf den Betrachter, mit dem sie in einen unbemerkten Dialog treten. Dieses implizite Beziehungsgeflecht zwischen Architekt und Betrachter bildet den Betrachtungsrahmen für die folgenden Untersuchungen zu der dauerhaften Interaktion der Wahrnehmungsphänomene mit der Architektur.

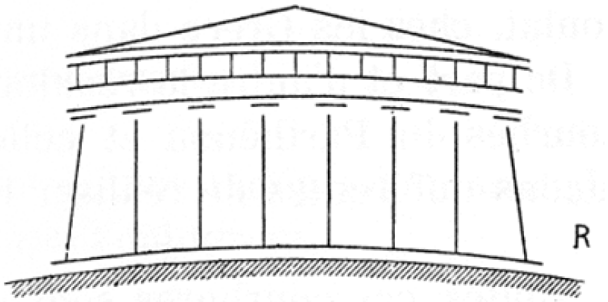


Abb. 42: Skizze des Parthenon mit übertriebenen Manipulationen von Choisy.

Abb. 43: Parthenon: Westfassade.

3.2 Stehende Betrachter im Raum

Wie schon das vorangegangene beschäftigt sich auch das zweite Kapitel dieses Teils der Arbeit mit der Ergänzung von scheinbar fehlenden Informationen in der Wahrnehmung. Die im ersten Teil beschriebenen Gestaltgesetze, welche die Mechanismen der Ergänzung und Gruppierung von Reizen beschreiben, werden dabei in der Wahrnehmung von dreidimensionalen Räumen wirksam. Anstelle der räumlichen Interpretation zweidimensionaler Zeichnungen entstehen dabei in der Wahrnehmung Raumvolumen, welche die Umgebung des Betrachters strukturieren. Für diese ‚Erschaffung'- so wird argumentiert werden - genügt dem visuellen System unter bestimmten Umständen nur die ‚Andeutung' des Volumens. Dieses Phänomen wird als Konzept transienter und angedeuteter Raumvolumen bezeichnet.

3.2.1 Die Korridore von Córdoba

3.2.1.1 Gestaltgesetze als Ergänzung von Form

Als Konturen bezeichnen wir die sichtbaren Grenzen eines Objektes von unserem jeweiligen Standpunkt aus. Im zweidimensionalen, wie auch im dreidimensionalen Raum liefern sie wichtige Informationen, die dem visuellen System helfen, Objekte und ihre Beschaffenheit zu erkennen. Meist sind Konturen dadurch zu erkennen, dass sich an ihr die Farbe oder Schattierung einer Fläche schlagartig ändert. Diese Charakteristik ermöglicht es auf der anderen Seite auch, die Konturen von Objekten absichtlich verschwimmen zu lassen. Im Militär wird diese Methode in Form von Camouflage-Mustern zur Tarnung verwendet. Dabei wird durch die Anordnung von Flecken verschiedener Helligkeit und Farbe die Kontur eines Objekts aufgelöst und dieses dadurch zu einem Teil des Hintergrundes.

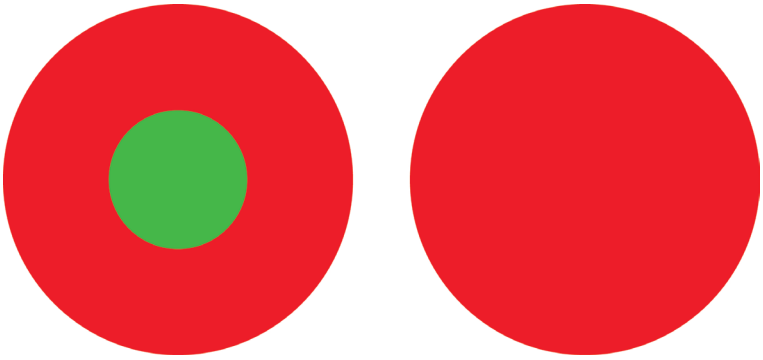


Abb. 44: Die grüne Scheibe verschwindet, wenn das Augenzittern unterbunden wird.

Einer der Mechanismen des Nervensystems, um in den zur Verfügung stehenden visuellen Reizen Konturen zu finden ist ein permanentes, unwillkürliches Zittern der Augen. Mehrmals in der Sekunde bewegt sich das Auge in unterschiedlich großen Ausschlägen.[209] Durch dieses Zittern fällt das Licht von einer Fläche nicht immer auf dieselben, sondern abwechselnd auch auf benachbarte Rezeptoren der Netzhaut. Das Auge vergleicht dabei „die Intensität des von der Fläche reflektierten Lichtes mit der Intensität des Lichtes, das von der benachbarten Fläche reflektiert wird."[210] Dieses Augenzittern ist grundlegend für das Erkennen von Konturen, wie Alan L. Gilchrist am Beispiel der roten und grünen Scheiben in Abb. 44 beschreibt:

> „Die lichtempfindlichen Zellen der Netzhaut senden Signale aus, wenn sie Änderungen im auftreffenden Licht feststellen. Um solche Änderungen an Grenzlinien entdecken zu können, führen die Augen ständig kleine Zitterbewegungen aus, um das Licht des Gegenstandes auf der Netzhaut hin und her wandern zu lassen. Unterbleiben diese Bewegungen, so verschwindet das Bild spätestens nach drei Sekunden. Um die Bewegung des Bildes auf der Netzhaut zu unterbinden, läßt man die Versuchsperson durch einen Apparat blicken, der den Effekt jeder Augenbewegung kompensiert. Wenn man so die Lage der Grenze des grünen Kreises auf der Netzhaut festhält, wird der grüne Kreis alsbald nicht mehr wahrgenommen, und die Versuchsperson sieht nur noch die große rote Fläche."[211]

Eine ununterbrochen sichtbare, ein Objekt vollständig umfahrende Kontur ist in der Realität jedoch die Ausnahme. In den meisten Fällen ist das visuelle System mit Reizmustern konfrontiert, welche von sich aus keine durchgehenden Konturen von Objekten anbieten. Es muss die Reize erst organisieren, um aus ihnen eine sinnvolle Wahrnehmung zu formen.

---

[209] Vgl. hierzu auch Noë (2004) S. 13.

[210] Gilchrist (1987) S.140.

[211] Gilchrist (1987) S.142. Das von Gilchrist beschriebene Phänomen wurde ursprünglich von John Krauskopf untersucht. Vgl. hierzu: Krauskopf (1963).

Abb. 45: versteckter Dalmatiner.

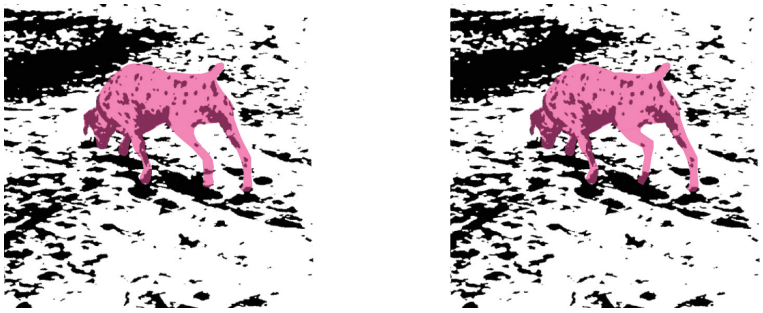


Abb. 46: Dalmatiner: potentielle linke Hinterbeine.

Auf Abb. 45 sind auf den ersten Blick nur unterschiedliche schwarze Flecken zu erkennen. Automatisch versucht unser visuelles System, aus diesen Flecken eine sinnvolle Wahrnehmung zu formen. Über kurz oder lang erkennen wir dann meist einen Dalmatiner im Bildzentrum. Auf der Darstellung selbst sind die Konturen des Hundes nicht vorhanden, sondern sie werden im Prozess der Wahrnehmung vom visuellen System erschaffen. Ist dies einmal geschehen, haben wir also die Reize zu einem Hund gruppiert, dann ist die Wahrnehmung des Hundes erstaunlich robust. Nun können wir den Hund nicht mehr nicht sehen, wie es eben noch der Fall gewesen ist. Die Konturen des Hundes bleiben allerdings in der Wahrnehmung nur ungefähr definiert. Beispielsweise gibt es für die Kontur des linken Hinterbeins des Hundes auf der Darstellung überhaupt keine Anhaltspunkte. Wir nehmen jedoch nicht an dass das Bein fehlt, sondern dass es da irgendwo ist, wo es hingehört. Unsere Wahrnehmung ergänzt die fehlenden Teile nicht dadurch, dass wir eine präzise Grenze wahrnehmen, die sich plötzlich um den Hund herum bildet - wie Abb. 46 es in zwei Variationen aushilfsweise tut - sondern eher in einer ungefähren, diffusen Annahme. [212]

Das Prinzip der Ergänzung, das der Dalmatiner in schwarz-weißer zweidimensionaler Darstellung illustriert, lässt sich in ähnlicher Weise in den dreidimensionalen Raum übertragen. Schon in der in Abb. 47 gezeigten Situation erster Vorkehrungen für die Installation einer neuen Lüftung werden wir das noch fehlende Rohr in der Wahrnehmung ‚erschaffen'. Genauer soll dieses Phänomen im Folgenden am Beispiel der Säulenhalle der Moschee

[212] Das manipulierte Foto des Dalmatiners ist eine vielgenutzte Darstellung für die Erklärung des Mechanismus der Organisation, der Zusammenfassung oder der Gruppierung von visuellen Reizen. Es findet sich unter anderem bei Ramachandran und Hirstein. Diese beiden Autoren argumentieren anhand dieser und ähnlicher Darstellungen, dass dieser Gruppierungseffekt eine angenehme Wahrnehmung für uns ist. Ihre Argumentation zielt darauf ab, den Genuss von Kunst als ein Spiel der Wahrnehmung zu erklären. Vgl. hierzu: Ramachandran, Hirstein (1999) . Irvin Rock benutzt in seinem Buch über Wahrnehmung dieselbe Darstellung: Rock (1985) . Ursprünglich veröffentlicht wurde sie in: Carraher, Thurston (1966).

Abb. 47: ‚Andeutung' einer Lüftungsleitung. Das fehlende Rohr wird in der Wahrnehmung ‚erschaffen'.

von Córdoba untersucht werden. Sie steht dabei exemplarisch für die Säulenhallen vieler sogenannter ‚Stützenmoscheen', deren Gebetshallen durch ihre im Raster gestellten Stützen besondere Wahrnehmungsqualitäten aufweisen.

3.2.1.2 Zwei Korridore - Mehrdeutigkeit als Entweder Oder

Der Bau der Moschee von Córdoba begann im Jahr 785 mit der sogenannten Gründungsmoschee. Sie wurde in mehreren Bauabschnitten bis 988 mehrmals erweitert (Abb. 48). Der finale Bauzustand als Moschee ist heute nicht mehr erlebbar, da nach der Rückeroberung Andalusiens durch die Christen im 16. Jahrhundert in der Mitte der Bethalle eine römisch-katholische Kathedrale errichtet wurde. Heute ist es noch immer die größte arabische Bethalle mit über 600 Säulen. Für die besonderen Wahrnehmungsqualitäten des Raumes sorgen die regelmäßigen doppelgeschossigen Arkaden (Abb. 49, Abb. 50).[213]

Ausgangspunkt für die folgenden Untersuchungen ist der erste Bauabschnitt, die elfschiffige sogenannte Gründungsmoschee von Córdoba. Blick 1 (Abb. 54 a und b) steht für den Blick eines gedachten Betrachters von einer bestimmten Stelle in der Halle aus.[214] In dem Blick des Betrachters bilden sich durch die enfiladenartig hintereinander gereihten Bögen zwei Gänge oder Korridore (Abb. 54c). Einer davon ins Zentrum des Sichtfelds und ein weiterer nach rechts hinten. Diese Gänge oder Korridore existieren natürlich in der Realität insofern nicht, als sie keine physischen Begrenzungen wie eine

[213] Vgl. hierzu Vogt-Göknil, Wauthier-Wurmser (1982) S.66 ff.

[214] Der dargestellte Blick kann nur einen Ausschnitt des tatsächlichen Sichtfelds illustrieren. Die Zeichnung stellt insofern nur ein geeignetes Hilfsmittel dar, um die hier besprochenen Phänomene zu diskutieren.

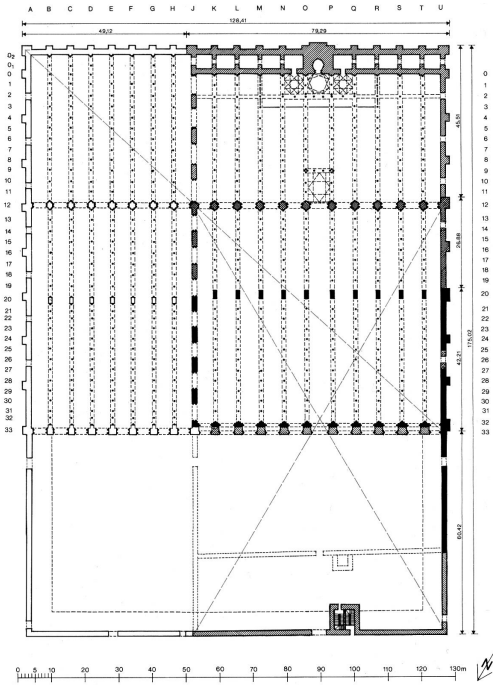


Abb. 48: Die Moschee von Córdoba in ihrer größten Ausdehnung im Jahr 988.

Mauer und ein Gewölbe haben. Aber so wie wir in den einfachen Prinzip-Skizzen der Gestaltpsychologen eine Reihe von Punkten als Linie wahrnehmen und in einem Muster von schwarzen Flecken einen Dalmatiner entdecken, werden auch die Konturen der Bögen von uns zu einer Gestalt zusammengefasst. In diesem Fall ist die Gestalt jedoch eine räumliche. In dem hier gezeigten Blick in die Moschee von Córdoba werden durch die Enfilade der Bögen genaugenommen sogar die Räume gebildet, in welchen sich der Betrachter in diesem Moment befindet, d.h. sie werden in der Wahrnehmung zur nächsten Umgrenzung um den Körper des Betrachters. Obwohl die Grenzen dieser Raumvolumen physisch nicht existieren, sind sie jedoch so stark, dass sie die tatsächliche physische Umschließung der Halle - die Wände und die Decke - vollkommen überdecken.

Am Beispiel von Blick 1, in dem sich der Betrachter gleichzeitig in zwei Korridoren zu befinden scheint, stellt sich die Frage, wie unser Wahrnehmungssystem auf eine solche Situation reagiert. Können wir uns aus der Perspektive der Wahrnehmung überhaupt gleichzeitig in zwei Räumen befinden oder muss sich die Wahrnehmung zwischen dem einen oder dem anderen Raum entscheiden? Dazu sind die Untersuchungen mit klassisch mehrdeutigen Darstellungen aufschlussreich: Abb. 51 zeigt auf der linken Seite den sogenannten „Necker Würfel“.[215] Diese Zeichnung ist insofern mehrdeutig, als wir sie auf zwei unterschiedliche Arten wahrnehmen können. Entweder wir nehmen einen Würfel wahr, dessen Vorderseite sich unten rechts befindet, wie es die Zeichnung in der Mitte zeigt. Oder aber wir nehmen einen Würfel wahr, dessen Vorderseite oben links liegt, wie die rechte Zeichnung deutlich macht. Obwohl beide Interpretation in ein und derselben Strichzeichnung angelegt sind, können wir sie allerdings nicht gleichzeitig wahrnehmen

[215] Er trägt seinen Namen von seinem "Erfinder", dem Schweizer Geologen Louis Albert Necker (1786-1861). Das Phänomen, das der Würfel illustriert, wird auch ‚bistabile Wahrnehmung‘ genannt.

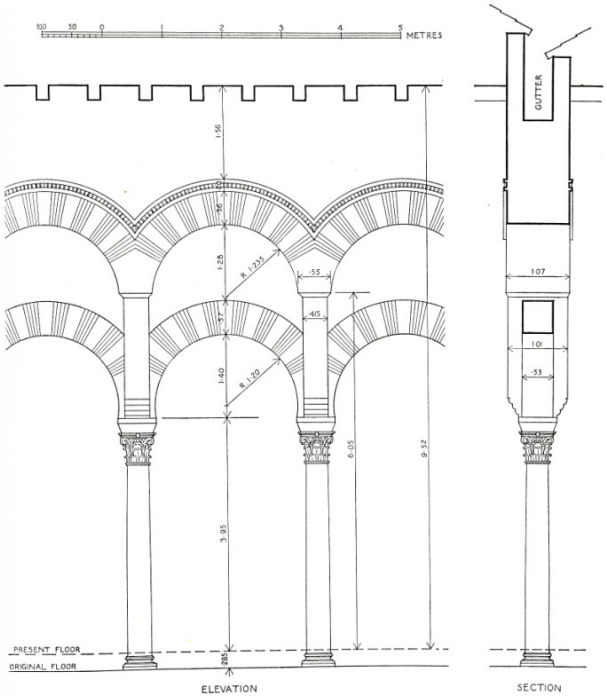


Abb. 49: Säulenarkade der Moschee von Córdoba.

Abb. 50: Blick in die Bethalle von Córdoba.

sondern nur nacheinander. Konzentrieren wir uns können wir in einer Art ‚Spiel' zwischen den beiden Interpretationen hin- und herwechseln.
In seinem Artikel „The Neurology of Ambiguity" geht Semir Zeki dem Phänomen der Mehrdeutigkeit auf neurologischer Ebene nach.[216] Er beschreibt, wie unser Gehirn für jede beliebige visuelle Szene unterschiedliche Interpretationen testet. Diese stehen innerhalb unseres Gehirns in einem Kampf um Vorherrschaft, bei dem sich die wahrscheinlichste Interpretation durchsetzt und in unser Bewusstsein gelangt. In einer Situation der Mehrdeutigkeit kann diese Entscheidung vom Gehirn nicht getroffen werden, da mehr als eine Lösung die wahrscheinlichste Lösung darstellt. Deshalb präsentiert uns das Gehirn alle Lösungen. Dazu schreibt Zeki:

> „True ambiguity results when no single solution is more likely than other solutions, leaving the brain with the only option left, of treating them all as equally likely and giving each a place on the conscious stage, one at a time, so that we are only conscious of one of the interpretations at any given time. Thus a neurobiologically based definition of ambiguity is the opposite of the dictionary definition; it is not uncertainty, but certainty - the certainty of many, equally plausible interpretations, each one of which is sovereign when it occupies the conscious stage."[217]

Gleichzeitigkeit, so scheint es, ist für die Wahrnehmung nicht möglich. Das zeigt sich auch an Studien zur unterschiedlichen Wahrnehmung der beiden

---

[216] Zeki (2004).

[217] Zeki (2004) S.175. Übersetzung durch den Verfasser: „Wahre Mehrdeutigkeit entsteht, wenn keine Lösung wahrscheinlicher ist als eine andere, wodurch das Gehirn nur die eine Möglichkeit hat, alle als gleich wahrscheinlich zu behandeln und jeder einen Platz auf der Bühne der Aufmerksamkeit zu geben, einer nach der anderen, so dass wir uns zu einem bestimmten Zeitpunkt immer nur einer Interpretation bewusst sind. Eine Definition von Mehrdeutigkeit aus neurobiologischer Sicht ist demnach das Gegenteil von der Definition des Wörterbuchs; es ist nicht Ungewissheit, sondern Gewissheit - die Gewissheit von mehreren, gleich wahrscheinlichen Interpretationen, von denen jede souverän ist, solange sie auf der Bühne des Bewusstseins vorherrscht." Es wird davon ausgegangen, dass die Entscheidung, welche Interpretation die wahrscheinlichste ist, von der individuellen Erfahrung des Einzelnen und seinem kulturellen Umfeld abhängig ist. Vgl. hierzu: Zeki (2004) S. 179-183. In manchen Kulturen sind dreidimensionale Zeichnung in der Art des „Necker Würfels" nicht verständlich, folglich stellt sich auch keine Mehrdeutigkeit ein.

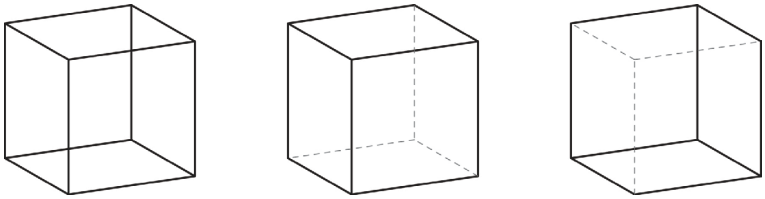


Abb. 51: Der linke Würfel zeigt einen sogenannten „Necker Würfel": eine mehrdeutige Darstellung mit zwei möglichen Interpretationen. In der Mitte und rechts sind die beiden alternativen Interpretationen zu sehen.

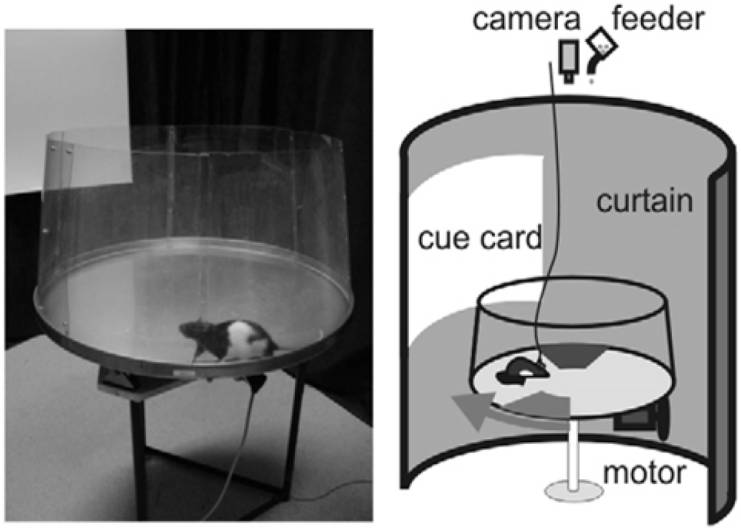


Abb. 52: Versuchsaufbau der Studie von Kelemen und Fenton.

Augen. Werden beiden Augen mithilfe von Stereoskopen unterschiedliche Bilder gezeigt, die nicht dem natürlichen Sehen einer Szene mit zwei Augen entsprechen sondern stark voneinander abweichen, entsteht ein Wettstreit zwischen den Augen, eine sogenannte binokulare Rivalität:

> „Wenn zum Beispiel dem rechten Auge ein vertikales und dem linkes Auge ein horizontales Gitter gezeigt wird, nimmt man nicht die Überlagerung der beiden Gitter wahr, was dann wie ein Schachbrettmuster aussähe, sondern man sieht entweder das vertikale oder das horizontale Gitter, und diese beiden Wahrnehmungen alternieren nach einem ganz bestimmten, vom Gehirn festgelegten Rhythmus. […] Bedeutsam ist dabei, daß sich die physikalischen Eigenschaften der Muster nicht verändern. Die Entscheidung darüber, welcher der beiden Reize zur bewußten Verarbeitung gelangt, fällt das Gehirn selbst. Beide Augen ‚sehen' immerfort dieselben Muster, aber das beobachtende Subjekt nimmt entweder nur das vertikal oder das horizontale Gitter wahr."[218]

Ob diese Prinzipien, die unter Laborbedingungen mit zweidimensionalen Zeichnungen untersucht wurden, so ohne weiteres auf die alltägliche Wahrnehmung dreidimensionaler Räume übertragen werden kann, ist bislang empirisch nicht präzise erforscht worden. Eine Studie zur visuellen Wahrnehmung von Ratten legt allerdings nahe, dass auch im dreidimensionalen Raum das Prinzip des Entweder-Oder angewendet wird. Basierend auf der These, dass dieselben Areale im Gehirn nicht gleichzeitig unterschiedliche räumliche Umgebungen abbilden können, stellten Neurowissenschaftler die Vermutung auf, dass sich das Gehirn der Ratten bei widersprüchlichen, sich überlagernden räumlichen Bezugsrahmen jeweils zwischen den möglichen Rahmen würde entscheiden müssen. In der Studie wurden Ratten auf einer sich drehenden Scheibe positioniert und mittels Schocks trainiert, sich sowohl von einem unbewegten, im Raum befindlichen Bezugsrahmen und einem sich mit der Scheibe drehenden Bezugsrahmen fernzuhalten. Reagierte die Ratte auf eine der beiden sogenannten Schockzonen, war diese

[218] Wolf Singer in: Singer, Ricard & Warmuth (2008) S.55. Die Stärke der binokularen Rivalität ist von der Art des Reizes abhängig. Vgl. hierzu auch: Hershenson (1999) S.59.

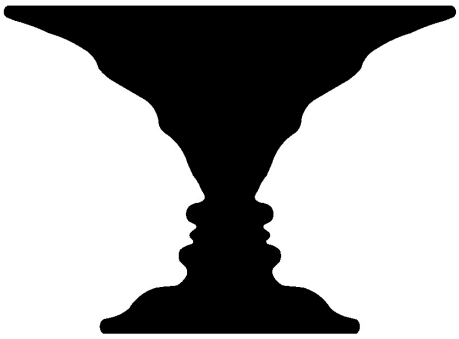


Abb. 53: Vexierbild: Vase oder Gesichter.

Reaktion in den für die Orientierung relevanten Gehirnarealen ablesbar. Durch die Drehung der Scheibe kam es hin und wieder zur Überlagerung beider Bezugsrahmen (Abb. 52). Auch in diesen Fällen wurden niemals beide Bezugsrahmen gleichzeitig im Gehirn der Ratten repräsentiert, sondern entweder der eine oder der andere. Die Autoren nannten diesen Wechsel *dynamic grouping*, also dynamisches Gruppieren. [219]

Aufgrund der verschiedenen hier angeführten Untersuchungen kann angenommen werden, dass das Prinzip des ‚Entweder-Oder' auch für die menschliche visuelle Wahrnehmung im Fall von mehrdeutigen räumlichen Umgebungen gilt. Auch Steen Eiler Rasmussen zieht in „Architektur Erlebnis" einen ähnlichen Schluss. Er vergleicht den Wechsel von konkaven und konvexen Formen der beiden römischen Torbauten Porta Santo Spirito und Porta Pia mit dem bekannten Vexierbild, das gleichzeitig eine Vase oder zwei Gesichter zeigt (Abb. 53) und folgert, „daß man nicht gleichzeitig die zwei Gesichter und die Vase sehen konnte, und wenn man von der einen Auffassung zur anderen gehen wollte, mußte das durch einen Willensakt geschehen. Auf gleiche Weise werden dreidimensionale Kompositionen, die auf diese Art geformt sind, daß man gleichzeitig sowohl Konvexitäten als auch Konkavitäten erleben soll, energische Arbeit vom Beschauer erfordern, einen ständigen Wechsel des Erkennens." [220]
In der Säulenhalle von Córdoba können wir uns also entweder dem einen Korridor, oder dem anderen zuordnen, nicht aber beiden gleichzeitig. Vergleichbar mit dem „Necker Würfel" stellt auch ein einzelner, eingefrorener Blick zwei unterschiedliche Optionen der Interpretation zur Verfügung, zwischen denen wir spielerisch hin- und herwechseln können. Im Gegensatz zum „Necker Würfel" verändert sich jedoch durch diesen schnellen Wechsel nicht nur das Anschauungsobjekt, sondern auch der Raum um uns herum.

[219] Für die erwähnte Studie siehe: Kelemen, Fenton (2010).
[220] Rasmussen (1980) S.61.

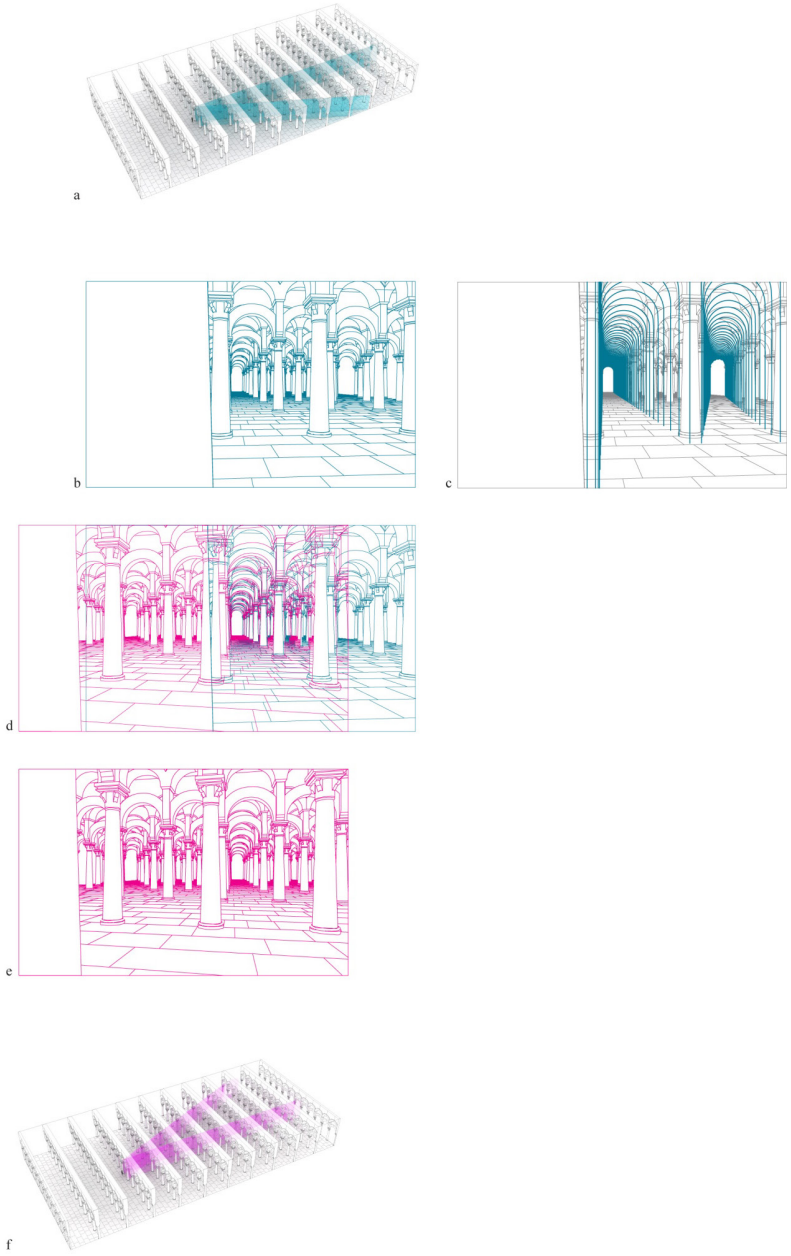


Abb. 54: Säulenhalle der Moschee von Córdoba, Gründungsmosche. ***a****: Korridore in Blick 1* ***b****: Blick 1* ***c****: Korridore hervorgehoben* ***d****: Überlagerung von Blick 1 und 2* ***e****: Blick 2* ***f****: Korridore in Blick 2.*

Wir können sozusagen den Raum wechseln, in dem wir uns befinden, ohne einen Schritt zu gehen.

3.2.1.3 Zwei neue Korridore: Dynamic Grouping

Im Falle der Säulenhalle von Córdoba wird der Vorgang komplexer, wenn sich der Betrachter zu bewegen beginnt. Die Zeichnungen der Abb. 54 zeigen eine Folge von 2 Blicken in die Säulenhalle. Die erste zeigt den schon besprochenen Blick 1. Nun wurde angenommen, dass der Betrachter anschließend einen Schritt nach vorne geht und dabei den Kopf leicht dreht.[221] Die beiden Blicke 1 und 2 sollen also kurz hintereinander liegen. Sie wurden dabei bewusst so gewählt, dass sich folgende Veränderung zwischen den beiden Blicken ergibt: In Blick 1 bilden die Säulen und Bögen die oben beschriebenen zwei Korridore: einer verläuft mittig und ein zweiter nach rechts hinten. In Blick 2, nur einen Schritt weiter, ist der rechte Korridor aus dem Blickfeld verschwunden. Gleichzeitig öffnet sich ein neuer Korridor auf der linken Seite im Blickfeld. Wo also eben noch nur eine Mehrdeutigkeit bestand, entsteht nun eine weitere und damit wiederum eine neue Entscheidungsmöglichkeit für den Betrachter, sich zu verorten. Die Darstellungen in Abb. 54 müssen dabei als Hilfswerkzeuge verstanden werden. Weder der Umfang des Sichtfelds kann in solch einer Zeichnung zutreffend dargestellt werden, noch entspricht die Aufteilung der Wahrnehmung in zwei so getrennte Szenerien dem tatsächlichen Wahrnehmungsvorgang. In der Realität vollzieht sich der Übergang zwischen Blick 1 und 2 nahtlos. Der Begriff des *dynamic grouping* aus der oben beschriebenen Studie von Kelemen und Fenton lässt sich dabei sehr gut auf einen solchen Gang durch die Säulenhalle anwenden: Während wir uns durch den Raum bewegen oder aber einfach unseren Blick in die Tiefe des Raumes richten, stehen die visuellen Reize in einem Wettbewerb

[221] Blick 1 und Blick 2 liegen eine Schrittlänge (45cm) und eine Drehung von 15° auseinander.

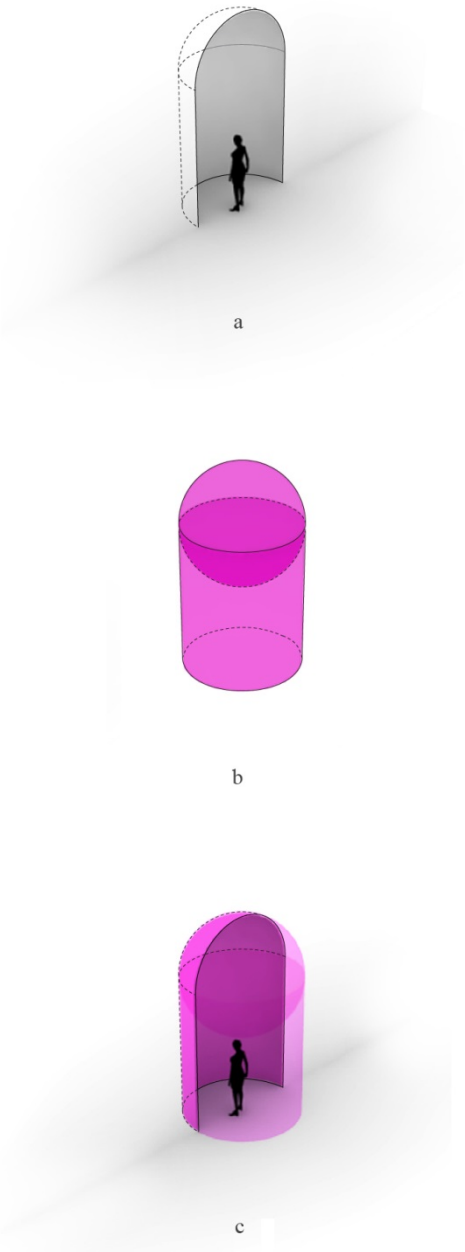


Abb. 55: Konstruktion einer kleinen Apsis aus Zylinder und Kugel.

um den Einfluss auf unsere Interpretation. Dadurch werden in einem unwillkürlichen, dynamischen Wechsel durch die Wahrnehmung immer wieder neue Raumvolumen um den Betrachter herum erschaffen, ohne dass er notwendigerweise seine bewusste Aufmerksamkeit darauf richten muss. Volumen entstehen, wechseln sich ab und verschwinden wieder. Sie umgeben ihn nur für einen Moment, werden durch einen Schritt oder eine Kopfdrehung betreten oder verlassen. Obwohl die Objekte kontinuierlich als Teil einer zusammenhängenden Umgebung wahrgenommen werden verändert sich gleichzeitig ihre räumliche Interpretation.

Raumvolumen, die auf eine solche Art und Weise nur in der Wahrnehmung existieren, könnte man als ‚virtuell' im Sinne von ‚nur scheinbar vorhanden'[222] bezeichnen. Der Begriff des ‚virtuellen Raums' ist in den letzten Jahren jedoch vor allem mit Computermodellen und der rechnergesteuerten virtuellen Realität in Verbindung gebracht worden. Der Begriff ‚ephemer'[223] betont den Aspekt des schnell Vergänglichen dieser wahrgenommenen Räume. Auch er ist in der Literatur im Zusammenhang mit Architektur schon in Verwendung. Er wird meist in Verbindung mit temporären Bauten wie Pavillons, Ausstellungsarchitekturen u.ä. verwendet. Beide Begriffe würden in diesem Fall zu Verwirrung führen. Geeigneter erscheint der Begriff ‚transiente Räume', der gleichermaßen die flüchtigen und vergänglichen Eigenschaften betont. Dieser Begriff geht aus dem lateinischen Wort *transire* (vorbeigehen) hervor.
Neben den transienten können noch weitere Eigenschaften dieser Räume beschrieben werden. Zunächst sind das die uneindeutigen Grenzen, die am Beispiel des Dalmatinerbeins beschrieben wurden. Die Grenzen der Räume sind dabei nicht nur diffus und unpräzise, sondern auch von derselben Flüchtigkeit wie der Blick, der sie entstehen lässt. An ihrer plötzlichen Entstehung und ihrem Verschwinden sind keine Massen beteiligt, die physische

[222] Fischer-Lexikon (1976).

[223] „ephemer [griech. ‚für einen Tag'] kurzlebig, vergänglich". In: Fischer-Lexikon (1976).

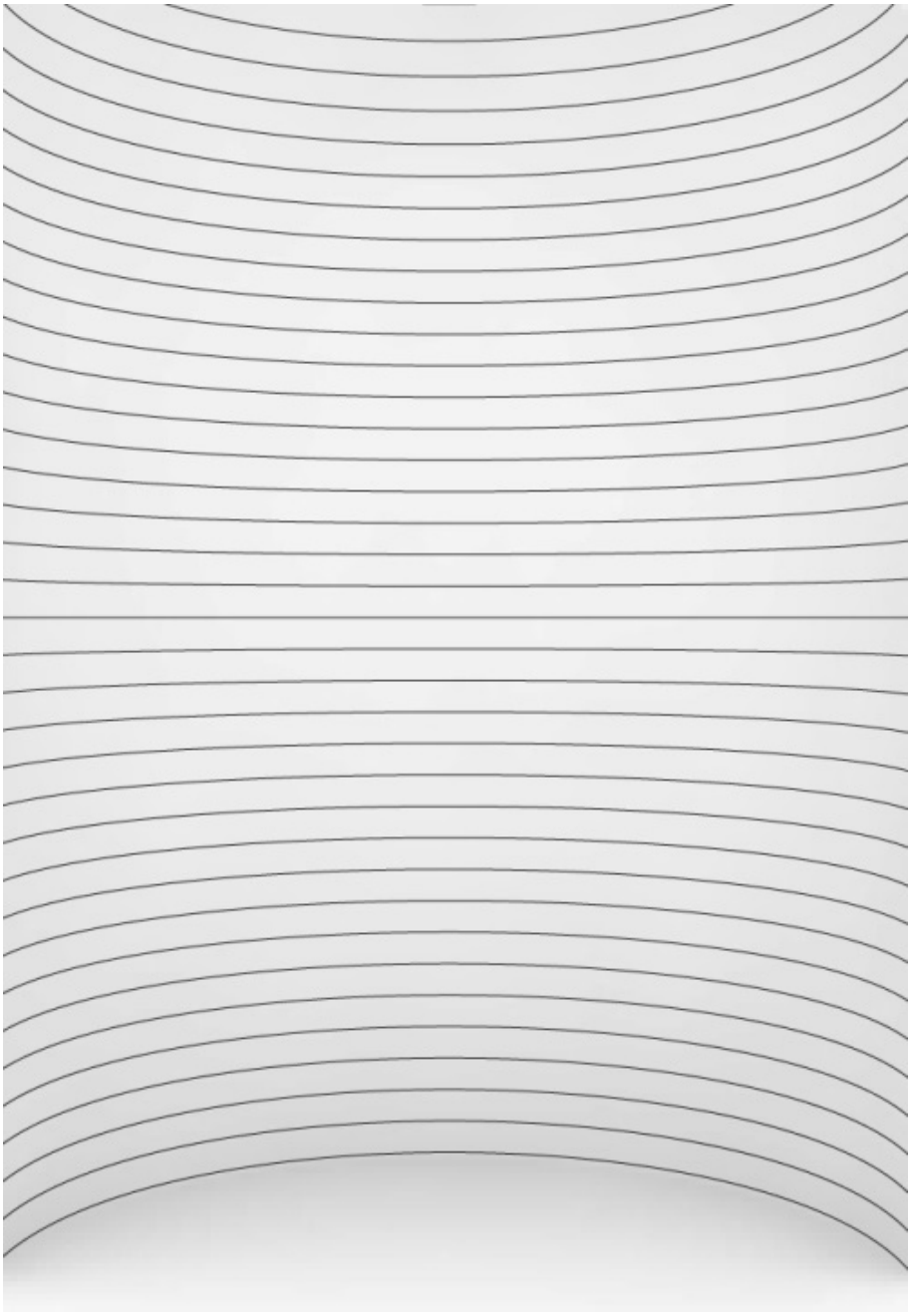


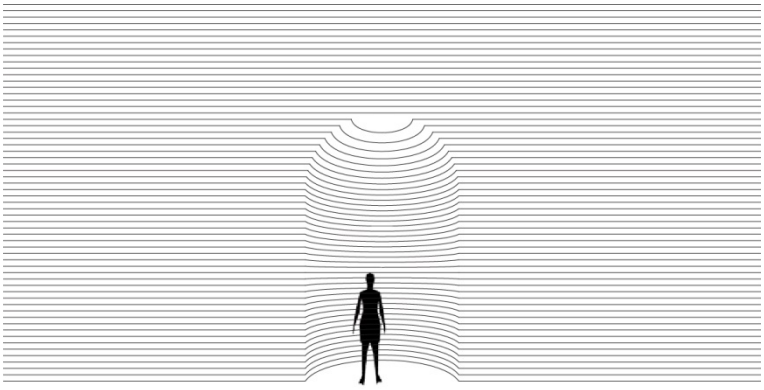
Abb. 56: Blick in die Apsis: Begrenzung des Raumes liegt außerhalb des Sichtfelds.

Begrenzungen benötigen. Ihr Werden und Vergehen ist ein automatisches Resultat der impliziten Wahrnehmungsvorgänge, welche die eigene Verortung im Raum beständig kontrollieren und neu kalkulieren. Und schließlich wird deutlich, dass diese Räume durch das Sehen nur in einer Sinnesmodalität existieren. Da sie zu einem Teil immateriell sind, können sie nicht im selben Maße gehört oder ertastet werden wie es ein physisch präsenter Raum ermöglichen würde.

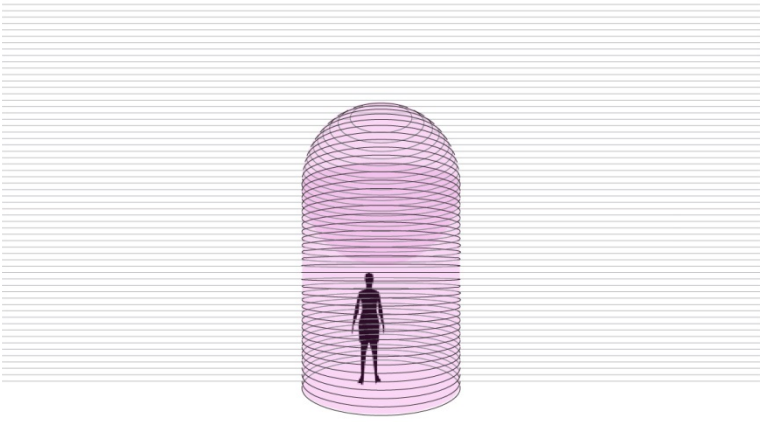
Eine weitere Begrifflichkeit ergibt sich, wenn wir uns auf die Rolle der Architektur für die Wahrnehmung dieser diffusen und immateriellen Räume konzentrieren. Form und Struktur dienen als Auslöser für die Wahrnehmungsprozesse indem sie potentielle Räume ‚andeuten'. Diese Bezeichnung wird im selben Kontext von Collin Rowe und Robert Slutzky in ihrem Essay „Transparenz" verwendet, wovon später noch die Rede sein wird.[224] Die Stützen der Säulenhalle sind nicht auf eine Rolle festgelegt. Durch ihre gleichmäßige Stellung und die Ausformung der Säulen und Bögen deuten sie unterschiedliche Räume an und können als Grenze mehrerer unterschiedlicher ‚Korridore' fungieren. Im Wahrnehmungsprozess wird die Vielzahl der durch die Struktur angedeuteten Räume dabei in einem Moment jeweils auf eine einzige Interpretation reduziert. Form und Struktur deuten an, die Wahrnehmung ‚erschafft' daraus einen transienten Raum. Eine kleine Bewegung oder eine Veränderung des Fokus eröffnet wiederum neuen Interpretationsspielraum.

In dem er eher die Vieldeutigkeit von Räumen beschreibt, schließt der Begriff ‚angedeutete Räume' auch mit ein, dass unterschiedliche Betrachter denselben Raum unterschiedlich wahrnehmen. Sicherlich werden die hier beschriebenen Blicke und Rauminterpretationen nicht zu dem Raumerlebnis eines jeden Besuchers der Moschee gehören. Denn auch wenn man sich in Córdoba den ‚Korridoren' an nahezu keiner Stelle im Raum entziehen kann, wie Abb. 50 zeigt, so wird ein jeder Besucher der Halle einen eigenen Weg und eine eigene Blickrichtung wählen und dabei mithilfe seines

[224] Vgl. hierzu: Rowe, Slutzky & Hoesli (1997).



a



b

Abb. 57: Durch die Teile der Geometrie werden Zylinder und Kugel angedeutet.

Wahrnehmungssystems aus den Andeutungen der Architektur seine eigenen Raumvolumen erschaffen.

Der Begriff ‚angedeutete Räume' beschreibt das Potential, durch die Architektur mit ihrer Struktur und Form eine Vielzahl von Interpretationsmöglichkeiten anzulegen. Er bezeichnet den interpretationsoffenen Zwischenraum, der durch die gestaltende Funktion der Wahrnehmung zwischen Architektur und Raumwahrnehmung besteht. Er beleuchtet nicht nur die aktive Rolle des Betrachters selbst in der impliziten Wahrnehmung, sondern auch die aktive Rolle der Architektur für die Wahrnehmung. Es ist dieses Verhältnis, das Steen Eiler Rasmussen meint, wenn er anhand seiner Betrachtungen der Piazza S. Maria della Paceschreibt, „wie der Beschauer durch den Prozeß des Anschauens selbst die Massen aufs Neue erschafft."[225]

3.2.2 Ein barocker Innenraum als eine Vielzahl von Teilräumen

Eine andere Art und Dichte der Andeutung von Räumen soll in diesem Kapitel anhand der römischen Barockkirche „San Carlo alle Quattro Fontane" von Francesco Borromini analysiert werden. Dafür ist es zunächst notwendig, das schon beschriebene Phänomen der Ergänzung von fehlenden Teilen einer Form durch die Wahrnehmung noch zu erweitern. Einhergehend mit der Entwicklung der analytischen Geometrie wurden in der Barockarchitektur häufig geometrische Grundvolumenkörper verwendet und miteinander kombiniert: Zylinder, Kugel, Kegel, Würfel. Das dem Barock eigene Streben nach „komplexen Raumkompositionen"[226] bewirkt jedoch, dass diese Volumenkörper selten in ihrer Reinform vorkommen. Vielmehr bleiben durch

[225] Rasmussen (1980) S.73.

[226] Vgl. hierzu bspw.: Pevsner, Fleming & Honour (1992) S.67. Und: Müller, Vogel (2005) S.472.

ihre Verschneidung, Verzerrung und Verbindung meist nur Teilstücke der Urvolumenkörper übrig.
Im Folgenden wird nun versucht, darzulegen dass auch diese Teilstücke als räumliche Andeutungen funktionieren und dadurch in der Wahrnehmung ihre fehlenden Teile entstehen lassen. Zu Beginn wird eine einfache räumliche Situation betrachtet: Abb. 55Abb. 55a zeigt eine kleine apsis-förmige Nische in einer Wand, in der eine Betrachterin steht. Die Volumenkörper, aus der die Apsis besteht sind ein Zylinder und eine Kugel (Abb. 55b). Von dem Zylinder ist nur eine Hälfte verwendet worden, auch die beiden Kreisflächen am oberen und unteren Ende sind entfernt worden. Von der Kugel ist nur ein Viertel übrig (Abb. 55c). Versetzt man sich in die Position der Betrachterin, so sieht sie die fehlenden Teile des Zylinders nicht. Sie liegen außerhalb des Sichtfelds. Abb. 56 versucht, einen Eindruck von diesem Blick zu vermitteln, der allerdings in diesem Format nicht realistisch nachgestellt werden kann. Wahrscheinlich hat die Betrachterin auf dem Weg zu ihrem Blickpunkt die räumliche Situation erkannt und weiß um ihre Beschaffenheit (Abb. 57a). In ihrer jetzigen Position ist jedoch ihr ganzes Sichtfeld von der Apsis eingenommen, so dass eine Fortsetzung der Konturen vom Wahrnehmungssystem zumindest mitgedacht wird. Die beiden Gestaltgesetze, das Gesetz der geschlossenen Form und das Gesetz der guten Fortsetzung (Abb. 11, Abb. 12) beschreiben die zu Grunde liegenden Wahrnehmungsmechanismen.[227] So wird im Sehen der fehlende Teil der Formen - des Zylinders und der Kugel - in diffuser Weise mit impliziert. Aus den durch die Teilräume angedeuteten Räume entsteht unwillkürlich ein transienter, wahrgenommener Raum, der die Betrachterin umschließt (Abb. 57b).

Mit diesem Phänomen arbeitet auch die Arbeit „Shelter“ des Künstlers Anton Burdakov (Abb. 58). Sie besteht ausschließlich aus Konturen, die einer

[227] Eine einfache Übertragung der Gestaltgesetze in architektonische Beispiele findet sich auch in Richter (2009) S.94 ff.

Projektion eines Quadrats auf eine große Kugel entnommen scheinen. Der Künstler selbst beschreibt seine Arbeit:

> „A sense of ‚insideneness' can be achieved by means other than a simple enclosure, relying on the way the continuity of space in front and the space behind is inferred, rather than seen. By controlling how what is seen disappears from the field of vision from a particular point of view, Shelter creates an experience of being inside, which contradicts the knowledge of being outside."[228]

In seiner Arbeit „kontrolliert" Burdakov, wie die Konturen im Sichtfeld verlaufen und bewirkt dadurch, dass aus bestimmten Positionen der Rahmen von „Shelter" zu einem den Betrachter umgebenden Volumen ergänzt wird. Mitverantwortlich für diese Wirkung ist das periphere Sehen: Aus den peripheren Bereichen am Rande des Sichtfeldes fallen die Lichtreize auf Bereiche der Netzhaut, die keine Farbrezeptoren haben. Das bedeutet, in der Peripherie sehen wir nur noch schwarz-weiß und, wie überall außerhalb des kleinen Fokus im Sichtfeld, auch unscharf (Abb. 80). Bei dieser Form des Sehens treten kontrastreiche Strukturen - wie die freie Stahllinie der Skulptur „Shelter" im weißen Raum - besonders hervor. Gleichzeitig zeigen diese Bereiche des Sichtfelds das, was seitlich, über und unter uns ist. Läuft eine Kontur vom Zentrum des Sichtfelds kontinuierlich in das periphere Feld, so nimmt unser Gehirn als wahrscheinlich an, dass sich dies ebenso in den Bereichen fortsetzt, die wir nicht sehen können. Auf der Suche nach einem sinnlicheren Verständnis von Architektur wird für den finnischen Architekt Juhani Pallasmaa das periphere Sichtfeld zu dem Teil des Sehens, der uns in die Welt

[228] Burdakov (2008). Übersetzung durch den Verfasser: „Ein Gefühl von ‚Drinnensein' kann auch durch andere Mittel erreicht werden als eine einfache Einhausung, indem man sich auf die Art verlässt, wie die Kontinuität des Raumes vor sich und hinter sich eher angenommen, als gesehen wird. Dadurch, dass Shelter von einem bestimmten Blickpunkt aus kontrolliert, wie das, was man sieht aus dem Sichtfeld verschwindet, bewirkt es eine Erfahrung des Drinnenseins, welche dem Wissen widerspricht, dass man sich draussen befindet."

Abb. 58: Anton Burdakov: „Shelter", 2008.

versetzt.[229] Während der fokussierte Bereich des Sehens uns in die Position des betrachtenden Gegenübers versetze, sei es der periphere Bereich, welcher uns ein Gefühl von Umgebung vermittle und die Wahrnehmung erst im Sinne des ‚Sich-im-Raum-Befindens' räumlich werden ließe.[230]

In barocken Kirchenräumen sind wir mit einer wesentlich höheren räumlichen Komplexität und Dichte konfrontiert als die beiden analysierten Beispiele der Apsis und der Skulptur „Shelter" aufweisen. Rudolf Arnheim widerspricht Peter Frankls Ansicht, dass Barockarchitektur durch ihre Komplexität in eine „Vielzahl von Teilbildern" zerfällt, die kein „einheitliches Ganzes" bilden. Für ihn sind die „komplexen und schwer zu überschauenden Formen" ein architektonisches Mittel, die Grundstruktur zu maskieren. Der Bau erschließt sich nur dem, „der das komplizierte Dickicht entwirrt".[231] Möglicherweise ist aber die besonders dichte Verschneidung und Verschmelzung von Raumgeometrien im Barock unter dem Gesichtspunkt der visuellen Wahrnehmung auch als Vielzahl von Teilräumen zu verstehen, die als Reste und Andeutungen von unsichtbaren Volumen den Raum strukturieren. Die Ergänzung der fehlenden Teile der angedeuteten Räume durch die Wahrnehmung könnte mit eine Erklärung für die bewegte Wirkung sein, die oftmals bei der Betrachtung von barocken Räumen entsteht. Dieser Idee folgend soll nun anhand der Kirche „San Carlo alle Quattro Fontane" versucht werden, den kleinen Innenraum der Kirche als eine gleichzeitige Vielzahl von Teilräumen zu beschreiben.

---

[229] Der finnische Architekt Juhani Pallasmaa wirbt in einigen Texten für eine Stärkung der sinnlichen Aspekte von Architektur. Vor allem sein Essay „The eyes of the skin fand viel Beachtung: Vgl. hierzu: Pallasmaa (2005) , sowie: Holl, Pallasmaa & Pérez Gómez (1994).

[230] Vgl. hierzu Pallasmaa (2005) S.10: „The very essence of the lived experience is moulded by hapticity and peripheral unfocused vision. Focused vision confronts us with the world whereas peripheral vision envelops us in the flesh of the world."

[231] Arnheim (1980) S.122 und S.127. Auf Arnheims Argumentation zum Barock verweist auch Mallgrave in seiner Diskussion von Mehrdeutigkeit in der Architektur. Mallgrave (2010) S.92 und S.150.

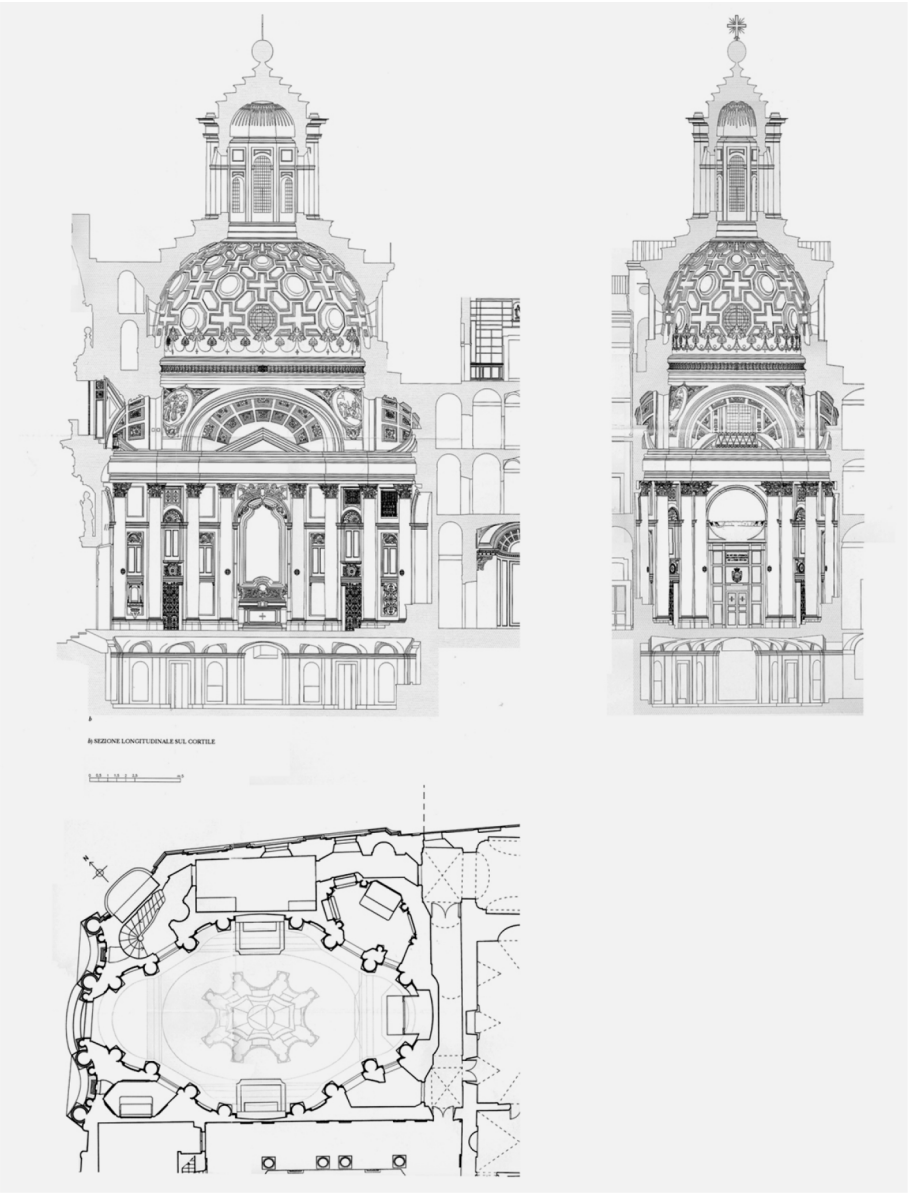


Abb. 59: Schnitte und Grundriss des Kirchenraums von „San Carlo alle Quattro Fontane". Erstellt im Zuge der Restaurierung 1999.

Der Bau des Barfüßerklosters mit Kirche auf dem Quirinalshügel war Borrominis erster Auftrag als selbständiger Architekt. Er hatte davor unter Gian Lorenzo Bernini an Sankt Peter gearbeitet. Die Kirche entstand als einer der ersten Bauabschnitte von 1638-1641 an der Kreuzung der *Via delle Quattro Fontane* und der *Via del Quirinale*. An dieser Kreuzung existierten damals schon vier Brunnen aus der Zeit Papst Sixtus V. an den jeweiligen Ecken, denen Borrominis Bau den Beinamen „alle Quattro Fontane" - an den vier Brunnen- verdankt. Das Grundstück war für das Raumprogramm eines Klosters mit Bibliothek, Kreuzgang und Kirche verhältnismäßig klein. Über das Resultat urteilt Eberhard Hempel: „Daß schließlich ein Bau entstand, der trotz des beschränkten Baugrundes und des einfachen Materials die Umgebung beherrscht, dabei weder beengt noch ärmlich erscheint, […] ist als eine Frucht der Zusammenarbeit und des gegenseitigen Verständnisses von Bauherrn und Baumeister erreicht worden, wie es selten im Verlaufe der Architekturgeschichte beobachtet werden kann."[232]
Für die Kirche blieb „nur so viel Grund übrig, als ein Kuppelpfeiler von St. Peter bedeckt."[233] Borromini entwarf die Kirche als einen überkuppelten Einraum. Obwohl auf einen einzigen Mittelpunkt ausgerichtet, ist es streng genommen kein Zentralbau, da seine Achsen unterschiedlich lang sind. Der Innenraum misst knapp 18m an der längsten Stelle, an der breitesten 11m und an der höchsten Stelle 29m. Er ist also deutlich höher als tief.[234]
Aufgrund dieser besonderen Dimensionen ist der Innenraum eine Herausforderung für klassische Methoden der Beschreibung. Wie auch die Pläne in Abb. 59 zeigen, verwehrt die Enge des Raumes dem Betrachter, die Position des analytischen Gegenübers einzunehmen, wie es bei einem Bild oder einer

[232] Hempel (1924) S.32. Habilitationsschrift des Kunsthistorikers Eberhard Hempel (1886-1967).

[233] Hempel (1924) S.33. Der Größenvergleich zwischen einem Kuppelpfeiler von Sankt Peter und San Carlo ist an vielen Stellen zu finden. Vgl. hierzu auch Steinberg (1977) S.44 ff.

[234] Die Maße wurden den Zeichnungen entnommen, welche im Zuge der jüngsten Restaurierung der Kirche entstanden sind. Vgl. hierzu: Degni (2007) sowie Abb. 59.

Fassade aus einiger Entfernung möglich ist.[235] In San Carlo kann sich der Betrachter nie weit genug von einer gegenüberliegenden Wand entfernen, um sie in Gänze zu betrachten und so das „Dickicht" zu entwirren, die Einzelteile in ihrem Zusammenspiel zu identifizieren und die darunterliegende Gestaltungsidee herauszuarbeiten. Es gibt daher auch nur wenige aufschlussreiche Fotografien vom unteren Bereich des Innenraums mit Seitenaltären, Eingang und Hauptaltar. Der Raum passt nicht in den kleinen Bildausschnitt einer Fotokamera, ohne stark verzerrt zu werden. San Carlo ist daher ein Raum, der das periphere Sehen fordert. Das Sichtfeld des Betrachters mit seinen farblosen und verschwommenen Randbereichen kann den Raum erfassen, während der Bereich des fokussierten Sehens keinen Halt findet. Außerdem wäre es äußerst schwierig, die Begrenzung einer Wand oder eines Wandstück auszumachen, das man sich als Betrachtungsobjekt auswählen wollte: Die Innenwände sind im unteren Bereich stark profiliert. Sie umfahren den Besucher in einem Wechsel aus Konchen und diagonalen Partien, die wiederum durch vorgesetzte Säulen und dazwischenliegende Nischen gegliedert sind. Der Raum schwingt abwechselnd auf den Betrachter zu und von ihm weg,[236] so dass sich dieser unweigerlich ganz und gar im Raum befindet. Folgt er mit dem Blick den schwingenden Konturen in unterschiedlichen Richtungen, entstehen abwechselnd unterschiedliche Volumen. Der wahrgenommene Raum, der den Betrachter umgibt, verändert sich ständig. Erst wenn der Blick nach oben wandert, erhält er durch die Struktur des Raumes eine eindeutige Richtung. Perspektivisch läuft das Muster der Kup-

[235] Diese Methode verwendet beispielsweise Rudolf Arnheim bei der Beschreibung der Porta Pia von Michelangelo. Vgl. hierzu: Arnheim (1980) S.189-193.

[236] Der Innenraum von San Carlo wird oft beschrieben, als befinde er sich selbst in einer schwingenden Bewegung. Unter anderem schreibt Wölfflin dazu: "Durch die Schwingung der Mauer erreichte der Barock noch einen anderen Zweck: indem sämtliche Giebel, Fenster, Säulen und so fort die Beugung begleiten, entsteht für das Auge ein äusserst lebhafter Bewegungseindruck. Es sieht gleichartige Formen gleichzeitig unter verschiedenem Winkel. Die Wirkung ist die, dass z. B. Säulen, die nach verschiedenen Axen orientiert sind, sich beständig zu wenden und zu drehen scheinen." Wölfflin, Rose (1926) S.65.

pelinnenseite zum höchsten Punkt des Innenraums, der Laterne zusammen.[237]

Die geometrische Analyse von Borrominis Entwurf war schon Gegenstand einiger Publikationen bedeutender Kunsthistoriker und Architekten von Eberhard Hempel über Hans Sedlmayr bis Paolo Portoghesi.[238] In seiner Dissertation über San Carlo aus dem Jahr 1977 führt Leo Steinberg nicht weniger als 12 unterschiedliche Interpretationen mit ihren jeweiligen Urhebern auf (Abb. 60). Alle diese Interpretationen bemühen sich, die Komposition des Grundrisses auf geometrische Grundformen zurückzuführen, die entweder deformiert oder miteinander kombiniert wurden, um die spezifische Geometrie des Plans zu ergeben. Dabei sind Kreis, Oval, Kreuz, Raute und Vierpass die wiederkehrenden Elemente. [239] Den Analysten geht es meist nicht um das Erlebnis der Raumwahrnehmung, sondern um das ‚Verstehen' oder - wie Arnheim es nannte - ‚Entwirren' der Grundstruktur der Komposition. Dieser Prozess setzt für den Kunsthistoriker Sedlmayr erst nach dem ersten visuellen Erlebnis des Raumes ein:

> „Die Grundform des Raumes von San Carlo, […] ist durchaus nicht das, womit das Sehen des Gebildes beginnt. Im Sehen ist am Anfang gegeben ein chaotischer Gesamteindruck, in dem bestimmtere Einzeleindrücke unverankert herumtreiben. Erst später treten gewisse Gliederungen und Zusammenhänge aus diesem fließenden Chaos heraus, Beziehungen festigen sich, die Einzelheiten nehmen immer festere Orte ein, das Ganze wird starrer: das Gebilde entsteht."[240]

---

[237] An dieser Stelle bietet sich an, von der Analyse der Raumformen auf die Konzepte zu schließen, die Borromini durch seine Architektur ausdrücken wollte. Das würde aber einerseits ausreichend Stoff für eine eigene Untersuchung ergeben und sich von dem Fokus der vorliegenden Arbeit, der unmittelbaren Interaktion zwischen Wahrnehmung und Architektur, entfernen.

[238] Hempel (1924), Sedlmayr (1973), Portoghesi (1977).

[239] Steinberg (1977) S.18-43. Vgl. hierzu auch: Raspe (1994).

[240] Sedlmayr (1973) S. 24.

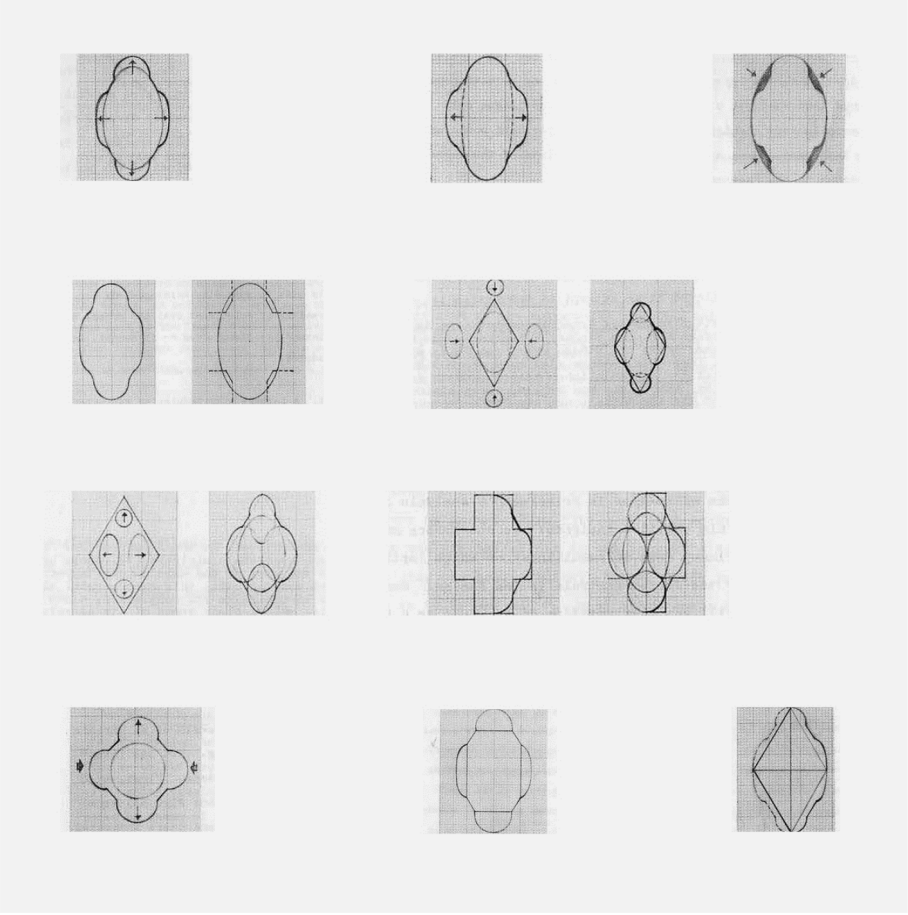


Abb. 60: Leo Steinberg: Zusammenfassung der unterschiedlichen Grundriss-Interpretationen in der Literatur zu „San Carlo“.

Jetzt beginnt für Sedlmayr das „Verstehen" des Raumes als ein „Nachsinnen" über die Grundform hinter der Oberfläche.[241] Ihm geht es hier nicht in erster Linie um die Interaktion der Formen mit dem Betrachter, sondern um eine typologische Untersuchung, die den Vergleich und die theoretische und historische Einordnung des Baus ermöglicht. Dieses klassische Interesse der Kunstgeschichte an der räumlichen Struktur von San Carlo deckt sich also nicht mit dem hier verfolgten Interesse an den Potentialen des Raumes für die unmittelbaren Prozesse der menschlichen Raumwahrnehmung. Trotzdem scheint die Vielzahl der unterschiedlichen kunstgeschichtlichen Interpretationen der Grundstruktur von San Carlo bei Steinberg zu einer Grundannahme für eine Lesart dieses Raumes aus der Perspektive der visuellen Raumwahrnehmung zu führen: „Faced with such an array of discrepant readings, some complementary, others mutually exclusive, only a few wholly erroneous, the would-be interpreter of S. Carlino can chose one of two possibilities."[242] Eine dieser Möglichkeiten wäre es, so folgert Steinberg, eine 13. Interpretation anzuführen. Die andere wäre, die Vielzahl der möglichen Lesarten als gegeben anzunehmen und folglich die Gleichzeitigkeit verschiedener Grundelemente des Plans zu akzeptieren und als Phänomen dieses Baus zu beschreiben.

Tatsächlich ermöglichen die weiter oben herausgearbeiteten Prinzipien der Wahrnehmung - Gruppierung, Mehrdeutigkeit, Gleichzeitigkeit und Ergänzung - den Raum von San Carlo als eine Vielzahl von transienten Volumen zu lesen, die unmittelbar in der Wahrnehmung entstehen. Diese wurden zur Verdeutlichung anhand einer zeichnerischen Analyse sichtbar gemacht (Abb. 61, Abb. 62, Abb. 63). Dazu wurde der Innenraum der Kirche auf seine geometrischen Grundformen reduziert. Die Konchen des Altars und des

---

[241] Sedlmayr (1973) S.24.

[242] Steinberg (1977) S.41. Übersetzung durch den Verfasser: "Angesichts einer solchen Vielzahl abweichender Interpretationen, von denen sich einige ergänzen, andere gegenseitig ausschließen, nur wenige völlig falsch sind, hat der zukünftige Deuter von S. Carlino die Wahl zwischen zwei Möglichkeiten." Den Kose- und Verkleinerungsnamen *San Carlino* verdankt die Kirche ihrer geringen Größe.

Konchen

Nischen

Architrav

Abb. 61: Eine Vielzahl von Teilräumen 1

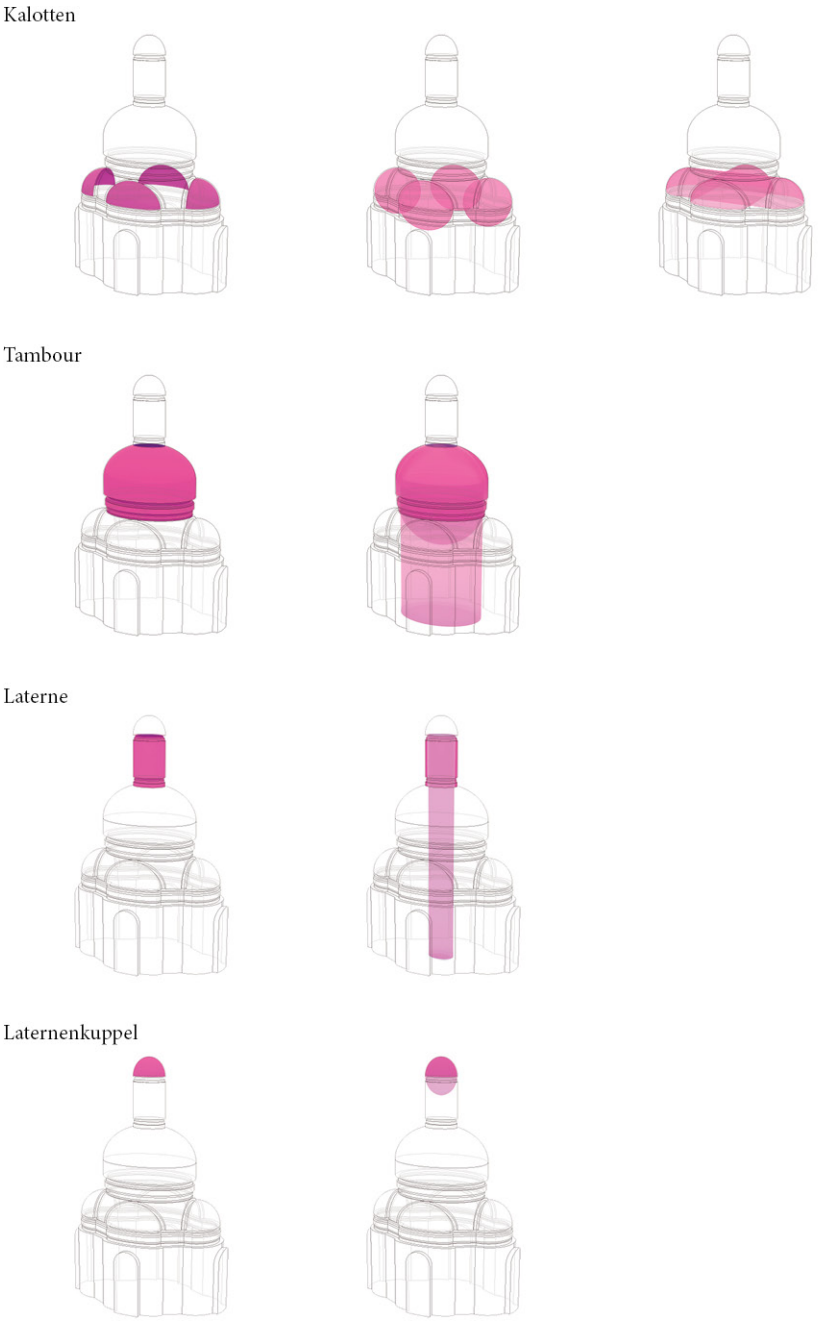


Abb. 62: Eine Vielzahl von Teilräumen 2.

Abb. 63: Gleichzeitigkeit der virtuellen Volumen.

gegenüberliegenden Eingangs erscheinen als Halbzylinder. Verlängert man ihre Konturen, ergeben sich volle Zylinder, die in den Kirchenraum hineinragen. Die Konchen der Seitenaltäre sind halbe ovale Zylinder, die sich mit ihrer fehlenden Hälfte im Raum verschneiden. In den Konchen liegen sich jeweils arkadenförmige Nischen gegenüber, die durch den Raum eine Verbindung miteinander aufbauen. Der geschwungene, umlaufende Architrav betont die Linien der Grundformen, indem er sie mehrmals nach innen und oben versetzt wiederholt. Dadurch entstehen wiederum Variationen der Zylinderformen der Konchen. Darüber deuten die Kalotten jene Kugeln und Ovaloiden an, von denen sie selbst Schnittflächen sind. Bis dann in Kuppel und Laterne das Thema des Ovaloids und des ovalen Zylinders wiederholt wird.

Wie schon bei den Illustrationen zur Moschee von Córdoba bemerkt wurde, ist auch diese zeichnerische Analyse San Carlos eine Prinzip-Skizze, die ihre Schwächen hat. Sie soll das interpretatorische Potential des Raumes aufzeigen, das sich jedoch nicht auf die gezeigten Interpretationen der transienten Räume beschränken lässt. Jeder Betrachter wird den Raum anders erleben, wird einzelne, andere, ähnliche oder gar keine dieser transienten Räume wahrnehmen. Darüber hinaus kann die geometrisch klare Definition der wahrnehmbaren Volumen in der Zeichnung die angedeuteten Räume nicht treffend darstellen. Denn wie weiter oben schon beschrieben, sind die Grenzen dieser Raumvolumen nicht klar umrissen, sondern unsichtbar, diffus und undefiniert.
Auf der anderen Seite kann die zeichnerische Analyse deutlich machen, wie der Innenraum als eine Vielzahl von sich verschneidenden Raumvolumen gelesen werden kann. Die Wände des Innenraums werden durch diese Lesart zu einer Komposition aus Teilräumen, deren Dynamik sich in einer Zwischenwelt aus Tatsächlichem und Virtuellem entfaltet. Es wird klar, warum der Raum für den Betrachter in Schwingung gerät.
Mit wanderndem Blick entsteht aus der Architektur eine Vielzahl von Räumen, die sich um den Betrachter schließen. In der unmittelbaren, impliziten

Wahrnehmung bestehen die Räume möglicherweise nur für einen Moment und sind im nächsten wieder verschwunden. Der Betrachter wird dann immer wieder auf die tatsächliche, physische Struktur des Raumes zurückgeworfen, folgt ihren Linien und Konturen, bis wieder neue Räume entstehen. Die Architektur wird unbemerkt zum Gesprächspartner des visuellen Systems.

Dass ein Raum aus verschiedenen Raumvolumen bestehen und konstruiert werden kann ist nicht neu. Es entspricht dem von Colin Rowe und Robert Slutzky entwickelten Konzept der phänomenalen Transparenz, der Transparenz im übertragenen Sinne. Zum Abschluss ihrer Analyse von Le Corbusiers Villa in Garches schreiben sie hier:

> „Es gibt eine ununterbrochene Dialektik zwischen Tatsache und Andeutung. Die Wirklichkeit des tiefen Raumes wird fortwährend in Gegensatz zu Andeutungen eines untiefen Raumes gebracht, und durch die resultierende Spannung wird Lesart um Lesart erzwungen. Die fünf Raumschichten, die in jeder vertikalen Dimension das Volumen des Gebäudes gliedern, und die vier Schichten, die es horizontal schneiden, beanspruchen alle von Zeit zu Zeit die Aufmerksamkeit; und diese Rasterung des Raumes resultiert in ununterbrochener Veränderung der Interpretation.“[243]

Während Rowe und Slutzky zwar aus dem Blickpunkt der visuellen Wahrnehmung argumentieren, gilt ihr Interesse doch in erster Linie der Analyse, der dem Entwurf zugrunde liegenden Struktur, wohingegen die Untersuchungen dieses Kapitels beschreiben wollen, was die „Veränderung der Interpretation“ für die Wahrnehmung des Raumes bedeutet. Oder, wie sich derartige Räume im Prozess der Wahrnehmung verhalten.
Das von Leo Steinberg vorgeschlagene Prinzip der gleichzeitigen Lesart unterschiedlicher Formen im Raum von „San Carlo“ kann dabei als ‚Gleichzeitigkeit‘ gelesen werden, die in der Architektur angelegt ist und drei unter-

[243] Rowe, Slutzky & Hoesli (1997) S.41.

schiedliche Beziehungen umfasst: Die Gleichzeitigkeit der angedeuteten Volumen und deren tatsächlicher physischer Teile; die Gleichzeitigkeit unterschiedlicher angedeuteter Räume ineinander; und die Gleichzeitigkeit unterschiedlicher physisch existenter Teilräume. Diese Gleichzeitigkeit der räumlichen Struktur überträgt sich als solche nicht direkt in die Wahrnehmung. Als Wahrnehmung, so wurde schon in den vorangegangenen Kapiteln erörtert, kann immer nur eine Interpretation der mehrdeutigen Struktur vorherrschen. Die Interpretationen können sich zwar schnell ablösen, aber nicht gleichzeitig existieren. Während in der Architektur also ein ‚sowohl als auch' angelegt ist, gilt für die Wahrnehmung das Prinzip ‚entweder oder'.
San Carlo erweist sich hierfür als besonders geeignetes Betrachtungsbeispiel, weil hier eine Mehrdeutigkeit von besonderer Dichte auf besonders engem Raum angelegt ist, wie die zeichnerische Analyse zeigen konnte. Durch die Vielzahl gegenläufiger Bewegungen und Andeutungen auf engstem Raum wird das visuelle System vor eine enorme Vielfalt gestellt, aus der es auswählen muss. So wie die Gestaltgesetze im Nebenbei operieren, finden auch diese Wahrnehmungsentscheidungen implizit statt.
Zu den vielen Beschreibungen der Wirkung von Borrominis Architektur auf den Betrachter gehört auch die folgende von Heinrich Wölfflin in „Renaissance und Barock": „Man glaubt, ein wilder Taumel habe plötzlich alle Glieder ergriffen. Das sind die Künste des Borromini."[244] Und an anderer Stelle: „mit Borromini fängt alles aussen und innen gleichmässig an zu schreien."[245] Der Grund für die Wahrnehmung von Bewegung, Schwingung, Chaos, Unstetigkeit oder Dynamik liegt, so sollte gezeigt werden, in den in der Architektur angelegten Interpretationsmöglichkeiten, welche über das Vorhandene hinausgehen und Räume entstehen lassen, die nicht wirklich da sind. Erst

[244] „Man glaubt, ein wilder Taumel habe plötzlich alle Glieder ergriffen. Das sind die Künste des Borromini. Mit dem aber verliert auch der Stil seinen ursprünglichen Charakter des Massig-Ernsten; man kann die leeren Mauern nicht mehr ertragen, alles löst sich auf in Dekoration und Bewegung." Wölfflin, Rose (1926) S.65.

[245] Wölfflin, Rose (1926) S.119.

Abb. 64: „Santa Constanza“, Rom.

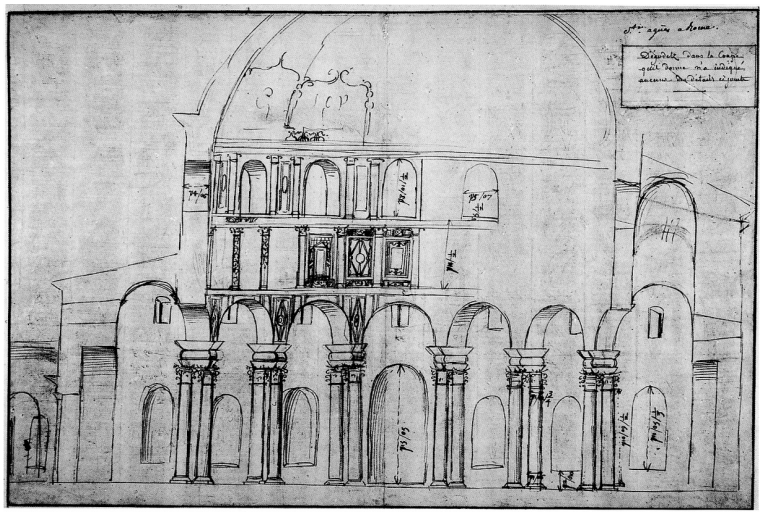


Abb. 65: Aufrisszeichnung „Santa Costanza“, 16. Jh.

durch den Betrachter wird die Struktur der Architektur in Bewegung gesetzt. Sein visuelles System spürt den Andeutungen nach und verwirft sie alsbald zugunsten einer anderen neuen Möglichkeit. Der Betrachter, oder zumindest seine Wahrnehmungsmechanismen befinden sich im Dialog mit der Architektur.

Strenggenommen ist es in diesem Kontext von geringer Bedeutung, ob der Architekt Borromini seine Architektur im dargestellten Sinne entworfen hat. Es genügt festzustellen, welche Wahrnehmungsaktivitäten durch seine Architektur ausgelöst werden. Allerdings führen in diesem Fall eine solche Untersuchung zu einer ihrerseits interessante Architektur, die Borromini als Referenz gedient haben könnte: Das spätantike Mausoleum „Santa Costanza“ an der Via Nomentana in Rom.

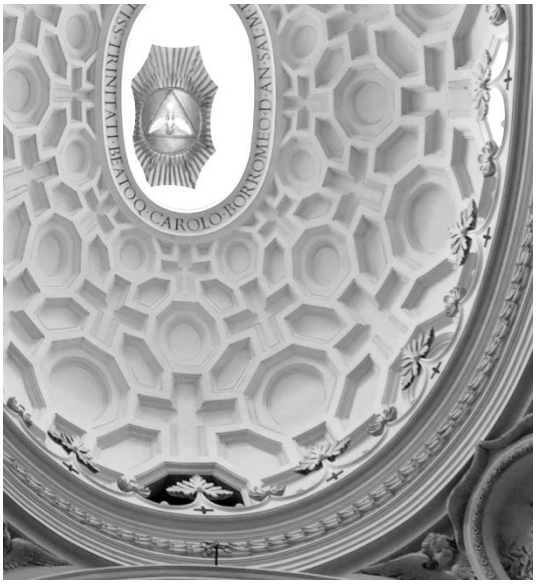


Abb. 66: „San Carlo“: Muster in der Kuppel.

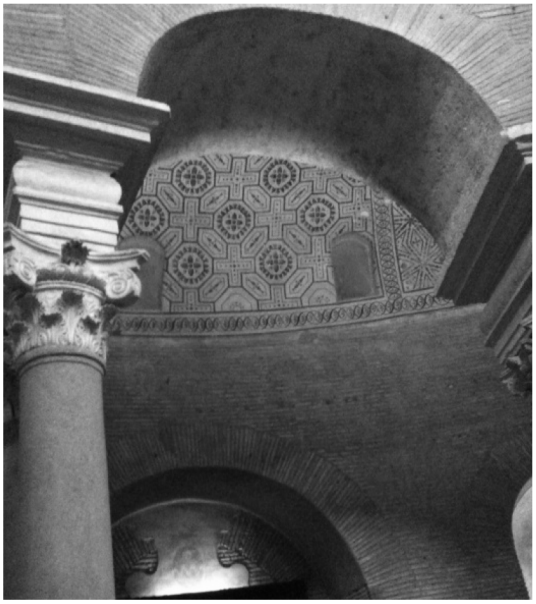


Abb. 67: „Santa Costanza“:
Mosaik im Tonnengewölbe des Umgangs.

3.2.3 Santa Costanza als Vorbild

Es gibt mehrere Gründe, warum wir davon ausgehen können, dass Borromini Santa Costanza kannte: Aus einigen auffallenden strukturellen Verwandtschaften und aus der Ähnlichkeit der Dimensionen des Mausoleums mit seinem Entwurf für eine Pamphili Grabkapelle bei „S. Maria in Vallicella“ in Rom schließt Martin Raspe, dass hier „Santa Costanza“ Borromini als Referenz gedient haben könnte. Es ist belegt, dass Borromini die antiken Bauten schätzte und studierte.[246] Unter anderem besuchte er Ausgrabungen, die zu seiner Zeit in Rom stattfanden. Und schließlich findet sich das Ornament, welches Borromini in seiner berühmten Kuppel von San Carlo verwendet, auch als Mosaik in einem Deckenabschnitt im Umgang des Mausoleums (Abb. 66 u. Abb. 67).[247] Betrachtet man den Bau des Mausoleums im Verhältnis zu den oben beschriebenen Eigenarten von „San Carlo“, so werden zunächst keine Ähnlichkeiten auffallen. Eine kurze Analyse kann jedoch zeigen, dass auch die Struktur des Mausoleums eine ähnliche, wenn auch weit subtilere Form der Gleichzeitigkeit aufweist. Der Zentralbau besteht aus einem inneren überkuppelten Zylinder, der von einem kreisförmigen, tonnengewölbten Umgang mit Wandnischen umgeben ist. Die massiven Ziegelmauerwände des Zylinders lösen sich im unteren Bereich in Arkaden auf, die jeweils von doppelten Säulen getragen werden. Diese umlaufenden Arkaden verbinden den natürlich belichteten Zentralraum mit dem dunklen Umgang. Auf den ersten Blick erscheinen die Interkolumnien der Arkaden

---

[246] Vgl. hierzu: Raspe (1996) S.322 sowie Portoghesi (1977) S.11.

[247] Dieses Muster kommt allerdings nicht nur in Santa Costanza vor. Leo Steinberg führt eine Sammlung von mehr als 20 Orten auf, an welchen das Muster schon vor dem Bau von San Carlo verwendet wurde. Davon unter anderem auch in Sankt Peter in Rom, wo Borromini vor seinem Auftrag für San Carlo unter Bernini gearbeitet hat. Steinberg zeigt auf, dass Borromini das Muster sehr wahrscheinlich aber doch in Santa Costanza kennenlernte. Möglicherweise über das 3. Buch von Sebastiano Serlio, in welchem das Muster aus Santa Costanza dokumentiert ist und das Borromini gekannt haben muss. Vgl. hierzu Steinberg (1977) S.252 ff und Serlio (1987) . Für eine weitere Dokumentation des Musters in Santa Costanza siehe: Polacco (1987).

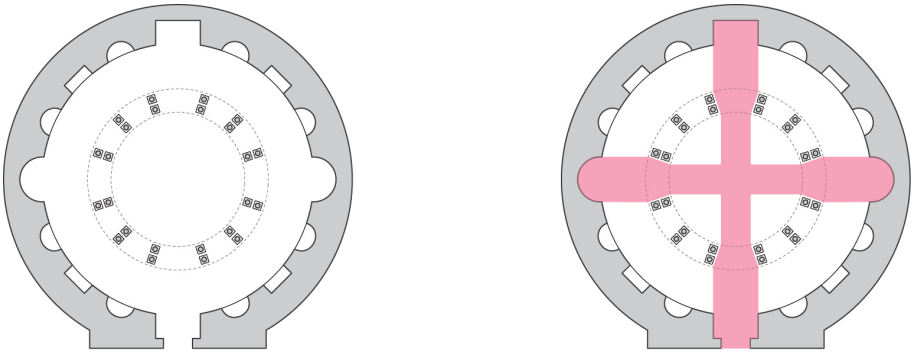


Abb. 68: „Santa Costanza“: angedeutetes Kreuz im Grundriss.

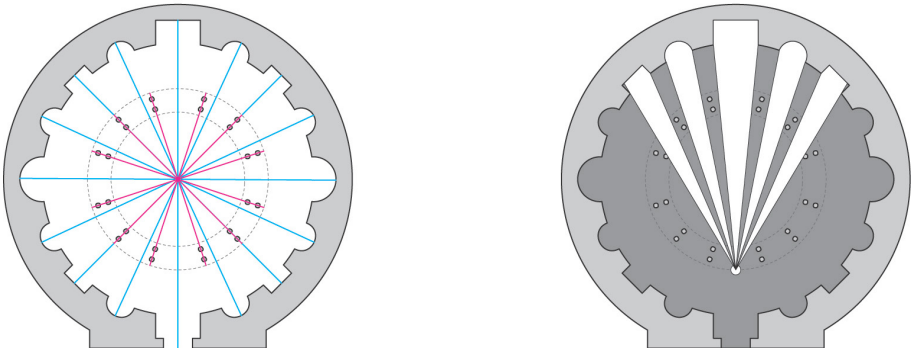


Abb. 69: Grundriss: perspektivische Beziehung zwischen Nischen und Arkaden.

allesamt gleich. „Bei näherem Hinsehen jedoch“ schreibt Raspe, „bemerkt man in den Hauptachsen geweitete Arkaden und vergrößerte Wandnischen; leise, aber deutlich durchdringt die Figur des Kreuzes das richtungslose Rundgebilde.“[248] In den dominanten, deutlich lesbaren Grundformen des Raumes, Kreis und Zylinder, ist gleichzeitig mithilfe eines subtilen Wechsels in den Säulenabständen ein kreuzförmiger Raum angedeutet (Abb. 68, Abb. 70).

Es wird angenommen, dass Constantia[249], Tochter des römischen Kaisers Constantin, das Mausoleum im 4. Jh. für sich selbst errichten ließ. Ursprünglich war es einer Basilika angegliedert, welche Constantia vermutlich zu Ehren der Märtyrerin „Sant' Agnese“ über den Katakomben errichten ließ, in welchen die Heilige begraben ist. Von dieser Basilika sind heute nur noch Überreste zu sehen. Über eine dem Bau zu Grunde liegende räumliche Konzeption ist nichts weiter bekannt. Allerdings entspricht das virtuelle Kreuz der gängigen Deutung des Baus am Übergang von der römischen zur christlichen Religion. So wie sich in den erhaltenen Deckenmosaiken heidnische und christliche Symbolik vermischt, so vermischen sich in der räumlichen Struktur die Merkmale eines antiken Zentralbaus mit der christlichen Kreuzform.

Eine weitere Eigenart des Mausoleums führt zu der Überlegung, dass die räumliche Struktur dieses und verwandter spätantiker Bauten möglicherweise tatsächlich in Bezug auf den Blick des Betrachters konzipiert sein könnte. Diese Eigenart betrifft die Beziehung der Nischen im Umgang zu den Arkaden. Während auf dem Grundriss deutlich zu erkennen ist, dass die beiden Elemente in keiner axialen Beziehung zueinander stehen, kann eine perspektivische Beziehung entdeckt werden. Steht der Betrachter an der äußeren Grenze des inneren Zylinders unter den Arkaden in der Achse des Kreuzes, so ist von dort aus durch jede Arkade dahinter eine der Mauer-

[248] Raspe (1996) S.322.

[249] Oder auch Constantina oder Costanza.

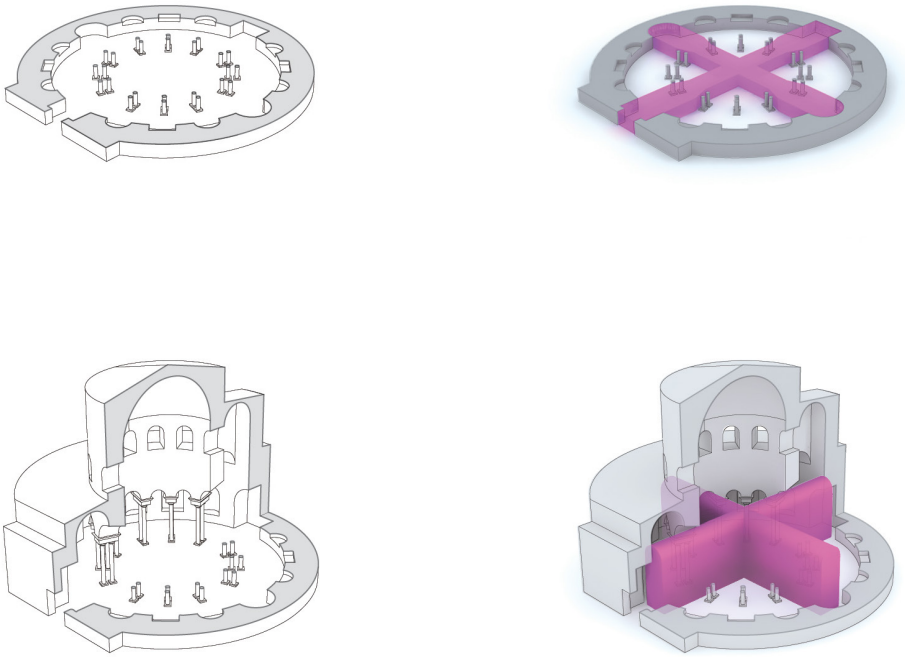


Abb. 70: „Santa Costanza“: angedeutetes Kreuz im Raum.

nischen zu sehen (Abb. 69, Abb. 71 u. Abb. 72).[250] Die Schnittzeichnung eines unbekannten Autors aus dem 16. Jahrhundert dokumentiert dieses Verhältnis (Abb. 65). Der Punkt, an dem der Blick durch die plötzlich sich ergebende Übereinstimmung der Arkaden mit den dahinterliegenden Nischen quasi einrastet, liegt nur wenige Schritte vom Eingang entfernt. Gleichzeitig befindet sich der Betrachter an dieser Stelle in dem Volumen des angedeuteten, kreuzförmigen Raumes.

Es überrascht, festzustellen, dass in einen scheinbar so einfachen Bau solche inszenierenden Beziehungen einbeschrieben sind. Sie bleiben dabei - dem allgemeinen Charakter des Baus entsprechend - sehr subtil und werden sich ohne Hilfestellung nur dem aufmerksamen, analytisch suchenden Betrachter bewusst erschließen. Aufgrund der weiter oben diskutierten Forschungslage in der Psychologie ist aber davon auszugehen, dass diese subtilen Verbindungen von uns auch dann registriert werden, wenn sie nicht ins Bewusstsein gelangen. Mit dem Abschätzen von Abständen, der Ordnung von Vordergrund zu Hintergrund, dem Erkennen von Ähnlichem, Gleichem und Unterschiedlichem trifft diese subtile Manipulation der architektonischen Struktur sozusagen genau die grundlegenden Aufgaben der visuellen Wahrnehmungsmechanismen. Verglichen mit Borrominis viel ausdrücklicherer Art und Weise ist die Architektur von Santa Constanza ein wesentlich einfacherer, stiller Gesprächspartner, der sich dem Wahrnehmungssystem des Betrachters für unterschiedliche Interpretationen anbietet. Das Bewusstsein scheint für diese subtile Manipulation zu behäbig zu sein. Hier tritt die unmittelbare, implizite Interaktion mit dem Raum an die erste Stelle der Wahrnehmung, auf die ein mögliches bewusstes Verstehen und ein Reflektieren aufbauen können. Allerdings stellt sich auch die Frage, ob ein bewusstes Verstehen der zugrunde liegenden Struktur für die Erfahrung des

[250] Diese perspektivische Beziehung wurde von Martin Raspe dokumentiert. Er verweist darauf, dass Krautheimer diese Beziehung in seiner Beschreibung von Santa Costanza kurz notiert hatte. Raspe (1996) S. 322. Sowie: Krautheimer, Ćurčić (1986) S.67.

Abb. 71: „Santa Costanza", Rom: Blick kurz nach dem Eintreten.

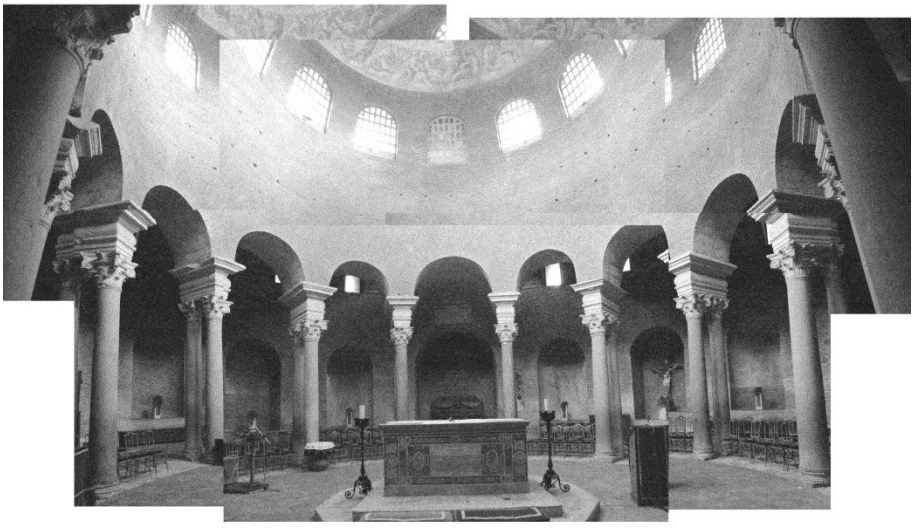


Abb. 72: „Santa Costanza", Rom: Perspektivische Beziehung zwischen Nischen und Arkaden.

Raumes und damit auch für die Kommunikation zwischen Raum und Betrachter überhaupterforderlich ist, oder ob die Tätigkeit des Wahrnehmungssystems an sich schon der bedeutende Teil der Architekturerfahrung ist.

3.2.4 Aus Faden wird Volumen

Mit einem Minimum von Andeutungen für eine räumliche Wahrnehmung kommen die Arbeiten von Fred Sandback[251] aus, von denen einige permanent in der *Dia Art Foundation* in Beacon ausgestellt sind. Sie befinden sich im hinteren Bereich der ehemaligen Druckfabrik, die heute als Ausstellungsraum dient. Ein paar Fäden unterschiedlicher Farbe sind durch den Raum gespannt. Im Verhältnis zu den nebenan ausgestellten Holzkuben von Donald Judd sind Sandbacks Arbeiten zunächst beinahe unsichtbar. Nähern wir uns aber und betreten deren unmittelbare Umgebung, verwandelt unser visuelles System die Fäden in räumliche Objekte. Automatisch interpretieren wir sie als Kanten und Konturen von Volumen und Flächen (Abb. 73). Meist sind es Dreiecke oder einfache stehende Rechtecke, die durch diese Gruppierung zu Objekten eine seltsame räumliche Präsenz bekommen. Obwohl wir deutlich sehen können und wissen, dass da nur einfache Schnur ist, nehmen wir doch gleichzeitig solide Flächen wahr - die den Raum teilen, obwohl sie unsichtbar sind. Aus dieser großen Differenz zwischen der Präsenz eines einfachen Fadens und den raumgreifenden, raumverändernden Objekten, die unsere Wahrnehmung daraus entstehen lässt, schöpfen die Arbeiten Sandbacks ihre Kraft. Ihr Markenzeichen, das Acrylgarn, ist dabei ebenso wirksam wie dessen Befestigung. Das Acrylgarn ist leicht faserig und farbig und bildet so keine so scharfe Linie im Raum wie ein Draht oder ein

[251] Fred Sandback, 1943-2003, Künstler, USA. Wird dem amerikanischen Minimalismus zugerechnet.

Abb. 73: Fred Sandback: „Untitled“ (From „Ten Vertical Constructions“) 1977, Dia:Beacon.

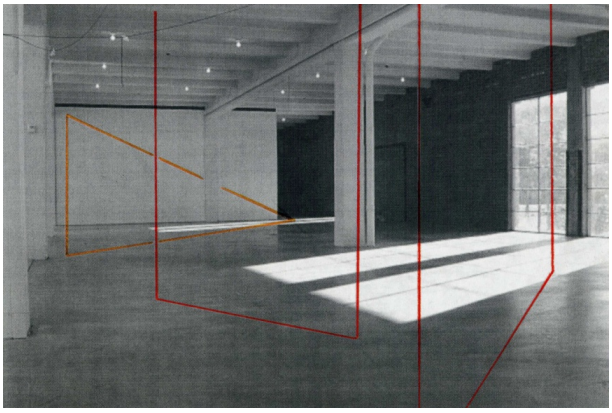


Abb. 74: Fred Sandback: Installation drawings for Dia:Beacon, 2003.

Metallstab es täten. Es lenkt den Blick dadurch von sich selbst ab auf die Flächen und Volumen, die es umfährt.[252] Gleichzeitig ist es an Enden und Ecken unsichtbar befestigt und ganz gerade gespannt, so als wäre ein Strich in den Raum gezeichnet worden. Die Abbildungen der fertigen Installation gleichen den vorausgehenden Entwurfszeichnungen, in welchen Sandback seine Linien mit Buntstift in Schwarzweiß-Fotografien der Räume zeichnet (Abb. 74). Die breiten, ungleichmäßigen Linien des Buntstifts beschreiben die Wirkung des Garns im Raum sehr treffend. Auf überraschende Weise gleichen sie auch den Konturen der einfachen Betonstützen, welche die Installation rahmen. Auch sie haben durch die Art des Materials und durch Abnutzung und Verwitterung ähnlich samtige Kanten. Trotz ihrer Verschiedenheit werden Garn und Beton so zu strukturbestimmenden Elementen des Raumes.

Ähnlich wie in der Säulenhalle von Córdoba oder in „San Carlo" erschafft unsere Wahrnehmung aus Sandbacks Installationen räumliche Elemente, die physisch nicht existieren, wobei hier einfaches, dünnes Gebrauchsgarn die Funktion der Säulen in der „Großen Moschee von Córdoba" erfüllt. Beide Elemente, die Säulen der Moschee mit ihrer grundlegenden architektonischen, weil statischen Funktion sowie die leisen Linien von Sandbacks Garn bilden eine Struktur, die von uns immer wieder neu interpretiert werden kann. Während die tektonischen Elemente der Säulenhalle von uns zu immer neuen Räumen gruppiert werden, nehmen die Volumen, die Sandbacks Garn umfährt, für uns nur augenblickweise Gestalt an, während wir im nächsten wieder durch sie hindurchsehen. Diese Mehrdeutigkeit ist kein zufälliges Nebenprodukt in der Arbeit von Sandback, sondern genau kalkuliert:

---

[252] Vgl. hierzu: Cooke, Govan & Dia Art Foundation. (2003) S.258: „In these sculptures, space is both defined and imbued with an incorporeal palpability, so that often the spectator concentrates less on the edges, on the yarn demarcating the forms, than on the planar or volumetric components contained within."

> „The first sculpture I made with a piece of string and a little wire, was the outline of a rectangular solid - a 2 x 4 inch - lying on the floor. It was a casual act, but it seemed to open up a lot of possibilities for me. I could assert a certain place or volume in its full materiality without occupying and obscuring it. I think my first attraction to this situation was to the way it allowed me to play with something both existing and not existing at the same time. The thing itself - the 2 x 4 inch - was just as material as it could be - a volume of air and light above the surface of the floor. Yet my forming of it, the shape and dimension of that figure, had an ambiguous and transient quality. It was funny too - it had an anecdotal quality on the order of ‚first there is a mountain, then there is no mountain, then there is. . . .' but in reverse. […] It's a consequence of wanting the volume of sculpture without the opaque mass that I have the lines."[253]

Sandback legt Wert auf die Feststellung, dass es ihm mit seiner Arbeit um das unmittelbare Erlebnis geht und er nichts weiter will als das beschriebene Wechselspiel der hohlen Skulptur mit dem Betrachter: „[…] in no way is my work illusionistic. Illusionistic art refers you away from its factual existence towards something else. My work is full of illusions, but they don't refer to anything."[254] Um die beabsichtigte Wirkung erleben zu können muss der Betrachter der Arbeit nahe kommen. Sie muss ihn umgeben, er muss sich

---

[253] Sandback (1986). Übersetzung durch den Verfasser: „Die erste Skulptur, die ich mit einem Stück Faden und ein bisschen Draht machte, war der Umriss eines rechteckigen Körpers - 2 mal 4 inch - der auf dem Boden lag. Ich tat das beiläufig, aber es schien mir viele Möglichkeiten zu eröffnen. Ich konnte einen bestimmten Ort oder ein Volumen in seiner vollen Materialität definieren, ohne etwas zu besetzen oder zu verdecken. Ich glaube, der Reiz dieser Situation lag zuerst darin, dass sie es mir erlaubte mit etwas zu spielen das gleichzeitig existierte und nicht existierte. Das Ding selbst - der 2 x 4 inch Körper - war so materiell wie nur möglich - ein Volumen aus Luft und Licht über der Oberfläche des Bodens. Gleichzeitig hatte die Art, wie ich es gemacht hatte, die Form und Dimension der Figur, eine mehrdeutige und transiente Qualität. Es war auch lustig - es hatte die Qualität einer Anekdote in der Kategorie von ‚zuerst ist da ein Berg, dann ist da kein Berg, dann ist da...' aber umgekehrt. […] Dass ich diese Linien mache, ist eine Konsequenz daraus, dass ich das Volumen der Skulptur ohne ihre opake Masse haben will."

[254] Sandback (1986) Übersetzung durch den Verfasser: „Meine Arbeit ist in keinster Weise illusionistisch. Illusionistische Kunst verweist Dich auf etwas Anderes weg von der faktischen Existenz. Meine Arbeit ist voller Illusionen, aber die verweisen nicht auf etwas Anderes." Vgl. hierzu auch: Jahn u.a. (1986).

bewegen und dadurch interagieren können. So beschreibt Sandback die Orte seiner Installationen auch als „pedestrian space", als Fußgängerraum: „The idea was to have the work right there along with everything else in the world, not up on a spatial pedestal."[255]
Sandback selbst gibt seiner Arbeit keine tiefere Bedeutung. Einziger Sinn dieser Kunst scheint die Interaktion mit dem Werk zu sein. Die Arbeiten bestehen nur in und aus dem Wechselspiel zwischen Garn und Räumlichkeit, das sie in der Wahrnehmung hervorrufen. Durch diese unmittelbare Nähe zum Betrachter und die rein sinnliche Interaktion mit dem Raum, aber vor allem durch die Reduktion der Arbeit auf ein Minimum an Mitteln wird Sandbacks Arbeit ein Destillat der angedeuteten Räume mit einer besonderen Verbindung zur Architektur: Hier entsteht eine alltägliche Situation, welche die unmittelbare Interaktion mit unserer Umgebung zum Thema macht. [256]

3.2.5 Zusammenfassung: transient und angedeutet

In diesem Kapitel wurden Räume anfänglich unter dem Begriff der Transienz und dann hauptsächlich als angedeutete Räume beschrieben. Beide Begriffe bezeichnen Prozesse, die einerseits bei der Entstehung der Architektur - dem Akt der Andeutung - und andererseits in der Wahrnehmung - dem Entstehen der transienten Räume - abläuft. Der andauernde Austausch zwischen Betrachter und physischer Umgebung auch außerhalb der bewussten Aufmerksamkeit, der letzterem Prozess der Wahrnehmung zugrunde liegt,

---

[255] Sandback (1986) . Übersetzung durch den Verfasser: „Ich wollte die Arbeit genau dort haben zusammen mit allem Anderen in der Welt, nicht auf einem räumlichen Podest."

[256] Mit thematisch verwandten Beispielen aus der Kunst - allerdings unter dem Thema der ‚Entgrenzung' von Raum - beschäftigt sich Markus Jatsch in seiner Dissertation: Jatsch (2002). Unter dem Untertitel „Phänomene und Potentiale von Unbestimmtheit in der visuellen Raumwahrnehmung" konzentriert sich Jatsch hauptsächlich auf das Potential von Lichtmodulation für die Entgrenzung von Raum in der Wahrnehmung.

verbindet den Betrachter mit dem Raum, in dem er sich gerade befindet. Die Verbindung entsteht dabei nicht durch bewusstes Sehen und Erkennen, sondern durch beständiges beiläufiges körperliches Bemerken.
Transient sind auch die Arbeiten der britischen Künstlerin Rachel Whiteread. Auch sie lässt in ihren Arbeiten Objekte ‚entstehen', die eigentlich nicht da sind und die aus einer Verwandtschaft mit anderen, realen Objekten entstehen. Whiteread selbst nannte ihre Ausstellung in der Deutschen Guggenheim in Berlin über den Jahreswechsel 2001/2002 „Transient Spaces". Für diese Ausstellung hatte sie ein Apartment und eine Treppe aus einem Londoner Haus abgeformt und in den Berliner Ausstellungsräumen aufgebaut. Das Haus war im Krieg zerstört worden und beherbergte nach dem Wiederaufbau eine Synagoge und danach das Geschäft eines Textilhändlers. Whiteread hatte das Gebäude gekauft und nutzte es als Wohnung und Atelier. In einer ihrer bekanntesten Arbeiten „House" aus dem Jahr 1993 goss sie ein Abbruchhaus in London von innen mit Beton aus, so dass nach dem Abriss nur das Innere des Hauses, eigentlich der immaterielle Raum, als unzugängliche Masse übrigblieb. Auch die Arbeiten „Watertower" (Abb. 75) und „Monument" (Abb. 76) sind Neuerschaffungen von Vorgefundenem. In „Watertower" erschafft Whiteread in New York einen transienten Wasserturm über den Dächern von SoHo, während sie in „Monument" den unbesetzten Sockel des Trafalgar Square aus Kunstharz nachgießt und umgekehrt auf dem Sockel platziert, so dass sich der Steinsockel in einem Luft-Licht-See zu spiegeln scheint. Beide Arbeiten verlassen sich auf Automatismen der Raumwahrnehmung. Sie arbeiten mit einer Erwartungshaltung, die durch eine Ähnlichkeit hervorgerufen wird. Bei „Watertower" sind es die umliegenden Wassertürme, die den nötigen Kontext bilden. Durch sie erkennt der Betrachter den durchsichtigen neuen Turm als eine Art neue Version von etwas Bekanntem. Und auch im gespiegelten Sockel erkennt er sofort eine andere ähnliche Version des Steinsockels.[257] Die Rolle von Erfahrung, Erin-

[257] Vgl. hierzu: Whiteread u.a. (2001) .

nerung und Vorhersage für die Raumwahrnehmung, die in diesen Arbeiten evident ist, wird Thema des folgenden Kapitels sein.

3.3 Flüssige Objekte

Interindividuelle Unterschiede in der Wahrnehmung wurden bisher schon öfter thematisiert. Wie wir im zweiten Teil gesehen haben, ist Wahrnehmung davon abhängig, was wir können und wissen. Sie entsteht in einem komplexen, individuellen Zusammenspiel von Erfahrung, Prägung, momentaner Stimmung und den zur Verfügung stehenden Reizen aus unserer Umgebung. Jeder Betrachter, der einen Raum betritt, wird ihn sich aufgrund dieser komplexen Einflussfaktoren jeweils auf seine eigene Art aneignen. Bewusst oder unbewusst wird er mit seiner eigenen Geschwindigkeit den Raum durchschreiten und seine eigenen Blickrichtungen, Fokussierungen und Kopfdrehungen wählen. Jeder Betrachter sieht demnach nur seinen eigenen Teil des Raumes (Abb. 77). Ein wesentlicher Aspekt dieses Betrachtungs- und Aneignungsprozesses ist die Veränderung, die Räume erfahren, wenn sich der Betrachter durch sie hindurchbewegt. Innerhalb der nahtlosen Verschiebung des Sichtfelds bestimmt jeder individuelle Blick darüber, was und wie viel er sieht. Indem sie physische Objekte in die Umgebung der Menschen setzt, greift Architektur in diesen Vorgang notwendigerweise ein und bestimmt dadurch mit, wie Räume wahrgenommen werden können. Die Wechselwirkung zwischen der räumlichen Struktur und Form und der sich ständig verändernden Wahrnehmung in der Bewegung durch den Raum soll im Folgenden untersucht und vertieft werden.

Abb. 75: Rachel Whiteread: „Watertower“, New York, 1998.

Abb. 76: Rachel Whiteread: „Monument“, Trafalgar Square, London, 2001.

3.3.1 Der Boden der Säulenhalle - Wahrnehmung als ein Zyklus

Von vornherein bringt die visuelle Wahrnehmung eines sich im Raum bewegenden Betrachters ein gewisses Paradoxon mit sich, das der Psychologe Chris Frith will folgt beschreibt:

> „Whenever I act in the world, moving my limbs and moving myself from one place to another, I cause massive changes in the signals striking my senses. The pattern of sensations on the retina at the back of my eye changes completely every few seconds. But the world outside has not really changed. And my brain manages to create for me a constant, unchanging world through which I move."[258]

Das Beispiel der Säulenhalle von Córdoba wurde schon ausführlich genutzt und kann auch hier dazu dienen, einige grundlegende Phänomene der Wahrnehmung bei Bewegung durch den Raum zu erörtern. Bewegen wir uns durch die Halle, verschiebt sich die Position der Objekte in unserem Sichtfeld. Das Lichtmuster, das die Säulen auf unsere Retina werfen, wächst, schrumpft und wandert, je nachdem wohin wir unsere Augen richten und uns bewegen. Bewegen wir uns in Blickrichtung, so nehmen die Säulen mit zunehmender Nähe mehr Fläche im Sichtfeld ein. Dabei wachsen die Säulen, die uns näher sind schneller als die weiter entfernten. Wir gehen allerdings nicht davon aus, dass die Größe einer Säule zunimmt, weil sie innerhalb des Sichtfeldes ständig wächst. Sie bleibt für uns gleich groß. Dieses Phänomen wird ‚Größenkonstanz' genannt.[259]
Bewegen wir uns hingegen seitlich zur Blickrichtung und damit parallel zu den Achsen der Säulenhalle, verschieben sich die Säulen quer im Sichtfeld.

---

[258] „Wann immer ich in der Welt agiere, meine Glieder und mich selbst von einem Ort zum anderen bewege, bewirke ich gewaltige Veränderungen der Signale, die meine Sinne treffen. Alle paar Sekunden ändert sich das Reizmuster auf der Retina auf der Rückseite meines Auges vollkommen. Aber die Welt draußen hat sich nicht wirklich verändert. Und mein Gehirn schafft es, für mich eine beständige, unveränderte Welt zu erschaffen, durch die ich mich bewege." Frith (2007) S.110. Übersetzung durch den Verfasser.

[259] Vgl. hierzu: Rock (1985) S.17-25.

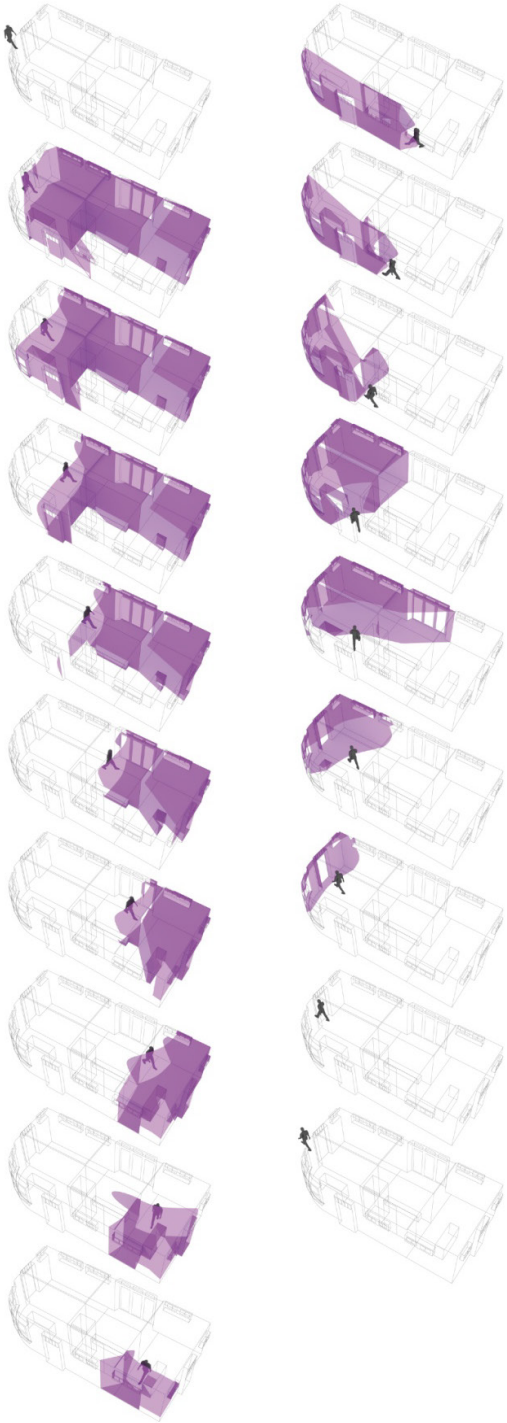


Abb. 77: virtueller Rundgang: In dem kleinen Ausstellungsraum des „Haus 1“ in Berlin wurde anhand eines virtuellen Besuchers untersucht, welche Flächen des Raumes dieser von einem bestimmten Blickpunkt während seines Rundgangs sehen könnte. Diese Flächen sind hier jeweils farbig angelegt. Die Illustrationen waren Teil der Ausstellung des Verfassers unter dem Titel „Mr. Palomar“ in „Haus 1“ im Jahr 2010.

Nähere Objekte verschieben sich dabei schneller als weiter entfernte. Dieses Phänomen bezeichnet man als ‚Bewegungsparallaxe'. Meist wird es eindrücklich an einem Beispiel illustriert, das fast jeder aus eigener Erfahrung kennt; Wenn wir aus dem fahrenden Zug in die Landschaft blicken, bewegen sich die Objekte, die unmittelbar an der Bahntrasse stehen - beispielsweise Bäume - mit hoher Geschwindigkeit durch das Sichtfeld. Der Mittelgrund mit Wiesen, Feldern und Hügeln bewegt sich wesentlich langsamer. Der Mond schließlich, der am Horizont steht, scheint seine Position gar nicht zu verändern (Abb. 78).

Dieses Phänomen der Bewegungsparallaxe bringt ein weiteres mit sich: die sogenannte ‚dynamischen Okklusion'.[260] Es beschreibt die ständige Verdeckung und Enthüllung von Teilen unserer Umgebung, die mit der Bewegung durch den Raum und der damit verbundenen Verschiebung der Objekte im Verhältnis zum Betrachter einhergeht. In der Säulenhalle kann man sich das folgendermaßen vorstellen: Gleichzeitig mit der Veränderung der Position und Größe der Säulen innerhalb unseres Sichtfelds verschiebt sich auch immer der Teil des Objekts, den ich sehen kann. So werde ich in der Frontalbewegung zuerst den mir zugewandten halben Säulenschaft sehen können, dessen Hinterteil durch die Säule selbst verdeckt ist. Bewege ich mich langsam an der Säule vorbei, werde ich einen seitlichen halben Säulenschaft sehen können. Davon werde ich einen Teil schon vorher gesehen haben, ein Teil wird neu sein. Gleichermaßen wird ein Teil der Säule, die ich eben noch sehen konnte, inzwischen vom neuen Standpunkt aus auf der Hinterseite der Säule liegen und dadurch verdeckt sein. Wiederum einen anderen Teil der Säule werde ich noch nicht gesehen haben und möglicherweise auch beim nächsten Schritt nicht sehen. Gleichermaßen gilt das Phänomen auch für die anderen Elemente des Raums, beispielsweise den Boden. Diesem kommt innerhalb der Raumelemente der Moscheen eine besondere Bedeutung zu. So stammt der Begriff Moschee von dem arabischen Wort *Masdjid* ab und

[260] Vgl. hierzu: Hershenson (1999) S.153.

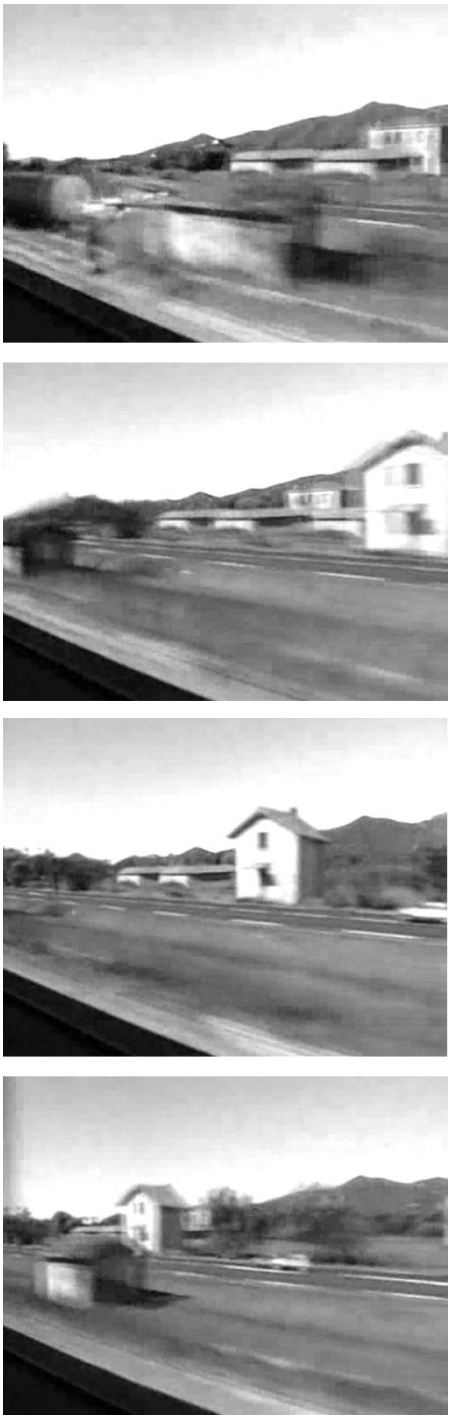


Abb. 78: „Star Guitar“: Im Musikvideo „Star Guitar“ nutzt Regisseur Michel Gondry die Bewegungsparallaxe, um die Musik der Chemical Brothers räumlich in einer am Zugfenster vorbeiziehenden Landschaft abzubilden. Jedes Element der Landschaft entspricht einem wiederkehrenden Element der Musik. Die schneller wiederkehrenden Elemente finden sich im Vordergrund. Sie rasen vorbei wie das kleine Häuschen. Es entspricht einem Beat der Musik. Im Mittelgrund zieht ein zweigeschossiges Haus langsam vorbei. Es repräsentiert ein Element, das sich in der Musik in größeren Abständen wiederholt. Der Hügel im Hintergrund scheint seine Position gar nicht zu verändern. Aus: Gondry (2002).

bedeutet ‚Ort der Niederwerfung'.[261] Der Boden der Moschee ist gleichzeitig Ort und Richtung des Gebets. Über den Boden der Säulenhalle von Córdoba aus Sicht des Betenden schreibt Ulya Vogt-Göknil: „Nur noch den Boden kann er als eine kontinuierliche Fläche erfassen, einzig die Bodenfläche erscheint seinem Auge als ‚Begrenzung' des Raumes; nur sie trägt, sammelt und faßt alles zusammen."[262] Gegen die unendliche Anzahl der Säulen, die mit ihren Doppelbögen den Deckenbereich der Moschee zerklüften und entgrenzen, werde der Boden als Ort des Niederwerfens in seiner endlosen Ausdehnung besonders hervorgehoben.[263]

Die vielen Säulen bewirken allerdings gleichzeitig, dass auch der Boden ein intensiver Spielplatz von Verdeckung und Enthüllung wird, wie Abb. 81 illustriert. Wieder ist eine Folge von zwei Blicken dargestellt, die nur eine Schrittlänge auseinanderliegen. Die leichte Verschiebung des Standpunktes, die durch diesen Schritt erfolgt, gibt den Blick auf bislang verdeckte Bereiche des Bodens frei - bis in weit entfernte Bereiche des Sichtfeldes. Obwohl wir diese neu enthüllten Bereiche des Bodens bislang nicht sehen konnten, sind wir nicht davon ausgegangen, dass sie fehlen. Wir haben den Boden in seiner ganzen unbeweglichen Präsenz wahrgenommen, obwohl wir nur einen Teil von ihm sehen konnten. Gleichzeitig verändert der neue Blick mit seinen enthüllten, bislang unbekannten Teilen unsere Wahrnehmung des Bodens. Mit jedem neuen Blick wird der Boden quasi ‚aktualisiert'. Das, was wir vorher schon vermutet hatten, also unsere Hypothese von der Beschaffenheit des Bodens, wird durch die neuen Informationen entweder bestätigt, wahrscheinlich aber korrigiert und präzisiert. Die eben noch sichtbaren und nun verdeckten Teile des Bodens gehen nun in die Erinnerung und Voraussage der verdeckten Bereiche ein. Chris Frith beschreibt Wahrnehmung als einen

---

[261] Vgl. hierzu: Koepf (1960) S.55.

[262] Vgl. hierzu Vogt-Göknil, Wauthier-Wurmser (1982) S.9. Ulya Vogt-Göknil ist eine Schweizer Architektin und Autorin diverser Bücher über islamische Baukunst.

[263] Vgl. hierzu Vogt-Göknil, Wauthier-Wurmser (1982) S.9.

Kreislauf, [264] in dem das Wahrgenommene immer schon vorher vom Wahrnehmenden antizipiert wird. Der Startpunkt der Wahrnehmung ist dabei eine Vorhersage, die von unserem Gedächtnis gespeist wird. Diese wird mit der Struktur der eintreffenden Reize verglichen und aktualisiert. Daraus entsteht wiederum eine neue Vorhersage: „In my brain, perception depends much on a prior belief. It is not a linear process like that which produces an image on a photograph or on a TV screen. For my brain, perception is a loop."[265] Verändert sich die Szene vor unseren Augen, beginnt der Zyklus von neuem. Die Erinnerung an das, was wir kennen und schon wahrgenommen haben bildet demnach immer eine Vorbedingung dessen, was wir wahrnehmen werden. Unsere Wahrnehmung bleibt dabei immer eine Hypothese, in der einige fehlerhafte Annahmen bestehen bleiben.

In einem Essay über ästhetische Wahrnehmung rückt der Neurologe Jason W. Brown nicht den Prozess der Wahrnehmung selbst, sondern die Veränderung des Objekts innerhalb des Prozess in den Mittelpunkt. Brown vergleicht die visuelle Wahrnehmung von Objekten mit dem Hören einer Melodie, die sich während dem Hören zwischen dem just verklungenen Ton, der Erwartung der weiteren Tonfolge und der tatsächlichen Weiterführung beständig flüssig verändert:

> „The commonality of objects and sounds is seen in the resemblance of music to a visual hallucination or dream in fluid transformation. If an

---

[264] Die Vorstellung von dem Prozess der Wahrnehmung als einem Kreislauf wird in der Psychologie auf Ulric Neisser zurückgeführt, obwohl sie von Husserl bereits Jahrzehnte zuvor beschrieben wurde (worauf im Folgenden eingegangen wird). In dem sogenannten Neisserschen Zyklus beeinflussen sich Antizipation, Vorstellung und Wahrnehmung in einem Kreislauf. Aus diesem Zyklus speist sich das Gedächtnis, das wiederum beeinflusst, was wir wahrnehmen. Vgl. hierzu: Neisser (1978) . Ulric Neisser (1928-2012) war Psychologe. Er war Mitvertreter des ökologischen Ansatzes in der Psychologie um J.J.Gibson.

[265] „In meinem Gehirn hängt Wahrnehmung viel von einem vorherigen Glauben ab. Sie ist kein linearer Prozess wie die Herstellung eines Bildes auf einer Fotografie oder auf einem Fernsehbildschirm. Für mein Gehirn ist Wahrnehmung ein Kreislauf." Frith (2007) S.126. Übersetzung durch den Verfasser.

> object were to undergo a rapid change, say a cup that contracts, flattens or expands to become a glass, a saucer or a bowl, the change from one shape to another would be so unexpected we would not be able to say what object it is we are looking at, or even if what we are looking at is an object, since objects do not behave in this way. The definition of an object would begin to loosen. If an observer was accustomed to seeing objects in continuous transformation, the perception of such objects might be construed as a form of music. An object is like a series of tones over time, an accumulation that can be viewed as a type of spatial music, a melody in which the tones are more or less identical." [266]

Folgt man diesem Konzept des Neurologen Jason W. Brown, so könnte man den Boden von Córdoba in der Wahrnehmung als ein flüssiges Objekt bezeichnen, das sich in unserer Wahrnehmung ständig verändert und nie eine abschließende Gestalt erreicht. Jede Ansicht ist dabei ein Ton, der einen Teil der Melodie des Bodens bildet.

Die Vorhersage und Vorstellung verdeckter und unsichtbarer Teile im Prozess der Wahrnehmung wird nicht erst seit kurzer Zeit berücksichtigt. Edmund Husserl hat sich in mehreren Vorlesungen ausführlich diesem Thema gewidmet. Er geht dabei anfangs von der Wahrnehmung eines Tisches aus und beschreibt das „Mitbewußthaben"[267] der Seiten, die wir in einem Mo-

---

[266] Brown (1999) S.150. Übersetzung durch den Verfasser: „Die Gemeinsamkeit von Objekten und Tönen wird durch die Ähnlichkeit von Musik mit einer visuellen Halluzination oder einem Traum von fließender Transformation deutlich. Wenn ein Objekt sich plötzlich veränderte, sagen wir eine Tasse, die sich zusammenzöge, abplattete oder sich ausdehnte um dadurch zu einem Glas, einer Untertasse oder einer Schüssel zu werden, käme die Veränderung von einer Form in eine andere so unerwartet, dass wir nicht mehr sagen könnten, welches Objekt wir gerade betrachten, oder sogar ob das, was wir betrachten überhaupt ein Objekt ist, da Objekte sich nicht so verhalten. Die Definition eines Objekts würde sich aufweichen. Wenn ein Betrachter daran gewöhnt wäre, Objekte in einer beständigen Transformation zu sehen, könnte die Wahrnehmung solcher Objekte wie eine Form von Musik verstanden werden. Ein Objekt ist wie eine Abfolge von Tönen, eine Ansammlung die wie eine Art von räumlicher Musik gesehen werden kann, eine Melodie in welcher die Töne mehr oder minder identisch sind."

[267] Husserl, Fleischer (1966) S.4.

ment nicht sehen könnten. Wir nähmen den Tisch als Ganzes wahr, obwohl wir ihn nicht ganz sehen könnten:

> „Die Vorderseite des Tisches sehend, können wir, wenn wir gerade wollen, einen anschaulichen Vorstellungsverlauf, einen reproduktiven Verlauf von Aspekten inszenieren, durch den eine unsichtige Seite des Dings vorstellig würde. Was wir dabei aber tun, ist nichts anderes, als uns einen Wahrnehmungsverlauf vergegenwärtigen, in dem wir, von Wahrnehmung zu neuen Wahrnehmungen übergehend, den Gegenstand von immer neuen Seiten in den originalen Aspekten sehen würden. Das geschieht aber nur ausnahmsweise. Es ist klar, daß, was die wirklich gesehene Seite als bloße Seite charakterisiert und es macht, daß nicht sie als Ding genommen wird, sondern daß etwas über sie Hinausreichendes bewußt ist als wahrgenommen, von dem gerade nur das wirklich gesehen ist, in einem unanschaulichen Hinausweisen, Indizieren besteht. Das Wahrnehmen ist, noetisch gesprochen, ein Gemisch von wirklicher Darstellung, die das Dargestellte in der Weise originaler Darstellung anschaulich macht, und leerem Indizieren, das auf mögliche neue Wahrnehmungen verweist.“[268]

Husserl macht dadurch deutlich, dass wir, auch ohne uns tatsächlich um den Tisch herumzubewegen, die nicht sichtbaren Teile des Tischs implizieren. Wir nehmen den Tisch als ganzen Tisch wahr, nicht etwa als nur die sichtbaren Teile des Tischs. Teil der Wahrnehmung ist für Husserl die Erwartung, wie ein Gegenstand auf der momentan nicht sichtbaren Seite aussieht. Eine solche Erwartung könne immer auch enttäuscht werden, wenn auf der Rückseite eines Gegenstands entgegen der vorherigen Erwartung einer Kugelform beispielsweise eine Beule sichtbar werde.[269] „In diesen überaus komplizierten und wundersamen Systemen der Intention und Erfüllung, die die Erschei-

[268] Husserl, Fleischer (1966) S.4.

[269] Husserl, Fleischer (1966) S.26. Und an anderer Stelle: „Also z.B. es ist eine gleichmäßig rote Kugel gesehen; eine Strecke lang ist der Wahrnehmungsverlauf eben so abgeflossen, daß diese Auffassung sich einstimmig erfüllt hat. Aber nun zeigt sich im Fortgang allmählich ein Teil der unsichtig gewesenen Rückseite, und gegen die ursprüngliche Vorzeichnung im Sinn, die da lautet ‚gleichmäßig rot, gleichmäßig kugelförmig‘, tritt, die Erwartung enttäuschend, das Bewußtsein des ‚anders‘ auf: ‚nicht rot, sondern grün, nicht kugelig, sondern eingebeult‘, so lautet es jetzt im Sinn.“ Husserl, Fleischer (1966) S.29-30.

nungen machen, konstituiert sich der immer neu immer anders erscheinende Gegenstand als derselbe. Aber er ist nie fertig, nie fest abgeschlossen."[270] Damit nimmt Husserl vor knapp 100 Jahren vorweg, was heute bei Alva Noë, einem zeitgenössischen amerikanischen Philosophen, in ähnlicher Form wieder auftaucht. Noë verwendet das Beispiel einer Katze, die hinter einem Lattenzaun sitzt. Wir könnten sie nur in „Scheiben" sehen, nähmen sie aber als vollständige Katze wahr. Die ungesehenen Teile sähen wir zwar nicht, implizierten sie aber. Gleichermaßen erführen wir eine Tomate auch dann als pralles rotes und rundes Volumen, wenn wir nur ihren uns zugewandten Teil sehen könnten. Die Möglichkeit, durch ein paar Bewegungen und Kopfdrehungen die verdeckten Teile zu Gesicht zu bekommen, würde sozusagen schon im ersten Moment der Wahrnehmung vorweggenommen. Gleichzeitig änderte erst die tatsächliche Bewegung und die mögliche Entdeckung einer faulen oder beschnittenen Rückseite diese ursprüngliche Erfahrung einer vollkommenen Tomate.[271,272]

Auch für Noë ist der Dialog zwischen Nervensystem und Objekt von Annahmen geprägt, die durch ‚frische' Information infolge von Bewegung jeweils bestätigt oder korrigiert werden. Bewegung, oder potentielle Bewegung ist bei Noë eine Grundvoraussetzung für Wahrnehmung überhaupt. Die Umgebung funktioniert dabei wie eine Art externes Gedächtnis. Durch die Fähigkeit, mithilfe unseres Körpers ständig auf die Informationen in unserer Umgebung zugreifen zu können, würden wir keine detaillierte Vorstellung unserer Umgebung benötigen. Es reiche aus, zu wissen, wie wir die Information erhalten könnten, wenn wir sie bräuchten. Noë führt als Beispiel an, wie wir uns in einer fremden Stadt orientieren: Wenn wir wüssten, wo wir hinwollten und es sehen könnten, bräuchten wir kein internes Modell der Stadt, anhand dessen wir uns orientieren könnten. Es genüge, die Position unseres

---

[270] Husserl, Fleischer (1966) S.13.

[271] Noë (2004) S. 59-67.

[272] Auch Arnheim beschreibt, dass eine Melone anders aussehe, wenn wir wüssten, dass es nur eine Hälfte sei - auch, wenn wir dies von unserer Position aus nicht sehen könnten. Arnheim (2000) S.51.

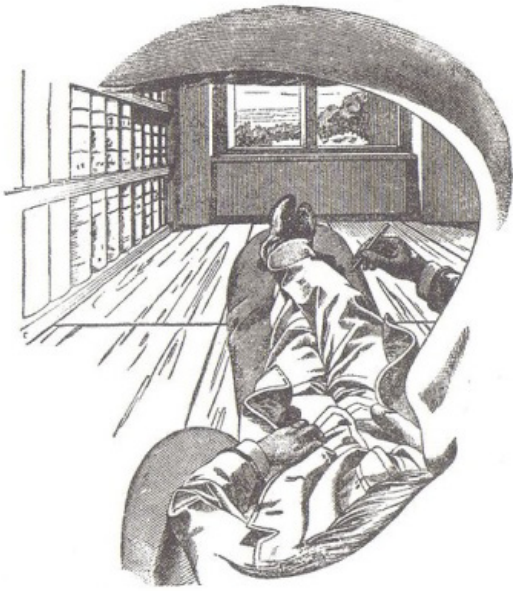


Abb. 79: Ernst Mach: „Blick aus dem linken Auge“.

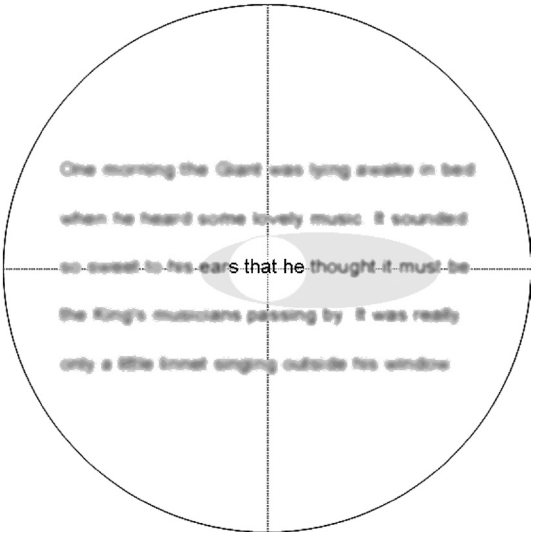


Abb. 80: Schematische Darstellung zum Bereich des fokussierten Sehens beim Lesen.

Ziels - in diesem Fall ein Schloss auf einem Hügel - immer wieder zu sehen und zu überprüfen und unsere Bewegungsrichtung immer wieder entsprechend anpassen zu können.[273]
Als Gegenposition zieht Noë wiederholt die Wahrnehmungstheorie Ernst Machs heran. Ernst Mach hatte 1885 eine Zeichnung (Abb. 79) veröffentlicht, die er folgendermaßen beschreibt:

> „Liege ich z. B. auf einem Ruhebett, und schließe das rechte Auge, so bietet sich meinem linken Auge das Bild der folgenden Figur 1. In einem durch den Augenbrauenbogen, die Nase und den Schnurrbart gebildeten Rahmen erscheint ein Teil meines Körpers, so weit er sichtbar ist, und dessen Umgebung."[274]

Noë zeigt anhand mehrerer Studien, dass wir im Gegensatz zu Machs Zeichnung kein detailliertes Bild, sondern jeweils nur einen kleinen Teil unseres Sichtfelds scharf und fokussiert sehen. Dieses Phänomen wurde unter anderem beim Lesen untersucht (Abb. 80). Nur der kleine foveale Bereich des Sichtfelds ist scharf und wandert beim Lesen flüssig über die Buchstaben. Der Rest des Sichtfelds ist mehr oder weniger verschwommen.[275] Das Bild, das unser Gehirn produziert, ist folglich nicht vergleichbar mit einer Fotografie, die alles, was sich im Sichtfeld befindet, in hoher Auflösung abbildet.

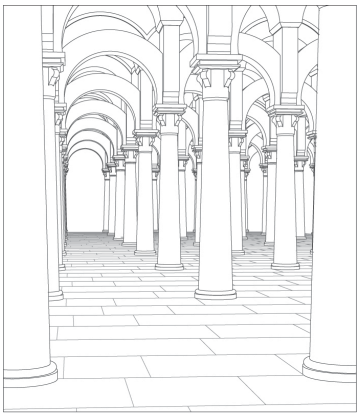
Die wesentlichen Charakteristika der Wahrnehmung durch Bewegung, finden sich auf ähnliche Weise bei allen hier angeführten Positionen - bei Frith, Brown, Husserl und Noë - wieder. Wenden wir sie auf die Wahrnehmung

---

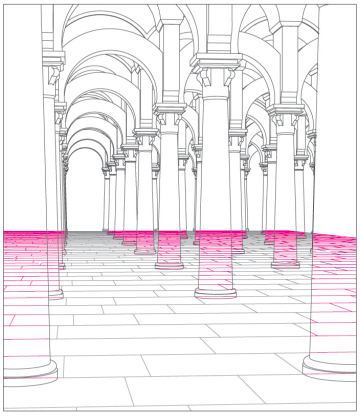
[273] Noë (2004) S.22-23.

[274] Ernst Mach: Physiker und Philosoph (1833-1916). Vgl. hierzu: Mach (1918) Kapitel I. Abschnitt 9.

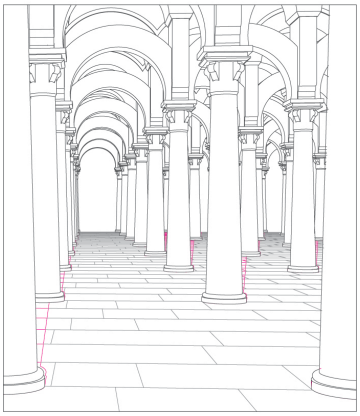
[275] Beim Lesen eines Texts wurden in Studien in den extrafovealen und peripheren Bereichen des Sichtfelds die Buchstaben entweder gelöscht, oder aber durch x-Zeichen ersetzt. Die Probanden konnten den Text ungestört lesen. Vgl. hierzu McConkie, Rayner (1975) und Schuett u.a. (2008) . Noe zieht als Gegenbeweis zur Position Machs auch den hier schon diskutierten Forschungsbereich zu *change blindness* heran: Vgl. hierzu Noë (2004) S.49 und Grimes (1996).



a



b



c

Abb. 81: verdeckter Fußboden in der Säulenhalle von Córdoba. ***a****: Blick 1.* ***b****: Córdoba: Blick 1 mit verdeckten Fußbodenfugen.* ***c****: Córdoba: Blick 2 mit Fugen, die in Blick 1 verdeckt waren.*

der Säulenhalle in Córdoba an, wie es oben geschehen ist, so wird deutlich, wie stark die Struktur und Form des Raumes die Möglichkeiten bestimmt, wie wir uns den Raum aneignen können. Die besondere Tiefe und Vielschichtigkeit der Halle bewirkt eine Potenzierung des ‚Spiels' aus Enthüllung und Verdeckung, Vorhersage und Überprüfung. Bei jedem Schritt ergeben sich dramatische Verschiebungen im Sichtfeld. Erst durch die Interaktion mit dem Raum erschließt sich uns der Boden der Säulenhalle als endlose Fläche, von der sich uns von jedem Blickpunkt aus nur ein kleiner Teil offenbart. In der Wahrnehmung bleibt er immer flüssig, ohne einen finalen Zustand erreichen zu können. Aus der Annahme, dass die verdeckten Bereiche ähnlich beschaffen sind wie die sichtbaren, entsteht im erkundenden Durchschreiten des Raumes immer größere Gewissheit.[276] Dabei verändert sich der Boden von einem angenommenen in ein wahrgenommenes Objekt. Und dennoch ist der Boden im nächsten Moment eine Erinnerung geworden an die Bereiche, die wir schon gesehen haben.

Diese Erinnerung ist immer eine individuelle Erinnerung, die sich schon durch die unterschiedliche Art, wie ich mich im Verhältnis zu jedem anderen Besucher durch den Raum bewegt habe, von den Erinnerungen der anderen unterscheidet. Browns Vergleich zwischen Musik und Architektur bemühend können wir sagen, dass kein Betrachter die gleichen Teile und Bereiche des Raumes sehen und insofern nur einen Teil der Melodie des Raumes hören wird. Jeder Betrachter wird sich aus unterschiedlichen Informationen seine Wahrnehmung des Bodens zusammengesetzt haben.

[276] Vgl. hierzu auch Arnheim (1980) S.163: „Eine solche Schilderung erinnert uns daran, daß der Besucher nicht nur eine Aufeinanderfolge verschiedener Ansichten erlebt, sondern auch eine fortwährende allmähliche Umwandlung, bewirkt durch die Perspektive und Beleuchtung in jeder Wand oder Gruppierung von Elementen."

Abb. 82: Eine Reihe von schrägen Innenraumperspektiven der Säulenhalle von Córdoba von unterschiedlichen Standpunkten aus. Durch das gleichmäßige Raster entstehen an unterschiedlichen Positionen in der Halle ähnliche Perspektiven. Unterschiedliche Orte im Raum werden sich dadurch zum Verwechseln ähnlich.

3.3.2 Ähnliches und Gleiches

Es ist bemerkenswert, dass sich die im vorangegangenen Kapitel beschriebene Vielfalt gerade in einem Raum ergibt, der maßgeblich durch die regelmäßige Wiederholung gleicher Elemente strukturiert wird. Betrachtet man eine Reihe von Fotografien der Säulenhalle (Abb. 82), so stellt man fest, dass die räumliche Situation an unterschiedlichen Stellen meist sehr ähnlich ist. Die Säulen weisen zwar untereinander vor allem zwischen den jeweiligen Bauphasen einige Unterschiede auf, aber der zu Grunde liegende Rhythmus und die Proportionen bleiben gleich. Insbesondere dadurch, dass in Córdoba und ähnlichen islamischen Säulenhallen so viele gleiche Arkaden hintereinander gestaffelt wurden, sind sich Blicke an ganz unterschiedlichen Orten im Raum zum Verwechseln ähnlich. Neben dem intensiven Spiel der Verdeckung und Enthüllung, das im Zentrum des vorangegangenen Kapitels stand, birgt die Wiederholung gleicher oder ähnlicher Elemente im Raum noch weiteres Potential für die Interaktion mit den Wahrnehmungsmechanismen, wie im Folgenden argumentiert werden wird.

Wiederholung ist ein Grundprinzip der Architektur. Im Lehrbuchklassiker zur Entwurfslehre von Francis D.K. Ching wird es unter dem letzten Überkapitel „Prinzipien" behandelt. Dort schreibt Ching: „Fast alle Typen von Gebäuden enthalten sich wiederholende Elemente. Träger und Stützen werden vielfach wiederholt und formen konstruktive Abschnitte und modulare Räume."[277] Ching macht damit darauf aufmerksam, dass die Wiederholung als ein tektonisches Prinzip in der Konstruktionslogik der meisten Gebäude an und für sich schon mit angelegt ist. Er illustriert dies an Beispielen aus vielen Epochen der Architekturgeschichte (z.B. Abb. 83 und Abb. 84). Damit ist der Bedeutung und Behandlung, die das Thema der Wiederholung in der Architektur erfahren hat, sicher nicht genüge getan. [278] Im Rahmen dieser

[277] Ching (1983) S.350.

[278] Für einige weiterführende Anmerkungen zum Thema siehe: Anhang 1.

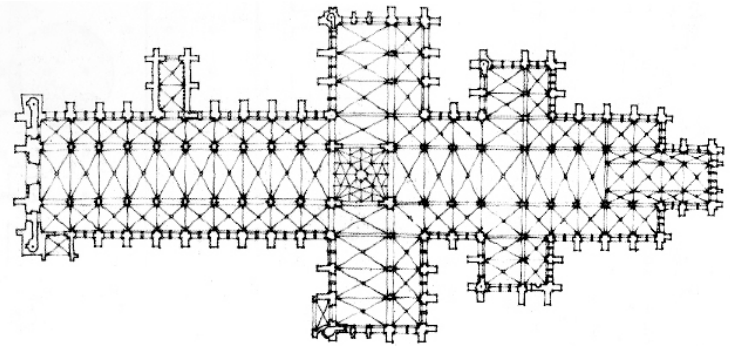


Abb. 83

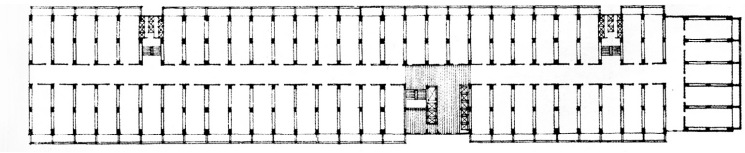


Abb. 84

Aus den Darstellungen zum Prinzip der Wiederholung bei Ching am Beispiel der Kathedrale von Reims Abb. 83 und der „Unité d'Habitation" von Le Corbusier Abb. 84.

Arbeit sollen jedoch im Folgenden nur einige, für die Wahrnehmung relevante Aspekte der Wiederholung im Vordergrund stehen.

Die Bedeutung der Ähnlichkeit von Objekten für das Erkennen derselben ergibt sich aus dem schon diskutierten Verhältnis zwischen Erinnerung und „frischer" Wahrnehmung. Innerhalb des assoziativen Charakters der Wahrnehmung werden neue Wahrnehmungen mit erinnerten Wahrnehmungen verglichen. Insofern trifft es zu wenn Arnheim schreibt: „Ähnlichkeit ist eine Voraussetzung für das Erkennen von Unterschieden."[279] Objekte, die wir oft in ähnlicher Weise wahrnehmen und benutzen, erkennen wir schneller als unbekannte Objekte. Treppen und Türen sind Beispiele für solche architektonischen Elemente, welche die meisten Menschen in unterschiedlicher Form, Farbe und Material immer wieder als solche erkennen und nutzen können, solange sie sich in bestimmten Normen ähnlich sind. Durch jahrelange Übung im Umgang mit diesen Elementen erfordert ihre Benutzung meist keinerlei bewusste Aufmerksamkeit von uns. Eine Veränderung an den Türen unserer Wohnung, die wir ‚im Schlaf' benutzen können, kann zu großer Verwirrung führen, wie es beispielsweise der Gemüsehändler Collignon in dem Film „Die fabelhafte Welt der Amelie"[280] erleben muss (Abb. 85). Sind Objekte einander über die Maßen ähnlich, wie es die Säulen der Moschee eben sind, wird auch der Prozess der Wahrnehmung zu einer Wiederholung. Beim Durchschreiten der Halle werden wir unsere Umgebung hundertmal wieder- und gleichzeitig neu erkennen. Aus eigener Erfahrung wissen wir jedoch auch, dass nicht immer eine genaue Unterscheidung unterschiedlicher Orte in einem endlosen, repetitiven Raumgeflecht möglich ist. Wir können uns durchaus darin verlieren, wenn wir jeden seiner Teile immer wieder als den gleichen wahrnehmen. Insbesondere für das Gebet, für das die Halle gebaut wurde, kann dieses ‚Sich-Verlieren' als eine Auflösung der räumlichen Definition um den Betenden und damit auch als

[279] Arnheim (2000) S.80.

[280] Jeunet (2001).

Abb. 85: Verwirrung durch einen Klinkentausch: Im Film „Die fabelhafte Welt der Amelie“ nimmt Amelie als Racheakt einige Manipulationen in der Wohnung des Gemüsehändlers Collignon vor. Unter anderem vertauscht sie die Türklinken der Badtüre (die beiden oberen Filmstills). Collignon kann erst nach mehrmaligen Fehlversuchen die Türe öffnen. Die Türe, die er so gut kennt und ‚im Schlaf‘ öffnen kann, hat sich unmerklich verändert (die drei unteren Filmstills).

transzendente Erfahrung erlebt werden. Weiter oben haben wir beschrieben, wie durch die Architektur der Boden als Ort des Gebets betont wird. Auch hier unterstreichen Struktur und Form der Architektur das religiöse Ritual des Betens, welches sie behausen. Durch die scheinbar endlose Gleichmäßigkeit ihrer Raumteile macht sie auch die nebeneinander betenden Gläubigen gleich, macht sie zu einem Teil einer endlosen Reihe von Gläubigen, die Schulter an Schulter gen Mekka beten und hebt sie aus einer definierten räumlichen Umgebung heraus.[281]

Im Gegensatz zur beschriebenen Wiederholung gleicher Elemente wird nun ein Beispiel jüngerer Architektur betrachtet, dessen Struktur von der Wiederholung einer begrenzten Anzahl ähnlicher Elemente geprägt ist: Der Toledo Glass Pavillon, ein kürzlich in Ohio entstandenes Gebäude des japanischen Büros SANAA.[282] Der Pavillon dient der Ausstellung einer bedeutenden Glassammlung. Er wurde in einem kleinen Park gegenüber des „Toledo Museum of Art" gebaut und im Jahr 2006 eröffnet. Um den Baumbestand zu schützen und sich in die Bebauung der Umgebung zurückhaltend einzugliedern wurde er als ein eingeschossiger Pavillon entwickelt. Alle seine Räume sind auf rechteckige Grundformen zurückzuführen, welche dieselbe Höhe, aber sonst jeweils unterschiedliche Größen und Proportionen haben und deren Ecken jeweils durch Viertelkreise abgerundet wurden (Abb. 87 und Abb. 88). Die Wände werden - dem Zweck des Gebäudes entsprechend - aus geschosshohen, teilweise gebogenen Glasscheiben gebildet, auf deren Oberflächen der umliegende Park bis in die Tiefe des Gebäudes reflektiert wird. Abb. 88b zeigt, dass die verwendeten Radien begrenzt sind. Bei insgesamt 83 Rundungen wurden nur acht unterschiedliche Radien zwischen

[281] "Wo nur zwei Personen zusammenbeten, stehen sie nebeneinander. Kommt eine dritte Person hinzu, soll der Imam nach vorn treten und der dritte mit dem zweiten Betenden eine Reihe bilden. Niemand soll allein in einer Reihe stehen, und vorhandene Reihen sind zu schließen, bevor eine neue Reihe gebildet wird." Vgl. hierzu: Alkassar (2012) .

[282] Das Akronym SANAA steht für das japanische Architekturbüro„Sejima And Nishizawa And Associates" und wird von Kazuyo Sejima und Ryue Nishizawa geleitet.

Abb. 86: SANAA: „Toledo Glass Pavilion".

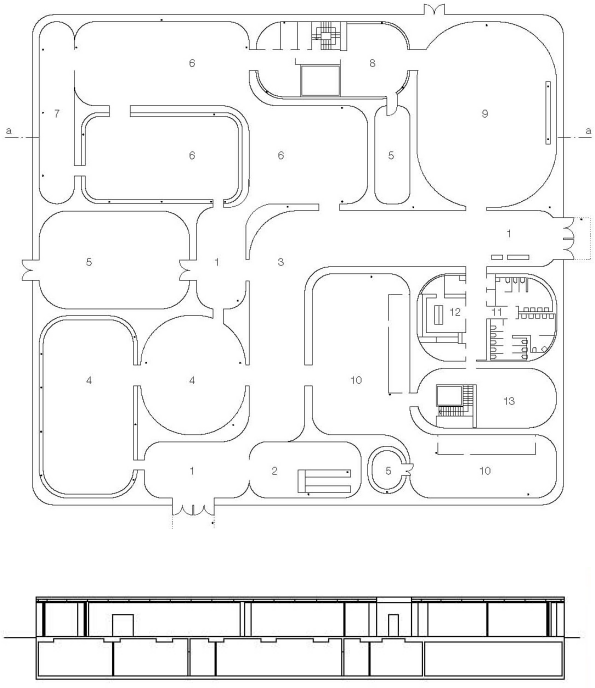
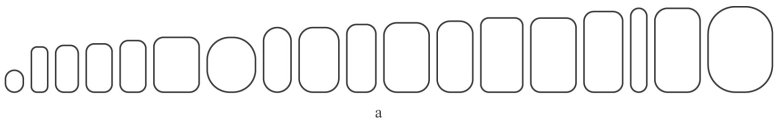


Abb. 87: SANAA: „Toledo Glass Pavilion". Grundriss und Schnitt.

22'-8' und 4'-8" verwendet.[283] Der Raum besteht also aus immer gleichen oder ähnlichen Elementen, durch die wiederum niemals gleiche, aber immer ähnliche Raumvolumen gebildet werden.
Innerhalb des Pavillons sind wir dadurch vielerorts von ähnlichen Räumen umgeben. Wenn wir sie durchwandern, werden wir möglicherweise diese gleichen oder ähnlichen wiederkehrenden Elemente in neuen Räumen wiedererkennen, die wiederum nur eine Variation der Räume sind, die wir eben verlassen haben (Abb. 86). Mal sind ihre Eckradien größer, mal die Volumen kleiner, mal befinden wir uns auf der Innenseite einer Rundung, mal spiegelverkehrt auf ihrer Außenseite. Das Spiel von Wiedererkennen und Vergleichen von Neuem mit Bekanntem spielt sich nun zwischen einander verwandten Raumvolumen ab. Erinnerung und ‚frische' Wahrnehmung greifen ineinander. Wir jonglieren mit mehreren ähnlichen Volumen, die in der Wahrnehmung in- und auseinanderfließen. Durch die Wiederholung ähnlicher raumbildender Elemente findet die bestimmende räumliche Sprache der Architektur eine Entsprechung im Wahrnehmungsvorgang. So wie im Grundriss die Variation ähnlicher Elemente von den Architekten entworfen wurde, werden diese Variationen im Prozess der Wahrnehmung wiederholt.

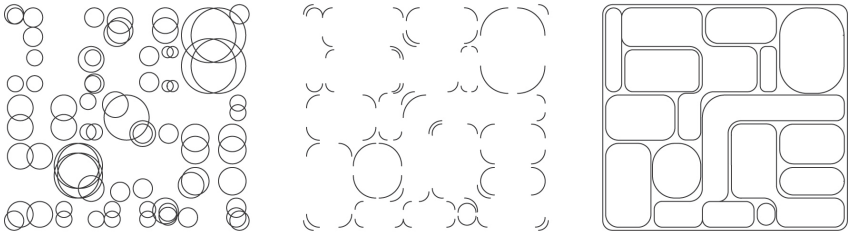
Eine andere Form von Ähnlichkeit erleben wir, wenn wir uns an einem Objekt in unserer Umgebung vorbeibewegen: Durch die Veränderung der Perspektive durchläuft seine Ansicht eine fließende Serie von Variationen eines Grundthemas. Meist dient uns diese Veränderung der Ansicht dazu, die Form des Objekts besser erkennen zu können. Oftmals hilft es schon, den Kopf ein wenig zur Seite zu neigen, um aus der dadurch leicht veränderten Ansicht auf die Form eines Objekts schließen zu können. Abb. 97 illustriert eine solche perspektivische Veränderung an einem Bogen, um den der Betrachter auf einem Halbkreis herumgeht, während er ihn dauernd betrachtet. Jede perspektivische Ansicht des Bogens ist eine Transformation der benachbarten, so dass wir sie nicht als ein neues Objekt, sondern als dasselbe

[283] im metrischen System entspricht 22'-8' in etwa 6,91m und 4'-8" in etwa 1,42m.



a

b



c d e

Abb. 88: SANAA: „Toledo Glass Pavilion". a: verwendete Variationen abgerundeter Rechtecke. b: verwendete Kreisradien. c, d, e: Konstruktion des Grundriss aus einer begrenzten Anzahl von Radien.

Objekt wahrnehmen. Dies natürlich umso mehr in der Realität, in der sich im Gegensatz zu dieser Illustration die Veränderung fließend vollzieht und nicht in Einzelbilder getrennt wird. Auch sehen wir in der Realität die Ansichten nicht nebeneinander wie in der Illustration, sondern eine Ansicht weicht einer neuen und geht dabei in unsere Erinnerung und unser Wissen um die Beschaffenheit des betrachteten Objekts ein.
Eine vergleichbare, wenn auch zweidimensionale Veränderung der Abbildung ein und desselben Objekts kann man beobachten, wenn man dessen Schatten über den Tag hinweg verfolgt. Eine Laterne beispielsweise wird morgens einen überlangen Schatten werfen, der mittags zu einer dicken, kurzen Verzerrung gestaucht wird und sich abends wieder längt. Diese Idee liegt dem Pavillon „Swoosh" zu Grunde, der als einer der Sommerpavillons der Architekturschule „Architectural Association" 2008 in London gebaut wurde. Im jährlich stattfindenden Studentenwettbewerb setzte sich in diesem Jahr die mexikanische Studentin Valeria Garcia Abarca mit dem Konzept durch, die Veränderung eines Schattenmusters im Tagesablauf dreidimensional zu interpretieren. In der Zeitschrift Detail wird der Entwurf wie folgt beschrieben:

> „Der Grundriss des Pavillons beschreibt eine punktsymmetrische Doppelschleife, die sich um zwei Drehpunkte wickelt - einer in Form eines vorgefundenen Laternenmastes. Dazwischen spannen Bögen über einen mittigen Durchgang. Weitere, nebeneinander angeordnete Bögen lösen sich mit zunehmender Entfernung vom Zentrum immer mehr vom Boden ab und entwickeln sich zu gekrümmten, auskragenden Rippen, die erst in der Höhe weiter ansteigen, dann zu den Enden hin sich dem Boden wieder annähern und in niedrigen Bänken auslaufen."[284]

Wie Pläne und Foto in Abb. 89 und Abb. 90 zeigen, sind diese Bögen oder auch Rippen einander ähnlich. Sie sind extrudierte und verzerrte Variationen eines Grundelements, das im Entwurfskonzept den Schatten wirft. Die Transformation, die ein Objekt in der Betrachtung zu verschiedenen Zeiten

[284] Detail (2008) S.1252.

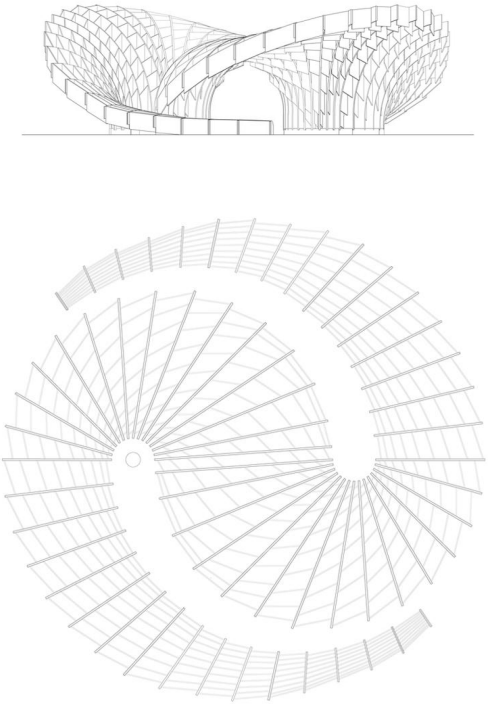


Abb. 89: AA „Swoosh“ Pavillon, Ansicht und Plan.

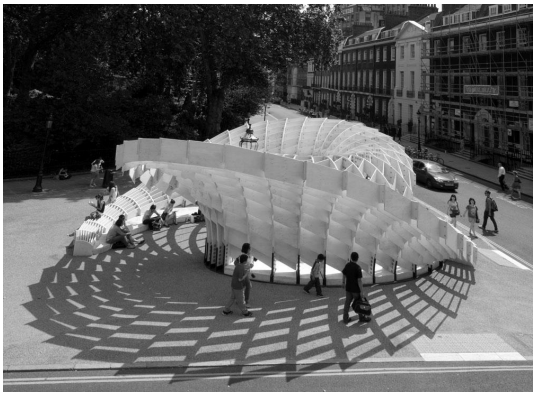


Abb. 90: AA „Swoosh“ Pavillon.

und von verschiedenen Orten aus ganz natürlicher erfährt, wurde hier eingefroren, in Abteilungen geteilt und jeweils zu einem eigenen tektonischen Element.

Ähnlich in Größe und Form war der ebenfalls temporäre hölzerne Forschungspavillon des Instituts für Computerbasiertes Entwerfen (ICD) und des Instituts für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen (ITKE) der Universität Stuttgart aus dem Jahr 2010. Der Pavillon bestand aus einer dünnen, hölzernen Hülle. Abb. 91 zeigt ihn, wie er sich als ein halbierter Torus um einen kreisförmigen Innenhof herumlegt und einen umschlossenen Innenraum bildet. Konstruiert wurde der Stuttgarter Pavillon, ähnlich wie der „Swoosh" Pavillon, aus einer Aneinanderreihung variierender und sehr ähnlicher Grundelemente. In diesem Fall waren es Segmentbögen, die aus langen, CNC-gefertigten Sperrholzstreifen gebogen wurden (Abb. 92). Innerhalb eines Streifens wechseln sich dabei biege- und zugbeanspruchte Abschnitte ab. Gleichermaßen reiht sich ein gebogener Abschnitt im benachbarten Element jeweils an einen zugbeanspruchten Abschnitt, wodurch der Eindruck einer gewobenen Struktur entsteht. Das Forschungsinteresse bei diesem Pavillon lag darin, die statischen Eigenschaften von gebogenen Sperrholzplatten in die Generation des computerbasierten Entwurfs mit einzuspeisen. Die Biegeeigenschaften von 6,5mm dicken Sperrholzplatten wurden in Biegeversuchen gemessen (Abb. 93) und die gewonnen Daten für die Generation eines entsprechenden Tragwerks genutzt.[285] Das ITKE von Jan Knippers beschreibt den Forschungsrahmen so:

> „An der Schnittstelle von Forschung und Lehre untersuchten die Wissenschaftler der beiden Institute in Zusammenarbeit mit den Studierenden, wie neuartige computerbasierte Entwurfsmethoden sowie die numerische Simulation des Tragwerks und Materialverhaltens zu neuen architektonischen und konstruktiven Möglichkeiten führen, die auf dem elastischen Biegeverhalten von Holz beruhen. Die aus diesen Unter-

[285] Vgl. hierzu: Detail.de (2010).

Abb. 91: Forschungspavillon des Jahres 2010 des ICD und ITKE der Universität Stuttgart. Abb. 92: Forschungspavillon, umschlossener Innenraum.

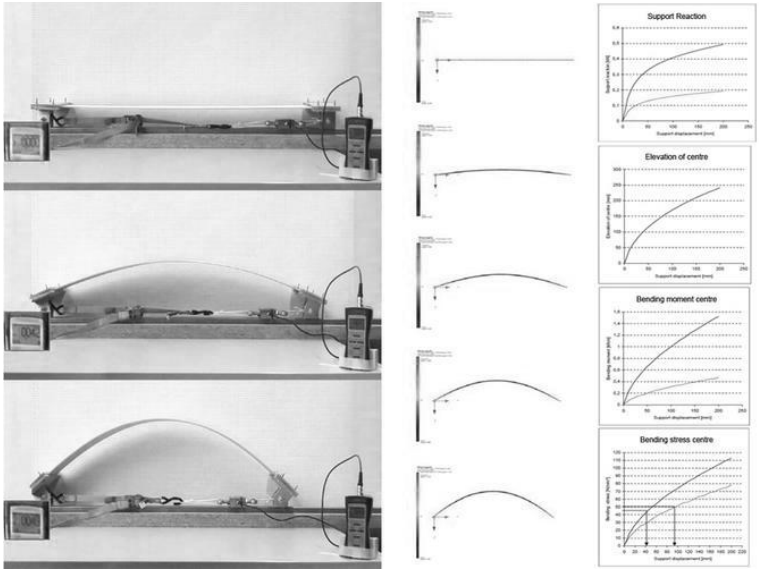


Abb. 93: Biegeversuche mit Sperrholzplatten für den Forschungspavillon.

suchungen hervorgegangene Tragstruktur bezieht ihre Leistungsfähigkeit aus der geometrischen Differenzierung und elastischen Formung extrem dünner Holzstreifen."[286]

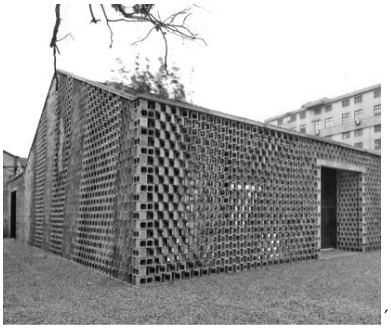
Wie auch beim „Swoosh" Pavillon lässt sich anhand dieses Zitats feststellen, dass die generierte Form des Pavillons, so besonders sie sich auf den Abbildungen auch darstellt, eigentlich aus Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit der Tragstruktur entstanden ist. Form und Struktur wurden unter den Gesichtspunkten des Ineinandergreifens von computerbasierten Entwurfs-, Berechnungs-, und Produktionsmethoden, sowie der Integration von Materialeigenschaften in die generierenden Entwurfscodes entwickelt. Nachdem die Materialkennwerte ermittelt waren, bestand der nächste Schritt darin, „eine Geometrie zu finden, die einerseits die Potenziale des Materials optimal ausspielt und andererseits gestalterisch und funktional als Architektur überzeugend ist."[287] Über die Hintergründe der gestalterischen Entscheidungen erfahren wir weiter nichts, [288] was den Eindruck erweckt, sie seien ein beinahe automatisches Produkt des parametrischen Entwurfsansatzes. Dieses Verständnis des Entwurfsprozesses ist vor allem vor dem Hintergrund der in den letzten Jahren entwickelten, computergestützten Entwurfs- und Produktionsmethoden zu verstehen, die eine Vielzahl von Projekten hervorgebracht haben, die auf ähnliche Weise durch die Größen- und Proportionsvariationen der gleichen Grundelemente strukturiert werden (Abb. 94 - Abb. 96). In der Einleitung zu dieser Arbeit wurde diese Strömung bereits als formale, strukturbetonte Architektursprache beschrieben. Die entsprechenden Entwürfe werden oft mithilfe parametrischer Software erzeugt

---

[286] Knippers (2010).

[287] Wörtliches Zitat von Manuel Vollrath in: Kaltenbach (2010) S. 994.

[288] Vgl. hierzu auch: Detail.de (2010) . Gleiches trifft auch auf die Berichterstattung über den Swoosh Pavillon zu: "Das diesjährige Projekt "Swoosh", eine Gitterschale aus ca. 650 senkrechten, hell gebeizten Furnierschichtholzelementen, basiert auf Überlegungen, wie sich eine dynamisch fließende, einheitliche Form aus geraden Einzelteilen erzeugen lässt. Seine grundsätzliche Geometrie basiert auf einem zweidimensionalen Muster, das sich je nach Sonnenstand als Schattenwurf am Boden abzeichnet." Detail (2008) S. 1252.. Vgl. hierzu auch: dezeen.com (2008) und mexican-architects.com (2008).



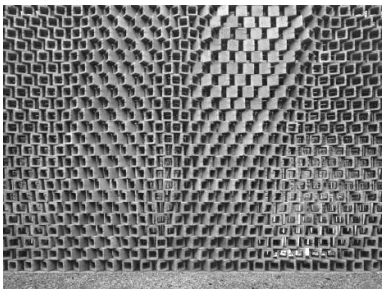


Abb. 94: Archi-Union: „J Office Warehouse", Shanghai, 2010-2011. Beim Umbau eines Lagerhauses in ein Büro wurde mithilfe parametrischer Software ein Fassadenmuster erzeugt. Die Software kontrollierte die Drehung der Formsteine. Dadurch ergeben sich Wellen, die an Textilien erinnern. Yuan (2011), sowie: Michler (2010).

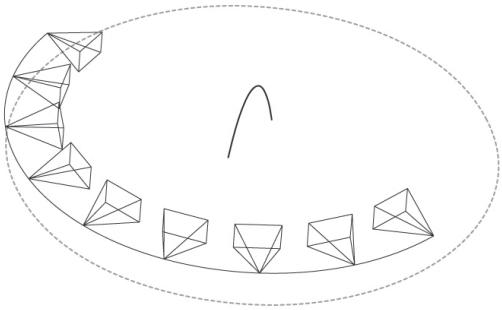
Abb. 95: „Fablab House", Madrid, 2010. Das Haus war ein Wettbewerbsbeitrag für den „Solar Decathlon Europe 2010" von einer Projektgruppe um das Institute for Advanced Architecture of Catalonia. Seine Form wurde für die Ausnutzung der Sonnenenergie durch Solarpaneele auf dem Dach optimiert. Die so entstandene Fläche wurde aus ähnlichen Rippen konstruiert, die sich schrittweise der Flächengeometrie anpassen. Vgl. hierzu: FabLab House (2012).

Abb. 96: Zaha Hadid Architects, Kartal-Pendik Masterplan, Istanbul, Turkey, 2006. Städtebau durch die Variation eines vierteiligen Blocks. Patrik Schumacher beschreibt den Entwurf einem seiner Texte über Parametricism: „Fabric study. The urban fabric comprises both cross towers and perimeter blocks. The image shows the morphological range of the perimeter block type. Blocks are split into four quadrants allowing for a secondary, pedestrian path system. At certain network crossing points the block system is assimilated to the tower system: each block sponsors one of the quadrants to form a pseudo tower around a network crossing point." Schumacher (2008)

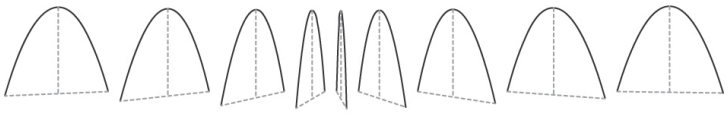
und kontrolliert. Dafür werden die geometrischen Abhängigkeiten der Bauteile untereinander bestimmt und in algorithmische Abhängigkeiten einprogrammiert, die gleichzeitig ein virtuelles Computermodell generieren. Wird ein Parameter verändert, passen sich die anderen Bauteile entsprechend an. Innerhalb solcher Systeme können sich wiederholende Elemente an unterschiedlichste Bedingungen anpassen, die sich aus den Anforderung an der Nutzung und des Ortes ergeben aber auch die Möglichkeiten des Baumaterials und den Ablauf einer digital gesteuerten Produktion berücksichtigen können. Dabei entstehen unter anderem bei der parametrischen, produktionsorientierten Unterteilung von Freiflächen in ebene Bauteile vielfach räumliche Strukturen, die darauf basieren, dass sich einzelne Elemente, beispielsweise Rippen, jeweils der Flächenkrümmung anpassen und so in einer regelmäßigen Reihung die Ausgangsfläche formen (Abb. 95). Die Variation eines formalen Themas, die bei SANAAs Toledo Glass Pavillon noch deutlich durch die Architekten gesteuert wurde, wird in parametrischen Entwurfsprozessen zu einem automatisierten Berechnungsergebnis. Der Entwurf stellt sich - wie auch beim „Swoosh“ und dem Stuttgarter Forschungspavillon - als eine Reihung regelmäßiger Transformationen dar. Der generative und automatisierte Charakter solcher parametrischer Systeme legt den Vergleich mit einer Art DNA nahe: Eine vorgegebene, programmierte Erbinformation bestimmt die Entstehung einer Form. Entsprechend gleichen derartige Strukturen tatsächlich auch repetitiven Mustern, die in der Natur vorkommen. [289] Sowohl der Stuttgarter Forschungspavillon, und erst recht die Aufsicht des „Swoosh“ Pavillons weisen dabei eine gewisse Ähnlichkeit mit dem inneren Aufbau einer Seeschnecke auf (Abb. 89, Abb. 98, Abb. 99), die ursprünglich Teil von D’Arcy Thompsons viel beachteten Untersuchungen zu Form und Wachstum war.[290] Entsprechend dem inneren Aufbau der Schnecke ist auch bei beiden Pavillons das nächste Element jeweils eine

[289] Der Vergleich zwischen natürlichen Strukturen, deren Wachstumslogarithmen und dem regelbasierten, architektonischen Entwurf findet Behandlung in einigen jüngeren Publikationen. Vgl. hierzu u.a. Tausch (2008) , Finsterwalder (2011) und Kraft, Kuhnert & Uhlig (2002).

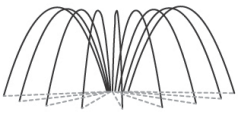
[290] Thompson (1917) . Für einige weiterführende Anmerkungen zum Thema siehe: Anhang 2.



a



b



c

Abb. 97: Illustration der perspektivischen Veränderung eines Bogens durch die Bewegung des Betrachters. ***a****: Die Anordnung der gewählten Ansichten auf einer Kreisbahn um den Bogen.* ***b****: Ansichten nebeneinander angeordnet.* ***c****: Ansichten überlappend angeordnet.*

Variation des vorangegangenen. Auch hier drehen sich die Transformationen um jeweils einen Mittelpunkt.

Auch wenn Strukturen dieser Art nicht unter Aspekten der Wahrnehmung entstanden sind, sondern eher ein Resultat des Interesses an parametrisch kontrollierten Entwurfsprozessen darstellen, erzeugen sie Besonderheiten für die Natur des Wahrnehmungsprozesses. Die Wiederholung ähnlicher und doch unterschiedlicher Teile korrespondiert mit der vergleichenden Natur der impliziten Wahrnehmungsmechanismen. Durch die dichte Wiederholung ähnlicher und doch unterschiedlicher Teile bei den beiden Pavillons werden die vergleichenden und assoziativen Grundmechanismen der visuellen Wahrnehmung in einen Kreislauf geschickt. Ein Objekt, das ähnlich aussieht, ist demnach entweder ein anderes Objekt, oder das gleiche Objekt von einer anderen Ansicht aus gesehen. Oder aber es muss ein sich ständig transformierendes, also ein wahrhaft flüssiges Objekt sein. Das Gehirn kann zwischen diesen Interpretationen spielerisch hin- und herwechseln und dadurch den Raum um sich herum und die eigene Position zu diesem immer anders interpretieren.

of the florets in the sunflower; a true spiral, though not, by the way, so easy of investigation, is presented to us by the outline

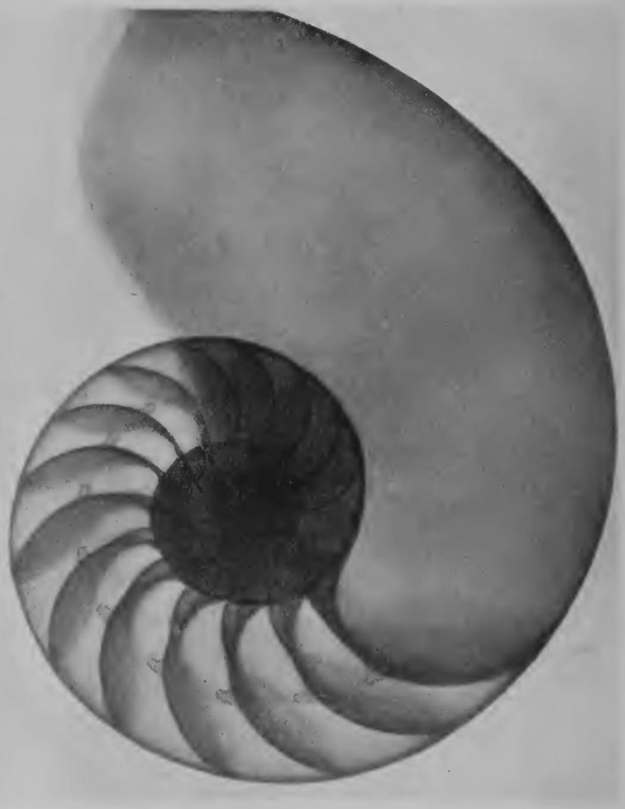


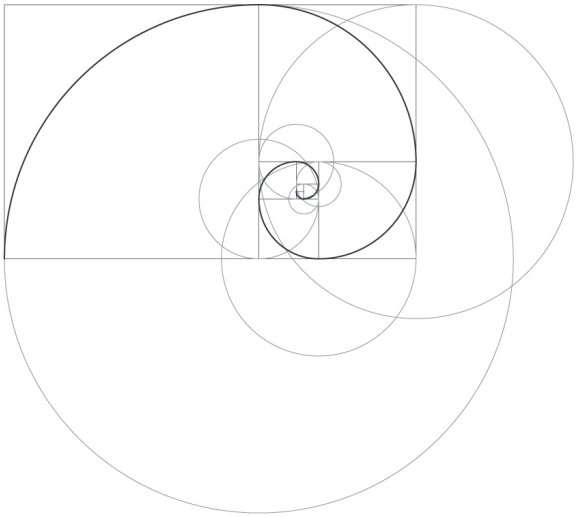
Fig. 237. The shell of *Nautilus pompilius*, from a radiograph: to shew the logarithmic spiral of the shell, together with the arrangement of the internal septa. (From Messrs Green and Gardiner, in *Proc. Malacol. Soc.* II, 1897.)

of a cordate leaf; and yet again, we can recognise typical though transitory spirals in the coil of an elephant's trunk, in the "circling

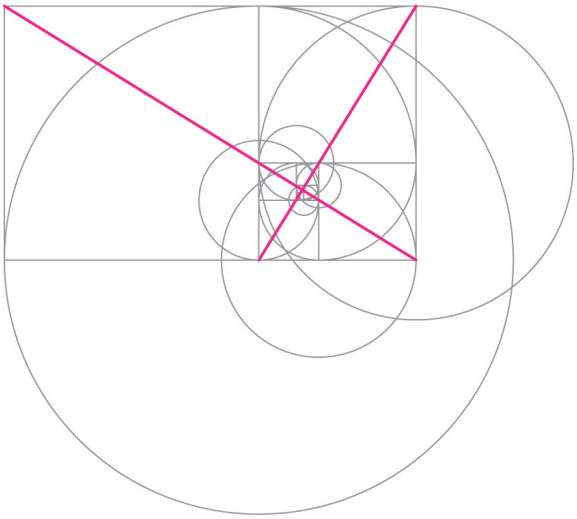
Abb. 98: Die Seeschnecke bei D'Arcy Thompson. Der britische Biologe untersuchte Anfang des 20. Jahrhunderts Wachtstumsregeln in der Natur. Für weiterführende Anmerkungen zu diesem Thema siehe Anhang 2.

Schlussbetrachtungen

Im vorangegangenen, letzten Teil der vorliegenden Arbeit wurde die visuelle Wahrnehmung von Architektur als dauerhafte, implizite Interaktion zwischen Form und Struktur und den Interpretationsmechanismen des Nervensystems beschrieben. Anhand der Analyse von Architekturzeichnungen wurde zu Beginn der Arbeit gezeigt, wie Architekten durch Auswahl und Manipulation bildhafter Tiefenhinweise in ihren räumlichen Darstellungen Interpretationsmöglichkeiten und -offenheit anlegen. Durch das dabei skizzierte Verhältnis zwischen Sehen als Interpretation und Zeichnen als dem Anlegen von Interpretationsmöglichkeiten, wurde das für die anschließenden Beschreibungen grundlegende Betrachtungsfeld definiert: Der Architekt legt - bewusst oder unbewusst - durch seinen Entwurf die Rahmenbedingungen fest, innerhalb derer das Wahrnehmungssystem des Betrachters mit dem Raum interagieren kann. Architektonische Form und Struktur bestimmen dabei die Möglichkeiten der Um- und Neuinterpretation für den von Hypothese und Interpretation geprägten Wahrnehmungsvorgang.
Wie dieses Verhältnis zwischen Architektur und Betrachter als dauerhafter Prozess beschrieben werden kann und wie durch architektonische Form und Struktur eine Möglichkeit zur dynamischen Wieder- und Uminterpretation für die Wahrnehmung angelegt werden kann, wurde in der Folge mit zunehmender Komplexität an Beispielen dreidimensionaler architektonischer Situationen beschrieben. Als eine wesentliche Grundlage für das Erkennen von räumlichen Zusammenhängen wurde die Rolle der Konturen für die visuelle Wahrnehmung anhand der Moschee von Córdoba beschrieben. Das Prinzip der Ergänzung von fehlenden Informationen zu ganzen ‚Gestalten', das in den Erörterungen zur Gestaltpsychologie schon zu Beginn dieser Arbeit eingeführt worden war, wurde nun auf poröse räumliche Strukturen übertragen, die in der perspektivischen Wahrnehmung zu Raumvolumen ergänzt werden. Dabei wurde das Potential sowohl für den Architekten sichtbar, durch Form und Struktur Räume anzudeuten, als auch für den



a



b

Abb. 99: ***a****: logarithmische Spirale auf Basis einer Fibunacci Reihe, die das Wachstum der Seemuschel beschreibt. Bei der Zahlenreihe 1,1,2,3,5,8,13,21,34...usw. addieren sich jeweils die zwei Zahlen zur nächsten (1+1=2 und 1+2=3).*
b*: Sie wird auch „goldene Spirale" genannt, da sich der goldene Schnitt aus ihr ableiten lässt.*

Betrachter, aus diesen Andeutungen transiente Räume zu formen. Die perspektivische Reihung der Bögen in der Säulenhalle von Córdoba kann so als ein den Betrachter umgebendes und bergendes Volumen wahrgenommen werden und wirkt sich unmittelbar auf die eigene körperliche Verortung des Betrachters aus. Dieses Verständnis von Raumwahrnehmung als ein ‚Darin-Sein' greift dabei den leibbezogenen Raumbegriff wieder auf, dem im ersten Teil der Arbeit bei Wölfflin, Schmarsow, Sörgel und Lipps nachgespürt wurde. Während die Überlagerung mehrerer angedeuteter Räume in der architektonischen Struktur möglich ist, ist die Wahrnehmung mehrerer Volumen nicht gleichzeitig, sondern nur abwechselnd möglich: Zwei sich von einem Standpunkt aus gleichzeitig bildende Korridore der Säulenhalle können vom Betrachter demnach nur abwechselnd wahrgenommen werden. Ähnlich einem Vexierbild kann die Wahrnehmung zwischen der einen und der anderen Interpretation hin- und herwechseln und damit den eigenen Körper jeweils in unterschiedliche Raumvolumen verorten.
Das ‚Spiel' der Wahrnehmung, das sich aus der Interpretation von Konturen und der Ergänzung von Formen zu räumlichen Volumen speist, wurde anschließend anhand der kleinen Kirche San Carlo alle Quattro Fontane von Borromini in komplexer Weise beschrieben. Dabei wurde die Rolle des peripheren Sehens für die Wahrnehmung von einem den Betrachter umgebenden Raumvolumen - für die Wahrnehmung eines ‚Darin-Seins' - offensichtlich. In einem so engen und formal so dichten Raum wie Borrominis Kirche erweist sich das als besonders bedeutungsvoll. Anstelle des aus kunsthistorischer Sicht notwendigen Versuchs, Borrominis Entwurf zu dekodieren und auf seine Grundidee und Grundformen zurückzuführen, wurde hier - anknüpfend an Leo Steinberg - der Vorstellung Raum gegeben, dass die Vielzahl der Teilräume, die den Kirchenraum begrenzen, für die Wahrnehmung das Potential transienter Interpretationen birgt, die sich während des Betrachtens ständig abwechseln. Der oft beschriebene Eindruck, barocke Räume würden beim Bertachten zu ‚schwingen' beginnen, wird als Resultat des ständigen Wechsels der räumlichen Interpretationen verstanden, die sich dadurch jeweils auch auf die Selbstverortung auswirken. Zwei weitere Bei-

spiele angedeuteter Räume wurden im Anschluss daran untersucht. Am Beispiel des einbeschriebenen Kreuzes in Santa Constanza wurde vermutet, dass die implizite Wahrnehmung angedeuteter Räume auch auf subtile architektonische Details reagiert und damit über das bewusste Bemerken und Verstehen des Betrachters hinausgeht. Die perspektivische Ausrichtung der Nischen auf die Arkadenräume, die sich nur von bestimmten Punkten aus einstellt, illustriert eine räumliche Manipulation, die sich nicht durch eine zeichnerische Ordnung im Plan, sondern erst durch die Wahrnehmung definiert und erst dadurch besondere Orte innerhalb des Raumes entstehen lässt. Allansichtig, und dabei ständig changierend, bildeten die Garn-Installationen Fred Sandbacks den Abschluss dieses Kapitels. Sie brachten als skulpturale Kunst den Wechsel der Wahrnehmung zwischen Garn und Fläche als präzise geplantes Erlebnis in Museumsinnenräume und führten damit den sich durch den Raum bewegenden Betrachter ein, der im letzten Kapitel des dritten Teils im Fokus stand.

Von der Beschreibung einer einzelnen Situation gingen somit die Betrachtungen in die Beschreibung einer dauerhaften, räumlichen und zeitlichen Interaktion über, in der sich der Fokus des Blicks und die Position der Betrachter in den Räumen beständig in Bewegung befanden. Infolgedessen wurde der Einfluss von Vorhersage und Erinnerung auf die Wahrnehmung zu einem neuen Bestandteil der Untersuchung. Das Konzept der flüssigen Objekte nach Jason W. Brown diente dabei dazu, die Veränderungen zu beschreiben, die Objekte und auch Räume in diesem beständigen Wechselspiel aus Reizinterpretation, Vorhersage und Erinnerung in einer Art Wahrnehmungszyklus durchlaufen. Wieder wurde die Moschee von Córdoba als erläuterndes Beispiel herangezogen. In diesem Fall rückte das Phänomen der dynamischen Verdeckung ins Zentrum der Beschreibung, durch das die Vielzahl an Säulen in der Bewegung des Betrachters jeweils große Teile des Bodens verdecken und enthüllen und somit die Wahrnehmung des Bodens sich ständig verändert, aktualisiert und erinnert werden muss. Insbesondere ähnliche und gleiche Formen stellen für diesen Wahrnehmungsprozess eine Besonderheit dar. Dieses Wieder- und Neuerkennen der gleichen oder ähnli-

chen Form an unterschiedlichen Positionen des Raumes entspricht in gewisser Weise der Erinnerung und der Uminterpretation von Objekten innerhalb des Wahrnehmungsvorgangs. Das Wiedererkennen gleicher und ähnlicher Elemente wurde zunächst am Beispiel von SANAAs „Toledo Glass Pavillon" beschrieben. Dieses Gebäude setzt sich aus einer Vielzahl von ähnlichen und charakteristisch gerundeten Raumvolumen zusammen, deren Elemente sich in unterschiedlichen Positionen und räumlichen Zusammenhängen wiederholen. Schließlich traten jedoch mit zwei Holzpavillons Beispiele der zu Beginn der Arbeit als formal und strukturbetont bezeichneten jüngeren Architektursprache in den Fokus, in deren parametrischer Entwurfslogik die Variation bestimmter Grundformen und damit die Ähnlichkeit und Gleichheit ihrer Strukturelemente mit angelegt ist, und die für das visuelle Wahrnehmungssystem dadurch zu einem Gegenüber mit unendlichem Interpretationspotential werden.

Die im Laufe der Erörterungen zitierte Literatur zeigt, dass das Verständnis des Wahrnehmungsvorgangs als dauerhafter Interpretationsprozess nicht neu ist. Eine neue Ausrichtung bekommt die Diskussion erst durch die Berücksichtigung des heutigen Forschungsstandes aus Psychologie und Neurowissenschaften, wonach unsere Interaktion mit der Umgebung selten nur bewusst und reflektiert vor sich geht, sondern überwiegend automatisch verläuft. Damit beschäftigte sich der zweite Teil der vorliegenden Arbeit. Hier wurde gezeigt, dass die Fähigkeit, implizit mit der Umgebung zu interagieren, erlernt werden muss, was sowohl durch gezieltes Training, als auch durch spielerische und zerstreute Übung erfolgen kann. Die Abfolge aus Interpretation visueller Reize, der daraus resultierenden ständigen Überprüfung dieser Hypothese, der folgenden Neuinterpretation und Korrektur, die den Wahrnehmungsvorgang charakterisiert, gehört dabei ebenso zum automatisierten Können wie die Bedeutungszuschreibung des Erkannten und der entsprechenden Reaktion. Gleichzeitig ist jede implizite oder bewusste Wahrnehmung wiederum eine Übung, die sich auf diese Fähigkeiten auswirkt. Betreten wir also einen Raum, bestimmt unser Wissen und Können

mit darüber, was wir wahrnehmen. Und gleichzeitig beeinflusst der Raum wiederum unser Können. Nicht nur wird davon ausgegangen, dass ein Großteil der Interaktion implizit verläuft, sondern auch, dass diese Art der Wahrnehmung unser Denken, Handeln und Fühlen beeinflusst. Implizite Wahrnehmungen können also nicht als unwichtige, aussortierte Wahrnehmungen verstanden werden, die keine Aufmerksamkeit verdienen, sondern im Gegenteil als Grundlage für jede bewusste Wahrnehmung und jede höhere kognitive Leistung.

Dieses junge Verständnis des impliziten Wahrnehmungsvorgangs hat schließlich auch entscheidenden Einfluss auf das Verständnis von Architekturwahrnehmung. Es reduziert die Wirkung und Auswirkung des Wahrnehmungsvorgangs nicht auf den Moment einer reflektierten Betrachtungssituation oder einer reflektierten, erinnerten Erfahrung, sondern beschreibt Wahrnehmung als eine neben dem Fokus der bewussten Aufmerksamkeit verlaufende, stetige und unmittelbare Interaktion zwischen dem menschlichen Nervensystem und der Architektur. Architektonischer Raum, so ergibt sich daraus, beeinflusst unsere spezifischen Wahrnehmungsfähigkeiten, unser Denken, Handeln und Fühlen nebenbei - außerhalb dessen, was uns bewusst wird. Neu ist also die Betrachtungsweise, in der das beständige ‚Nebenbei' der Wahrnehmung zur hauptsächlichen und einflussreichen Interaktion mit der Architektur wird. Sie entspricht in besonderer Weise der Architektur, die eine Kunst des ‚Nebenbei' ist, indem sie zwar den größten Teil unserer gebauten Umgebung bildet, aber in den seltensten Fällen in den Fokus der bewussten Aufmerksamkeit gelangt, sondern eher im alltäglichen Vorbeigehen implizit wahrgenommen wird. Diese Dimension der Wahrnehmung, die nicht auf bewusstes Verstehen und Nachdenken über das Gesehene ausgerichtet ist, wurde jedoch während des Großteils des 20. Jahrhunderts insbesondere von der Architekturtheorie vernachlässigt. Durch die jüngeren Erkenntnisse aus der Psychologie und den Neurowissenschaften wurde es in dieser Arbeit möglich, an die Ursprünge der leibbezogenen Ästhetik und damit an den ersten psychologischen Deutungsansatz von Archi-

tektur über die Mechanismen der visuellen Wahrnehmung anzuknüpfen. Rudolf Arnheims Ansatz geht aus der Gestaltpsychologie hervor und wurzelt damit in einer Zeit, in welcher der Einfluss der Psychologie auch auf die Theorien Wölfflins oder Schmarsows seinen Höhepunkt erreichte. Die von ihm systematisch beschriebene Dynamik des Betrachtungsvorgangs wurde anhand der heutigen Erkenntnisse aus Psychologie und Neurowissenschaften auf die dauerhafte Interaktion zwischen Architektur und Wahrnehmungssystem ausgedehnt. Aus diesem Wechselspiel heraus lässt sich Architektur als ein Dialogpartner für das menschliche Nervensystem voller Assoziationen, Erinnerungen, Mehrdeutigkeiten und Unbekanntem beschreiben.

Einer der Ausgangspunkte dieser Arbeit waren die Schwierigkeiten, die Rückkehr von Form, welche für die formalen und strukturbetonten Projekte der letzten Jahre typisch ist, sinnvoll zu deuten. Das Beispiel des Stuttgarter Forschungspavillons zeigte, dass die Formen und Metamorphosen, die sich bedeutungsvoll präsentieren, ihre Legitimation von numerischen Rechenfolgen herleiten, deren Sinn und Ursprung sich der Betrachter durch das reine Betrachten nicht erschließen kann. Die in dieser Arbeit entwickelte Beschreibungsmethode bietet nun tatsächlich einen geeigneten Ansatz, die Bedeutung dieser Strömung zu erklären: Durch seinen Reichtum an Ähnlichem und Gleichen bildet der Pavillon ein reiches und unerschöpfliches Gegenüber für die Interpretationsmechanismen des Wahrnehmungsvorgangs, und der implizite Wahrnehmungsprozess findet darin ein entsprechendes Spielfeld für eine dauerhafte Interaktion. Gleiches kann auf viele Projekte mit ähnlicher Architektursprache übertragen werden, deren vermeintlich ausdrucksstarke Formen und Strukturen für den Betrachter nur schwer zu deuten sind. In dieser scheinbar fehlenden Verbindung treten die hier beschriebenen Wahrnehmungsmechanismen in den Vordergrund und damit eine unreflektierte, sinnliche, nichtsprachliche, unmittelbare Interaktion.

Bei dem Versuch, diese andere Art der Verbindung zwischen Architektur und Betrachter am Ende der Untersuchungen zusammenfassend auszuwerten, ergeben sich jedoch Schwierigkeiten. Im Laufe dieser Arbeit wurde zwar grundsätzlich herausgearbeitet, dass Architekten offensichtlich durch ihre Gestaltung der Umwelt das Denken, Handeln und Fühlen der Menschen beeinflussen. Und darüber hinaus, dass dieser Einfluss auch abseits unserer bewussten Aufmerksamkeit ununterbrochen und unbemerkt stattfindet. Die Reihe der Beschreibungen der Wahrnehmungsinteraktionen zwischen Betrachter und beispielhaften architektonischen Räumen, die den letzten Teil dieser Arbeit bildeten, sind in dieser Form jedoch vorerst noch nicht belegbar. Zwar wurde der potentielle Einfluss bestimmter architektonischer Formen und Strukturen auf die Wahrnehmungsmechanismen beschrieben und es wurden belastbare Faktoren und Mechanismen aufgezeigt, die an dieser Interaktion beteiligt sind. Ein kausaler Zusammenhang, welche Raumkomposition welchen Einfluss hat, kann daraus allerdings nicht abgeleitet werden. Für das Übertragen der grundlegenden Erkenntnisse aus der Psychologie und den Neurowissenschaften auf die komplexe Interaktion mit gebautem Raum in der Reihe der beschriebenen Wahrnehmungsbeziehungen zwischen architektonischen Räumen und Betrachtern existieren keine präzisen empirischen Daten.

Das liegt unter anderem daran, dass sich weder Psychologie noch Neurowissenschaften bislang systematisch mit dieser Sicht auf Architekturwahrnehmung beschäftigt haben. Einerseits, weil diese Disziplinen in ihren Studien meist darum bemüht sind, die untersuchten Faktoren im Labor möglichst isoliert zu untersuchen und für eine solche Forschungspraxis der Einfluss unterschiedlicher Faktoren auf die Wahrnehmung in realen architektonischen Räumen nicht berechenbar und deshalb auf diese Weise nicht erforschbar ist. Zum anderen liegt die Gestaltung von Räumen nicht im ureigenen Interesse dieser Disziplinen, in denen es vorwiegend um die Verarbeitung einer als gegeben angesehene Umgebung durch unseren Wahrnehmungsapparat geht. Der potentielle Einfluss der Gestaltung eben dieser Um-

gebung durch die Architektur auf diesen Untersuchungsrahmen wird dabei eher selten berücksichtigt.[291]

Wie bereits beschrieben, konnte die vorliegende Arbeit keine umfassende Behandlung der Wahrnehmungsphänomene bieten, die in diesem Zusammenhang relevant wären und Betrachtung verdient hätten. Wichtige Phänomene wie die binokulare Wahrnehmung und die Farbwahrnehmung im visuellen Bereich böten für eine Weiterführung dieser Untersuchung vielversprechendes Untersuchungsmaterial. Insofern versteht sich die Arbeit als ein erster Brückenschlag, dessen Ziel es ist, anhand ausgewählter Phänomene einige Potentiale darzustellen, die aus der heutigen, wiederbelebten Verbindung zwischen der Wahrnehmungspsychologie und der Architektur entstehen können und dadurch einige Impulse zu geben.
Trotz der angesprochenen Schwierigkeiten der Auswertung der Architekturanalysen, ergeben sich also aus den Erörterungen dieser Arbeit einige abschließende und weiterführende Denkansätze für zukünftige Untersuchungen. Ähnlich, wie die Neuroästhetik die bildende Kunst und somit die Künstler als Experten für Wahrnehmung identifiziert haben und deren Unterstützung für die richtige Formulierung der Forschungsziele und -fragen suchen, bieten sich Architekten als Raumexperten an, die dazu beitragen könnten, eine bislang unbeachtete Ebene des Einflusses von Architektur auf

[291] Ein Forschungsbereich, in dem der Aspekt der Gestaltung mit einbezogen wird ist der Bereich wayfinding, der auch in vorliegende Arbeit anhand einiger Studien eingeflossen ist. Hier werden aus der experimentellen Untersuchung zur Orientierung in unterschiedlichen Gebäuden Faktoren herausgearbeitet, die Architekten berücksichtigen können, um die Orientierung in den von ihnen entworfenen Gebäuden zu verbessern. Diese Untersuchung ist nach Meinung der beteiligten Forscher notwendig, da Gebäude, in denen man sich nicht zurechtfindet, beim Nutzer Stress, Wut und das Gefühl von Inkompetenz auslösen. Aus der überzeugenden Formulierung dieser Anwendbarkeit der Forschungsergebnisse entstand im Falle des wayfinding eine umfangreiche Forschungsaktivität. Vgl. hierzu u.a.: Baskaya, Wilson & Ozcan (2004) , sowie: Janzen, Jansen (2010) , Montello (1998) . Dadurch, dass die meisten Studien im wayfinding an existierenden Gebäuden durchgeführt werden, lassen sich die Ergebnisse nicht unbedingt auf andere Projekte übertragen. Allenfalls lassen sich für Architekten generelle Prinzipien ableiten, wie bspw. an welchen Orten wiedererkennbare Elemente der Orientierung helfen können etc.

das menschliche Leben besser verstehen zu können. In einer Forschungskonstellation aus Architektur und Psychologie könnte ausgehend von den Beispielen vorliegender Arbeit die Wechselwirkung zwischen gebauter Umwelt und den impliziten Wahrnehmungsmechanismen empirisch untersucht werden. Experimentelle Studien böten sich dabei beispielsweise dafür an, die Tätigkeit der Interpretationsmechanismen des Wahrnehmungsapparates in Abhängigkeit von unterschiedlich strukturierten Räumen zu untersuchen. Die Ergebnisse, die aus diesem Forschungsrahmen erzielt werden könnten, hätten potentiell Einfluss auf die Bereiche der Lern- und Wissensforschung, die sich interdisziplinär mit den Methoden beschäftigt, wie sich Menschen Wissen und Können aneignen. Aber auch für die anderen, hier genannten psychologischen Bereiche der Aufmerksamkeits-, Expertise- und Orientierungsforschung könnten daraus weiterführende Erkenntnisse gewonnen werden.

Neben der visuellen Wahrnehmung, die hier noch nicht umfassend erörtert wurde, bietet sich auch an, andere Modalitäten isoliert und im Zusammenspiel in eine ähnliche Untersuchung mit einzubeziehen. Da die hier illustrierten ‚angedeuteten' Räume beispielsweise keine physischen, schallreflektierenden Umgrenzungen haben, widersprechen die akustischen Signale des Raumes der Wahrnehmung transienter Räume, wodurch ein Wettstreit der Interpretationen entstehen könnte.[292]

Neben der Wahrnehmungspsychologie wären für eine Weiterführung dieses Forschungsansatzes auch vermehrt andere Disziplinen zu befragen. Insbesondere mit der Phänomenologie ergeben sich durch die Betonung des Prozesshaften des Wahrnehmungsvorgangs potentielle Anknüpfungspunkte.

Für die Architektur, so wollte diese Arbeit zeigen, können die Kenntnisse als Bereicherung der Mittel der Raumproduktion dienen. Damit ist nicht gemeint, dass sich das Entwerfen zu einer wissenschaftlichen Tätigkeit entwickeln könnte oder sollte. Ohne hier weiter darauf einzugehen scheint es evi-

[292] Mit den Qualitäten von Räumen, die durch das „Hören" entstehen, beschäftigt sich u.a. der Studiengang „Sound Studies" an der UdK Berlin.

dent, dass sich Entwurfsprozesse mit ihren unsystematischen, individuellen und nicht dokumentierbaren Entscheidungsverläufen nicht mit klassischen, falsi- und verifizierbaren wissenschaftlichen Methoden steuern lassen. Eine verwissenschaftlichte Entwurfspraxis würde zudem den kulturellen und künstlerischen Aufgaben der Architektur entgegenstehen.[293] Die Erörterungen der vorliegenden Arbeit machen jedoch ohnehin deutlich, dass eine einfache und universelle Formel, welcher Raum welche Auswirkung auf die Menschen hat, in sehr weiter Ferne liegt. Die Komplexität der individuell unterschiedlichen Einflüsse auf den Wahrnehmungsvorgang, und die Komplexität architektonischer Räume bietet in diesem Kontext eher das Potential einer Bereicherung als einer Verengung der Möglichkeiten des Entwerfers. Die hier besprochenen Architekturbeispiele zeigen dabei nicht nur eine große Bandbreite räumlicher Mittel, sondern auch der daraus entstehenden interpretationsoffenen, individuellen Aneignungsmöglichkeiten für den Betrachter.

Ein entscheidender Aspekt, der in dieser Arbeit diesbezüglich wiederholt auftauchte, ist die Differenzierung der räumlichen Umwelt. Am deutlichsten trat dies in den Vordergrund, als im Zusammenhang mit der Entwicklung von Wahrnehmungsfähigkeiten im Kindesalter Wolf Singers These erörtert wurde, nach der eine „differenzierte“ und gleichzeitig „hinreichend konstante“ Umwelt für die „Optimierung“ der Wahrnehmungsfähigkeiten erforderlich sei.[294] In einer solchen Umwelt könne das Gehirn die Wahrnehmungsmechanismen ideal „ausprobieren“.[295] Aber auch jede der im dritten Teil beschriebenen räumlichen Situationen, von der Säulenhalle über San Carlo, dem „Toledo Glass Pavillon“ bis hin zum Stuttgarter Forschungspavillon weist jeweils eine eigene, differenzierte räumliche Sprache aus insofern als mithilfe einer einzigartigen Syntax spezifisch geformte Elemente zu einer

[293] Vgl. hierzu u.a.: Assheuer (2008), sowie: Abbushi, Maak & Voss (2008).

[294] Singer (1987) S.199.

[295] Singer (1987) S.197.

räumlichen Struktur gefügt wurden, die dadurch einen charakteristischen Ort entstehen lässt. Auf diese Weise, könnte man mit Singer argumentieren, definiert die Architektur jeweils ein eigenes, neues, anderes, charakteristisches Spielfeld für das „Ausprobieren" des Wahrnehmungssystems. Und auf den musikalischen Ursprung des Konzepts der flüssigen Objekte zurückgreifend, könnte die spezifische Form und Struktur eines Raumes mit einer eigenen Komposition verglichen werden, welche die Wahrnehmung bestimmter, einzigartiger Melodien ermöglicht. Als eine weitere, schon verwendete Metapher für einen charakteristischen Raum eignet sich das Bild eines Dialogpartners, der durch Form und Struktur dem Wahrnehmungsapparat ein bestimmtes Gesprächsthema anbietet. Bei dieser Sichtweise bilden architektonische Form und Struktur einzigartige, charakteristische und dadurch ortsspezifische Wahrnehmungsfelder. Dadurch entstehen Wahrnehmungsmöglichkeiten, die jeder Betrachter individuell bespielen und sich dabei seine eigene Wahrnehmung des Ortes erschaffen kann. Durch die individuelle Wahrnehmung einer differenzierten Architektur wird der Betrachter mit ihr als Ort verbunden.

Es zeigt sich dabei, dass Differenzierung nicht mehr nur auf das Erlernen von Wahrnehmungsfähigkeiten bezogen sein kann, sondern darüber hinaus die Qualität des Raumerlebnisses umfassend mitbestimmt. Wird sie bewusst eingesetzt, wie in der Vierung einer Kirche, die Arnheim als räumliche Erfahrung des Treffens zwischen Mensch und Gott beschreibt,[296] kann aus der Erfahrung gar eine benennbare Bedeutung entstehen. Grundsätzlich jedoch bedarf die unmittelbare Interaktion zwischen Nervensystem und Architektur, wie gezeigt wurde, keiner Benennbarkeit. Damit, so lässt sich folgern, benötigt auch Form und Struktur in der Architektur keine benennbare Bedeutung. Ihre Wirkung entsteht in der Architekturerfahrung selbst. Die strukturbetonte, formale Architektursprache der letzten Jahre hat die Architektur somit in gewisser Weise unfreiwillig von der Notwendigkeit einer Bedeutungsebene befreit, die sich der Betrachter durch Reflexion erschließen

[296] Arnheim (1980) S.97.

kann. Nur um darunter eine neue, sinnliche Ebene der Bedeutung zu enthüllen, die wahrscheinlich sogar einflussreicher ist.
In diesem Zusammenhang sei auf das einflussreiche Buch „Leben in Metaphern“ verwiesen, in dem der Philosoph Mark Johnson und der Linguist George Lakoff der Herkunft und Bedeutung von sprachlichen Metaphern für unser Leben nachspüren. Ihr Buch ist eines der Schlüsselwerke der heutigen Verkörperungstheorie, welche der nichtsprachlichen Interaktion mit der Umgebung eine entscheidende Rolle für die Erkenntnisfähigkeit des Menschen zuweist. Sie schreiben: „Das Wesen der Metapher besteht darin, dass wir durch sie eine Sache oder einen Vorgang in Begriffen einer anderen Sache bzw. eines anderen Vorgangs verstehen und erfahren können.“[297] Unsere Fähigkeit, Metaphern zu verstehen, führen sie dabei auf grundlegende körperliche Erfahrungen zurück. So auch das Konzept des ‚Oben‘, das sie beispielsweise in der Metapher „sich obenauf fühlen“ wiederfinden:

> „Wir entwickeln unser Raumkonzept OBEN aus unserer Erfahrung mit Räumen. Jeder Mensch hat einen Körper und einen aufrechten Gang. Nahezu jede Bewegung, die ein Mensch macht, wird von einem körpermotorischen Programm gesteuert, das unsere Oben-unten-Orientierung entweder verändert, aufrechterhält, voraussetzt oder in anderer Weise berücksichtigt. Bei unserem ununterbrochenen physischen Aktivsein in der Welt, selbst wenn wir schlafen, ist eine Oben-unten-Orientierung für unsere physische Aktivität nicht einfach nur von Bedeutung, sondern von zentraler Bedeutung. [...] Mit anderen Worten: Die Struktur unserer Raumkonzepte entwickelt sich aus unserer konstanten Raumerfahrung, d.h. aus unserer Interaktion mit der physischen Umgebung. Konzepte, die auf diese Art entstehen, sind Konzepte, nach denen wir im wahrsten Sinn des Wortes leben.“[298]

Die körperliche Erfahrung strukturiert bei Lakoff und Johnson unsere gedanklichen Konzepte. Räumliche Differenzierung, so folgt daraus, bringt auch eine Differenzierung der Erfahrung und damit auch eine Erweiterung

[297] Lakoff, Johnson (1998) S.13.

[298] Lakoff, Johnson (1998) S.70-71.

der gedanklichen Konzepte mit sich. Indem sie charakteristische, differenzierte räumliche Umgebungen schafft, greift die Architektur in diese Zusammenhänge ein. Sie moduliert die Aktivität der Wahrnehmungsmechanismen und strukturiert dadurch die Erfahrung.

Damit kehren wir zum Ausgangspunkt dieser Arbeit zurück, dem kleinen Sportpalast von Pier Luigi Nervi in Rom. Wie wir uns erinnern werden, hatte Nervi selbst in erster Linie technische, konstruktive und ökonomische Bewertungsmaßstäbe für dieses Gebäude herangezogen. Die Wahrnehmungsqualitäten der ornamental strukturierten, flachen Kuppel wurden nicht erwähnt, obwohl sie mit ihren repetitiven, variierenden Rauten ein reichhaltiges Interpretationspotential bieten. Am Ende dieser Arbeit scheint es nun doch möglich, diese Qualitäten als weiteren relevanten Aspekt für die Beurteilung dieses Gebäudes einzuführen. Lässt der Betrachter seinen Blick über das Muster gleiten, entsteht die Wahrnehmung des Raumes ständig von neuem: Die Rautenelemente werden immer wieder zu kleinen Gruppen zusammengefasst, die unterschiedliche Konfigurationen bilden. Von Moment zu Moment entscheidet unser Gehirn, welche Linien in den Vordergrund treten und damit die Richtung der Bögen und die Dynamik des Musters vollkommen verändern (Abb. 1). Erst in der seitlichen Betrachtung der Struktur (Abb. 2) wird die Tiefe der Rautenelemente sichtbar und das Muster verwandelt sich in eine Komposition von Dreiecken, die sich, in Richtung des Oculus kleiner werdend, Ring für Ring aufeinanderstapeln. Aus diesen Wahrnehmungsmöglichkeiten der Architektur erklärt sich die Einzigartigkeit des räumlichen Erlebnisses und damit die Faszination, die das Gebäude bis heute ausstrahlt. Die Mechanismen der impliziten Raumwahrnehmung in ihrer Interaktion mit architektonischer Form und Struktur führen damit zu einem unmittelbaren, nicht-konzeptionellen Deutungsansatz, nach welchem Architektur aus ihrem Potential für die individuelle Raumerfahrung heraus verstanden wird.

Anhang

Anhang 1

Bildhafte Tiefenhinweise.
Obwohl im Wesentlichen keine größeren oder in diesem Kontext bedeutsamen Unterschiede auftreten, gibt es unterschiedliche Kategorisierungen der Tiefenhinweise in der Literatur. Für einen Vergleich siehe Bsp. Cutting, Visthon (1995) , Poggio (1987) , Johannson (1987) , Rock (1985) .
Die hier verwendete Auflistung orientiert sich an Maurice Hershensons Grundlagenlehrbuch zu visueller Raumwahrnehmung: Hershenson (1999) : Sie bezeichnen die bildhaften Tiefenhinweise oder „pictorial cues". Deshalb bildhaft, weil sie auch auf zweidimensionalen unbewegten Bildern räumliche Informationen transportieren. Nicht gemeint ist damit, dass sie **nur** auf zweidimensionalen, unbewegten Bildern funktionieren. Vielmehr sind es Tiefenhinweise aus der Wahrnehmung realer physischer Räume, die auch zweidimensional dargestellt werden können.
Bildhafte Tiefenhinweise:
Luftperspektive: Mit zunehmender Entfernung nimmt der Kontrast von Objekten im proximalen Reizmuster ab. Dazu kommen ein Verschwimmen und Verblauen und ein Verblassen der Farben. Das hängt mit der Art und Weise zusammen, wie Licht durch die Atmosphäre dringt und von den in der Atmosphäre befindlichen Partikeln, der Reinheit der Atmosphäre. Auch in reiner Atmosphäre gibt es in der Entfernung eine Verblauung und Abnahme des Kontrastes.
Lineare Perspektive, Kontur, Form: Das proximale Reizmuster selbst wird durch die Gesetze der Linearperspektive bestimmt. Diese funktioniert durch Fluchtpunkte und die damit kombinierte Verkürzung der Größen von Objekten mit zunehmender Entfernung.
Relative Größe: Die relative Größe von Objekten oder deren Kanten gibt Auskunft über deren geschätzte Entfernung zum Betrachter. Bsp.: ein lie-

gendes Quadrat wird als solches wahrgenommen. Die kürzere Kante erscheint als weiter entfernte Kante.
Texturgradienten: Die Elemente einer texturierten Oberfläche verdichten und verkleinern sich mit zunehmender Entfernung.
Relative Höhe im Blickfeld: Objekte, die sich erkennbar auf einem zum Horizont verlaufenen Boden, einer Grundfläche, befinden erscheinen weiter entfernt je näher sie am Horizont sind.
Verdeckung, Überlappung, Superposition, Interposition: Ein Objekt, das einen Teil eines anderen Objekts verdeckt, erscheint näher.
Illumination und Reflexionskanten: Zwei Oberflächen, die sich in einem Winkel treffen, reflektieren das Licht anders. Dadurch können wir 3D Eigenschaften ableiten. Illuminationskanten entstehen durch die unterschiedliche Beleuchtung ein und derselben Oberfläche.
Schattierung und Schatten: Schattierung beschreibt die Unterschiede des reflektierten Lichts einer Oberfläche, die durch deren unterschiedliche Neigung hervorgerufen wird. Normalerweise gehen wir davon aus, dass das Licht von oben kommt (Sonne). Schatten ist nicht illuminierter Bereich: Die Konturen von Schatten enthalten Informationen über Form (Krümmung etc.).

Anhang 2

Als Pate eines Vergleichs zwischen regelbasierten Entwurfsmethoden und natürlichen Wachstumslogarithmen ist sicherlich D'Arcy Thompson zu verstehen, der 1917 in seinem Buch „On Growth and Form“ eine formale und geometrische Analyse natürlicher Wachstumsprozesse vorlegt und seine Untersuchungen am Ende auf Ingenieurskonstruktionen überträgt.[299] Seine Untersuchungen bilden bis heute die Grundlage für einige Beziehungssyste-

[299] Thompson (1917) Die Übertragung seiner Untersuchungen auf Träger und Brückenkonstruktionen findet sich im Kapitel "On Form and Mechanical Efficiency". S. 670ff.

me zwischen Architektur, Kunst und Natur. Zu allererst seine Untersuchungen zum Wachstum der Seeschnecke (Abb. 98). Die Ähnlichkeit der inneren Teile untereinander, die der Schnitt durch eine Seeschnecke (nautilus pompilius) offenbart, kann laut Thompson mithilfe einer logarithmischen Spirale beschrieben werden (
Abb. 99). Die mathematische Regelmäßigkeit in der Natur, welche diese Untersuchungen zu offenbaren scheinen, bilden die maßgebliche Referenz einiger Proportionssysteme des 20. Jahrhunderts. So überträgt Matila Ghyka den goldenen Schnitt aus der Spirale Thompsons auf viele Bereiche des Lebens, der Kunst und Architektur. Seine Untersuchungen - so konnte Niklas Maak zeigen - beeinflussen wiederum Le Corbusier bei der Entwicklung seines Proportionssystems, des „Modulor". Und schließlich findet sich das Modell der Schnecke auch in Chings Lehrbuchklassiker zur Entwurfslehre „Die Kunst der Architekturgestaltung" unter dem Kapitel „Prinzipien" in der Kategorie „Wiederholung". [300] Während die Suche nach den Regelmäßigkeiten in Größenverhältnissen heute aus den Vergleichen zwischen Architektur und Natur verschwunden ist, spielen die performativen Aspekte eine größere Rolle. Entsprechend der parametrischen Logik werden meist die Anpassungsfähigkeiten der Natur mit denen parametrischer Modelle verglichen und die Potentiale dieser natürlichen Phänomene für die Entwicklung der Architektur herausgearbeitet.[301]

[300] Vgl. hierzu: Ghyka (1931) . Maak (2010) S.107-119. Schließlich siehe: Ching (1983).

[301] Vgl. hierzu beispielsweise: Finsterwalder (2011) und Kraft, Kuhnert & Uhlig (2002).

Abbildungsnachweis

Trotz großer Bemühungen ist es nicht gelungen, alle Bildrechteinhaber ausfindig zu machen. Sollten ungeklärte Rechtsansprüche bestehen, melden Sie sich bitte beim Autor. Für die Erlaubnis zur Veröffentlichung der Bilder danke ich: Architektur und digitale Fabrikation ETH, ICD/ITKE Universität Stuttgart, Jean-Louis Cohen, Anton Burdakov, Jan-Oliver Kunze, Luhring Augustine, VG Bild-Kunst, DAI Madrid, Hampus Berndtson, Comitato Olimpico Nazionale Italiano.

Abb. 1: Pier Luigi Nervi: kleiner Sportpalast, Rom, 1957, Innenansicht. © archivio storico CONI, Rom.

Abb. 2: kleiner Sportpalast, Innenansicht. © archivio storico CONI, Rom.

Abb. 3: Pier Luigi Nervi: kleiner Sportpalast, Rom, 1957, Außenansicht. © archivio storico CONI, Rom.

Abb. 4: Das Dach als Strohhut**,** Shigeru Ban: „Centre Pompidou", Metz, 2010, Außenansicht. Foto: Didier Boy de la Tour. Von der Webseite: http://www.shigerubanarchitects.com [04.01.2012].

Abb. 5: Shigeru Ban: „Centre Pompidou", Ausschnitt der Dachstruktur und Inspirationsquelle chinesischer Strohhut. Foto: Shigeru Ban Architects.

Abb. 6: „Centre Pompidou", Metz: mehrfach gebogene Bauteile der Dachstruktur in der Produktionshalle. Aus: Detail (2010) . S.1044.

Abb. 7: Gramazio & Kohler: „Die sequenzielle Wand", ETH Zürich, 2008, Ansicht. Von der Webseite: http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/index.html [04.01.2012].

Abb. 8: Gramazio & Kohler: „Die sequenzielle Wand", ETH Zürich, 2008, Detail. Von der Webseite: http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/index.html [04.01.2012].

Abb. 9: Gramazio & Kohler, ETH Zürich: Einsatz von einem Industrieroboter für die Produktion eines Wandprototyps. Von der Webseite: http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/index.html [04.01.2012].

Abb. 10: Hermann von Helmholtz: „Die Lage der Augen in den beiden Augenhöhlen". Entnommen dem Buch: Helmholtz (1867) Fig. 17. S. 28.

Abb. 11: Muster zur Illustration der Gestaltgesetze nach Hershenson: a. ‚Gesetz der Nähe', b. ‚Gesetz der Ähnlichkeit', c. ‚Gesetz der Geschlossenheit'. „Some patterns illustrating the Gestalt laws". Entnommen dem Buch: Hershenson (1999) S.100.

Abb. 12: Illustration des ‚Gesetzes der guten Fortsetzung' nach Hershenson. Hershenson, Maurice: Figure 7.8: „The law of good continuation". Entnommen dem Buch: Hershenson (1999) S.101.
Abb. 13: Illustrationen von Max Wertheimer zur Untersuchung des ‚Prinzips der guten Gestalt'. Entnommen dem Buch: Wertheimer (1923) S.326.
Abb. 14: Illustration der unterschiedlichen Dynamik einfacher Kompositionen von Rudolf Arnheim. Entnommen dem Buch: Arnheim (2004) . Abb. 5. S. 18.
Abb. 15: Ludwig Mies van der Rohe: Grundriss des Deutschen Pavillons für die Weltausstellung in Barcelona, 1929. Ludwig Mies van der Rohe: Deutscher Pavillon, Internationale Ausstellung, Barcelona, Spanien. Grundriss. 1929. Tusche und Bleistift auf Papier, 57,2 x 97,8 cm. Mies van der Rohe Archive, MoMA, New York, Schenkung des Architekten. Von der Webseite: http://www.moma.org. [14.07.2010].
Abb. 16: Barcelona Pavillon aus „rechtwinkligen Platten": Blick entlang des schmalen Ganges zur Skulptur „Der Morgen". Berliner Bild-Bericht, Foto: Sasha Stone, 1929.
Abb. 17: Barcelona Pavillon (Rekonstruktion): Georg Kolbes Skulptur „Der Morgen". Entnommen dem Buch: Cohen (2007) S.69. Foto: Jean-Louis Cohen.
Abb. 18: Porta Pia, Rom. Wikipedia Commons public domain. Datei: „RomaPortaPiaFacciataInterna.jpg". Foto von: MM in it.wiki [08.09.2014].
Abb. 19: Arnheims Analyse einer Komposition von Jean Arp. Entnommen dem Buch: Arnheim (1980) . Abb. 37. S. 77.
Abb. 20: Der menschliche Gorilla unter den Basketballspielern. Filmstill aus dem Film „Selective Attention Test" von David Simons and Christopher Chabris, 1999. Quelle: http://www.youtube.com/ [28.12.2012].
Abb. 21: Scanpfad der Augen auf einem Bild aus einer Militärdatenbank. Figure 7. Aus: Itti, Koch (2000) S.1500.
Abb. 22: Beispiel für das Erstellen einer saliency map bei Itti & Koch. Figure 4. Entnommen dem Paper: Itti, Koch (2000) S.1496.
Abb. 23: Die roten Mäntel in „Wenn die Gondeln Trauer tragen". Filmstills aus „Wenn die Gondeln Trauer tragen": Roeg (1973) .
Abb. 24: Fußballprofis Lionel Messi (re.) und Álvaro Arbeloa (li.) im Zweikampf. Foto: David Ramos. Von der Webseite: http://www.gettyimages.de. Bild-Nr.: 113582894 [28.12.2012].
Abb. 25: ventraler (violett) nach unten und dorsaler (grün nach oben) Gehirnstrom. Datei: „Ventral-dorsal streams.svg", Foto von: „selket", Lizensiert nach CC BY-SA 3.0 [08.09.2014].
Abb. 26: Testbild aus der Studie von Moore und Egeth. Figure 6. Aus: Moore, Egeth (1997) S. 346.
Abb. 27: Ludwig Mies van der Rohe: „Hochhaus Friedrichstraße". Projekt, Berlin, Perspektivische Ansicht der Fassade von Norden, 1921, Kohle und Bleistift auf

Papier, aufgezogen auf Karton, 173,4 x 121,9 cm. Mies van der Rohe Archive, MoMA, New York, Schenkung des Architekten 1966. Entnommen dem Buch: McQuaid (2003) S.51.

Abb. 28: Hugh Ferriss: „Building in the Modeling". Projekt, aerial perspective, 1924, Conté crayon on board. (31,8 x 81,3 cm). MoMA, New York, Schenkung von Mrs. Hugh Ferriss. Entnommen dem Buch: McQuaid (2003) S.53.

Abb. 29: Paul Rudolph: „Gästehaus Finney". Projekt, Siesta Key, Florida, aerial perspective, 1949. Ink and printed polymer sheet on paper, 25 1/2 x 18 7/8" (64.8 x 47.9 cm). Schenkung des Architekten. Entnommen dem Buch: McQuaid (2003) S.101.

Abb. 30: Hans Hollein: „Flugzeugträgerstadt in der Landschaft". 1964, Collage aus bedrucktem Papier auf Gelatinsilberabzügen aufgezogen auf Karton, 21.6 x 100 cm, Philip Johnson Fund, MoMA, New York. Entnommen dem Buch: McQuaid (2003) S.146-147.

Abb. 31: Hans Hollein: „Hochhaus: Zündkerze". 1964, Collage aus bedrucktem Papier auf Gelatinsilberabzügen aufgezogen auf Karton, 12,1 x 18,4 cm, Philip Johnson Fund, MoMA, New York. Entnommen dem Buch: McQuaid (2003) S.148.

Abb. 32: Bernard Tschumi: „The Manhattan Transcripts, Episode 3: Der Block, New York City, New York". Zeichnung, 1980-81, Tusche und Kollage aus Gelatinesilberabzügen, 48,3 x 78,7 cm, MoMA, New York. Entnommen dem Buch: McQuaid (2003) S.207.

Abb. 33: James Wines (SITE): „Highrise of Homes", Projekt, 1981. Perspektivische Ansicht der Fassaden, 1981, Tusche und Kohle auf Papier, 55,9 x 61 cm, MoMA, New York. Entnommen dem Buch: McQuaid (2003) S.220.

Abb. 34: Familie äquivalenter Konfigurationen nach Hershenson. Hershenson, Maurice: Figure 3.7. Entnommen dem Buch: Hershenson (1999) S.40.

Abb. 35: Frank O. Gehry: University of Toledo, Center for the Visual Arts. Exterior perspective, 1990, Ink on paper (22.9 x 30.5 cm). MoMA, New York, Schenkung des Architekten. Entnommen dem Buch: McQuaid (2003) S.242.

Abb. 36: Petersdom und -platz in Rom: Grundriss. Entnommen dem Buch: Birindelli, M. (1981). Piazza san pietro. Roma: Laterza. fig. 114. S. 269.

Abb. 37: Petersplatz in Rom: Grundriss (oben) - und Schnittskizze (unten) von Birindelli „Le sistemazioni a terra". Entnommen dem Buch: Birindelli (1981) Schema 17, S. 144.

Abb. 38: Petersplatz in Rom. 1909.

Abb. 39: Borromini: Vestibül im „Palazzo Spada", Rom. Grundriss und Schnitt. Wikipedia Commons. Datei: "Spada 01.jpg". Titel: "Coupe de la galerie du Palazzo Spada à Rome". Foto von: Anamorphose. Lizensiert nach CC BY 2.5 [08.09.2014].

Abb. 40: Borromini: Vestibül im „Palazzo Spada“, Rom. Wikipedia Commons public domain. Datei: “Spada.jpg”. Titel: “Francesco Borromini, Palazzo Spada in Rome, the gallery, architectural trompe-l'oeil”. Foto von: Anamorphose [08.09.2014].

Abb. 41: Steven Holl Architects: „Simmons Hall“, MIT, Cambridge, MA, 1999-2002. Entnommen der Webseite: http://www.stevenholl.com [17.05.2011]. Foto: Andy Ryan.

Abb. 42: Skizze des Parthenon mit übertriebenen Manipulationen von Choisy. Fig. 5 R' des Kapitels „La Compensation des erreurs visuelle“. Entnommen dem Buch: Choisy (1982) S.407.

Abb. 43: Parthenon: Westfassade. Flickr-Datei: 02_198546405_ed8325c1d3.jpg, Foto von: Icelight , Lizensiert nach CC BY 2.0.

Abb. 44: Die grüne Scheibe verschwindet, wenn das Augenzittern unterbunden wird. Zeichnung des Verfassers nach Ilil Arbel in Gilchrist (1987) S.142. Diese Darstellung nimmt Bezug auf die Studie Krauskopf (1963) .

Abb. 45: versteckter Dalmatiner. Foto von Ronald C. James. Entnommen dem Buch: Carraher, Thurston (1966) .

Abb. 46: Dalmatiner: potentielle linke Hinterbeine. Zeichnung des Verfassers auf der Grundlage von Abb. 45.

Abb. 47: ‚Andeutung‘ einer Lüftungsleitung. Foto des Verfassers.

Abb. 48: Die Moschee von Córdoba in ihrer größten Ausdehnung im Jahr 988. Entnommen dem Buch: Ewert, et al. (1997) 82, Abb. 1; mit Maßen nach F. Hernández Giménez).

Abb. 49: Säulenarkade der Moschee von Córdoba. Entnommen dem Buch: Ewert, et al. (1997) 83, Abb. 5; aufgemessen von F. Hernández Giménez, EMA II, Abb. 144).

Abb. 50: Blick in die Bethalle von Córdoba. Foto: Jan-Oliver Kunze.

Abb. 51: Der linke Würfel zeigt einen sogenannten „Necker Würfel“: Zeichnung des Verfassers nach dem Schweizer Geologen Louis Albert Necker (1786-1861).

Abb. 52: Versuchsaufbau der Studie von Kelemen und Fenton. Entnommen aus der Veröffentlichung zur Studie: Kelemen, Fenton (2010) S.3.

Abb. 53: Vexierbild: Vase oder Gesichter. Zeichnung von Daniela Schaffarczyk.

Abb. 54: Säulenhalle der Moschee von Córdoba, Gründungsmosche. Zeichnung des Verfassers auf Basis eines vom Verfasser erstellten 3D CAD Modells. Maße entnommen aus den Abbildungen in dem Buch: Vogt-Göknil, Wauthier-Wurmser (1982) .

Abb. 55: Konstruktion einer kleinen Apsis aus Zylinder und Kugel. Zeichnung des Verfassers.

Abb. 56: Blick in die Apsis: Begrenzung des Raumes liegt außerhalb des Sichtfelds. Zeichnung des Verfassers.

Abb. 57: Durch die Teile der Geometrie werden Zylinder und Kugel angedeutet. Zeichnung des Verfassers.

Abb. 58: Anton Burdakov: „Shelter“, 2008. „Shelter“, Edelstahl, 2009. Fotos: Anton Burdakov.
Abb. 59: Schnitte und Grundriss des Kirchenraums von „San Carlo alle Quattro Fontane“. Entnommen dem Buch: Degni (2007) .
Abb. 60: Leo Steinberg: Zusammenfassung der unterschiedlichen Grundriss-Interpretationen in der Literatur zu „San Carlo“. Entnommen dem Buch: Steinberg (1977) Abbildungen 7, 8, 10, 12a, 12b, 13a, 13b, 14, 15, 16, 18a, 18b, 19, 20.
Abb. 61: Eine Vielzahl von Teilräumen 1. Zeichnung des Verfassers.
Abb. 62: Eine Vielzahl von Teilräumen 2. Zeichnung des Verfassers.
Abb. 63: Gleichzeitigkeit der virtuellen Volumen. Zeichnung des Verfassers.
Abb. 64: „Santa Constanza“, Rom. Foto des Verfassers.
Abb. 65: Aufrisszeichnung „Santa Costanza“, 16. Jh. „Anonymer französischer Zeichner (Hugues Sambin?), Rom, S. Costanza, Aufriss des Inneren. Berlin, Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz, Kunstbibliothek, OZ 109, fol.9“. Entnommen dem Buch: Raspe (1996) , Abb.8, S.322.
Abb. 66: „San Carlo“: Muster in der Kuppel. Wikipedia Public Domain. Wikipedia Datei: “Dome San Carlo alle Quattro Fontane 2006.jpg“, Foto von: Jastrow, [08.09.2014].
Abb. 67: „Santa Costanza“: Mosaik im Tonnengewölbe des Umgangs. Foto des Verfassers.
Abb. 68: „Santa Costanza“: angedeutetes Kreuz im Grundriss. Zeichnung des Verfassers nach: Polacco (1987) .
Abb. 69: Grundriss: perspektivische Beziehung zwischen Nischen und Arkaden. Zeichnung des Verfassers nach: Raspe (1996) Abb. 7, S.321.
Abb. 70: „Santa Costanza“: angedeutetes Kreuz im Raum. Wie Abb. 68.
Abb. 71: „Santa Costanza“, Rom: Blick kurz nach dem Eintreten. Foto des Verfassers
Abb. 72: „Santa Costanza“, Rom. Perspektivische Beziehung zwischen Nischen und Arkaden. Foto des Verfassers.
Abb. 73: Fred Sandback: „Untitled“ (From „Ten Vertical Constructions“) 1977. Foto von Nic Tenwiggenhorn, Fotografie: Fred Sandback „Untitled“. © VG Bild-Kunst, Bonn 2014.
Abb. 74: Fred Sandback: Installation drawings for Dia:Beacon, 2003. Entnommen dem Buch: Cooke, Govan & Dia Art Foundation. (2003) S.260-61.
Abb. 75: Rachel Whiteread: „Watertower“, 1998, Resin and steel, 340.4 X 243.8 cm, Abbildung © Rachel Whiteread; Courtesy of the artist, Luhring Augustine, New York, Lorcan O’Neill, Rome, Gagosian Gallery, and Public Art Fund, NY.
Abb. 76: Rachel Whiteread: Monument, 2001, London, Resin and granite, 354 X 201 X 95 inches (900 X 510 X 240 cm), Abbildung © Rachel Whiteread; Courtesy of the artist, Luhring Augustine, New York, Lorcan O’Neill, Rome, and Gagosian Gallery.
Abb. 77: virtueller Rundgang. Zeichnungen des Verfassers. Die Abbildungen stammen aus der Ausstellung „Mr. Palomar“ des Verfassers. Haus 1, Berlin, 2009.

Abb. 78: „Star Guitar“. Filmstills entnommen aus dem Musikvideo zum Track „Star Guitar“ von den Chemical Brothers: Gondry (2002) .

Abb. 79: Ernst Mach: „Blick aus dem linken Auge“. Entnommen dem Buch: Mach (1918) . Figur 1.

Abb. 80: Schematische Darstellung zum Bereich des fokussierten Sehens beim Lesen. Entnommen dem Buch: Schuett u.a. (2008) Fig. 1..

Abb. 81: verdeckter Fußboden in der Säulenhalle von Córdoba. Wie: Abb. 54.

Abb. 82: Eine Reihe von schrägen Innenraumperspektiven der Säulenhalle von Córdoba von unterschiedlichen Standpunkten aus. Fotos: Jan Oliver Kunze.

Abb. 83
und

Abb. 84: Aus den Darstellungen zum Prinzip der Wiederholung bei Ching. Entnommen dem Buch: Ching (1983) S.352 und S. 353.

Abb. 85: Verwirrung durch einen Klinkentausch. Filmstills entnommen aus dem Spielfilm „Die fabelhafte Welt der Amelie“: Jeunet (2001).

Abb. 86: SANAA: „Toledo Glass Pavilion“, Foto: Hampus Berndtson.

Abb. 87: SANAA: „Toledo Glass Pavilion“. Grundriss und Schnitt. Entnommen der Zeitschrift: Detail (2007).

Abb. 88: SANAA: „Toledo Glass Pavilion“: Grundrissanalyse. Analysezeichnungen des Verfassers auf Basis der Pläne in: Detail (2007) .

Abb. 89: „Swoosh“ Pavillon, Ansicht und Plan. Entnommen der Zeitschrift: Detail (2008).

Abb. 90: AA „Swoosh“ Pavillon. Fotos: Architectural Association London - Design & Make Von der Webseite: http://designandmake.aaschool.ac.uk/aa-summer-pavilions/ [09.09.2014]. Autoren: Zamri Arip, Valeria Garcia, Naoki Kotaka, Mits Morioka, Dorette Paragiotopoulou, Stephanie Peer, Kien Pham, Anna Piplis, Ville Saarikoski, Katarina Scoufaridou, Eyal Shaviv, Natapa Joy Sriyuksiri.

Abb. 91: Forschungspavillon des Jahres 2010 des ICD und ITKE der Universität Stuttgart. Foto: Roland Halbe, ©ICD/ITKE Universität Stuttgart,

Abb. 92: Forschungspavillon, umschlossener Innenraum, ©ICD/ITKE Universität Stuttgart.

Abb. 93: Biegeversuche mit Sperrholzplatten für den Forschungspavillon. Fotos: Andreas Eisenhardt, Manuell Vollrath, Kristine Wächter. Illustration: Julian Lienhard, 2010), ©ICD/ITKE Universität Stuttgart.

Abb. 94: Archi-Union: „ J-Office & Silk Wall “. Von der Webseite: http://www.archi-union.com [14.10.2014]. Foto: Sheng Zhongha.

Abb. 95: „Fablab House“, Madrid, 2010. Von der Webseite: http://www.fablabhouse.com [24.08.2012].

Abb. 96: Zaha Hadid Architects, Kartal-Pendik Masterplan, Istanbul, Turkey, 2006. Von der Webseite: http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20-

%20A%20New%20Global%20Style%20for%20Architecture%20and%20Urban%20Design.html [24.08.2012].

Abb. 97: Illustration der perspektivischen Veränderung eines Bogens durch die Bewegung des Betrachters. Zeichnungen des Verfassers.

Abb. 98: Die Seeschnecke bei D'Arcy Thompson. „The shell of Nautilus pomilius". Radiographbild. Entnommen dem Buch: Thompson (1917) S.494.

Abb. 99: logarithmische Spirale auf Basis einer Fibunacci Reihe, die das Wachstum der Seemuschel beschreibt. Zeichnungen des Verfassers.

Literatur

ABBUSHI, Alexander, MAAK, Niklas & VOSS, Julia: "Was Neurobiologen sehen, wenn sie Kunst sehen", in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung,* 13.06.2008.

ABERNETHY, Bruce (1988): "Visual Search in Sport and Ergonomics: Its Relationship to Selective Attention and Performer Expertise", in: *Human Performance Human Performance,* Bd.1, H.4, S. 205-235.

ABERNETHY, Bruce, ZAWI, Khairi & JACKSON, Robin C. (2008): "Expertise and Attunement to Kinematic Constraints.", in: *Perception,* Bd.37, H.6, S. 931-48.

Academy of Neuroscience for Architects (2010): *"Mission",* http://www.anfarch.org/about/ [19.11.2012].

ALBERTI, Leon B. (1991): *Zehn Bücher über die Baukunst.* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft. [Unveränd. reprograf. Nachdr. d. 1. Aufl. Wien, Leipzig, Heller, 1912 / zuerst 1485].

ALKASSAR, Ammar (2012): *"Beten hinter dem Imam",* http://islam.de/55.php [20.08.2012].

ARNHEIM, Rudolf (1981): *"Lebenslauf",* http://www.soziales.fh-dortmund.de/diederichs/arnheim.htm [16.03.2012].

ARNHEIM, Rudolf (1943): "Gestalt and Art", in: *Journal of Aesthetics and Art Criticism,* Bd.2, H.8, S. 71-75.

ARNHEIM, Rudolf (2004): *Art and Visual Perception : A Psychology of the Creative Eye.* Berkeley: University of California Press.

ARNHEIM, Rudolf (2000): *Kunst und Sehen. Eine Psychologie des schöpferischen Auges.* Berlin: de Gruyter. [zuerst 1954].

ARNHEIM, Rudolf (1980): *Die Dynamik der architektonischen Form: Gestützt auf die 1975 an der Cooper Union in New York gehaltenen 'Mary Duke Biddle Lectures'.* Köln: DuMont.

ARNHEIM, Rudolf (1975): *Film als Kunst.* München: Hanser.

ASSHEUER, Thomas: "Kunst ist ein Neuronenfeuer", in: *Die Zeit,* H.21, 15.05.2008.

BAN, Shigeru (2010): *"Centre Pompidou-Metz - France, 2010",* http://www.shigerubanarchitects.com/SBA_WORKS/SBA_OTHERS/SBA_OTHERS_30/SBA_others_30.html [19.09.2012].

BARKER, Kathryn, ALLEN, Roy & MCGEORGE, Peter (2010): "Multiple-Object Tracking: Enhanced Visuospatial Representations as a Result of Experience", in: *Experimental Psychology,* Bd.57, H.3, S. 208-214.

BASKAYA, Aysu, WILSON, Christopher & OZCAN, Yusuf Z. (2004): "Wayfinding in an Unfamiliar Environment: Different Spatial Settings of Two Polyclinics", in: *Environment and Behavior,* Bd.36, H.6, S. 839-867.

BECK, Diane M., REES, Geraint, FRITH, Christopher D. & LAVIE, Nilli (2001): "Neural Correlates of Change Detection and Change Blindness.", in: *Nature Neuroscience,* Bd.4, H.6, S. 645-650.

BEHRMANN, Marlene & HAIMSON, Craig (1999): "The Cognitive Neuroscience of Visual Attention", in: *Current Opinion in Neurobiology,* Bd.9, H.2, S. 158-163.

BENJAMIN, Walter, (1977): *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit : Drei Studien zur Kunstsoziologie.* Frankfurt am Main: Suhrkamp. [zuerst 1936].

BERLIN, Heather A. (2011): "The Neural Basis of the Dynamic Unconscious", in: *Neuropsychoanalysis,* Bd.13, H.1, S. 5-31.

BIRINDELLI, Massimo (1981): *Piazza San Pietro.* Rom: Laterza.

BISLEY, James W. (2011): "The Neural Basis of Visual Attention.", in: *The Journal of Physiology,* Bd.589, H.1, S. 49-57.

BLOOMER, Kent C. & MOORE, Charles W. (1977): *Body, Memory, and Architecture.* New Haven: Yale University Press.

BLUM, Elisabeth (2010): *Atmosphäre : Hypothesen zum Prozess räumlicher Wahrnehmung.* Baden: Lars Müller.

BRADSHAW, Peter: "Don't Look Now and Roeg's red coat", in: *The Guardian,* 18.01.2011.

BREDEKAMP, Horst (1982): "Fußball als letztes Gesamtkunstwerk", in: Rebekka Ladewig & Annette Vowinckel (Hgg.), *Konkret Sport Extra,* Hamburg: Konkret Literatur, S. 42-46.

BRIDGEMAN, Bruce & HOOVER, Merrit (2008): "Processing Spatial Layout by Perception and Sensorimotor Interaction", in: *The Quarterly Journal of Experimental Psychology,* Bd.61, H.6, S. 851-859.

BROWN, Jason W. (1999): "On Aesthetic Perception", in: *Journal of Consciousness Studies,* Bd.6, H.6, S. 114-160.

BURDAKOV, Anton (2008): *"Shelter",* http://www.antonburdakov.com/projects/08shelter/06.html [6.08.2012].

CALVO-MERINO, Beatriz, GLASER, D. E., GRÈZES, J., PASSINGHAM, R. E. & HAGGARD, P. (2005): "Action Observation and Acquired Motor Skills: An fMRI Study with Expert Dancers", in: *Cerebral Cortex,* Bd.15, H.8, S. 1243-1249.

CAPRANICA, Laura, TESSITORE, Antonio, OLIVIERI, Berardo, MINGANTI, Carlo & PESCE, Caterina (2004): "Field Evaluation of Cycled Coupled Movements of Hand and Foot in Older Individuals", in: *Gerontology,* Bd.50, H.6, S. 399-406.

CARDOSO-LEITE, Pedro & GOREA, Andrei (2010): "On the Perceptual/Motor Dissociation: A Review of Concepts, Theory, Experimental Paradigms and Data Interpretations", in: *Seeing and Perceiving,* Bd.23, H.2, S. 89-151.

CARRAHER, Ronald G. & THURSTON, Jacqueline B., (1966): *Optical Illusions and the Visual Arts.* New York: Reinhold.

CHING, Francis D. K. (1983): *Die Kunst der Architekturgestaltung als Zusammenklang von Form, Raum und Ordnung.* Wiesbaden, Berlin: Bauverlag.

CHOISY, Auguste (1982): *Histoire de l'architecture.* Genf, Paris: Slatkine. [Nachdruck der Ausgabe von 1899].

CLELLAND, C. D., CHOI, M., ROMBERG, C., CLEMENSON, G. D., FRAGNIERE, A., TYERS, P., JESSBERGER, S., SAKSIDA, L. M., BARKER, R. A., GAGE, F. H. & BUSSEY, T. J. (2009): "A Functional Role for Adult Hippocampal Neurogenesis in Spatial Pattern Separation", in: *Science,* Bd.325, H.5937, S. 210-213.

COHEN, Jean-Louis (2007): *Ludwig Mies van der Rohe.* Basel: Birkhäuser.

COOKE, Lynne, GOVAN, Michael & Dia Art Foundation. (2003): *Dia:Beacon.* New York: Dia Art Foundation.

CUTTING, James E. & VISTHON, Peter M. (1995): "Perceiving Layout and Knowing Distances", in: William Epstein & Sheena J. Rogers (Hgg.), *Perception of Space and Motion,* San Diego: Academic Press, S. 69-117.

DEGNI, Paola (2007): *La 'fabrica' di San Carlino alle Quattro Fontane : gli anni del restauro.* Roma: Istituto poligrafico e zecca dello Stato.

DESIMONE, Robert & DUNCAN, John (1995): "Neural Mechanisms of Selective Visual Attention", in: *Annual Review of Neuroscience,* Bd.18, S. 193-222.

Detail (2010): "Centre Pompidou-Metz", in: *Detail: Zeitschrift für Architektur & Baudetail & Einrichtung,* H.10, S. 1040-1045.

Detail (2008): "'Swoosh' - Sommerpavillon in London", in: *Detail: Zeitschrift für Architektur & Baudetail & Einrichtung,* H.11, S. 1252.

Detail (2007): "Dokumentation - Glasmuseum in Toledo - SANAA, Tokio", in: *Detail: Zeitschrift für Architektur & Baudetail & Einrichtung,* H.1, S. 35-39.

Detail.de (2010): *"Forschungspavillon ICD/ITKE - Sommer 2010",* http://www.detail.de/architektur/themen/forschungspavillon-icditke-sommer-2010-000445.html [03.01.2013].

dezeen.com (2008): *"Swoosh Pavilion at the Architectural Association",* http://www.dezeen.com/2008/07/15/swoosh-pavilion-at-the-architectural-association/ [02.11.2012].

DU MAURIER, Daphne (1971): *Don't Look Now.* Garden City: Doubleday.

EBERHARD, John P. (2009a): "Applying Neuroscience to Architecture", in: *Neuron,* Bd.62, H.6, S. 753-756.

EBERHARD, John P. (2009b): *Brain Landscape : The Coexistance of Neuroscience and Architecture.* Oxford; New York: Oxford University Press.

EGETH, Howard E. & YANTIS, Steven (1997): "Visual Attention: Control, Representation, and Time Course", in: *Annual Review of Psychology.,* Bd.48, S. 269-297.

ERICSSON, K. A., KRAMPE, Ralf T. & TESCH-RÖMER, Clemens (1993): "The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance", in: *Psychological Review,* Bd.100, H.3, S. 363-406.

EWERT, Christian & et al. (1997): *Denkmäler des Islam : Von den Anfängen bis zum 12. Jahrhundert.* München: P. von Zabern.

FabLab House (2012): *"FabLab House",* http://www.fablabhouse.com [25.11.2012].

FARIVAR, Reza (2009): "Dorsal-Ventral Integration in Object Recognition", in: *Brain Research Reviews,* Bd.61, H.2, S. 144-153.

FECHT, Thomas, KAMPER, Dietmar & ALBRECHT, Jürgen (2000): *Umzug ins Offene : Vier Versuche über den Raum.* Wien; New York: Springer.

FINSTERWALDER, Rudolf (2011): *Form Follows Nature : Eine Geschichte der Natur als Modell für Formfindung in Ingenieurbau, Architektur und Kunst.* Wien; New York: Springer.

Fischer-Lexikon (1976): *Das grosse Fischer-Lexikon in Farbe.* Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch.

FOULSHAM, Tom & UNDERWOOD, Geoffrey (2008): "What Can Saliency Models Predict about Eye Movements? Spatial and Sequential Aspects of Fixations during Encoding and Recognition", in: *Journal of Vision,* Bd.8, H.2, S. 1-17.

FREEDBERG, David & GALLESE, Vittorio (2007): "Motion, Emotion and Empathy in Esthetic Experience", in: *Trends in Cognitive Sciences,* Bd.11, H.5, S. 197-203.

FRIEDRICH, Thomas, & GLEITER, Jörg H., (2007): "Einleitung", in: Thomas Friedrich & Jörg H. Gleiter (Hgg.), *Einfühlung und phänomenologische Reduktion : Grundlagentexte zu Architektur, Design und Kunst,* Berlin: Lit, S. 7-33.

FRITH, Christopher D. (2007): *Making up the Mind : How the Brain Creates our Mental World.* Malden: Blackwell.

FRÖBE, T. (2004): "Weg und Bewegung in der Architektur Le Corbusiers", in: *Wolkenkuckucksheim - Cloud-Cuckoo-Land - Vozdushnyi zamok,* Bd.9, H.1, http://www.cloud-cuckoo.net [30.08.2012].

GAGE, Fred H. (2009): *"Designinformed: Transforming Evidence into Innovation",* http://thesciencenetwork.org/programs/anfa/designinformed-transforming-evidence-into-innovation-1 [26.11.2012].

GASCHLER, Robert, FRENSCH, Peter A., COHEN, Asher & WENKE, Dorit (2012): "Implicit sequence learning based on instructed task set.", in: *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition,* Bd.38, H.5, S. 1389-407.

GHYKA, Matila C. (1931): *Le Nombre d'or : rites et rythmes pythagoriciens dans le développement de la civilisation occidentale.* Paris: Gallimard.

GIEDION, Sigfried (1965): *Raum, Zeit, Architektur die Entstehung einer neuen Tradition.* Ravensburg: Maier.

GILCHRIST, Alan L. (1987): "Die Wahrnehmung schwarzer und weißer Flächen", in: Manfred Ritter (Hg.), *Wahrnehmung und visuelles System,* Heidelberg: Spektrum der Wiss., S. 140-148.

GONDRY, Michel (2002): *Star Guitar Musikvideo.*

GOODALE, Melvyn A., PELISSON, Denis & PRABLANC, Claude (1986): "Large Adjustments in Visually Guided Reaching Do not Depend on Vision of the Hand or Perception of Target Displacement.", in: *Nature,* Bd.320, H.6064, S. 24-30.

GOODALE, Melvyn A. & MILNER, A. D. (1992): "Separate Visual Pathways for Perception and Action", in: *Trends in Neurosciences,* Bd.15, H.1, S. 20-25.

GOODALE, Melvyn A. & WESTWOOD, David A. (2004): "An Evolving View of Duplex Vision: Separate but Interacting Cortical Pathways for Perception and Action", in: *Current Opinion in Neurobiology,* Bd.14, H.2, S. 203-211.

GOTTLIEB, Jacqueline (2007): "From Thought to Action: the Parietal Cortex as a Bridge between Perception, Action, and Cognition", in: *Neuron,* Bd.53, H.1, S. 9-16.

GRIMES, John (1996): "On the Failure to Detect Changes in Scenes across Saccades", in: Kathleen Akins (Hg.), *Perception,* New York: Oxford University Press, S. 89-110.

GRUNDMANN, Stefan & FÜRST, Ulrich (1997): *Architekturführer Rom.* Stuttgart: Edition Axel Menges.

HARDING, Glenn & BLOJ, Marina (2010): "Real and Predicted Influence of Image Manipulations on Eye Movements during Scene Recognition.", in: *Journal of Vision,* Bd.10, H.2, S. 1-17.

HARTLE, J.F. (2008): "Die Räume", in: *Text - Revue : Interview,* H.6, http://www.text-revue.net/revue/heft-6 [26.11.2012].

HAYNES, John-Dylan & REES, Geraint (2006): "Decoding Mental States from Brain Activity in Humans", in: *Nature Reviews Neuroscience,* Bd.7, H.7, S. 523-534.

HELMHOLTZ, H. (1867): *Handbuch der physiologischen Optik.* Leipzig: Leopold Voss.

HEMPEL, Eberhard, (1924): *Francesco Borromini.* Wien: A. Schroll & Co.

HENSEL, Michael & MENGES, Achim (2008): *Versatility and Vicissitude : Performance in Morpho-Ecological Design.* London: Wiley.

HERSHENSON, Maurice (1999): *Visual Space Perception : A Primer.* Cambridge: MIT.

HOLL, Steven, PALLASMAA, Juhani & PÉREZ GÓMEZ, Alberto (1994): *Questions of Perception : Phenomenology of Architecture.* Tokyo: A + u.

HUBEL, David & WIESEL, Thorsten (1979): "Die Verarbeitung visueller Informationen", in: Manfred Ritter (Hg.), *Wahrnehmung und visuelles System,* Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft, S. 106-111.

HUSSERL, Edmund, & FLEISCHER, Margot (1966): *Analysen zur passiven Synthesis : aus Vorlesungs- und Forschungsmanuskripten 1918-1926.* Den Haag: M. Nijhoff.

HUSSERL, Edmund (1980): *Prolegomena zur reinen Logik.* Tübingen: Niemeyer.

IORI, Tullia (2010): "Small Sports Complex", in: Pier Luigi Nervi, Carlo M. Olmo , Cristiana Chiorino, Christophe Pourtois, Marcelle Rabinowicz & Elisabetta M. Nervi (Hgg.), *Pier Luigi Nervi : Architecture as Challenge,* Cinisello Balsamo; Brussels: Silvana, S. 162-167.

ITTI, L. & KOCH, C. (2000): "A Saliency-Based Search Mechanism for Overt and Covert Shifts of Visual Attention", in: *Vision Research,* Bd.40, H.10-12, S. 1489-1506.

JAHN, Aisha, SANDBACK, Fred, FATH, Manfred & KRONJÄGER, Jochen (Hgg.) (1986): *Fred Sandback : Sculpture 1966 - 1986.* München: Jahn. [Städtische Kunsthalle Mannheim].

JANICH, Peter: "Ich lasse mich nicht in den Tomografen schieben", in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung,* 17.07.2008.

JANICH, Peter: "Menschen können Rad fahren, nicht aber Hirne", in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung,* 16.06.2008.

JANZEN, Gabriele (2005): "Wie das menschliche Gehirn Orientierung ermöglicht", in: Max-Planck-Institut für Psycholinguistik (Hg.), *Forschungsbericht 2005,* , S. 599-601.

JANZEN, Gabriele & JANSEN, Clemens (2010): "A Neural Wayfinding Mechanism Adjusts for Ambiguous Landmark Information", in: *NeuroImage,* Bd.52, H.1, S. 364-370.

JATSCH, Markus (2002): *"Raumentgrenzung - Phänomene und Potentiale von Unbestimmtheit in der visuellen Raumwahrnehmung",* http://www.baufachinformation.de [09.01.2013].

JEFFERY, Kathryn (2010): "Theoretical Accounts of Spatial Learning: A Neurobiological View (Commentary on Pearce, 2009)", in: *The Quarterly journal of experimental psychology,* Bd.63, H.9, S. 1683-1699.

JEUNET, Jean-Pierre (2001): *Die fabelhafte Welt der Amélie. (Originaltitel: Le fabuleux destin d'Amélie Poulain)*, Land: Frankreich, Deutschland, Firma: Claudie Ossard Productions.

JODIDIO, Philip, & BAN, Shigeru, (2010): *Shigeru Ban : Complete Works 1985 - 2010.* Köln: Taschen.

JOHANNSON, Gunnar (1987): "Visuelle Bewegungswahrnehmung", in: Manfred Ritter (Hg.), *Wahrnehmung und visuelles System,* Heidelberg: Spektrum der Wiss., S. 168-177.

KALTENBACH, Frank (2010): "'Teaching by Doing' - Forschungspavillon in Stuttgart", in: *Detail: Zeitschrift für Architektur & Baudetail & Einrichtung,* H.10, S. 994-995.

KELEMEN, Eduard & FENTON, André A. (2010): "Dynamic Grouping of Hippocampal Neural Activity During Cognitive Control of Two Spatial Frames.", in: *PLoS biology,* Bd.8, H.6, S. 1-14.

KIHLSTROM, John F. (1994): "Commentary: Psychodynamics and Social Cognition-Notes on the Fusion of Psychoanalysis and Psychology", in: *Journal of Personality,* Bd.62, H.4, S. 681.

KIHLSTROM, John F., BARNHARDT, Terrence M. & TATARYN, Douglas J. (1992): *"Implicit Perception",* http://ist-socrates.berkeley.edu/~kihlstrm/Bornstein92.htm [28.11.2012] [Eine editierte Version dieses Artikels ist erschienen in: Bornstein, R.F. & Pittman, T.S. (Hgg.) (1992): *Perception without Awareness*. New York: Guilford, 1992].

KLEIN, Gabriele (2009): "Fußball als Choreographie. Zum Verhältnis von spielerischer Interaktion und tänzerischer Improvisation", in: Rebekka Ladewig & Annette Vowinckel (Hgg.), *Am Ball der Zeit : Fussball als Ereignis und Faszinosum,* Bielefeld: Transcript, S. 35-46.

KNIPPERS, Jan (2010): *"Forschungspavillon ICD/ITKE - Sommer 2010",* http://www.itke.uni-stuttgart.de/download.php?id=159 [04.01.2013].

KOCH, Wilfried (2006): *Baustilkunde.* Gütersloh; München: Wissen-Media-Verl.

KOCKELKORN, Anne (2008): "Zur Kommunikation zwischen Zimmermeistern und CNC-Fräsen", in: Sabine Kraft, Nikolaus Kuhnert & Günther Uhlig (Hgg.), *Arch+ 189: Entwurfsmuster,* Aachen: Arch+, S. 72-75.

KOEPF, Hans (1960): *Baukunst in fünf Jahrtausenden.* Stuttgart: W. Kohlhammer.

KOFFKA, Kurt, (1935): *Principles of Gestalt Psychology.* Harcourt, Brace and Co.

KRAFT, Sabine, KUHNERT, Nikolaus & UHLIG, Günther (Hgg.) (2002): *ARCH+ 159/160: Formfindungen von biomorph bis technoform.* Aachen: Arch+.

KRAFT, Sabine & SCHINDLER, Christoph (2009): "Digitale Schreinerei", in: Sabine Kraft, Nikolaus Kuhnert & Günther Uhlig (Hgg.), *Arch+ 193: Holz,* Aachen: Arch+, S. 93-97.

KRAUSKOPF, John (1963): "Effect of Retinal Image Stabilization on the Appearance of Heterochromatic Targets", in: *Journal of the Optical Society of America,* Bd.53, S. 741-744.

KRAUTHEIMER, Richard & ĆURČIĆ, Slobodan (1986): *Early Christian and Byzantine Architecture.* Harmondsworth; New York: Penguin.

KÜKELHAUS, Hugo (1983): *Unmenschliche Architektur : von der Tierfabrik zur Lernanstalt.* Köln: Gaia-Verlag.

LAKOFF, George & JOHNSON, Mark, (1998): *Leben in Metaphern : Konstruktion und Gebrauch von Sprachbilder.* Heidelberg: Carl-Auer-Systeme.

LAMME, Victor A. F. (2005): "The Difference between Visual Attention and Awareness: A Cognitive Neuroscience Perspective", in: Laurent Itti, Geraint Rees & John K. Tsotsos (Hgg.), *Neurobiology of Attention,* Burlington: Academic Press, S. 167-174.

Langenscheidt (2012): *"Universalwörterbuch",* http://services.langenscheidt.de/fak/ [18.12.2012].

LEMKE, Bettina (2003): "Nichtbewusste Informationsverarbeitungsprozesse und deren Bedeutung für das Lernen Erwachsener", in: *Report : Literatur und Forschungsreport Weiterbildung : Gehirn und Lernen,* Bd.26, H.3, S. 71-83.

LEVIN, Daniel T., SIMONS, Daniel J., ANGELONE, Bonnie L. & CHABRIS, Christopher F. (2002): "Memory for Centrally Attended Changing Objects in an Incidental Real-World Change Detection Paradigm.", in: *British journal of psychology (London, England : 1953),* Bd.93, S. 289-302.

LIPPS, Theodor (2003): "Der dreidimensionale Raum", in: Ákos Moravánszky & Katalin M. Gyöngy (Hgg.), *Architekturtheorie im 20. Jahrhundert : eine kritische Anthologie,* Wien ; New York: Springer, S. 159-167 [zuerst 1903].

LIPPS, Theodor (1897): *Raumaesthetik und geometrisch-optische Täuschungen.* Leipzig: J. A. Barth.

MAAK, Niklas (2010): *Der Architekt am Strand : Le Corbusier und das Geheimnis der Seeschnecke.* München: C. Hanser.

MACH, Ernst (1918): *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen.* 7. Aufl., Jena: Fischer.

MALLGRAVE, Harry F. (2010): *The Architect's Brain : Neuroscience, Creativity, and Architecture.* Chichester, West Sussex, U.K.; Malden, MA: Wiley-Blackwell.

MALLGRAVE, Harry F. & IKONOMOU, Eleftherios (Hgg.) (1994): *Empathy, form, and space : problems in German aesthetics, 1873-1893.* Santa Monica: Getty Center for the History of Art and the Humanities.

MAVRIKIOS, A. D. (1965): "Aesthetic Analysis concerning the Curvature of the Parthenon", in: *American Journal of Archaeology,* Bd.69, H.3, S. 264-268.

MCCONKIE, George W. & RAYNER, Keith (1975): "The Span of the Effective Stimulus during a Fixation in Reading", in: *Perception & Psychophysics,* Bd.17, H.6, S. 578-586.

MCQUAID, M. (2003), "Visionen und Utopien : Architekturzeichnungen aus dem Museum of Modern Art", Prestel, München; Berlin.

MEMMERT, Daniel (2010): "The Gap between Inattentional Blindness and Attentional Misdirection", in: *Consciousness and Cognition,* Bd.19, H.4, S. 1097-1101.

MEMMERT, Daniel & FURLEY, Philip (2010): "Beyond Inattentional Blindness and Attentional Misdirection: From Attentional Paradigms to Attentional Mechanisms", in: *Consciousness and Cognition,* Bd.19, H.4, S. 1107-1109.

MEMMERT, Daniel & FURLEY, Philip (2007): "'I Spy with my Little Eye!' : Breadth of Attention, Inattentional Blindness, and Tactical Decision Making in Team Sports.", in: *Journal of Sport & Exercise Psychology,* Bd.29, H.3, S. 365-81.

mexican-architects.com (2008): *"Architectural Association Swoosh I",* http://www.mexican-architects.com/en/projects/project-review-detail/27084_architectural_association_swoosh_i [01.12.2012].

MICHLER, Andrew (2010): *"Renovated Warehouse Wrapped in a Flowing Cinderblock Skin",* http://inhabitat.com/gallerys-undulating-skin-of-block-wraps-a-reclaimed-warehouse [25.11.2012].

MONTELLO, Daniel R. (1998): "A New Framework for Understanding the Acquisition of Spatial Knowledge in Large-Scale Environments", in: Max J. Egenhofer & Reginald G. Golledge (Hgg.), *Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems,* New York: Oxford University Press.

MOORE, Charles W. & EGETH, Howard E. (1997): "Perception Without Attention: Evidence of Grouping Under Conditions of Inattention", in: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance,* Bd.23, H.2, S. 339-352.

MORRIS, J. S., ÖHMAN, A. & DOLAN, R. J. (1998): "Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala", in: *Nature,* Bd.393, H.6684, S. 467-70.

MOST, S.B., SIMONS, D.J., SCHOLL, B.J. & CHABRIS, C.F. (2000): "Sustained Inattentional Blindness: The Role of Location in the Detection of Unexpected Dynamic Events", in: *Psyche,* Bd.6, H.14, http://psyche.cs.monash.edu.au/v6/psyche-6-14-most.html [18.12.2012].

MOUSSAVI, Farshid & LOPEZ, Daniel (2009): *The Function of Form.* Barcelona; New York; Cambridge, Mass.: Actar ; Harvard University, Graduate School of Design.

MÜLLER, Werner & VOGEL, Gunther (2005): *Dtv-Atlas zur Baukunst.* München: Dt. Taschenbuch.

NEISSER, Ulric (1978): "Perceiving, Anticipating, and Imagining", in: C. W. Savage, University of Minnesota, Center for Research in Human Learning & Minnesota Center for Philosophy of Science (Hgg.), *Perception and cognition: issues in the foundations of psychology,* Minneapolis: University of Minnesota Press, S. 89-105.

NERVI, Pier L. (1963): *Neue Strukturen.* Stuttgart: G. Hatje.

NOË, Alva (2004): *Action in perception.* Cambridge, Mass.: MIT Press.

OXMAN, Rivka & OXMAN, Robert (Hgg.) (2010): *Architectural Design : The New Structuralism : Design, Engineering and Architectural Technologies.* Hoboken; Chichester: Wiley.

PALLASMAA, Juhani (2005): *The Eyes of the Skin : Architecture and the Senses.* Chichester; Hoboken, NJ: Wiley-Academy ; John Wiley & Sons.

PEIRCE, Charles S. & JASTROW, Joseph, (1885): *On Small Differences of Sensation.* Washington: G.P.O.

PESCE, Caterina, TESSITORE, Antonio, CASELLA, Rita, PIRRITANO, Mirella & CAPRANICA, Laura (2007): "Focusing of Visual Attention at Rest and during Physical Exercise in Soccer Players", in: *Journal of Sports Sciences,* Bd.25, H.11, S. 1259-1270.

PEVSNER, Nikolaus, FLEMING, John & HONOUR, Hugh (1992): *Lexikon der Weltarchitektur.* München: Prestel.

POGGIO, Thomas (1987): "Wie Computer und Menschen sehen", in: Manfred Ritter (Hg.), *Wahrnehmung und visuelles System,* Heidelberg: Spektrum der Wiss., S. 78-89.

POLACCO, Renato (1987): *Il mausoleo di S. Costanza.* Padua: Stampato dalle Grafiche Messaggero di S. Antonio.

POLÓNYI, Stefan (1989): "Der Einfluß des Wissenschaftsverständnisses auf das Konstruieren", in: Rainer Graefe & Peter A. Andrews (Hgg.), *Zur Geschichte des Konstruierens,* Stuttgart: Dt. Verl.-Anst., S. 237-245.

PORTOGHESI, Paolo (1977): *Francesco Borromini : Baumeister des römischen Barock.* Stuttgart: Belser.

RAMACHANDRAN, Vilayanur S. & HIRSTEIN, William (1999): "The Science of Art: A Neurological Theory of Aesthetic Experience", in: *Journal of Consciousness Studies,* Bd.7, H.6/7, S. 15-51.

RAMBOW, Riklef (2005): "'Architekturpsychologie' von Peter G. Richter und 'Architektursoziologie' von Bernhard Schäfers: Zwei neue Lehrbücher", in: *Umweltpsychologie,* Bd.9, H.1, S. 106-109.

RAMBOW, Riklef, SCHUSTER, Kai & SCHAHN, Joachim (2010): "Architekturpsychologie. Einführung in das Schwerpunktthema", in: *Umweltpsychologie,* Bd.14, H.1, S. 3-11.

RASMUSSEN, Steen E., (1980): *Architektur Erlebnis.* Stuttgart: Karl Kramer. [zuerst 1959].

RASPE, Martin (1996): "Borromini und Sant'Agnese in Piazza Navona", in: Christoph L. Frommel & Matthias Winner (Hgg.), *Römisches Jahrbuch der Bibliotheca Hertziana, Band 31,* München: Hirmer, S. 315-368.

RASPE, Martin (1994): *Das Architektursystem Borrominis.* München: Deutscher Kunstverlag.

RICHTER, Peter G., (2009): *Architekturpsychologie : eine Einführung.* Lengerich: Pabst Science Publ.

RIESENHUBER, Maximilian & POGGIO, Tomaso (2000): *"Computational Models of Object Recognition in Cortex: A Review",* http://cbcl.mit.edu/projects/cbcl/publications/ps/AIM-1695.pdf [06.01.2013].

RIZZOLATTI, Giacomo & MATELLI, Massimo (2003): "Two Different Streams Form the Dorsal Visual System: Anatomy and Functions", in: *Experimental Brain Research,* Bd.153, H.2, S. 146-157.

ROCK, Irvin (1985): *Wahrnehmung : vom visuellen Reiz zum Sehen u. Erkennen.* Heidelberg: Spektrum-der-Wissenschaft-Verlagsgesellschaft.

ROEG, Nicolas (1973): *Wenn die Gondeln Trauer tragen (Originaltitel: Don't Look Now)*, Land: Großbritannien, Firma: Casey / Eldorado / British Lion.

ROWE, Colin, SLUTZKY, Robert & HOESLI, Bernhard (1997): *Transparenz.* Basel; Boston: Birkhäuser Verlag. [zuerst 1963].

SANDBACK, Fred (1986): *"Remarks on My Sculpture, 1966–86",* http://fredsandbackarchive.org/atxt_1986remarks.html [04.01.2013].

SCHEURER, Fabian (2011): *"Mit digitaler Hilfe",* http://www.bauenmitholz.de/mit-digitaler-hilfe/150/5261/ [05.01.2013].

SCHMARSOW, August (2002): "Das Wesen der architektonischen Schöpfung", in: Fritz Neumeyer (Hg.), *Quellentexte zur Architekturtheorie : [Nachdenken über Architektur],* München; Berlin [u.a.]: Prestel, S. 319-333 [zuerst 1894].

SCHMARSOW, August, (1903): *Unser Verhältnis zu den bildenden Künsten : sechs Vorträge über Kunst und Erziehung.* Leipzig: B. G. Teubner.

SCHMARSOW, August, & IKONOMOU, Eleftherios (1998): *Grundbegriffe der Kunstwissenschaft : am Übergang vom Altertum zum Mittelalter.* Berlin: Gebr. Mann.

SCHUCK, Nicolas W., GASCHLER, Robert, KEISLER, Aysha & FRENSCH, Peter A. (2012): "Position-Item Associations Play a Role in the Acquisition of Order Knowledge in an Implicit Serial Reaction Time Task", in: *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition,* Bd.38, H.2, S. 440-56.

SCHUETT, Susanne, HEYWOOD, Charles A., KENTRIDGE, Robert W. & ZIHL, Josef (2008): "The Significance of Visual Information Processing in Reading: Insights from Hemianopic Dyslexia", in: *Neuropsychologia,* Bd.46, H.10, S. 2445-2462.

SCHUMACHER, Patrik (2008): *"Parametricism - A New Global Style for Architecture and Urban Design",* http://www.patrikschumacher.com/Texts [25.11.2012].

SCHWARZ, Ullrich (2000): "Space, Body, Affect", in: Thomas Fecht, Dietmar Kamper & Jürgen Albrecht (Hgg.), *Umzug ins Offene : Vier Versuche über den Raum,* Wien; New York: Springer, S. 82-85.

SEDLMAYR, Hans (1973): *Die Architektur Borrominis.* Hildesheim; New York: Olms. [zuerst 1930].

SERLIO, Sebastiano (1987): *I sette libri dell'architettura.* Bologna: Arnaldo Forni. [zuerst 1584].

SIMONS, Daniel J. (2008): *"Experimental Psychology - Change Blindness",* http://www.youtube.com/watch?v=38XO7ac9eSs&list=LPZC40GtT-8yc&index=1&feature=plcp [4.12.2012].

SIMONS, Daniel J. (1999): *"Selective Attention Test",* http://www.simonslab.com/videos.html [4.12.2012].

SIMONS, Daniel J. & CHABRIS, Christopher F. (1999): "Gorillas in our midst: sustained inattentional blindness for dynamic events", in: *Perception Perception,* Bd.28, H.9, S. 1059-1074.

SINGER, Wolf: "Die Beweislast liegt bei Ihnen", in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung,* 17.07.2008.

SINGER, Wolf (1987): "Hirnentwicklung und Umwelt ", in: Manfred Ritter (Hg.), *Wahrnehmung und visuelles System,* Heidelberg: Spektrum der Wiss., S. 186-199.

SINGER, Wolf, RICARD, Matthieu & WARMUTH, Susanne (2008): *Hirnforschung und Meditation : ein Dialog.* Frankfurt am Main: Suhrkamp.

SOON, Chun S., BRASS, Marcel, HEINZE, Hans-Jochen & HAYNES, John-Dylan (2008): "Unconscious Determinants of Free Decisions in the Human Brain", in: *Nature Neuroscience,* Bd.11, H.5, S. 543-545.

SÖRGEL, Herman (1998): *Architektur - Ästhetik : Theorie der Baukunst.* Berlin: Gebr. Mann.

SOTO, David, LLEWELYN, Dafydd & SILVANTO, Juha (2012): "Distinct Causal Mechanisms of Attentional Guidance by Working Memory and Repetition Priming in Early Visual Cortex", in: *Journal of Neuroscience,* Bd.32, H.10, S. 3447-3452.

SPEISMAN, Rachel B., KUMAR, Ashok, RANI, Asha, PASTORIZA, Jessica M., SEVERANCE, Jamie E., FOSTER, Thomas C. & ORMEROD, Brandi K. (2013): "Environmental Enrichment Restores Neurogenesis and Rapid Acquisition in Aged Rats", in: *Neurobiology of Aging,* Bd.34, H.1, S. 263-274.

SPENGEMANN, Karl-Ludwig (1993): *Architektur wahrnehmen : Experimente und Untersuchungen zu den vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Mensch, Architektur und Umraum.* Bielefeld: Kerber.

STEINBERG, Leo (1977): *Borromini's San Carlo alle quatro fontane.* New York; London: Garland.

TARR, Michael J. & CHENG, Yi D. (2003): "Learning to See Faces and Objects", in: *Trends in Cognitive Sciences,* Bd.7, H.1, S. 23-30.

TAUSCH, Gunnar (2008): "Regelbasiertes Entwerfen: Pattern, Graphentheorie, Metrik", in: Sabine Kraft, Nikolaus Kuhnert & Günther Uhlig (Hgg.), *Arch+ 189: Entwurfsmuster,* Aachen: Arch+, S. 38-45.

THOMPSON, D'Arcy W., (1917): *On Growth and Form,* Cambridge: University Press.

ULRICH, R. (1984): "View Through a Window May Influence Recovery from Surgery", in: *Science,* Bd.224, H.4647, S. 420-421.

VALENA, Thomas F., AVERMAETE, Tom & VRACHLIOTIS, Georg (Hgg.) (2011): *Structuralism Reloaded : Rule-Based Design in Architecture and Urbanism.* Stuttgart: Edition A. Menges.

VANRULLEN, Rufin (2007): "The Power of the Feed-Forward Sweep", in: *Advances in Cognitive Psychology,* Bd.3, H.1-2, S. 167-176.

VENTURI, Robert (1993): *Komplexität und Widerspruch in der Architektur.* Braunschweig: Vieweg.

VISCHER, Friedrich T. & VISCHER, Friedrich T. (1860): *Kritische Gänge. Neue Folge.* Stuttgart: C.G. Cotta.

VISCHER, Robert (2007): "Über das optische Formgefühl", in: Thomas Friedrich & Jörg H. Gleiter (Hgg.), *Einfühlung und phänomenologische Reduktion : Grundlagentexte zu Architektur, Design und Kunst,* Berlin: Lit, S. 37-70 [zuerst 1872].

VOGT-GÖKNIL, Ulya & WAUTHIER-WURMSER, Bernhard (1982): *Frühislamische Bogenwände: ihre Bedeutung zwischen der Antike und dem westlichen Mittelalter.* Graz: Akademische Druck- u. Verlagsanstalt.

VOLKELT, Johannes I., (1876): *Der Symbol-Begriff in der neuesten Aesthetik.* Jena: H. Dufft.

WAGNER, K. (2004): "Vom Leib zum Raum. Aspekte der Raumdiskussion in der Architektur aus kulturwissenschaftlicher Perspektive", in: *Wolkenkuckucksheim - Cloud-Cuckoo-Land - Vozdushnyi zamok,* Bd.9, H.1, S. 20.11.2011. http://www.cloud-cuckoo.net .

WERTHEIMER, Max (1923): "Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II", in: *Psychologische Forschung: Zeitschrift für Psychologie und ihre Grenzwissenschaften,* Bd.4, S. 301-350.

WERTHEIMER, Max, (1912): *Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung.* Leipzig: J.A. Barth.

WHITEREAD, Rachel, DENNISON, Lisa, HOUSER, Craig & Deutsche Guggenheim Berlin. (2001): *Rachel Whiteread : Transient Spaces.* New York, N.Y.: Guggenheim Museum Publications.

WÖLFFLIN, Heinrich, & CEPL, Jasper (1999): *Prolegomena zu einer Psychologie der Architektur.* Berlin: Gebr. Mann. [zuerst 1886].

WÖLFFLIN, Heinrich, & ROSE, Hans, (1926): *Renaissance und Barock, eine Untersuchung über Wesen und Entstehung des Barockstils in Italien.* München: F. Bruckmann.

WUNDT, Wilhelm M., (1862): *Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnemung.* Leipzig, Heidelberg: C.F. Winter.

YUAN, Philip F. (2011): *"J Office & Silk Wall",* http://www.archi-union.com [25.11.2012].

YUE, Guang & COLE, Kelly J. (1992): "Strength Increases from the Motor Program: Comparison of Training with Maximal Voluntary and Imagined Muscle Contractions.", in: *Journal of Neurophysiology,* Bd.67, H.5, S. 1114-23.

ZEKI, Semir (2012): *"Statement on Neuroesthetics",* http://neuroesthetics.org/statement-on-neuroesthetics.php [19.11.2012].

ZEKI, Semir (2004): "The neurology of ambiguity", in: *Consciousness and cognition.,* Bd.13, H.1, S. 173.

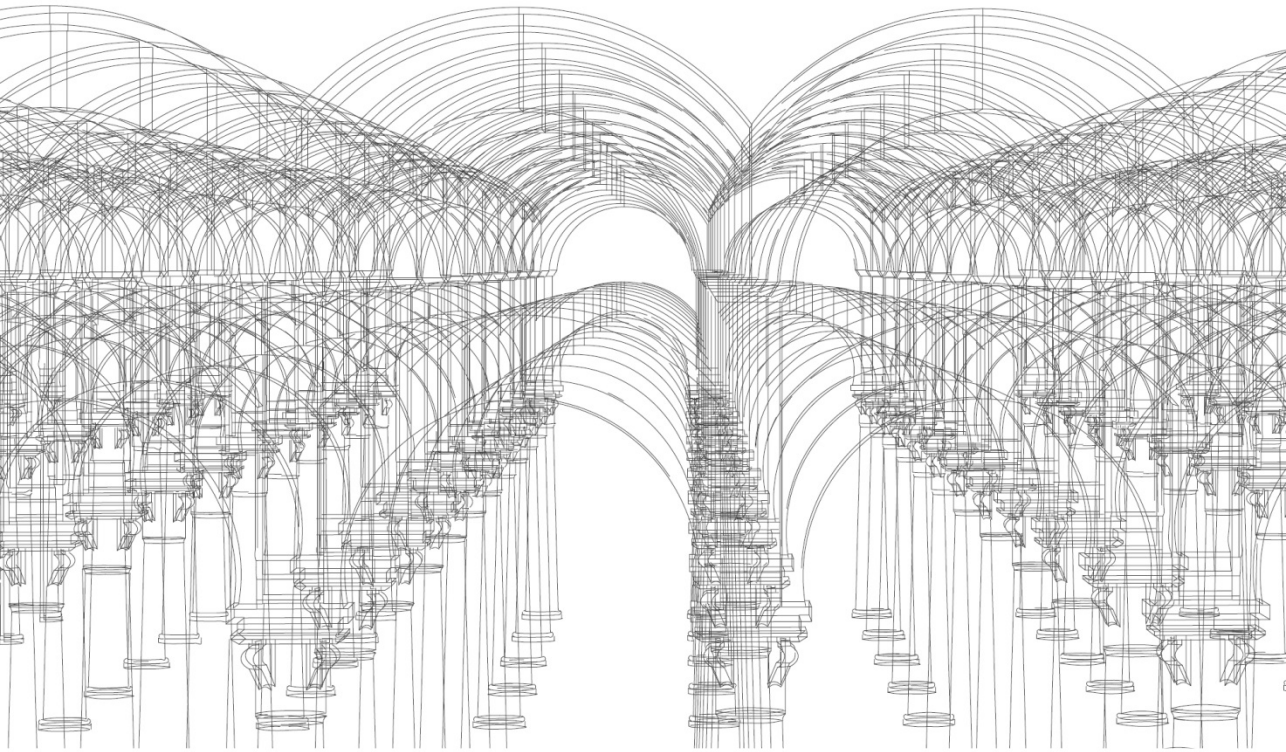
ZEKI, Semir (1999): "Art and the Brain", in: *Journal of Consciousness Studies,* Bd.6, H.6, S. 76-96.

ZSCHOCKE, Nina (2006): *Der irritierte Blick : Kunstrezeption und Aufmerksamkeit.* München: Wilhelm Fink.

Nachwort

Vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Baukonstruktion und Entwerfen von Prof. Regine Leibinger am Institut für Architektur der Technischen Universität Berlin.

Anlass zum Verfassen der Arbeit war die Faszination des formalen Reichtums der neuen digitalen Entwurfs- und Produktionsmethoden in der Architektur, verbunden mit der Schwierigkeit, Form und Struktur aus dieser Faszination heraus bewerten zu können. Die Suche nach unbeachteten oder unbekannten Dimensionen der Bedeutung architektonischer Form und Struktur führte schließlich zum wahrnehmungspsychologischen Ansatz vorliegender Arbeit.

Ein besonderer Dank gilt Prof. Regine Leibinger für die Betreuung dieser Arbeit, die konzentrierte Auseinandersetzung damit, das entgegengebrachte Vertrauen und die kostbare Zeit. Danken möchte ich auch Prof. Jörg Gleiter für die präzisen Bemerkungen, weiterführenden Gedanken und Verweise sowie die Bereitschaft, die Arbeit zu begutachten.
Prof. Salvatore Maria Aglioti von der„Università degli Studi di Roma ‚La Sapienza' ", Prof. Caterina Pesce von der „Università degli Studi di Roma ‚Foro Italico' ", Prof. James Cutting von der Cornell University und Anton Burdakov danke ich für ihr Interesse und Ihre Hilfe bei der Erkundung der mir zu Beginn nicht sehr vertrauten Forschungslandschaft der Neurowissenschaften und Psychologie. Dank gilt der TU Berlin für die Möglichkeit, im Rahmen meiner Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter zu promovieren; dem Doktorandenkolloquium „Entwerfen und Konstruieren" unter Leitung von Prof. Ute Frank, Prof. Dr. Volker Schmidt und Prof. Jürgen Weidinger für die methodische Unterstützung; der Cornell University, deren vorzügliche Bibliothek ich während meines Gastaufenthaltes nutzen konnte, sowie der Deutschen Akademie in Rom, die mir durch ein Stipendium viel produktive Arbeitszeit geschenkt hat; Saam Schlamminger, Marc Sabat, Corinne Rose für fruchtbare und weiterführende Gespräche. Von Herzen danke ich schließlich meinen Eltern, vor allem meiner Mutter für ihre Hilfe und meiner Frau Anna.

NEBENBEI RAUM - Die Bedeutung von Form und Struktur architektonischer Räume für die Mechanismen der impliziten visuellen Raumwahrnehmung
vorgelegt von Dipl.-Ing. Matthias Graf von Ballestrem, geb. in Köln, von der Fakultät VI – Planen Bauen Umwelt der Technischen Universität Berlin zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.). Genehmigte Dissertation.