Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna | Austria

DIPLOMARBEIT

ORNAMENT | MUSTER | STRUKTUR

ENTWURF FÜR EINE LÄRMSCHUTZWAND AUS BETON UNTER EINBEZUG DIGITALER PRODUKTIONSMETHODEN

AUSGEFÜHRT ZUM ZWECKE DER ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES
EINER DIPLOM-INGENIEURIN

unter der Leitung von

ASS.PROF. DIPL.-ING. DR.TECHN. ANITA AIGNER
Institut für Kunst und Gestaltung E 264/2

EINGEREICHT AN DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT WIEN
FAKULTÄT FÜR ARCHITEKTUR UND RAUMPLANUNG

von
ANDREA ROSIČ
0204854

Wien, am 3. November 2015

ORNAMENT | MUSTER | STRUKTUR

ENTWURF FÜR EINE LÄRMSCHUTZWAND AUS BETON UNTER EINBEZUG DIGITALER PRODUKTIONSMETHODEN

ZUSAMMENFASSUNG I ABSTRACT

Ausgehend von einer Befassung mit dem Themenkomplex Ornament, Muster und Struktur möchte diese Diplomarbeit einen Beitrag zu einer ästhetisch anspruchsvolleren Gestaltung von Lärmschutzwänden leisten. Im theoretischen Teil der Arbeit geht es zunächst um eine begriffliche Differenzierung. Unter Rückgriff auf kunsthistorische und architekturtheoretische Literatur werden die Begriffe Ornament, Bauornament, Dekor, Muster, Symbol, etc. erörtert. Anhand von Beispielen wird dabei der Bogen vom klassischen Ornament und Muster bis zu gegenwärtigen Oberflächenerscheinungen, die in der Architektur unter den Begriffen *neues* Ornament und *digitales* Ornament subsumiert werden, gespannt. Die Beispiele werden im Zusammenhang mit den jeweiligen Entwurfs- und Produktionsmethoden erörtert. Verschiedene Positionen innerhalb der Architekturtheorie werden vorgestellt.
Im Entwurf zeigt die Arbeit Gestaltungslösungen für eine Lärmschutzwand aus Beton entlang der Südautobahn in Kärnten. Da sich bestehende Lärmschutzsysteme durch Monotonie im Erscheinungsbild auszeichnen, Form und Ästhetik eine untergeordnete Rolle spielen, ist es ein zentrales Anliegen dieser Arbeit, in diesen gestalterisch tristen Bereich unter Rückgriff auf digitale Entwurfs- und Produktionsmethoden neue formal-ästhetische Qualitäten einzubringen. Die erarbeiteten künstlerischen Gestaltungskonzepte verknüpfen schallabsorbierende und ästhetische Funktion und berücksichtigen - anders als bestehende Systeme - die Wahrnehmung der Lärmschutzwand in Bewegung.
Die Gestaltung der Lärmschutzwand ist nicht auf frontale Betrachtung, sondern auf seitliche Betrachtung der im Auto mit hoher Geschwindigkeit fahrenden Person hin angelegt. Mit einem abwechslungsreichen auf die Umgebung Rücksicht nehmenden Rhythmusbild soll die Identität des Streckenabschnitts gestärkt, eine harmonische Verbindung zwischen Baukörper und Landschaft hergestellt und ein Landmark mit Wiedererkennungswert für die Region geschaffen werden.

This thesis tries to contribute to the more aesthetic design of noise barriers based on the subject-matters ornament, pattern and structure. The theoretical part of this thesis starts with a thorough analysis of relevant terms and definitions. The terms ornament, architectural ornament, decoration, pattern, symbol, etc. are discussed with the help of literature from art history and architectural theory. The development from the classical ornament and pattern to current surface phenomena is shown with several examples. These phenomena are known as new or digital ornament in the field of architecture. The different examples are discussed in relation to the different design and production methods of the respective era. To complete the theoretical part, several positions and views of architectural theory are presented.
In the second part of this thesis, design solutions for noise protection walls made from concrete are developed. The building site is located along a highway in Carinthia in the South of Austria. Currently existing noise barriers show a monotone picture. As shape and aesthetics only play a minor role at the moment, this thesis focuses on enhancing this artistically dull area with new formal-aesthetic qualities. This is done with the help of digital design and production methods. The developed artistic design concepts combine sound-absorbing with aesthetic functions and consider - in contrast to exiting systems - also the perception of the noise protection wall while being in motion. The noise protection walls are not designed for being viewed from the front but consider the sideways view of people that pass by with high speed in their cars. The developed walls consist of modules with a varying pattern and consider the respective surroundings. This helps to strengthen the identity of the track section, to develop a harmonic connection between the structure and the landscape and to create a landmark with recognition value for the whole region.

DANK

Besonderer Dank gilt Frau Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Anita Aigner für die fachliche Betreuung, insbesondere für die vielen Gespräche und die Begleitung der Entwurfsphase. Frau Prof. Dr. Sabine Plakolm und Frau Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dörte Kuhlmann danke ich für ihr Interesse an der Arbeit und, dass sie gemeinsam mit Frau Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Anita Aigner die Prüfungskommission bilden. Für die Übermittlung planungsrelevanter Daten und Fotos danke ich Mitarbeitern der ASFINAG recht herzlich.

Ein riesengroßes Dankeschön gilt meinen Freundinnen und Freunden, die mich in der (End)Phase der Diplomarbeit beraten haben und stets ein offenes Ohr hatten. Von ganzem Herzen danke ich meiner Familie für die Unterstützung und Motivation während meiner Studienzeit und für das Vertrauen in mich und meine Leistungen. Ohne euch wäre vieles nicht möglich gewesen!

INHALT

EINLEITUNG **13**

THEORIE I ORNAMENT, MUSTER UND STRUKTUR IN DER ARCHITEKTUR **17**

1 ZUM VERSTÄNDNIS KLASSISCHER BEGRIFFE **18**
1.1 ORNAMENT, BAUORNAMENT UND DEKOR 18
1.2 MUSTER, SYMBOL UND ZEICHEN 20
1.3 CHARAKTERISTIKA KLASSISCHER ORNAMENTE UND MUSTER 22

2 ANFÄNGE DES HANDWERKS IN DER ANTIKE **28**
2.1 ENTWURF UND PRODUKTION 28
2.2 THEORETISCHE POSITIONEN 45

3 EINSATZ DER MASCHINE UM 1850 **51**
3.1 ENTWURF UND PRODUKTION 51
3.2 THEORETISCHE POSITIONEN 53

4 KUNSTGEWERBE UM 1900 **56**
4.1 ENTWURF UND PRODUKTION 56
4.2 THEORETISCHE POSITIONEN 64

5 ANFÄNGE DES COMPUTERS NACH 1950 **67**
5.1 ENTWURF UND PRODUKTION 67
5.2 THEORETISCHE POSITIONEN 72

6 DIGITALE PRODUKTION NACH 1990 **76**
6.1 DIGITALES ENTWERFEN 76
6.2 DIGITALE HERSTELLUNG 79
6.3 THEORETISCHE POSITIONEN 91

7 ZUM VERSTÄNDNIS AKTUELLER BEGRIFFE **94**
7.1 NEUES UND DIGITALES ORNAMENT 94
7.2 MUSTER UND BILD 95
7.3 STRUKTUR UND MATERIAL 97
7.4 CHARAKTERISTIKA DIGITALER OBERFLÄCHENERSCHEINUNGEN 98

ENTWURF I EINE LÄRMSCHUTZWAND AUS BETON **101**

8 ÄSTHETISCHE GESTALTUNG MIT BETON **102**
8.1 BAUSTOFF BETON 102
8.2 GESETZLICHE REGELWERKE UND NORMEN 106
8.3 ORNAMENTE, MUSTER UND STRUKTUREN - BEISPIELE AUS BETON 107

9 GRUNDLAGEN ZUM LÄRMSCHUTZ **116**
9.1 ZUM VERSTÄNDNIS AKUSTISCHER PHÄNOMENE 116
9.2 GESETZLICHE REGELWERKE UND PLANUNGSGRUNDLAGEN 117
9.3 WAHRNEHMUNG IM STRASSENVERKEHR 124
9.4 LÄRMSCHUTZSYSTEME IM ÜBERBLICK 129

10 LÄRMSCHUTZWÄNDE AUS BETON **137**
10.1 BAUSTOFF HOLZBETON UND BAUSTOFF LEICHTBETON 137
10.2 AUFBAU EINER LÄRMSCHUTZWAND AUS BETON 139
10.3 ARCHITEKTONISCHE QUALITÄTEN UND ANFORDERUNGEN 140
10.4 GESTALTUNGSLÖSUNGEN UND BEISPIELE AUS DER PRAXIS 146

11 ANALYSE UND BAUPLATZ **149**
11.1 BAUGEBIET 150
11.2 VERKEHR 152
11.3 LÄRMSCHUTZ 153

12 KONZEPT 169
12.1 ZIELE DES ENTWURFS 169
12.2 KONZEPT BAUGEBIET UND BAUPLATZ 170
12.3 KONZEPT LÄRMSCHUTZWAND 175

13 ENTWURF MIT DIGITALEN PRODUKTIONSMETHODEN **177**
13.1 GESTALTUNGSLÖSUNG A 179
13.2 GESTALTUNGSLÖSUNG B 191
13.3 GESTALTUNGSLÖSUNG C 203
13.4 GESTALTUNGSLÖSUNG D 219

RESÜMEE UND AUSBLICK **235**

QUELLENNACHWEIS **239**

ABBILDUNGSVERZEICHNIS **251**

ANHANG **269**

EINLEITUNG

GEGENSTAND DER FORSCHUNG, RELEVANZ UND AKTUALITÄT DES THEMAS

Die Diplomarbeit soll einen theoretischen Beitrag zur Diskussion um *Ornament, Muster und Struktur in der Architektur*, im Speziellen um die *Ornamentkunst am Bau* leisten und zeigt im Entwurf vier künstlerische Gestaltungskonzepte für eine Lärmschutzwand aus Beton unter Einbezug digitaler Produktionsmethoden.

Architekturbezogene Kunst oder *Kunst am Bau* äußert sich schon in frühen Hochkulturen, u.a. als Ornament, Muster, Schmuck und Verzierung. Kunstwerk und Bauwerk werden als Urtriebe des Menschen verstanden und im Begriff *Kunst am Bau* wirken die drei bildenden Künste Architektur, Plastik und Malerei zusammen.[1] Von der Antike bis heute scheint das Ornament, vom lateinischen Wort *ornare* abstammend mit der Bedeutung „ordnen, rüsten, schmücken"[2], bzw. der Dekor in jeder Epoche präsent zu sein. Seit vielen Jahrhunderten sind Ornamente und Muster ein Wegbegleiter verschiedener Kunstgattungen und werden überwiegend in aufwendiger Handarbeit hergestellt. Besonders Ende des 19., Anfang und Ende des 20. Jahrhunderts und zum beginnenden 21. Jahrhundert stehen Ornamente, aber auch Muster im Fokus der Architekturdiskussion. Ausstellungen wie *ornament ohne ornament?* (1965) im Kunstgewerbemuseum Zürich und andere Ausstellungen der vergangenen 50 Jahre lassen auf das anhaltende Interesse am Ornament schließen.[3]

Auch im 21. Jahrhundert ist der Ornamentbegriff nach wie vor Teil des Kunst- und Architekturdiskurses und wird oftmals kontrovers diskutiert. Verschiedene Begriffe wie *Pattern*[4], *neues Ornament*[5], *neue Ornamentphänomene*[6], *neues Ornament im digitalen Zeitalter*[7], *Ornamentales*[8], *Struktur/Ornament-Figur*[9], *digitales Ornament*[10] oder *digitale Oberfläche*[11] scheinen ein ähnliches Phänomen zu beschreiben. Es besteht jedoch Verwirrungspotential im Hinblick auf die Verwendung der Begriffe. In den letzten zehn Jahren rückt das *neue* Ornament in den Fokus der Forschung. Genau 100 Jahre nach der Publikation *Ornament und Verbrechen* (1908) von Adolf Loos gestaltet das Schweizer Architekturmuseum eine Ausstellung zum Thema Ornament mit dem Titel *Ornament neu aufgelegt/Re-sampling Ornament* (2008) und es werden erste Schritte des „Wiederaufleben[s]"[12] gesetzt. Die Ausstellung stellt sechzehn zeitgenössische Architekturprojekte vor, welche „die Spuren des Ornaments in der heutigen Praxis erkennbar werden lassen und gleichzeitig erlauben, seine Grenzen zu überdenken und einen neuen Kontext zu schaffen."[13]

In der Ausstellung werden unterschiedliche Ansätze im Umgang mit dem Ornament unter den Aspekten „Ornament als Material, das vegetabile Ornament, Linie der Schönheit und das Ornament als Ikonographie"[14] diskutiert. Ausgewählte Projekte liefern einen guten Querschnitt der architektonischen Gestaltung bis zu diesem Zeitpunkt. Die Formensprache des Ornaments ist vorwiegend durch den Computer und digitale Herstellungsmethoden geprägt. Es werden u.a. historische Fassadenelemente mit Hilfe digitaler Methoden rekonstruiert und neu interpretiert, wie bei der *Fassadensanierung eines Gebäudes der Gründerzeit* (1999) in Berlin von Hild und K Architekten.[15] Die Architekten setzten einen Meilenstein in der Fassadensanierung. Bei einem Gründerzeithaus in Berlin wird der originale Fassadendekor mit Hilfe von CNC-Laserverfahren und Schablonenputz wieder aufgebracht.[16] Struktur und Material verschmelzen zur ornamentalen Einheit.[17] Auch eine begrünte Fassade bzw. ein vertikaler Garten beim *Verwaltungsgebäudes des Gebäudekomplexes Musée des Arts Premiers Quai Branly* (2004) in Paris von Patrick Blanc

1 vgl. Barran (1964): Kunst am Bau - heute, S.8
2 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.348
3 vgl. Gleiniger (2009): Neue Patterns? Alte Muster? - Vom Pathos des Ornaments, in: Gleiniger/Vrachliotis (Hrsg.): Muster, S.20
4 vgl. Tietenberg (2005): Das Muster, das verbindet, in: Schmidt/Tietenberg/Wollheim (Hrsg.): Patterns, S.6ff
5 vgl. Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008
6 vgl. Ferguson (2008): Ornament neu aufgelegt, in: Domeisen/Ferguson (Hrsg.): SAM Nr. 5, Ornament neu aufgelegt
7 vgl. Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008
8 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.11ff
9 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S113ff
10 vgl. Strehlke (2008): Das digitale Ornament in der Architektur, seine Generierung, Produktion und Anwendung mit Computer-gesteuerten Technologien
11 Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.11
12 Ferguson (2008): Ornament neu aufgelegt, in: Domeisen/Ferguson (Hrsg.): SAM Nr. 5, Ornament neu aufgelegt, S.1
13 Ferguson (2008): Ornament neu aufgelegt, in: Domeisen/Ferguson (Hrsg.): SAM Nr. 5, Ornament neu aufgelegt, S.1
14 Wiegelmann (2008): Ornament neu aufgelegt. Zur Renaissance des lange verpönten Bauschmucks, in: StadtBauwelt, 178, Ausgabe 08/2008 und URL: http://www.bauwelt.de/sixcms/media.php/829/10802644_90a972b05b.pdf [Stand: 20.1.2014]
15 vgl. Tschanz (2008): Die Verbildlichung der Geschichte, in: SAM/Domeisen/Ferguson (2008): Ornament neu aufgelegt, S.91 und vgl. URL: http://www.hildundk.de/fassade-belzigerstrasse/ [Stand: 2.2.2014]
16 vgl. URL: http://www.hildundk.de/fassade-belzigerstrasse/?page=2 [Stand: 15.10.2013]
17 vgl. URL: http://www.art-magazin.de/architektur/9795/ornament_2008_basel [Stand: 15.10.2013]

kann als zeitgenössische Interpretation des Ornaments verstanden werden.[18] Unterschiedliche Ornament- und Musterinterpretation, wie beispielsweise die oftmals zitierte Ziegelfassade beim *Weingut Gantenbein* (2006) von Gramazio und Kohler Architekten[19], eine *Fassadenstudie mit Aluminiumröhren* (2008) von Barkow Leibinger Architekten[20], die mit einer Baumstruktur vergleichbaren *Fassade vom Tod´s Shop* in Japan (2004) von Toyo Ito und *Associates Architects*[21], die schwungvolle *Edelstahlfassade des Les Bons Enfants* (2005) in Paris von Francis Soler[22], und die *Glasfassade* mit einer tapetenhaften Musterung des *Louis Vuitton Shops* (2003) in Tokyo von Jun Aoki[23], sind nur einige Phänomene die beispielhaft für das *neue* Ornament stehen.[24]

In den letzten 25 Jahren wird die Arbeitsweise der Architekten durch digitale Entwurfs- und Herstellungsmethoden stark beeinflusst, die zusammenfassend als digitale Produktionsmethoden verstanden werden. Computerunterstütztes Entwerfen, *Computer Aided Architectural Design* (CAAD), ist in der heutigen Architekturpraxis Standard.[25] Digitale Entwurfsmethoden schaffen neues Potential für die Entwicklung von Architekturoberflächen und somit auch für die Oberflächengestaltung von Lärmschutzwänden. Um die Möglichkeiten der digitalen Gestaltung auszuschöpfen, ist es wesentlich den „Computer als interaktives Instrument“[26] einzusetzen. Mit dem vermehrten Einsatz von parametrischen und algorithmischen Entwurfsmethoden in den 1990er Jahren verändern sich die Entwurfsprozesse in der Architektur und sind auch eng an digitale Herstellungsmethoden geknüpft. Digitale gesteuerte Verfahren, wie beispielsweise CNC-gefräste Schalungen, die Fünf-Achs-Laserschnitttechnik oder der robotergesteuerte Mauerwerksbau, ermöglichen eine bauliche Umsetzung von detaillierten und komplexen Formen des digitalen Entwurfs. Industrielle Prozesse werden zunehmend kostengünstiger und ermöglichen es, das schwindende Handwerk der Ornamentkunst zu überwinden. Sie rücken das Ornament wieder in den Mittelpunkt der architektonischen Gestaltung.[27] In den vergangenen zehn Jahren rückt das *digitale* Ornament in den Fokus der Forschung. Insbesondere setzt sich die ETH Zürich mit diesem Thema auseinander. Eine Sammlung verschiedener Artikel zu *Architektur und digitale Fabrikation* ist auf der Website der Fakultät für Architektur der ETH Zürich zu finden.[28] Kai Strehlke schließt 2008 seine Dissertation *Das Digitale Ornament in der Architektur, seine Generierung, Produktion und Anwendung mit Computer-gesteuerten Technologien* ab.[29] Die *Tagung Digital. Material. Strucutral. Ornament Today* (2010/2012) in Bozen liefert ebenfalls einen Beitrag zur Ornamentdiskussion.[30] Konferenzen wie *ROB ARCH*[31] (2012) in Wien oder *FABRICATE*[32] (2014) in Zürich zeigen, dass digitale Fabrikation immer häufiger im architektonischen Feld eingesetzt wird. Bei diesen Prozessen sind Struktur im Sinne von Konstruktion und Hülle eng miteinander verwoben. Mitunter löst sich der gegenwärtige Ornamentbegriff zunehmend von der Vorstellung Ornament sei ausschließlich applizierter Schmuck, eine konstruktive Funktion des Ornaments rückt in den Vordergrund. Digitale Produktionsmethoden betonen eine Verbindung von tragender Struktur (Konstrutkion) und Ornament bzw. Muster.

Der Einsatz digitaler Produktionsmethoden schafft somit neue Facetten der Volumen- und Oberflächengestaltung und ermöglicht komplexe Geometrien im Generierungsprozess und in der Herstellung. Ziel der Arbeit ist es, ästhetische Gestaltung und digitale Produktionsverfahren miteinander zu verknüpfen und in der Lärmschutzgestaltung anzuwenden, um individuelle Lösungen zu finden. Aktuell werden im Lärmschutz an Straßen vorwiegend maschinell vorgefertigte Standardlösungen eingesetzt. Im Bereich des Lärmschutzes dominieren vorgefertigte Elemente aus Holzbeton, Beton und Aluminium oder Tafelwände aus Holz. Die Oberfläche ist meinst als rapportfähiges Relief oder zweidimensionales

18 vgl. Domeisen (2008): Natürliche Schönheit, in: Domeisen/Ferguson (Hrsg.): SAM Nr. 5, Ornament neu aufgelegt, S.44 und vgl. URL: http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/quai-branly-museum [Stand: 2.2.2014]
19 vgl. URL: http://www.gramaziokohler.com/web/d/projekte/52.html [Stand: 2.2.2014]
20 vgl. URL: http://www.barkowleibinger.com/archive/view/facade_elements [Stand: 2.2.2014]
21 vgl. URL: http://www.toyo-ito.co.jp/WWW/Project_Descript/2000-/2000-p_13/2000-p_13_en.html [Stand: 2.2.2014]
22 vgl. URL: http://www.bauwelt.de/sixcms/media.php/829/10792273_d70d43faa8.pdf [Stand: 2.2.2014]
23 vgl. URL: http://www.aokijun.com/en/works/038/ [Stand: 3.2.2014]
24 Ferguson (2008): Ornament neu aufgelegt, in: Domeisen/Ferguson (Hrsg.): SAM Nr. 5, Ornament neu aufgelegt, S.2
25 vgl. Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.12
26 Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.12
27 vgl. Domeisen (2008): Auf der Suche nach dem Ornament, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 48. Serie 10/2008, S.1056
28 vgl. URL: http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/e/presse/2008.html [Stand: 8.12.2011]
29 vgl. URL: http://e-collection.ethbib.ethz.ch/view/eth:31157130 [Stand: 8.12.2011]
30 vgl. URL: http://ornamenttoday.unibz.it/de/press/publicrelations/pages/default.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1 [Stand: 8.12.2011]
31 vgl. Brell-Çokan/Braumann (2013): ROB ARCH 2012
32 vgl. URL: http://www.fabricate2014.org/ [Stand: 8.1.2014]

Muster ausgebildet. In der Gestaltung werden durch Farbakzente oder Musterwechsel Impulse gesetzt. Das Baukasten- bzw. Modulsystem weist im Bereich Wirtschaftlichkeit, Herstelltungs- und Baukosten im Vergleich zu bauplatzspezifischen Lärmschutzlösungen definitiv Vorteile auf. Dennoch haben Lärmschutzwände in der ästhetischen Gestaltung und in der architektonischen Qualität noch Entwicklungspotential.
Künstlerische Idee und Bauaufgabe sollten im Lärmschutz eine unabdingbare Einheit bilden. Neben architektonischen Kriterien wie Funktion und Nützlichkeit rücken Gestaltung und Ästhetik in den Fokus. Durch *Kunst am Bau* wird Architektur unverwechselbar und verleiht dem Objekt einzigartigen Charakter.[33] Architekturbezogene Kunst trägt neben einer qualitätsvollen und nutzergerechten Architektur zum Wesen des Bauobjektes bei.[34]

VORGEHENSWEISE, STRUKTUR UND ZIELE DER ARBEIT

Die Arbeit gliedert sich in einen theoretischen und einen praktischen, entwurfsorientierten Teil. Im ersten Teil steht die Beschäftigung mit Ornament und Muster auf architektur- und kunsttheoretischer Ebene im Vordergrund und liefert einen Überblick über Ornamente und Muster von der Antike bis in die Gegenwart. Eine begriffliche Klärung und theoretische Auseinandersetzung mit dem klassischen Ornament, das in der Architektur im klassischen Verständnis als Schmuck- oder Zierglied, an Werken der Baukunst interpretiert wird, bildet den Ausgangspunkt für die Arbeit. Es wird hinterfragt, ob dem Ornament ausschließlich ein Schmuck- und Repräsentationscharakter zugeschrieben wird, oder ob dem Ornament auch andere Funktionen zu Teil werden können. Mit dem Blick auf Entwurfs- und Herstellungsmethoden werden verschiedene Oberflächenerscheinungen der jeweiligen Epoche dargestellt. Theoretische Positionen innerhalb der Architekturtheorie werden ergänzend erörtert.
Im Fokus der Analyse stehen Ornamente und Muster der zeitgenössischen Architektur, diese werden detailliert beschrieben und anhand von architektonischen Beispielen aus der Praxis dargestellt. In der aktuellen Praxis ist eine Trennung der Begriffe Ornament, Muster und Struktur oftmals nicht ganz einfach, da sich die Begriffe einer eindeutigen Definition entziehen und eine Einordnung gegenwärtiger Oberflächenphänomene oftmals eine wohlwollende Auslegung bzw. Interpretation ist. Ziel ist es das Ornament als Phänomen, dem aktuell beträchtliche Unschärfe anhaftet, begrifflich einzuordnen und sich einer Definition anzunähern.
Im ersten Teil werden folgende Forschungsfragen untersucht: Wie haben sich Ornamente und Muster anhand von historisch unterschiedlichen Entwurfs- und Produktionsbedingungen von der Antike bis heute verändert? Wie sind die Begriffe Ornament und Muster in der Architekturtheorie verankert? Wie lässt sich der aktuelle Ornamentbegriff beschreiben?

Basierend auf dieser Vorarbeit werden im Entwurf vier Gestaltungslösungen für Lärmschutzwände aus Beton, unter Rückgriff auf digital erzeugte Muster, erarbeitet die den Begriff *Wellenform* unterschiedlich interpretieren. Eine Recherche im Aufgabenfeld ist mitunter Voraussetzung für ein konstruktives Entwurfsergebnis. Vorab werden noch Gestaltungsmöglichkeiten mit dem Material Beton untersucht und wichtige Rahmenbedingungen für den Lärmschutz, wie u.a. schalltechnische Grundlagen, gesetzliche Richtlinien oder Anforderungen an eine Lärmschutzwand erörtert. Die Analyse des Bauplatzes, das Konzept und die vier Gestaltungslösungen für Lärmschutzwände werden im Detail dargestellt.
Alle Gestaltungslösungen verbinden architektonische Qualität, schallabsorbierende Funktion und Nachhaltigkeit mit digitalen Entwurfs- und Herstellungsmethoden. Ziel dieser Arbeit ist es, den Werkstoff Beton im Zeitalter digitaler Produktionsmethoden formal-ästhetisch weiterzuentwickeln und der gegenwärtigen Monotonie entlang von Autobahnen entgegenzuwirken. Anwendungen im Bereich der architektonischen Flächengestaltung sollen damit angeregt werden.
Im zweiten Teil werden folgende Forschungsfragen untersucht: Welche Gestaltungsmöglichkeiten bietet der Werkstoff Beton für Oberflächen? Welche Oberflächenphänomene treten im Lärmschutz auf, die Funktionalität und Ästhetik vereinen? Wie können digitale Produktionsmethoden dazu eingesetzt werden, die ästhetische Gestaltung und architektonische Qualität von Lärmschutzwänden in Verbindung mit dem Werkstoff Beton weiterzuentwickeln?

33 vgl. Halstenberg (2007): Kunst am Bau - eine Aufgabe mit hohem Anspruch und mit Zukunft, in: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Kunst am Bau, S.9
34 Cervinka (2008): Kunst am Bau - Aufregend, nutzlos und notwendig, URL: http://www.bauforum.at/bauzeitung/kunst-und-bau-aufregend-nutzlos-und-notwendig-51428

1 ZUM VERSTÄNDNIS KLASSISCHER BEGRIFFE

Für eine differenzierte Auseinandersetzung mit dem Kernthema der theoretischen Arbeit Ornamente und Muster in der Architektur, ist eine Klärung bestimmter Grundbegriffe notwendig. Das Verständnis vom Ornament- und Musterbegriff hat sich im Laufe der Zeit gewandelt. Im Folgenden werden die Begriffe Ornament und Ornamentik, Bauornament und Bauonamentik, Bauplastik, Schmuck und Dekor, Muster, Symbol, Bild, Struktur und Konstruktion etymologisch, kunst- und architekturgeschichtlich betrachtet. Dies ermöglicht eine begriffliche Annäherung an das aktuelle Verständnis von Ornament, Muster und Struktur.

1.1 ORNAMENT, BAUORNAMENT UND DEKOR

Folgend wird zwischen den Begriffen Ornament und Ornamentik, den Spezifika in Bezug auf Bauornamente und Bauplastiken, Schmuck, Verzierung und Dekoration differenziert.

ORNAMENT UND ORNAMENTIK

Die Bezeichnung *Ornament*, im kunsthistorischen und architekturtheoretischen Verständnis, leitet sich vom lateinischen Wort *ornare* ab, welches gleichbedeutend mit „ordnen, rüsten, schmücken“[35] ist und grundsätzlich „als das einzelne Motiv einer Verzierung“[36] verstanden wird.
Edgar Lein trennt die Begriffe Ornament und Ornamentik. Lein versteht das Ornament als „Schmuckwerk, Verzierung“[37], das ein „einzelne[s] Verzierungsmotiv“[38] beschreibt. Hingegen umfasst Ornamentik nach Lein die Summe des ornamentalen Vokabulars eines Kultur- und Kunstkreises bzw. einer Epoche oder eines Stils. Ornamentik dient der Dekoration und bildet ein Ensemble aller Schmuckelemente eines architektonischen Werks, wie zum Beispiel einer Architekturfassade oder eines Innenraumes. Somit wird unter Ornamentik die Gesamtheit aller Ornamente verstanden, die für eine bestimmte Epoche charakteristisch sind.[39] Das *Lexikon der Ornamente* (2004) ist ein unveränderter Nachdruck des Handbuches von Franz Sales Meyer.[40] Das Werk *Systematisch geordnetes Handbuch der Ornamentik* mit dem Untertitel *Zum Gebrauche für Musterzeichner, Architekten, Schulen und Gewerbetreibende sowie zum Studium im Allgemeinen* (1888) von Meyer dient als Vorlage für viele Kunstschaffende. Das Handbuch erscheint 1923 aufgrund der hohen Nachfrage in der 12. Auflage, wird 1983 als Nachdruck im Seemann Verlag publiziert und zeigt über 3000 Beispiele von historischen, modernen und zeitgenössischen Ornamenten.
Hans Koepf und Günther Binding definieren 1968 das Ornament als Verzierungsmotiv, das die Funktion aufweist den „Gegenstand zu schmücken und zu gliedern, sowie seine Teile optisch gegeneinander abzusetzen.“[41] Es wird als Begleiter des zu schmückenden Objektes verstanden und greift dabei im Allgemeinen nicht in die Gestalt des zu schmückenden Objektes ein. Nach Koepf und Binding hat das Ornament die Tendenz, sich auf alle Werke der gleichen Zeit im gesamten Kulturbereich auszuweiten, obwohl es ursprünglich nur für eine bestimmte Kunstgattung, wie zum Beispiel das Bauornament für die Architektur, gedacht war. Das Ornament als Urform künstlerischer Darstellung ist jedoch in manchen Epochen stärker und in manchen schwächer ausgeprägt.[42] Nach Lein ist „das Ornament […] nicht nur eine Verzierung schlechthin, sondern eine Grundform des künstlerischen Ausdrucks der Menschen.“[43]
Hans Heinz Holz beschreibt das Ornament in der kunsttheoretischen Esaysammlung *Vom Kunstwerk zur Ware* (1972) in sieben Punkten, die folgend zusammengefasst dargestellt werden: Das Ornament zählt zur *Gattung Dekor* und wird einem Gegenstand hinzugefügt. Das Ornament fügt sich aus *Einzelteilen* zusammen. Das Ornament ist in seiner Form linear *unendlich* und wird als offenes Ornament oder geschlossenes Ornament verstanden. Das Ornament hat *symmetrischen Charakter* und hat eine dekorative Aufgabe. Das Ornament ist zeichenhaft *stilisiert*. Das

35 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.348
36 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.348
37 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.375
38 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.375
39 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.375
40 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.7
41 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.348
42 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.348
43 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.375

ornamentale Ganze kann den Systemcharakter trotz partieller Unterbrechungen bewahren.[44] Das Ornament erscheint „als Figur auf einem Grund."[45] Holz betont ausdrücklich eine Trennung von Ornament, Muster und Struktur.

BAUORNAMENT, BAUORNAMENTIK UND BAUPLASTIK

Es folgt eine detailgenauere Eingrenzung auf das *Bauornament* im klassischen Verständnis. Koepf und Binding verstehen das Bauornament als „Schmuck- oder Zierglied (Ornament) an Werken der Baukunst."[46] Es werden zwei Gruppen von Bauornamenten nach ihrer Herkunft unterschieden. Die erste Gruppe beschreibt Bauornamente, die vorwiegend am Bau vorkommen, weil sie „struktiven Baugliedern nachgebildet oder aus ihnen entwickelt"[47] werden, oder überhaupt im Bauprozess entstehen, wie zum Beispiel das Maßwerk. Die zweite Gruppe definiert Bauornamente, die auch in anderen Kunstgattungen, wie zum Beispiel in der Buchmalerei, in der Töpferei, im Möbelbau, in der Goldschmiede- und Textilkunst, angewendet werden. Dem Bauornament werden mehrere Funktionen zugeschrieben. Neben einer schmückenden Aufgabe weist das Bauornament auch die Funktion des Gliederns auf. Wesentliche Kennzeichen für das Bauornament sind somit Plastizität, Bemalung (Polychromie) oder Flächeneinlegungen (Inkrustation).[48]

Nach Lein umfasst *Bauornamentik* im Unterschied zur Bauplastik „alle nichtfiguralen schmückenden Elemente an einem Bauwerk."[49] Zur Bauornamentik zählen „konstruktiv notwendigen Bestandteile der architektonischen Gestaltung wie zum Beispiel Säulen, Pilaster, Maßwerk oder Rippengewölbe"[50], Zierelemente wie Schmuckfriese, Kreuzblumen, Beschlag- und Rollwerk und vieles mehr.[51] Im Allgemeinen ist die Bauornamentik nach Lein mehr oder weniger plastisch ausgebildet aber nicht ausschließlich, dieser werden auch Inkrustationen oder Sgraffito zugerechnet. Aufgemalte Ornamente zählen zur „allgemeinen Dekoration."[52] Die Bauornamentik kann einen Baukörper oder eine Wandfläche gliedern und dient der Betonung wesentlicher Bauteile.[53] Der Träger des Bauornaments hat oft, aber nicht ausschließlich, eine statische Funktion, somit besteht ein „enger Zusammenhang zwischen Bauornament und tektonischer Funktion"[54] des Trägers. Koepf und Binding erwähnen im Unterschied zu Lein Bemalung als Kennzeichen des Bauornaments. Den Begriff Bauornamentik beschreiben die Autoren nicht näher.[55]

Die *Bauplastik* im klassischen Verständnis beschränkt sich im Vergleich zum Bauornament auf Bauschmuck und Dekoration, der als „Rund- oder Reliefplastik"[56] dargestellt und im Speziellen für ein Bauwerk hergestellt wird.[57] Gemäß Höcker grenzt sich die Bauplastik vom Ornament ab. Das primäre Charakteristikum ist die Plastizität. Das Bauornament hingegen kann auch in der Fläche auftreten. Die Bauplastik stellt vorwiegend Figuren und Pflanzenmotive dar.[58] Lein ordnet ausschließlich plastische Figurendarstellungen der Bauplastik zu.[59] Im Vergleich zum Bauornament ist der Träger der Bauplastik meist „statisch unbelastet."[60] Abschließend kann festgehalten werden, dass die Trennung zwischen Bauornament und Bauplastik oftmals unscharf ist.[61] Charakteristische Merkmale der Bauplastik sind jedoch Plastizität und die Darstellung figuraler Themen.

44 vgl. Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181
45 Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181
46 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.58
47 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.58
48 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.58
49 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.21
50 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.21
51 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.21ff
52 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.26
53 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.26
54 Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.36
55 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.58
56 Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.37
57 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.59
58 vgl. Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.37
59 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.26
60 Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.37
61 vgl. Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.36

SCHMUCK, VERZIERUNG UND DEKORATION

In der Alltagssprache werden die Begriffe Schmuck, Verzierung und Dekoration oft synonym verwendet und scheinen auch das Gleiche zu meinen. Im wissenschaftlichen Verständnis haben sich die Begriffe historisch gewandelt bzw. gibt es Bedeutungsunterschiede.
Das lateinische Wort *ornamentum* wird mit *Zierde* oder *Schmuck* übersetzt. [62] Das deutschsprachige Gegenstück für das lateinische *ornatus* sind bis heute die Begriffe *Zierrat* und *Verzierung*.[63] Eine Erläuterung des *ornatus* liefern „deutschsprachige Literaturquellen und Rhetoriklehrbücher vom Mittelalter bis zum Barock."[64] Der Begriff wird im historischen Verlauf unterschiedlich gedeutet. Der Begriff *zier* hat im Mittelalter die Bedeutung „Glanz, Pracht, Schmuck, Schönheit, Herrlichkeit, Zierrat."[65] Der Begriff *zierde* ist zu dieser Zeit auch ein Synonym für Gegenstände wie beispielsweise Kleidung, Ausstattung oder Schmuck. Friedrich Riederer übersetzt Ende des 15. Jahrhunderts *zierung* wörtlich mit *ornamentum*. Ein Zusammenhang zwischen dem Begriff *zier* und der lateinischen Bezeichnung *orno (ornamentum, exornatio)* wird deutlich.[66] Der Begriff ornatus, übersetzt das Zieren, wird vordergründig als „ein Applizieren, oder Überzuckern des (Rede-) Gegenstandes mit Schmuck"[67] verstanden. Noch um 1700 wird *Zierde* in deutschen Architekturbüchern als äußerlicher, sinnvoller Schmuck beschrieben.[68] Der Begriff *Bey-Zierden* wird mit „Ornamenten an den Säulen und Baugliedern"[69] in Zusammenhang gebracht.
Der Begriff *decorum* wird auch mit dem Begriff *zierde* übersetzt.[70] Nach 1650 kommt es in der französischen Kultur zu konkreten Erläuterungen des *ornamentum* und des *decorum*.[71] Ornament als Begriff ist erst seit 1700 im deutschsprachigen Kulturkreis vertreten, es erscheint vorerst im französischen Sprachgebrauch als *ornement*.[72] Im 17. Jahrhundert wird Schmuck mit *Zierrat* übersetzt, im 18. Jahrhundert mit *Verzierung*.[73]
In der deutschen Architekturtheorie entsteht Ende des 17. Jahrhunderts der Begriff *Beizierden*, der Ornamente beschreibt, die keine architektonischen Ornamente oder Bauornamente sind. Nicolai Goldmann beschäftigt sich in der Publikation *Abhandlung von Bey-Zierden der Architektur, welche durch Mahlerey und Bildhauerey zuwege gebracht werden* (1720) mit dem Begriff.[74]
Dekoration leitet sich vom lateinischen Wort *decorare* ab, welches gleichbedeutend mit schmücken ist, jedoch nicht das einzelne Schmuckelement meint, sondern ein System bzw. einen Zusammenschluss von mehreren Schmuckelementen.[75] In spezifischer Definition wird das Ornament als ein jeweils einem bestimmten Zweck angemessener Schmuck verstanden.[76] Somit ist der Begriff Dekoration, verstanden als Schmucksystem, dem Begriff Ornamentik nahezu gleichwertig.

1.2 MUSTER, SYMBOL UND ZEICHEN

Muster, Symbole und Zeichen prägen den menschlichen Alltag. Auf visueller Ebene beeinflussen alle drei Phänomene das Handeln des Menschen. Die Begriffe sind in mehreren Disziplinen verankert, hierfür wesentlich erscheint die Bedeutung in der Architektur und Kunst.

MUSTER

Im deutschen Sprachgebrauch wird ein *Muster* als „Vorlage, Zeichnung und Modell, aus dem etwas hergestellt wird"[77], verstanden, aber auch als „etwas in seiner Art Vollkommendes, nachahmenswertes, beispielhaftes Vorbild."[78] Ein Muster wird als eine im Allgemeinen gleichbleibende,

62 vgl. Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.36
63 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.26
64 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.26
65 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.26
66 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.26
67 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.26
68 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.26
69 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.26
70 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.26
71 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.27
72 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.27 und vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.348
73 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.26
74 vgl. Goldmann/Sturm (1720): Abhandlung von Bey-Zierden der Architektur, welche durch Mahlerey und Bildhauerey zuwege gebracht werden, zit. nach Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.61
75 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.57
76 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.28
77 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Muster [Stand: 10.1.2013]
78 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Muster [Stand: 10.1.2013]

sich wiederholdende Struktur oder eine Kombination von Einzelmotiven und als „sich wiederholende, flächige Verzierung“[79], bezeichnet. Laut Duden wird ein Muster auch noch als „kleine Menge einer Ware, an der man die Beschaffenheit des Ganzen erkennen kann“[80] verstanden.
Der Musterbegriff tritt noch in anderen wissenschaftlichen Disziplinen wie beispielsweise in der Biologie (Verhaltensmuster), Soziologie (Grundmuster), Linguistik (Textmuster), Informatik und Mathematik (Mustererkennung) auf und ist somit nicht ausschließlich der Kunst und Architektur zuzuordnen.
Werden die beiden Begriffe auf kunst- und architekturtheoretischer Ebene beleuchtet, besteht eine Notwendigkeit einer Bedeutungsunterscheidung. Schon Ernst Gombrich erwähnt in *Ornament und Kunst* (1982), dass „der Sprachgebrauch auf diesem Gebiet besonders schwankend“[81] ist.

> „So verläuft die Grenze zwischen ‚Ornament‘ und ‚Schmuck‘ im Englischen anders als im Deutschen, und im Deutschen ist es wieder nicht immer leicht zwischen Schmuck, Verzierung und Dekoration zu unterscheiden. […] Auch das Wort ‚Muster‘ wird längst nicht mehr als gleichbedeutend mit ‚Ornament‘ empfunden […].“[82]

In der Kunst wird ein Muster als regelmäßig wiederkehrender Flächendekor beschrieben.[83] Im architektonischen Verständnis wird ein Muster als rapportfähige, flächenfüllende Verzierung verstanden, die aber ausschließlich eine schmückende Aufgabe hat.[84]
Dem Muster, wie auch dem Ornament, wird eine jahrtausendlange Tradition zugesprochen. Die Position, das Muster sei dem Ornament unterzuordnen, besteht schon sehr lange. Eine exakte Trennung ist aber oft nicht ganz einfach. Gombrich nimmt keine eindeutige Trennung zwischen Ornament und Muster vor und beschreibt das Mustermachen als in der Zeit Geschehenes und Strukturbildendes, das Ornament als nachträglich Schmückendes.[85]
Klassische Ornamente in der Fläche können jedoch auch als Muster verstanden werden und weisen oftmals die gleichen Kennzeichen auf. Beide bedienen dasselbe Repertoire an Motiven, wie u.a. geometrische und florale Motive, Fabelwesen und Tiermotive. Viele Merkmale, wie u.a. die Schmuckfunktion, die symmetrische Struktur, Rhythmus und Rapport werden beiden zuteil, jedoch gibt es Unterschiede. Klassische Muster sind ausschließlich zweidimensional, Plastizität fehlt. Ein Unterscheidungsmerkmal könnte demnach die Plastizität sein, da Muster im Verständnis von architektonischen Mustern am Bau ausschließlich in der Fläche in Erscheinung treten. Hingegen kommen klassische Bauornamente in der Fläche und als Relief vor. Ornament und Muster unterschieden sich in einem weiteren Aspekt. Das Ornament wird als etwas Hinzugefügtes, Additives verstanden.[86] Grundsätzlich verbindet Muster und Ornament jedoch mehr als sie trennt.

SYMBOL UND ZEICHEN

Als *Symbol* wird im Allgemeinen „ein wahrnehmbares Zeichen oder Sinnbild […], das stellvertretend für etwas nicht Wahrnehmbares, einen Sinngehalt, oft einen Komplex von Sinnbezügen steht“[87] verstanden. Der Begriff *symbolon* stammt aus dem Griechischen und bedeutet „Kennzeichen, Zeichen.“[88] Symbole sind Kunstäußerungen verschiedener Kulturen und haben schon eine lange Tradition. Symbole basieren meist auf geometrischen, abstrakten Formen.
Philipp Luidl und Helmut Huber vergleichen das Ornament mit dem Symbol und treffen die Annahme, dass Ornament sei *kein Sinnbild*. Das Symbol kennzeichnet sich durch eine definierte Form, das Ornament nicht. Ein Symbol hat einen Bedeutungshintergrund, verschiedene Personen erkennen im Symbol das Gleiche, beispielsweise kann ein Wappen als Symbol verstanden werden. Im historischen Verlauf sind Symbol und Ornament aber nicht immer eindeutig voneinander zu trennen. Als Ornament verstehen Luidl und Huber Elemente, die eine schmückende

79 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Muster [Stand: 10.1.2013]
80 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Muster [Stand: 10.1.2013]
81 Gombrich (1982): Ornament und Kunst, S.10
82 Gombrich (1982): Ornament und Kunst, S.10
83 vgl. Der Brockhaus (1998): Bd. 9, S.442
84 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.339
85 vgl. Gombrich (1982): Ornament und Kunst, S.304
86 vgl. Tietenberg (2005): Das Muster, das verbindet, in: Schmidt/Tietenberg/Wollheim (Hrsg.): Patterns, S.7
87 Der Brockhaus (1998): Bd. 13, S.442
88 Wagner (2013): Stilgeschichte der Ornamente, S.14

Funktion haben und *wertfrei* sind.[89]
Einen Überblick liefert Clarence P. Hornung in *Zeichen - Symbole - Muster*, ein *Vorlagenbuch für Entwurf und Gestaltung* (1983). Symbole sind vielfach mit Bedeutungen verknüpft, die jedoch auch kulturspezifisch sein können. Der Kreis als einfachste aller geometrischen Formen, oftmals als Teil eines Ornaments, ist schon seit jeher das „Symbol der Ewigkeit"[90] und „Symbol des Weiblichen in der Natur, der Vollständigkeit und der Perfektion."[91] Der Kreis bildet die Grundlage für viele Formen und Muster. Hornung beschäftigt sich auch noch mit anderen geometrischen Grundformen und deren Kombinationsmöglichkeiten. Eine Gemeinsamkeit mit dem Ornament besteht darin, dass auch Symbole als kulturspezifische Kunstäußerung bezeichnet werden können und vorwiegend auf geometrischen Motiven beruhen.[92]

1.3 CHARATKERISTIKA KLASSISCHER ORNAMENTE UND MUSTER

Ornamente wie auch Muster sind in eine jahrhundertelange Tradition eingebettet und wurden in der Vergangenheit vielfach diskutiert und dokumentiert. Das klassische Ornament hat sich über Jahrhunderte entwickelt und verändert, basiert auf bestimmten Regeln und wurde theoretisch begründet.[93] Folgend werden Charakteristika und Funktionen des klassischen Ornaments und Musters dargestellt.

SCHMUCK UND DEKOR

Im Verständnis von *ornare*[94] oder *ornamentum*[95] bzw. anhand der erörterten Begriffsdefinitionen nach Meyer, Lein, Koepf und Binding, Holz, et al. sind zwei Gemeinsamkeiten hervorzuheben. Das klassische Ornament kann folglich als Schmuck, Verzierung oder Dekor verstanden werden und vorwiegend wird die schmückende, gliedernde und ordnende Funktion des Ornaments betont. Das Bauornament betreffend heben Koepf und Binding den schmückenden und verzierenden Charakter hervor.[96]
Gemäß Holz ist das Ornament dem Dekor zuzuordnen. Als Schmuckform wird es hinzugefügt und bedarf somit eines Trägers.[97] Ornamente erscheinen in der Fläche oder als flaches Relief. Ursprünglich hat das Ornament die Aufgabe die Teile des Bauwerks zu gliedern und zu ordnen. Gombrich versteht unter schmücken „einer bestehenden Ordnung eine andere Ordnung auferlegen."[98] Eine schmückende Funktion haben auch Bauornament und Bauplastik gemein.
Ein Muster charakterisiert sich durch meist endlosen Rapport, dem keine andere Funktion als eine schmückende zugrunde lieg. Nach Koepf und Binding hat das Muster ausschließlich eine Schmuckfunktion.[99]

MOTIV

Meyer stellt Vorlagenmotive für klassische Ornamente ausführlich dar und differenziert zwischen geometrischen Motiven und Naturformen, deren Grundlage die Pflanzen- und Tierwelt oder der menschliche Organismus ist.[100]
Koepf und Binding beschreiben zwei Hauptformen, „das konstruierbare geometrische und das vegetabile Ornament oder Pflanzenornament, das alle Grade von naturgetreuer Nachbildung bis zur völligen Abstraktion aufweisen kann."[101] Beide Formen kommen in allen Epochen in unterschiedlicher Ausprägung vor. Neben den beiden Hauptgattungen treten noch Darstellungen von Tieren oder Menschen, architektonischen

89 vgl. Luidl/Huber (1986): Ornamente, S.7f
90 Hornung (1983): Zeichen - Symbole - Muster, S.12
91 Hornung (1983): Zeichen - Symbole - Muster, S.12
92 vgl. Hornung (1983): Zeichen - Symbole - Muster, S.12ff
93 Hoffmann (1970): Neue Ornamentik, S.153
94 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.348
95 vgl. Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.36
96 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.58
97 Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181
98 Gombrich (1982): Ornament und Kunst, S.77
99 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.339
100 vgl. Meyer (1903): Systematisch geordnetes Handbuch der Ornamentik, S.2
101 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.348

Elementen und Schriftzeichen auf.[102] Gemäß Holz wird dem Ornament im klassischen Verständnis von Applikation „Flächigkeit oder [ein] flach reliefierter Auftrag“[103] zuteil.

Das geometrische Ornament wird als das ursprünglichste, älteste Ornament bezeichnet.[104] Zu den geometrischen Motiven zählen Netze, Bandmotive, Flachmustermotive, der Vielstrahl und Vielecke. Motive wie das Quadrat, das Dreieck, das Sechseck, das Achteck, das Rechteck und deren Teilungen, sowie die Raute und das Trapez, der Kreis und seine Teilungen, das Maßwerk und die Ellipse mit dem Korbbogen zählen auch dazu.[105]

Die Natur dient hier vielfach als Vorbild. Kreuz und Quadrat deuteten höchstwahrscheinlich in frühen Kulturen die vier Himmelsrichtungen an, Wellen- und Zickzackbänder sind vermutlich ein „Symbol für das Leben spendende Wasser.“[106] Künstliche Formen, die im Alltagsleben der Menschen eine Bedeutung haben, dienen möglicherweise als Inspirationsquelle. So ist das Quadratnetzmuster möglicherweise eine Vorlage für das Flechtwerk und der geflochtene Zopf ist möglicherweise Leitmotiv für das Flechtband. Die Weiterentwicklung dieser ursprünglichen geometrischen Grundformen hat dann zu geometrischen Kunstformen geführt. Hervorzuheben sind die maurischen Deckeneinteilungen im gotischen Maßwerk. [107]

In vielen Epochen dienen pflanzliche Motive der Ornamentik als Vorlage. Ranken, Blätter, Blumen und Früchte werden als Einzelmotiv oder in Kombination als Schmuck verwendet. Die Motive werden naturalistisch oder stilisiert nachgebildet. Zu den pflanzlichen Motiven, die auch als *Flora* des Ornaments bezeichnet werden, zählt u.a. das Akanthusblatt, welches das meistverwendete und das gebräuchlichste pflanzliche Motiv ist.[108] Dieser Kategorie werden auch noch die Akanthusranke, Lorbeer, Ölbaum, Weinrebe, Lotosblüte und Palmenblatt, Efeu, Ähren, Hopfen, Winde, Zaunrübe, andere Pflanzenblätter, Blumen und Fruchtgehänge zugeordnet.[109]

Eine Sonderform des Ornaments ist das Tierornament. Meyer spricht bei tierischen Motiven von der *Fauna* des Ornaments.[110] Ähnlich wie in der pflanzlichen Ornamentik werden auch in der tierischen Ornamentik nicht, wie man annehmen könnte, mit Vorliebe die dem „Menschen am nächsten stehenden Arten“[111], beispielsweise Pferde oder Hunde, dargestellt, sondern die Wahl der Motive erfolgt in erster Linie nach dem ornamentalen Charakter und erst in zweiter Linie nach der Symbolik.[112] Die Darstellung der Motive erfolgt naturalistisch oder stilisiert. Bei Säugetieren, wie auch bei Vögeln, gibt es jeweils ein Tier, das am häufigsten imitiert wird. Der Löwe und der Adler treten immer wieder auf. Der Tiger, der Panther, der Stier, das Pferd, der Widder und der Delphin zählen auch zu begehrten Motiven.[113]

Geprägt durch ein reiches Formenvokabular beruht das klassische Ornament auf „antiken Motiven, Pflanzen- und Tierformen“[114] und reicht über „anthropomorphe Figuren bis hin zu Linien- und Flächenmuster.“[115] Muster und Ornamente bedienen ein ähnliches Repertoire an Motiven.

TRÄGER

Im klassischen Verständnis eines *Schmuckwerks* betont Lein die Unselbständigkeit des Ornaments, indem auf die Notwendigkeit eines Trägers verwiesen wird.[116] Das Ornament benötigt einen Träger, „dem es entweder als plastische Form auferlegt, aufgemalt oder eingelegt sein kann.“[117]

---

102 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.348
103 Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181
104 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.112
105 vgl. Meyer (1903): Systematisch geordnetes Handbuch der Ornamentik, S.13ff und vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.112ff
106 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.112
107 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.112
108 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.380
109 vgl. Meyer (1903): Systematisch geordnetes Handbuch der Ornamentik, S.44ff und vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.380ff
110 vgl. Meyer (1903): Systematisch geordnetes Handbuch der Ornamentik, S.75
111 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.418
112 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.418
113 vgl. Meyer (1903): Systematisch geordnetes Handbuch der Ornamentik, S.76
114 Domeisen (2008): Ornament und Freispruch, in: Domeisen/Ferguson (Hrsg.): SAM Nr. 5, Ornament neu aufgelegt, S.6
115 Domeisen (2008): Ornament und Freispruch, in: Domeisen/Ferguson (Hrsg.): SAM Nr. 5, Ornament neu aufgelegt, S.6
116 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.375
117 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.375

Das Ornament hat flächigen oder flach reliefierten Charakter. Als möglicher Träger kann beispielsweise eine Säule oder Stütze, eine Wandfläche oder eine Fassade dienen.
Holz differenziert anders und spricht auch von einer „Figur auf einem Grund“[118] und verweist auf eine hinzugefügte Funktion, gesteht dem Ornament aber Selbständigkeit zu, indem es „zwar nicht ohne Träger gedacht“[119], aber von diesem abstrahiert betrachtet werden kann.[120]
Irmscher beschreibt vier Funktionen, die sich im „Verhältnis zum Träger“[121] äußern. Das Ornament kann den Träger punktuell akzentuieren, tektonisch gliedern, füllen oder rahmen.[122] Das klassische Ornament äußert sich im Verhältnis zum Träger vorwiegend als etwas nachträglich Hinzugefügtes bzw. Appliziertes oder als „äußere Zutat.“[123]

STILMITTEL

Rapport, Rhythmus, Symmetrie und Proportion werden als klassische Stilmittel des Ornaments und Musters verstanden. *Rapport* wird als „ständige Wiederholung eines Motivs, durch eine Musterung, ein Ornament“[124] interpretiert. Ein Ornament kann rapportfähig sein, beispielsweise ein Bandmotiv. Als Rapport wird die kleinste geschlossene Einheit eines Ornaments oder Musters bezeichnet. Holz meint die „Repetition der ornamentalen Elemente“[125] sei „im unendlichen Fluß fortsetzbar.“[126] Nach Koepf und Binding bezeichnet Rapport eine „regelmäßige Wiederkehr derselben Form eines Musters.“[127] Letzt genannte Definition hebt sich von den anderen ab, da Koepf und Binding sich ausschließlich auf das Muster beziehen.
Laut Duden wird *Rhythmus* als „Gleichmaß, gleichmäßig gegliederte Bewegung, periodischer Wechsel, regelmäßige Wiederkehr“[128] verstanden. Gemäß Koepf und Binding wird in der Baukunst Rhythmus als eine „Aufeinanderfolge immer wiederkehrender Gruppen von Grundelementen“[129] verstanden. Die Begriffe Gleichmaß und regelmäßige Wiederkehr werden häufig als Stilmittel bei klassischen Ornamenten eingesetzt. Gemäß Wersin gibt es zwei grundlegende Impulse des Ornamentalen mit Blickpunkt auf die *Morphologie des Ornaments* (1940). Der Versuch einer Gliederung erfolgt in zwei Hauptgruppen, u.a. in das rhythmische und das dynamische Ornament. Wersin schreibt dem Ornament drei künstlerische Mittel, u.a. Rhythmus, Dynamik und Ordnung, zu, wobei Wersin Rhythmus als stärkstes Mittel wertet.[130]
Der Begriff *Symmetrie* leitet sich vom lateinischen *symmetria* bzw. vom griechischen *symmetría* ab und heißt „Ebenmaß.“[131] Der Begriff wird auch mit Synonymen wie „Deckungsgleichheit, Ebenmäßigkeit, Gleichheit“[132] beschrieben. Präziser formuliert stammt der Begriff aus dem Altgriechischen und setzt sich aus zwei Teilen zusammen, die übersetzt *mit* und *allgemeines Maß* bedeuten. Symmetrie heißt demnach „mit einem gemeinsamen Maß.“[133] Der architekturtheoretische Begriff von Symmetrie im Sinne von „anmutig, harmonisch, wohlgestaltet“[134] ist in der griechischen Philosophie eng an den Schönheitsbegriff geknüpft. Schon Aristoteles zählt im 4. Jahrhundert v. Chr. zu den „drei Hauptformen der Schönheit Ordnung, Symmetrie und Bestimmtheit.“[135] Vitruv versteht unter Symmetrie im Sinne ästhetischer Grundfaktoren der Bauksunst das Verhältnis der Teile untereinander und zum Ganzen, aufgebaut auf einer Grundeinheit. Bei Vitruv ist der Symmetriebegriff eng an den Proporti-

118 Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181
119 Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181
120 vgl. Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181
121 Irmscher (1984): Kleine Kunstgeschichte des europäischen Ornaments seit der frühen Neuzeit, S.9
122 vgl. Irmscher (1984): Kleine Kunstgeschichte des europäischen Ornaments seit der frühen Neuzeit, S.10
123 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.35
124 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Rapport [Stand: 29.1.2014]
125 Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181
126 Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181
127 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.383
128 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Rhythmus [Stand: 29.1.2014]
129 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.390
130 vgl. Wersin (1940): Das elementare Ornament und seine Gesetzlichkeit, S. 14ff, zit. nach Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische, S.104
131 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Symmetrie [Stand: 29.1.2014]
132 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Symmetrie [Stand: 29.1.2014]
133 Flachsmeyer/Feiste/Manteuffel (1990): Mathematik und ornamentale Kunstformen, S.5
134 Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.235
135 Flachsmeyer/Feiste/Manteuffel (1990): Mathematik und ornamentale Kunstformen, S.5

onsbegriff geknüpft.[136]

Es wird zwischen einem kunst- und architekturtheoretischen und einem naturwissenschaftlich-mathematischen Symmetriebegriff unterschieden. Symmetrische Vorbilder aus der Natur oder geometrische Symmetrien dienen seit jeher als Vorbild für Ornamentik. Symmetrie ist vorwiegend ein Merkmal des geometrischen Ornaments. Symmetrie charakterisiert aber auch vegetabile Ornamente. Symmetrie wird als ältestes Bindeglied zwischen Geometrie und ornamentaler Gestaltung von Flächen verstanden.[137] Im Konkreten wird hier auf den mathematischen Zusammenhang verwiesen. Jürgen Flachsmeyer versteht Symmetrie als „künstlerisches und mathematisches Moment"[138], ihre Vorbilder sind u.a. in der Natur, beispielweise in der Mineralogie und Kristallographie, verwurzelt. August F. Möbius erläutert den mathematischen Symmetriebegriff anhand von Kristallsymmetrien und bezeichnet eine Figur als symmetrisch „‚wenn sie einer ihr gleichen und ähnlichen Figur auf mehr als eine Art gleich und ähnlich gesetzt werden kann.'"[139]

Symmetrie ist ein Wesensmerkmal des geometrischen Ornaments. Eine mögliche Methode um geometrische Ornamente in der Ebene zu erzeugen ist *reguläre Parkettierung*. Durch die Kombination der geometrischen Methoden Translation, Drehung, Spiegelung und Geitspiegelung werden Ornamente entwickelt. Unter Kongruenzabbildungen werden geometrische Abbildungen verstanden, bei der Form und Größe der abgebildeten Objekte gleichbleiben, das heißt *deckungsgleich* sind.[140] Diese Art der Abbildung spielt in der Ornamentik und in der Architektur eine wesentliche Rolle. Kongruenzabbildungen der Ebene werden als Symmetrien einer Parkettierung bezeichnet. Die Menge aller Symmetrien wird in einer Symmetriegruppe zusammengefasst.[141] Die 17 Symmetriegruppen, auch Ornamentgruppen genannt, ermöglichen 93 Parkettierungen der euklidischen Ebene.[142] Den Nachweis für 17 Symmetriegruppen für zweidimensionale Ornamente liefert 1924 der Mathematiker George Pólya.[143] Schon in ägyptischer Ornamentik sind alle 17 Symmetriearten nachweisbar. In der Mathematik ist Parkettierung als Pflasterung, Kachelung der euklidischen Ebene zu verstehen, u.a. als lückenlose und überlappungsfreie Überdeckung derselben durch zweidimensionale Elemente. Die einfachste Form der Parkettierung ist das Raster. Nach Hans G. Bigalke und Heinrich Wippermann ist zwischen periodischer und nicht periodischer Parkettierung zu differenzieren.[144] Symmetrie als Stilmittel in der Ornamentik lässt sich mit den Begriffen Ordnung, Ebenmaß, Regelmäßigkeit und Gleichheit beschreiben. Holz verweist auf einen symmetrischen Aufbau von Ornamenten, betont jedoch die dekorative Funktion.[145]

Der Begriff *Proportion* ist einerseits in den Naturwissenschaften andererseits in der Kunst- und Architekturgeschichte verankert und wird je nach Anwendungsgebiet verschieden definiert. Der Begriff wird als „Größenverhältnis verschiedener Teile eines Ganzen zueinander"[146] verstanden und steht als Synonym für „Ausgewogenheit, Ebenmaß, Gleichmaß und Harmonie."[147] In der Architektur wird Proportion nach Koepf und Binding als „Vergleich der Maßverhältnisse"[148] von Länge, Breite und Höhe eines Bauelements in Bezug auf das gesamte Gebäude verstanden.

Es ist zwischen arithmetischer und geometrischer Proportion zu unterscheiden. Die arithmetische Proportion basiert, „ausgehend von einer Grundeinheit, auf einfachen Zahlenverhältnissen"[149], wie beispielsweise beim griechischen Tempel, der mit Hilfe einer Moduleinheit konstruiert wird. Bei der geometrischen Proportion werden die Größenverhältnisse zueinander nicht mathematisch ermittelt, sonder geometrisch konstruiert (vgl. *Goldener Schnitt* oder *Modulor*).[150]

Der Symmetrie- und Proportionsbegriff sind ineinander verwoben. Mit der klassischen Proportionslehre haben sich u.a. Euklid in der griechi-

136 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.254
137 vgl. URL: http://stubber.math-inf.uni-greifswald.de/mathematik+kunst/symmetrie.html [Stand: 29.1.2014]
138 Flachsmeyer/Feiste/Manteuffel (1990): Mathematik und ornamentale Kunstformen, S.5
139 URL: http://stubber.math-inf.uni-greifswald.de/mathematik+kunst/symmetrie.html [Stand: 29.1.2014]
140 vgl. Bigalke/Wippermann (1994): Reguläre Parkettierung, S.12f
141 vgl. Strehlke (2008): Das digitale Ornament in der Architektur, seine Generierung, Produktion und Anwendung mit Computer-gesteuerten Technologien, S.40
142 URL: http://www.math.ethz.ch/arithmetik+geometrie/MAK/symm5.html [Stand: 4.11.2013]
143 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.235
144 Bigalke/Wippermann (1994): Reguläre Parkettierung
145 vgl. Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181
146 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Proportion [Stand: 29.1.2014]
147 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Proportion [Stand: 29.1.2014]
148 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.375
149 Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.228
150 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.228f

schen Antike, Vitruv in der römischen Antike, Leon Battista Alberti, Leonardo da Vinci und Andrea Palladio in der Renaissance und Le Corbusier im 20. Jahrhundert beschäftigt, um einige bedeutende zu nennen. Der *Goldene Schnitt*, eine „harmonische Teilung einer Strecke“[151], hat Euklid erstmals etwa 300 v. Chr. dokumentiert. Im Werk *Die Elemente* hält Euklid im Satz 11 folgendes fest:

> „Eine Strecke ist so zu teilen, daß das Rechteck auf der ganzen Strecke und dem einen Abschnitt dem Quadrat über dem anderen Abschnitt gleich ist.“[152]

In diesem Werk wird das Proportionsverhältnis erstmals konstruiert. Heute wird der Goldene Schnitt mathematisch folgend beschrieben:

> „Sei AB eine Strecke. Ein Punkt S von AB teilt AB im goldenen Schnitt, falls sich die größere Teilstrecke zur kleineren so verhält wie die Gesamtstrecke zum größeren Teil.“[153]

Das ästhetische Proportionsverhältnis lässt sich vielfach bei architektonischen Bauten nachweisen und dient der *harmonischen Proportionierung*. Der Goldene Schnitt wird auf Bauwerke und deren Elemente angewendet und hat somit Gestaltqualität für das Ornament.[154]
Auf die Vorbildfunktion des menschlichen Körpers für die Architektur hat schon Vitruv hingewiesen.[155] Vitruv meint der Ursprung der Geometrie liegt im menschlichen Körper und in der Zahl, die sich von den Fingern ableitet.[156] Basierend auf wenigen Zahlenverhältnissen die auf den Körper projiziert werden, legt Viturv die Proportion fest.[157] Grundsätzlich geht Vitruv davon aus, dass „der menschliche Körper von symmetria, einer durchgehenden integralen Proportionalität, durchdrungen sei“[158], und *Schönheit* definiere.[159] Proportion ist bei Vitruv kein Grundbegriff der Ästhetik, sondern ein Zahlenverhältnis. Vitruv definiert die architektonische Proportion „als Verhältnis der Teile“[160] zueinander, die auf dem *Modulus* beruhen. Der menschliche Körper dient als Analogie.[161] Bei Vitruv gibt es jedoch keine „allgemeine Proportionslehre im Sinne anwendbarer Zahlenverhältnisse.“[162]
In der Renaissance stellen u.a. Alberti, da Vinci und Palladio Überlegungen zu Gesetzmäßigkeiten der Architektur an. Der *Goldene Schnitt* erfährt in der Renaissance seine Blüte. Karl Freckmann meint, dass viele Baumeister den Goldenen Schnitt anwendeten. Leonardo da Vincis Proportionsstudien basieren auf den Annahmen von Vitruv. Der *Vitruvianische Mensch* ist bis heute ein Sinnbild für Renaissance-Ästhetik. Die dargestellten Körperverhältnisse ergeben sich aus dem Maßsystem der Antike. Auf dem klassischen Verständnis von Proportion bauen spätere Proportionsmodelle auf. Le Corbusier veröffentlicht Mitte der 1940er Jahre ein Proportionssystem, den *Modulor*.[163] Le Corbusier versucht eine Ordnung für die Architektur basierend auf dem Goldenen Schnitt und anhand des menschlichen Maßes herzustellen und steht somit in der Tradition von Vitruv. Le Corbusier definiert den *Modulor* als „Maßwerkzeug, das von der menschlichen Gestalt ausgeht.“[164] *Modulor I* (Veröffentlichung 1948) basiert auf dem Körpermaß des Menschen von 1,75 Metern, *Modulor II* (Veröffentlichung 1955) basiert auf dem Basismaß von 1,82 Metern. Das Proportionsschema zählt zu den bedeutendsten Theorien in der Architekturtheorie. Beim Ornament ist somit das Größenverhältnis der einzelnen Elemente zueinander, die Proportion, maßgeblich für das Erscheinungsbild.

VERWEIS UND HINWEIS

Im klassischen Verständnis hat das Ornament die Hauptfunktion den Träger zu betonen, zu schmücken und zu gliedern. Das Ornament nimmt oftmals eine hinweisende Aufgabe, beispielsweise auf Bautyp oder Funktion des Gebäudes, ein. Klassische Ornamente weisen schon in der Antike auf einen bestimmten Bautyp hin. Beispielweise lassen Schmuck- und Verzierungselemente des korinthischen Säulenkapitells eindeutig auf diesen Säulentypus schließen.

---

151 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.223
152 Euclides/Thaer (1933): Die Elemente, Teil 1, S.41
153 Beutelspacher/Petri (1996): Der Goldene Schnitt, S.15
154 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.223
155 vgl. Naredi-Rainer (2008): Architektur und Zahl, in: Blauert/Rhein (Hrsg.): Maß, Zahl und Gewicht, S.17
156 vgl. Jormakka (2007): Geschichte der Architektur, S.110
157 vgl. Jormakka (2007): Geschichte der Architektur, S.114
158 Jormakka (2007): Geschichte der Architektur, S.110
159 vgl. Jormakka (2007): Geschichte der Architektur, S.110
160 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.28
161 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.28
162 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.29
163 vgl. Le Corbusier (1942): Le Modulor, 1. Aufl., Original in Französisch, war sehr rasch vergriffen.
164 Le Corbusier (1985): Der Modulor, S.55

Koepf und Binding verweisen bei der Bauplastik auf die Funktion „der Veranschaulichung von Sinn und Zweck des Bauwerks“[165], beispielsweise beim Sakralbau.

ENTSTEHUNG UND HERSTELLUNG DER FORM

Gemäß Holz besteht das Ornament aus einzelnen Elementen, die sich zu einem Gesamten verbinden. Die Elemente fügen sich „gestalthaft-seriell, konzentrisch oder symmetrisch-integriert.“[166] Das klassische Ornament ist von der Antike bis zur Neuzeit vorwiegend durch aufwendige und zeitintensive Handarbeit geprägt. Mit dem Einsatz der Maschine verändern sich die Produktionsbedingungen und eine serielle Herstellung von Ornamentmotiven wird möglich. Die Formensprache ist im Maschinenzeitalter jedoch nach wie vor klassisch geprägt.

165 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.59
166 Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181

2 ANFÄNGE DES HANDWERKS IN DER ANTIKE

Zum Thema *Ornament* sind schon unzählige Publikationen mit unterschiedlichen Schwerpunkten, vor allem innerhalb der Disziplin der Kunstgeschichte und Architektur, entstanden. Die folgende Arbeit erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, soll aber einen Überblick zum Ornament in seiner formgeschichtlichen Entwicklung in Kunst und Architektur und in seiner Erscheinungsform am Bau bieten. Bei der Eingabe der Bezeichnung *Ornament in der Architektur* in die Suchmaschine Google werden ungefähr 1.590 000 Ergebnisse in 0,36 Sekunden erzielt. Dies vergegenwärtigt die Mannigfaltigkeit an Inhalten zum vorgestellten Themenfeld.[167] Im Folgenden wird der Versuch unternommen auf die für die Fragestellung relevanten Aspekte einzugehen. Zur Bezeichnung *Muster in der Architektur* erscheinen in 0,35 Sekunden ungefähr 694.000 Ergebnisse.[168]
Das folgende Kapitel zeigt die kunsthistorische Entwicklung des klassischen Ornaments von der Antike bis zur Neuzeit mit Blick auf den Entwurf und die Produktion. Es wird ein Überblick über eine mehr als 5000 Jahre lange Ornamenttradition gezeigt. Es werden Ornamente und Muster in der Zeitspanne von ungefähr 3000 v. Chr. bis ungefähr 1600 n. Chr. dargestellt. Der geschichtliche Abriss erscheint hilfreich, um die Bedeutung des Ornaments in den einzelnen Epochen zu verstehen. Das Ornament kann als kulturspezifische Äußerung und *Urform* künstlerischen und architektonischen Ausdrucks verstanden werden.[169] Die Anfänge des Ornaments liegen im frühen Jungpaläolithikum, ein jüngerer Abschnitt der Altsteinzeit. Somit zählt die Ornamentik zu den frühesten Kunstäußerungen der Menschheit.[170] Das Ornament nahm schon in der urgeschichtlichen Kunst eine bedeutende Position ein und kann als Ausdruck elementar-ästhetischer Schmuck-, Unterscheidungs-, Schutz- und Bezeichnungsbedürfnisse des Menschen verstanden werden. Sichtbar äußerte sich das Ornament am Werkzeug, im Raum und am Körper.[171] Der stilgeschichtliche und architekturtheoretische Hintergrund scheint bedeutend für das heutige Verständnis von Ornament zu sein.

2.1 ENTWURF UND PRODUKTION

Von der Antike bis zur Neuzeit sind Ornament und Muster von der klassischen Formensprache geprägt. Das Muster hat eine vorwiegend schmückende Aufgabe und das Ornament die Funktion einen Gegenstand oder ein Bauwerk zu „ordnen, rüsten [oder zu] schmücken."[172]

ENTWURF UND BAUPRAXIS IM ALTERTUM

Die Stilgeschichte der Antike ist primär von der ägyptischen, griechischen, hellenistischen, römischen und teilweise islamischen Kultur geprägt. Die frühchristlich-byzantinische Kultur bildet den Übergang zum Mittelalter. Herausragende Bauwerke der ägyptischen, griechischen und römischen Hochkultur haben heute noch eine bedeutende Vorbildfunktion für Architektur und dekorative Gestaltung. Klassische Formen werden bis heute angewendet.
In der Gestaltung sind Ornamente und Muster von der Antike bis zur Neuzeit durch Vorbilder aus Natur und Geometrie geprägt. Die Natur liefert seit jeher Vorlagen und Modelle für viele vegetabile Ornamente.[173] Entwurfsstrategien basierend auf *Proportion* und *Symmetrie* sind schon seit der Antike bekannt.[174]
Das geometrische Ornament wird als das älteste Ornament verstanden. Die ersten Motive ur- und frühgeschichtlicher Ornamente setzen sich aus geometrischen Figuren zusammen und bilden den Ursprung der Ornamentik. Eine Vielzahl dieser geometrischen Motive, wie zum Beispiel das Zickzackband, das Sparrenmuster, Dreiecke, Kreise, Rauten, der Punkt oder Spiralen kehren immer wieder.[175]
Mathematik zählt zu den ältesten Wissenschaften und wird als jene beschrieben, die sich mit geometrischen Figuren, Rechnen und Zahlen auseinandersetzt.[176] Es gibt Hinweise das geometrische Ornament basiere auf mathematischen Grundlagen. Der Ursprung der Mathematik ist

167 vgl. Suchmaschine Google: [Stand: 4.11.2013]
168 vgl. Suchmaschine Google: [Stand: 4.11.2013]
169 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.348
170 vgl. Riese (2000): Seemanns Kleines Kunstlexikon, S.219
171 vgl. URL: http://www.unterricht.kunstbrowser.de/bildnerischemittel/ornamentik/begriff/index.html [Stand: 4.11.2013]
172 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.348
173 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.10
174 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.28
175 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.112
176 vgl. Naredi-Rainer (2008): Architektur und Zahl, in: Blauert/Rhein (Hrsg.): Maß, Zahl und Gewicht, S.12

auf die Pythagoreer, die als Gründer der Mathematik gelten, zurückzuführen.[177] Richtungsweisend sind die Erklärungsansätze von Pythagoras, die folgend noch erläutert werden. Mathematische Berechnungen, Vermessungen und geometrische Formen bilden seit jeher die Basis architektonischen Entwurfs, somit auch für die Ornamentik. In der Antike ist Mathematik nicht nur ein technisches Hilfsmittel, sondern dient auch der „Ergründung der göttlichen Gesetze der Harmonie, Ordnung und Proportion."[178] Pflanzliche Motive treten etwas später auf und werden ornamental stilisiert. Vorwiegend ist diese Form des Ornaments auf urgeschichtlicher Keramik zu finden.[179] Figürliche Darstellungen werden mit ornamentaler Gestaltung verbunden.

Entwurfsidee und Planungsdaten werden im antiken Griechenland vorwiegend am „Untergrund einer neuen Bauschicht im Maßstab 1:1"[180] dargestellt. Die Bauzeichnung ist im archaischen und klassischen Zeitabschnitt noch nicht bekannt bzw. nicht gebräuchlich. Ab dem 4. Jahrhundert v. Chr. gibt es Nachweise über Risszeichnungen, die meist in die Wände geritzt werden, und als Behelf für den Bauprozess dienen.[181] Detail- und Konstruktionszeichnungen und zunehmend Darstellungen im Grundriss finden in der römischen Architektur Anwendung. Der Einsatz der Bauzeichnung bei den Römern ist u.a. durch Vitruv schriftlich dokumentiert.[182] Schon Vitruv hat ein Proportionsschema anhand des Menschen festgelegt und ist somit prägend für eine proportionale Entwurfsmethode, wobei der Ursprung des Entwurfszuganges bei Pythagoras einzuordnen ist.[183]

Es gibt schon in frühen Phasen antiker Kulturen den Nachweis für Bauornamentik.[184] Erste Bauornamente werden aus Stein hergestellt. Eine „dekorativ motivierte Verwendung von verschiedenfarbiger Steinsorten"[185] lässt sich bei den Griechen nachweisen. Die Produktion von Ornamenten erfolgt von der Antike bis zur Neuzeit ausschließlich per Hand. Handarbeit ist häufig mit einem hohen Zeitaufwand verbunden. Für die Herstellung werden in der griechischen Architektur vorwiegend Baumaterialien wie Stein, Holz und Ziegel verwendet. Im Altertum werden Metalle, Stuck, Kalkmörtel und andere Bindemittel eingesetzt.[186] Aufgrund der hydraulischen Eigenschaften von Kalkmörtel wird in der römischen Antike *Opus Caementitum* entwickelt. Bauwerke aus römischen Beton bestechen noch heute durch hohe architektonische Qualität.[187]

Das Ornament kann in verschiedenen Techniken umgesetzt sein, u.a. kann es eingeritzt, eingestochen, eingestempelt, eingerollt, aufgemalt oder plastisch geformt sein.[188] Das Ornament tritt in unterschiedlichen Formen in Erscheinung, u.a. als Malerei, als Stich, als Einlegearbeit, als Relief oder als Skulptur. Dekorative Gestaltung hat somit eine lange Tradition im Handwerk und ist mit hohem Zeitaufwand verbunden.

177 vgl. Naredi-Rainer (2008): Architektur und Zahl, in: Blauert/Rhein (Hrsg.): Maß, Zahl und Gewicht, S.12
178 Rhein (2008): Mathematik bahnt den Weg. Die mathematische Ausbildung des Baumeisters, in: Blauert/Rhein (Hrsg.): Maß, Zahl und Gewicht, S.18
179 vgl. Riese (2000): Seemanns Kleines Kunstlexikon, S.219
180 Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.50
181 vgl. Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.50
182 vgl. Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.51
183 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.28
184 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.26
185 Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.39
186 vgl. Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.39
187 vgl. Kind-Barkauskas (2002): Beton in der Architektur, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.9
188 vgl. Riese (2000): Seemanns Kleines Kunstlexikon, S.219

Abb. 1 I Rosette

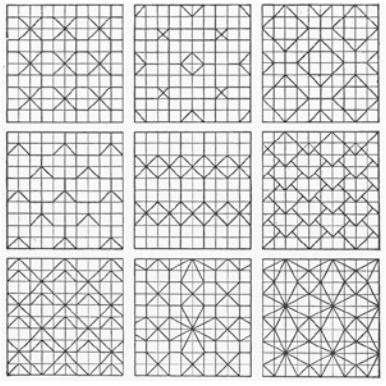


Abb. 2 I Geometrische Linienmuster

Abb. 3 I Naturalistisch gezeichnete Lotosblume

ÄGYPTISCHE ORNAMENTE UND MUSTER

Die ägyptische Hochkultur teilt sich in die Zeitabschnitte Altes Reich, Mittleres Reich, Neues Reich und Spätzeit. Das Bauen erfüllt, im Vergleich zu anderen Kunstgattungen, das existentielle Bedürfnis nach Sicherheit. Zu Beginn des Alten Reichs werden neue Baukonzepte entwickelt.[189] Motive wie die Palmette, ein pflanzliches, der „Fächerpalme nachgebildetes, streng symmetrisches Ornament“[190], und die Rosette (Abb. 1), meist eine abstrahierte Blüte und eines der ältesten Schmuckelemente, werden wie auch Spiral- und Linienmuster (Abb. 2) schon viele Jahrtausende angewendet.[191] Für den ägyptischen, indischen und syrischen Raum sind vegetabile Motive wie die Lotosblume (Abb. 3), die Lilie und der Papyrus kennzeichnend. Neben den vegetabilen Motiven herrschen noch Tierornamente, Menschendarstellungen, Schriftzeichen und geometrische Muster vor. In der zweiten Hälfte des 3. Jahrtausends v. Chr. werden Säulen mit stilisiertem Lotos, Papyrus oder Palmette gebaut (Abb. 4). Die Formgebung der Säulen repräsentiert Erhabenheit, Herrschaft und Ewigkeit, hat somit kultische Bedeutung und nicht konstruktive Relevanz.[192] Der Begriff Lotos fasst Pflanzen zusammen, die in Ägypten und im südasiatischen Raum vertreten sind. Der ägyptische Lotos weist blaue oder weiße Blüten auf und ist ein Symbol für Schöpfung und Wiedergeburt. Im ägyptischen Götter- und Totenkult spielt der Lotos eine wesentliche Rolle und wird auf Reliefs, Fußböden, Vasen, Amuletten und in der Grabmalerei häufig abgebildet.[193] Die „offene oder geschlossene Lotosblüte“[194] bildet in der ägyptischen Architektur den Abschluss der Lotossäule. Der ägyptische Lotos wird in der minoischen und griechischen Kultur zum Lotosornament, dessen Blüte aus drei Kelchblättern mit dazwischenliegenden Blütenblättern besteht, weiterentwickelt.[195]

Die Papyrosblüte ist primär bei der Papyrossäule vorzufinden, welche durch eine im unteren Drittel deutliche Schwellung gekennzeichnet ist und sich nach oben hin verjüngt. Der Schaft ist mit vertikalen Kerben gestaltet und manchmal im unteren Bereich mit stilisierten Blattspitzen verziert. Das Kapitell wird als Papyrosknospenkapitell oder als Dolde dargestellt.[196] Neben vegetabilen Motiven nimmt der Löwe eine zentrale Rolle in der ägyptischen Kultur ein. Das Tiermotiv wird häufig auf Eimern, anderen Gefäßen oder als Wasserausguss dargestellt. In der ägyptischen Kunst wird der Löwe meist ruhend dargestellt und oftmals sehr schematisch stilisiert.[197]

Abb. 4 I Lotos-Palmetten-Band, griechisches Simarornament

189 vgl. Studer (2010): Baustilkunde, S.13f
190 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.376
191 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.391
192 vgl. Gympel (1996): Geschichte der Architektur von der Antike bis heute, S.8
193 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.313
194 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.313
195 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.313
196 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.377
197 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.419

Abb. 5 I Akanthus

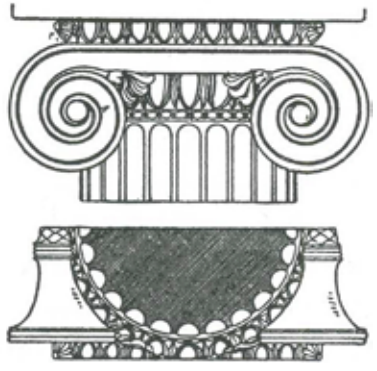


Abb. 6 I Griechisch-ionisches Normalkapitell

Abb. 7 I Griechisch-korinthisches Säulenkapitell

Abb. 8 I Palmette

GRIECHISCHE ORNAMENTE UND MUSTER

Die griechische Antike unterteilt sich in den geometrischen (1100-700 v. Chr.), archaischen (700-500 v. Chr.), klassischen (500-330 v. Chr.) und hellenistischen Abschnitt (330-30 v. Chr.), der den Übergang zur römischen Antike bildet. Charakteristische Bauwerke dieser Epoche sind Tempel und Theater. Im Entwurf und in der architektonischen Gestaltung sind alle Zeitabschnitte vom Handwerk geprägt.[198]

Im Besonderen ist die Säule als primär konstruktives, aber auch schmückendes Bauelement hervorzuheben. Im archaischen Zeitabschnitt wird im Tempelbau vorwiegend das Material Stein verwendet, zuvor wird primär Holz eingesetzt. Um 700 v. Chr. entstehen die dorische und die ionische Säulenordnung und die schlanke Holzsäule wird durch eine monumentale Säule aus Stein ersetzt. Charakteristische Bauwerke sind u.a. das *mykenische Megearon* oder der *Artemis-Tempel* in Ephesos.[199] Mit der Archaik setzt unter dem Einfluss des Vorderen Orients eine Naturalisierung des Ornaments ein. Die Palmette verwandelt sich allmählich in das naturalisierte Akanthusornament. Der Akanthus, eine staudenartige Pflanze von den Bärenklaugewächsen abstammend und durch große, gezackte, an der Spitze leicht eingerollte Blätter gekennzeichnet, hat sich im 5. Jahrhundert v. Chr. zur Kunstform entwickelt. In der Architektur tritt das Akanthusmotiv vorwiegend bei korinthischen Kapitellen auf. Der Akanthus stammt in fast allen Formen vom römischen und byzantinischen Kapitell ab.[200] In der klassischen Antike, geprägt durch den Tempelbau, werden dorische und ionische Säulenordnung miteinander kombiniert (Abb. 6). Die Entwicklung des korinthischen Kapitells (Abb. 7) und die Gestaltung einer schlankeren dorischen Säule zählen zu den wesentlichen Neuerungen im Tempelbau.[201] Die ersten Rundbauten entstehen im klassischen Abschnitt. Charakteristische Beispiele für die klassische Antike sind das *Parthenon* in Athen und der *Zeus-Tempel* in Olympia.[202] In dieser Zeit entwickeln Rankenwerk, Akanthus (Abb. 5) und Palmette (Abb. 8) ihre klassische Form. Unter der Ranke wird eine stilisierte Darstellung eines Pflanzenstils mit Blättern oder Blüte verstanden.[203] Die Anfänge der Ranke sind im Mittelmeerbereich und in Ägypten schon in der Stein- bzw. frühen Bronzezeit zu finden, sie ist jedoch in allen Kulturepochen vertreten. Die Ranke tritt in linearer Form als Zierleiste oder in umrankender Form auf, indem das Motiv eine Fläche umfasst oder ausfüllt. Das Rankenwerk ist eine aus vegetabilen Motiven gebildete Ornamentik.[204] Die Palmette, zählt zu den Grundelementen der Ornamentik und entwickelt sich in einem stufenreichen, sehr komplizierten Ver-

198 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.12ff
199 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.12 und S.15
200 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.8
201 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.12
202 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.11
203 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.386
204 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.387

wandlungsprozess aus dem ägyptischen Lotosornament. Bei der Palmette entstehen Ausprägungen wie zum Beispiel Halbpalmette und umschriebene Palmette und das verbindende Element die freie Wellenranke, die sich später auch räumlich entfaltet.[205] Der Akanthus ist häufig bei Kapitellen zu finden. Als Flächenornament wird das Motiv „auf Friesen, an Kosolen, Gesimsen, Säulenbasen, auf onamentalen Reliefs“[206] und für die Verzierung von Grabmälern verwendet.

HELLENISTISCHE ORNAMENTE UND MUSTER

Der Hellenismus ist zwischen 330 und 30 v. Chr. einzuordnen und bildet den Übergang zwischen griechischer und römischer Antike. Ziegelbau und Zementbau ermöglichen Innovationen in der Bautechnik in der späthellenistischen Zeit. Statische Konstruktion und schmückende Verkleidung sind voneinander losgelöst und gänzlich getrennt.[207] Bauornamente werden als „willkürlich erscheinende Anhäufung dekorativer Elemente“[208] interpretiert, da sie dem Träger nur mehr vorgesetzt sind und nicht mehr mit diesem in Verbindung stehen. Es entstehen ungleichmäßige Kombinationen und Ornamente scheinen vom Wesen des Bauwerks abzulenken.[209] Diese Epoche charakterisiert eine prachtvolle Gestaltung und die typische Fassadengliederung. Bukranien- oder Girlanden-Friese werden eingesetzt, eine Erweiterung der Motive findet statt.[210] Bauornamente kennzeichnen sich durch Formenreichtum und starker Reliefausbildung.[211] Die Entwicklung der Arabeske, eine Form des Rankenornaments, beginnt schon in der hellenistischen Kunst, eine dominantere Rolle nimmt diese aber in der römischen Kunst ein. Vorwiegend wird die Arabeske zur Füllung von Architekturteilen eingesetzt.[212] Ein charakteristisches Bauwerk für den Hellenismus ist u.a. der *Apollo-Tempel* in Didyma.[213]

205 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.352 und vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.376
206 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.10
207 vgl. Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.37
208 Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.37
209 vgl. Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.37
210 vgl. Höcker (2008): Metzler-Lexikon antiker Architektur, S.36
211 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.26
212 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.13
213 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.11

Abb. 9 I Kolosseum, Außenansicht der Fassade

Abb. 10 I Kolosseum, Innenansicht

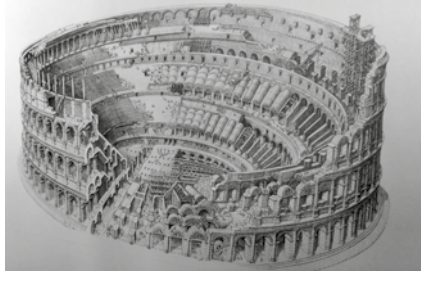


Abb. 11 I Kolosseum, Skizze, Ausstellung 2012

RÖMISCHE ORNAMENTE UND MUSTER

Zwischen 31 v. Chr. und 14 n. Chr. findet der Übergang von griechisch-hellenistischer Zeit in die römische Stilepoche statt. In der römischen Architektur wird die griechische Säule als Bauelement von der Wand abgelöst.[214] Schon seit dem 1. Jahrhundert v. Chr. werden „Funktion und Dekoration der Bauelemente“[215] voneinander getrennt. Die Funktion der Säule verändert sich und diese nimmt eine vorwiegend dekorative Rolle ein. Schmuckreiche Säulenordnungen, wie beispielsweise die korinthische Ordnung oder die Komposit-Ordnung, werden vermehrt eingesetzt und Ornamente sind an der Säulenbasis und am Gebälk vorzufinden.[216] Das *Kolosseum* (um 80 n. Chr.) in Rom zählt zu den namhaftesten Gebäuden dieser Epoche (Abb. 9). Elemente der klassisch-griechischen Antike dienen hier nur mehr der Dekoration. Dem tragenden System (Bogenreihen) wird eine Säulenreihe vorgeblendet (Abb. 10, 11). Das korinthische Kapitell wird bevorzugt verwendet. Das Kompositkapitell ist prachtvoller ausgeführt und über dem Akanthusblattkranz sind reich verzierte Voluten dargestellt.[217]

In der römischen Antike wird ein entscheidender Schritt zur Massenfertigung von Ziegeln gesetzt und der Backstein wird vermehrt als Bauelement eingesetzt. Im 2. Jahrhundert werden Ziegel in der dekorativen Oberflächengestaltung angewendet.[218] Römische Architektur symbolisiert Herrschaft und in der Ornamentik entwickeln sich räumlich-naturalistische Tendenzen. Tier- und auch Menschendarstellungen sind häufiger vertreten. Motive werden stilisiert dargestellt. Charakteristische Motive für die römische Ornamentik sind Lorbeer, Weintrauben und Weintraubenblätter. Der Lorbeer ist dem Gott Apollo geweiht und wird in der Antike als Sinnbild für Sieg und Ruhm verstanden.[219] In der Architektur dient die Lorbeergirlande häufig der Dekoration von architektonischen Elementen. In der Antike ist die Weinrebe ein Attribut des Bacchus (Gott des Weines), umschlingt dessen Stirn und schmückt dessen Gefäße und Geräte.[220] Der Löwe hat in der griechischen und römischen Kultur eine ähnliche Bedeutung. Das Tier wird oft als Quellenhüter, Tor- und Tempelwächter dargestellt. Die schlafende Löwenfigur ist das Symbol für den gefallenen Helden. Als Beispiele sind hier das *Löwentor von Mykene* (um 1350 n. Chr.) und das *Grabmal des Leonidas* (um 480 v. Chr.) zu nennen.[221]

214 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.31
215 Koch (2006): Baustilkunde, S.31
216 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.31
217 vgl. Gympel (1996): Geschichte der Architektur von der Antike bis heute, S.12
218 vgl. Herzog/Krippner/Lang (2004): Fassaden Atlas, S.83f
219 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.312
220 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.381
221 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.419

Abb. 12 I Hagia Sophia, Gesamtansicht, Luftaufnahme von Süden, 1994

Abb. 13 I Hagia Sophia, Kompositionskapitell der nördlichen Erdgeschoßarkade

FRÜHCHRISTLICH-BYZANTINISCHE ORNAMENTE UND MUSTER

In der frühchristlichen und byzantinischen Architektur dominiert der Sakralbau und der T-förmige Grundriss entwickelt sich. Als Baumaterial werden vorwiegend Ziegel und Tuffstein eingesetzt.[222] Im 7. Jahrhundert gehört das Flechtband zum wesentlichen Bestandteil der Dekoration, es ist als Gefäßdekoration bereits schon 300 v. Chr. in Indien und Vorderasien gebräuchlich. Als Relief in Stein gemeißelt schmückt das Flechtband Taufbrunnen und Sarkophage, und ist später in mittelalterlichen Kirchen vorzufinden. Die geflochtenen Ornamente sind an einer Mittelachse orientiert, symmetrisch ausgerichtet und unendlich fortsetzbar. Flechtbänder werden primär zur Dekoration von Architekturelementen angewendet.[223] Das Flechtband ist an Holz- und Steinarchitektur vorzufinden und tritt vorwiegend „an Balken, Friesen, Bändern, Gesimsen und Kapitellen auf."[224] Neben dem Flechtband ist charakteristischer Bauschmuck bei Säulenkapitellen zu finden.[225] Bedeutende Bauten sind *San Vitale*[226] in Ravenna (um 550 n. Chr.), *Sant`Appolinare*[227] in Classe (um 550 n. Chr.) oder *Hagia Sophia*[228] in Konstantinopel (um 530 n. Chr.). Neben prachtvollen Mosaiken ist das Flechtband ein charakteristisches Gestaltungsmotiv dieser Bauten.[229]

Die *Hagia Sophia* (Abb. 12, 13, 14), erbaut in den Jahren 532 bis 537 n. Chr. von den Architekten Anthemios von Tralleis und Isidoros von Milet im Auftrag von Kaiser Justinian I, wird schon im 6. Jahrhundert als *achtes Weltwunder* bezeichnet. Die *Hagia Sophia* zählt zu den ersten Grossbauten mit Hängekuppel. Im Laufe der Jahrhunderte wird die Kirche von Kathastrophen heimgesucht, um 558 stürzt die Kuppel nach einem Erdbeben ein und wird durch die noch heute bestehende ersetzt.[230]

Abb. 14 I Hagia Sophia, Ansicht von Süden, 2004

222 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.39
223 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.91
224 Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.185
225 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.40
226 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.45
227 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.44
228 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.40
229 vgl. Gympel (1996): Geschichte der Architektur von der Antike bis heute, S.11
230 vgl. Hoffmann (2005): Der geometrische Entwurf der Hagia Sophia in Istanbul, S.3

Abb. 15 I Alhambra zu Granada, Löwenhof, Gesamtansicht der Westpartie mit Löwenbrunnen

Abb. 16 I Alhambra zu Granada, Löwenhof, Arkaden an der Südseite des Westpavillons

Abb. 17 I Arabeske

ISLAMISCHE ORNAMENTE UND MUSTER

Mit dem Islam entsteht um 600 n. Chr. ein neuer Abschnitt der Architektur- und Kunstgeschichte, der bis ins 16. Jahrhundert reicht. Die islamische Architektur übernimmt spätantike, frühchristliche, persische und auch indische Elemente, jedoch selten architektonische Bauteile.[231]
Das Ornament nimmt in allen Bereichen der islamischen Kunst, vor allem als Architekturdekor, eine wichtige Rolle ein. Die bedeutende Funktion des Ornaments in der islamischen Kultur steht im engen Zusammenhang mit Aussprüchen des Propheten Mohamed.[232] Die islamische Religion unterliegt einem Bilderverbot, und somit sind keine Darstellungen von lebenden Wesen, wie Menschen oder Tieren, gestattet. Vorherrschend sind florale und geometrische Motive. Besondere Bedeutung hat die Arabeske, ein vegetabiles Ornament.[233] Die Arabeske (Abb. 17), ein klassisches Rankenornament aus der hellenistisch-römischen Antike, entwickelt sich aus dem assyrischen Rankenornament und setzt sich aus streng stilisierten, ineinander verschlungenen Pflanzenranken zusammen.[234] Viele Bauten werden flächendeckend mit kunstvollen Ornamenten und Musterformen überzogen. In der islamischen Kunst wird die Arabeske immer stärker stilisiert.[235] Außergewöhnliche Arabesken sind der *Alhambra zu Granada* vorzufinden. Der Löwenhof der Alhambra (Abb. 15, 16) glit als Inbegriff arabischer Architektur, der Löwenbrunnen als erhöhtes monumentales Ensemble bildet den Mittelpunkt.[236]

231 vgl. Gympel (1996): Geschichte der Architektur von der Antike bis heute, S.17
232 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.214
233 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.25
234 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.215 und vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.25
235 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.215
236 vgl. Grécy (2008): Die Alhambra zu Granada, S.29ff

ENTWURF UND BAUPRAXIS IM MITTELALTER

In der europäischen Geschichte ordnet sich das Mittelalter (500 und 1500 n. Chr.) zwischen Ende der Antike und Beginn der Neuzeit ein. Die Epoche teilt sich in frühes, hohes und spätes Mittelalter.[237] Romanik und Gotik sind stark vom Sakralbau und von profanen Repräsentationsbauten geprägt. Nach wie vor prägen geometrische und vegetabile Motive die Gestaltung des Mittelalters. Geometrie dient auch im Mittelalter als Grundbaustein der Architektur und Ornamentik. *Quadratur* und *Triangulation*, mathematische Methoden, die ihren Ursprung in der Gotik haben, basieren auf geometrischen Rastern und Proportionen. Ein Quadrat wird mit Hilfe von Quadratur und anderen geometrischen Methoden bearbeitet, bis sich ein Blütenmotiv ergibt.[238]

Die Blütezeit der geometrischen Ornamentik ist im maurischen Baustil verankert, erfährt in der Gotik im 13. Jahrhundert nochmals Würdigung. Architekturschaffende des Mittelalters nutzen die Methoden aus praktischen Gründen, da in dieser Zeit kein einheitliches Maßsystem bestand. Beide Methoden sind eigentlich nur ein Hilfsmittel, bringen aber eine „in ihren Proportionen auch sehr harmonische Architektur hervor.“[239]

Berühmte Baumeister der Architekturgeschichte können auch gleichermaßen als bedeutende Mathematiker gelten.[240] Im Entwurf und im Baugeschehen dominiert weiterhin das Handwerk. Zu den Grundwerkzeugen Architekturschaffender zählen Lineal, Winkelmesser und Zirkel. Anfangs erfolgt die Wissensweitergabe über Ornamente mündlich, im Laufe der Zeit etablieren sich die Skizzen- und Musterbücher zu wertvollen Lehrbüchern, die Erfahrungen und Kunstregeln dokumentieren. Erfahrungen und Kunstregeln werden gesammelt und durch eine Vielzahl an Zeichnungen können wesentliche Erkenntnisse über das künstlerische Schaffen einer Bauhütte, welche als Werkstattgemeinschaft zu verstehen ist, gewonnen werden.[241] Das *Bauhüttenbuch* von Villard de Honnecourt, aus dem 13. Jahrhundert stammend, wird als eine der wichtigsten Quellenschriften des Mittelalters zum Thema Architektur und Bauwesen verstanden.[242] Musterbücher sind zu dieser Zeit und auch noch heute wesentlich für die Ausbildung und zählen zu den wichtigsten Lehrbüchern, sie dienen als Vorlage für die Praxis.

In der Baupraxis werden Ornamente bis Mitte des 19. Jahrhunderts vorwiegend in aufwendiger Handarbeit und mit historischen Materialien wie beispielsweise Naturstein, Ziegel oder Holz hergestellt. Im Mittelalter gerät das Wissen über *Opus Caementitium* in Vergessenheit. Mörtel wird aus einem Gemisch „aus reinem Lehm und Kalk oder Sand hergestellt.“[243] Desöfteren werden Ziegelmehl und Gips als Zusätze verwendet. In der Hoffnung die Festigkeit des Mörtels zu verbessern, werden unterschiedlichen organische Stoffe, beispielsweise Essig oder Milch, beigemengt. Die Experimente führen aber erst einige Jahrhunderte später zum gewünschten Erfolg.[244]

ORNAMENTE UND MUSTER IN DER ROMANIK

Die Romanik ist zwischen 900 bis 1270 n. Chr. einzuordnen und teilt sich in mehrere Phasen, zum einen in die karolinische und ottonische Baukunst bis 1024 n. Chr., Frühromanik bis 1106 n. Chr. Hochromanik bis um 1190 und in die Spätromanik bis um 1270 n. Chr.[245] Der Begriff wird erst um 1825 geprägt und stammt vom französischen *l´art roman*, übersetzt die römische Kunst, ab.[246] Die Romanik greift auf römische Formenelemente zurück.[247]

Die romanische Bauweise wirkt geschlossen, fest, wuchtig und streng. Die monumentale, architektonische Gestalt wird durch die Betonung des Waagrechten hervorgehoben. Eine Gliederung erfolgt durch Gesimse, Bogenfries, Lisenen und rhythmisch verteilte Fenster.[248] Eine weitgehende Reduzierung der Fenster, die Anwendung flachen Dekors und der Verzicht auf Verputz verstärkt diese Wirkung. Die Konstruktionen erscheinen vereinfacht und reduziert.

237 vgl. Studer (2010): Baustilkunde, Zeittafel Anhang
238 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.15
239 Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.15
240 vgl. Rhein (2008): Mathematik bahnt den Weg. Die mathematische Ausbildung des Baumeisters, in: Blauert/Rhein (Hrsg.): Maß, Zahl und Gewicht, S.19
241 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.13
242 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.39
243 Kind-Barkauskas (2002): Beton in der Architektur, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.11
244 vgl. Kind-Barkauskas (2002): Beton in der Architektur, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.11
245 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.94
246 vgl. Wagner (2013): Stilgeschichte der Ornamente, S.38
247 vgl. Schlagintweit/Forstner (2003): Kunstgeschichte, S.98
248 vgl. Grube/Kutschmar (2004): Bauformen von der Romanik bis zur Gegenwart, S.88

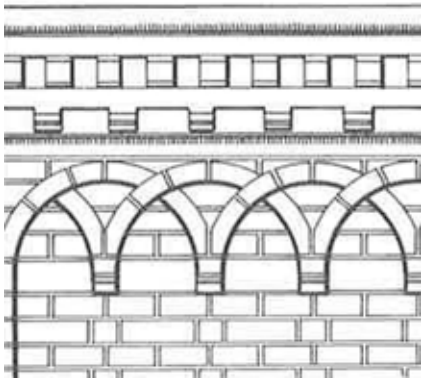


Abb. 18 I Bogenfries aus Backsteinen

Abb. 19 I Kaiserdom zu Worms, Ansicht der Ostteile von Nordosten

Abb. 20 I Kaiserdom zu Worms, Ansicht der Ostteile mit dem Portal ins nördliche Seitenschiff von Nordwesten

Das ottonische Würfelkapitell, eine abgewandelte Form des korinthischen Kapitells, ist charakteristisch für die Romanik.[249] Kugel und Würfel verschmelzen miteinander. Eine Verzierung der glatten Flächen des Würfelkapitells wird durch hängende Halbbögen, Blattwerk und Palmetten erzielt. Neben dem Würfelkapitell werden Figurenkapitelle und Kapitelle mit szenischen Darstellungen angewendet.[250] Figuraler Schmuck befindet sich meist im Inneren der Kirche.[251] Um 1000 n. Chr. werden Friese (Abb. 18) als bevorzugtes Dekorationsmittel und als Bauschmuck eingesetzt.[252] Vielfältige Formen entstehen auf der Basis geometrischer Grundformen wie Dreieck, Raute, Quadrat oder Halbbogen. Zu den einfachen, eher flachen romanischen Friesformen zählen Sägezahn-, Zickzack-, Rauten-, Scheiben-, Platten-, Schuppen- und Mäanderfries. Plastisch stärker ausgebildet sind das deutsche Band, der Rollen- und der Kegelfries sowie der Nagelkopf- und Diamantfries. Blatt- und Laubfriese, Tierfriese, und den aus Vogel, Tier- und Menschenkopf zusammengesetzten Schnabelkopffries ist in dieser Epoche auch vertreten.[253] Bauschmuck wird vorwiegend bei Portalen, Fenster, Säulen und Säulenkapitellen eingesetzt.[254]

In der Hochromanik gewinnt das Streben nach Monumentalität und Repräsentation zunehmend an Bedeutung und erfährt seine größte Ausprägung. Die *Kaiserdome Mainz* (um 980), *Speyer* (um 1025) und *Worms* (um 1130) symbolisieren imperiale Macht.[255] Den architektonischen Kern des Wormser Doms bildet eine doppelchörige Bischofskirche, die kultischen Elemente befinden sich in den Ostteilen (Abb. 19, 20). Dekorelemente sind an der Fassade und beim Eingangsportal positioniert.[256] Durch Weiterentwicklung der Bautechnik wird der romanische Stil verfeinert und aussagekräftiger. Das Mauerwerk wird zunehmend aufgelöst und architektonische Elemente gliedern die Flächen. Für die Romanik sind Pflanzenmotive kennzeichnend. Vegetabile Ornamentmotive in stilisierter Form wie Ranke, Akanthus und Palmette sind weit verbreitet.[257]

249 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.93
250 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.98
251 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.93
252 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.95
253 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.394
254 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.98f
255 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.102 und vgl. Schlagintweit/Forstner (2003): Kunstgeschichte, S.100
256 vgl. Kosch (2011): Die romanischen Dome von Mainz, Worms und Speyer, S.38ff
257 vgl. Schlagintweit/Forstner (2003): Kunstgeschichte, S.59

Abb. 21 I Gotisches Maßwerk

Abb. 22 I Gotisches Maßwerk

Abb. 23 I Frühgotische Säule mit Laubkapitell und naturalistischem Laubdekor

ORNAMENTE UND MUSTER IN DER GOTIK

Der Ursprung gotischer Ornamentmotive ist Mitte des 12. Jahrhunderts in Frankreich einzuordnen. Die Gotik setzt im europäischen Raum jedoch zu unterschiedlichen Zeitpunkten ein.[258] Zeitlich wird die Gotik in drei Abschnitte geteilt. Die Frühgotik kennzeichnet eine schmale, nach oben strebende Linienführung und gotische Ornamente stehen immer im Einklang mit dem Baukörper. In der Hochgotik bis hin zur Spätgotik wird die Linienführung gesteigert. Der Begriff wird erst in der Renaissance geprägt, Assoziationen zum Wort sind anfangs negativ und abwertend, der Wortursprung stammt aus dem Italienischen und der Begriff *il gotico* wird mit „barbarisch, nicht antik“[259] gleichgesetzt.

Inbegriff gotischer Architektur ist bis heute die Kathedrale und diese symbolisiert den Herrschaftsanspruch und die Macht der französischen Könige. Dies spiegelt sich in der Fassade wider und der Chorraum, als kultisches Zentrum, wird zum Wesensmerkmal der Kathedrale.[260] Charakteristisch für die Gotik sind eine in vier Zonen geteilte Wandgliederung (Arkade, Empore, Triforium, Obergarden), Rundpfeiler und ein sechsteiliges Gewölbesystem.[261] Für die Betonung des Vertikalen und das Streben nach oben sind Rippengewölbe, Strebebögen und Strebepfeiler maßgeblich. Schmuck und Dekoration sind in der Gotik somit *nach oben*, Richtung Himmel, orientiert.[262] Die Rippen haben hier eine tragende Funktion und „sind meist mit blattverzierten Schlusssteinen ausgeführt.“[263] Der Bauschmuck tritt in unterschiedlicher Form in Erscheinung und ist u.a. am Kapitell, an der Konsole, am Pfeiler oder als Schlussstein vorzufinden.[264] Typisch sind abschließende Kapitelle, die mit Blattwerk geschmückt oder Blattmasken verziert sind. Gotische Portale und Fassaden sind in der Regel reich geschmückt. Für die Gotik sind grafisch-geometrische und vegetabile Motive kennzeichnend. Charakteristisches, gotisches Ornament ist das Maßwerk (Abb. 21, 22).[265] Die Anfänge des geometrisch, konstruierten Bauornaments liegen in der Romanik und zu den Grundmotiven des Maßwerks zählen der Pass und die Fischblase.[266] Ornamentale Motive wie Dreipass, Vierpass, Sechspass und das Fischblasenmuster sind kennzeichnend für diese Epoche. Seltener und somit belangloser ist das Faltenornament, das auf geknickten und geschlungenen Bändern basiert.[267]

258 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.146
259 Schlagintweit/Forstner (2003): Kunstgeschichte, S.104
260 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.149
261 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.156
262 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.149
263 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.144
264 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.160f
265 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.144 und vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.163
266 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.329
267 vgl. Steiner-Welz (2006): Musterbuch der Ornamente, S.71

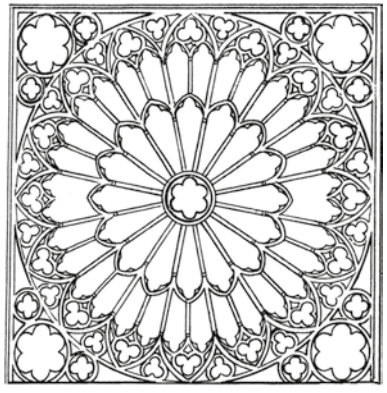


Abb. 24 I Notre-Dame, Westrose

Abb. 25 I Notre-Dame, Eingangsportal

Abb. 26 I Notre-Dame, Ansicht

Geometische Figuren entstehen aus verschlungenen Linien und Bändern und bilden u.a. das Knotenwerk, ein reines Linienmotiv.[268] Das Rollwerk, eine bandartige eingerollte Verzierung, ist meist kein eigenständiges Ornament. Das Rollwerk ist als Rahmenornament zu verstehen, befindet sich häufig am Randgebiet einer Bauform und übernimmt die Aufgabe der plastischen Akzentuierung.[269] Eine Weiterentwicklung des einfachen Knollenblattwerks sind Krabben (Kriechblumen) und Kreuzblumen.[270] Krabben verzieren Strebebögen, Wimperge, Giebel und Fialen. Ein Bauelement ist meist mit mehreren Krabben besetzt und schließt am oberen Ende mit einer Kreuzblume ab.[271]

Einen Gegenpol zum geometrischen Maßwerk bildet im 13. Jahrhundert eine reiche Pflanzenornamentik, die den in der Romanik vorherrschenden Akanthus durch einheimische Pflanzen wie Weinstock, Wegerich, Eisenhut, Efeu, Hagebutte, Wacholder und Eiche ablöst (Abb. 23). Eine möglichst naturgetreue Nachahmung ist bei spätgotischen Ornamenten zu erkennen.[272] Fast alle Blüten- und Blattformen kommen als Ornamentmotiv vor. Häufig treten bei der Kapitellgestaltung Efeu und stilisierte Knospen auf. Dekor wird immer kleinteiliger und differenzierter, Mauerteile werden mit floralen Motiven überwuchert, die anfangs stilisiert und später naturgetreu dargestellt werden.[273]

Zu den Gründungsbauten der französischen Gotik zählt u.a. die *Abteikirche von Saint Denis* (1140-1144) bei Paris. Ein Beispiel der französischen Frühgotik ist die *Kathedrale Notre-Dame* (1163-1240) in Paris.[274] Die Fassade zieren klassische Dekorationselemente, beeindruckend ist die große Rose über dem Eingangsportal (Abb. 24, 25, 26). Ein hervorstechendes Merkmal der *Kathedrale von Salisbury* (1220-1258) ist der 123 Meter hohe Vierungsturm, ein Kennzeichen für *Early English*.[275] Bei der K*athedrale Lincoln* (1192) haben die Mittelrippen der Fächergewölbe eine rein dekorative und keine tragende Funktion. Reiche Ornamentik kennzeichnet den Sakralbau.[276] Mitte des 14. Jahrhunderts entsteht der *Perpendicular Style*, der bei den Umbauarbeiten der *Kathedrale von Gloucester* (1089) zu finden ist.[277] Die italienische Gotik löst sich stärker vom französischen Vorbild und führt eine eigene Tradition weiter. Auf prunkvollen Bauschmuck wird weitgehend verzichtet, klare und gerade Bauformen mit großflächigen Wandbemalungen sind vorherrschend. In Deutschland fasst der gotische Baustil nur zögerlich Fuß. Mitte des 14. Jahr-

268 vgl. Steiner-Welz (2006): Musterbuch der Ornamente, S.71
269 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.391
270 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.144f
271 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.274 und vgl. Schlagintweit/Forstner (2003): Kunstgeschichte, S.60
272 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.394
273 vgl. Gympel (1996): Geschichte der Architektur von der Antike bis heute, S.36
274 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.168
275 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.193
276 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.207
277 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.208

hunderts ist die Hallenkirche als Typus vorherrschend und das Maßwerk zählt zu den charakteristischen Ornamenten der Epoche. Mit der maschinellen Herstellung von Ziegeln etabliert sich die Ziegelbauweise. Bei der neu entwickelten Backsteingotik werden klassische Zierformen mit Backsteinen nachempfunden. Backsteinbauten sind für diese Epoche in England und Deutschland charakteristisch.[278]

ENTWURF UND BAUPRAXIS IN DER NEUZEIT

Die Neuzeit teilt sich in die Teilperioden Renaissance, Barock, Rokoko und Klassizismus. Neben neuer Entdeckungen, der Reformation und Glaubensspaltung sind der frühen Neuzeit die Renaissance und der Barock zuzuordnen.[279]

Antike Zitate, Symmetrie und Proportion prägen die Architektur der Neuzeit. Grundlagen des Entwurfs bildet das „Quellenstudium antiker Schriftsteller"[280], jedoch verändert sich die Weltanschauung, indem in der Renaissance der *Mensch als Maß aller Dinge* in den Mittelpunkt rückt und die Kirche zurückdrängt.[281] Die Gestaltung der Bauwerke orientiert sich an Grundlagen der Geometrie, Symmetrie und mathematischen Ordnung. Ornamente und Muster sind der Antike entlehnt. Geometrische und florale Motive sind vertreten. Eine starke Tendenz zur floralen Dekoration und figürlichen Darstellung ist spürbar. Ornamente der vergangenen Jahrhunderte werden enzyklopädisch dokumentiert und in Form von Musterbüchern publiziert und dienen zeitgenössischen Gestaltern als Inspirationsquelle und Vorlage. In den ersten Mustersammlungen wird selbst Ausgeführtes und Erfundenes gezeichnet und dokumentiert. Mit dem Buchdruck, ist eine Anfertigung und Verbreitung von Musterbüchern möglich. Der Prozess verläuft jedoch sehr langsam und ist geographisch wie auch in der Auflagenzahl begrenzt.[282]

Im 15. Jahrhundert setzt, nachdem Vitruvs Schriften wiederentdeckt werden, eine „Verwissenschaftlichung und Mathematisierung der Baukunst"[283] ein. In der Renaissance sind Mathematik und Geometrie vorwiegend von den Ideen Pythagoras geprägt.[284] Lange Zeit wird die *euklidische* bzw. *parabolische Geometrie* nicht angezweifelt.[285] Ein Grundstein für die *nichteuklidische Geometrie* wird jedoch schon mit der *projektiven Geometrie* Anfang des 17. Jahrhunderts gelegt. Als Wegbereiter dieser werden in der Literatur Gérald Desargues und Blaise Pascal genannt.[286] Mit der Einführung der Perspektive in der Geometrie und des „unendlich fernen Punktes"[287] werden wesentliche Schritte für die nichteuklidische Geometrie gesetzt.[288] Viele Architekturschaffende des 15. bis 18. Jahrhunderts haben zunächst ein Handwerk erlernt und sich das mathematische Wissen in der praktischen Ausbildung beispielsweise als Goldschmied, Maurer, Steinmetz oder Bildhauer angeeignet.[289] Im Baugeschehen dominiert ein praktisches Verständnis und Handarbeit. Die Formensprache orientiert sich an antiken Vorbildern.[290] Als Baumaterial werden vorwiegend Holz, Ziegel und Bruchstein eingesetzt. Im 16. Jahrhundert wird in den Niederlanden die hydraulische Wirkung von gemahlenem Tuffstein (Traß) entdeckt. Der Handel mit Tuffstein wird in Europa zum wichtigen Wirtschaftsfaktor. Die Herstellung wirksamer Bindemittel bleibt anfangs jedoch ohne nennenswerten Erfolg. Im 18. Jahrhundert entdeckt ein Engländer die „Grundlagen der Hydraulizität."[291] Die Erkenntnis, dass ein bestimmter Gehalt an Ton im Zement für das Abbindevermögen verantwortlich ist, setzt den Grundstein für eine weitere Betonherstellung. Mit der Entwicklung der Eisenindustrie in den 60er Jahren des 18. Jahrhunderts entsteht ein neues Konstruktionsmaterial.

278 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.174f
279 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.236
280 Koch (2006): Baustilkunde, S.213
281 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.212
282 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.13
283 Van den Driesch (2008): Mathematik und Baupraxis, in: Blauert/Rhein (Hrsg.): Maß, Zahl und Gewicht, S.95
284 Jormakka (2007): Geschichte der Architektur, S.117
285 vgl. Heffter (1940): Grundlagen und analytischer Aufbau der Projektiven, Euklidischen und Nichteuklidischen Geometrie, S.40
286 vgl. Heffter (1940): Grundlagen und analytischer Aufbau der Projektiven, Euklidischen und Nichteuklidischen Geometrie, S.6
287 Rhein (2008): Mathematik bahnt den Weg. Die mathematische Ausbildung des Baumeisters, in: Blauert/Rhein (Hrsg.): Maß, Zahl und Gewicht, S.19
288 vgl. Rhein (2008): Mathematik bahnt den Weg. Die mathematische Ausbildung des Baumeisters, in: Blauert/Rhein (Hrsg.): Maß, Zahl und Gewicht, S.19
289 Rhein (2008): Mathematik bahnt den Weg. Die mathematische Ausbildung des Baumeisters, in: Blauert/Rhein (Hrsg.): Maß, Zahl und Gewicht, S.18
290 vgl. Riese (2000): Seemanns kleines Kunstlexikon, S.246
291 Kind-Barkauskas (2002): Beton in der Architektur, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.12

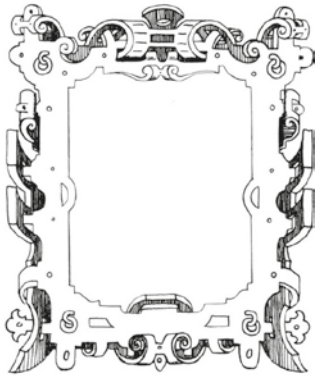


Abb. 27 I Rollwerk

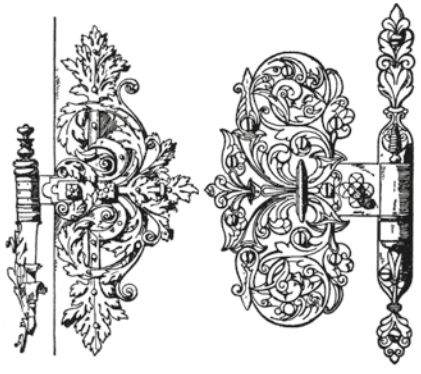


Abb. 28 I Beschlagwerk, Renaissance-Türbander

Abb. 29 I Renaissance-Kartusche

Abb. 30 I Renaissance-Kartusche

ORNAMENTE UND MUSTER IN DER RENAISSANCE

Mit Beginn der Renaissance verändert sich die architektonische Formensprache. In der Renaissance vereinen sich mehrere Strömungen, u.a. der Humanismus, die Zeit der Reformation mit beginnender Gegenreformation und der Manierismus.[292] Der Begriff Renaissance wird vom italienischen Wort *rinascimento* abgeleitet und bedeutet Wiedergeburt der griechisch-römischen Antike.[293] Die Anfänge sind um 1420 in Italien, vor allem in Florenz, einzuordnen und der Stil verbreitet sich von dort aus in Richtung Alpen.[294] Den Baustil charakterisieren Ausgewogenheit und Symmetrie, mathematische Ordnung, Anwendung geometrischer Formen und antiker Bauglieder, Betonung der horizontalen Elemente, plastischer Architekturzierrat und Ornamentformen. Der Rückgriff auf das antike Motiv ist deutlich spürbar. Architekturschaffende der Renaissance sind um eine harmonische und stilvolle Anordnung der Baukörper bemüht.[295]

Zu den vorherrschenden Bautypen zählen Palast-, Schloss- und Kirchenbauten. Nördlich der Alpen tritt der Kirchenbau in den Hintergrund, das Architekturbild prägen profane Bauten. Fenster werden nicht mehr gleichmäßig gereiht, sondern in Gruppen angeordnet. Fassaden erhalten mehr Plastizität und Bauornamente werden vermehrt eingesetzt. Erstmals findet auch eine Korrespondenz zwischen innerer und äußerer Gestalt statt. Erwähnenswerte sakrale Bauten sind der *Dom* (1294-1467) in Florenz, bei dem die Konstruktionsglieder in den Hintergrund treten und *St. Peter* (1506-1626) in Rom. Filippo Brunelleschi, Filarete (bürgerlicher Name Antonio Averlino), Donato Bramante und Leon Battista Alberti entwerfen bedeutende Bauten der Renaissance.[296] Ende des 16. Jahrhunderts ist die Architektur Andrea Palladios richtungsweisend. In Deutschland und Frankreich entfaltet sich die Renaissancearchitektur nur schwer, die Gotik wirkt auch in England lange nach und der Baustil fasst nur schwer Fuß.[297] Im Kirchenbau werden Säulen mit einer Entasis und antiken Kapitellformen angewendet. Vorherrschende, wieder aufgenommene Schmuckelemente sind u.a. Kyma, Eier- und Perlstab, Zahnschnitt, Akanthus(blattranke) und Palmetten. Durch Betonung der horizontalen Elemente tritt die Symmetrie der Ornamentik in den Vordergrund.[298] Der Bauschmuck ist nicht ausschließlich eine Kopie antiker Formen, sondern wird entsprechend einer mittelalterlichen Gestaltungstradition angewendet. Häufig verwendete Verzierungselemente für Friese sind Bukranien, Schilden, Girlanden oder Engelsköpfchen. Neben der Groteske, einer antiken Schmuckform, werden auch andere Ornamente

292 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.212
293 vgl. Riese (2000): Seemanns kleines Kunstlexikon, S.246 und vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.215
294 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.213
295 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.215
296 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.226
297 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.216
298 vgl. Luidl/Huber (1986): Ornamente, S.13

wie die Arabeske und die Maureske wieder aufgenommen. In Deutschland und in den Niederlanden entstehen in der Spätrenaissance neue Ornament- und Schmuckformen, u.a. das Rollwerk (Abb. 27), ein Rahmenornament, das Beschlagwerk (Abb. 28) und das Ohrmuschelwerk.[299] Die Kartusche (Abb. 29, 30), eine Rolle, Patrone oder Einfassung, somit eine verfeinerte Form des Rollwerks, hat keinen Ursprung in der Antike und wird höchstwahrscheinlich um 1550 erfunden.[300] Anwendung findet sie somit schon in der Hochrenaissance und zählt zur gängigen Zierform im Barock und im Rokoko. Die Kartusche wird als Motiv „plastisch ausgearbeitet oder scheinbar plastisch dargestellt."[301] Ihre architektonische Wirkung entfaltet die Kartusche als Applikation über Portalen, im Gewölbe oder über Gesimsen. Durch die Erfindung des maschinellen Buchdrucks Mitte des 15. Jahrhunderts ist eine „massenhafte Verbreitung ornamentaler Modelle und ganzer Dekorationssysteme"[302] möglich. Durch die druckgraphische Reproduktion erfährt das Ornament eine Vereinheitlichung und Objektivierung. Das Interesse des Renaissanceornamentikers liegt nicht nur mehr auf der Struktur des Ziergliedes, beispielsweise einer Akanthusranke, sondern auch am genauen Aussehen der Stängel und Blätter. Mit der Erfindung des Bruchdrucks ist eine detailgenaue Vervielfältigung möglich, zeichnerische Kopien hätten teilweise zu abweichenden Darstellungen geführt.[303] Eine erste Trennung von Kunst und Handwerk setzt in der Renaissance ein.

ORNAMENTE UND MUSTER IM BAROCK UND IM ROKOKO

Der Barock setzt um 1580 in Europa ein, indem sich die Renaissance auflöst.[304] Der Barock orientiert sich nicht konkret an einem Vorbild und wird auch von keiner Theorie, wie etwa die Renaissance, untermauert. Etymologisch ist der Begriff etwas unklar. Der Begriff stammt vom portugiesischen Wort *barocco* ab und wird mit unregelmäßig geformter oder schiefrunder Perle übersetzt.[305] Der Begriff wird auch als geschmacklos[306] oder als „etwas Widersinniges"[307] gedeutet. Der Stilwandel nimmt in Italien einen ganz anderen Verlauf als im Norden Europas. Der Veränderungsprozess ist zu allererst in Rom zu beobachten.[308] Zu Beginn ist der Barock „schwer, massig, gebunden, ernst"[309], später wird der Stil „leichter, fröhlicher und der Schluss ist die spielende Auflösung aller tectonischen [sic!] Formen."[310] Die Epoche ist vom Sakralbau geprägt und der Zentralbau zählt zum Hauptwerk der Epoche.[311] Eine Rückbesinnung auf Vergangenes erfolgt. Klassische Ornamente wie Akanthus, Eierstab, Perlstab, Zahnschnitt, Kassetten, Palmetten, Bündelstab, Blattstab und Feston sind vertreten.[312] Im Barock wird die Ornamentik von bewegten und geschwungenen Formen geprägt, Einförmigkeit wird aufgelöst.[313] Die Anordnung von Schmuck und Zierrat folgt einem symmetrischen Konzept. Die Mittelachse der Bauten wird stark hervorgehoben und das Gebäude hat die Funktion zu beeindrucken, zu verwirren und zu überwältigen. Das Wesensmerkmal der Epoche ist Repräsentation.[314] Die Barockarchitektur prägen Symmetrie und Ausgewogenheit und die Ellipse, eine dynamische Form des Ovals, wird zum Sinnbild der Epoche.[315] Kennzeichen des von Bewegung erfassten Motivs sind kraftvolle, schwingende, bewegte Formen mit kreisender oder kurviger Linienführung. Ecken werden vermieden. Architektonische Elemente, wie Säulen, Pilaster und Fenster, werden in Gruppen zusammengefasst. Typisch sind u.a. auch gesprengte Giebel, abgeleitet aus dem Dreiecks- und Segmentgiebel, verkröpfte Gesimse, Gipsstuck und Statuen als Bauschmuck. Die prachtvolle Wirkung der Gebäude wird häufig nur suggeriert, indem architektonische Elemente aufgemalt werden und Gips vergoldet wird. Illusionismus ist für die Epoche charakteristisch.[316] Charakteristische Ornamente

299 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.393
300 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.240
301 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.240
302 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.13
303 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.13
304 vgl. Wölfflin (1888): Renaissance und Barock, S.1
305 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.236
306 Koch (2006): Baustilkunde, S.264
307 Wölfflin (1888): Renaissance und Barock, S.10
308 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.236
309 Wölfflin (1888): Renaissance und Barock, S.3
310 Wölfflin (1888): Renaissance und Barock, S.3
311 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.240
312 vgl. Schlagintweit/Forstner (2003): Kunstgeschichte, S.63
313 vgl. Luidl/Huber (1986): Ornamente, S.14
314 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.237
315 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.238f
316 vgl. Luidl/Huber (1986): Ornamente, S.14

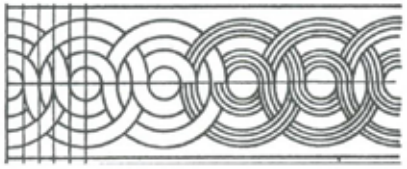


Abb. 31 I Bandelwerk, Flecht- und Kettenband

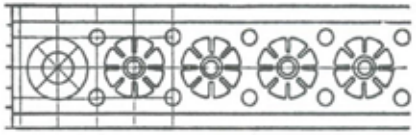


Abb. 32 I Bandelwerk, Blumen- und Blattband

Abb. 33 I Rocaille

Abb. 34 I Knorpelwerk

und Muster des Spätbarocks sind das Bandelwerk, das Knorpelwerk und das Ohrmuschelwerk. Neue Bauornamente des Barocks sind der Voluten- und der Wellengiebel.[317] Das Bandelwerk (Abb. 31, 32) entwickelte sich um 1690 in Frankreich und dient zur Verzierung von Decken und Fensterlaibungen. Es zählt zu den symmetrischen Dekorationselementen und setzt sich aus geschwungenen, schmalen Bändern und vegetabilen Ornamenten, die mit Ranken- oder Blattwerk verziert sind, zusammen. Zum Bandelwerk zählen das Kettenband, das Flechtband, das Blumenband und das Blattband.[318] Das Knorpelwerk (Abb. 34) tritt zwischen 1610 und 1670 vorwiegend im europäischen Raum, insbesondere Deutschland, auf.[319] Es bildet sich aus knorpel- oder muskelartigen Formen, „weiche und fleischige, muskulöse und schwellende, aber auch steife und knochige Formen“[320] sind kennzeichnend. Anatomische Vorbilder bestimmen häufig die Gestalt, teilweise haben Ornamente eine erotische oder obszöne Wirkung, andere erscheinen unheimlich und abstoßend. Als Ochsenauge werden ovale und runde Fensteröffnungen mit rahmenden Ornamenten bezeichnet.[321] Diese können in Wänden, in Kuppeln oder bei Dachaufbauten als Dachgaupen positioniert sein.[322] Nach 1700 erreicht das Akanthusblatt in veränderter, bewegter Form seinen Höhepunkt. Es findet eine Verschmelzung vieler plastischer Zierglieder statt.[323] Um 1715 entsteht in Paris das Rokoko, ein Stil, der vorwiegend in der Innenarchitektur zu finden ist. Die *Rocaille* (Abb. 33), ein asymmetrisches Motiv, das einer Muschelform ähnlich ist, stellt das zentrale Dekorationselement dar und der Begriff Rokoko leitet sich davon ab.[324] Das Grundmotiv tritt als rahmendes oder selbstständiges Ziermotiv auf.[325] Wesentliche Merkmale der Ornamentik und Dekoration des Rokokos sind Leichtigkeit, Labilität, Asymmetrie und üppiger Formenreichtum.[326] Neue Elemente sind *Putten* (Engel).[327] Neben dem häufig vorkommenden Muschel- und Knorpelwerk werden Bauglieder mit Blumen und Ranken in naturalistischer oder bizarrer Form verziert. Mitte des 18. Jahrhunderts wird der Dekor feiner und das Ornament als Applikation rückt in den Mittelpunkt.[328]

317 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.22
318 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.19
319 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.263
320 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.264
321 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.375
322 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.344
323 vgl. Grube/Kutschmar (2004): Bauformen von der Romanik bis zur Gegenwart, S.143 und vgl. Luidl/Huber (1986): Ornamente, S.14
324 vgl. Koepf/Binding (2005): Bildwörterbuch der Architektur, S.395
325 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.22
326 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.253
327 vgl. Luidl/Huber (1986): Ornamente, S.14
328 vgl. Luidl/Huber (1986): Ornamente, S.14

Abb. 35 I Schauspielhaus in Berlin, Ansicht

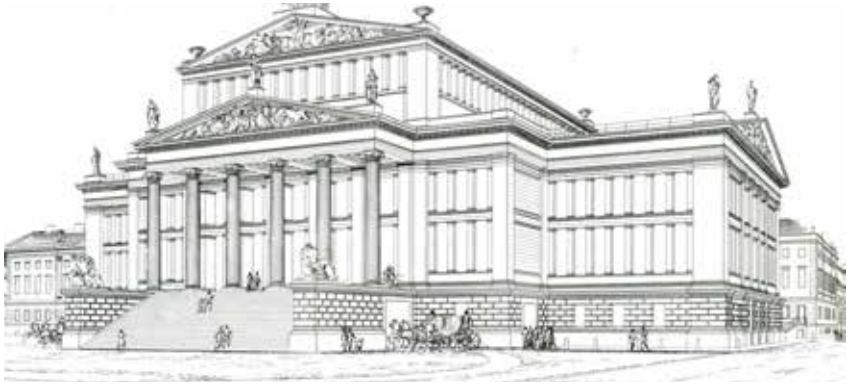


Abb. 36 I Schauspielhaus in Berlin, Perspektivischer Stich

ORNAMENTE UND MUSTER IM KLASSIZISMUS

Als Gegenbewegung zum Barock und Rokoko setzt um 1750 der Klassizismus ein. Schon seit der Renaissance gibt es klassizistische Tendenzen und Strömungen.[329] Der Klassizismus orientiert sich stark an der Antike, basierend auf der Formensprache des antiken Tempels. Griechische und römische Vorbilder beeinflussen die harten und klaren Zierformen des Klassizismus.[330] Die konstruktive, tragende Funktion der Säule steht im Vordergrund und nicht deren schmückende Aufgabe. Die dorische und die ionische Säulenordnung werden häufiger als die korinthische Ordnung und das Kompositionskapitell angewendet. Eine Tendenz zu *Einfachheit* und *Schlichtheit* in der Architektur leitet die Epoche ein. Kennzeichnende Gestaltungsprinzipien sind Klarheit und Reduktion, rechter Winkel und gerade Linien, streng symmetrische, stereometrische Baukörper, auf- und nebeneinander gestellte Elemente, Ruhe, Strenge und Erhabenheit.[331] Klassische Ornamente und Muster werden bei monumentaler Architektur nur sparsam eingesetzt und wirken oft wie angeheftet. Charakteristische Dekorationselemente der Epoche sind „Fries aus Triglyphen und Metophen, der Mäander und Palmettenband, Perl- und Eierstab, Girlanden, Urnen und Rosetten."[332] Häufig zieren Friese (Abb. 37) die Fassade. Säulenportikus und Dreieckgiebel sind häufig an Fassaden zu finden, rein dekorative Bauelemente werden kaum mehr eingesetzt. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts werden die strengen Grundregeln des Klassizismus zugunsten einer immer stärker werdenden malerischen und eleganten Baukunst aufgegeben.[333] Auch im Klassizismus wird dem Ornament keine Eigenständigkeit zuteil, es wird sparsam eingesetzt und versteht sich als Beiwerk zur Architektur und Kunst.[334]

Charakteristisch für den Klassizismus ist das *Schauspielhaus* (1818-1821) in Berlin von Friedrich Schinkel (Abb. 35, 36). Der Architekt zitiert die Antike. Dem kubischen Baukörper wird ein ionischer Tempelportikus vorgesetzt. Pfeiler und Fensterbänder betonen die Strenge des Baus. Durch figuralen Bauschmuck werden Erhabenheit und Strenge etwas aufgelockert.[335]

Abb. 37 I Medaillonfries mit Palmetten

329 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.265
330 vgl. Grube/Kutschmar (2004): Bauformen von der Romanik bis zur Gegenwart, S.145
331 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.266
332 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.260 und vgl. Luidl/Huber (1986): Ornamente, S.14f
333 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.260
334 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.266
335 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.373

2.2 THEORETISCHE POSITIONEN

Seit der Antike bestehen unterschiedliche philosophische, kunst- und architekturtheoretische Positionen und Architekturschaffende setzen sich mit den Grundlagen der Architektur auseinander. Theorien von Vitruv, Leon Battista Alberti und Andrea Palladio werden nun beispielhaft erläutert.

GEOMETRIE UND MATHEMATIK ALS GRUNDLAGE ANTIKER FORMEN

Richtungsweisend sind die Erklärungsansätze von Pythagoras (um 500 v. Chr.) die Realität mathematisch zu erklären und auf Zahlen aufzubauen. Bei Pythagoras hat „jede Zahl eine Bedeutung oder Affinität.“[336] Auf Pythagoras sind „die Begriffe ‚quadratische' und ‚kubische' Zahlen“[337] zurückzuführen. Die Entwicklung geometrische Ornamente und Muster wird seit Jahrtausenden von Naturwissenschaften geprägt. Schon in der Antike werden die aktuell gültigen mathematischen Regeln der *euklidischen Geometrie* festgelegt. Euklid verfasst 13 Bücher, *Die Elemente*, in denen das Wissen über Arithmetik, Flächen- und Raumgeometrie zusammengefasst wird. Um 300 v. Chr. werden erstmals Aussagen wissenschaftlich aufbereitet, indem Euklid *Definitionen* (Erklärungen), *Postulate* (Forderungen) und *Axiome* (Grundsätze) aufstellt und den Beweis antritt.[338] Im Buch I definiert Euklid geometrische Zeichen wie u.a. Punkt, Linie und Fläche[339] und endet mit dem „euklidischen Beweis des Pythagoreischen Lehrsatzes.“[340] Buch II umfasst *geometrische Algebra*.[341] Buch III und Buch IV behandeln die *Kreislehre*, die *Sehnen-* und die *Tangentenvielecke*. Buch V handelt von der *Proportionslehre* und im Buch VI wird die *Ähnlichkeit der Figur* behandelt. Mit dem sechsten Buch schließt der erste Teil seines Werks.[342]

VITRUV UND DIE ANTIKE ORDNUNG

Vitruv ist der einzige aus der Antike umfassend überlieferte Architekturtheoretiker, das Werk *De Architectura Libri Decem* (Zehn Bücher über Architektur) widmet Vitruv um 17 v. Chr. Kaiser Augustus Vitruv setzt sich eingehend mit der Architektur und ihren Gesetzmäßigkeiten auseinander. Vitruvs Werk wird mehrfach abgeschrieben und somit überliefert. Vitruv wird von späteren römischen Autoren nur selten zitiert und inwiefern sich Vitruvs Ideen auf die Architekturpraxis im Mittelalter auswirken, ist umstritten. Im Buch I schreibt Vitruv über die *Ausbildung des Architekten*,[343] definiert *ästhetische Grundbegriffe* und spricht über „die Einteilung der Architektur in ihre Einzelgebiete und über eine Vorschrift über die Anlage von Städten.“[344] Buch II gibt Information über die *Lehre von den Baumaterialien*.[345] Buch III beschreibt *Regeln für den Tempelbau*[346] und Buch IV liefert Information über *Tempeltypen*, *Säulenordnung* und *Proportionslehre*.[347] Buch VI und Buch VII behandeln *Privathäuser*. Buch VIII beschreibt *Wasserleitungen*, in Buch IX schreibt Vitruv über *Astronomie* und *Uhren* und in Buch X über den *Bau von Maschinen*. Nach Vitruv benötigt ein Architekt ein enzyklopädisches und umfassendes Wissen.[348] Nach Vitruv muss Architektur drei Kategorien genügen:[349] „*firmitas*‘ (Festigkeit), ‚*utilitas*‘ (Zweckmäßigkeit) und ‚*venustas*‘ (Anmut).“[350] Nach Vitruv wird auf Festigkeit geachtet, „‚wenn die Einsenkung der Fundamente bis zum festen Untergrund reicht und die Baustoffe […] sorgfältig […] ausgesucht werden.‘“[351] Zweckmäßigkeit wird nach Vitruv

336 Jormakka (2007): Geschichte der Architektur, S.117
337 Jormakka (2007): Geschichte der Architektur, S.117
338 vgl. Colerus (1937): Von Pythagoras bis Hilbert, S.53
339 vgl. Thaer (1933): Die Elemente von Euklid, Teil 1, S.1
340 Colerus (1937): Von Pythagoras bis Hilbert, S.54
341 vgl. Colerus (1937): Von Pythagoras bis Hilbert, S.53
342 vgl. Colerus (1937): Von Pythagoras bis Hilbert, S.54
343 vgl. Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.9f
344 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.11
345 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.21
346 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.11
347 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.21
348 vgl. Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.11ff
349 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.24
350 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.17
351 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.18

erfüllt, „‚wenn die Anordnung der Räume (locorum dispositio) fehlerfrei ist und […] zweckmäßig ist.'"[352] Auf Anmut wird Rücksicht genommen, „‚wenn das Bauwerk ein angenehmes und gefälliges Aussehen hat und die Symmetrie der Glieder die richtige Berechnung der Symmetrien hat.'"[353] Diese drei Ziele bilden die Basis der vitruvianischen Lehre, auf der in späteren Epochen Architekturschaffende wie u.a. Leon Battista Alberti aufbauen. Die dritte Kategorie *venustas* (Anmut) unterteilt Vitruv in sechs Grundbegriffe, die den Entwurfsprozess beschreiben.[354]

Kategorie *venustas* (Anmut):

1. ordinatio
2. dispositio
3. eurythmia
4. symmetria
5. decor
6. distributio

> „Ordinatio ist die nach Maß berechnete angemessene Abmessung (der Größenverhältnisse) der Glieder eines Bauwerks im einzelnen und Herausarbeitung der proportionalen Verhältnisse im ganzen zur Symmetrie. Diese wird aus der Quantitas, die griechisch Posotes heißt, hergestellt. Quantitas aber ist die Ableitung einer Maßeinheit aus dem Bauwerk selbst und die harmonische Ausführung des Gesamtbaues aus den einzelnen Teilen der Bauglieder."[355]

Ordinatio ist als „Ergebnis der Durchproportionierung eines Baus im ganzen und im einzelnen"[356] zu verstehen.

> „Dispositio ist die passende Zusammenstellung der Dinge und die durch die Zusammenstellung schöne Ausführung des Baues mit Qualitas."[357]

Nach den Griechen sind Formen (Ideen) der *dispositio* „Ichnographia, Orthographia, Scaenographia."[358] Die Formen ergeben sich durch „Nachdenken (cogitiatio) und der Erfindung (inentio)."[359] Grundsätzlich beschreibt Dispositio den „Bauentwurf (in Grundriß, Aufriß und Isometrie) und seine Ausführung."[360]

> „Eurythmia ist das anmutige Aussehen und der in der Zusammensetzung der Glieder symmetrische Anblick."[361]

Vitruv spricht hier von „Proportion im Gebäude selbst und in seiner Wirkung auf den Betrachter."[362] *Eurythmia* ist mit dem „modernen Harmonie-Begriff"[363] gleichzusetzen.

> „Symmetria ferner ist der sich aus den Gliedern des Bauwerks selbst ergebende Einklang und die auf einem berechneten Teil (modulus) beruhende Wechselbeziehung der einzelnen Teile für sich gesondert zur Gestalt des Bauwerks als Ganzem." [364]

Vereinfacht dargestellt spricht Vitruv vom „Einklang der Teile mit dem Ganzen innerhalb des Ganzen"[365], auf einen *modulus* bezogen. Der Begriff *symmetria* nach Vitruv ist mit dem gegenwärtigen Proportionsbegriff gleichzusetzen.[366] Die Bezeichnungen *ordinatio* (Prinzip), *eurythmia* (Wirkung) und *symmetria* (Ergebnis) sind Teilaspekte des „gleichen ästhetischen Phänomens."[367]

> „Decor ist das fehlerfreie Aussehn [sic!] eines Bauwerks, das aus anerkannten Teilen mit Geschmack geformt ist. Decor wird durch die Befolgung von Satzung […] oder durch Befolgung von Gewohnheit oder durch Anpassung an die Natur erreicht."[368]

Im griechischen Tempelbau sind die Säulentypen dorisch, ionisch, korinthisch jeweils Göttern zugeordnet. Für Mars und Herkules werden Tem-

352 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.18
353 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.18
354 vgl. Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.18 und vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architek-turtheorie, S.25
355 Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.37
356 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.25
357 Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.37
358 Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.37
359 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.26 und Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.39
360 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.26
361 Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.39
362 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.26
363 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.26
364 Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.39
365 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.26
366 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.26
367 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.26
368 Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.39

pel im dorischen Stil, Bauten ohne Schmuck, errichtet und symbolisieren die Männlichkeit der Götter. Für Venus, Flora, Proserpina und die Quellennymphen werden Tempel im korinthischen Stil erbaut. Im korinthischen Stil spiegelt sich das zarte Wesen durch eine schlanke Form, Blumen, Blätter und Voluten wider. Tempel im ionischen Stil werden für Juno, Diana, Bacchus und andere Götter erbaut. Der ionische Stil verbindet herbe Elemente des dorischen Stils mit zierlichen des korinthischen Stils.[369] *Decor* beschreibt jedoch nicht das hinzugefügte Ornament, sondern widmet sich der „Frage nach der Angemessenheit von Form und Inhalt."[370]

> „Distributio aber ist die angemessene Verteilung der Materialien und des Baugeländes und eine mit Überlegung auf Einsparungen ausgerichtete, zweckmässige Einteilung der Baukosten."[371]

Diese Formulierung ist aber eher *utilitas* (Zweckmäßigkeit) zuzuordnen. Erst der zweite Teil der Definition findet Anschluss an die Überlegungen zum decor, indem die Verhältnis von Baukörper und Bewohner beschrieben wird.[372]
Die *sechs Grundbegriffe* lassen sich zusammenfassend um *drei Komplexe* anordnen.[373] Aspekte der Gebäudeproportion beschreiben *ordinatio*, *eurythmia* und *symmetria*. Dispositio beschreibt den architektonischen Entwurf.[374] Die Anwendung der Säulenordnung den Zusammenhang von Haus und Bewohner beschreiben *decor* und *distributio*.
Im Buch VI spricht Vitruv *Von der Entstehung des Säulenschmucks* und erörtert, aus welchen ursprünglichen Bauelementen der Säulenschmuck entstanden ist.[375] Die Entwicklung rollt Vitruv anhand von dem *Holzbalkenwerk* auf und erklärt Funktion und Zweck von Balken *(tabes)*, Deckenbalken *(tigna)* und Bohlen *(axes)*, Balken im Querverband *(transtra)* und gegeneinanderlehnende Streben *(careoli)*, Giebelständer *(columen)* und hervorragende Sparren *(cantherii)*.[376] Nach Vitruv ist Bauschmuck aus Stein und Marmor durch die Nachahmung von Bauteilen in „ihrer zimmermannmäßigen Ausführung in Holz"[377] entstanden. Die Wurzeln des Säulenschmucks entspringen gemäß Vitruv im Holzbau.[378]
Der Einfluss von Vitruvs Schriften ist in der Antike begrenzt.[379] Im Hochmittelalter nimmt das Interesse an der Lehre Viturvs zu, aber erst in der Renaissance wird das Werk zur Bibel für Architekturschaffende.[380] Im 13. Jahrhundert prägt eine scholastische Philosophie das wissenschaftliche und theologische Verständnis von Architektur. Die Deutung und Erklärung des Kosmos und der Architektur erfolgen über einen geometrischen und arithmetischen Zugang.[381] Mathematik und Geometrie werden zum Leitprinzip theologischer Erklärungsmodelle. Eine „Vorstellung von Gott als Weltbaumeister"[382] ist allgegenwertig. Schriften des Mittelalters haben eine stark theologische Prägung.[383]

DIE KLASSISCHE SÄULENORDNUNG NACH JACOB BAROZZI VON VIGNOLA

Bauornamente werden vorwiegend anhand der antiken Säulenordnungen diskutiert (Abb. 38, 39). Als Säule wird eine „besonders gegliederte Stütze"[384] verstanden, die in der Regel eine (reale oder fiktive) Last trägt. „Das Postament (mit Basis, Postamentwürfel und Deckplatte)", die „Säule (mit Basis, Säulenschaft und Kapitell) [und] das Gebälk (mit Architrav, Fries und Gesims)"[385] bilden die drei Hauptteile jeder Ordnung.[386]
Der Begriff der *klassischen Säulenordnung* wird erst in der Renaissance geprägt. Gemäß Vignolas werden fünf Säulenordnungen unterschieden: die tuskanische Ordnung *(toscana)*, die dorische Ordnung *(dorica)*, die ionische Ordnung *(ionica)*, die korinthische Ordnung *(corinthia)* und die

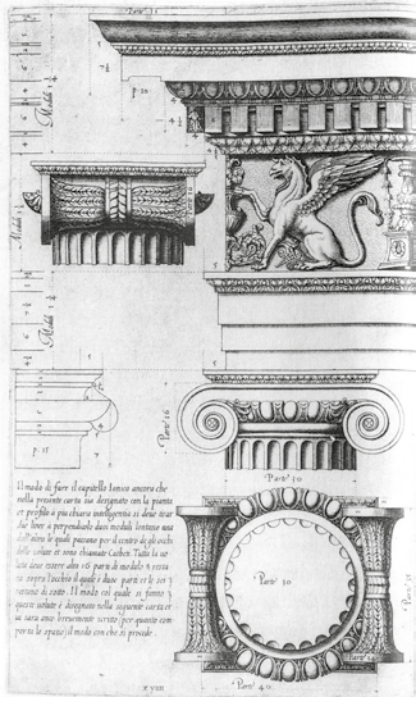


Abb. 38 I Säulenordnung nach Vignola

369 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.27
370 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.27
371 Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.43
372 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.27
373 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.27
374 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.28
375 vgl. Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.175
376 vgl. Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.177
377 Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.177
378 vgl. Vitruvius/Fensterbusch (1991): Zehn Bücher über Architektur, S.181
379 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.31
380 vgl. Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.10
381 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.38
382 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.38
383 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.38
384 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.50
385 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.50
386 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.50

komposite Ordnung *(composita)*.[387] Kapitell und Gebälk sind Bestimmungsmerkmale einer Säule und zeigen Bauschmuck. Folgend werden die fünf Ordnungen beschrieben.

Die *tuskanische Ordnung* ist der dorischen Ordnung ähnlich, hat im Verhältnis zum Durchmesser eine geringe Höhe. Der Fuß ist einfach gestaltet, ohne Echinus und Beizierden.[388]

Die *dorische Ordnung* weist „über dem Ende der Kanneluren ein[en] Wulstring (hypotrachelion), ein eingezogener Ring“[389], auf. Darüber befinden sich *anuli*, *echinus* und *abacus*. Das in drei Zonen geteilte Gebälk besteht aus „dem Architrav *(epistylum)*, einer vorspringenden Trennleiste, darüber [befindet sich] der Fries *(zophorus)* mit Triglyphen und Methopen.“[390] Darüber angeordnet ist der „Zahnschnittfries und Geison.“[391]

Die *ionische Ordnung* zeigt beim Kapitell einen „nach unten einrollenden […] Polster […] unter der oberen Deckplatte (Abakus).“[392] Das dreizonige Gebälk setzt sich aus „drei Faszien mit Bügelcymatium und Supercilium“[393] zusammen. Darüber ist der reich dekorierte Fries, Zahnschnittfries, Eiercymatium und Geison angeordnet.[394]

Die *korinthische Ordnung* zeigt im Kapitell Akanthusblätter, die scheinbar aus dem Säulenschaft herauswachsen. Die Deckenplatte *(abacus)* tragen aus den Akanthusblättern wachsende Volutenstengel *(helices)*.[395] Das Gebälk ist vierteilig und setzt sich aus drei Faszien, begrenzt durch Perlstab und Blattcymatium, und einer Faszie zusammen. Darüber liegen Fries und „Zahnschnitt mit Supercilium, Perlstab und Eiercymatium.“[396] Es folgen ein „Fries mit blattbesetzen Konsolen [und] Geison mit Corona, Cymatium, Sima […] und Supercilium.“[397]

Die *komposite Ordnung* ist der korinthischen Ordnung ähnlich. Das Kapitell charakterisieren Akanthusblätter. Die vier herauswachsenden […] Voluten“[398] sind größer. Das Gebälk teilt sich in drei Zonen, bestehend aus zwei Faszien getrennt durch Cymatium. Es folgt der „Fries mit Perlstäben, Eiercymatium, Supercilium, Zahnschnittfries, weiterem Cymatium, supercilium und cymatium reserva.“[399] Das „Geison mit Corona, Perlstab, Cymatium, Supercilium, Sima und Supercilium“[400] bildet den Abschluss.

LEON BATTISTA ALBERTI

Für Leon Battista Alberti (1404-1472), ein bedeutender Architekt und Architekturtheoretiker der Renaissance, besteht ein wesentlicher Zusammenhang zwischen dem Ornamentbegriff und dem Begriff Schönheit. Alberti beschreibt in *De re aedificatoria* (1485), dass die Schönheit ein idealer Zustand ist, indem dem Gebäude nichts entfernt oder hinzugefügt werden darf, ohne dass die Schönheit dadurch gemindert werden würde.[401]

Albertis Werk umfasst „literarische Arbeiten, satirische, mathematische und moralische Schriften.“[402] Alberti steht formal und inhaltlich in der Tradition von Vitruv, übernimmt die vitruviansichen Kategorien firmitas, utilitas, venustas, diese prägen auch seine Architektur. Das Verständnis der ästhetischen Grundbegriffe ist ein anderes, Alberti hinterfragt die ihnen zugrundeliegenden Regeln.[403] Alberti behandelt in den *Zehn Büchern* über die Baukunst in Buch VI bis IX die Kategorie *venustas*, im Konkreten Dekor, sakralen, öffentlichen und privaten Bau und Proportions-

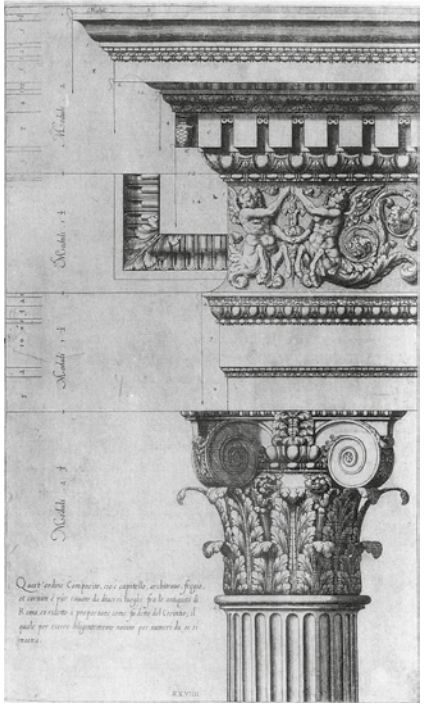


Abb. 39 I Säulenordnung nach Vignola

387 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.53ff
388 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.53
389 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.53
390 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.53
391 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.53
392 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.53f
393 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.54
394 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.54
395 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.54
396 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.55
397 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.55
398 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.55
399 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.55f
400 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.56
401 vgl. Alberi/Theuer (1912): Zehn Bücher über die Baukunst
402 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.45
403 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.46f

lehre.[404] Alberti hat noch einen „unbedingten Glauben an die Gültigkeit mathematischer Proportionen“[405], glaubt aber auch „an die Möglichkeit in der Tradition der Antike weiterzudenken“[406] und Neues zu schaffen und dafür Ruhm zu ernten. Ein Widerspruch ergibt sich, indem sich Alberti mit antiken Bauaufgaben beschäftigt, jedoch nicht mit allen Positionen von Vitruv konform geht. Alberti versteht die Wand als primäres Element der Architektur, und nicht die Stütze wie Vitruv.[407] Alberti versteht Säulen als „äußere Zutat“[408] und Schmuck. Vitruv versteht die Säule als integralen Bestandteil eines Bauwerks und deutet die „Säule als wichtigstes Ornament“[409] der Architektur. Säulenreihen interpretiert Alberti als Wände die an mehreren Stellen offen und durchbrochen sind. Die Gliederung der Wand erfolgt wiederum nach antiken Säulenabmessungen.[410]
Im Buch IX definiert Alberti wesentliche Begriffe wie Schönheit *(pulchritudo)* und Schmuck *(ornamenta)*. Albertis Schönheitsbegriff basiert auf den Kriterien Zahl *(numerus)*, Beziehung *(finitio)* und Anordnung *(collocatio)*. Ebenmaß *(concinnitas)* ergibt sich für Alberti aus der Summe der drei Begriffe und ist als „ästhetischer Schlüsselbegriff seiner Architekturtheorie“[411] zu deuten. Der Begriff der Beziehung ist als Äquivalent zum modernen Proportionsbegriff zu verstehen.[412] Albertis Beobachtungen sind aus der Natur abgeleitet. Ebenmaß versteht Alberti als „das absolute und oberste Naturgesetz“[413], da alles von der Natur Hervorgebrachte nach dem Gesetz der Ebenmäßigkeit geschaffen ist. Für Alberti entspricht das Gesetz der Natur dem Gesetz der Schönheit und das wiederum dem Gesetz der Architektur.[414] Alberti versteht Schmuck *(ornamentum)* als „etwas Aufgesetztes.“[415] Schmuck wird nicht mehr als wesentliche Komponente von Architektur begriffen, sondern Form und Schmuck spalten sich immer mehr. Ausbildungsschwerpunkte in der Architektur sind für Alberti Malerei und Mathematik, zweit genanntes ist unerlässlich um Proportionen *(finitio)* festzulegen und Ebenmaß zu erlangen.[416]
Alberti gliedert die bildenden Künste, wobei die Ornamentik keine eigene Kunstgattung bildet.[417] Das Ornament wird von außen auf das Gebäude appliziert, um die Stärken des Gebäudes zu unterstreichen und die Mängel zu verbergen, da dieser ideale Zustand in der Realität nicht erreicht wird. Alberti versteht das Ornament somit als appliziertes Element bzw. als Verzierungen, als *Schein* und nicht als integralen Bestandteil des Gebäudes.[418] Das Ornament ist notwendig, damit Entfaltungsmöglichkeiten für die Schönheit gegeben sind. In der Tradition von Vitruv setzt sich Alberti intensiv mit der antiken Säulenordnung auseinander, beschreibt diese primär wegen ihrer dekorativen Wirkung und nicht wegen ihrer statischen Funktion. Bei Entwürfen und Bauten, wie beispielsweise beim *Palazzo Rucellai* (1446), findet ein Rückgriff auf die Antike, somit die Anwendung der antiken Säulenordnung, statt.

404 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.47
405 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.49
406 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.49
407 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.49
408 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.35
409 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.49
410 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.49
411 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.50
412 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.50
413 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.51
414 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.51
415 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.51
416 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.53
417 vgl. Wagner (2013): Stilgeschichte der Ornamente, S.46
418 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.52

ANDREA PALLADIO

Der Name Andrea Palladio (1508-1580), mit bürgerlichem Namen Andrea di Piero dalla Gondola[419], ist an eine Bauform geknüpft, den *Palladianismus*.[420] Palladio, als Architekt und Theoretiker, verfasst das Architekturtraktat *I quattro libri dell'architettura* (1570) und behandelt verschiedene Themenschwerpunkte der Baukunst. Palladio versteht die Schriften Vitruvs „als Schlüssel zum Verständnis antiker Architektur."[421] Im Buch I behandelt Palladio *Material, Mauerkonstruktion* und *Säulenordnung* und in Buch IV bezieht sich Palladio auf *antike Tempel* und *frühchristliche Zentralbauten*.[422] Die ersten drei Bücher geben einen Hinweis auf eine praktische Berufsausbildung des Architekten, da Palladio „handwerklich-konstruktive Kenntnisse"[423] vermittelt. Jedoch ist Palladio in seinem Werk um eine Ausgewogenheit zwischen Studium der Antike und Baupraxis bemüht.[424] Eine Ausbildung zum Steinmetz und andere Grundlagen des Handwerks bilden die Basis für sein Schaffen. In seiner frühen Schaffensperiode beschäftigt sich Palladio in der Baupraxis mit vorwiegend ornamentalen Formen.[425] Geprägt von der Werkstatt von Pedemuro kennzeichnen die Schmuckelemente einen ungewöhnlichen Einfallsreichtum. In der Werkstatt von Pedemuro werden „zur Dekoration von Gebäuden eine systematische Auswahl wiederholbarer Strukturmuster"[426] entworfen, die innerhalb einer festgelegten Vorlage austauschbar sind. Das Vermessen und Zeichnen antiker Bauten hat für Palladio große Bedeutung.[427] Die Tätigkeit dient der Weiterbildung und Erkenntnisgewinnung. Die Zeichnung begleitet Palladio in allen Schaffensperioden. Zwischen 1540 und 1550 verfeinert Palladio seine Techniken.[428] In dieser Zeit entwirft Palladio vorwiegend Privathäuser.[429] Architektur von Palladio ist von Villen, Stadtpalästen und Kirchen geprägt. Palladio entlehnt Bauelemente, wie beispielsweise Freitreppen oder Säulenfronten aus dem Sakralbau und überträgt diese in den Profanbau. Ein charakteristisches Stilmittel ist der Einsatz der antiken Säule in der Fassade.[430]

Basierend auf Vitruvs Schriften setzt Palladio Elemente des Tempels im Bau bei Villen und Stadtpalästen ein. Palladio wendet beim Privathausbau vorwiegend die ionische Säulenordnung an, die korinthische Ordnung mit reichem Bauschmuck wird nur sparsam eingesetzt. In Anlehnung an Vitruv misst Palladio den *Säulenzwischenräumen* in der Fassade eine große Bedeutung bei.[431] Der Abstand „von 2 ¼ Säulendicke"[432] wird als der schönste Abstand erachtet. Die Proportion des Gebäudes ergibt sich aus dem Verhältnis von „Säulendicke und Säulenzwischenraum."[433]

Palladios Entwurfslehre scheint auf den ersten Blick stark vom antiken Regelwerk bestimmt zu sein. Palladio übernimmt aber nicht nur „Formenlehre und Syntax"[434] der Antike, sondern versucht das gesamte Gebäude danach auszurichten.[435] Mit *Quattro libri* will Palladio ein „geläutertes und systematisches Bild antiker Architektur"[436] darstellen.

419 vgl. Puppi/Palladio (1994): Andrea Palladio, S.27
420 vgl. Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.131
421 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.134
422 vgl. Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.133
423 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.134
424 vgl. Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.134
425 vgl. Puppi/Palladio (1994): Andrea Palladio, S.27
426 Puppi/Palladio (1994): Andrea Palladio, S.27
427 vgl. Puppi/Palladio (1994): Andrea Palladio, S.27
428 vgl. Puppi/Palladio (1994): Andrea Palladio, S.31
429 vgl. Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.133
430 vgl. Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.137
431 vgl. Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.140f
432 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.141
433 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.142
434 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.144
435 vgl. Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.144
436 Germann (1993): Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, S.145

3 EINSATZ DER MASCHINE UM 1850

Folgendes Kapitel zeigt einen Überblick über Entwurfs- und Herstellungsmethoden im Maschinenzeitalter. Ergänzend werden theoretische Positionen erörtert. Die Neuzeit wird Ende des 18. Jahrhunderts vom Klassizismus eingeleitet und geht in den Historismus über, der sich an vergangenen Epochen orientiert und vom „Maschinenornament“[437] geprägt ist. Die Industrielle Revolution Mitte des 19. Jahrhunderts und der damit verbundene Einsatz von Maschinen hat Auswirkungen auf das Kunstgewerbe und das Ornament.[438]

3.1 ENTWURF UND PRODUKTION

Ornamentzeichner werden schon zunehmend im 18. Jahrhundert von Architekten abgelöst. Das Berufsbild wird als Gesamtkunstwerker verstanden und umfasst nach Thieme und Becker die Aufgaben eines Architekten, Innendekorateurs und Ornamentikers.[439] Mit dem 19. Jahrhundert hat sich dieses Berufsbild zunehmend etabliert. Die entwerfenden Personen bedienen sich an Vergangenem und das Wissen darüber erweist sich als „Vorteil gegenüber den bildenden Künsten.“[440] Das Ornament ist bis dahin vorwiegend durch das Handwerk und durch manuelle Tätigkeit geprägt und gilt „als eine ans Handwerk gebundene ästhetische Form“[441], die jedoch zeitlichen Mehraufwand erfordert.[442] Der Beginn der Industrialisierung in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts löst einen Veränderungsprozess bei der Entwicklung und Herstellung von Kunstgegenständen aus. Ornamententwürfe des Maschinenzeitalters sind primär noch von einer vergangen Formensprache geprägt. Vegetabile und geometrische Motive sind der Antike entlehnt. Die Produktionsbedingungen haben sich mit der Erfindung der Maschine geändert. Mit beginnendem Einsatz der Maschine entfernt sich das Ornament vom handwerklichen Einzelstück und wird in Fabriken seriell als Massenprodukt hergestellt. In der Architektur zeichnet sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts, vorerst in Amerika, „eine Zurückdrängung des ornamentalen Gestaltungsanspruches“[443] ab. In der zweiten Phase der industriellen Revolution wird das Handwerk stark zurückgedrängt und verschwindet fast gänzlich. Einerseits wird das Ornament wieder populär, anderseits findet durch die maschinelle Serienproduktion eine „Trivialisierung“[444] statt. Wird vom Einsatz von Maschinen zur Herstellung von Ornamenten in der Architekturtheorie gesprochen, treten Zuschreibungen wie „seelenloses“[445] oder „totes“[446] Ornament auf. Ornamente scheinen mit dem Einsatz von Maschinen ihren Glanz zu verlieren.[447] Eine massenhafte Herstellung und Verbreitung lässt das Ornament trivial wirken und ornamentale Gestaltung erfährt durch die maschinelle Serienproduktion eine Herabwürdigung.[448] In Hinblick auf das Ornament wird der Einsatz von Maschinen negativ gewertet. Ernst Bloch spricht von einem Kopienschwindel der Maschinenprodukte.[449] Grundsätzlich ist die Maschine jedoch als großer, technischer Fortschritt zu werten, der mit einer Produktionssteigerung verbunden ist. Zu den ersten produktionssteigernden Maschinen zählen u.a. die Spinnmaschine und der mechanische Webstuhl. Die Weiter- und Neuentwicklung von Materialien prägt auch die Ornamentkunst. Mit dem Einsatz von Gusseisen in der Gestaltung wird eine neue Ästhetik propagiert. Elemente aus Gusseisen sind einerseits als Konstruktionsteile ausgebildet, dienen andererseits auch der Dekoration. Die hohe Druckbelastung von Gusseisen ist ein Vorteil und es sind schlankere Formen möglich.[450] Anfang des 19. Jahrhunderts entstehen die ersten Bauten, die ausschließlich aus Beton hergestellt werden. Die Entwicklung des Baustoffs ist stark durch England und Frankreich geprägt, 1824 wird *Portland-Cement* entwickelt.[451]

437 Muthesius (1908): Die moderne Umbildung unserer ästhetischen Anschauung, zit. nach Ocón Fernández (2007): Ornament und Moderne, S.11
438 vgl. Ocón Fernández (2007): Ornament und Moderne, S.126
439 vgl. Schneider-Henn (1997): Ornament und Dekoration, S.15
440 Schneider-Henn (1997): Ornament und Dekoration, S.16
441 Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.26
442 vgl. Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.33
443 Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.12
444 Ocón Fernández (2007): Ornament und Moderne, S.11
445 zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.29
446 zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.29
447 vgl. Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.79
448 vgl. Ocón Fernández (2007): Ornament und Moderne, S.128
449 vgl. Ocón Fernández (2007): Ornament und Moderne, S.11
450 vgl. Schulitz/Sobek/Habermann (1999): Stahlbau Atlas, S.21f
451 vgl. Kind-Barkauskas (2002): Beton in der Architektur, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.12f

Abb. 40 I Wiener Ringstraße, Rathaus, Ansicht Ecke Reichsratsstraße

Abb. 41 I Wiener Ringstraße, Rathaus, Ansicht Lichtenfelsgasse, Fassade mit neogotischen Elementen

Abb. 42 I Wiener Ringstraße, Parlament, Ansicht Ecke Rathausplatz, Fassade mit griechischen Elementen

ORNAMENTE UND MUSTER IM HISTORISMUS

In Europa folgt auf den Klassizismus um 1820 der Historismus und dauert bis Anfang des 20. Jahrhunderts. Architektur und Ornamentik charakterisieren sich durch Imitation einer historischen Epoche, Nachbildung und Kopie von Vergangenem.[452] Insbesondere werden Bauornamente und Dekor der Gotik, der Renaissance und des Barocks nachgebildet.[453] Gemäß Günther Irmscher greift der Stil auf Ornamente aller Zeiten und Völker zurück und dieser Rekurs passiert in „direkt kopierender, stilimmanent imitierender oder stilvermischend synthetisierender Weise."[454] Die Retrospektive liegt zwischen „totaler Imitation und lizentiösem Eklektizismus."[455] Tendenzen wie auch modifizierte Umsetzungen der Ornamente sind zu erkennen, leider beruhen diese meist auf einem Verlust des Dekorums. Gemäß Irmscher gibt es Grundtendenzen: *die Reproduktion oder variierende Nachahmung, die phantasievolle Augmentation der historischen Ornamentmoden, Kompilation resp. Kombination historisch ungleichzeitige oder ähnlicher Ornamente (Stilvermischung), latenter Naturalismus resp. Vegetabilismus, lineare und geometrische Abstraktion.* [456] Der „Rückgriff auf ornamentale, dekorative Formenelemente"[457] vergangener Epochen kennzeichnet das Kunstgewerbe und die Architekturpraxis. Die künstlerische Qualität der *Neo*-Stile kennzeichnet sich durch Stilimitationen bis hin zu Neukompositionen.[458] Dem kastenförmigen Baukörper wird an der Fassade eine gitterförmige, maschinell produzierte Dekoration appliziert. Durch Gesimsbänder werden waagrechte Akzente gesetzt, die Dekoration ist kleinteilig, aber auch schematisch. Die Bauwerke sind meist vollständig verziert und Schmuckformen wiederholen sich. Im Sakral-, Wohn- und Kommunalbau werden nahezu alle vergangenen Stile historisiert, am Beginn der Entwurfs- und Bauphase stellt sich somit immer die Frage, welcher Stil imitiert wird. Für den Historimus sind die Bauten der *Wiener Ringstraße* u.a. das *Rathaus* im neugotischen Stil (Abb. 40, 41) von Friedrich von Schmidt (1825-1891), das *Burgtheater* von Karl von Hasenauer (1833-1894) und Gottfried Semper (1803-1879) oder das *Parlament* (Abb. 42, 43) im griechischen Stil von Theophil Hansen (1813-1891) charakteristisch.[459] Der *Justizplast* (1866-1888) in Brüssel wird nach Plänen von Joseph Poelaert errichtet und ist zur damaligen Zeit das größte Verwaltungebäude Europas und ein Beispiel für den Neubarock. Dem pyramidenartigen, stereometrischen Baukörper wird barocker, römischer, griechischer und assyrischer Dekor

Abb. 43 I Wiener Ringstraße, Parlament, Eingangsportal mit griechischen Säulen

452 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.72f und vgl. Luidl/Huber (1986): Ornamente, S.15
453 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.272
454 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.150
455 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.151
456 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.151
457 Ocón Fernández (2007): Ornament und Moderne, S.127
458 vgl. Wagner (2013): Stilgeschichte der Ornamente, S.71
459 vgl. Schlagintweit/Forstner (2003): Kunstgeschichte, S.181

appliziert. Als Gestaltungselement dienen auch Renaissanceelemente.[460] Typisch für den Neubarock sind Stuckverzierungen.[461] Ein charakteristisches Bauwerk für diese Zeit ist u.a. das *Opernhaus* (1871-1878) in Dresden von Gottfried Semper.[462]
Mit der maschinellen Produktion verändert sich die Baupraxis maßgeblich. Aufwendige Bildhauerarbeit wird durch maschinell produzierte Dekorelemente ersetzt. Die Ornamentteile werden ausgewählt und an der Fassade angebracht. Kritik am Historismus wird im Hinblick auf „die Imitation älterer Vorlagen“[463] und „schablonierte Benutzung von Vorlagen“[464] laut. Der Historismus führt jedoch in eine Sackgasse und am Ornament wird vielfach Kritik geübt.[465] Bauornamentik und Dekor werden als selbstverständlich angesehen, jedoch entwickelt sich im Historismus keine eigenständige Ornamentik.[466]

3.2 THEORETISCHE POSITIONEN

Ab der Neuzeit setzen sich viele Architekturschaffende und Kunstwissenschaftler auf unterschiedlicher Ebene mit dem Ornament auseinander, u.a. John Ruskin (1849), Owen Jones (1856), Gottfried Semper (1860), Alois Riegl (1885) und Wilhelm Worringer (1881-1965). In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts rückt das Ornament in den Fokus der Architekturtheorie und es werden Versuche unternommen die Entstehungsgeschichte darzulegen und Bezüge zum Handwerk, zur Kunst, zur Philosophie, zur Psychologie, zur Sprache und zu andern Disziplinen herzustellen. Das Ornament wird anhand ausgewählter theoretischer Positionen im folgenenden chronologisch umrissen, um einen Einblick in den Ornamentdiskurs zu geben.

JOHN RUSKIN

John Ruskin (1819-1900) legt im Aufsatz *The Seven Lamps of Architecture* (1849) Kriterien für die Architektur fest.[467] Ruskin erörtert in fast poetischer Form Grundregeln der Architektur, schreibt vom Bauen und von der Baukunst und stellt Leitsätze für die sieben Kategorien „*Sacrifice* (Opferbereitschaft), *Truth* (Wahrheit), *Power* (Stärke), *Beauty* (Schönheit), *Life* (Leben), *Memory* (Erinnerung) und *Obedience* (Gehorsam)“[468] auf. Das Ornament erwähnt Ruskin im *Leuchter der Wahrheit* im Zusammenhang mit dem Begriff des baukünstlerischen Betrugs, der mehrfach gedeutet wird.[469] Einerseits wird als Betrug das „Bemalen von Oberflächen, um andere Materialien vorzustellen“[470] und eine „täuschende Darstellung eines plastischen Ornaments auf denselben“[471] verstanden, andererseits wird „die Verwendung von gegossenen oder mit Maschinen erzeugten Ornamenten“[472] als Betrug interpretiert. Gemäß Ruskin ist das „konstruktive System [vom Gebäude] sichtbar zu machen.“[473] Ruskin betont ein Sichtbarmachen des konstruktiven Gerüstes, „Materialgerechtigkeit“[474] und die Anwendung eines „handgefertigten organischen Ornaments.“[475] Das Ornament leitet sich nach Ruskin von Motiven aus der Natur ab, alle anderen Formen bezeichnet Ruskin als *hässlich*.[476]
Ruskins Bekenntnis zur Gotik und zum Ornament ist in *Stones of Venice* (1851-1853) dargestellt. Der erste Band setzt sich mit der *Ornament-Lehre* auseinander.[477] Laut Ruskin hat das Ornament die Funktion den „Menschen glücklich zu machen.“[478] Als Vorbild für das Ornament versteht

460 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.374
461 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.261
462 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.376
463 Ocón Fernández (2007): Ornament und Moderne, S.127
464 Ocón Fernández (2007): Ornament und Moderne, S.127
465 vgl. Ocón Fernández (2007): Ornament und Moderne, S.14
466 vgl. Steiner-Welz (2006): Musterbuch der Ornamente, S.72f
467 vgl. Ruskin (1849): The Seven Lamps of Architecture, in: Neumeyer/Cepl (2002): Quellentexte zur Architekturtheorie, S.226
468 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.381
469 vgl. Ruskin (1849): The Seven Lamps of Architecture, in: Neumeyer/Cepl (2002): Quellentexte zur Architekturtheorie, S.230
470 Ruskin (1849): The Seven Lamps of Architecture, in: Neumeyer/Cepl (2002): Quellentexte zur Architekturtheorie, S.230
471 Ruskin (1849): The Seven Lamps of Architecture, in: Neumeyer/Cepl (2002): Quellentexte zur Architekturtheorie, S.230
472 Ruskin (1849): The Seven Lamps of Architecture, in: Neumeyer/Cepl (2002): Quellentexte zur Architekturtheorie, S.230
473 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.381
474 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.381
475 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.381
476 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.381
477 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.382
478 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.382

Ruskin die Schöpfung Gottes und verweist auf Elemente aus der Pflanzen- und Tierwelt. Ruskin bemüht sich um ein Regelwerk für Ornamente und unterscheidet drei Typen des Ornaments: *Servile ornament, Constitutional ornament* und *Revolutionary ornament*.[479]

OWEN JONES

Owen Jones (1809-1874) ist von seinen Reisen durch Europa inspiriert und studiert sechs Monate lang die Alhambra zu Granada.[480] Jones zeigt in *Grammar of Ornament* (1856) auf 112 Tafeln Ornamentbeispiele, beschreibender Text tritt eher in den Hintergrund.[481] Bestechend ist die Schönheit des Buches, die einerseits auf der hohen Druckqualität der Tafeln und anderseits auf deren ästhetische Anordnung beruht. Jones zeigt *37 Propositionen*, die Prinzipien zur Anordnung der Form und Farbe in der Architektur und in der Kunst beschreiben. Die erste Proposition beschreibt den Ursprung der dekorativen Künste in der Architektur und die sich daraus ableitende Haltung auch weiterhin als Begleitung der Architektur zu wirken.[482] Jones nimmt eine geometrische Konstruktion des Ornaments an und neigt zu einer konventionellen Verbildlichung von Naturgegenständen. Die Reihung der Kapitel des Buches orientiert sich an Epochen, geographischen Standorten und Kulturen. Eine Klassifikation und geschichtliche Einordnung der Stile ist vordergründig. Hervorzuheben sind ästhetische Abbildungen, die als isolierte Einzelmotive, als Ausschnitte oder als gesamtes Objekt dargestellt werden. Für Jones besitzt das Ornament eine Grammatik, die als Sprache zu verstehen ist.[483] Ernst H. Gombrich würdigt Jones Theorien, indem er die *Grammatik der Ornamente* als grundlegendes Werk bezeichnet.

GOTTFRIED SEMPER, ALOIS RIEGL UND WILHELM WORRINGER

Bedeutende Vertreter im deutschsprachigen Raum sind Gottfried Semper, Alois Riegl und Wilhelm Worringer. Die Ornamenttheorien der drei genannten Vertreter haben gemein, dass diese dem Ornament eine Aufwertung innerhalb der Kunsttheorie zuschreiben und ein „Verständnis des Ornaments als eigenständige Kunstgattung“[484] forcieren.

Gottfried Semper (1803-1879) schreibt in *Vorläufige Bemerkungen über bemalte Architectur [sic!] und Plastik bei den Alten* (1834) über das Studium von Monumenten der *Alten* und betont die Notwendigkeit.[485] Semper geht auf das Schmuckbedürfnis des Menschen ein und versteht das Ausschmücken der Behausung als eine der ersten Formen von Kunst. Eingehend beschreibt Semper die Architektur der Ägypter, Griechen und Römer.[486]

Im Bezug auf die Weltausstellung 1951 spricht Semper in *Wissenschaft, Industrie und Kunst* (1852) u.a. von der Maschine. Semper interpretiert die maschinelle Produktion von Ornamenten als Entwertung des Ornaments und meint „die Maschine näht, strickt, stickt, schnitzt, malt, greift tief in das Gebiet der menschlichen Kunst und beschämt jede menschliche Geschicklichkeit.“[487]

Das Werk *Kleine Schriften* (1884) umfasst zahlreiche Schriften Sempers. Im Kapitel *Urelemente der Architektur und Polychromie* erscheinen die Vorlesung *Über architektonische Symbole* (1854) und der Vortag *Über das Verhältnis der dekorativen Künste zur Architektur* (1854) im Hinblick auf das Ornament interessant. Nach Semper sollen die dekorativen Künste aus der Architektur hervorgehen und zu ihr in Beziehung stehen.[488]

Im ersten Band *Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten oder praktische Ästhetik* (1960) versucht Semper die Entwicklung des Ornaments zu erörtern und stellt einen Zusammenhang zwischen linearen Ornamenten des geometrischen Stils und den textilen Künsten, wie u.a zur Flechterei und Weberei, fest. Die textile Kunst wird als Urkunst beschrieben, aus der alle anderen Künste ihre Typen und Symbole entlehnen, somit auch die Ornamentik.[489] Gemäß Semper hat „das Prinzip der Bekleidung“[490] bei allen Völkern bedeutenden Einfluss auf die Baukunst und

479 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.382
480 vgl. Thomas (2010): Owen Jones, in Victoria and Albert Museum (Hrsg.): V&A Pattern Owen Jones, o.S.
481 vgl. Jones (1868): The grammar of ornament, S.5ff
482 vgl. Jones (1997): Grammatik der Ornamente, S.20
483 vgl. Thomas (2010): Owen Jones, in Victoria and Albert Museum (Hrsg.): V&A Pattern Owen Jones, o.S.
484 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.19
485 Semper (1834): Vorläufige Bemerkungen über bemalte Architectur [sic!]und Plastik bei den Alten, S.XIII
486 vgl. Semper (1834): Vorläufige Bemerkungen über bemalte Architectur [sic!]und Plastik bei den Alten, S.3ff
487 Semper (1852): Wissenschaft, Industrie und Kunst, S.10
488 vgl. Semper (1854): Über das Verhältnis der dekorativen Künste zur Architektur, in Semper (1884): Kleine Schriften, S.344
489 vgl. Semper (1860): Der Stil, in: Neumeyer/Cepl (2002): Quellentexte zur Architektur, S. 258
490 Semper (1860): Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten oder praktische Ästhetik, S.217

auf andere Künste ausgeübt.[491] Semper führt den Ursprung der Architektur auf die Bekleidung zurück und teilt die Auffassung der symbolischen Bedeutung der Ornamentik in der Architektur von Karl Boetticher. Im zweiten Band des Werks (1963) behandelt Semper Keramik, Tektonik (Zimmerei) und Stereotomie (Steinkonstruktion) und zusätzlich Metallotechnik.[492]

Alois Riegl (1858-1905) behandelt in *Stilfragen* (1893) in den Kapiteln I bis IV den geometrischen Stil, den Wappenstil, die Anfänge des Pflanzenornaments und die Arabeske. Riegl beschreibt das Ornament als mögliches Ausdrucksmittel menschlichen, epochenspezifischen *Kunstwollens* und behandelt das florale Ornament am ausführlichsten. Riegls Auseinandersetzung mit zwei bedeutenden Lehrsätzen des geometrischen Stils, zeigt eine starke Anlehnung an Semper. Der richtungsweisenden These, der geometrische Stil sei auf der Erde „spontan entstanden"[493] pflichtet Riegl bei und meint, dass „die charakteristischen Linienmotive des geometrischen Stils vielfach an Verzierungen von Geräten moderner Naturvölker"[494] zu finden sind und somit nicht an einem Punkt der Erde entstanden sind. Zustimmung findet auch der Lehrsatz:

> „Die einfachsten und wichtigsten Kunstmotive des geometrischen Stils wären ursprünglich durch die textilen Techniken der Flechterei und Weberei hervorgebracht."[495]

Eine spätere Schrift Riegls stellt das Ornament, als objektiven Ausdruck des Kunstwollens, über das Kunstwerk, das immer individualistisch sei. Grundsätzlich verfolgen Semper und Riegl unterschiedliche Ansätze. Einerseits stehen bei Semper als Materialist Technik, Material und Zweck im Vordergrund. Riegl entwickelt als Verteidiger des ideellen Kunstwollens seine eigene Geschichte der Ornamentik. Die Kunstauffassungen sind unterschiedlich, deren Gegenüberstellung hat jedoch noch aktuelle Relevanz.[496]

Wilhelm Worringer (1881-1965) verfasst *Abstraktion und Einfühlung* (1907) und bezeichnet das Ornament als „höchste, reichste gesetzmäßige Kunstform."[497] Größtenteils stützen sich Worringers Feststellungen auf Riegls Anschauungen und Worringer übernimmt den Gedanken des *Kunstwollens*[498], der sich bei Worringer als Abstraktionsdrang, als eine Nichtanpassung an die Natur, darstellt.[499] Als einleuchtend, gar unverzichtbar, bezeichnet Worringer den Lehrsatz der „spontanen Entstehung des geometrischen Stils."[500] Entgegen Semper meint Worringer Entstehungszusammenhänge des Stils seien in den psychischen Zuständen eines Volkes begründet und seien nicht durch Herstellungsverfahren bestimmt.[501] Genauer wird die Entstehung des Pflanzenornaments bezugnehmend auf Riegls Äußerungen untersucht. Worringer meint, dass beide Ornamentstile kein Vorbild in der Natur hätten, jedoch ihre Elemente in der Natur sind. Elemente der organischen Bildung seien Regelmäßigkeit, Anordnung um einen Mittelpunkt und kreisförmige Rundungen. Das vegetabile Ornament wird von Worringer als abstraktes Gebilde, das nachträglich naturalisiert wird und nicht als Naturobjekt, das später stilisiert wird, verstanden.[502] Ende des 19. Jahrhunderts haben sich neben Worringer auch Theodor Lipps und Wilhelm Wund um eine Deutung des Ornaments bemüht.[503]

491 vgl. Semper (1860): Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten oder praktische Ästhetik, S.217
492 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.360
493 Riegl (1893): Stilfragen, S.4
494 Riegl (1893): Stilfragen, S.4
495 Riegl (1893): Stilfragen, S.6
496 vgl. Ulama (2002):Architektur als Anatomie, S.196
497 Worringer (1921): Abstraktion und Einfühlung, S.22
498 Worringer (1921): Abstraktion und Einfühlung, S.10
499 Kroll (1987): Das Ornament in der Kunsttheorie des 19. Jahrhunderts, S.70
500 Worringer (1921): Abstraktion und Einfühlung, S.74
501 vgl. Worringer (1921): Abstraktion und Einfühlung, S.74
502 Worringer (1921): Abstraktion und Einfühlung, S.77f
503 Kroll (1987): Das Ornament in der Kunsttheorie des 19. Jahrhunderts, S.82

4 KUNSTGEWERBE UM 1900

Das nachstehende Kapitel bietet einen Überblick über Entwurfs- und Herstellungsmethoden der beginnenden Moderne und stellt theoretische Positionen um die Jahrhundertwende dar. Die Moderne umfasst mehrere Kunst- und Architekturströmungen, die teilweise nicht klar voneinander abgrenzbar sind. Die beginnende Moderne wird um 1880 von der *Arts-and-Craft*-Bewegung eingeleitet, diese geht in den Jungendstil über. Ab der Jahrhundertwende bis Mitte der 1950er Jahre entwickeln sich mehrere Architektur- und Designströmungen parallel und überschneiden sich zeitlich. Viele Künstlervereinigungen organisieren sich in den 1920er und 1930er Jahren. Mehrere Tendenzen sind spürbar und oftmals folgt auf eine neue Strömung eine Gegenbewegung. Stilrichtungen wie *Art déco*, Expressionismus, Neues Bauen, Neue Sachlichkeit, Bauhaus, Funktionalismus, Konstruktivismus, Futurismus, Rationalismus, *De Stijl*, Minimalismus und Internationaler Stil prägen die Moderne.

4.1 ENTWURF UND PRODUKTION

Die Formensprache um die Jahrhundertwende lässt sich nicht mehr auf ausschließlich klassische Elemente eingrenzen und scheinbar kann der klassische Ornamentbegriff auf die Ornamenterscheinungen der Moderne nicht mehr angewendet werden. Anfang des 20. Jahrhunderts verschwimmen die Funktionen des Ornaments und seine Bedeutung lässt sich nicht genau fassen. Vielmehr wird das Ornament informell, es vegetiert im Unter-, Hintergrund dahin.[504] Der Begriff scheint ebenfalls nicht mehr eindeutig fassbar und klare Merkmale lassen sich schwer herausarbeiten.

Das Kunsthandwerk rückt mit der Gründung von *Kunstgewerbeschulen* in den Mittelpunkt der Ornamentpraxis.[505] Mitte des 19. Jahrhunderts bilden sich „akademische Ausbildungsstätten für das Handwerk.“[506] Seminare im Bereich Kunstgewerbe werden angeboten und ornamentales Gestalten wird in Fachklassen gelehrt, die Kunstindustrie erlebt einen Aufschwung.[507] Von England ausgehend, kommt es zu einer kunsthandwerklichen Reformbewegung, die sich auch maßgebend auf die dekorative Gestaltung auswirkt und das Ornament im Baugewerbe zurückgedrängt.[508] Vielfach wird eine ornamentlose Baukunst und eine funktionalistische, zweckorientierte Architektur forciert. Die konstruktiven Vorteile der *neuen Werkstoffe* Glas, Eisen, Stahl und Beton werden genutzt. In der Produktion werden vermehrt Maschinen eingesetzt.[509] Mit der Stahlproduktion und der Herstellung von Stahlbeton werden neue Möglichkeiten im Bauen geschaffen. Größere Spannweiten, Auflösung des Bauwerks in Stützenraster oder Trennung tragender und nichttragender Elemente sind nur einige Vorteile des Baustoffs. Vorerst wird Stahlbeton vermehrt im Industrie- und Wirtschaftsbau eingesetzt. Vereinzelt finden sich Stahlbetonelemente auch im Wohn- und Sakralbau wieder.[510] Baustoffe sind in einem ständigen Weiterentwicklungsprozess. Anfang des 20. Jahrhunderts werden beispielsweise in Deutschland erste Versuche gesetzt Spannbeton zu entwickeln. Die Vorspannung von Stahl mit hoher Zugfestigkeit ermöglicht eine Verringerung der Zugbeanspruchung. Spannweiten bis zu 150 Metern werden zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe des Spannbetons erzielt, bei Stahlbeton sind nur Weiten bis 70 Metern möglich.[511]

Parallel zu den Baustoffentwicklungen entsteht mit dem Kunsthandwerk eine starke Tendenz zum Handwerk und Architekturschaffende sind um eine Aufwertung des Ornaments bemüht.

504 vgl. URL: http://www.kultur-punkt.ch/buchtipps-allgemein/triton-insel4-01.html [Stand: 6.11.2012]
505 Schneider-Henn (1997): Ornament und Dekoration, S.16
506 Schneider-Henn (1997): Ornament und Dekoration, S.17
507 vgl. Schneider-Henn (1997): Ornament und Dekoration, S.17
508 vgl. Schneider-Henn (1997): Ornament und Dekoration, S.16
509 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.277
510 vgl. Kind-Barkauskas (2002): Beton in der Architektur, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.20ff
511 vgl. Kind-Barkauskas (2002): Beton in der Architektur, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.17

Abb. 44 I Red House in Bexley Heath bei London, Gartenansicht

Abb. 45 I Titelblatt der Münchner Zeitschrift Jugend, 1. Jg. 1986

Abb. 46 I Otto Eckmann, Zeichner für die Kulturzeitschrift Jugend, Entwerfer der Eckmann-Schrift

ORNAMENTE UND MUSTER IN DER ARTS-AND-CRAFT-BEWEGUNG

Die *Arts-and-Craft*-Bewegung, geprägt von John Ruskin, Philip Webb und William Morris, leitet den Jugendstil ein. In Hinblick auf das Bauornament ist *Arts-and-Craft*, im Vergleich zum Jugendstil, keine stilschaffende Bewegung und im Kunstgewerbe verankert. Die Strömung ist von der mittelalterliche Bautradition Englands beeinflusst und verbindet Handwerkstechniken mit dem im 18. Jahrhundert vorherrschenden Landhausstil. Bezüge zur Gotik äußern sich beim *Red House* (1859) von Webb u.a. durch spitzbogigen Fenster und Türöffnungen (Abb. 44).[512] Ornamente und Muster dieser Periode sind von der Spätgotik und Neugotik beeinflusst und äußern sich als „flächig stilisierendes, aber nicht identifizierbares naturalistisches, polychromes Rankenornament mit Blumen, Früchten, oft aber auch eingefügte Tiere vor neutralem Hintergrund.“[513] Morris entwirft bedeutenden Bauschmuck und er zählt zu den wichtigsten Ornamententwerfern dieser Bewegung. Ruskin und seine Anhänger sind um den Einsatz guter, echter Materialien bemüht und legen besonderen Wert auf das Handwerk.[514]

Um 1890 findet ein fließender Übergang der reformierenden Bewegung in den Jugendstil statt und dieser entfernt sich von überlieferten Wertvorstellungen und orientiert sich an modischen und aktuellen Trends. Neben der Hinwendung zu den industriellen Herstellungsverfahren findet eine Reformbewegung im Handwerk und somit eine Aufwertung des Handwerks statt.[515] „Handwerkliche Produktqualität, funktionelle Gestaltung und ein individuelles, angemessenes Ornament, das sich der Konstruktion anpassen“[516] soll, kennzeichnen die Reformbewegung. Eine postromantische Fluchtbewegung aus der Welt der übermächtigen Industrie äußert sich deutlich in der Dekoration. Die Dekorationswut erscheint als Selbsttäuschung des Bürgertums, um von gesellschaftlichen Umwälzungen abzulenken.[517]

ORNAMENTE UND MUSTER IM JUGENDSTIL

Die Herkunft des Begriffs Jugendstil ist nicht ganz eindeutig, der Begriff *Art Nouveau* entsteht um 1895 in Paris.[518] International werden unterschiedliche Termini für den Stil verwendet, u.a. *Art Nouveau* (Frankreich und Belgien), *Modern Style* (Großbritanien), *Stile Modernista* (Spani-

512 vgl. Lieb (2000): Was ist Jugendstil?, S.29
513 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.158
514 vgl. Berents (2011): Kleine Geschichte des Design, S.50
515 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.159
516 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.159
517 vgl. Gössel/Leuthäuser (2001): Architektur des 20. Jahrhunderts, S.43
518 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.274 und vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.160

Abb. 47 I Ausstellungsgebäude der Secession in Wien, Ansicht

Abb. 48 I Secession in Wien, Fassade

en).[519] Die deutschsprachige Bezeichnung *Jugendstil*, abgeleitet deutschen Kulturzeitschrift *Jugend* (Abb. 45), wird erstmals bei der S*ächsisch-Thüringische Industrie- und Gewerbeausstellung* (1897) in Leipzig verwendet.[520] Für grafische Darstellungen werden eigens Schriften und Muster entwickelt, u.a. die *Eckmann-Schrift* (Abb. 46).[521] Der bis zum Ersten Weltkrieg international verbreitete Stil wird im deutschsprachigen Raum als Jugendstil, in Österreich auch als Sezessionstil bezeichnet.[522] Ziel des Jugendstils ist es ein einheitliches, ästhetisches *Gesamtkunstwerk* mit dekorativer Schönheit durch eine Verbindung von Architektur, Kunsthandwerk und Kunst zu schaffen. Der Ausdruckswille des Jugendstils zeigt sich in der Architektur, im Kunstgewerbe und an Gegenständen des alltäglichen Lebens.[523] Der Jugendstil ist als Reformbewegung der historisierenden Stile zu verstehen.[524] In der Architekturpraxis entsteht ein Trend zu fließenden, bewegten, graziösen und schwerelosen Bauelementen. Die ästhetische, dekorative Wirkung des Gebäudes soll aus dem Material, der Konstruktion und der Funktion entstehen, der Stil hat somit neben der Dekorationsaufgabe ein Bestreben nach stoff- und zweckgebundener Form. Das Dekor wird vom Gebäude abgeleitet und die Konstruktion wird sichtbar, das Dekor entwickelt sich aus der architektonischen Form und wird dieser nicht mehr übergestülpt. Eine Veränderung findet statt. Gesamtkunstwerke sollen geschaffen werden, indem Malerei, Architektur und Kunsthandwerk im engen, formalen und geistigen Zusammenhang stehen. Mit dem Kunstgewerbe rückt das Handwerk wieder in den Mittelpunkt. Intention des Jugendstils ist die Hinwendung zum qualitativen Handwerk und das Bestreben industrielle und handwerkliche Produktion miteinander zu verknüpfen.[525] Neue und kostbare Materialien, beispielweise Gold, werden im künstlerischen Gestaltungsprozess eingesetzt.[526] Die Kunstrichtung ist durch „handwerkliche Sorgfalt"[527] geprägt. Im Jugendstil soll die Trennung von Kunst und Handwerk überwunden werden.[528] Gleichzeitig rückt das Ornament in den Mittelpunkt.[529] Es besteht ein Wille zum neuen *Dekorationsstil als Selbstzweck*, primär eine an der Natur und an der Pflanze orientierte Gestaltung. Historische Ornamente erfahren eine Ablehnung und die Ornamentik im Jungendstil wird von der fernöstlichen, japanischen Kunst

Abb. 49 I Secession in Wien, Eingangsportal

519 vgl. Lieb (2000): Was ist Jugendstil?, S.10f
520 vgl. Hirth (1903): Wege zur Freiheit, S.525 und vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.274
521 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.275
522 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.222 und vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.274
523 vgl. Koller-Glück/Zdrazil: Jugendstil rund um Wien, S.5
524 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.222
525 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.275
526 vgl. o.A. (o.J.): Jugendstil, URL: http://www.more-art.at/info/downloads/download/Jugendstil.pdf [Stand: 6.11.2014]
527 o.A. (o.J.): Jugendstil, URL: http://www.more-art.at/info/downloads/download/Jugendstil.pdf [Stand: 6.11.2014]
528 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.222 und vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.161
529 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.274

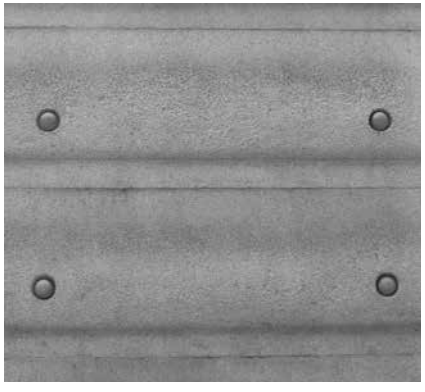


Abb. 50 I Postsparkasse in Wien, Fassadendetail

Abb. 51 I Postsparkasse in Wien, Ansicht

Abb. 52 I Looshaus am Michaelerplatz, Ansicht

beeinflusst.[530] In der Ornamentik sind zwei Entwicklungen zu erkennen, der Dekor orientiert sich an floralen Motiven und nach 1900 eher an geometrischen Elementen. Der Jugendstil äußert sich in der Ornamentik teilweise uneinheitlich, jedoch dominieren flächenhafte Ornamente und Muster. Zu beliebten Motiven des Jugendstils gehören vegetabile Formen, Bäche, Schwäne und Pfaue.[531] Das Jugendstilornament hat somit „teils konkret-florale, teils abstrakt-lineare“[532] Tendenzen, die in den einzelnen Ländern unterschiedlich dominant auftreten. Als geometrische Grundformen werden vorwiegend Linien, Rechteck und Quadrat eingesetzt. Kunstschaffende des Jugendstils gestalten neue Ornamentformen. Eine eigenständige, unverbrauchte Ornamentik und Formensprache entwickelt sich und eine Aufwertung findet statt, wodurch das Ornament im Jugendstil neue Würdigung erfährt.[533]

Josef Maria Olbrich (1867-1908) und Otto Wagner (1841-1918) zählen zu den Leitfiguren des Wiener Jugendstils um die Jahrhundertwende. Eine befruchtende Zusammenarbeit ist trotz der ungleichen Haltungen möglich. Olbrich als Vertreter einer jugendlichen Romantik und Wagner als Technokrat leiten die moderne Architektur ein.[534] Die *Wiener Secession* (1897-1898), geplant von Olbrich (Abb. 47, 48, 49), wird als Ausstellungsgebäude für zeitgenössische Kunst errichtet. Eine Rückbesinnung auf das barocke Wien symbolisieren u.a. die „‚Ochsenaugen‘, runde und ovale Fenster“[535] und Girlanden in Zopfform. Bauten von Wagner wie beispielsweise die *Postsparkasse*[536] (1904-1912) in Wien (Abb. 50, 51) oder die *Kirche am Steinhof*[537] (1904-1906) charakterisieren eine moderne Architektur. Für Wagner steht die Funktion des Gebäudes im Mittelpunkt der architektonischen Planung. Die Materialwahl orientiert sich an wirtschaftlichen und ökonomischen Aspekten, wie beispielsweise Kosten und Erhaltung oder einfachen Gebäudestrukturen. Credo der Architektur sind somit Zweckmäßigkeit und Gebrauchsfähigkeit.[538]

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts prägen Adolf Loos (1870-1933) und Josef Hoffmann (1870-1956) den *Wiener Modernismus*.[539] Ein bedeutendes Werk dieser Zeit ist das *Looshaus* (1910) am Michaelerplatz in Wien (Abb. 52). Das in Skelettbauweise geplante Gebäude, ausgeführt in *Eisenbe-*

530 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.160
531 vgl. Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.223
532 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.160
533 vgl. Lieb (2000): Was ist Jugendstil?, S.39
534 vgl. Varnedoe (1987): Wien 1900, S.26
535 Koller-Glück/Zdrazil: Jugendstil rund um Wien, S.6
536 Varnedoe (1987): Wien 1900, S.34
537 Varnedoe (1987): Wien 1900, S.32
538 vgl. Varnedoe (1987): Wien 1900, S.30f
539 vgl. Varnedoe (1987): Wien 1900, S.26

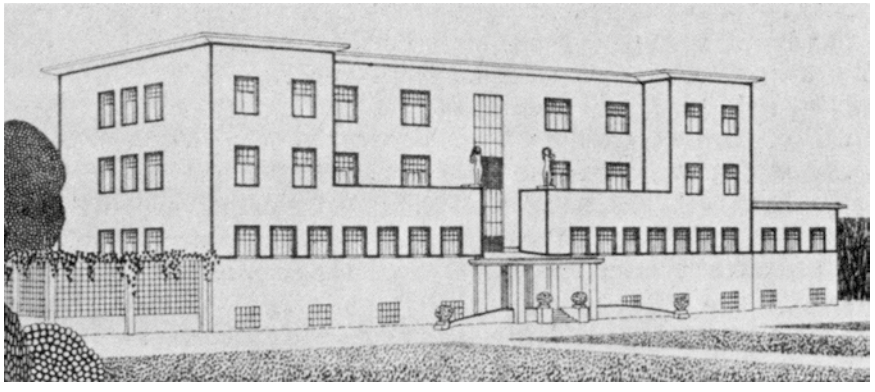


Abb. 53 I Sanatorium in Purkersdorf, Entwurf der Westfassade in Tusche und Feder, Josef Hoffmann, 1904

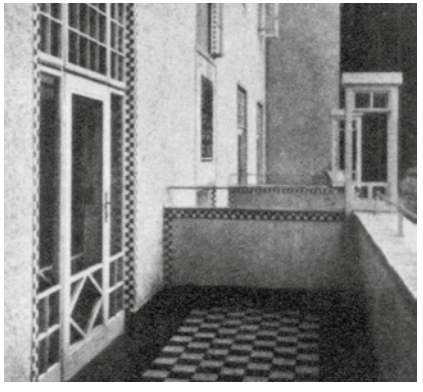


Abb. 54 I Sanatorium in Purkersdorf, Terrasse

ton zeigt neue Möglichkeiten der architektonischen Gestaltung.[540] Im genehmigten Plan ist die Fassade in griechischem Marmor (Parterre und Mezzanin) und Putz (Stockwerke) geplant. Die Fassade zieren „horizontale Mäanderstreifen in gleichen Abständen vom Gesims bis zum Mezzanin."[541] Der großflächige Einsatz von Marmor in der Fassadengestaltung ist neu. Der untere Bereich der Fassade ist vertikal durch Säulen gegliedert. Die Säule ist bei Loos als Synonym für Repräsentation zu verstehen, beim Haus am Michaelerplatz wendet Loos die toskanische Säule an. Die Säulen werden *isoliert* und nicht in der klassischen Ordnung angewendet.[542] Im Vergleich zur klassischen Ordnung ist ein Widerspruch zu erkennen, da die Säulen beim Looshaus nicht tragend sind. Die Säulen beim Hauptportal suggerieren eine tragende Funktion, die Lasten werden aber von den Elementen darüber abgefangen.[543] Der Fassadenentwurf ruft „durch eben seine mehr als übergroße Schmucklosigkeit"[544] einen Eklat hervor, weil Loos „zu wenig Ornamente anbringen wollte."[545] Bei Loos stehen Material und Konstruktion im Vordergrund, Verzierungen und Schmuck treten zurück. Loos fordert „richtungsweisend die Trennung der Architektur vom tradierten Kunstzweck."[546] Die architektonische Gestaltung Loos´ orientiert sich an Form und Funktion.[547]

ORNAMENTE UND MUSTER AUF ALLTAGS- UND KUNSTGEGENSTÄNDEN

Die Mitglieder der *Wiener Werkstätte* (Gründung 1903), wie u.a. Josef Hoffmann, Kolo(man) Moser und Fritz Waerndorfer, sind von der *Arts-and-Craft*-Bewegung beeinflusst und tragen zur „Erneuerung des Kunstbegriffs"[548] im Kunstgewerbe bei. Das Ornament tritt vorwiegend bei Schmuck, Textilien, Keramik und Möbel in Erscheinung, auf Alltags- und Kunstgegenständen, die das Leben verschönern.[549] Ein erwähnenswerter Bau dieser Zeit ist u.a. das *Sanatorium* (1903) in Purkersdorf von Hoffmann (Abb. 53, 54). Klare, kubische Formen charakterisieren das Gebäude. Die Gestaltungsidee des Architekten setzt sich in der Inneneinrichtung, beispielsweise in der Bestuhlung fort.[550] Der *Werkbund* (Grün-

540 vgl. Czech/Mistelbauer (1977): Das Looshaus, S.100
541 Czech/Mistelbauer (1977): Das Looshaus, S.58
542 vgl. Czech/Mistelbauer (1977): Das Looshaus, S.109
543 vgl. Czech/Mistelbauer (1977): Das Looshaus, S.111
544 Gössel/Leuthäuser (2001): Architektur des 20. Jahrhunderts, S.79ff
545 Czech/Mistelbauer (1977): Das Looshaus, S.58
546 Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.15
547 vgl. Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.15
548 URL: http://www.leopoldmuseum.org/de/sammlung-leopold/schwerpunkte/wiener-werkstaette [Stand: 1.4.2015]
549 vgl. Brandstätter (2003): Design der Wiener Werkstatt 1903-1932, S.7ff
550 vgl. Brandstätter (2003): Design der Wiener Werkstatt 1903-1932, S.119f

dung 1907 in Deutschland), etabliert sich 1913 in Österreich und in der Schweiz. Die Werkbundbewegung geht mit einem neuen Lebensstil einher und ist vorwiegend im Produktdesign und in der Innenarchitektur angesiedelt.[551] Ein „Bekenntnis zur Qualität“[552] kann als Leitmotiv verstanden werden. In der Werkbundausstellung *Die Form* (1924) wird „zwischen dem konstruktiven Kern eines Gegenstandes, als der Form im engeren Sinne, und der Verzierung“[553] unterschieden. Verzierung wird als „Spiel mit der Form“[554] interpretiert, da jeder künstlerische Prozess auf einem Zusammenspiel mit der Form beruht. Die Grenze zwischen Form und Verzierung ist fließend.[555] Die Ausstellung zeigt Alltagsgegenstände.[556]

ORNAMENTE UND MUSTER IM ART DÉCO UND EXPRESSIONISMUS

Der nur von kurzer Blüte andauernde Jugendstil wird um 1920 durch einen neuen Stil abgelöst. Die Stilrichtung *Art déco* ist in der Architektur, aber vor allem in der Innenarchitektur und Objektgestaltung, angesiedelt. Dekorative Gestaltung prägen stilisierte und abstrahierte vegetabile Ornamente und Muster des 18. Jahrhunderts, jedoch herrschen in der Ornamentik auch abstrakt geometrische Ornamente vor.[557] Kennzeichnend für die geometrisierende Richtung ist nicht nur applizierter geometrischer Dekor, sondern die geometrische Modellierung des ganzen Objekts. Kegel- und Obeliskenstümpfe, Stufenformen, Tulpenformen, oder eine Kombination verschiedener, oft ineinandergeschobener geometrischer Körper sind charakteristische Formen des *Art déco*. Florale Motive aus dem 18. Jahrhundert werden aufgegriffen und noch vereinfacht und abstrahiert. Häufig werden Motive wie Schlangenlinien, Spirallinien, konzentrische Kreise und Sektoren, Zick-Zack-Bänder, Fächer, Palmetten, Schachbrettmuster, Kombinationen aus Linien und Flächen angewendet. Die Ornamentik des *Art déco* greift auf historische, exotische und geometrische Motive zurück.[558]

Abb. 55 I Potsdamer Einsteinturm, Ansicht

Nach dem Ersten Weltkrieg entwickeln sich mehrere Strömungen zeitgleich, sind jedoch örtlich different. Der Expressionismus ist ab 1910 bis um 1925 vorwiegend in Deutschland vertreten und wird als moderner Nachfolger des Jugendstils verstanden.[559] Die Orientierung an Konstruktion, Material und Funktion verliert zugunsten des persönlichen Ausdruckswillens der Architekturschaffenden an Bedeutung. Der architektonische Entwurf ist durch das Denken, das Wollen, das Fühlen und vom Blickwinkel auf die Welt des Architekten geprägt und geben dem Bauwerk die Form. Schon im Expressionismus erkennen Architekturschaffende „die plastischen Möglichkeiten des Betons.“[560] Vertreter sind u.a. Peter Behrens, Ludwig Mies van der Rohe, Le Corbusier, Walter Gropius und Erich Mendelsohn. Mendelsohn (1887-1953) versteht Stahlbeton und Beton als künsterlisches Baumaterial. Gebäude aus Beton wirken im Vergleich zu Holzkonstuktionen monolithisch und sind häufig ausdrucksstärker. Le Corbusier spricht in *Ausblick auf eine Architektur* (1923) von einer klaren Lesbarkeit der Architektur, die durch „schöne Formen“[561] erreicht wird. Geometrie ist ein wesentliches Gestaltungsmittel, jedoch fürchten sich viele Architekturschaffende davor die „Außenhaut dem Gesetz der Geometrie“[562] zu unterwerfen. Die Dynamik des Gebäudes wird speziell bei Mendelsohns Bauten aus der funktionsorientierten Gestalt entwickelt. Der *Potsdamer Einsteinturm* (197-1921) von Mendelsohn charakterisiert den Expressionimus und zählt zu den eindruckvollsten Gebäuden dieser Strömung (Abb. 55). Die anthropomorphe Form wirkt grimmig und trotzig.[563] Bauten von Antonio Gaudi (1852-1926), u.a. das *Casa Battlò* (1904-1906) und das *Casa Milà* (1906-1910) in Barcelona, können dem Expressionismus zugeordnet werden. Die Bewegtheit des Gebäudes entwickelt sich nicht aus aufgesetztem Dekor wie im Jugendstil, sondern entsteht aus gewagten, ausdruckstarken Schichtung von Gebäudeteilen. Charakteristisch sind stromlinienförmige Fensterbänder, hervortretende bzw. runde Treppenhäuser und vom Grundstück abge-

551 vgl. Birkner (1978): Der neue Lebensstil, in: Bruckhardt (Hrsg.): Der Werkbund in Deutschland, Österreich und der Schweiz, S.49
552 Posener (1978): Zwischen Kunst und Industrie: Der Deutsche Werkbund, in: Bruckhardt (Hrsg.): Der Werkbund in Deutschland, Österreich und der Schweiz, S.7
553 Pfleiderer/Riezler (1925): Die Form ohne Ornament, S.3
554 Pfleiderer/Riezler (1925): Die Form ohne Ornament, S.4
555 vgl. Pfleiderer/Riezler (1925): Die Form ohne Ornament, S.4f
556 vgl. URL: http://www.deutscherwerkbund-nw.de/index.php?id=309 [Stand: 1.4.2015]
557 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.167
558 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.168f
559 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.274
560 Kind-Barkauskas (2002): Beton in der Architektur, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.24
561 Le Corbsier (1923): Vers une architecture – Ausblick auf eine Architektur, in: Neumeyer/Cepl (2002): Quellentexte zur Architekturtheorie, S.391
562 Le Corbsier (1923): Vers une architecture – Ausblick auf eine Architektur, in: Neumeyer/Cepl (2002): Quellentexte zur Architekturtheorie, S.391
563 vgl. Pehnt (1981): Die Architektur des Expressionismus, S.121f

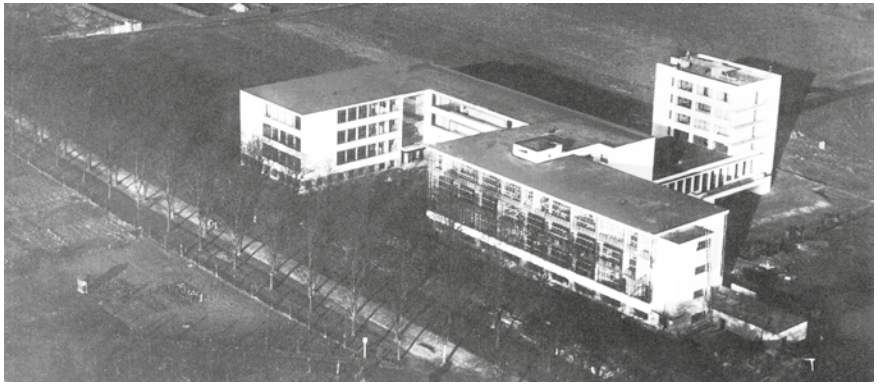


Abb. 56 I Bauhaus in Dessau, Luftperspektive

Abb. 57 I Bauhaus in Dessau, Ansicht

leitete Kurven.[564] Kennzeichnende Merkmale sind das bevorzugte Zackenornament, vorspringende Gesimse, Lisenen und Pilaster. Die expressionistischen Dekorationsformen werden nach einigen Jahren zurückhaltender, somit sind die Grenzen zum Rationalismus fließend.[565]

DER VERZICHT VON ORNAMENTEN - FUNKTIONALISMUS, NEUE SACHLICHKEIT, BAUHAUS, RATIONALISMUS

Der vorherrschende Funktionalismus in der Architektur und in der Gebrauchskunst folgt dem Prinzip der Funktionalität und Zweckmäßigkeit. Erste Ansätze sind u.a. schon um die Jahrhundertwende bei Wagner zu finden. Im Vordergrund stehen die technische Konstruktion und die Form des Gebäudes. Mit den neuen Strömungen wie u.a. Bauhaus, Werkbund und International Style verschwinden Ornamente und üppge Dekore aus der architektonischen Gestaltung.[566] Ornamentik tritt in den Hintergrund, erscheint teilweise als überflüssig. Investitionsgüter wie Maschinen oder technische Haushaltsgeräte sind bereits häufig ornamentlos. Im frühen 20. Jahrhundert werden auch Konsumgüter als Massenware produziert und auf das Ornament wird weitgehend verzichtet um Zeit, Material- und Fertigungskosten einzusparen. Im Bereich der Innenausstattung, Innenraumdekoration und Textilindustrie gibt es noch Ornamente, jedoch haben diese „kein verbindliches Leitornament“[567] mehr. Durch die Anwendung zahlreicher geometrischer Elemente wie Punkt, Linie, Fläche, vegetabilen und tierischen Motiven, bis hin zu technischen Formen und Effekten, wie beispielsweise Leuchtreklame, erfährt das Ornament innovative Impulse.[568]

Die Kunstschule *Bauhaus* (Gründung 1909 in Weimar) hat als oberstes Ziel Kunst- und Bauwerk, Theorie und Praxis in einem gemeinsamen Schaffensprozess dem *Gesamtkunstwerk* zu vereinen. Walter Gropius fordert im 1919 veröffentlichten Manifest, dass Architektur- und Kunstschaffende wieder zum Handwerk zurückkehren sollen.[569] Die Architektur von Gropius wird zum Leitbild der Kunstschule. Das *Bauhaus in Dessau* (1925-1926) oder charakteristische Wohngebäude (Abb. 56, 57) von Gropius stehen beispielhaft für den Stil. Die Architektur prägen L-förmige Baukörper, klare, kubische Formen und Fassaden aus Glas. Die Grundrisse sind funktionell und gut überlegt.[570] Die Fassade wird vielfach durch Fensterbänder klar gegliedert. Rhythmische Fassadenbilder ergeben sich durch die Ein- und Aufteilung der Fensteröffnungen. Fassadenschmuck

564 vgl. Gympel (1996): Geschichte der Architektur von der Antike bis heute, S.87
565 vgl. Gympel (1996): Geschichte der Architektur von der Antike bis heute, S.84f
566 vgl. Wollheim (2005): Über die Konstruktion der Oberflächen - Muster in der Architektur, in: Schmidt/Tietenberg/Wollheim (Hrsg.): Patterns, S.12
567 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.171
568 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.170f
569 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.383
570 vgl. Engelmann/Schädlich (1998): Die Bauhausbauten in Dessau, S.17

Abb. 58 I Schröder-Schräder-Haus in Utrecht, Ansicht Südosten

Abb. 59 I Schröder-Schräder-Haus in Utrecht, Ansicht Südwesten

Abb. 60 I Schröder-Schräder-Haus in Utrecht, Ansicht Innenraum

wird kaum bis gar nicht eingesetzt. Eine ornamentlose Baukunst fordert die maximale Reinheit der baukünstlerischen Gestaltung.[571]
Architekturkonzepte des Futurismus, der den Ursprung um 1909 in Italien hat, bleiben theoretisch.[572] Es wird „kein futuristisches Bauwerk“[573] umgesetzt.
Die niederländische Vereinigung von Kunst- und Architektruschaffenden *De Stijl* (Gründung 1917) etabliert sich nach 1920. Ein bekannter *De Stijl*-Bau ist das *Schröder-Schräder-Haus* (1924-1925) in Utrecht von Gerrit Rietveld (Abb. 58, 59). Das Gebäude ist als Gesamtkonzept zu verstehen, die Entwurfsideen setzen sich im Innenraum fort (Abb. 60). Die Gestaltung des Baus „im Sinne einer Integration der Künste“[574] orientiert sich an der abstrakten Formensprache und einer geradlinigen Architektur. Der Stil kennzeichnet sich durch die Anwendung der Farben Rot, Gelb, Blau in Kombination mit Weiß, Schwarz, Grau. Ornamentik im klassischen Sinne ist nicht präsent. Als eine Form des Musters kann die Komposition der Farbflächen verstanden werden.[575]
In Russland etabliert sich zwischen 1920 und 1930 der Konstruktivismus, als Reaktion auf Futurismus, *De Stijl* und *Werkbund*. Die Formensprache ist geradlinig und klar. Die Materialien Beton und Glas charakterisieren die Fassaden. Fassadenschmuck und Verzierungselemente im klassischen Verständnis werden nicht eingesetzt.
Der Internationale Stil oder Rationalismus, geprägt vom Bauhaus, ist um 1925 einzuordnen. Klare, kubische Formensprache, Asymmetrie und der Verzicht von Ornamenten und Schmuck ermöglichen ein Maximum an Funktionalität. Konstruktion und Funktion bilden eine Einheit. Vertreter des Stils brechen radikal mit der Vergangenheit. Im Rationalismus ist der Baukörper auf seine stereometrische Form und auf das Gleichgewicht von senk- und waagrechten Linien reduziert. Zu den Hauptleistungen des Stils zählen Deckenkonstruktionen aus Stahlbeton.[576] Erste Ansätze des Minimalismus sind schon um 1920 zu finden. Der architektonische Entwurf wird durch rationalistische Theorien geprägt. Hierbei wird versucht „rationale und objektiv richtige Entwurfsmethoden zu entwickeln“[577], die auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, die messbar und beobachtbar sind, beruhen. „Konstruktionstechniken, Materialien und funktionale Anordnungen“[578] rücken in den Mittelpunkt des Prozesses.

571 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.384
572 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.384
573 Koch (2006): Baustilkunde, S.385
574 Koch (2006): Baustilkunde, S.386
575 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.386
576 vgl. Koch (2006): Baustilkunde, S.385ff
577 Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.40
578 Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.40

4.2 THEORETISCHE POSITIONEN

Henry van de Velde beschreibt in *Renaissance im Kunstgewerbe* (1901) eine *neue* Ornamentik.[579] Zu einer neuen Architektur gehöre eine neue Ornamentik, so seine Forderung.[580] Der damit verbundene Wunsch eine Brücke zwischen Ornament und Architektur zu schaffen scheitert jedoch an der gleichzeitig auftretenden Überzeugung, es solle eine neue ästhetische Ausdrucksform der Architektur kreiert werden, die auf keinen Fall mit dem Ornament in Verbindung gebracht werden soll.

Die Jahrhundertwende ist von einer „Diskussion um das Verhältnis der Formgebung zu den industriellen Produktionsweisen“[581] geprägt. Zwischen 1908 und 1910 etabliert sich eine neue, intensive Diskussion in welcher der Verzicht auf das Ornament gefordert wird. Diese ist primär durch Adolf Loos und seine Thesen in *Ornament und Verbrechen* (1908), aber auch durch Richard Schaukals Ausführungen in *Gegen das Ornament* (1908) sowie *Vom Geschmack* (1910) und durch Otto Scheffers Überlegungen in *Zweckform und Ornament* (1909) geprägt.[582]

ADOLF LOOS - ORNAMENT UND VERBRECHEN

Anfang des 20. Jahrhunderts entsteht in Österreich eine Diskussion unter einem neuen Gesichtspunkt. Die Sinnhaftigkeit des Ornaments wird hinterfragt und die Idee einer „Ornamentlosigkeit“[583] wird geboren. Zentrale Rolle in dieser Debatte nimmt Loos (1870-1933) mit starkem Bezug zu Wien ein. Mit der Schrift *Ornament und Verbrechen* (1908) gibt Loos Anstoß zur Irritation.[584] Loos´ Haltung zum Ornament ist jedoch „keineswegs so eindeutig und ablehnend, wie oft angenommen wird.“[585] Loos wendet sich in seinen theoretischen Schriften gegen den herrschenden Jugendstil und die Wiener Werkstätte mit ihrem Hang zum dekorierenden Ornament, das Loos als überflüssig und nicht mehr zeitgemäß empfindet. Loos übt auch Kritik „gegen die Kunstgewerbeschulen.“[586] Die Ornamente der Moderne haben nach Loos ihren funktionalen und symbolischen Gehalt verloren, weil diese „weder dem Material entsprechen, noch Ausdruck der Zeit sind.“[587]

Loos hebt die Verwendung des Materials hervor und fordert Materialgerechtigkeit.[588] „Ein jedes material hat seine eigene formensprache, und kein material kann die formen eines anderen materials für sich in anspruch nehmen.“[589]

Loos schreibt die Evolution der Kultur sei gleichbedeutend mit dem Entfernen des Ornaments aus Alltagsgegenständen und meint, dass die Ornamentik „nicht mehr organisch mit unserer Kultur zusammenhängt“[590] und auch nicht mehr Darstellungsmittel unserer Kultur sei. Loos empfindet das Ornament als Vergeudung und versteht Ornamentlosigkeit als Symbol geistiger Kraft.

> „Der moderne Mensch verwendet die Ornamente früherer und fremder Kulturen nach seinen Belieben und Gutdünken. Seine eigenen Erfindungen konzentrieren sich auf andere Dinge.“[591]

Die Kritik von Loos basiert auf der vorangegangen Ornamentkrise und der langen Überschattung des Ornaments durch den Historismus.[592] Für Loos ist Kunst subjektiv und zweckfrei, Architektur hingegen solle der Allgemeinheit dienen.[593] Loos beeinflusst die Anwendung des Ornaments in der Moderne maßgeblich und ist richtungsweisend für eine Veränderung in der Architektur. Die Aussagen Loos´ sind manchmal „widersprüchlich in sich selbst und widersprüchlich zu den Tendenzen der Zeit.“[594] Zahlreiche Publikationen dokumentieren das architektonischen Schaffen von Loos. Verweisend sind hier u.a. Paul Engelmann (1946/1984), Hermann Czech (1977), Michael Müller (1977), Adolf Opel (1981) oder Alfred

579 vgl. Hoffmann (1970): Neue Ornamentik, S.150
580 vgl. Ocón Fernández (2007): Ornament und Moderne, S.12 und vgl. Hoffmann (1970): Neue Ornamentik, S.150
581 Berents (2011): Kleine Geschichte des Design, S.69
582 vgl. Rukschcio (1985): Ornament und Mythos, in: Pfabigan/Bisanz (Hrsg.): Ornament und Askese, S.59
583 Gleiter (2002): Rückkehr des Verdrängten, S.20
584 Gleiter (2002): Rückkehr des Verdrängten, S.20
585 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.420
586 Schneider-Henn (1997): Ornament und Dekoration, S.6
587 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.420
588 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.419
589 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.419
590 Loos/Stuiber (2009): Warum Architektur keine Kunst ist, S.50
591 Loos/Stuiber (2009): Warum Architektur keine Kunst ist, S.57
592 vgl. Schneider-Henn (1997): Ornament und Dekoration, S.6
593 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.421
594 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.422

Pfabigan und Hans Bisanz (1985) zu nennen. Anlässlich des Symposiums *Ornament und Askese* (1985) erscheint ein Sammelband, in dessen Fokus Loos und das Wien um die Jahrhundertwende stehen.[595] Verweise auf Loos treten vielfach auch bei jüngeren Publikationen wie beispielweise von Hans J. Gleiter (2002) oder Maria Ocón Fernández (2004) auf.
Loos prägt das Architekturgeschehen nachhaltig. Mit Beginn des 20. Jahrhunderts werden der Jugendstil und dessen ausgeprägte Ornamentik zurückgedrängt. In der Architektur ist das Ornament kaum bis gar nicht mehr spürbar. Mehrere Stilrichtungen überschneiden sich und die architektonische Gestaltung wird vielfach inspiriert, jedoch das Ornament „verstummt"[596] zunehmend in der Architektur.

PURISMUS UND REINHEIT DER MATERIALIEN

In der Schrift *Das Ornament oder Schmuckwerk* (1925) von Emil Högg und in der *Fachzeitung für Kunstgewerbe in der Berufsschule* (1928) von Gustav Höfig werden gestalttheoretische Ansätze verfolgt. Högg meint das Ornament sollte aufgewerteter Schmuck mit Sinn und Funktion sein, der Auskunft über seinen Träger gibt.[597] Högg verfasst ein Postulat gegen die „sinnlosen Ornamente"[598] im Historismus.
Die Modernisten sind bemüht glatte Baukörper mit verputzten Oberflächen zu gestalten. Jedoch sind viele glatte Oberflächen nur imitiert, da die Wände unter der Putzfassade meist aus Ziegel- oder Betonsteinen zusammengesetzt werden. Für die Herstellung werden somit traditionelle Baumaterialien verwendet.[599] Das „typische moderne Haus"[600] wird aus „gleichen altmodischen Baustoffen zusammengesetzt"[601], die schon vor mehr als hundert Jahren eingesetzt wurden. Im Unterschied zur vergangenen Baukunst werden keine Ornamente angebracht.

NEUES ORNAMENT DER MODERNE

Mit Beginn der Moderne entstehen, neben den bereits erwähnten Schriften, auch noch andere architekturtheoretische Werke. Egon Lehnert spricht in *Das neue Ornament* (1931) von einem *neuen* Ornament.[602] Das Werk ist reich illustriert und lenkt den „Blick des Lesers auf die Außengestaltung von Fassaden und die Inneneinrichtung", die bis dato wenig Beachtung in der Forschung fand. Anhand von Tafeln erklärt Lehnert „die verschiedenen Elemente, Motive und Konstruktionsprinzipien des modernen Ornaments."[603] Lehnert schreibt dem Ornament einen morphologischen und gestaltpsychologischen Sinngehalt zu. Die „Entwicklung einer systematischen Ornament- und Designlehre"[604] basiert auf den Kernfragen nach Struktur, Funktion, Wirkung und Wahrnehmung vom Ornament.[605]
Ab der Moderne kann von keinem etablierten Ornamentbegriff mehr gesprochen werden. Das Ornament steht im Fokus „der Debatten der klassischen Moderne."[606] Nach Günther Irmscher gibt es „kein verbindendes Leitornament mehr"[607], der Unterschied zwischen klassischen Ornamenten und den modernen Ornamenten ist der, dass „die Zahl der Muster, Ornamente und ornamental verwendeten Gegenstände und ihre Anwendungen und Stilisierungen […] unüberschaubar und endlos"[608] geworden sind. Der neue Ornamentbegriff gestaltet sich noch eher diffus, das aktuelle Ornament ist auch nicht ganz eindeutig fassbar. Ab dem 20. Jahrhundert ist der Ornamentbegriff durch eine „beträchtliche Unschärfe"[609] geprägt und ein „inhärente[s] begriffliche[s] Verwirrungspotential"[610] erschweren einen kritischen Zugang, den schon Gérard Raulet und Burghart Schmidt ihrem Werk diskutieren und fordern.

595 vgl. Pfabigan/Bisanz (1985): Ornament und Askese
596 Ferguson (2008): Ornament neu aufgelegt, in: Domeisen/Ferguson (Hrsg.): SAM Nr. 5, Ornament neu aufgelegt, S.1
597 vgl. Berents (2011): Kleine Geschichte des Design, S.99
598 Berents (2011): Kleine Geschichte des Design, S.99
599 vgl. Blake (1962): Drei Meisterarchitekten, S.176
600 Blake (1962): Drei Meisterarchitekten, S.176
601 Blake (1962): Drei Meisterarchitekten, S.176
602 vgl. Berents (2011): Kleine Geschichte des Design, S.99
603 Berents (2011): Kleine Geschichte des Design, S.99
604 Berents (2011): Kleine Geschichte des Design, S.99
605 vgl. Berents (2011): Kleine Geschichte des Design, S.99
606 Raulet/Schmidt (1993): Kritische Theorie des Ornaments, S.7
607 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.171
608 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.171
609 Caspary (2013): Ornamente der Fassade, S.18
610 Caspary (2013): Ornamente der Fassade, S.18

Ab dem 20. Jahrhundert wird von einem *modernen* Ornament gesprochen und es folgt eine scheinbare „Ornamentlosigkeit“[611], erst um 1930 ist die Rede von einem *neuen* Ornament. In der Nachkriegszeit wird der Begriff Ornament eher vermieden.[612]

MATHEMATISIERUNG VON ORNAMENTEN

Schon im 19. Jahrhundert wird ein neues mathematisches Zeitalter eingeleitet, indem die *euklidische Geometrie* abgelöst und von einer *nicht-euklidischen Geometrie* gesprochen wird. Diese unterteilt sich in die *hyperbolische Geometrie* geprägt von János Bolyai, Nikolai I. Lobatschefskij und Carl F. Gauß, und in die *elliptische Geometrie* nach Bernhard Riemann.[613] Michael Dürfeld erwähnt in diesem Zusammenhang eine „hyperbolische und elliptische Ornamentik.“[614]

Mathematik und Ornamentik befruchten sich schon sehr lange, jedoch „ist die Entdeckung der genauen Gesetze zur mathematischen Struktur des Ornamentalen erst sehr jung.“[615] Mit der *Gruppentheorie*, geprägt durch Arthur Cayley (1821-1895), wird „ein geeignetes Werkzeug zur mathematischen Behandlung der ornamentalen Kunstformen“[616] entwickelt. Ende des 19. Jahrhunderts gelingt es dem Mathematiker David Hilbert (1862-1943) „in einer fast endgültigen Art, die ganzen Fragenkomplexe über die Grundlagen den Geometrie zu klären“[617] und ein *Axiomensystem* aufzustellen. Hilbert stellt Überlegungen zur Verbindung von Arithmetik und Geometrie an.[618]

George Pólya (1887-1985) schafft den „Brückenschlag von der Gruppentheorie zur Ornamentik.“[619] Andreas Speiser (1885-1970) bezeichnet Ornamentik in *Die Theorie der Gruppen von endlicher Ordnung* (1927) als geometrische Kunst.[620]

> „Sie wird in der neueren Zeit weit unterschätzt und das hat zur Folge, daß keine neuen Ornamente mehr erfunden worden sind […]. Durch die Möglichkeit, die wirksamen mathematischen Methoden zu benutzen, ist die schöpferische Kraft der Ornamentik außerordentlich.“[621]

Mathematische und geometrische Methoden ermöglichen einen anderen Zugang um Ornamente und Muster zu konstruieren und zu erklären. Geometrische Motive basieren überwiegend mathematischen und geometrischen Gesetzmäßigkeiten.

611 Gleiter (2002): Rückkehr des Verdrängten, S.20
612 vgl. Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.20
613 vgl. Heffter (1940): Grundlagen und analytischer Aufbau der Projektiven, Euklidischen und Nichteuklidischen Geometrie, S.40
614 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.101
615 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.99
616 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.99
617 Colerus (1937): Von Pythagoras bis Hilbert, S.351
618 vgl. Colerus (1937): Von Pythagoras bis Hilbert, S.351
619 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.99
620 Speiser (1927): Die Theorien der Gruppen von endlicher Ordnung, S.76
621 Speiser (1927): Die Theorien der Gruppen von endlicher Ordnung, S.76

5 ANFÄNGE DES COMPUTERS NACH 1950

In diesem Kapitel werden der beginnende Einsatz des Computers und die damit verbundenen Entwurfs- und Herstellungsmethoden beleuchtet und theoretische Positionen nach 1950 mit Blick auf das Ornament und das Muster dargestellt. Mit Beginn der Moderne entstehen verschiedene Stile parallel bzw. greifen ineinander über. Mitte der 1950er Jahre entwickeln sich die Stilrichtungen Strukturalismus und Brutalismus und Mitte der 1970er Jahre entsteht der Kritische Regionalismus. Um 1980 etabliert sich als Gegenbewegung zur Moderne der Dekonstruktivismus. Die *Postmoderne* ist im deutschen Raum zwischen 1970 und 1980 einzuordnen. Die zeitliche Abgrenzung ist nicht eindeutig möglich. Die Architektur der späten Moderne ist primär von einer Ornamentlosigkeit geprägt und es ist kein charakteristisches Ornamentprofil erkennbar.[622]

5.1 ENTWURF UND PRODUKTION

Mit dem Einsatz des Computers in der Architektur eröffnen sich neue Möglichkeiten für den architektonischen Entwurf. *Computerkunst* prägt den architektonischen Entwurf und die Generierung von geometrischen Mustern.[623] Frieder Nake bezeichnet ein „Eindringen der Maschine in künstlerische Bereiche“[624] als irreversibler Vorgang, der die Mittel für die Produktion verändert.[625] Gemäß Herbert W. Franke ist die „Computerkunst vielleicht sogar ‚entscheidend für die Kunst des nächsten Jahrtausends‘.“[626] Der Computer, als virtuelles Zeichenbrett, vereinfacht das Entwerfen im Bezug auf Reproduzierbarkeit und Veränderbarkeit.

Heute erscheint die Anwendung des Computers als selbstverständlich, doch vor knapp einem halben Jahrhundert war es noch fast ein Wunschtraum.[627] Die ersten Computer werden zwar zwischen 1950 und 1960 entwickelt, werden aber im architektonischen Feld kaum eingesetzt. Die Entwicklung des *Sketchpad-Programms* 1963 durch Ivan Sutherland wird als Beginn des *Computer Aided Drafting* (CAD) verstanden.[628] In der ersten Generation wird die *CAD-Software* als „reines Zeichenwerkzeug“[629] genutzt. Mit dem Einsatz des Computers entstehen die ersten computergenerierten Bilder. Wegbereiter sind Naturwissenschaftler und Mathematiker wie Franke, Nake und Nees.[630] Die Computerpioniere versuchen Kunstobjekte mit dem Computer zu erzeugen, jedoch sind diese Bilder eher als *Pattern* (Muster) zu verstehen. Nake spricht vom Computer als „Produktionsmittel, das zur Maschinisierung der Kopfarbeit“[631] dient. Die Formensprache scheint sich dem Raster, dem Muster und der Struktur zu nähern.

Mit zunehmender Anwendung des Computers in den 1970er Jahre entwickelt sich eine neue Form von Architektur. Mit der Entstehung der *Rastergrafik* in den 1970er Jahren leitet die Computergrafik ihren ersten Siegeszug ein.[632] Der Computer wird im letzten Drittel des 20. Jahrhunderts von Kunstschaffenden anwendet, insbesondere zur Entwicklung grafischer Arbeiten, die „ornamental geprägt sind.“[633]

In den 1970er Jahren werden mit Hilfe des Computers, neben der Funktion als digitales Zeichenbrett, unterschiedliche Entwurfszugänge forciert. Beispielweise entwickeln Bill Hillier und Julienne Hanson *Space Syntax*.[634] Der Raumsyntax basiert auf der Idee „soziale Beziehungen seien immer auf räumliche Beziehungen zu reduzieren und umgekehrt“[635] und diese seien von „Konfigurationen“[636] abhängig.

Seit Mitte der 1980er Jahre werden in Architekturbüros vermehrt CAD- oder rechnerunterstützte Methoden in der Planung angewendet. Eine Differenzierung der Software erfolgt in 2D-, 2½D- und 3D-CAD-Programmen. 2D-CAD-Programme sind als elektronisches Zeichenbrett zu ver-

622 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.12
623 vgl. Nake (1974): Ästhetik als Informationsverarbeitung, S.333
624 Nake (1974): Ästhetik als Informationsverarbeitung, S.333
625 vgl. Nake (1974): Ästhetik als Informationsverarbeitung, S.333
626 Franke (1971): Computergrafik - Computerkunst, S.119, zit. nach Nake (1974): Ästhetik als Informationsverarbeitung, S.333
627 vgl. Nake (1974): Ästhetik als Informationsverarbeitung, Vorwort
628 vgl. Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.14
629 Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.15
630 vgl. Beddard/Dodds (2009): Einleitung, in: Victoria and Albert Museum (Hrsg.): Pattern/Digital Pioneers, o.S.
631 Nake (1974): Ästhetik als Informationsverarbeitung, Vorwort
632 vgl. Bender/Brill (2006): Computergrafik, S.1
633 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.53
634 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.43
635 Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.55
636 Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.43

stehen. Den Zeichenelementen Punkt, Linie, Linienzüge, Kreisbögen, Splines und Flächen liegt eine vektorbasierende Ordnung zugrunde. Die Zeichnung wird durch Ebenen und Symbole sowie durch logische Verknüpfungen zwischen einzelnen Zeichnungselementen organisiert. Mittels Softwareerweiterungen *(Plug-ins)* wird die Funktionalität zunehmend gesteigert. 2½D-Programmen bieten die Möglichkeit in der 2D-Zeichnungsebene, vorgefertigte 3D-Elemente (Wände, Decken, Fenster) aus der Bibliothek zu importieren. Aufgrund der architektonischen Charakteristik wird die Kreativität eher eingeschränkt.[637]

Durch den Computer wird die Entwicklung neuer Muster und Ornamente vereinfacht, da grafische Zeichen beliebig veränderbar und einfach reproduzierbar sind. Die computergenerierten Objekte bedingen auch ein neues Vokabular. Im Sprachgebrauch finden sich die Begriffe Muster und ornamentalen Strukturen wieder. In der Fertigung werden die ersten integrierten CAD-CAM-Systeme und wissensbasierte Systeme für Produktionsplanung und Fertigung eingesetzt.[638]

Pioniere im Bereich der Forschung und Anwendung von Roboter im architektonischen Feld sind Fabio Gramazio und Matthias Kohler. Seit den 1980er Jahren wird an der ETH in Zürich geforscht.[639] Der Industrieroboter entsteht schon in den 1950er Jahren, Mitte 1970 baut KUKA weltweit den ersten Industrieroboter mit sechs elektromechanisch angetriebenen Achsen.[640] In der Architektur werden die Roboter erst um 1990 vermehrt eingesetzt (vgl. Kap. 6.2).

Mit der Weiterentwicklung des Computers, entstehen auch neue Entwurfsmethoden. Kleine Meilensteine im Entwurf setzen generative Prozesse, wie u.a. *Scaling* (Maßstabsverkleinerung) oder *Superposting* (Überlagerung).[641] In den späten 1980er Jahren etablieren sich automatische und digitale Entwurfsmethoden wie *Morphing, Folding, Animate Form, Datascape,* Diagramme und etwas später parametrisches und algorithmisches Entwerfen (vgl. Kap. 6.1).[642]

In Tab. 1 wird ein Überblick über die Entwicklung der Computergrafik ab 1950 gezeigt.[643]

Grafik	Geometrie	Technische Anwendung
1950 – 1960 Vektor- und Liniengrafik	Einfache geometrische Algorithmen, 3D-Drahtmodelle	Numerische Steuerung, Fräsprogramme
1960 – 1970 Interaktive Computergrafik, Algorithmen für verdeckte Kanten und Flächen	Approximationsmethoden für Kurven und Flächen, Entwicklung geometrischer Programmiersprachen	Entwurfssysteme zum Zeichnen, Simulation, Bildverarbeitung
1970 – 1980 Rastergrafik, Standardvorschläge, Computeranimation, Computerspiele	Eindeutige Darstellung räumlicher Objekte, Komplexitätsbetrachtungen geometrischer Algorithmen	Entwurfssysteme für mechanische Teile, integrierte Schaltungen, Industrieroboter, geographische Systeme
1980 – 1990 Kognitive Computergrafik, Bewegung, Computervision, realistische Bildsynthese	Geometrische Daten- und Methodenbanken, logische Systeme, Standards	Grafische Benutzeroberflächen, Integrierte CAD/CAM-Systeme, wissensbasierte Systeme für Produktionsplanung und Fertigung

Tab. 1 I Entwicklung der Computergrafik

Funktionale Ansätze haben in den 1950er und 1960er Jahren weiterhin Bestand. In dieser Architekturphase steht „die Entwicklung der Form aus der Konstruktion und das Primat des Raumes“[644] im Vordergrund. In den Hintergrund tritt die Bedeutung von „Fassade, Ornament und Symbol.“[645]

637 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.21f
638 vgl. Brüderlein/Meier: Computergrafik und Geometrisches Modellieren, S.15
639 vgl. URL: http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/news/actualNews.html [Stand: 1.4.2015]
640 vgl. Brüderlein/Meier: Computergrafik und Geometrisches Modellieren, S.15
641 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.66f
642 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.69ff
643 vgl. Brüderlein/Meier: Computergrafik und Geometrisches Modellieren, S.15
644 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.87
645 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.87

Abb. 61 I Unité d´Habitation in Firminy-Vert, Ansicht, 1955-1967

Abb. 62 I Unité d´Habitation in Marseilles, Ansicht, 1945-1952

Abb. 63 I Unité d´Habitation in Firminy-Vert, Fassade, 1955-1967

Abb. 64 I Unité d´Habitation in Firminy-Vert, sculptures moulées, 1955-1967

In der Herstellung von Architekturoberflächen werden in der Spätmoderne und Postmoderne verschiedene Materialien eingesetzt. Zum Teil werden Baustoffe in bekannter, alter Tradition angewendet, teilweise werden Materialien weiterentwickelt und neu interpretiert. In folgend erläuterten Architekturströmungen sind Materialaffinitäten, häufig zum Baustoff Beton, erkennbar. Seit den 1950er Jahren werden in Europa zunehmend massenweise hergestellte Stahlbetonfertigteile eingesetzt.

ORNAMENTE UND MUSTER IM STILPLURALISMUS AB 1950 – NACHKRIEGSMODERNE

Die Architektur der Nachkriegsmoderne ist von einer vorwiegend geometrischen Formensprache geprägt. Skizzen und Handzeichnungen dominieren in der architektonischen Darstellung, der Computer wird erst später eingesetzt. Le Corbusier (1887-1965) stellt im *Modulor* (1948) einen proportionalen Entwurfszugang vor.[646] Proportion zählt nach wie vor zu den primären Stilmitteln der Architektur. Andere Möglichkeiten um Architekturentwürfe zu entwickeln sind u.a. *Zufall* und *surrealistischer Verfahren* oder *rationalistische Zugänge*.[647]

Die stark geometrische Architektur im Brutalismus, mit weitgehendem Verzicht auf Ornamente und Muster, kennzeichnet sich durch Stahl, Glas und vor allem Beton. Der Werkstoff Beton rückt in den Mittelpunkt der Gestaltung, seine Oberflächenbeschaffenheit wird zum Charakteristikum. Richtungsweisend ist die Architektur von Ludwig Mies van der Rohe (1886-1969) und Le Corbusier.[648] Le Corbusier propagiert eine Ästhetik des *béton brut*.[649] *Wohnmaschinen* bzw. *vertikale Wohnstädte* (Abb. 61, 62), u.a. die *Unité d`Habitation* in Marseilles (1945-1952), in Rezé-lès-Nantes (1948-1955), in Berlin (1955-1958), in Briey-en-Forêt (1954-1963) oder Firminy-Vert (1955-1967) charakterisieren diese Ästehtik. Das Bauwerk besteht aus einem primären (Konstruktion) und sekundären (Zwischenpodeste) Stahlbetonskelett. Die Aussteifung erfolgt durch die Steifigkeit der Stahlbeton-Trennwände (*voiles*).[650] Mit einer Höhe von 56, einer Länge von 137 und einer Tiefe von 24 Metern schafft die *Unité d`Habitation* in Marseilles für 337 Wohnungen Platz.[651] Die Oberlfäche der *Unité d`Habitation* ist in Sichtbeton gestaltet (Abb. 63). Le Corbusier setzt sich intensiv mit „den formalen und künstlerischen Qualitäten von Betonoberflächen auseinander“[652], widmet sich im Besonderen den Schalungsabdrücken, durch die häufig dekorative Formen und Figuren (*sculptures moulées*) entstehen (Abb. 64).

646 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.30
647 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.34ff
648 vgl. URL: http://www.wissen.de/lexikon/brutalismus [Stand: 3.12.2012]
649 vgl. Gargiani/Rosellini (2014): Le Corbusier, S.54
650 vgl. Gargiani/Rosellini (2014): Le Corbusier, S.5
651 vgl. Gössel/Leuthäuser (2001):Architektur des 20. Jahrhunderts, s.261
652 Gargiani/Rosellini (2014): Le Corbusier, S.19

Der Brutalismus ist ab 1950 als eigenständige Architekturrichtung zu verstehen. An der Wortschöpfung Brutalisten ist Hans Asplund (1921-1994) maßgeblich beteiligt.[653] Ornamente und Muster erfahren im Brutalismus kaum Würdigung, jedoch werden Struktur, Konstruktion und Material betont. Die Textur des Betons wird zum Charakteristikum der Architekturströmung.[654]
Mitte des 20. Jahrhunderts, um 1960, setzt der Strukturalismus als Gegenbewegung zum Rationalismus ein. In Europa wird der Strukturalismus als parallele Strömung zur postmodernen Architektur gesehen. Strukturales Denken und Gestalten äußert sich in vielen Fachgebieten, u.a. in der Lingusistik, Anthropologie, Philosphie und Kunst und entwickelt sich in mehreren Zeitabschnitten. Die Architektur von Aldo van Eyck und Herman Herzberger ist durch klare, gestaffelte und funktionale Formen geprägt. Charakteristische Bauten sind das *Städtische Waisenhaus* (1957-1960) in Amsterdam von van Eyck oder das *Bürogebäude von der Centraal Beheer Versicherung* (1968-1972) in Apeldoorn von Herzberger.[655] Ornamente, Muster und Schmuck sind in der architektonischen Gestaltung nicht präsent.
Der Minimalismus etabliert sich um 1960 in der Architektur, der Ursprung liegt in den 1920er Jahren. Unter dem Leitsatz „Less is more“[656] stellt Mies van der Rohe die „Reinheit der Form“[657] in den Mittelpunkt und entfernt wie viele andere den gesamten Dekor. Architektur ist durch gerade Linien und rechte Winkel geprägt, es gibt kaum aufgesetzten Schmuck. Farben werden sehr zurückhaltend bis gar nicht eingesetzt und die Struktur der Fassade wird ausschließlich durch Funktion und Konstruktion bestimmt. Stahl, Stahlbeton und Glas zählen zu den charakteristischen Baumaterialien. Mies van der Rohe unternimmt den Versuch sich vom Formalismus zu befreien, nicht die Form ist das Ziel der Architektur, sondern das Ergebnis.[658] Der architektonische Entwurf besticht in schon in den 1920er Jahren durch Reduktion, beispielsweise beim *Bürohochhaus G* (1923) von Mies van der Rohe. In den 1950er Jahren wird dieser Entwurf zum Prototypen für Büro-, Geschäfts- und Fabrikbauten.[659] Die Architektur ist vom zunehmenden Verzicht des Ornaments geprägt.

ORNAMENTE UND MUSTER IM STILPLURALISMUS AB 1970 – POSTMODERNE UND DEKONSTRUKTIVISMUS

Mit der Kritik am Funktionalismus findet eine Abwendung statt und Mitte der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts setzt der *Neohistorismus* oder die *Postmoderne* ein.[660] Erstmals wird der Begriff *postmodernism*[661] um 1950 mit einer „literarischen Strömung“[662] in Zusammenhang gebracht. Mitte 1970 etabliert sich der Begriff auch in der Architektur.[663] Postmoderne Architektur ist nicht ortsgebunden. Das Bauwerk widersetzt sich der reinen Funktion und wird als Zitat der Epoche verstanden. Es ist kein einheitlicher Stil erkennbar. Postmoderne Architektur zitiert Stilelemente aus der Vergangenheit. Unterschiedliche ornamentale historistische Strukturen werden „ohne jedes Verständnis von Sinn, Detailform, Proportion [und] Lage“[664] vorwiegend an Fassaden eingesetzt. In der Postmoderne werden Ornamente und Dekorsysteme wieder eingesetzt, sind aber primär antifunktional, meist zweckentfremdet und werden ironisch zitiert. Vertreter der Postmorderne wie u.a. Aldo Rossi, Robert Venturi, Charles A. Jencks, Helmut Jahn und Hans Hollein, haben die Kritik am Funktionalismus gemein.[665]
Ab 1980 findet mit dem Dekonstruktivismus eine radikale Abkehr der Postmoderne statt, richtungsweisend ist die Architektur von Peter Eisenman und Bernhard Tschumi. Weitere Wegbereiter dekonstruktivistischer Architektur sind u.a. Frank O. Gehry, Daniel Libeskind, Rem Koolhaas, Zaha Hadid oder Coop Himmelblau.[666] Der Architekturentwurf und die Praxis sind von der Tradition des Kubismus und des Futurismus sowie von den russischen Konstruktivisten Wladimir Tatlin und Brüder Wesnin geprägt. Im Dekonstruktivismus werden klassische Regeln gebrochen, in-

653 vgl. Banham (1966): Brutalismus in der Architektur, S.10
654 vgl. Klotz (1987): Moderne und Postmoderne, S.68
655 vgl. Klotz (1987): Moderne und Postmoderne, S.115ff
656 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.512
657 Blake (1962): Drei Meisterarchitekten, S.157
658 vgl. Blake (1962): Drei Meisterarchitekten, S.162
659 vgl. Klotz (1987): Moderne und Postmoderne,S.33f
660 vgl. Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.85
661 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.171 und vgl. Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.87
662 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.87
663 vgl. Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.87
664 Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.172
665 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.172
666 Johnson/Wigley (1988): Dekonstruktivistische Architektur, S.22ff

Abb. 65 I Jüdisches Museum in Berlin, Ansicht

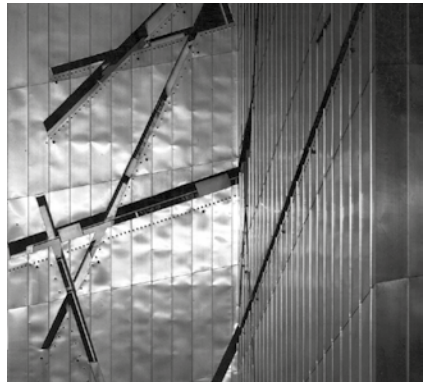


Abb. 66 I Jüdisches Museumin in Berlin, Fassade

Abb. 67 I Vitra-Design Muesum in Weil am Rhein, Ansicht

Abb. 68 I Steinhaus am Ossiacher See in Kärnten, Ansicht von Westen

Abb. 69 I Steinhaus am Ossiacher See in Kärnten, Ansicht von Osten

dem die Hierarchie der Formen aufgelöst und ein „einheitliches Ganzes“[667] angestrebt wird. Im Fokus steht die Befreiung vom Ornament als klassisches Zitat.[668] Die „nackte Reinheit“[669] und die darunter liegende funktionale Struktur des Gebäudes werden sichtbar. Das Formenvokabular beruht nicht mehr auf historischen Vorbildern. Charakteristische Merkmale der dekonstruktivistischen Architektur sind unregelmäßige, geometrische Elemente, Überlagerungen von Form und gesplitterten und fragmentarischen Bauelemente. Regelmäßigkeit oder Symmetrie sind dem Stil weitgehend fremd. Form folgt nicht mehr der Funktion, sondern Funktion folgt der *Deformation*.[670] Beispielhaft erwähnt seien u.a. der *Jüdische Museumbau* in Berlin (1996) von Libeskind (Abb. 65, 66), das *Vitra-Design-Museum* in Weil am Rhein (1989) oder das *Guggenheim Museum* in Bilbao von Gehry (Abb. 67).[671] Dem österreichischen Dekonstruktivismus ist das *Steinhaus* am Ossiacher See (1986) von Günther Domenig (Abb. 68, 69) zuzuordnen.

Ende das 20. Jahrhunderts finden Architekturschaffende eine einfache Formensprache, die zum Credo zeitgenössischer Architektur wird. Es findet ein Rückgriff auf „elementare geometrische Formen“[672], teilweise eine Reduktion auf das ornamentale Muster statt, in wenigen Fällen auf das minimalistische Raster.[673] Minimalistische Architektur kennzeichnet sich durch Einfachheit und fordert Ökonomie. Entwürfe von Peter Zumthor und Tadao Ando charakterisieren die Formensprache des Minimalismus der 1990er Jahre. Das minimalistische Ornament nähert sich im 20. Jahrhundert zunehmend dem Muster und der Struktur an.[674]

667 Johnson/Wigley (1988): Dekonstruktivistische Architektur, S.12
668 vgl. Johnson/Wigley (1988): Dekonstruktivistische Architektur, S.16
669 Johnson/Wigley (1988): Dekonstruktivistische Architektur, S.16
670 vgl. Johnson/Wigley (1988): Dekonstruktivistische Architektur, S.19
671 vgl. Gössel/Leuthäuser (2001): Architektur des 20. Jahrhunderts, S. 378ff
672 Team (2003): Minimalismus, S.72
673 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.103
674 vgl. Ulama (2002): Architektur als Anatomie, S.208

5.2 THEORETISCHE POSITIONEN

In der Nachkriegszeit wird die Bezeichnung Ornament überwiegend vermieden. Auf architekturtheoretischer Ebene setzt Mitte der 1960er Jahre wieder ein Diskurs zum Ornament ein und der Begriff wird wieder aufgegriffen.

MATHEMATIK UND ORNAMENTIK

Der Computer bringt Veränderungen für den Entwurf mit sich und parallel entwickelt sich der Trend das Ornament mathematisch zu erklären. Schon Max Bense (1910-1990) beschreibt im Aufsatz über *Die Mathematik in der Ornamentik* (1945) Symmetrie als „Vereinigung ästhetischer und mathematischer Verhältnisse auf eine abstrakte, ungegenständliche Art“[675] und meint „das Ästhetische und das Mathematische werden zu auswechselbaren Begriffen.“[676] Eine Mathematisierung des Ornaments wird in der Ausstellung *ornament ohne ornament?* (1965) spürbar. Ornamentale Erscheinungen sind hier „als Teil eines komplexeren Ganzen, der Symmetrie“[677] zu verstehen. Viele Erscheinungen des Ornamentalen werden auf einen *Genotyp*, die Symmetrieoperationen, zurückgeführt.[678] Die Schweizer Ausstellung versucht auf der Basis des Symmetriebegriffs die neuen ornamentalen Erscheinungen mit dem klassisch-modernen Formenvokabular in Verbindung zu bringen. Durch die Rückführung des *Ornamentalen* auf die mathematische Symmetrie-Struktur verschiebt sich der Ornamentbegriff „auf den mathematischen Symmetriebegriff.“[679] Im Vordergrund steht nunmehr die Funktion der Formgenerierung des Ornaments und nicht mehr die Schmuckfunktion. Gemäß Dürfeld entwickelt sich hier „eine erste grundlegende Verschiebung vom Ornament zum Ornamentalen.“[680]

NEUE ORNAMENTIK IN DER BILDENDEN KUNST

Klaus Hoffmann grenzt in *Neue Ornamentik* (1970) vor dem Hintergrund der Kunst und dem Kunstgewerbe eine neue Ornamentik gegen eine alte Ornamentik, die als Schmuck und Verzierung verstanden wird, ab.[681] Hoffmann meint das Ornament der klassischen Moderne diene als Hilfsmittel um die Ziele „‚Abstraktion', ‚Konkretion', ‚Formell' oder ‚Informell'“[682] zu erreichen. In der Kunst der 1960er Jahre wird das Ornamentale zum zentralen Bildthema gemacht. Als wesentliches Unterscheidungsmerkmal zum Ornament vor 1950 verfügt die neue Ornamentik frei über die oben genannten Ressourcen.[683] Das Ornament ist somit von jeglicher Funktionalisierung entpflichtet. Hoffmanns Schlussfolgerung daraus ist die Möglichkeit einer Rehabilitierung des Ornamentalen, aber nicht des Ornaments.[684] Hoffmann ist somit Wegbereiter für einen „prozesshaften Ornamentbegriff.“[685]

FRAKTALE MUSTER

In den 1970er Jahren wird die *fraktale Geometrie* entwickelt, die sich in drei Gruppen, lineare Fraktale, nicht lineare Fraktale und zufällige Fraktale, unterteilt.[686] Benoit Mandelbrot (1924-2010) prägt den Begriff *fraktal*, dieser „bedeutet ‚zerbrechen: unregelmäßige Bruchstücke erzeugen'“[687] und leitet sich aus dem lateinischen *frangere* ab.[688] Das englische *fragmented* wird mit splitterhaft übersetzt.[689] Laut Duden wird unter dem Adjektiv „vielfältig gebrochen, stark gegliedert“[690] verstanden. Als Fraktal wird ein natürliches oder künstliches Objekt oder geometrisches

675 Bense (1949): Konturen einer Geistesgeschichte der Mathematik, S.58
676 Bense (1949): Konturen einer Geistesgeschichte der Mathematik, S.58
677 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.98
678 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.98
679 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.98
680 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.100
681 vgl. Hoffmann (1970): Neue Ornamentik, S.150
682 Hoffmann (1970): Neue Ornamentik, zit. nach Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.17
683 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.17
684 vgl. Hoffmann (1970): Neue Ornamentik, S.12
685 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.17
686 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornament und die architektonische Form, S.110ff
687 Mandelbrot (1987): Die fraktale Geometrie der Natur, S.16
688 vgl. Mandelbrot (1987): Die fraktale Geometrie der Natur, S.16
689 vgl. Mandelbrot (1987): Die fraktale Geometrie der Natur, S.13
690 URL: http://www.duden.de/suchen/dudenonline/fraktal [Stand: 3.12.2012]

Muster bezeichnet, das einen hohen Grad an Skaleninvarianz, somit Selbstähnlichkeit, hat.[691] „Viele natürliche Strukturen mit scheinbar uneingeschränkter Komplexität“[692] haben eine „geometrische Regelmäßigkeit.“[693] Dürfeld bezeichnet fraktale Prozesse als Vorgänge, die Ähnlichkeit zur Ausgangsform aufweisen, jedoch keine symmetrische Abbildung dieser sind, sondern eine laufende Transformation der Form darstellen.[694] Dürfeld widmet sich der „fraktale[n] Ornamentik und Virtualität.“[695] Während symmetrische Operationen, Grundlagen der euklidischen Ornamentik, die Ausgangsform unverändert lassen, ermöglicht die fraktale Geometrie durch rekursive Verfahren eine Generierung komplexer ornamentaler Formen.[696] Hierbei wird „mit jeder Operation die Ausgangsform“[697] verändert, eine „Formenkomplexität entsteht durch eine laufenden Transformation der Form.“[698] Jürgen Flachsmeyer zeigt in *Mathematik und ornamentale Kunstformen* (1990) vor dem Hintergrund der Geometrie und Gruppentheorie den Zusammenhang zwischen mathematischen Strukturen und dem symmetrischen Ornament.[699] Zusammenhänge zwischen Mathematik und Ornament werden häufig in der Symmetrie gesehen. Eine „Koppelung des Ornamentbegriffs an den mathematischen Symmetriebegriff“[700], lässt eine Überwindung vom gängigen Schmuck- und Verzierungsverständnis vermuten und aufgrund des Erklärungsmodells über die Symmetrie auf ein „grundlegendes Formengenerierungsprinzip“[701] schließen.

POSTMODERNE ORNAMENTE, ZEICHEN UND SYMBOLE

Kritik am Funktionalismus üben u.a. Aldo Rossi, Robert Venturi, Charles A. Jencks, Philip Johnson, Helmut Jahn, Ernst Bloch und Hans Hollein. Ernst Bloch (1885-1977) verfasst im Werk *Prinzip der Hoffnung* (1938-1947) eine „tiefgreifende Funktionalismus-Kritik.“[702] Bloch bezeichnet die Architektur des Funktionalismus als „reisefertig, seelenlos und Lichtkitsch.“[703] Bloch fordert eine Rückbesinnung zum organischen Ornament und meint die Entwicklung des organischen Ornaments erfolge nicht aus vergangenen Vorbildern, sondern basiere auf „Bedingungen einer neuen Gesellschaft.“[704] Mit der Überwindung des kapitalistischen Funktionalismus, der Definition eines neuen Begriffs von Architektur im Sinne eines „Produktionsversuch[es] menschlicher Heimat“[705] wird ein organisches Ornament inkludiert.

Ebenso lehnt Philip Johnson (1906-2005) den Funktionalismus ab. Louis J. Kahn (1901-1974) hingegen versucht „Vorstellungen von Natur, Ordnung, Geometrie und Modul“[706] zu verbinden und versteht „Architektur als Ausdruck menschlicher Wünsche.“[707] Venturi entwickelt in *Learning from Las Vegas* (1972) eine Entwurfsmethode, indem Symbole aus der Konsum- und Alltagswelt ästhetisch überhöht werden und auf die Ebene von *architekturhistorischer Symbolik* gestellt werden.[708] Mit der „Grundannahme der außerordentlichen Bedeutung von Symbolen in der Architektur“[709] wird der Ornamentbegriff umschrieben. Venturi trennt den bildhaften und symbolhaften Charakter von konstruktiven und funktionalen Elementen des Gebäudes.[710] Gemäß Venturi erfahren das Symbolische und Ornamentale im Funktionalismus kaum Wertschätzung.[711]

691 vgl. Mandelbrot (1987): Die fraktale Geometrie der Natur, S.13, S.357
692 Dürfeld (2008): Das Ornament und die architektonische Form, S.109
693 Dürfeld (2008): Das Ornament und die architektonische Form, S.109
694 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornament und die architektonische Form, S.111
695 Dürfeld (2008): Das Ornament und die architektonische Form, S.109
696 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornament und die architektonische Form, S.110
697 Dürfeld (2008): Das Ornament und die architektonische Form, S.111
698 Dürfeld (2008): Das Ornament und die architektonische Form, S.111
699 vgl. Flachsmeyer/Feiste/Manteuffel (1990): Mathematik und ornamentale Kunstformen, S.5ff
700 Dürfeld (2008): Das Ornament und die architektonische Form, S.102
701 Dürfeld (2008): Das Ornament und die architektonische Form, S.102
702 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.511
703 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.511
704 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.511
705 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.511
706 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.509
707 Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.509
708 vgl. Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.88
709 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.88
710 vgl. Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.88
711 vgl. Venturi/Scott Brown/Izenour (1997): Lernen von Las Vegas, S.172

Venturi spricht über das *moderne Ornament*[712], von *Ornament und Innenraum*[713] und von der *Klarheit der Form als Form des Ornaments*.[714] Um das nicht vorhanden Sein von Symbolen und Ornamenten zu kompensieren, gibt es in der Moderne ein Bestreben „Klares immer noch klarer zu sagen."[715] Venturis Schrift kann als „Gründungsmanifest der postmodernen Architektur"[716] verstanden werden. Architektur wird in der Postmoderne zum *Zeichenträger*. Fassaden sind Informationsträger, Symbole und Schriftzüge werden appliziert.[717]

PATTERN UND ENTWURFSMUSTER

Christopher Alexanders *A Pattern Language* (1977) oder *Muster-Sprache*[718] basiert auf „mathematischen und empirischen Beobachtungen."[719] Alexander empfiehlt die Entwurfsaufgabe in Teilprobleme zu zerlegen und bietet dafür „universell gültige formale Lösungen"[720] an. Das Konzept der *Muster-Sprache* lässt sich auf Städte und Gebäude anwenden.[721] Alexander zählt zu den ersten Architekten, der „für architektonische Fragestellungen eigene Computerprogramme"[722] schreibt. In der Architekturszene wird die *Pattern Language* heute als „veraltetes oder sogar reaktionäres Konzept"[723] verstanden. Jedoch erleben *Pattern* in der Informatik eine Wiedergeburt, somit scheint der Grundstein für regelbasiertes Entwerfen schon in 1960er Jahren gelegt worden zu sein.[724]

VERDRÄNGUNG ODER WIEDERKEHR DES ORNAMENTS

Eine Wiederaufnahme der Ornamentdiskussion ist zu Beginn der 1980er Jahre einzuordnen. Publikationen von Michael Müller (1977), Ernst H. Gombrich (1979/1982), Frank-Lothar Kroll (1987), Günther Irmscher (1984/2005) sind einige deutschsprachige Werke zum Themenkreis Ornament. Viele Publikationen behandeln primär das klassische Ornament, das gemäß Dürfeld „am Ende des 19. Jahrhunderts zu einem zentralen Forschungsgegenstand wurde, da man es als reinste Verkörperung von Stil betrachtete."[725]
Das Werk *Die Verdrängung des Ornaments* (1977) wirft die Frage auf, ob dem Ornament „notwendige Aufhebung oder falsche Verdrängung"[726] zu Teil wird. Michael Müllers Untersuchung behandelt den *Funktionswandel des Ornament*s und Müller ist um eine kritische Analyse der Architektur, welche seit Beginn „dieses Jahrhunderts ohne jede Ornamentik auszukommen"[727] scheint, bemüht. Jedoch erscheint die Annahme, dass in der Architektur des Funktionalismus das Ornament „nicht mehr konkret-sinnlich auftaucht, gleichwohl noch eine Bedeutung haben soll"[728] etwas paradox. Müller gesteht dem Ornament eine Bedeutung zu, die über die rein historisch-rückblickende hinausgeht und meint, dass eine Verbannung des Ornaments nach wie vor heftig umstritten sei. Müller hebt hervor, dass die Verdrängung des Ornaments „vor dem Hintergrund einer Architektur zu sehen ist, die ihren ästhetischen Anspruch zugunsten der Erfüllung von sozialen Funktionen einschränkte."[729] Die Architektur zu Beginn des 20. Jahrhunderts wird auf ihre „Zweckrationalität"[730] beschränkt. Mit Verweise auf Walter Benjamin, Theodor W. Adorno, Siegfried Kracauer, Siegmund Freud, Jürgen Habermas und Ernst Bloch werden die Argumente gestützt, die ebenfalls „den Verlust des Ornaments in der Architektur"[731] beklagt haben. Müller verweist noch auf die Ornamentbegriffszuschreibung der *kritischen Form*, die innerhalb der

712 vgl. Venturi/Scott Brown/Izenour (1997): Lernen von Las Vegas, S.129
713 vgl. Venturi/Scott Brown/Izenour (1997): Lernen von Las Vegas, S.136
714 vgl. Venturi/Scott Brown/Izenour (1997): Lernen von Las Vegas, S.172
715 Venturi/Scott Brown/Izenour (1997): Lernen von Las Vegas, S.172
716 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.88
717 vgl. Klotz (1987): Moderne und Postmoderne, S.115ff
718 vgl. Kruft (2004): Geschichte der Architekturtheorie, S.515
719 Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.45f
720 Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.47
721 Christopher/Czech (2011): Eine Muster-Sprache, S.IXf
722 Gleiniger/Vrachliotis (2009): Editorial, in: Gleiniger/Vrachliotis (Hrsg.): Muster, S.11
723 Kühn (2008): Christopher Alexanders Pattern Language, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfs-muster, 10/2008, S.26
724 vgl. Kuhnert/Ngo (2008): Entwurfsmuster, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.8
725 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.19
726 Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.7
727 Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.9
728 Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.9
729 Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.14
730 Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.14
731 Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.13

Kunstgeschichte häufig auftritt.[732]

Zur Standardliteratur zählt das Werk *Ornament und Kunst* (1982). Ernst H. Gombrich liefert einen geschichtlichen Überblick über das Ornament in der Kunst und betrachtet das Ornament unter den Gesichtspunkten *Wahrnehmung, Psychologie* und *Geschichte*.[733] Gemäß Gombrich gibt es „keine Kultur ohne Tradition der Ornamentik."[734] Für Gombrich scheint das Ornament präsent zu sein.

Im kunsttheoretischen Werk dem Untertitel *Studien zur Kunstgeschichte* (1987) behandelt Frank-Lothar Kroll das Ornament im 19. Jahrhundert. Hervorgehoben werden vorwiegend Positionen, die dem Ornament positiv gesinnt sind. Beginnend mit der Renaissance stellt Kroll Überlegungen zu zentralen Begriffen der Ornamentdiskussion, wie beispielsweise *Werkform, Zierform, Ornament und Religion, Zweckform, Ornament als Stilträger* und *Psychologie des Ornaments* an.[735] Kroll bezieht sich aber ausschließlich auf die Theorie des 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts. Eine Diskussion wird entfacht, aber über vorwiegend Vergangenes.

732 vgl. Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.11
733 vgl. Gombrich (1982): Ornament und Kunst, S.29ff
734 Gombrich (1982): Ornament und Kunst, S.7
735 vgl. Kroll (1987): Das Ornament in der Kunsttheorie des 19. Jahrhunderts, S.22, S.47 und S.59

6 DIGITALE PRODUKTION NACH 1990

Nachstehendes Kapitel zeigt einen Überblick zu digitalen Entwurfs- und Herstellungsmethoden, die im Begriff digitale Produktionsmethoden subsummiert werden, und stellt theoretische Konzepte und Positionen nach 1990 dar. In den 1990er Jahren setzt sich der Stilpluralismus der Moderne und Postmoderne fort. Die Architektur wird von verschiedenen Tendenzen inspiriert, neben minimalistischen und historisierenden Ansätzen prägen geometrische und organische Formen die Praxis. Ornamente und Muster erleben eine Renaissance. Zusätzlich greift die „fortschreitende Digitalisierung“[736] in die Arbeitsfelder der Architekturschaffenden ein, beeinflusst und verändert dadurch auch die Generierung und Produktion von Architektur.

6.1 DIGITALES ENTWERFEN

Aus der zeitgenössischen Architektur lassen sich mehrere Entwurfsansätze ablesen. Immer häufiger basieren architektonische Entwürfe auf komplexer Geometrie, die digital erzeugt wird. Vorbilder aus Natur und Geometrie oder Modelle aus Musik und Mathematik haben schon eine längere Tradition im Entwurf.[737] Geometrische und mathematische Grundlagen bilden auch die Basis für digitale Entwurfs- und Produktionsmethoden. In der heutigen Architekturpraxis ist computerunterstütztes Entwerfen, *Computer Aided Architectural Design* (CAAD), Standard.[738] Der Computer wird „als interaktives Instrument“[739] eingesetzt und bietet mit der Anwendung digitaler Entwurfsmethoden neues Potential für die Entwicklung von Architekturoberflächen. Digitales Entwerfen beschreibt eine Form des regelbasierten Entwerfens und umfasst generative Prozesse.[740]

Entwurfszugänge, die auf Regeln basieren, prägen schon seit längerem die Entwurfspraxis und Ansätze gehen auf Versuche von Jean-Nicolas-Louis Durand um 1800 zurück.[741] In den 1960er und 1970er Jahren wird die auf Regeln basierende Methode wieder aufgegriffen, mitunter von Alexander im „Pattern-Konzept“[742], das in der Gegenwart eine Wiedergeburt erlebt. Regelbasiertes Entwerfen basiert u.a. auf Pattern, Randbedingungen, Diagrammen, Graphentheorie oder Geometrie.[743] Das Schaffen von *Constraints* (Randbedingungen) ist ein üblicher Zugang zum Entwurf ab 1990, indem geometrische, funktionale oder materialspezifische Eigenschaften festgelegt werden.[744] Durch die Definition der Randbedingungen bzw. Regeln wird das System entwickelt bzw. die Anforderungen an das System werden umschrieben. Schon in den 1980er Jahren sind die Anfänge der „Entwicklung von Algorithmen und Datenstrukturen für die fotorealistische Synthese von Bildern“[745] und die Modellierung von 3D-Objekten einzuordnen.

Generative Entwurfmethoden (vgl. Kap. 5.1) aus den 1980er Jahren werden nach wie vor eingesetzt. Mit generativen Methoden wird ein Meilenstein in der Architektur gesetzt, eine Symbiose zwischen Computerprogrammierung und Architektur entsteht. Der Begriff *generieren*, abgeleitet vom lateinischen Wort *generatio* oder *generare*, hat den Ursprung im griechischen Begriff *Genesis* und beschreibt „das Werden neuer Dinge im Unterschied zur bloßen Veränderung des schon Vorhandenen.“[746] Die Entstehungsprozesse sind „durch die in der Natur selbst verursachten Dinge begründet.“[747] Unter den Begriffen regelbasiertes und generatives Entwerfen können mehrere Entwurfszugänge zusammengefasst.

Digitales Entwerfen und Design kann als Sammelbegriff verstanden werden, der mehrere Entwurfsmethoden u.a. *Computer Aided Design* (CAD), parametrisches und assoziatives Entwerfen, algorithmisches und programmiertes Entwerfen zusammenfasst.

736 Kuhnert/Ngo (2008): Entwurfsmuster, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.7
737 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.9 und S.20
738 vgl. Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.12
739 Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.12
740 vgl. Kuhnert/Ngo (2008): Entwurfsmuster, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.7f
741 vgl. Kuhnert/Ngo (2008): Entwurfsmuster, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.8
742 Kühn (2008): Christopher Alexanders Pattern Language, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfs-muster, 10/2008, S.26
743 vgl. Kuhnert/Ngo (2008): Entwurfsmuster, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.7ff
744 vgl. Brüderlein/Meier: Computergrafik und Geometrisches Modellieren, S.15
745 Bender/Brill (2006): Computergrafik, S.1
746 Vrachliotis (2008): Generatives Design, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.56
747 Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.15

GEOMETRISCHE MODELLIERUNG UND COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN

Mitte der 1990er Jahre werden 3D-Programmen, die ihren Ursprung im Produktdesign und Automobilbau haben, für den architektonischen Sektor angepasst. CAAD-Systeme und Modellierungssysteme bilden in der heutigen Architekturpraxis die Basis, um „zu entwerfen, zu planen und zu konstruieren."[748] CAAD-Systeme haben sich von einem *digitalen Werkzeug* zu einem „Medium mit neuen Möglichkeiten"[749] geformt. CAAD ermöglicht ein neues Spektrum digitaler Formenwelten, es lassen sich Entwürfe generieren, die zuvor mit sehr hohem Arbeitsaufwand verbunden waren oder technisch und formal kaum umsetzbar waren.

Geometrische Objekte werden im Computer durch ein geometrisches Modell, das auf Elementen wie Punkte, Kanten, Flächen und Volumen basiert, abgebildet. Der Nutzer des Computerprogramms kann geometrische Elemente erstellen (modellieren) und anschließend auf diese zugreifen (manipulieren) und verändern. Die Eingabe von Elementparametern erfolgt bei heute gängiger Software über Mauseingabe (indirekt) oder nummerische Angabe neuer Eigenschaften (direkt). Erfüllt eine Software diese Funktionen, spricht man von einer Software zum parametrischen Entwerfen.[750]

Beispielweise ist ein Zylinder über die Parameter Höhe und Durchmesser definiert.[751] Angaben zu bestimmten Elementeigenschaften sind wesentlich um eine Darstellung zu ermöglichen. Aus dieser Sicht ist somit jedes geometrische Modell auch ein parametrisches Modell.

Die Programme bieten neue Möglichkeiten in der Planungs- und Entwurfsphase. Die Arbeit mit mehrsinnig gekrümmten Flächen, variierender Kurvengeometrie oder dynamischen Strukturen setzt einen Meilenstein in der architektonischen Planung. In der architektonischen Praxis stehen neben den branchenbeherrschenden CAAD- bzw. BIM (Building Information Modeling)-Systemen (Gebäudedatenmodellierung) wie u.a. AutoCAD, ArchiCAD, Allplan, um nur drei von vielen zu nennen, auch relativ flexible 3D-Modellierungsprogramme für architektonische Anwendungen zur Verfügung, die Potential für die formale Gestaltung bieten, da sie auf den BIM-Ansatz verzichten. Eine sehr effiziente und kostengünstige Modellierungssoftware ist Rhino3D, neben anderen etablierten Programmen wie Cinema 4D, 3DS Max oder Maya. Rhino3D verfügt über zahlreiche architekturspezifische *Plug-ins*. [752]

Digitale Modellierung weist einige Vorteile im Vergleich zur Handzeichnung auf. Wird ein Muster für eine Fassade oder eine Fassadenplatte mit ornamentalem Relief, als Volumenkörper mit 3D-Software modelliert, ist das digitale Modell schnell und unkompliziert, meist mit wenigen Mausklicks, veränderbar. Mehrere Entwurfsideen und Entwurfsvarianten können verglichen und bewertet werden. Auch komplizierte Geometrien sind im 3D-Modell schnell umsetzbar. Aus dem digitalen Modell kann in kürzester Zeit ein physisches Modell über eine CAD-CAM-Datenschnittstelle gefertigt werden.[753]

PARAMETRISCHES UND ALGORITHMISCHES ENTWERFEN

Die Bezeichnung *Parameter* stammt aus der Mathematik und beschreibt „Faktoren […], die eine Reihe von Variationen bestimmen."[754] Bei Parametrik, einer auf Regeln basierenden Planung, werden Objekte durch Regeln definiert und deren Gestalt wird durch Regeln generiert. Beim parametrischen Entwerfen „wird eine Anzahl von unabhängigen Parametern ausgewählt, die nach bestimmten Kriterien systematisch variiert werden"[755], um mehrere Objektvariationen zu erhalten. Meist wird den Parametern eine „geometrische Interpretation"[756] zugeschrieben. Mit Hilfe einer kumulativen Berechnung der Parameter, entsteht eine unerwartete Form aus einem Computeralgorithmus.[757]

Beim parametrischen Entwerfen werden mit Hilfe von Algorithmen architektonische Modelle erzeugt.[758] Vereinfacht dargestellt errechnen Al-

748 Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.15
749 Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.15
750 vgl. König/Geddert (2011): Algorithmic Architecture, S.7
751 vgl. Schindler/Scheurer (2008): Die Rückkehr der Geometrie, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.67
752 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.21f
753 vgl. Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.14 und S.56
754 Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.24
755 Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.76
756 Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.76
757 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.79
758 vgl. URL: http://www.adz.ro/artikel/artikel/parametrisches-entwerfen-und-generative-architektur/ [Stand: 15.10.2013]

gorithmen ein Ergebnis. Jedoch ist der Algorithmus beim parametrischen Entwerfen einfach und weist keine komplexen Beziehungen, im Vergleich zum algorithmischen Entwerfen, auf. Das Ergebnis ist aus den Parametern vorhersehbar. Ein *Algorithmus* wird vereinfacht als eindeutig definierte „ausführbare Folge von Anweisungen endlicher Länge zur Lösung eines Problems“[759] verstanden.
In der Architektur werden beim parametrischen Entwerfen Grenzparameter und Variablen, wie beispielsweise Gebäudekennwerte oder Umweltfaktoren, herangezogen.[760]
Das Objekt wird nicht mehr gezeichnet, sondern über ein Skript, wie beispielsweise Autoslip bei AutoCAD, RhinoSCRIPT bei Rhino3D oder MEL bei MAYA, ausgeführt. Es werden Parameter bei der Ausführung des Programms eingegeben, diese werden algorithmisch berechnet oder über eine Parameterliste eingelesen.[761] Rhino3D eignet sich sehr gut um parametrisch zu entwerfen, es können komplizierte Geometrien generiert werden.[762] Über einen grafischen Editor kann auf das zu modellierende Objekt einfach zugegriffen werden. Der Editor bietet die Möglichkeit „Parameter-Abhängigkeiten zwischen Elementgruppen zu definieren und diese Abhängigkeiten mit vordefinierten oder selbst erstellten Algorithmen zu verknüpfen.“[763]
Unter einem assoziativen Modell wird ein geometrisches Modell verstanden, das Abhängigkeiten (Assoziativitäten) zwischen den geometrischen Elementen und deren Parametern aufweist und eine endlose Anzahl an Variationen erzeugen kann. Das assoziative Entwerfen entspricht somit einem parametrischen Entwurfszugang.[764] Assoziative Modelle sind meist hierarchisch aufgebaut und werden in Form einer Baumstruktur dargestellt. Die Struktur basiert auf einem Ursprungselement, das bei einer Veränderung eine Folgereaktion für alle auslöst. Befinden sich Elemente in einer zirkulären Abhängigkeit, d.h. sie weisen eine netzartige Assoziativität auf, erfordert die Komplexität der Modelle bestimmte Kontrollmechanismen, die Bedingungen klar festlegen. Eine solche Definition ist mittels Algorithmus zu bestimmen.[765] Aus der Unterscheidung zwischen geometrischen und assoziativen Modellen ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten für deren Einsatz im architektonischen Entwurfsprozess.
Beim algorithmischen und programmierten Entwerfen werden netzartige Parameterverknüpfungen erstellt, eine mögliche Folge daraus sind Interaktion und Rückkoppelung der geometrischen Elemente. Rückkoppelungsprozesse können nur mittels algorithmischer Entwurfsmethoden dargestellt werden. Eine profunde Kenntnis über Programmiertechniken ist für das algorithmische Entwerfen notwendig. Diese Art des Entwurfs ist im architektonischen Sektor nicht so gängig.[766] Jedoch verfügen viele CAD-Programme über eingebettete Skriptsprachen. Rhino3D in Kombination mit dem *Plug-in* Grasshopper eignet sich bedingt auch zum algorithmischen Entwerfen, indem „zirkuläre Abhängigkeit zwischen geometrischen Elementen“[767] festgelegt werden. Grasshopper ist bedienungsfreundlich und „ermöglicht mit sehr geringen Programmierkenntnissen und primär grafischen Mitteln abstrakte Schaltungen für assoziative Modelle zu erzeugen.“[768] Eine Schnittstelle mit Rhino3D ermöglicht die „weitere Manipulation der erstellten Geometrie mit herkömmlichen CAD-Funktionen.“[769]
Mit dem Einsatz digitaler Planungs- bzw. Entwurfsmethoden werden auch in der Oberflächengestaltung neue Meilensteine gesetzt. 3D-Modellierungssoftware ermöglicht die komplexe Generierung von dreidimensionalen Formen. Beim algorithmischen Entwerfen greifen Architektur-

759 URL: http://www.info-wsf.de/index.php/Definition_Algorithmus [Stand: 15.10.2013]
760 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.24f
761 vgl. Strehlke (2008): Das digitale Ornament in der Architektur, seine Generierung, Produktion und Anwendung mit Computer-gesteuerten Technologien, S.48
762 vgl. König (2012): Entwicklung des parametrischen und algorithmischen Entwerfens, URL: http://entwurfsforschung.de/entwicklung-des-parametrischen-und-algorithmischen-entwerfens/ [Stand: 15.10.2013]
763 König/Geddert (2011): Algorithmic Architecture, S.9
764 Trummer (2008): Vom Typus zur Population, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.50
765 vgl. König (2012): Entwicklung des parametrischen und algorithmischen Entwerfens, URL: http://entwurfsforschung.de/entwicklung-des-parametrischen-und-algorithmischen-entwerfens/ [Stand: 15.10.2013]
766 vgl. König (2012): Entwicklung des parametrischen und algorithmischen Entwerfens, URL: http://entwurfsforschung.de/entwicklung-des-parametrischen-und-algorithmischen-entwerfens/ [Stand: 15.10.2013]
767 König (2012): Entwicklung des parametrischen und algorithmischen Entwerfens, URL: http://entwurfsforschung.de/entwicklung-des-parametrischen-und-algorithmischen-entwerfens/ [Stand: 15.10.2013]
768 König (2012): Entwicklung des parametrischen und algorithmischen Entwerfens, URL: http://entwurfsforschung.de/entwicklung-des-parametrischen-und-algorithmischen-entwerfens/ [Stand: 15.10.2013]
769 König (2012): Entwicklung des parametrischen und algorithmischen Entwerfens, URL: http://entwurfsforschung.de/entwicklung-des-parametrischen-und-algorithmischen-entwerfens/ [Stand: 15.10.2013]

schaffende in den algorithmischen Gestaltungsprozess ein und werden zu Objektmitentwickler. Ornamente und Muster folgen einer „algorithmischen Logik“[770] und keiner „repetitiven, selbstähnlichen und serialisierten“[771] Logik wie im Maschinenzeitalter. Eine Anwendung digitaler Methoden im architektonischen Entwurfs- und Gestaltungsprozess implizieren auch neue Möglichkeiten für das Ornament und Muster. Mit parametrischen und algorithmischen Methoden findet eine *Rückkehr* zur Geometrie statt.[772]
Im digitalen Zeitalter gibt es verschiedene Möglichkeiten der Formfindung und Gestaltung von Oberflächen. Digitale Muster lassen sich beispielsweise mit Hilfe von *Processing*, ein Programm, basierend auf der Programmiersprache JAVA, entwickeln. Das Werk *Generative Gestaltung* (2009) bietet eine Einführung in das Programm und dient als Leitfaden. Processing ermöglicht programmierte Muster anzuwenden oder zu modifizieren. Durch Veränderung der Parameter innerhalb des Programmcodes im Editor verändert sich der Output, der noch zusätzlich über das Display-Fenster mit der Maus gesteutert werden kann. Processing dient der schnellen Erstellung digital, programmierter Skizzen bzw. Muster die im Entwurf, Design und in der Visualisierung eingesetzt werden können.[773]
Digitale Entwurfsmethoden werden mit computerunterstützten Herstellungsverfahren gekoppelt. Komplexe digitale Geometrien sind umsetzbar und digitale Produktionsmethoden ermöglichen eine kostengünstige, industrielle Produktion.[774]

6.2 DIGITALE PRODUKTION

Digitale Produktionssmethoden werden in den letzten Jahren vermehrt in der architektonischen Praxis eingesetzt und schaffen Chancen für die architektonische Gestaltung. Digitale Produktion verbinden digitalen Entwurf mit digitalen Fabrikationsmethoden ermöglicht durch den Einsatz computergesteuerter Maschinen „die Übertragung digitaler 3D-Daten in physische Modelle oder Bauteile.“[775] Um ein digitales Modell physisch zu erzeugen, sind digitale Dateiformate notwendig, die „direkt aus den CAAD- oder 3D-Modeling Programmen“[776] abgeleitet werden und in die CNC-Maschine eingelesen werden. Die Datenschnittstelle CAD-CAM bildet die Brücke zur computergestützten Fertigung.[777]

Digitale Fertigungsmethoden lassen sich wie folgt unterscheiden:[778]

CAM - *Computer Aided Manufacturing* (rechnergestützte Fertigung)
CIM - *Computer Integrated Manufacturing* (rechnerintegrierte Produktion)
CNC - *Computerized Numerical Control* (elektronische, numerische Steuerung von Maschinen)
DNC - *Direct Numerical Control* (direkte numerische Steuerung, Bedienfeld an der Maschine)

Komplexe dreidimensionale Formen und Muster, beispielsweise Fassadenelemente, können heute als serielle Maßanfertigung produziert werden, früher war dies nur durch aufwendige Handarbeit möglich. Mit Hilfe der CNC-Maschinen kann nahezu jede Textur in den Werkstoff übertragen werden.[779] CNC-Verfahren bilden inzwischen die Basis für viele Herstellungsprinzipien in der Architektur. Numerisch gesteuerte Maschinen werden im architektonischen Feld immer häufiger eingesetzt. CAD-Konstruktion, NC-Programmierung und CNC-Fertigung bilden die Basis für die digitalisierte Fertigung.[780] CNC *(Computerized Numerical Control)*-Maschinen bieten viele Vorteile und basieren auf computergestützter, numerischer Steuerung unter Verwendung von Mikroprozessoren. CNC-Maschinen arbeiten selbständig, zuverlässig und präzise. Präzision wird vor allem bei komplexen Geometrien gewährleistet.[781] Viele Bearbeitungstechniken werden mit Hilfe von CNC-Steuerung ausgeführt (CNC-Dreh-

770 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.79
771 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.79
772 vgl. Schindler/Scheurer (2008): Die Rückkehr der Geometrie, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.66
773 Bohnacker/Groß/Laub/Lazzeroni (2009): Generative Gestaltung, S.16ff
774 vgl. Jormakka/Schürer/Kuhlmann (2008): Methoden der Formfindung, S.80
775 Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.202
776 Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.202
777 vgl. Hemmerling/Tiggemann (2010): Digitales Entwerfen, S.202
778 vgl. Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.163
779 vgl. Reichel/Hafke/Raab (2008): Material, Textur, Ornament, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 48. Serie 10/2008, S.1132
780 vgl. Kief/Roschiwal (2013): Was ist NC und CNC?, in: Kief/Roschiwal (Hrsg.): CNC-Handbuch 2013/2014, S.41
781 vgl. Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.162

maschinen, CNC-Fräsmaschinen, CNC-Graviermaschinen, CNC-Bohrmaschinen, CNC-Bearbeitungszentren). Sehr häufig wird eine Bahnsteuerung eingesetzt, Punkt- und Streckensteuerung sind auch möglich.[782] Eine Vielzahl an Maschinen wird heute numerisch gesteuert und ermöglicht eine effiziente, wirtschaftliche Herstellung.

In der Bauindustrie und Architektur werden CNC-Betonfertigteilbau, Robotik-Schicht-Verfahren und *Rapid Manufacturing* eingesetzt. Durch *Rapid*-Verfahren werden aufwendige Prozesse wie Fräsen oder Formenbau abgelöst, da sie sehr wirtschaftlich und materialökonomisch sind.[783] Aktuell gibt es ein großes Entwicklungspotential im Bereich der digitalen Produktionsmethoden. Einige der Verfahren befinden sich noch im Prototypenstadium für die Architektur, haben jedoch hohes Potential und es ist eine rasche Entwicklung zu erwarten. Fabio Gramazio und Matthias Kohler sind Wegbegleiter der digitalen Fabrikation und setzen bei Projekten vermehrt Roboter ein. Beispielhaft ist hier das *Weingut Gantenbein* (2006) zu nennen, bei dem eine Wand aus Ziegelsteinen mit Hilfe eines Roboters zusammengesetzt wird. Der Einsatz von Roboter in Architektur, Kunst und Design ist noch eine sehr junge Disziplin.[784] Einerseits inspiriert und angetrieben von jungen Architekturschaffenden der „digitalen Generation“[785] und andererseits anhängig von innovativen und jungen Unternehmen, die bereit sind neue Lösungsansätze zu finden.[786]

Konferenzen und Tagungen im Bereich robotergesteuerter Fabrikation in den letzten fünf Jahren bestätigen ein großes Interesse an innovativen Lösungen. *ROB ARCH*, die Gesellschaft für *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design* (Gründung 2010) verfolgt das Ziel Industrieroboter für die „kreative Industrie“[787] zugänglich und nutzbar zu machen. Die Konferenzen *ROB ARCH* 2012 in an der Technischen Universität Wien und 2014 an der *University of Michigan* in Ann Arbor liefern einen Querschnitt über die aktuelle Praxis. Auf der Konferenz *FABRICATE* 2014 in Zürich wird der aktuelle Diskurs näher beleuchtet.[788] Ergänzend erscheint die Publikation *Fabricate Negotiating Design and Making* (2014), die vorwiegend Projekte im Bereich der digitalen Fabrikation zeigt.[789] Der Einsatz von Roboter nimmt in der Architektur deutlich zu, ist jedoch noch mit einem hohen Kostenaufwand verbunden. Das Buch *The Robotic Touch* (2014) zeigt eine Auswahl an Architekturprojekten, bei denen Roboter effizient eingesetzt werden. Roboterbasierte Fabrikationsprozesse werden genau beleuchtet und die zentralen Methoden und Konzepte werden erläutert.[790]

Für die architektonische Praxis ist es von Vorteil die heutigen Fertigungsverfahren zu kennen, um diese strategisch nutzen zu können und nach Möglichkeit Effizienz und Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung zu steigern. Folgend werden Produktionstechniken erörtert, welche häufig in der Architektur Anwendung finden. Eine Einteilung erfolgt primär nach Fertigungsverfahren und Produktionstechniken. Häufig sind die Produktionsverfahren numerisch gesteuert, aber nicht ausschließlich. Manuelle und maschinelle Fertigung haben in der architektonischen Praxis nach wie vor Bestand. Es wird keine eindeutige Trennung zwischen analogen und digitalen Produktionstechniken vorgenommen wird. Im Blickpunkt stehen jedoch digitale Produktionstechniken, die anhand architektonischer Beispiele, die als digitales Ornament, Muster oder Struktur interpretiert werden können und in der Oberflächengestaltung Anwendung finden, dargestellt werden.

782 vgl. Kief/Roschiwal (2013): Was ist NC und CNC?, in: Kief/Roschiwal (Hrsg.): CNC-Handbuch 2013/2014, S.49
783 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.45ff
784 vgl. Brell-Çokan/Braumann (2013): ROB ARCH 2012, S.9
785 Brell-Çokan/Braumann (2013): ROB ARCH 2012, S.11
786 vgl. Brell-Çokan/Braumann (2013): ROB ARCH 2012, S.11
787 Brell-Çokan/Braumann (2013): ROB ARCH 2012, S.9
788 vgl. URL: http://www.fabricate2014.org/ [Stand: 8.1.2014]
789 vgl. Gramzio/Kohler/Langenberg (2014): Fabricate
790 vgl. Gramzio/Kohler (2014): The Robotic Touch

Fertigungsverfahren sind nach DIN 8580 in folgende Produktionstechniken unterteilt (Tab. 2):[791]

Hauptgruppen	Urformen	Umformen	Trennen	Fügen	Beschichten	Stoffeigenschaften Ändern
Zusammenhalt	Schaffen	Beibehalten	Vermindern	Vermehren	Vermehren	Ändern
Technik	Gießen Extrusion Spritzgießen Abformen Sintern Rapid Prototyping	Walzen Eindrücken Tiefziehen Längen Biegen Abkanten Verdrehen Polieren	Reißen Drehen Bohren Fräsen Schleifen Erodieren Stanzen Sägen Laserschneiden Wasser-strahl-schneiden Sandstrahlen Freiformfräsen (Gravieren) Ätzen	Zusammensetzen Schweißen Löten Kleben Textiles Fügen Schrauben Nieten	Bemalen Lackieren Spritzen Emaillieren Galvanisieren Eloxieren Chromatieren Verzinken Pulverbeschichten Aufdrucken	Walzen Schmieden Härten Sintern Brennen

URFORMENDE VERFAHREN

Urformende Verfahren sind in manuell ausgeführte und maschinell bzw. numerisch (durch Daten) gesteuerte Verfahren zu unterscheiden. Bei urformenden Verfahren, auch generative Verfahren bezeichnet, wird aus formlosen Stoffen ein Produkt hergestellt. Der Begriff *generativ* im Verständnis von erzeugen und hervorbringen leitet sich aus dem lateinischen ab.[792] In den architektonischen Bereich übertragen, entstehen aus kleinen Elementen größere Bauteile. Durch chemische und physikalische Prozesse werden „aus formlosen Materialien wie Flüssigkeiten, Pulvern, Gasen, Fasern oder Spänen, feste Körper mit Materialeigenschaften“[793] erzeugt.

Zu den bekanntesten urformenden Produktionstechniken zählen Gießen, Extrusion, Spritzgießen, Abformen, Sintern und *Rapid Prototyping*, wobei auf letztgenanntes noch näher eingegangen wird. Die Stereolithographie steht als erstes generatives Verfahren in den 1980er Jahren dem Architektur- und Modellbaumarkt zur Verfügung, wird vermehrt aber erst in den 1990er Jahren eingesetzt, da die Methode anfangs mit hohen Kosten verbunden war. *Rapid Prototyping* ist ausschließlich an digitale Methoden geknüpft ist. Der schnelle Prototypenbau, *Rapid Prototyping*, wird als „Sammelbegriff für generative Verfahren“[794] verstanden, die eine Vorstufe eines Endproduktes erzeugen. Primäres Ziel ist es, ein physisches, dreidimensionales Werkstück, auf der Grundlage von CAD-Daten, anzufertigen.[795] Ein 3D-CAD-Modell bildet die Grundlage, die Daten des Objekts werden digital abgebildet. Mittels *Slice-Prozesses* wird das 3D-Modell in einzelne Schichten zerteilt und auf zwei Dimensionen verringert. Die Daten der Schichten werden durch ein verfahrensspezifisches CNC-Programm erstellt. Mittels numerisch gesteuerter Maschine wird das Bauteil generiert.[796]

791 vgl. Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.144
792 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.46
793 Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.46
794 Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse S.46
795 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.46
796 vgl. Kief/Ott/Schlip/Zäh (2013): Generative Fertigungsverfahren, in: Kief/Roschiwal (Hrsg.): CNC-Handbuch 2013/2014, S.293

Tab. 2 I Fertigungsverfahren

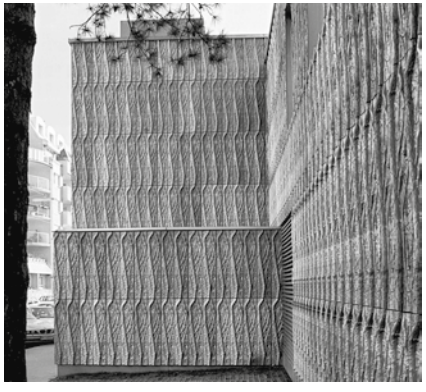


Abb. 70 I Industriekomplex in Wien, Ansicht

Abb. 71 I Industriekomplex in Wien, Herstellung der Tonformen per Hand

Abb. 72 I Industriekomplex in Wien, Herstellung der Aluminiumpaneele, Negativabdruck der Tonformen

Innerhalb der digitalen Fertigung sind klar formulierbare Einsatzgebiete entstanden, die mit einem Oberbegriff beschrieben werden. *Rapid Prototyping* steht für den Prototypenbau, *Rapid Manufacturing* beschreibt die direkte Endfertigung. *Concept Modeling* befasst sich mit dem Erstellen von Konzeptmodellen und *Rapid Tooling* beschreibt Verfahren für den Werkzeugbau.[797] Aktuell sind ungefähr „50 unterschiedliche generative Verfahren“[798] bekannt. Zu den wichtigsten generativen Verfahren zählen CNC-Beton-Fertigteile, *Multi Jet Modeling*, *3D-Printing, Fused Deposition Modeling,* Selektives Lasersintern, Stereolithographie, *Contour Crafting* und *D-Shape* auch *Rapid Manufacturing*, sowie robotergestütztes Schichten.[799]

Bei der Erweiterung eines *Industriekomplexe*s (2003) in Wien setzen Rüdiger Lainer und Partner Architekten Fassadenpaneele ein, die einen Bezug zur lokalen Vegetation schaffen (Abb. 70). Als charakteristisches Merkmal des Ornaments kann die Reliefstruktur des vegetabilen Motivs verstanden werden, der Bewuchs mit Efeu wird imitiert. Durch die Verwendung von Pflanzenmaterial aus der Umgebung entsteht eine Positivform aus Ton (Abb. 71). Die Aluminiumpaneele entstehen aus den Negativabdrücken (Abb. 72), die im Gießverfahren hergestellt werden. Durch die im Rapport angebrachten Paneele wirkt die Gebäudefassade von der Ferne sehr homogen. Kennzeichnend für Ornament und Muster ist der rhythmische und wiederholende Charakter des Paneels. Von nahem ist die organische Struktur des Pflanzengeflechts deutlich erkennbar.[800] Als Produktionstechnik wird ein urformendes Verfahren, Gießen, angewendet.

UMFORMENDE VERFAHREN

Als umformende Verfahren werden Herstellungstechniken verstanden, bei denen der Stoffzusammenhalt des Werkstoffs erhalten bleibt. Umformprozesse resultieren aus mechanischer Druck- oder Zugeinwirkung auf ein Werkstück. Zu umformenden Verfahren zählen Walzen, Eindrücken, Tiefziehen, Längen, Biegen, Abkanten, Verdrehen und Polieren.[801] Diese Verfahren erfordern manchmal noch Handarbeit, sind aber oftmals schon CNC-gesteuert. Bei industriellen Umformverfahren wird zwischen Warm- und Kaltumformverfahren unterschieden. Durch Druck und Hitze wird beim Warmumformen die Struktur des Werkstoffs verändert. Beim Kaltumformen wird eine Veränderung ausschließlich durch mechanischen Druck- oder Reibung erzeugt. Zu umformenden Verfahren zählen CNC-Abkanten, CNC-Biegen, Innenhochdruck-Umformen,

797 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.46
798 Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.46
799 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.46ff
800 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.117f und vgl. URL: http://www.lainer.at/wp/wp-content/uploads/104-huettel.pdf [Stand: 8.1.2014]
801 vgl. Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.144

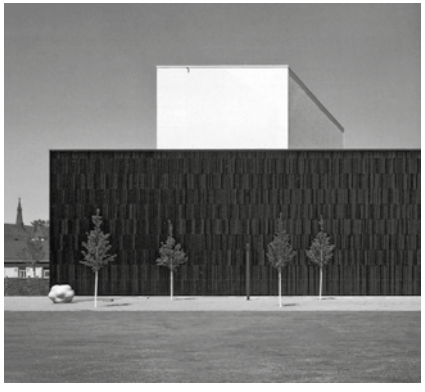


Abb. 73 I Veranstaltungs- und Lehrgebäude in Karlsruhe, Ansicht

Abb. 74 I Veranstaltungs- und Lehrgebäude in Karlsruhe, Eingangsportal

Abb. 75 I Veranstaltungs- und Lehrgebäude in Karlsruhe, Fassadenelement aus Keramik

Strangpressen, Spaltprofilieren, flexibles Walzprofilieren und Tiefziehen. Die Produktionstechniken eignen sich vorwiegend für metallische Werkstoffe, werden kaum bei Herstellungsverfahren für Beton eingesetzt. CNC-Biegeverfahren wird in der Architektur vorwiegend bei der Tragwerksherstellung, für komplexe dreidimensionale Geometrien, angewendet. Muster und Schriftzüge lassen sich am besten mit Hilfe von Prägemaschinen herstellen. Bei allen drei Verfahren ist der Gestaltungsspielraum nur durch die Maschinenabmessungen und Werkstückgröße beschränkt. In der Bearbeitung von gekrümmten Flächen steckt noch Entwicklungspotential, da der ökonomische Aufwand nicht im Verhältnis steht.[802]

3P Architekten setzen als Fassadenverkleidung für das *Veranstaltungs- und Lehrgebäude* (2013) in Karlsruhe stranggepresste Keramikelemente ein (Abb. 73, 74). Die vertikalen Streifen können in der Summe als ornamentales Motiv interpretiert werden. Durch die glasierte Oberfläche in Braun- und Schwarztönen entsteht eine lebendige Fassadentextur. Durch die teilweise gespiegelte und alternierende Anordnung der vier unterschiedlichen Module werden horizontale Bänder in der Fassade erkennbar.[803] Durch den wiederholenden Einsatz des Paneels entsteht ein unregelmäßiger Charakter. Als Produktionsmethode für das Keramikelement (Abb. 75) wird Strangpressung und anschließende Beschichtung gewählt.

Die auffällige Fassadenverkleidung der *Bibliothek von Birmingham* (2013) von *Mecanoo Architecten* zeigt symbolhaft die industrielle Vergangenheit der Stadt und deren Juweliertradition (Abb. 76). Der Kreis, als eines der ältesten geometrischen Motive, wird als zentrales Gestaltungselement für die filigran wirkende Metallfassade eingesetzt (Abb. 77, 78). Die ineinandergreifenden und sich überlagernden Aluminiumringe in unterschiedlicher Größe und Farbe bilden eine einheitliche Fassadenoberfläche und erinnern an ostasiatische Mandalas und an ein französisches Modelabel. Die vorgehängte Aluminiumkonstruktion erzeugt im Innenraum eine spannende Licht- und Schattenwirkung.[804] Charakteristische Merkmale für Ornamente und Muster sind Wiederholung, Reihung und Symmetrie. Durch die Überlagerung des Motivs entsteht eine Tiefenwirkung. Die Metallelemente werden im Biegeverfahren hergestellt und anschließend beschichtet.

802 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.62ff
803 vgl. Schittich (2013): Veranstaltungs- und Lehrgebäude in Karlsruhe, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Material und Oberfläche, 53. Serie, 11/2013, S.1234
804 vgl. Magaretha (2013): Bibliothek Birmingham, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Material und Oberfläche, 53. Serie, 11/2013, S.1218 und vgl. URL: http://www.baunetz.de/meldungen/Meldungen-Mecanoo_bauen_Bibliothek_in_Birmingham_757652.html [Stand: 14.2.2014]

Abb. 76 I Bibliothek in Birmingham, Ansicht

Abb. 77 I Bibliothek in Birmingham, Fassade

Abb. 78 I Bibliothek in Birmingham, Innenansicht

TRENNENDE VERFAHREN

Unter trennenden Verfahren werden materialtrennende Methoden verstanden, die eine örtliche Auflösung einer Materialzusammensetzung herbeiführen. Das ursprüngliche Volumen des Bauteils wird durch die Abtrennung von Werkstoffpartikel minimiert. Bei subtraktiven Verfahren sind grundsätzlich zwei übergeordnete Bearbeitungsmethoden zu unterscheiden, schneidende und zerspanende Verfahren, die über CNC-Daten gesteuert werden und somit eine direkte Nahtstelle digitaler Planung und Herstellung bilden.[805]

Zu schneidenden Verfahren zählen das Scherenschneiden (Nibbeln), Strahlschneiden (Laserstrahlschneiden, Wasserstrahlschneiden), Thermoschneiden (Plasma- oder Autogenschneiden). Folgend wird ein Überblick an subtraktiven Verfahren dargestellt, die im Modellbau und in der Architektur häufig angewendet werden. CNC-Stanzen und Nibbeln werden primär in der Oberflächengestaltung eingesetzt.[806] Schneidestanzen bzw. Nibbeln und Drehstanzen ermöglichen ebenso eine dekorative Gestaltung von Metalloberflächen. Zu thermischen Trennverfahren zählt das Schneiden mit einem hochenergetischen Lichtstrahl, dem Laser. Das Verfahren wird in den 1970er Jahren erstmals als Schneidewerkzeug eingesetzt. In den 1980er Jahren werden autonome Lasergeräte entwickelt und in Kombination mit CNC-Maschinen werden neue Möglichkeiten der Werkstückproduktion geschaffen. Eine schnelle und effiziente Realisierung, u.a. auch von freien Formen, wird in kürzester Zeit möglich. Für das Bauen mit Beton sind primär CNC-Fräsen und CNC-Lasern relevant. Zum besseren Verständnis wird der Aufbau eines Laserschneidekopfes (Abb. 79) dargestellt: Schneidedüse (a), Laserstrahl (b), Linse (c), Prozessgas (d), fokussierter Laserstrahl (e), Schneidestrahl (f), ausgeblasenes Schnittmaterial (g), Werkstück (h). Der Laserstrahl (b) wird durch Energiezufuhr erzeugt, der Werkstoff absorbiert die Laserenergie und lässt sich dadurch trennen. Das geschmolzene Material wird durch Einblasen eines Prozessgases (d) gereinigt. Die Werkstückgröße ist aktuell durch die Maschinenmaße beschränkt. Eine hohe Maßgenauigkeit ist geben und durch eine exakte Einstellung des Lasers ist das Nachbearbeiten der Schnittkanten nicht notwendig.[807]

Im Bereich des Architekturmodellbaus werden CNC-Modellbaulaser (Abb. 80) eingesetzt. Mittels Vektordaten (DXF oder DWG) werden die Pfade des Laserstrahls generiert. Die Elemente werden aus flächigen Materialien, wie beispielsweise Pappe, Vollholz, MDF/HDF, Resopal oder Polystyrol, Acrylglas, Glas und Stoff, hergestellt. Der Herstellungsprozess ist mit großformatigem Laserschneiden vergleichbar. Das Werkstück wird über Unterdruck oder durch Magnete auf der Auflagefläche der Maschine befestigt.[808]

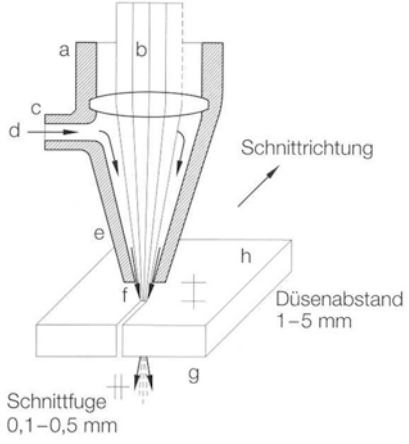


Abb. 79 I Aufbau eines Laserschneidekopfes
a Schneidedüse
b Laserstrahl
c Linse
d Prozessgas
e fokussierter Laserstrahl
f Schneidestrahl
g ausgeblasenes Schnittmaterial
h Werkstück

805 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.54f
806 vgl. Bay/Schmid (2013): Industrieroboter und Handhabung, in: Kief/Roschiwal (Hrsg.): CNC-Handbuch 2013/2014, S.350
807 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.56
808 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.56f

Abb. 80 I Modellbaulaser

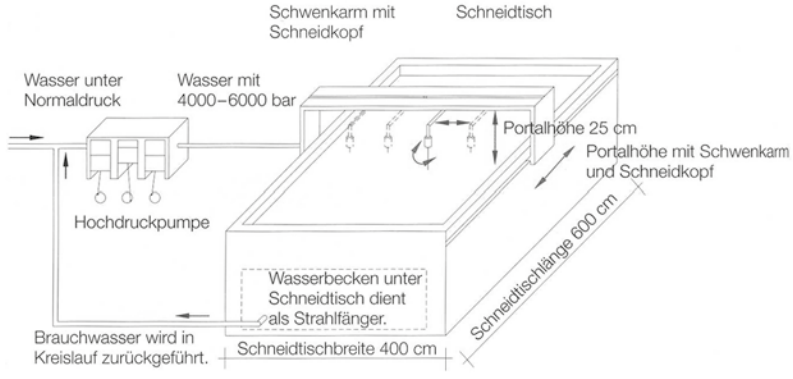
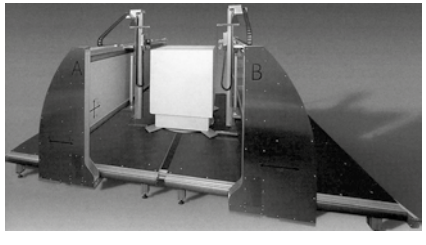


Abb. 81 I Aufbau einer Wasserstrahlschneidemaschine



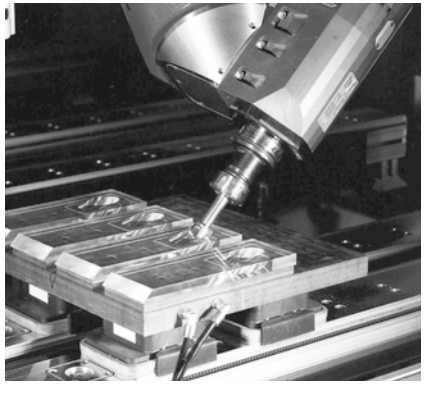


Abb. 82 I Heißdrahtschneidemaschine

Abb. 83 I CNC-Fräse

CNC-Wasserstrahlschneiden wird in der Architektur und im Bauwesen vorwiegend für das Zuschneiden von festen Materialien eingesetzt. Die Bedienung einer Wasserstrahlschneidemaschine (Abb. 81) erfolgt CNC-gesteuert und basiert ebenfalls auf der Grundlage von Vektordateien. Das Anfertigen „komplexer Geometrien mit feinen Kontouren“[809] ist mit diesem Verfahren möglich, wobei das zum Strahl geformte Wasser sich mit bis zu 1000 Meter pro Sekunde aus einer Schneidedüse bewegt. Die trennende Wirkung des Strahls wird durch die Umwandlung von potentieller Energie in kinetische Energie erreicht. Eine Unterscheidung erfolgt zwischen dem Reinwasserschneideverfahren, bei dem ausschließlich die Energie des Wassers genutzt wird, und dem Abrasivverfahren, bei dem Schleifpartikel, beispielsweise Granat oder Korund, dem Wasserstrahl beigemengt werden, um die Schneideleistung zu erhöhen. Das Abrasiv wird über eine kleine Öffnung im Schneidkopf in die Mischkammer zugeführt vermischt sich dort mit dem Wasserstrahl. Mit Hilfe der Methode des Wasserstrahlschneides können sehr harte Materialien wie Edelstahl, Titan, Glas, Stein, Beton, etc. bis zu 500 Millimetern Materialstärke bearbeitet werden und es ist kaum eine Nachbearbeitung notwendig.[810]

CNC-Heißdrahtschneiden schafft die Möglichkeit großformatige Volumina ohne großen Aufwand herzustellen. Ein Schaumstoffmaterial (expandiertes oder extrudiertes Polystyrol) wird mit einem erhitzten CNC-Schneidedraht bearbeitet. Ein sehr hohes Maß an Genauigkeit und Reproduzierbarkeit ist auch bei großen CNC-4-Achs-Heißdrahtschneidemaschinen (Abb. 82) gegeben. Vorwiegend wird dieses Verfahren im Schiffsbau eingesetzt, ist aber auch sehr gut für temporäre Bauten und für den Prototypenbau geeignet, kann jedoch nicht auf den Baustoff Beton angewendet werden.[811]

Beim CNC-Fräsen werden Schichten vom Material abgetragen. Mit CNC-Fräsgeräten (Abb. 83) können Metalle, Holz, Beton und Kunststoffe bearbeitet werden. Für den architektonischen Bereich ist die mehrachsige Bearbeitung von harten Werkstoffen bedeutend. Zweidimensionales CNC-Fräsen wird bei jenen Materialien eingesetzt, die mittels Laser oder Wasserstrahl nicht gut bearbeitet werden können. Die benötigten Daten für die Fräsmaschine werden mit CAD-Programmen erstellt und ermöglichen eine einfache Objektherstellung. Hierbei kontrolliert das Fräsprogramm die Frästiefe und der Fräskopf hat die Funktion eines Zuschnittwerkzeugs. Die langsame Bearbeitungsgeschwindigkeit der Maschine und der nicht unerhebliche Materialverlust wirken sich nachteilig auf die Objektherstellung aus. Für dreidimensionale Werkstücke werden bis zu 7-achsig-gesteuerte CNC-Maschinen eingesetzt um ein detailgenaues Objekt zu erhalten. Die Daten werden in einem üblichen

809 Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.58
810 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.58
811 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.59

Abb. 84 I Sfera Building in Kyoto, Fassade

Abb. 85 I Sfera Building in Kyoto, Fassadenkonzept

Abb. 86 I Gründerzeithaus in Berlin, Fassadenansicht

3D-CAD-Programm erzeugt, vorwiegend ist ein STL-Format notwendig um einen einfachen Datentausch zu ermöglichen. Bei Mehrachsfräsen werden verschiedene Fräsköpfe aus einem Wechselmagazin entnommen um Oberflächengüte, Präzision, und Geschwindigkeit zu gewährleisten. Die Objektoberfläche wird in vielen nebeneinanderliegenden Pfaden abgefahren und es sind auch komplexe 3D-Konturen möglich. Wesentlich für einen Präzisionserfolg ist die Positionierung des Fräsobjekts am Frästisch in Bezug zum Nullpunkt. 5-Achs-Fräsen werden im Holz-, Stahl- und Formenbau eingesetzt. Die Anwendung der Fräsen ist jedoch aus ökonomischen und ökologischen Gründen zu hinterfragen, da der Materialaufwand sehr hoch ist. Trotz der Variabilität dieser Verfahren sollten stets ökonomischere Produktionsmethoden in Betracht gezogen werden.[812]

Als Konzeptidee für die Fassade des *Sfera Building* (2003) in Kyoto von Claesson Koivisto Rune dient eine Vorlage aus der Natur (Abb. 84). Laub wird aus der Umgebung zusammengetragen und das Blattmotiv wird in ein gleichmäßiges Punkteraster umgewandelt (Abb. 85). Das vegetabile Motiv wird in einer abstrakten Form, mit Hilfe eines subtrahierenden Verfahrens und digitalen Herstellungsmethoden, umgesetzt. Das abstrahierte Lochmuster wird mit Hilfe eines CNC-Lasers in die Titanpaneele geschnitten. Wiederholung kann auch hier als Merkmal für Ornamente und Muster interpretiert werden. Das Schattenspiel der umliegenden Bäume erzeugt eine spannende Wirkung des Fassadenbildes. Aus der Ferne entfalten die perforierten Paneele ihre volle Wirkung.[813]

Hild und K Architekten zeigen eine neue Möglichkeit der *Fassadensanierung* (1999) bei einem Berliner Gründerzeithaus (Abb. 86, 87). In abstrahierter Form wird die Originalzeichnung der Fassade auf das Gebäude projiziert und CNC-lasergeschnittene Schablonen werden befestigt (Abb. 88). Digitale Methoden werden in der Generierung und bei der Herstellung eingesetzt. Anschließend wird der Putz aufgebracht und die Schablone wieder abgezogen. Es entstehen Vertiefungen. Merkmale für das Ornament sind der Reliefcharakter der Stuckfassade und das sich wiederholende Motiv. Durch die Vertiefung ist die Stuckornamentik deutlich lesbar. Die Ausgestaltung der Fassade entspricht Venturis Theorie des *flachen* Ornaments.[814]

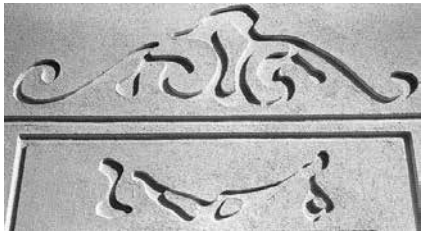


Abb. 87 I Gründerzeithaus in Berlin, Fassadendetail

Abb. 88 I Fassadenherstellung mit Schablone

812 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.60f
813 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.49
814 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.129

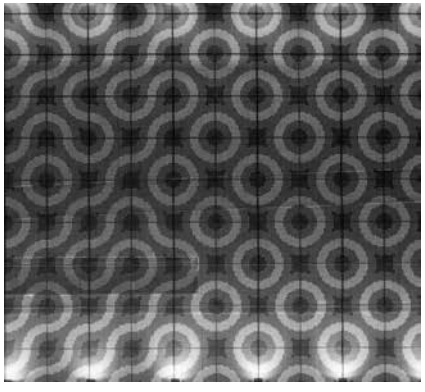


Abb. 89 I Pachinko Tiger Kagitori in Sendai, Fassade

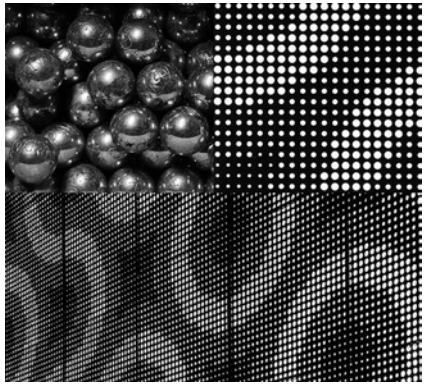


Abb. 90 I Pachinko Tiger Kagitori in Sendai, Fassadenkonzept

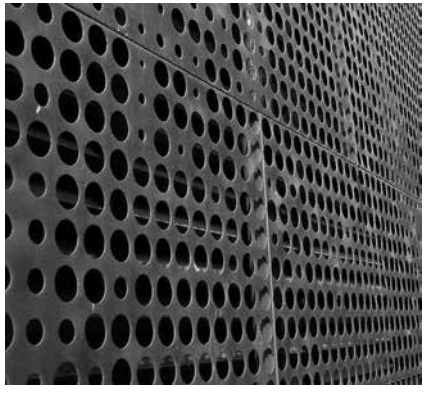


Abb. 91 I De Young Museum in San Francisco, Fassade

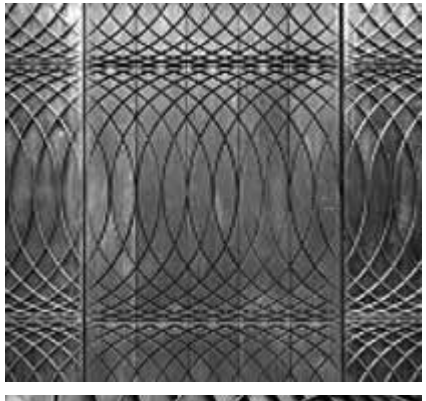


Abb. 92 I Paul Smith Store in London, Fassade

Abb. 93 I Paul Smith Store in London, Fassadendetail

Für die vorgehängte Aluminiumfassade des *Pachinko Tiger Kagitori* (2005) in Sendai vom Architekten Hitochi Abe werden quadratische, einen Quadratmeter große Aluminiumpaneele perforiert (Abb. 89). Die Entwurfsidee der Fassade leitet sich von der Kugel bzw. vom Kreis ab (Abb. 90). Durch unterschiedliche Größen und eine unregelmäßige Anordnung der Perforationen entsteht ein Gesamtmotiv. Das identisch strahlenförmige Lochmuster ermöglicht eine Variation der Anordnung. Sieben Gruppierungsvarianten lassen ein wellenförmiges Muster in ein Kreismuster übergehen. Ein Eindruck der Dreidimensionalität wird in der flachen Fassade spürbar, Licht und Schatten erzeugen einen *Moiré*-Effekt. Mit Hilfe einer CNC-Oberfräse werden die Löcher erzeugt. Bei der Herstellung wird ein subtrahierendes Verfahren eingesetzt.[815]

Grundidee für die Fassade des *De Young Museum* (2005) in San Francisco von Herzog und de Meuron sind abstrahierte, digitale Fotografien der umliegenden Bäume. Das projizierte Bild wird in abstrakte Perforationen übersetzt (Abb. 91). Als geometrisches Motiv wird der Kreis gewählt. Die Bearbeitung der 7200 Kupferpaneele erfolgt mit einer CNC-Stanzmaschine. Die technische Umsetzung des Motivs wird durch die Möglichkeiten der Stanzmaschine eingeschränkt. Die digitale Herstellungsmethode erzeugt einen spannenden Effekt der Gebäudeoberfläche und wird durch Stanzung runder Elementen erzielt. Die Fassadenpaneele erzeugen durch unterschiedlich große Perforationen eine transluzente Wirkung und spannenden Effekte.[816]

Bei der Fassadengestaltung des *Paul Smith Stores* (2013) in London von 6a Architects bildet die geometrische Kreisform die Basis der Konzeptidee (Abb. 92, 93). Die sich überlagernden Kreise fügen sich „zu einer komplexen Struktur“[817], die sich plastisch von der Fassade abhebt, zusammen. Die Oberfläche lässt sich als textiles Gewebe interpretieren und schafft so einen Konnex zum Bekleidungsfachgeschäft, zur Funktion des Gebäudes. Die Fassadenelemente werden mittels digitaler und traditioneller Herstellungsmethoden angefertigt. Der Entwurf, die Geometrie entsteht am Computer. Für die Produktion der Elemente werden Formteile aus Polyurethan anhand des digitalen Computermodells und mit Hilfe einer CNC-Fräse hergestellt.[818] Die Formteile werden konventionell in der Gießerei in Sand abgeformt. Die Sandgussformen bilden die Basis für den Sphäroguss und das daraus resultierende Endprodukt. Die Fassade kann als moderne Interpretation von Ornamentik verstanden werden und vereint Handwerk und digitale Produktionsmethoden.[819]

815 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.61
816 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen S.75ff
817 Schittich (2014): Ladenfassade in London, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 54. Serie 7+8/2014, S.709
818 vgl. Schittich (2014): Ladenfassade in London, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 54. Serie 7+8/2014, S.709
819 Schittich (2014): Ladenfassade in London, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 54. Serie 7+8/2014, S.709

Abb. 94 I Ricola Produktions- und Lagergebäude in Mühlhaus, Ansicht

Abb. 95 I Ricola Produktions- und Lagergebäude in Mühlhaus, Ansicht mit Blick auf Dachuntersicht

FÜGENDE VERFAHREN

Unter dem Sammelbegriff fügenden Verfahren werden Vorgänge verstanden, bei denen Werkstoffe unlösbar miteinander verbunden werden. Zu fügenden Verfahren zählen Zusammensetzen, Schweißen, Löten, Kleben, Textiles Fügen, Schrauben und Nieten.[820] Manche Verfahren erfordern noch präzise Handarbeit, maschinelle bzw. CNC-gesteuerte Prozesse sind aber im Vormarsch, z.B. CNC-Laser-Löten. Einige Verfahren eignen sich nur für metallische Werkstoffe, hingegen lassen sich fast alle Werkstoffe kleben. Unterschieden wird zwischen chemischen (Silikon, Epoxidharz, Schmelzkleber) und natürlichen (Stärke, Zement) Klebstoffen.[821] Für den Werkstoff Beton eignen sich Kleben und Schrauben.

BESCHICHTENDE VERFAHREN

Zu beschichtenden Verfahren zählen u.a. Bemalen, Lackieren, Spritzen, Emaillieren, Galvanisieren, Eloxieren, Chromatieren, Verzinken, Pulverbeschichten und Aufdrucken.[822] Die Stoffeigenschaften das Werkstoffs vermehren sich, indem ein formloser Stoff auf die Oberfläche eines Werkstoffs, beispielsweise auf Metall, Beton oder Glas, aufgebracht wird. Nahezu alle Produktionstechniken werden in der Oberflächengestaltung angewendet. Beschichtungsverfahren erfolgen vorwiegend durch Maschineneinsatz und immer häufiger mit Hilfe von CNC-gesteuerten Maschinen und Robotern, Handarbeit bleibt aber ein wesentlicher Bestandteil jeder Produktionstechnik. Obwohl Druck- und Beschichtungsverfahren nur die Zweidimensionalität bedienen, sind sie für die Architektur wesentlich. Neben verschiedenen Arten von Druckverfahren wie Durchdruck (Siebdruck), Flachdruck (Offsetdruck), Hochdruck (Flexodruck) oder Tiefdruck ist Digitaldruck eine beliebte Methode, die im Bauwesen vor allem in Form von bedruckten textilen Materialien, PVC-Planen und Netzvinyl oder Bautafeln aus Aludibond-, Hartschaum- und Integralschaumplatten zum Einsatz kommt. Die zweidimensionale Oberflächengestaltung wird nur umrissen, und soll zeigen, dass digitale Druckmethoden neue Möglichkeiten im Design schaffen und eine fotorealistische Darstellung in zweidimensionaler Ebene möglich ist. Vorteile des Digitaldrucks liegen in der Umsetzung der individuellen Motivwahl und in der Schnelligkeit. Vorwiegend werden im Bauwesen Verfahren des Siebdrucks und der Pulverbeschichtung eingesetzt. Bildmotive können mittels Siebdruckverfahren auch auf Betonoberflächen gedruckt werden.[823]

Herzog und de Meuron sind Wegbereiter und setzen sich seit den späten 1980er Jahren intensiv mit der „Applikation von Bildern und figuralen

820 vgl. Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.160
821 vgl. Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.161
822 vgl. Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.144
823 vgl. Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.166ff

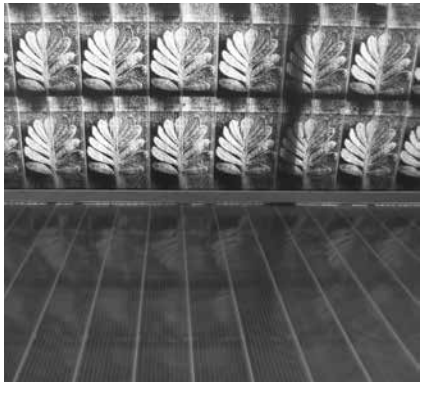


Abb. 96 I Ricola Produktions- und Lagergebäude, Blattmotiv

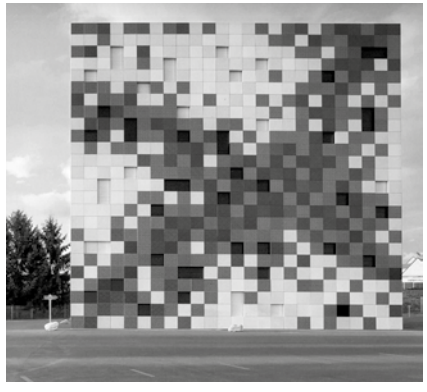


Abb. 97 I Frog Queen in Graz, Ansicht

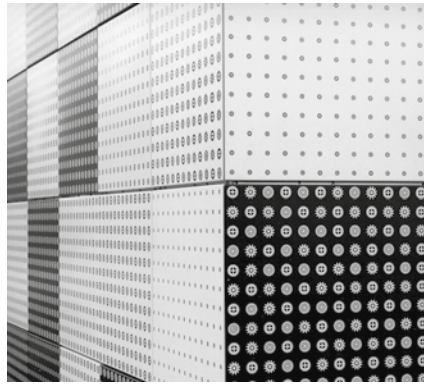


Abb. 98 I Frog Queen in Graz, Fassade

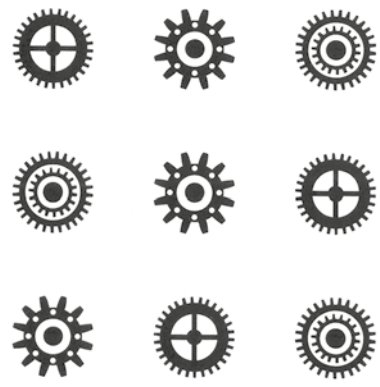


Abb. 99 I Frog Queen in Graz, Fassadenkonzept, Motiv

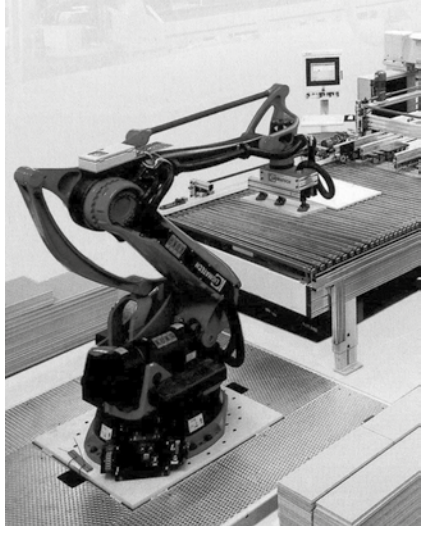


Abb. 100 I Industrieroboter

Mustern auf Gebäudefassaden“[824] auseinander. Beim *Ricola-Produktions- und Lagergebäude* (1993) in der Schweiz setzen Herzog und de Meuron dreischichtige Platten aus lichtdurchlässigem Polykarbonat ein, die auf der Innenseite mit einem Blattmotiv bedruckt sind (Abb. 94, 95). Die Blattstruktur kann als vegetabiles Ornament oder Muster interpretiert werden (Abb. 96). Die Fotographie von Karl Bossfeldt wiederholt sich sechsmal in der Höhe. Wiederholung und Rapport können ebenfalls als Merkmal für Ornamente und Muster verstanden werden. Die volle architektonische Wirkung erzielt der Baukörper in der Nacht, die Seriealität des Motives ist erst durch die Beleuchtung des Gebäudes deutlich sichtbar.[825] Für die Produktion wird das Druckverfahren gewählt.

Das kubische Firmengebäude *Frog Queen* (2007), gestaltet vom Architekturbüro Splitterwerk, befindet sich in Graz (Abb. 97). Für die Fassade werden annähernd quadratische Paneele aus pulverbeschichtetem Aluminium eingesetzt (Abb. 98). Mittels Siebdruckverfahren werden Ornamentmotive, vergleichbar mit Zahnrädern (Abb. 99) oder abstrakten Blumen, in unterschiedlichen Größen aufgebracht. Der Ursprung des Motivs ist auf den Kreis zurückzuführen. Die Motive sind wiederkehrend und von nahem als Flächenornament oder Muster zu deuten. Wiederholung wird als Stilmittel eingesetzt, wenn auch auf den ersten Blick eine Unregelmäßigkeit spürbar ist. Die raffinierte Fassade wirkt von fern durchgehend gerastert, dadurch werden die Außenkanten des Baukörpers optisch aufgelöst. Für Splitterwerk steht eine Wechselwirkung zwischen bildhaften Eindrücken und Raumwirkung im Fokus.[826] In der Produktion werden Beschichtungs- und Druckverfahren kombiniert.

ROBOTER

Gramazio und Kohler sind Pioniere im Bereich der Forschung und Anwendung von Roboter im architektonischen Feld und Wegbereiter der digitalen Vorfabrikation. Seit den 1980er Jahren wird an der ETH in Zürich geforscht. In den 1990er Jahren entsteht ein Wendepunkt im Bauen, der durch die Kombination von computergesteuerten Entwurfsmethoden und digitaler Vorfabrikation neue Dimensionen in der Architektur ermöglicht. Mit dem Lehrstuhl für *Architektur und Digitale Fabrikation* an der ETH Zürich haben die Architekten eine Forschungsanlage geschaffen. Die Innovation basiert auf einem computergesteuerten Industrieroboter, der ausgehend von digitalen Entwurfsdaten direkt Bauelemente erzeugt. Die digitalen Produktionsmethoden sind im ständigen Prozess der Weiterentwicklung und haben in den letzten fünf Jahren nochmals einen Aufschwung erlebt. Nach 2006 forschen international schon über 20 Fakultäten in diesem Bereich.[827]

824 Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.14
825 vgl. URL: http://www.ricola.com/de-de/Uber-Ricola/Architektur/Verpackungsgebaude [Stand: 11.2.2014]
826 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.23ff und vgl. URL: http://www.prismaengineering.at/index.php?id=166 [Stand: 11.2.2014] und vgl. Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.58
827 vgl. Brell-Çokan/Braumann (2013): ROB ARCH 2012, S.9

Abb. 101 I Weingut Gantenbein in Fläsch, Ansicht

Abb. 102 I Weingut Gantenbein in Fläsch, Fassade mit Weintraubenform

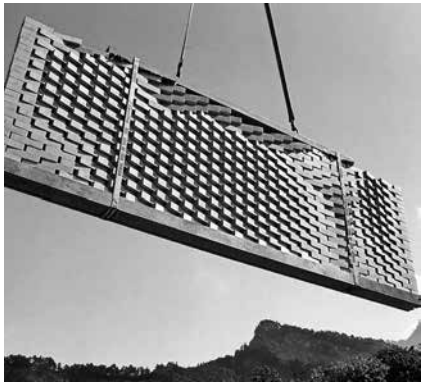
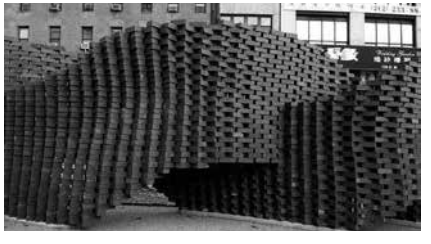


Abb. 103 I Weingut Gantenbein in Fläsch, Fassadenelement

Industrieroboter (Abb. 100) erzielen bei Bauabläufen eine beachtliche Effizienzsteigerung. Steuerung, Manipulator (Roboterarm) und Effektor (Werkzeug, Greifer, etc.) sind elementare Komponenten von Robotern.[828] Die Bezeichung Industrieroboter ist bislang nicht einheitlich definiert und wird in keiner Europäischen Norm zusammengefasst. Kurz und bündig wird unter einem Industrieroboter ein Gerät verstanden, das frei programmierbar und servo gesteuert ist, über mindestens drei CNC-Achsen, Greifer und Werkzeuge verfügt und für Handhabungs- und Bearbeitungsprozesse entwickelt ist. Über einen elektrischen, hydraulischen oder pneumatischen Antrieb werden die Glieder (Motor, Getriebe und Regelung) der kinematischen Kette gesteuert. Robotertypologien klassifizieren sich durch Reichweite, Traglast und Wiederholungsgenauigkeit. Industrieroboter können je nach Notwendigkeit zwischen mehreren Effektoren, beispielsweise Effektor A (Laserschneiden) und Effektor B (Laserschweißen), wechseln. *Gelenkarmroboter* haben einen Aktionsradius bis zu drei Metern und sind somit sehr beweglich. Drei Methoden werden bei der Programmierung von Robotern unterschieden. Die Ablaufprogrammierung eines Roboters setzt eine Berechnung der Arbeitsschritte durch den Menschen voraus, die anschließend in das Programmsystem eingegeben wird. Beim *Teaching*-Prinzip werden dem Roboter Arbeitsschritte manuell beigebracht. Die Bewegungen werden vom Steuercomputer aufgezeichnet und können reproduziert werden. Beim *Self-Teaching* erfolgt die Erfassung der notwendigen Arbeitsschritte über eine Kamera und Sensoren und der Roboter entscheidet autonom über die Operation. Voraussetzung dafür ist eine programmierte Intelligenz des Roboters. Im Bereich der Architektur besteht für Industrieroboter hohes Potential, da Vorfertigung in diesem Sektor an Bedeutung gewinnt. Primär werden Gelenkarmroboter in den Bereichen des Fassadenbaus, bei der Herstellung Holzbauteilen und bei der Rekonstruktion von Natursteinfassaden eingesetzt. Die damit verbundenen Kosten sind jedoch eine negative Begleiterscheinung.[829]

Beim *Weingut Gantenbein* (2006) werden mit einer eigens vom Büro Gramazio und Kohler an der ETH Zürich entwickelten digital gesteuerten Herstellungsmethode 20000 Backsteine zu 72 Wandelementen mit einem Roboterarm zusammengesetzt (Abb. 101, 103). Das Gesamtbild der Fassade erscheint als vegetabiles Motiv, es ist symbolhaft eine Weintraubenform zu erkennen (Abb. 102). Die Anordnung und Ausrichtung der Backsteine basiert auf einem programmierten Algorithmus. Die Oberfläche des Gebäudes hat aus der Ferne einen gepixelten Charakter.[830]

Nach einem ähnlichen Prinzip wird in New York *Pike Loop* (2008), eine 22 Meter lange, schleifenförmige Skulptur aus Backsteinen mit einem transportablen Industrieroboter gebaut (Abb. 104). Das Objekt setzt sich aus über 7000 Backsteinen zusammen, die Anordnung der Ziegel be-



828 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.61
829 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.61
830 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.179f

Abb. 104 I Pike Loop in New York, Ansicht

Abb. 105 I Pike Loop in New York, Herstellungsprozess

findet sich in einem sensiblen Gleichgewicht (Abb. 105).[831]
Oftmals kommen innerhalb eines architektonischen Planungs- und Produktionsablaufes generative und subtraktive Verfahren zum Einsatz. Neben Funktion und Ästhetik sind Wirtschaftlichkeit und Ressourcenökonomie wesentlich.

6.3 THEORETISCHE POSITIONEN

Eine kritische Auseinandersetzung mit Ornament und Muster ist auch in den 1990er Jahren gegenwärtig, jedoch wird meist das Ornament der vergangenen Jahrhunderte diskutiert. Es wird in den „aktuellen Debatten beinahe ausschließlich auf die Ornamenttheorien des frühen Maschinenzeitalters“[832] Bezug genommen. Bezüge werden im Diskurs häufig zu Owen Jones, John Ruskin, William Morris, Louis Sullivan und Adolf Loos hergestellt.
Aus der Literatur geht „kein typisches Ornamentprofil“[833] der 1990er Jahre hervor. Werke von Gérard Raulet und Burghart Schmidt (1993/2001), Ursula Franke und Heinz Paetzold (1996) leisten einen kritischen Beitrag. Auf kunstgeschichtlicher und architekturtheoretischer Ebene setzen sich u.a. Isabelle Frank und Freia Hartung (2001), Jörg H. Gleiter (2002), Maria Ocón Fernández (2004), Günther Irmscher (2005), Michael Dürfeld (2008) oder Andrea Gleininger und Georg Vrachliotis (2009) kritisch mit der Thematik auseinander. Anwendungsmöglichkeiten für Ornamente und Muster in der Praxis zeigen u.a. Francesca Ferguson und Oliver Domeisen (2008), Farshid Moussavi und Michael Kubo (2008), Ben Pell und Andreas Hild (2010) oder Hannes Bäuerle und Joachim Stumpp (2010).

STRUKTURWANDEL DES ORNAMENTS

Das Werk *Kritische Theorie des Ornaments* (1993) liefert weniger eine geschichtswissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Ornament, sondern behandelt vielmehr die Ornamentproblematik im 18. Jahrhundert, die Ornamentdebatte um die Jahrhundertwende und setzt sich mit theoretischen Positionen auseinander.[834]
In den letzten 20 Jahren wird häufig das Ornament der Moderne architekturtheoretisch diskutiert. Der Aufsatzband *Ornament und Geschichte* (1996) von Ursula Franke und Heinz Paetzold fasst *Studien zum Strukturwandel des Ornaments in der Moderne* zusammen.[835] Mit Beginn des 21. Jahrhunderts entstehen einige Werke, die sich mit dem „Wiederaufleben des Ornaments“[836] und der „Rückkehr des Verdrängten“[837] beschäftigen und von „ornamentalen Erscheinungen“[838] sprechen. Auch im 21. Jahrhundert findet eine Auseinandersetzung vor einem stilgeschichtlichen Hintergrund statt. Die spanische Kunsthistorikerin Maria Ocón Fernández setzt sich in ihrer Dissertation *Ornament und Moderne* (2004) mit „der Bedeutung des Ornaments für die Genese der modernen Architektur von 1850 bis 1930 in Mitteleuropa“[839] auseinander. Ocón Fernández versteht „das Ornament als Verbindungsgelenk zwischen der vorangegangenen Phase des Historismus und der beginnenden Moderne.“[840]
Der Beginn der Moderne ist somit nicht mit dem Verzicht des Ornaments gleichzusetzen, sondern das Ornament wird als konstruktives Element der frühen Moderne verstanden.[841]
Günther Irmscher schafft in *Ornament in Europa* (2005) einen kunstgeschichtlichen Überblick und versucht den Zeitraum zwischen 1450 und 2000 zu fassen. Jedoch für die Architektur sehr interessant erscheint die Unterteilung des Ornaments im Zeitalter des humanistischen, höfischen und sakralen dekorum bis 1800 in architektonische Ornamente und Bezierden.[842]

831 vgl. Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.62
832 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.79
833 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.12
834 vgl. Raulet/Schmidt (1993): Kritische Theorie des Ornaments
835 vgl. Franke/Paetzold (1996): Ornament und Geschichte
836 Ferguson (2008): Ornament neu aufgelegt, in: Domeisen/Ferguson (Hrsg.): SAM Nr. 5, Ornament neu aufgelegt, S.1
837 Gleiter (2002): Rückkehr des Verdrängten
838 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.11ff
839 URL: http://arthist.net/reviews/68 [Stand: 4.11.2013]
840 Ocón Fernández (2007): Ornament und Moderne, S.10
841 vgl. Hiller von Gaetringen (2004): Ornament und Moderne, S.1, URL: http://arthist.net/download/book/2004/041115Gaertringen.pdf [Stand: 4.11.2013]
842 vgl. Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.50

RÜCKKEHR DES ORNAMENTS

Von einer Rückkehr oder Rehabilitierung des Ornamentbegriffs wird schon im Beitrag *Minimalismus und Ornament* (1995) in der *Zeitschrift ARCH+* diskutiert. Im Mittelpunkt stehen die Bauten von Herzog und de Meuron und das Ornament wird in diesem Zusammenhang als sinnliche, äußere Gestaltung von minimalistischen Boxen verstanden. Margit Ulama schreibt über das „minimalistisches Ornament“[843] und meint, dass Ornamentik nie selbstständig sein kann und immer einen Träger benötigt.[844] Somit weist das minimalistische Ornament ein Charakteristikum des klassischen Ornaments auf.

Jörg H. Gleiter spricht in *Rückkehr des Verdrängten* (2002) primär über die Position des Ornaments in der Moderne.[845] Für Gleiter lasst sich der Beginn der Moderne nicht einfach mit „der Liquidierung des Ornaments“[846] oder durch „die Formel der Ornamentlosigkeit als Gründungsmythos“[847] erklären. Den ebenso dringlichen, wie kontroversen Diskurs des Ornaments rollt Gleiter in der „psychologischen Rekonstruktion der Moderne“[848] über die postulierte Ornamentlosigkeit von Loos auf. Der Diskussionsschwerpunkt liegt zwischen der Diskrepanz der Ornamentlosigkeit und der Virtualisierung der Kultur im Computerzeitalter. Gleiters Annahme basiert auf einem Statuswandel des Ornaments in der architektonischen Moderne und versteht das „Ornament als Ausdruck des Krisenbewusstseins der Moderne.“[849] Gleiters Analysen beruhen auf der kritischen Theorie Müllers. Gleiter versucht auf der Basis von Psychoanalyse, Semiotik, Rhetorik und kritischer Theorie die Frage zu beantworten, worauf die Ornamentproblematik zurückzuführen ist.[850]

DAS ORNAMENTALE UND DIE ARCHITEKTONISCHE FORM

Michael Dürfeld spricht in *Das Ornamentale und die architektonische Form* (2008) über „eine neues Interesse an ornamentalen Form-Experimenten“[851], die Anfang der 1990er Jahre eingeordnet werden. Im Besonderen behandelt Dürfeld „das Verhältnis von Ornament und Entwurf“[852] und aufgrund des engen Zusammenhangs von Ornament und Entwurf wird eine „Begriffsverschiebung vom Ornament zum Ornamentalen“[853] vorgenommen. Dürfeld untersucht „das Ornamentale als […] Qualität des architektonischen Entwurfsprozesses“[854] und nicht das Ornament als Schmuckelement.

Eine erste Verschiebung zum Ornamentalen ordnet Dürfeld Mitte der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts mit der Ausstellung *ornament ohne ornament?* (1965) ein. Dürfeld ist um eine Herausarbeitung des „prozesshaften Ornamentbegriffes“[855] bemüht. Gegenstand der Untersuchung sind u.a. der *mathematische Symmetriebegriff*, das *strukturelle Ornament* nach Jürgen Claus und eine *Neue Ornamentik* (1970) nach Klaus Hoffmann.[856] Die Untersuchungsergebnisse über eine „Beziehung zwischen einer künstlerischen Produktionsstrategie der 60er Jahre und architektonischen Entwurfsstrategien der 90er Jahre“[857] sind nicht vollständig. Dürfeld nimmt immer wieder Bezug zum luhmann´schen Ornamentbegriff vor einem systemtheoretischen Hintergrund, der als „Form-Begriff“[858] zu verstehen ist und somit als „generische[r] Begriff“[859] verstanden wird. Abschließend erörtert Dürfeld eine neue Ornamentik bezugnehmend auf Hans H. Holz, Jürgen Claus und Klaus Hoffmann anhand von dem „Verhältnis von Ornament und Struktur“[860] und schließt mit der *Funktion des Ornamentalen* ab, wo wieder ein Bezug zu Niklas Luhmann geschaf-

843 vgl. Ulama (2002): Architektur als Anatomie, S.203
844 vgl. Ulama (2002): Architektur als Anatomie, S.203
845 vgl. Gleiter (2002): Rückkehr des Verdrängten
846 Gleiter (2002): Rückkehr des Verdrängten, S.20
847 Gleiter (2002): Rückkehr des Verdrängten, S.20
848 Gleiter (2002): Rückkehr des Verdrängten, S.48
849 Gleiter (2002): Rückkehr des Verdrängten, S.28
850 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.14
851 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.11
852 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.15
853 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.15 und S.100
854 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.15
855 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.17
856 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.16f
857 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.19
858 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.113
859 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.113
860 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.117

fen wird.[861]

Oberflächenphänomene werden im 21. Jahrhundert vielfach diskutiert und auch unter verschiedenen Parametern kategorisiert und publiziert. Auf architektonisch-praktischer Ebene liefern u.a. Farshid Moussavi und Michael Kubo oder Ben Pell und Andreas Hild einen Beitrag. Pell und Hild zeigen in *Modulierte Oberflächen* (2010) einen facettenreichen Überblick und unterscheiden nach Herstellungstechniken, wie beispielsweise Aufbringen, Perforieren und Schneiden, Schichten, Formen und Gießen, Stapeln und Kacheln.[862]

Einen guten Querschnitt schaffen auch Moussavi und Kubo in *Die Funktion des Ornaments* (2008), die das Ornament als „Vermittler spezifischer Affekte"[863] verstehen. Im Verständnis von Kunst als Disziplin, die Empfindungen und *Affekte* schafft, verstehen die Autoren das *Ornament als Notwendigkeit*.[864] Moussavi und Kubo klassifizieren Bauten aus der architektonischen Praxis nach Affekten, die aus dem Wechselspiel zwischen Tiefe und Material resultiert.[865] Durch das Zusammenfügen architektonischer Materialien werden „einzigartige Affekte"[866] erzeugt. Das Erscheinungsbild von Fassaden wird anhand der Affekte klassifiziert. Affekte sind u.a. Kannelierung, Stapelung, Drehung, Streckung oder Wellen- und Reliefaffekte. Moussavi und Kubo meinen, „dass Ornamente wesenhaft an architektonische Affekte gekoppelt sind."[867]

861 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.121
862 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.18ff
863 Moussavi/Kubo (2008): Die Funktion des Ornaments, Cover
864 vgl. Moussavi/Kubo (2008): Die Funktion des Ornaments, S.7 und S.11
865 vgl. Moussavi/Kubo (2008): Die Funktion des Ornaments, S.9f
866 vgl. Moussavi/Kubo (2008): Die Funktion des Ornaments, S.7
867 Moussavi/Kubo (2008): Die Funktion des Ornaments, S.8

7 ZUM VERSTÄNDNIS AKTUELLER BEGRIFFE

Allgemein werden die Begriffe Ornament und Muster unterschieden (vgl. Kap. 1.1). Das Ornament im klassischen Verständnis von Schmuckwerk und Verzierung ist seinem Wesen nach kein selbständiges Gebilde und benötigt einen Träger dem es hinzugefügt wird.[868] In den letzten zehn Jahren werden Oberflächenerscheinungen unter den Begriffen *neues* und *digitales* Ornament häufig diskutiert, jedoch scheint in der Literatur keine einheitliche Definition für diese Begriffe zu bestehen.[869] Folgend wird der Versuch unternommen, die Begriffe Ornament, Muster, Bild und Struktur im digitalen Zeitalter zu beschreiben und sich einer Definition anzunähern.

7.1 NEUES UND DIGITALES ORNAMENT

Verschiedene Begriffe sind gegenwärtig präsent und scheinen ein ähnliches Phänomen zu beschreiben, u.a. wird von *Pattern*[870], *neuem Ornament*[871], *neuen Ornamentphänomenen*[872], *neuem Ornament im digitalen Zeitalter*[873], *Ornamentalem*[874], *Struktur/Ornament-Figur*[875], *digitalem Ornament*[876] oder *digitaler Oberfläche*[877] gesprochen. Dabei werden die Begriffe mit beträchtlicher Verunsicherung erörtert und es besteht Verwirrungspotential im Hinblick auf die Verwendung der Begriffe. Jörg H. Gleiter spricht in *Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter* (2008) über ein Phänomen, dessen Dasein unbestritten ist, das aber noch nicht eindeutig definiert ist.

NEUES ORNAMENT

Als Vertreter für das *neue* Ornament werden u.a. Ben van Berkels *Kaufhaus in Kaohsiung City* (2008) in Taiwan, Jun Aokis *Louis Vuitton Shop* (2003) in Poppongi, Barkow Leibingers *Trutec Builliding* (2006) in Seoul genannt. Ob jedoch jeder *Morié*-Effekt, jedes in Lochblech gestanzte geometrische oder organische Muster oder jedes Betonfertigteil mit Relief, somit jede ornamental wirkende architektonische Erscheinung als *neues* Ornament im digitalen Zeitalter verstanden werden kann, ist nicht geklärt.[878]

Nach Gleiter lösen sich mit *computational design*, *mass customization* und *scripting Software* Ornamente vom Papier, von den Wänden und den elektronischen Bildschirmen und drängen sich in das Material und in die Struktur. Überwiegend werden *computational design*-Ergebnisse der Kategorie Ornament hinzugefügt.[879] Gemäß Gleiter werden all jene Erscheinungen als *neu* verstanden, die sich „einer eindeutigen Bewertung“[880] nach dem klassischen Verständnis des Ornaments entziehen. Laut Duden wird unter dem Begriff *neu* als „erst seit Kurzem vorhanden, bestehend [oder] vor kurzer Zeit entstanden, begründet [oder] davor noch nicht da gewesen und anders als bisher“[881] verstanden. Der Terminus *neu* schafft im Verständnis von „noch nicht da gewesen“[882] eine Möglichkeit, um Ornamente *kurzfristig* einzuordnen und zu beschreiben. Die Bezeichnung *neu* erscheint eher ungeeignet für eine differenzierte Begriffsbestimmung und birgt auch eine Unschärfe in sich, da jedes *neue* Ornament nach einer bestimmten Zeitspanne und im Verständnis von „seit längerer Zeit vorhanden“[883] als *altes* Ornament verstanden wird. Der Begriff des *neuen* Ornaments könnte somit schon früher, beispielweise ab dem Beginn der Moderne eingesetzt werden (vgl. Kap. 4.2), da dem Ornamentbegriff bereits seit Beginn des 20. Jahrhunderts „eine beträchtliche Unschärfe“[884] anhaftet und die Definition des Begriffs bereits

868 vgl. Wollheim (2005): Über die Konstruktion der Oberfläche - Muster in der Architektur, in: Schmidt/Tietenberg/Wollheim (Hrsg.): Patterns, S.13.
869 vgl. Ferguson (2008): Ornament neu aufgelegt, in: Domeisen/Ferguson (Hrsg.): SAM Nr. 5, Ornament neu aufgelegt, S.1
870 vgl. Tietenberg (2005): Das Muster, das verbindet, in: Schmidt/Tietenberg/Wollheim (Hrsg.): Patterns, S.6ff
871 vgl. Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008
872 vgl. Ferguson (2008): Ornament neu aufgelegt, in: Domeisen/Ferguson (Hrsg.): SAM Nr. 5, Ornament neu aufgelegt
873 vgl. Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008
874 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.11ff
875 vgl. Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S113ff
876 vgl. Strehlke (2008): Das digitale Ornament in der Architektur, seine Generierung, Produktion und Anwendung mit Computer-gesteuerten Technologien
877 Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.11
878 vgl. Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.78ff
879 vgl. Gleiter (2009): Exposé der Konferenz Digital. Material. Structural. Ornament Today 2010, URL: http://ornamenttoday.unibz.it/de/welcome/expose/default.html [Stand: 2.2.2015]
880 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.82
881 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/neu [Stand: 2.2.2015]
882 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/neu [Stand: 2.2.2015]
883 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/alt [Stand: 2.2.2015]
884 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.18

früher als „überflüssig erklärt“[885] wurde. Aktuell widersetzt sich das Ornament einer „starren Kategorisierung und Fassbarkeit.“[886]

DIGITALES ORNAMENT

Für die 1990er Jahre ist „kein typisches Ornamentprofil“[887] erkennbar, jedoch werden vorwiegend digitale Entwurfs- und Produktionsmethoden eingesetzt um Ornamente zu generieren. Nach Gleiter sind einerseits viele der *neuen* Ornamentphänomene „kaum mehr als eine Wiederauflage des analogen Maschinenornaments oder des klassischen Ornaments“[888], auch wenn die Realisierung mit Hilfe digitaler Methoden erfolgt. Gleiter meint, dass „was als Ornament erscheint, ist oft lediglich ein Muster“[889] aus repetitiven Motiven. Andererseits spricht Gleiter vom „Ornamentcharakter im Sinne des *neuen* Ornaments“[890] wenn im Tragwerk „der Verlauf der statischen Spannungen sichtbar“[891] wird und dies in die amorphe Struktur des Tragwerks übersetzt wird. Gleiter erwähnt als Beispiel den Entwurf von Arata Isozakis für den neuen *Bahnhof in Florenz*. Barkow Leibingers *DAM-Pavillion*[892] (2008) wird ebenfalls als Beispiel genannt. Gleiter spricht von einer „ontologischen Doppelpoligkeit des Ornaments“[893] und definiert das *neue* Ornament über digitale Methoden, die einer algorithmischen Logik folgen und somit das „Resultat eines computerbasierten, algorithmischen Rechenprozesses“[894] sind.

Im Bezug auf das Ornament erscheint hier der Begriff *digital* als aussagekräftiger im Vergleich zum Begriff *neu*, da viele Ornamentphänomene der Gegenwartsarchitektur an digitale Generierung und Produktion geknüpft sind. Im technischen Verständnis wird laut Duden unter dem Begriff *digital* etwa „in Ziffern darstellend“[895] und der Gegensatz zu analog verstanden.[896] Gemäß Gleiter wird das *neue Ornament im digitalen Zeitalter* als solches verstanden, wenn eine Trennung zwischen dem Entwurf, als künstlerischen Akt, und dem materiellen Akt des Bauens, sprich der materiellen Umsetzung durch die „digitalen Werkzeuge, die nicht mehr analogen sondern algorithmischen Regeln folgen“[897] aufgehoben wird. Es findet eine Synthese von Entwurfs- und Konstruktionsverfahren statt, die das Ornament kennzeichnen.[898]

Charakteristisch für das *digitale* Ornament sind digitale Generierungs- und Herstellungsmethoden, die oftmals ineinander verwoben sind. Der Terminus *digital* bezeichnet somit hier die Entwurfs- und Herstellungsmethoden (vgl. Kap. 6.1 und 6.2).[899] Das *digitale* Ornament wird im aktuellen Architekturdiskurs jedoch mehrfach gedeutet und ist als Phänomen zu verstehen, das noch nicht klar definiert ist.[900]

In dieser Arbeit sind *digitale* Oberflächenerscheinungen, primär an die digitalen Generierungs- und Produktionsmethoden geknüpft die unterschiedliche Tendenzen aufweist. In der zeitgenössischen Oberflächengestaltung werden vermehrt, jedoch nicht ausschließlich *digitale* Ornamente angewendet.

7.2 MUSTER UND BILD

Auf den ersten Blick verbinden die Begriffe Muster und Bild einige Gemeinsamkeiten, u.a. ihre Erscheinung in der Fläche. Beide Begriffe haben sich aber im Laufe der Zeit gewandelt.

885 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.18
886 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.18
887 Dürfeld (2008): Das Ornamentale und die architektonische Form, S.12
888 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.82
889 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.82
890 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.83
891 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.83
892 vgl. URL: http://www.barkowleibinger.com/archive/view/dam_pavilion [Stand: 2.2.2015]
893 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.83
894 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.82
895 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/digital [Stand: 2.2.2015]
896 vgl. URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/digital [Stand: 2.2.2015]
897 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.83
898 vgl. Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.83
899 vgl. Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse. Planung, Gestaltung, Fertigung, S.24f
900 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.78

MUSTER

Aktuell erscheint der *Musterbegriff* mächtiger als der Ornamentbegriff. Der Musterbegriff wird nicht mehr „als Kategorie des Ornaments“[901] behandelt, sondern das „Ornament wird aus einer neuen Vorstellung von Muster und Musterbildung“[902] hergeleitet. Fabian Scheurer spricht über ein mögliches Comeback der „Entwurfsmuster“[903], indem Architekturschaffende Algorithmen entwerfen. Nach Vrachliotis bestehe eine verbissene Suche nach dem Ornament „auf der Ebene von computergenerierten Gebäudestrukturen oder mit dem Anspruch einer groß angelegten ornamenttheoretischen und –historischen Reflexion.“[904] Gleiter diskutiert die Frage, ob „jedes digital erzeugte, computergesteuerte, repetitiv-geometrische Element wirklich immer schon das erhoffte, ‚neue Ornament im digitalen Zeitalter‘ darstellt oder ob es sich häufig nicht eher lediglich um ein Muster und Strukturen handelt.“[905] Beide Pänomene, Muster und Ornamente, sind für Petra Schmidt, Annette Tietenberg und Ralf Wolheim in der Gegenwartsarchitektur präsent.[906] Nach Wolheim werden Ornament und Muster (*Pattern*) in der zeitgenössischenArchitektur häufig überbeansprucht. Oft lassen sich Konstruktion und Muster nicht mehr klar trennen bzw. differenzieren. Eine Trennung ist häufig eine wohlwollende Auslegung oder Interpretation.[907] Im gegenwärtigen Verständnis scheinen Muster- und Ornamentbegriff zu verschwimmen und in Verbindung mit digitalen Methoden scheint der Musterbegriff zu dominieren.[908] Das weit verbreitete Verständnis von Ornament als Schmuck und Verzierung wird vielen Ornamentphänomenen im digitalen Zeitalter nicht mehr gerecht.

BILD

Laut Duden wird der Begriff *Bild* in einem künstlerischen Kontext als „mit künstlerischen Mitteln auf einer Fläche Wiedergegebenes [oder als] Gemälde, Zeichnung“[909] verstanden. Eine Fotografie lässt sich auch als Bild interpretieren, im Sinne einer gedruckten, wiedergegebenen Darstellung.[910] Im Bezug auf die Architektur lässt sich der Bildbegriff nur schwer eingrenzen. Die Bezeichnung Bild lässt sich „auf einer konkreten Bedeutungsebene als auch synonym mit einem inneren geistigen Bild, einem Emblem, Symbol, *Icon* oder Zeichen, einer Allegorie oder einer Metapher“[911] beschreiben. Ein Bild ist als Emblem, Zeichen und Symbol zu verstehen, das ausschließlich in der Fläche auftritt und begrenzt ist.
Im Zeitalter der digitalen Architektur lässt sich das *Bild* nicht mehr auf eine ausschließlich flächige Erscheinung eingrenzen. Laut Caspary sind Architektur und Bild miteinander verwandt, da „beide Räume schaffen“[912], deutlich zeigt sich das anhand architektonischer Beispiele der letzten 20 Jahre. In den 1990er Jahren entsteht ein Trend Bilder zu materialisieren und auf Fassadenoberflächen „in räumlicher oder flächiger Form“[913] aufzubringen (vgl. Kap. 6.2). Mit Hilfe „künstlerischer Verfahren, bildhafter Zeichen oder photorealistischer Erzeugnisse“[914] werden Oberflächen geschaffen, die eine Darstellungsbandbreite „von konkret über abstrakt bis assoziativ und ornamental“[915] abdecken. Häufig werden Bilder seriell gereiht. Der wiederholende Charakter spielt beim Einsatz des Bildes in der Fassade eine wesentliche Rolle. Das Bild im Zeitalter digitaler Architektur scheint sich formal an klassische Prinzipien des Ornaments und Musters, wie Rapport, Rhythmus, Wiederholung, etc. anzulehnen. Nach Wolheim steht die Anwendung von bildhaften Oberflächen bzw. die Verwendung von Bildern für eine neue Form von *Pattern* in der Architektur.[916] Einerseits werden zeitgenössische Bild-Oberflächen mit Hilfe digitaler Produktionsmethoden hergestellt und werden teilweise als

901 Gleiniger/Vrachliotis (2009): Editorial, in: Gleiniger/Vrachliotis (Hrsg.): Muster, S.8
902 Gleiniger/Vrachliotis (2009): Editorial, in: Gleiniger/Vrachliotis (Hrsg.): Muster, S.8
903 Scheurer (2009): Architekturalgorithmen und die Renaissance der Entwurfsmuster,. in: Gleiniger/Vrachliotis (Hrsg.): Muster, S.54
904 Vrachliotis (2009): „So fing ich an von Mustern zu träumen…“ über das Denken in Strukturen, das Entwerfen mit Mustern und den Wunsch nach Schönheit und Bedeutung in der Architektur, in: Gleiniger/Vrachliotis (Hrsg.): Muster, S.37
905 Vrachliotis (2009): „So fing ich an von Mustern zu träumen…“ über das Denken in Strukturen, das Entwerfen mit Mustern und den Wunsch nach Schönheit und Bedeutung in der Architektur, in: Gleiniger/Vrachliotis (Hrsg.): Muster, S.37
906 vgl. Tietenberg (2005): Das Muster, das verbindet, in: Schmidt/Tietenberg/Wollheim (Hrsg.): Patterns, S.6ff
907 vgl. Wollheim (2005): Über die Konstruktion der Oberflächen - Muster in der Architektur, in: Schmidt/Tietenberg/Wollheim (Hrsg.): Patterns, S.12f
908 vgl. Gleiniger/Vrachliotis (2009): Editorial, in: Gleiniger/Vrachliotis (Hrsg.): Muster, S.8
909 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Bild [Stand: 10.1.2013]
910 vgl. URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Bild [Stand: 10.1.2013]
911 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.101
912 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.101
913 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.102
914 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.102
915 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.102
916 vgl. Wollheim (2005): Über die Konstruktion der Oberflächen - Muster in der Architektur, in: Schmidt/Tietenberg/Wollheim (Hrsg.): Patterns, S.13

Konstruktionselement ausgeführt, beispielsweise bedrucktes Fensterglas als Sonnenschutz oder als wärmespeichernde Fassadenplatte. Andererseits folgen Bild-Oberflächen häufig klassischen Gestaltungsprinzipien wie Rapport und Wiederholung und können auch nachträglich appliziert sein, beispielsweise als dekorative Klebefolie oder CI-Motiv.

7.3 STRUKTUR UND MATERIAL

In der zeitgenössischen Architektur lassen sich die Begriffe Ornament, Muster und Struktur nicht mehr klar voneinander trennen. Folgend wird die Bedeutung der Begriffe Struktur, Konstruktion und Material etymologisch untersucht und vor dem Hindergrund der Architektur diskutiert.

STRUKTUR UND KONSTRUKTION

Der Begriff Struktur hat einen Wortursprung im lateinischen *structura* mit der Bedeutung Zusammenfügung bzw. Ordnung und wird laut Duden als „Anordnung der Teile eines Ganzen zueinander, gegliederter Aufbau [oder] innere Gliederung“[917] verstanden. Der Begriff beschreibt auch ein „Gefüge, das aus Teilen besteht, die wechselseitig voneinander abhängen [oder] in sich strukturiertes Ganzes.“[918] In der Textilindustrie wird unter Struktur eine „reliefartig gestaltete Oberfläche von Stoffen“[919] verstanden.
Der Begriff Struktur ist in verschiedenen Disziplinen, u.a. in der Biologie, Mathematik, Informatik und Wirtschaft verankert. In der Architektur werden Begriffe wie gesamte Gebäudestruktur, Tragstruktur (Konstruktion) oder Materialstruktur verwendet.[920]
Die Bezeichnung Gesamtstruktur eines Gebäudes, ist als Gefüge aus Teilen, die sich wechselseitig bedingen zu verstehen. Nach Holz bildet die Struktur die *substantielle Form* des Gegenstandes und ist nicht wie das Ornament dem Gegenstand nur *akzidentell*, d.h. dem Gegenstand nebensächlich oder untergeordnet.[921] Als Struktur wird somit auch der innere Aufbau eines Bauwerks bezeichnet und ist häufig an die Konstruktion geknüpft. Das Wort Konstruktion leitet sich vom lateinischen Begriff *constructio* ab und hat u.a. die Bedeutung bauen, zusammenfügen oder zusammensetzen.[922] Der Begriff ist in der Architektur, Mathematik, Logik, Geometrie und in den Sprachwissenschaften verankert. In der Architektur wird das Wort *konstruieren* als „Zusammenbau eines technischen Objektes durch Ausarbeitung des Entwurfs, durch technische Berechnungen, Überlegungen“[923] verstanden. Die Konstruktion eines Bauobjektes kann auch die innere Struktur im Sinne von tragendem System beschreiben bzw. umfasst das statische System eines Bauwerks. Die Konstruktion bildet den Gebäudekern. Die Begriffe Struktur und Konstruktion, im Sinne von Tragsystem oder Träger können in der Architektur gegenseitig als Synonyme verwendet werden und beschreiben das Gleiche.
Das Verb *strukturieren*, im Verständnis von „mit einer bestimmten Struktur versehen“[924] bzw. von „einteilen, gliedern, ordnen“[925] beschreibt die Gestaltung von Fassaden und Oberflächen bzw. findet sich in der Grundrisskonzeption wieder. Fassadenelemente lassen sich beispielsweise strukturiert, nach einem bestimmten Rhythmus bzw. nach einer bestimmten Regelmäßigkeit anordnen. Im Sinne von *ordnen* besteht auch eine Verbindung zum Ornament mit dem Ursprung *ornare* (ordnen, rüsten, schmücken). Der Begriff Struktur bezeichnet somit auch einen gliedernden und ordnenden Charakter einer Oberfläche oder eines Bauwerks.

DIGITALE MATERIALITÄT UND OBERFLÄCHE

Materialien und deren Oberflächen verleihen Architektur ihren Ausdruck und unverwechselbaren Charakter. Der Begriff Material hat eine lateinischen Wortursprung und leitet sich von *materiale* mit der Bedeutung stoffliche, dingliche Sache bzw. Rohstoff ab.[926] Materialstruktur beschreibt den gegliederten, inneren Aufbau eines Baustoffes. Materialoberfläche wird durch Textur, Faktur oder Patina charakterisiert. Das Wort

917 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Struktur [Stand: 28.7.2015]
918 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Struktur [Stand: 28.7.2015]
919 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Struktur [Stand: 28.7.2015]
920 vgl. Dollinger/Neutra (1966): Material, Struktur, Ornament, S.15
921 vgl. Holz (1972): Die Repristination des Ornaments, zit. nach Müller (1977): Die Verdrängung des Ornaments, S.181
922 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Konstruktion [Stand: 28.7.2015]
923 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/konstruieren#Bedeutung1a [Stand: 28.7.2015]
924 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/strukturieren [Stand: 28.7.2015]
925 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/strukturieren [Stand: 28.7.2015]
926 vgl. URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Material [Stand: 28.7.2015]

Textur leitet sich vom lateinisch *textura* ab und bedeutet Gewebe.[927] Der Begriff Textur beschreibt in diesem Kontext die Zusammensetzung der Oberfläche eines Materials wie beispielsweise Täfelung oder Parkettierung.[928] Faktur leitet sich vom lateinischen *factura* ab, das mit bearbeiten übersetzt wird.[929] Der Begriff Faktur beschreibt somit die Behandlung oder Bearbeitung einer Oberfläche wie beispielsweise sägen, hobeln, schleifen oder polieren. Das Wort Patina beschreibt die Veränderung einer Oberfläche durch beispielsweise Witterungseinflüsse über eine bestimmte Zeitspanne. Material, Konstruktion bzw. Tragstruktur sind in der Architektur als unauflösbare Einheit zu verstehen. Mit dem Einzug digitaler Produktionsmethoden wird die enge Verbindung von Struktur und Material nochmals explizit betont.
Mit dem Begriff der „digitalen Materialität"[930], geprägt von Gramazio und Kohler, lässt sich eine Veränderung im Architekturgeschehen beschrieben. Digitale Materialität ergibt sich durch die Wechselwirkung zwischen digitalen und materiellen Prozessen bei der Planung und Produktion. Daten und Material, Programmierung und Konstruktion werden ineinander verflochten, durch diese Synthese entstehen Innovationen in der digitalen Fabrikation. Prozesse verschmelzen und erlauben dem Architekten eine große Gestaltungsfreiheit im Herstellungsprozess, der bislang vom Entwurfsprozess eindeutig getrennt war.[931]
Aus einer Verbindung von „digitalen Gestaltungs- und Fabrikationswerkzeugen"[932] entsteht „digitales Handwerk."[933] Neue Gestaltungsformen werden ermöglicht, indem ein direkter Eingriff in den Produktionsprozess stattfindet. Durch stetige Materialentwicklung werden durch den Einsatz verbesserter Baustoffe auch neue Ergebnisse erzielt.

7.4 CHARAKTERISTIKA DIGITALER OBERFLÄCHENERSCHEINUNGEN

Folgend werden Charakteristika *digitalter* Oberflächenphänomene, die als Ornament, Muster oder Struktur interpretiert werden, erläutert. Gegenwärtig stehen bei der Gestaltung von Oberflächen digitale Entstehungs- und Herstellungsprozesse im Vordergrund, die Schmuckfunktion tritt in den Hintergrund.

ENTSTEHUNG UND HERSTELLUNG DER FORM

Bei digitalen Oberflächenphänomenen ist eher von einem ornamentalen Ganzen auszugehen, das sich im Generierungsprozess entwickelt und nicht aus zusammengesetzten Einzelelementen besteht. Durch Veränderung und Anpassung der Parameter verändert sich die Form im Generierungsprozess. Durch die einfache Abänderung der Parameter, entstehen mehrere Repliken und ermöglichen eine präzise Abstimmung an die Anforderungen (vgl. Kap. 6.1). Der Gestaltungsprozess hat sich somit maßgeblich verändert. Gleiter versucht die Funktion des *neuen* Ornaments auf der Basis „des Gestaltungs- und Herstellungsprozesses [...] und in Anbetracht neuer algorithmischer, digitaler Entwurfs- und Produktionsverfahren"[934] zu beschreiben.
Mit dem Einsatz digitaler Herstellungsmethoden, ändern sich die Rahmenbedingungen für den Gestaltungsprozess. Im Unterschied zum klassischen Ornament werden *digitale* Ornamente, Muster und Strukturen nicht mehr analog entwickelt, sondern basieren auf digitalen Generierungsprinzipien. Entwurfswerkzeuge wie beispielweise parametrische und algorithmische Modellierungssoftware ermöglichen komplexe Geometrien. Objekte werden durch Regeln bzw. Parameter generiert. Die Formensprache verändert sich und es entstehen Formen die analog oder auch mit 2D-*CAD*-Programmen nicht möglich wären. Eine Trennung zwischen Entwurf und Produktion wird aufgehoben. In der Folge bedingt die Herstellung digitale Produktionsmethoden wie CNC-gesteuerte Maschinen und Roboter. Bei diesen Prozessen tritt handwerkliche Produktion völlig in den Hintergrund. Viele Herstellungsprozesse laufen vollautomatisch ab. Für die Generierung und Herstellung *digitaler* Ornamente,

927 vgl. URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Textur [Stand: 28.7.2015]
928 URL: http://work.popperschule.at/projekte/wahrnehmung/daten/index.php?id=201 [Stand: 28.7.2015]
929 vgl. URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Faktur [Stand: 28.7.2015]
930 Gramzio/Kohler (2010): Die digitale Materialität der Architektur, in: ARCH+ 198/199, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Haus der Zukunft, 5/2010, S.42
931 vgl. Gramzio/Kohler (2010): Die digitale Materialität der Architektur, in: ARCH+ 198/199, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Haus der Zukunft, 5/2010, S.42f und vgl. Gramzio/Kohler (2008): Digital materiality in architecture, S.7
932 Bowetsch/Gamazio/Kohler (2010): Digitales Handwerk, in: GAM 06, Graz Architektur Magazin, Nonstandard Structures, S.143
933 Bowetsch/Gamazio/Kohler (2010): Digitales Handwerk, in: GAM 06, Graz Architektur Magazin, Nonstandard Structures, S.143
934 Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.80

Muster und Strukturen ist somit ein Verständnis digitaler Geometrien und Kenntnis digitaler Entwurfssoftware, sowie digitaler Bauteilproduktion notwendig.
Klassisches und *digitales* Ornament unterscheiden sich somit wesentlich in ihren Generierungsprinzipien und Herstellungsmethoden (vgl. Kap. 2 bis Kap. 6). Als *digitales* Ornament werden Ornamente, Muster und Strukturen verstanden, die digital generiert und digital produziert werden.

SCHMUCK UND DEKOR

Das Ornament und das Muster lassen sich ab den 1990er Jahren nicht mehr auf ihre rein schmückende, gliedernde und applizierende Funktion eingrenzen. Gemäß Caspary wird der „verbreitete Vorbehalt, das Ornament sei beliebig applizierte Zutat, ‚schmückendes Beiwerk' ohne Sinn und Funktion"[935] durch eine „enge Anbindung an die Struktur entkräftet."[936] Ornamente und Muster haben somit nicht nur eine ästhetische, schmückende, gliedernde und akzentuierende Aufgabe, sondern haben oftmals eine konstruktive Funktion. Der technisch-materielle und funktionale Aspekt rückt in der Oberflächengestaltung in den Vordergrund.[937] Die Schmuckfunktion des digitaler Oberflächenphänomene scheint im Vergleich zum klassischen Ornament nicht mehr zu dominieren.

MOTIV, STRUKTUR UND TRÄGER

Natur und Geometrie bilden nach wie vor die Vorlage für Ornament und Muster. Die Motivwahl basiert auf Elementen aus der Natur, wie beispielsweise Blätter, Pflanzenmaterial oder Bäume. Teilweise werden die Naturmotive abstrahiert und in geometrische Motive übersetzt. Mit Hilfe der digitalen Generierung wird häufig ein Effekt der Verfremdung und Abstraktion erreicht. Eine Anordnung von kreisrunden Perforationen, basierend auf einem Algorithmus, erzeugt beispielsweise ein abstraktes, vegetabiles Motiv (vgl. z.B. *Sfera Building*).[938] Digitale Formen basieren häufig auf komplexen parametrischen oder algorithmischen Prozessen. Objekte sind schnell veränderbar und mehrere Repliken können in kurzer Zeit abgebildet werden. Diese Flexibilität verändert den Entwurfsprozess maßgeblich.
Durch digitale Gestaltungsprozesse gibt es Wechselbeziehungen zwischen Funktion und Dekoration, Bauwerk und Oberfläche, Tragwerk und Hülle. Eine „enge Anbindung an die Struktur"[939] wird von Caspary betont. Träger und Ornament und Muster lassen sich im digitalen Zeitalter nicht mehr so klar voneinander trennen. Eine Verschmelzung von tragender Struktur und ornamentaler oder gemusterter Hülle findet schon im Generierungsprozess statt. Ornamente und Muster finden gegenwärtig auch als Applikation Anwendung. Mit fortschreitender Technologie wird aus Tragstruktur und Hülle zunehmend eine ornamentale Einheit mit teilweise skulpturalen Charakter.
Medienfassaden zählen zu den größten Experimentierfeldern in der zeitgenössischen Fassadengestaltung. Die Oberflächen werden „oft als Hybride aus ornamentaler Formensprache, Bild, Schrift und digitaler Kunst ausgebildet"[940] und werden zur „Erlebnisarchitektur"[941], indem die Bevölkerung über das Internet oder per Handy zum Gestalter wird und interaktive Komponenten der Fassade steuern kann.[942]

STILMITTEL

Stilmittel wie Rapport, Rhythmus, Symmetrie und Proportion sind der klassischen Formensprache entlehnt und finden sich in der Formensprache *digitaler* Ornamente und Muster wieder. Rapport im Verständnis von „Wiederholung eines Motivs"[943] kann auch als charakteristisches Stilmittel digital produzierter Formen gedeutet werden. Der repetitive Charakter ist auch beim digitalen Ornament und Muster stark ausgeprägt. Stilmittel wie Rhythmus im Sinne von gleichmäßiger Widerkehr des Motivs und Symmetrie im Sinne von *Ebenmaß* treten eher in den

935 Caspary (2008): Oh, Ornamente, URL: http://www.art-magazin.de/architektur/9795/ornament_2008_basel [Stand: 22.1.2014]
936 Caspary (2008): Oh, Ornamente, URL: http://www.art-magazin.de/architektur/9795/ornament_2008_basel [Stand: 22.1.2014]
937 vgl. Gleiter (2008): Zur Genealogie des neuen Ornaments im digitalen Zeitalter, in: ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008, S.83
938 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.49
939 Caspary (2008): Oh, Ornamente, URL: http://www.art-magazin.de/architektur/9795/ornament_2008_basel [Stand: 22.1.2014]
940 Caspary (2008): Oh, Ornamente, URL: http://www.art-magazin.de/architektur/9795/ornament_2008_basel [Stand: 22.1.2014]
941 Caspary (2008): Oh, Ornamente, URL: http://www.art-magazin.de/architektur/9795/ornament_2008_basel [Stand: 22.1.2014]
942 vgl. Caspary (2008): Oh, Ornamente, URL: http://www.art-magazin.de/architektur/9795/ornament_2008_basel [Stand: 22.1.2014]
943 URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Rapport [Stand: 29.1.2014]

Hintergrund.[944] Digitale Ornamente, Muster und Strukturen äußern sich auch als asymmetrische und unregelmäßige Formen. Im Gegensatz zum klassischen Ornament sind die Stilmittel bei digitalen Phänomenen nicht eindeutig definiert. Oberflächenerscheinungen der zeitgenössischen Architektur weisen keinen einheitlichen Stil auf und lassen sich auch in keiner klassischen Kategorie fassen. Neue Stilmittel könnten *computational design*-Prozesse sein, die algorithmischen Gesetzmäßigkeiten folgen.

HINWEIS UND CORPORATE IDENTITY

Die Hülle eines Baukörpers verweist im digitalen Zeitalter manchmal auf die Funktion des Geäudes oder auf ein Label. Ornamente, Muster, Symbole oder Zeichen können ein Gebäude charakterisieren und die Identität stärken. Mit dem Einzug der Begriffe *corporate identity* (CI), der ursprünglich aus dem Wirtschaftsbereich stammt und typischen *CI*-Feldern wie Werbung entlehnt ist, oder der Begriff *branding*, der aus der Viehzucht stammt, rückt Architektur als *Marke*, im Verständnis von *Gütesiegel* in den Mittelpunkt.[945] *Corporate architecture* hat sich in den letzten Jahren in der Architekturpraxis etabliert. Werden Ornamente oder Muster als *corporate identiy* oder *branding* eingesetzt, wird Wiedererkennungswert geschaffen und vielfach verweisen Ornamente oder Muster auf die Funktion des Gebäudes oder auf eine bestimmte Marke.[946] Gemäß Caspary nutzen Unternehmen diese Strategien um das „Profil und Selbstverständnis nach außen“[947] darzustellen, die Fassade wird zum Gesicht oder zur *Kommunikationsfläche*. Mit dem Einsatz digitaler Methoden in der Architektur ändern sich auch die Möglichkeiten dekorativer Gestaltung und umfassende Gesamtkonzepte für eine Architektur als Marke lassen sich kostengünstig umsetzen.[948] Mitunter wird durch die Oberfläche bzw. die Fassade eine *Botschaft* vermittelt.

944 vgl. URL: http://www.duden.de/rechtschreibung/Symmetrie [Stand: 29.1.2014]
945 vgl. Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.105f
946 vgl. Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.106
947 Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.106
948 vgl. Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.106

ENTWURF I EINE LÄRMSCHUTZWAND AUS BETON

8 ÄSTHETISCHE GESTALTUNG MIT BETON

Beton wird als *Baustoff des 20. Jahrhunderts* bezeichnet, Vertreter wie Le Corbusier, Ludwig Mies van der Rohe, Louis Kahn, Peter und Alison Smithson oder Paul Rudolph sind Ikonen ihrer Zeit und haben die Gestaltung mit Beton maßgeblich beeinflusst. Beispielhaft seien hier die Arbeiten aus Beton von Erwin Hauer zwischen 1950 bis 1959 genannt (vgl. Kap. 8.3). Der österreichische Bildhauer entwickelt basierend auf einer repetitiven Modulstruktur *Screen Walls,* die analog und maschinell hergestellt werden.[949] Mit der stetigen Weiterentwicklung des Baustoffs Beton rücken in den 1960er Jahren Betonformsteine in den Mittelpunkt der künstlerischen Gestaltung und äußern sich in der Architektur als *Kunst am Bau*.[950] *Kunst am Bau* befindet sich an der Schnittstelle Kunst, Architektur, Gesellschaft und Politik und ist eine öffentiche Kunstform.[951]
Mit dem Begriff geht eine Diskussion um die Autonomie des Kunstwerks einher. Autonomie bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Kunst nicht mehr integraler Bestandteil der Architektur ist, sondern sich von der Architektur gelöst hat. Die Kunst am Bau wird der Architektur noch untergeordnet, wird jedoch als eigene, dem Bauwesen zugeordnete Gattung verstanden.
Unter *Kunst am Bau* werden anfänglich jene Kunstwerke verstanden, die mit einem Bauwerk innen oder außen dauerhaft verbunden sind. Das Verständnis hat sich Laufe der Zeit gewandelt.[952] In der Nachkriegszeit ist *Kunst am Bau* vorwiegend im Wohnhausbau zu finden. Viele Kunstschaffende werden nach 1945 mit der Gestaltung von Fresken, Sgraffiti, Mosaiken und Reliefarbeiten beauftragt. Mitte des 20. Jahrhunderts werden öffenliche Flächen, u.a. Stadträume, Plätze und Straßen mit *Kunst am Bau* bespielt. Diese umfassen beispielsweise Wandbilder, Mosaike und Einlegearbeiten aus Stein und Glas, Plastiken und Reliefs aus Holz, Stein und Beton und später Skulpturen. In den 1980er Jahren tritt ein begrifflicher Wandel ein. Der Begriff *Kunst am Bau* verschwindet aus dem Sprachgebrauch und wird durch den Begriff *Kunst im öffentlichen Raum* ersetzt. Die Kunst emanzipiert sich von der Architektur. Gegenwärtig sind beide Begriffe präsent.
Bei jedem Entwurf sollten küntlerische Idee und Bauaufgabe eine Einheit bilden. Architekturbezogene Kunst trägt neben einer qualitätsvollen und nutzergerechten Architektur zum Wesen des Bauobjektes bei, Gestaltung und Ästhetik rücken in den Mittelpunkt.[953] Das Ornament in der Fläche und als Relief kann als eine Form von *Kunst am Bau* bzw. architekturbezogener Kunst verstanden werden.
Der Baustoff Beton eignet sich sehr gut für eine künstlerische und ästhetische Oberflächengestaltung, die in Handarbeit oder mit Hilfe von maschinell oder digital gesteuterten Verfahren erfolgt. Vielfach werden Betonelemente vorgefertigt, jedoch kann auf Handarbeit nicht gänzlich verzichtet werden. Folgend werden wesentlich Aspekte des Baustoffs und gesetzliche Regelwerke für die Herstellung und Verarbeitung von Beton erörtert. Im Fokus stehen Betonoberflächen mit dekorativer Wirkung und diese werden anhand von Beispielen aus der Praxis diskutiert.

8.1 BAUSTOFF BETON

In diesem Kapitel werden Grundlagen und Eigenschaften des Baustoffs Beton erörtert und Betonarten werden dargestellt. Das Bauen mit Zement und Beton beruht auf einer Vielzahl richtungsweisender technisch-wissenschaftlicher Erkenntnisse. Der Ursprung des Baustoffs ist auf die Nutzung von Kalkstein in der Antike zurückzuführen. Mit der Entwicklung des Kalkmörtels im Altertum wird *Opus Caementitum* entwickelt, bei dem die hydraulischen Eigenschaften des Kalkmörtels genutzt werden.[954]
Unter dem Begriff *Béton,* schriftlich erwähnt im Werk *Architecture hydraulic* (1753), wird „ein Gemisch aus wasserbeständigem Mörtel und groben Zuschlägen“[955] verstanden. Der Begriff leitet sich von altfranzösischen Begriffen *Bethyn* bzw. *Becton* für Mauerwerk ab.[956]

949 vgl. Hauer/Hill (2004): Erwin Hauer continua, S.8
950 Helas/Rambow/Rössl (2014): Kunstvolle Oberflächen des Sozialismus, s.171ff
951 vgl. Halstenberg (2007): Kunst am Bau - eine Aufgabe mit hohem Anspruch und mit Zukunft, in: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Kunst am Bau/Projekte des Bundes 2000-2006, S.9
952 vgl. Cervinka (2008): Kunst am Bau - Aufregend, nutzlos und notwendig, URL: http://www.bauforum.at/bauzeitung/kunst-und-bau-aufregend-nutzlos-und-notwendig-51428 [Stand: 7.3.2015]
953 vgl. Halstenberg (2007): Kunst am Bau - eine Aufgabe mit hohem Anspruch und mit Zukunft, in: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Kunst am Bau/Projekte des Bundes 2000-2006, S.9
954 vgl. Kind-Barkauskas (2002): Beton in der Architektur, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.9
955 Kind-Barkauskas (2002): Beton in der Architektur, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.12
956 vgl. Kind-Barkauskas (2002): Beton in der Architektur, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.12

ZUSAMMENSETZUNG

Beton wird aus Zement, Wasser und Zuschlägen, gegebenenfalls auch Betonzusätzen hergestellt. Betonzuschläge sind u.a. für Schwerbeton Baryt, Eisenerz, Eisengranulat oder Stahlschrot, für Normalbeton Kies, Splitt oder Schlacke und für Leichtbeton Blähton, Blähschiefer, Hüttenbims, Naturbims oder Hüttensand. Betonzuschläge bestimmen die Rohdichte des Betons. Ein weiteres Unterscheidungskriterium des Zuschlags ist die Korngröße. Eine Differenzierung der Korngruppen erfolgt durch Angabe der Korngrößen in Kleinst- und Größtkorn.[957] Zu Betonzusätzen zählen Zusatzstoffe und Zusatzmittel. Zusatzstoffe sind u.a. staubförmige, anorganische Stoffe, Traß, Gesteinsmehl, Silicatstaub, Hüttensande, hydraulischer Kalk oder Steinkohleflugasche. Diese haben unterschiedliche Einflüsse auf die Betoneigenschaften. Zusatzmittel sind hochwirksame chemische Stoffe, die meist in geringen Mengen in flüssiger Form bei der Herstellung von Beton zugegeben werden.[958] Dazu zählen Betonverflüssiger, Fließmittel, Luftporenbildner, Verzögerer, Stabilisierer, Dickungsmittel und andere.[959]

EIGENSCHAFTEN

Beton als vielfältig einsetzbarer Baustoff erfüllt im erhärteten Zustand (Festbeton) folgende Eigenschaften: Beton weist hohe Druckfestigkeit auf, bietet Korrosionsschutz für die Bewehrung, besitzt die Fähigkeit Wärme zu speichern und Kälte abzugeben und ermöglicht ein gutes Raumklima, hat gute brandschutztechnische Eigenschaften, kann wasserundurchlässig sein und bietet Schutz vor Feuchtigkeit, ist frei formbar, ist sehr widerstandsfähig bei chemischen Angriffen und Temperaturen bis zu 250°C, hat hohen Strahlenschutz, weist hohen Verschleißwiderstand der Oberflächen auf, ist wirtschaftlich hinsichtlich der Dauerhaftigkeit und Unterhaltungskosten und bietet viele Gestaltungsmöglichkeiten in der Oberflächenausbildung.[960]

Beton kann zu Kriechen oder Schwinden neigen und Verformungen hervorrufen oder Risse bilden. Beton besitzt eine geringe Zugfestigkeit im Vergleich zur Druckfestigkeit. Manche Bauvorhaben erfordern Betone mit besonderen Eigenschaften wie u.a. Beton mit hohem Wassereindringwiderstand (WU-Beton), Beton mit hohem Frostwiderstand, Beton mit hohem Frost- und Tausalzwiderstand, Beton mit hohem Widerstand gegen chemische Angriffe, Beton mit hohem Verschleißwiderstand, Beton für hohe Gebrauchstemperaturen und Beton für Unterwasserschüttung (Unterwasserbeton).[961]

AUFBAU VON BETONSORTEN

Die Bezeichnung von Betonsorten ist in der *ÖNORM B 4710-1* geregelt. Folgend wird ein Beispiel einer Betonsorte dargestellt (Abb. 106). Betonarten können u.a. nach Rohdichte und Zuschlag, Druckfestigkeit (Festigkeitsklassen), Herstellung und Verarbeitung oder Anwendung klassifiziert werden.

KLASSIFIZIERUNG NACH ROHDICHTE

Normal-, Leicht- und Schwerbeton unterschieden sich nach Rohdichte und werden für unterschiedliche Beanspruchungen im Bauwesen eingesetzt. Als Normalbeton wird Beton mit einer Trockenrohdichte über 2,0kg/dm³ bis maximal 2,8kg/dm³ bezeichnet. Am Bau wird überwiegend Normalbeton eingesetzt. Beton mit einer Rohdichte kleiner gleich 2,0kg/dm³ wird als Leichtbeton bezeichnet und Beton mit einer Trockenrohdichte über 2,8 kg/dm³ wird als Schwerbeton bezeichnet. Die Wahl der Betonzuschläge bestimmt die Rohdichte.[962]

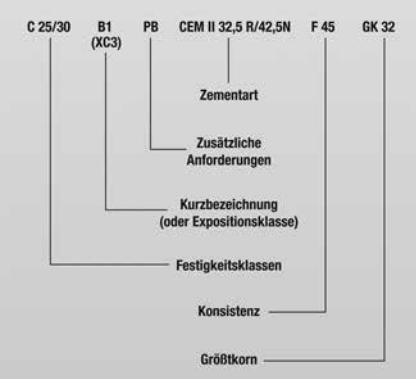


Abb. 106 I Betonsortenbezeichung laut ÖNORM B 4710-1

957 vgl. Kind-Barkauskas/Brandt (2002): Grundlagen, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.47
958 vgl. Peck (2008): Baustoff Beton, S.12
959 vgl. Schulz (2009): Sichtbeton Atlas, S.21
960 vgl. URL: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Beton_Der-Baustoff-Beton_150942.html [Stand: 7.3.2015]
961 vgl. Kind-Barkauskas/Brandt (2002): Grundlagen, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.54f
962 vgl. Kind-Barkauskas/Brandt (2002): Grundlagen, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.50f

In Tab. 3 werden Betonarten nach Rohdichte klassifiziert und ihre Anwendung im Bauwesen dargestellt.[963]

Betonart	Zuschlag	Anwendung
Betone mit geschlossenem Gefüge		
Schwerbeton	Baryt, Eisenerz, Eisengranulat	Strahlenschutz
Normalbeton	Kies, Splitt, Schlacke	Konstruktionen für Stahl- und Spannbeton
Normalbeton-Mauersteine	Kies, Splitt, Schlacke	Kellerwände, Trennwände
Leichtbeton mit Quarzsand LB-Q	Blähton, Blähschiefer, Hüttenbims	Konstruktionen für Stahl- und Spannbeton mit niedriger Eigenlast
Leichtbeton mit Leichtsand LB-L	Blähton, Blähschiefer, Hüttenbims	Konstruktionen für Stahl- und Spannbeton mit niedriger Eigenlast, gleichzeitig wärmedämmend
Betone mit haufwerksporigem Gefüge		
Leichtbeton-Mauerblöck üblicher Mörtel	Naturbims, Blähton, Blähschiefer, Hüttenbims	Außenwände
Leichtbeton-Mauerblöcke Leichtmauermörtel	Naturbims, Blähton, Leichtsand	Außenwände mit guter Wärmedämmung
Betone mit Zellstruktur		
Porenbeton-Plansteine	Natursand	Außenwand mit guter Wärmedämmung, Deckenplatten
Polystrol-Schaumstoff-Beton	Natursand	Wandtafeln, Tragschicht für Industrieböden

KLASSIFIZIERUNG NACH DRUCKFESTIGKEIT

Die Entwicklung der Festigkeit des Betons wird überwiegend durch Zementeigenschaften, Zusammensetzung und Alter des Betons und durch Umweltbedingungen (Temperatur, Feuchte) bestimmt. Der Wasserzementwert (w/z) hat erheblichen Einfluss auf die Frühfestigkeit des Betons. Der Wasserzementwert beschreibt „das Verhältnis von Wasser zu Zement, im Zementleim des Frischbetons.“[964] Festigkeit hängt von der verwendeten Zementfestigkeitsklasse und dem Wasserzementwert ab. Grobgemahlener Zement hydratisiert langsamer als feingemahlener Zement. Beton wird anhand einer Druckfestigkeitsprüfung in Festigkeitsklassen eingeteilt. Maßgeblich für die Beurteilung der Festigkeitsklasse ist „die nach 28 Tagen erreichte Zementhydratation.“[965]

Beispielhaft wird eine Festigkeitsklasse von Normalbeton dargestellt: C 25/30. Der Buchstabe C steht für *concrete* (Beton) und die Ziffern beschreiben Nenndruckfestigkeit $_{\text{Würfel}}$/Nenndruckfestigkeit $_{\text{Zylinder}}$.[966]

963 vgl. Kind-Barkauskas/Brandt (2002): Grundlagen, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.49
964 URL: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Beton_Wasserzementwert_150934.html [Stand: 7.3.2015]
965 URL: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Beton_Betonarten-nach-Druckfestigkeit_150974.html [Stand: 7.3.2015]
966 CEMEX (o. J.): CEMEX Lieferbeton ÖNORM B 4710-1, S.5, URL: http://www.cemex.at/1735_DE.pdf?exp=24567564057900 [Stand: 14.2.2015]

Tab. 3 I Betonarten und ihre Anwendung

Festigkeitsklassen für Normalbeton werden in Tab. 4 im Überblick dargestellt:[967]

Festigkeitsklassen	Charakterisische Mindestdruckfestigkeit von Würfeln N/mm²
C 8/10	10
C 12/15	15
C 16/20	20
C 20/25	25
C 25/30	30
C 30/37	37
C 35/45	45
C 40/50	50
C 45/55	55
C 50/60	60

Tab. 4 I Festigkeitsklassen für Beton

KLASSIFIZIERUNG NACH HERSTELLUNG, VERARBEITUNG UND KONSISTENZ

Beton kann nach Herstellungsart gezielt unterschieden werden. Der Beton ist bestimmten Beanspruchungen ausgesetzt, muss bestimmten Funkionen entsprechen und soll diesen in seiner Zusammensetzung gerecht werden. Beispielweise wird hohe Tragfähigkeit und Schalldämmung mit dichtem Beton erzielt.[968] Nach Herstellung oder Verarbeitung werden Baustellenbeton, Transportbeton, Ortbeton oder Fertigteilbeton unterschieden. Nach Konsistenz werden Frisch- und Festbeton unterschieden. Frischbeton ist Beton der verarbeitungsfähig und noch nicht erhärtet ist. Als Festbeton wird der erhärtete Beton bezeichnet. Die Konsistenz gibt die Verarbeitbarkeit (Steife) des Betons an. Es werden vier Konsistenzbereiche unterschieden: KS (steif), KP (plastisch), KR (weich/Regelkonsistenz), KF (fließfähig).[969]

KLASSIFIKATION NACH ANWENDUNG

Nach ihrer Anwendung können u.a. Estrichbeton, Fließbeton, Mineralbeton, Porenbeton, Schleuderbeton, Sichtbeton, Sperrbeton, Spritzbeton, Stahlbeton oder Vakuumbeton unterschieden.[970]

967 vgl. Kind-Barkauskas/Brandt (2002): Grundlagen, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.48
968 vgl. URL. http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Beton_Betonarten-nach-Verarbeitung_150976.html [Stand: 7.3.2015]
969 vgl. Kind-Barkauskas/Brandt (2002): Grundlagen, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.50
970 vgl. URL: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Beton_Betonarten-nach-Eigenschaften_150978.html [Stand: 7.3.2015]

8.2 GESETZLICHE REGELWERKE UND NORMEN

In Österreich ist Herstellung, Verarbeitung und Einbau von Beton in zahlreichen ÖNORMEN gesetzlich geregelt. Folgend werden im Überblick die wichtigsten Normen und technischen Regeln dargestellt.

ÖNORM EN 206 (2014)
Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

ÖNORM EN 13369 (2013)
Allgemeine Regeln für Betonfertigteile

ÖNORM EN 14474 (2012)
Betonfertigteile - Holzspanbeton - Anforderungen und Prüfverfahren

ÖNORM B 4710-1 (2007)
Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis (Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 206-1 für Normal- und Schwerbeton)

ÖNORM B 4710-2 (2008)
Beton - Teil 2: Gefügedichter Leichtbeton mit einer Mindesttrockenrohdichte von 800 kg/m³ - Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis - Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 206-1 für Leichtbeton

ÖNORM B 4706 (2015)
Instandsetzung von Betonbauwerken - Nationale Festlegungen für Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betonbauwerken gemäß ÖNORM EN 1504

ÖNORM B 4704 (2014)
Ausführung von Tragwerken aus Beton - Nationale Festlegungen zur ÖNORM EN 13670

ÖNORM B 3328 (2012)
Vorgefertigte Betonerzeugnisse - Anforderungen, Prüfungen und Verfahren für den Nachweis der Normkonformität von Fertigteilen aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton

ÖNORM B 2211 (2009)
Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten - Werkvertragsnorm

ONR CEN/TR 215739 (2010)
Betonfertigteile - Betonoberflächen - Beschreibungsmerkmale (Technische Regel)

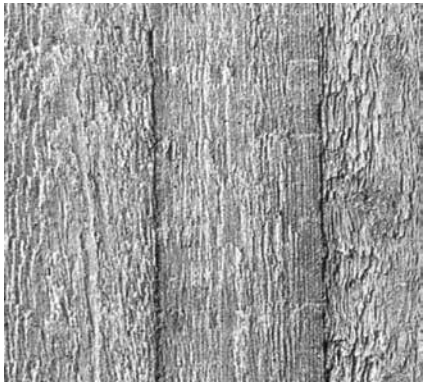


Abb. 107 I Sichtbetonoberfläche mit vertikaler Bretterschalung

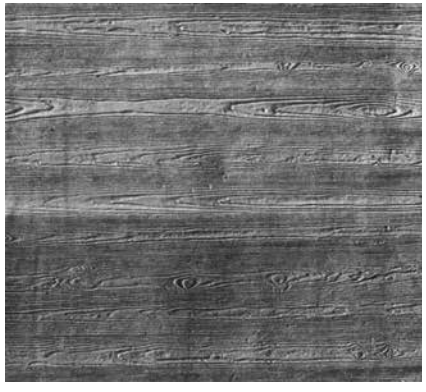


Abb. 108 I Sichtbetonoberfläche mit horizontalter Bretterschalung

Abb. 109 I Glatte Sichtbetonoberfläche mit Betonplanschlaung

Abb. 110 I Chichu Art Museum, Sichtbetonoberfläche, präzise Anordnung der Schalungsanker

8.3 ORNAMENTE, MUSTER UND STRUKTUREN - BEISPIELE AUS BETON

Beton bietet aufgrund seiner mechanischen und plastischen Eigenschaften nahezu unbegrenzte Gestaltungsmöglichkeiten. Kein anderer Baustoff vereint Wirtschaftlichkeit, Dauerhaftigkeit und Ästhetik so gut wie Beton. Aktuell ist ein hohes Niveau bei der Herstellung von Betonoberflächen erreicht.[971]

Techniken der Oberflächengestaltung für Beton sind sehr vielfältig. Es wird zwischen manuellen, maschinellen und digitalen Techniken unterschieden. Es besteht ein Bestreben alte Techniken unter veränderten Bedingungen erneut aufzugreifen mit dem Ziel andere Ergebnisse zu erreichen. Es sind zwei Hauptformen der Oberflächengestaltung von Sichtbeton zu unterscheiden. Zum einen kann durch Schalung der Betonoberfläche Textur und Struktur erzeugt werden und zum anderen kann die Oberfläche nachträglich bearbeitet werden.[972] Mit Blick auf das Ornament sind beide Möglichkeiten relevant und ermöglichen facettenreiche Oberflächengestaltung. Eine plastische und künstlerische Gestaltung mit Beton wird schon seit einigen Jahrzehnten umgesetzt.[973] Sichtbeton ist der Inbegriff moderner Architektursprache. Tadao Ando, David Chipperfield, Zaha Hadid und Tyo Ito sind einige namhafte Architekturschaffende, die häufig Sichtbeton bei Bauwerken einsetzen. Beispielsweise zeichnen sich Betonoberflächen von Le Corbusier durch Plastizität aus und Andos Sichtbetonoberflächen bestechen durch Haptik und Poesie. Beispielhaft ist das *Chichu Art Museum* (2000-2004) in Japan von Ando zu erwähnen (Abb. 110).[974] Eine Möglichkeit für die Herstellung von Sichtbetonflächen ist u.a. eine Gestaltung mittels Schalhaut. Durch die Schalung können sehr ästhetische Texturen und Muster mitunter auch ornamentale Formen hergestellt werden. Eine Differenzierung der Schalungsarten erfolgt nach Material und Oberflächenstruktur.

BRETTER- UND PLATTENWERKSTOFFE

Eine häufig verwendete Technik ist die Schalung mit saugenden, gehobelten oder sägerauen Holzbrettern (Abb. 107, 108). Unbehandelte Nadelholzbretter werden im Durchschnitt zwei bis vier Mal eingesetzt. Rohe Holzbretter haben eine stark saugende Schalwirkung und erzeugen eine raue Textur der Betonoberfläche. Es gibt mehrere Möglichkeiten die Schalungsbretter zu positionieren. Durch Anordnung der Bretter werden vorwiegend lineare Strukturen mit horizontalem oder vertikalem Charakter erzielt. Mit dem Aufkommen von Flächen- und Rahmenschalung wird diese Technik jedoch zunehmend verdrängt. Ein anderer Schalungstyp ist die glatte Schalung (Abb. 109), ein Synonym für eine Technik mit

971 vgl. Gabriel (2008): Beton – ein facettenreicher Baustoff, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 48. Serie, 1-2/2008, S.4
972 vgl. Reichel/Hafke/Raab (2008): Material, Textur, Ornament, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 48. Serie, 10/2008, S.1133
973 vgl. Peck (2008): Baustoff Beton, S.82f
974 vgl. Blaser/Ando (2007): Bauen in der Erde, S.48

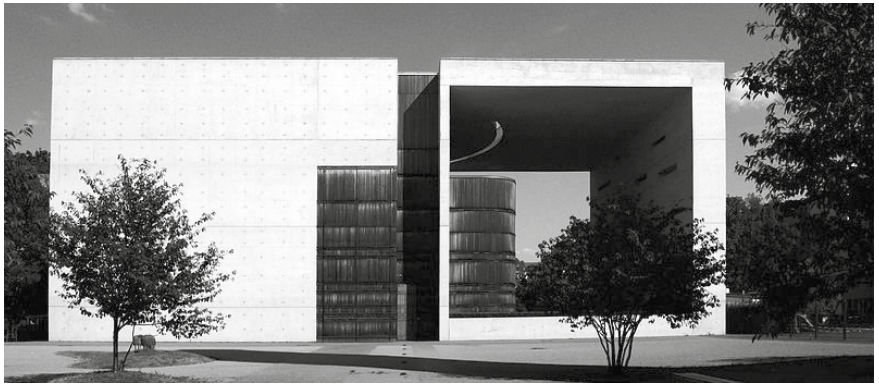


Abb. 111 I St. Canisiuskirche in Berlin, Ansicht

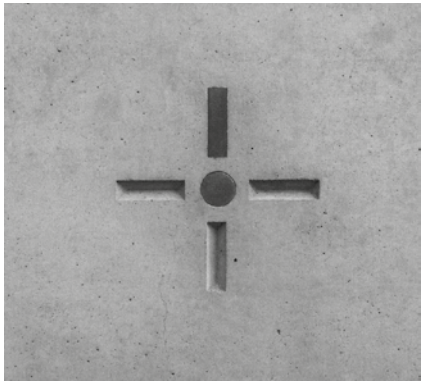


Abb. 112 I St. Canisiuskirche in Berlin, Ankerlöcher als ornamentales Gestaltungselement, Kreuzsymbol

festgelegten Kennzeichen. Glatte Schalungen erzeugen eine glatte Oberflächenstruktur. Die Befestigungsanker werden in regelmäßigen, oftmals symmetrischen Abständen angebracht und erzeugen ein charakteristisches ornamentales Oberflächenbild.[975] Das Ergebnis bei der Schalung mit OSB-Platten wirkt wesentlich unregelmäßiger, da die stark saugende und quellende Wirkung der Schalhaut eine intensive Flächenmusterung erzeugt. Die Platten werden häufig mittels Großflächen- oder Rahmenschalung aufgebracht. Befestigungselemente setzen auch hier regelmäßige, runde Akzente.[976]

Bei geschalten Sichtbetonoberflächen werden die für die Herstellung konstruktiv notwendigen Ankerlöcher und Spannstellen als ornamentales Gestaltungsmittel zitiert. Die notwendigen Schalungsanker sind oft in das Gestaltungskonzept integriert. Durch den meist regelmäßigen und sich wiederholenden Abstand der Ankerlöcher entstehen Muster. Der puristisch gestaltete *Konferenzpavillon* (1993) in Weil am Rhein zeichnet sich durch die stringente Gestaltung der Fassade aus. Um das gewünschte Schalungsbild zu erreichen, setzt Ando sogar einige Blindlöcher ein. Es sind weitaus weniger Ankerlöcher notwendig, als tatsächlich ausgeführt sind. Ankerlöcher verleihen der Oberfläche Plastizität und Lebendigkeit.[977]

Die Architektur der *St. Canisiuskirche* in Berlin (Abb. 111, 112) wird 2003 mit dem Berliner Architekturpreis gewürdigt. Für die Fassade hat die New Yorker Künstlerin Joan Walthemath ein ornamentales Konzept entwickelt.[978] Die Ankerlöcher der Sichtbetonfläche werden als Kreuz inszeniert, indem auf die Schalung zusätzlich Holzteile angebracht werden und somit eine Kreuzform entsteht. Das sich wiederholende Element hat somit auch Symbolcharakter und die Funktion des Gebäudes wird von außen sichtbar.

Auch bei Bauten von Hadid (Abb. 113, 114) werden Ankerlöcher zum Gestaltungselement, wie beispielsweise beim *Wissenschaftsmuseum* (2005) in Wolfsburg, bei der *Feuerwehrwache* (1993) in Weil am Rhein oder beim italienischen Nationalmuseum für Kunst und Architektur *Maxxi* (2009) in Rom. Neben Glas ist Beton das vorherrschende Material bei den Bauten von Hadid. Der Baustoff wirkt in seiner vollen Eleganz und wird mittels konstruktiver Elemente dekorativ inszeniert.[979]

Abb. 113 I Feuerwehrwache in Weil am Reihn, Sichtbetonoberfläche

Abb. 114 I Maxxi Museum in Rom, Sichtbetonoberfläche

975 vgl. Peck (2008): Sichtbeton - Techniken der Flächengestaltung, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 48. Serie, 1-2/2008, S.72
976 vgl. Peck (2008): Sichtbeton - Techniken der Flächengestaltung, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 48. Serie, 1-2/2008, S.73
977 vgl. URL: http://www.baunetzwissen.de/objektartikel/Beton_Konferenzpavillon-in-Weil-am-Rhein_69916.html [Stand: 17.2.2014]
978 vgl. URL: http://www.baunetzwissen.de/objektartikel/Beton_St.-Canisius-Kirche-in-Berlin_69804.html [Stand:17.2.2014]
979 vgl. Hadid/Jodidio (2012): Zaha Hadid, S.9ff

Abb. 115 I Atelier Bardill in Schrans, Ansicht

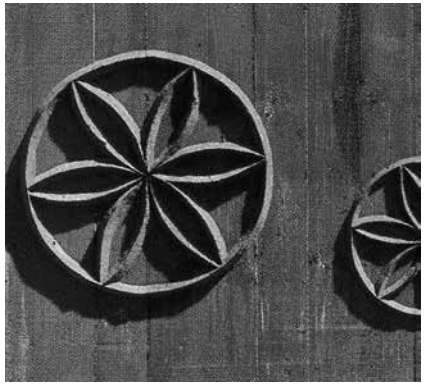


Abb. 116 I Atelier Bardill in Schrans, Ornamentmotiv, 550 Einzelfiguren zieren in drei verschiedenen Größen die Fassade

Abb. 117 I Atelier Bardill in Schrans, Herstellung der Schalung per Hand

Neben weit verbreiteten Bretterschalungen in rauer, glatter oder profilierter Ausführung werden auch häufig Sperrholz (beharzt oder befilmt), Schichtstoffplatten, Polystyrolplatten oder Stahlplatten eingesetzt. Unterschiedliche optische Effekte werden durch eine senkrechte oder horizontale Anordnung der Werkstoffe verstärkt. Beispielsweise lassen eng gereihte, senkrechte Elemente eine Oberfläche höher wirken, hingegen verringern breite Abstände zwischen horizontalen Elementen die Höhe. Ungerichtete Flächen ergeben ein flächiges Erscheinungsbild und eine gezielte Anordnung von Linien ergibt eine perspektivische Wirkung. Reliefstrukturen und ornamental gestaltete Oberflächen schaffen eine räumliche Dimension. Mitunter können Ornamente große Oberflächen gliedern und beleben.[980] Eine Bearbeitung von Schalungswerkstoffen ist durch zusätzliches Aufbringen von Material auf die Oberfläche oder mit Hilfe von CNC-Maschinen möglich. Für Plattenwerkstoffe, die direkt als Schalmaterial verwendet werden, eignen sich einfache Fräsmuster. Um detailgenau, ressourcenökonomisch und kosteneffizient zu arbeiten wird meist auf Matrizen zurückgegriffen. Folgendes Beispiel zeigt jedoch, dass in der gegenwärtigen Praxis auch noch Handarbeit in der Oberflächenbearbeitung präsent ist.

Valerio Olgiati zeigt an der *Fassade des Ateliers Bardill* (2007) in Schrans, dass ornamentale Fassadengestaltung nicht ausschießlich an digitale Methoden geknüpft ist (Abb. 115, 116). Inspiriert von der lokalen Ornamentik wird das runde Motiv per Handarbeit in die Holzschalung geschnitzt (Abb. 117). Die Holzschalung dient der Herstellung der Betonfertigteile. Das unregelmäßige, ornamentale Relief setzt sich aus drei verschiedenen Größen des Motivs zusammen.[981]

STRUKTURMATRIZEN

Mit Strukturmatrizen bzw. Reliefbeton können effektvolle Oberflächenstrukturen erzielt werden. Ein Motiv wird „als Mutterform maschinell oder manuell“[982] hergestellt und anschließend wird davon eine Negativform gegossen. Die Matrizen aus Kunststoff (Polyurethan-Elastomeren) oder Latex ermöglichen tiefere und sehr individuelle, wie auch scharfkantige Reliefstrukturen. Beim Abnehmen der Schalung gewährleisten die gummiähnlichen Matrizen eine hohe Elastizität und Flexibilität. Der Motivgestaltung sind kaum Grenzen gesetzt, geometrische, wie auch vegetabile Formen sind möglich. Diese Schalungstechnik ist in der Herstellung etwas kostspieliger als andere, jedoch sehr ressourcenökonomisch und wirtschaftlich in der Anwendung. Bei entsprechender Handhabung kommen Kunststoffmatrizen über 100 Mal zum Einsatz und liefern ein

980 vgl. Kind-Barkauskas/Brandt (2002): Grundlagen, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.66ff
981 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.141
982 Reichel/Hafke/Raab (2008): Material, Textur, Ornament, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 48. Serie, 10/2008, S.1133

Abb. 118 I Matrize Abu Dhabi, NOEplast

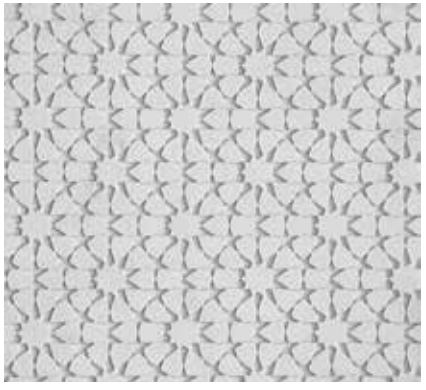


Abb. 119 I Matrize Amman, NOEplast

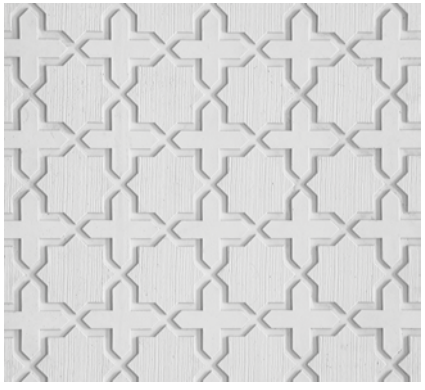


Abb. 120 I Matrize Doha, NOEplast

gleichbleibendes Flächenbild.[983] Im Bereich der Matrizenherstellung sind u.a. die Unternehmen *NOEplast*[984] und *RECKLI*[985] marktführend. Eine Bandbreite der Reliefformen reicht von wiederkehrenden Elementen, die eine großflächige ornamentale Gestaltung ermöglichen, bis hin zu Texturen, wo einzelne Motive aneinander gereiht werden. Reliefbeton ist ein beliebtes Gestaltungsmittel für ornamentale Oberflächen.[986] Strukturmatrizen sind nahezu für jede Betonart (Normal-, Leicht-, Schwerbeton) geeignet und werden beim Ortbetonbau sowie im Fertigteilbetonbau eingesetzt. Aktuell wird von Matrizenherstellern ein breites Spektrum an verschiedenen Oberflächenstrukturen angeboten. Die Anzahl an möglichen Matrizenformen scheint fast unbegrenzt zu sein. Neben imitierten Mauerwerk-, Holz-, Putz- und Steinstrukturen können auch geometrische Motive und freie Strukturen in Beton übertragen werden. Hersteller bieten auch Matrizen mit der Bezeichnung *Ornament*[987] oder *Oriental*[988] an, dessen Optik meist an Ornamente der östlichen Welt erinnern (Abb. 118, 119, 120). Die Entwicklung und Anwendung von Schalungsmatrizen schreitet in großen Schritten voran. Individualität und Einzigartigkeit zeichnet moderne Bauwerke und Fassaden aus, somit können individuelle Oberflächenstrukturen die Identität des Gebäudes stärken. *Corporate identity* auch *corporate architecture* gewinnt in der Fassadengestaltung zunehmend an Bedeutung und Wiedererkennungsmerkmale ziehen sich oftmals durch das gesamte architektonische Konzept.[989] Der Einsatz von durchgefärbtem Beton oder Weißbeton ist in Kombination mit der Schalungsmatrizen möglich. Farbakzente können Struktur und Gestalt zusätzlich betonen.[990] Gestalterischen Möglichkeiten sind kaum Grenzen gesetzt, neben individuellen Matrizen ermöglichen 3D-Matrizen Einzigartigkeit in der Gestaltung.[991]

ECDM Architekten setzen beim *Verwaltungsgebäude und Busbetriebszentrum* (2007) in Thiais Betonfertigteilelemente mit einer Noppenstruktur ein (Abb. 121). Als Inspirationsquelle für die Entwurfsidee dienen Legosteine. Die serielle Kreisform kann als geometrisches Ornament oder Muster interpretiert werden. Die Betonfertigteile sind teilweise bewehrt und werden mit einer Kautschukmatrize präzise hergestellt (Abb. 122).[992]

983 vgl. Peck (2008): Sichtbeton - Techniken der Flächengestaltung, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 48. Serie, 1-2/2008, S.73
984 vgl. URL: http://www.noeplast.com/start.asp?lang=de [Stand: 17.2.2014]
985 vgl. URL: http://www.reckli.de/ [Stand: 17.2.2014]
986 vgl. Reichel/Hafke/Raab (2008): Material, Textur, Ornament, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 48. Serie, 10/2008, S.1133
987 vgl. URL: http://www.noeplast.com/articlesList.asp?lang=de&PGID=23& [Stand: 19.2.2014]
988 vgl. URL: http://www.reckli.de/strukturmatrizen/design/oriental-de/ [Stand: 19.2.2014]
989 vgl. Caspary (2013): Ornament der Fassade, S.105f
990 vgl. URL: http://www.noe.de/noeplast-sichtbeton-mit-struktur.html [Stand: 19.2.2014]
991 vgl. URL: http://www.reckli.de/strukturmatrizen/3d-matrizen/ [Stand: 19.2.2014]
992 vgl. Schittich (2010): Verwaltungsgebäude und Busbetriebszentrum in Thiais, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 50. Serie, 1-2/2010, S.36

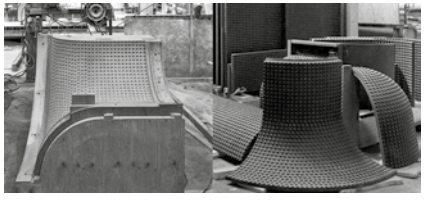


Abb. 121 I Verwaltungsgebäude und Busbetriebszentrum in Thiais bei Paris, Ansicht

Abb. 122 I Verwaltungsgebäude und Busbetriebszentrum in Thiais bei Paris, Herstellung Fertigteilelemente

Abb. 123 I Voralberg Museum, Ansicht

Abb. 124 I Voralberg Museum, Fassade über dem Eingangsportal

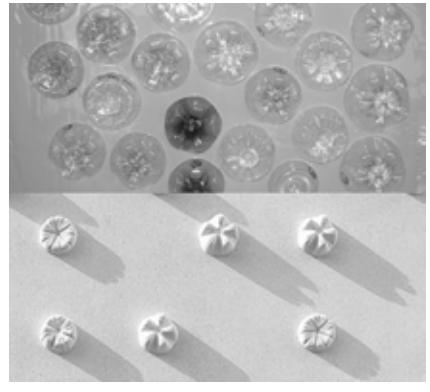


Abb. 125 I Voralberg Museum, Fassadenkonzept

Abb. 126 I Ornamentbeton, Betonoberfläche im Innenraum

Beim *Vorarlberg Museum* (2011) wird ein aus der Natur entlehntes Motiv ungewöhnlich in Beton inszeniert (Abb. 123, 124). Die Sichtbetonoberfläche zieren unregelmäßig angeordnete, reliefbildende *Blüten*.[993] Die Fassade hat, abhängig von der Entfernung des Betrachters, eine andere Wirkung. Von weitem werden gleichförmige Noppen wahrgenommen, von nahem erscheinen die Noppen als „kreisförmige Erhebungen mit blütenartiger Struktur."[994] Abgüsse von PET-Flaschenböden bilden die Struktur. Dreizehn verschiedene PET-Flaschenböden-Abgüsse ergeben ein scheinbar beliebiges Streumuster eines Schalungsmoduls (Abb. 125). Das ein mal ein Meter große Modul ist nach der *Fibonacci-Teilung* in „zwei verschieden große Quadrate und in zwei gleichgroße Rechtecke"[995] zerlegt. Am großen Quadrat werden fünf Blüten, am kleinen Quadrat zwei Blüten angeordnet. Beide Rechtecke zieren je drei Blüten. Im Gesamtbild ergeben sich dreizehn Erhebungen pro Quadrat. Das Motiv wird mit Hilfe einer Matrize in Beton übertragen. Üblicherweise erfolgt dem Matrizenherstellung mit CNC-Maschinen, indem eine Vorlage gefräst wird. Die Herstellung der Matrize ist hier eine andere. Die PET-Flaschen werden mit Polyurethan ausgegossen, die daraus resultierende Positivform wird auf einer MDF-Platte montiert und dient als Schalung.[996]

Als *Ornamentbeton* (Abb. 126) wird das jüngst patentierte Verfahren von Gäbele und Raufer Architekten bezeichnet, das filigrane Ornamenttexturen mit Hilfe von Präge- und Vinyltapeten in Beton überträgt.[997] Das Produktionsverfahren basiert auf einem ähnlichen Prinzip wie Schalungsmatrizen. Anhand experimenteller Studien wird das Verfahren im heimischen Garten entwickelt. Bei diesem Produktionsverfahren werden Oberflächen vor Ort hergestellt, der handwerkliche Charakter rückt wieder in den Vordergrund. Vorfabrikation ist scheinbar nicht möglich. Ein anwendungspraktisches Beispiel ist die *Alte Hofbibliothek*, die 2012 mit dem Denkmalschutzpreis von Baden-Württemberg gewürdigt wird.[998]

993 vgl. Liese (2014): Betonblüten am Vorarlberger Museum - die Umsetzung einer künstlerischen Idee, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 54. Serie, 6/2014, S.622
994 Liese (2014): Betonblüten am Vorarlberger Museum, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 54. Serie, 6/2014, S.622
995 Liese (2014): Betonblüten am Vorarlberger Museum, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 54. Serie, 6/2014, S.622
996 Liese (2014): Betonblüten am Vorarlberger Museum, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 54. Serie, 6/2014, S.622
997 vgl. URL: http://www.beton.org/inspiration/material/innovation-ornamentbeton/ [Stand: 19.2.2014]
998 vgl. URL: http://www.gaebeleraufer.de/sites/gaebeleraufer_menu_01_prj_alte_hofbibliothek.html [Stand: 19.2.2014]

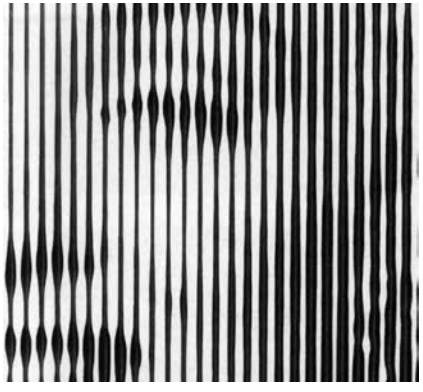


Abb. 127 I Fotogravurbeton, CNC-gefräste Betonoberfläche

Abb. 128 I Fotobeton, Gestaltung mit Oberflächenverzögerer

Abb. 129 I Bibliothek der Fachhochschule Eberswalde, Fassade aus Glas- und Betonelementen

FOTOGRAVURBETON

Beim Fotogravurbeton (Abb. 127) wir der Effekt mit einem Relief erzielt. Auf der Betonoberfläche entsteht der Eindruck eines projizierten Fotos. Die volle Wirkung entfaltet das Relief durch Licht- und Schattenwirkung. Ein beliebiges Bildmotiv wird in eine digitale Rasterbildvorlage übersetzt. Das Motiv wird in 256 Graustufen umgewandelt und daraus ein dreidimensionales Relief erstellt.[999] Das digitale Muster wird mittels CNC-Verfahren in einen Plattenwerkstoff übertragen, dieser dient als Vorlage für die Matrize. Von nahem ist nur eine unregelmäßige Struktur erkennbar, eine differenzierte Wirkung der Oberfläche entsteht erst aus der Ferne.[1000]

OBERFLÄCHENVERZÖGERNDE MITTEL

Bei Fotobeton, Waschbeton und gesäuerten Betonoberflächen werden durch Einsatz von oberflächenverzögernden Mitteln spannende Effekte erzielt (Abb. 128). Fotobeton wird auch als Ornamentbeton bezeichnet. Durch die gezielte Anwendung von Oberflächenverzögerer auf einer Trägerfolie werden im Erhärtungsprozess und beim nachträglichen Auswaschen unterschiedliche Tiefen des Betons erzielt und ergeben somit das gewünschte Fotomotiv. Der aufwendige Prozess schränkt sich vorwiegend auf Vorfabrikation, somit auf Betonfertigteile ein.[1001]

Der *Bibliothekbau* (1999) in Eberswalde von Herzog und de Meuron wirkt auf den ersten Blick als texturierter Monolith (Abb. 130). Die kubisch wirkende Fassade setzt sich aus umlaufenden, rhythmisch aufeinanderfolgenden Glas- und Betonelementen zusammen (Abb. 129). Die Fotomotive werden von Thomas Ruff gestaltet und mittels Siebdruckverfahren auf die Glaspaneele aufgebracht (Abb. 131). Für die Herstellung der Betonfertigteile wird ein neues Verfahren entwickelt, um einen ähnlichen Effekt zu erzielen.[1002] Mit Hilfe chemischer Mittel wird der Erhärtungsprozess der Oberfläche verzögert. Nach dem Gießen und anschließendem Abbinden des Betons werden der Verzögerer und der restliche Beton abgewaschen, daraus entsteht das Bild.[1003] Die Bilder werden nicht nachträglich aufgebracht, sondern der Beton selbst ist der Träger der Bilder. Die Gebäudehülle wirkt monolithisch, die rhythmisierte Wiederholung der Bilder lässt die Bildmotive nebensächlich erscheinen und der ornamentale Effekt tritt in den Vordergrund.[1004]

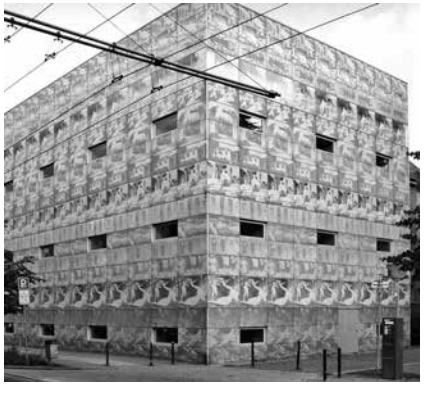


Abb. 130 I Bibliothek der Fachhochschule Eberswalde, Ansicht

Abb. 131 I Bibliothek der Fachhochschule Eberswalde, Fassadenausschnitt mit Fensteröffnung, bedruckte Glaspaneele

999 vgl. URL: http://www.noe.de/noeplast-sichtbeton-mit-struktur.html [Stand: 19.2.2014]
1000 vgl. Reichel/Hafke/Raab (2008): Material, Textur, Ornament, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 48. Serie, 10/2008, S.1133
1001 vgl. Peck (2008): Sichtbeton - Techniken der Flächengestaltung, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 48. Serie 1-2/2008, S.74
1002 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.33f
1003 vgl. Moussavi/Kubo (2008): Die Funktion des Ornaments, S.188
1004 vgl. Caspary (2013): Ornamente der Fassade, S.202

Abb. 132 I Sichtbetonoberfläche mit sägerauer Schalung

Abb. 133 I Sichtbetonoberfläche mit glatter Schalung

Abb. 134 I Universitätsbibliothek in Utrecht, Fassade, Betonpaneel, Papyrusmotiv

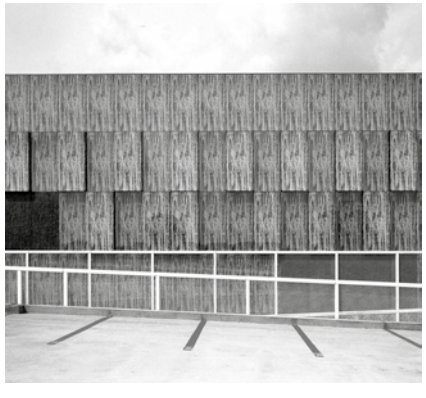


Abb. 135 I Universitätsbibliothek in Utrecht, Ansicht, Fassade aus Glas- und Betonelementen

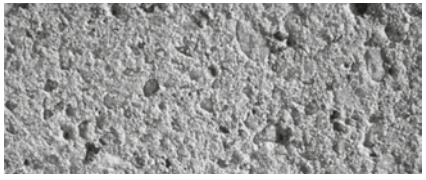
Abb. 136 I Universitätsbibliothek in Utrecht, Herstellung der Betonpaneele mit Matrizen

FARBE

Eine farbliche Gestaltung von Sichtbetonflächen nimmt zu. Umsetzungsmöglichkeiten sind u.a. eine nachträgliche Behandlung der Oberfläche mit Farbe oder eine Durchfärbung des Betons durch Zusatz von Farbpigmenten (Abb. 132, 133).[1005] Unterschiedliche Farbtöne können erzielt werden, u.a. werden Eisenoxid-Pigmente zugesetzt um Rot-, Gelb-, Braun- und Schwarztöne des Betons zu erzielen. Für Grüntöne werden Chromoxid- und Chromoxidhydrat-Pigmente zugefügt. Um eine Blaufärbung zu erzielen werden beispielweise Kobalt-Aluminium-Chromoxid-Pigmente beigemengt. Die Farben wirken bei der Verwendung von grauem Zement gedeckter und dunkler, bei der Verwendung von weißem Zement erscheinen die Farbtöne heller und reiner.[1006] Jede Schalungstechnik ist in Kombination mit gefärbtem Beton möglich.

Ein ähnliches Konzept der Gestaltung setzen Weil Arets Architekten bei der *Universitätsbibliothek in Utrecht* (2004) um (Abb. 134). Eine Kombination aus bedruckten Glaspaneelen und gefärbten Betonschalungselementen mit einem Papyrusstaudenmotiv schafft eine faszinierende Lebendigkeit der Fassade (Abb. 135). Die Betontextur wird mit Hilfe von Matrizen erzeugt (Abb. 136). Die Fassade wirkt durch das wiederkehrende Motiv der Papyrusstaude wie ein Vorhang.[1007]

1005 vgl. Peck (2008): Sichtbeton - Techniken der Flächengestaltung, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 48. Serie, 1-2/2008, S.75
1006 vgl. Kind-Barkauskas/Brandt (2002): Grundlagen, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (Hrsg.): Beton-Atlas, S.66
1007 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.43f



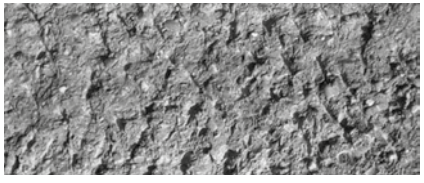


Abb. 137 I Strahlen

Abb. 138 I Spritzen

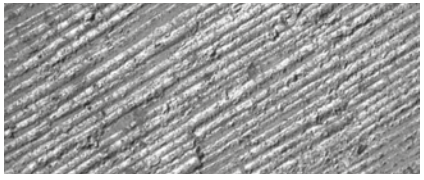


Abb. 139 I Scharrieren

Abb. 140 I Bossieren

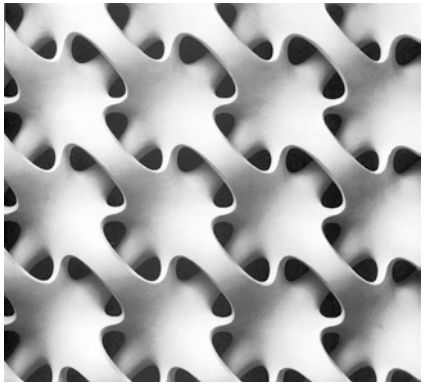


Abb. 141 I Screen Wall

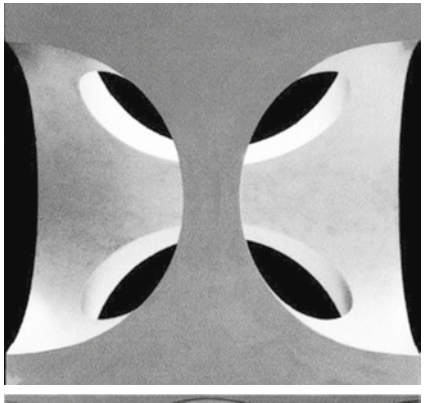
NACHTRÄGLICHE BEARBEITUNG VON BETONOBERFLÄCHEN

Fertige Betonoberflächen können auch nachträglich bearbeitet werden. Handwerkliches Geschick erfordern manuelle oder maschinelle Nachbearbeitungstechniken wie Strahlen (Abb. 137), Spritzen (Abb. 138), Scharrieren (Abb. 139), Bossieren (Abb. 140), Stocken, Schleifen und Polieren. Bei bearbeiteten Betonflächen kommen Zementstein und Gesteinskörnung gemeinsam zur Geltung. Relevant ist die Auswahl von Gesteinsfarbe, Körnung und Form, da diese bestimmend für die Farb- und Strukturwirkung sind. Sandstrahlen zählt zu den preisgünstigen Oberflächenbearbeitungsmethoden und eignet sich sehr gut für große Flächen.

BETONMODULE UND BETONFERTIGTEILE

Seriell produzierte Betonmodule werden in der Architektur schon im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts angewendet. Modulsysteme, die seriell angefertigt werden, haben somit schon eine längere Tradition. Werkseitig hergestellte Betonfertigteile, die oftmals eine konstruktive Funktion haben, sind nach dem Fertigstellen eines Bauwerks meist nicht mehr sichtbar und werden aus wirtschaftlichen Gründen vorgefertigt. Zu Halbfertigteilen zählen Schalungen für Sichtbetonwände. Eine Rahmen- oder Flächenschalung wird im Werk hergestellt und vor Ort mit Beton ausgegossen. In der Oberflächengestaltung werden eher Halbfertigteile, kaum Fertigteile, eingesetzt.[1008] Betonelemente mit Matrizenschalung werden häufig als Fertigteile hergestellt. Der Einsatz von Betonfertigteilen ist im Architekturalltag nicht wegzudenken. Ohne maschinelle und digitale Produktionsverfahren wäre eine Herstellung von Betonfertigteilen nicht möglich.

Beispielhaft ist auf die eingangs erwähnten *Screen Walls* (1950-1959) von Erwin Hauer zu verweisen, die manuell und maschinell hergestellt werden.[1009] Ausgehend von der Sattelfläche, einer Regelfläche, die in ihren Hauptrichtungen entgegengesetzt gekrümmt ist, entstehen verschiedene Kombinationsmöglichkeiten und somit unzählige, unbegrenzte Muster. Die Entwurfsideen werden als architektonische Wände und Raumteiler umgesetzt, die sogenannten *Screen Walls* (Abb. 141, 142, 143). Charakteristikum der Wände ist das eindrucksvolle Licht- und Schattenspiel, das durch dreidimensional verflochtene ornamentale Strukturen entsteht. Design 1, Design 2 und Design 3 werden von Hauer persönlich hergestellt und installiert. Die späteren Designs werden aufgrund der Größe im Betonwerk hergestellt.[1010]



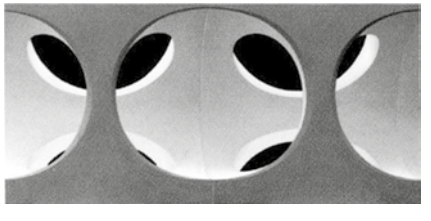


Abb. 142 I Screen Wall, Modul, Design 4

Abb. 143 I Screen Wall, Ausschnitt Wand, Design 4

1008 vgl. Peck (2008): Baustoff Beton, S.51
1009 vgl. Hauer/Hill (2004): Erwin Hauer continua, S.8f
1010 vgl. Hauer/Hill (2004): Erwin Hauer continua, S.8f

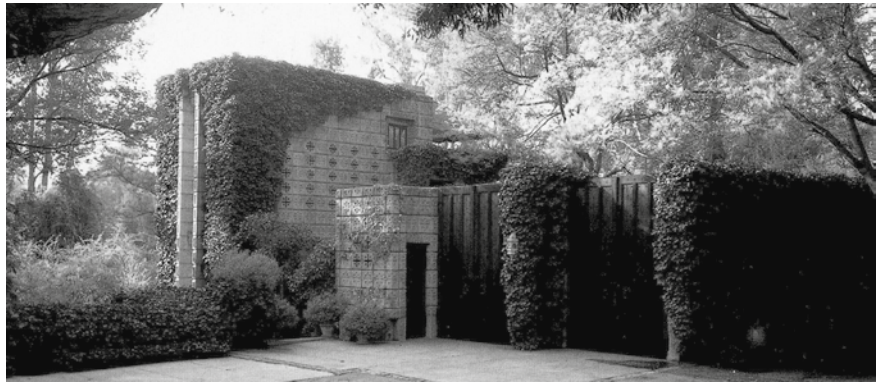


Abb. 144 I Charles Ennis House in Los Angeles, Ansicht, Fassade aus Betonmodulen

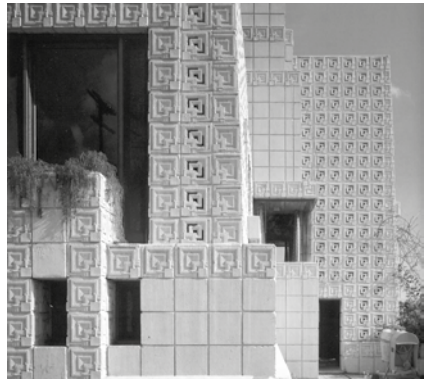


Abb. 145 I Charles Ennis House in Los Angeles, Westfassade

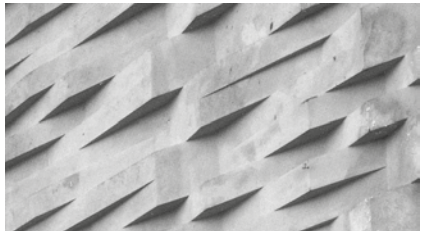


Abb. 146 I Living Madrid, Ansicht

Abb. 147 I Living Madrid, Fassade aus Betonfertigteilen

Schon zu Beginn der 1920er setzt Frank Lloyd Wright seriell angeordnete Fassadenelemente aus Beton mit Reliefcharakter ein. Bei der Fassade des *Millard House* (1922-1923) sind in der Mitte des zweischalig gegossenen Mauerstückes Glaselemente eingefügt.[1011] Durch den kreuzförmigen Durchbruch fließt Licht in das Gebäude. Die Form der Module erzeugt ein „gewebeartiges Reliefmuster."[1012] Durch das sich wiederholende Reliefelement erscheint das Gebäude aus der Ferne als *großmaßstäbliches* Ornament.[1013] Bei der Fassade des *Charles Ennis House* (1923-1924) setzt Wright Betonbocksteine mit strukturierter und glatter Oberfläche ein (Abb. 144, 145). Durch den Einsatz der glatten Elemente wird die „monumentale Wucht"[1014] dem Baukörper etwas genommen. Der ornamentale Betonbockstein findet sich in der Innenraumgestaltung wieder.[1015]

Der Wohnbau *Living Madrid* von Weil Arets Architects liegt am Rande der Großstadt (Abb. 146, 147). Zwei Baukörper mit sechs Geschoßen und ein Baukörper mit neun Geschoßen schaffen Raum für 144 Wohnungen. Die Fassade bilden vorgefertigte Betonelemente, die als umlaufendes Band angebracht sind. Wellenförmige, gezackte Bänder bilden die Fassadenoberfläche. Die Fassadenelemente vereinen mehrere Funktionen. Zum ersten werden die Fugen zwischen den einzelnen Elementen verdeckt, zum zweiten dienen die Elemente als Filter für das grelle Licht und zum dritten verleiht die wellenförmige Oberfläche dem Gebäudekomplex einen einzigartigen Ausdruck.[1016]

.

1011 vgl. Pfeiffer/Gössel/Leuthäuser (2007): Frank Lloyd Wright, S.101
1012 Moussavi/Kubo (2008): Die Funktion des Ornaments, S.76
1013 vgl. Moussavi/Kubo (2008): Die Funktion des Ornaments, S.76
1014 Peiffer/Leuthäuser (2007): Frank Lloyd Wright, S.103
1015 vgl. Peiffer/Leuthäuser (2007): Frank Lloyd Wright, S.103ff
1016 vgl. Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.151

9 GRUNDLAGEN ZUM LÄRMSCHUTZ

Folgendes Kapitel gibt Einblick in den Lärmschutz und stellt entwurfsrelevante Aspekte dar. Das Kapitel umfasst Begriffsbestimungen, schalltechnische Grundlagen, Richtlinien und Normen zum Lärmschutz in Österreich, zeigt einen Überblick verschiedener Lärmschutzsysteme und stellt Kriterien der Gestaltung dar. Lärmschutzsysteme sind als Bauwerke zu verstehen und nach architektonischen Kriteren zu diskutieren.

9.1 ZUM VERSTÄNDNIS AKUSTISCHER PHÄNOMENE

Für eine Beschreibung von Schall und Lärm dienen Regelwerke. Für diese Arbeit ist ein Grundverständnis des physikalischen Phänomens notwendig. Relevante Basisbegriffe werden nachstehend erläutert, eine vertiefende Auseinandersetzung mit dem Themenfeld Akustik sowie differenzierte Berechnungen stehen aber nicht im Fokus der Arbeit.

SCHALL

Als *Schall* werden mechanische Schwingungen und Wellen in elastischen Medien bezeichnet, deren Frequenzen im menschlichen Hörbereich liegen.[1017] Schall wird nach dem Entstehungsort kategorisiert und nach Körper-, Flüssigkeits- und Luftschall unterschieden. Schall entsteht grundsätzlich in oder an festen oder flüssigen Oberflächen oder im Medium Luft. Schall kann in seiner Ausbreitung das Medium mehrmals wechseln.[1018] Um einen Schallvorgang wahrnehmen zu können, ist einerseits die absolute Größe des Schalldrucks wichtig und andererseits die Anzahl der Druckschwankungen pro Sekunde wesentlich. Die *Frequenz*, das Verhältnis der Schwingungszahl pro Sekunde, wird in der Einheit Hertz (Hz) angegeben.[1019] Der Mensch nimmt Geräusche im Frequenzbereich von etwa 16 Hz bis ungefähr 20000 Hz wahr. Als Infraschall wird der Frequenzbereich unter 16 Hz verstanden, als Ultraschall werden Frequenzen über dem menschlichen Hörbereich bezeichnet.[1020] Als *Schallgeschwindigkeit* wird die Geschwindigkeit, „mit der sich der Schall (Dichtewelle) im Raum ausbreitet"[1021], bezeichnet. Die Schallgeschwindigkeit hängt von Temperatur und Druck des Ausbreitungsmediums Luft ab. Die Schallausbreitungsgeschwindigkeit in der Luft (bei Zimmertemperatur) beträgt etwa 340 Meter pro Sekunde.[1022] Unter *Schalldruck* „wird der Effektivwert p_{RMS} des dem atmosphärischen Luftdruck überlagerten Wechseldrucks der schwingenden Luftteilchen bezeichnet."[1023] Der für den Menschen wahrnehmbare Schalldruck liegt etwa zwischen 20 millionstel Pascal (20 µPa) und ungefähr 100 Pascal (Pa). Der *Schalldruckpegel* L_p ist ein logarithmisches Maß zur Beschreibung der Stärke eines Schallereignisses und „ergibt sich aus dem Effektivwert des tatsächlich herrschenden Schalldrucks zum Bezugsschalldruck."[1024] Der Schalldruckpegel wird in der Einheit Dezibel (dB) angegeben.

TÖNE, KLÄNGE UND GERÄUSCHE

Die Qualität des Schalls lässt sich mit Hilfe der Begriffe *Ton, Klang* und *Geräusch* beschreiben. In der Physik wird ein Ton als Schallschwingung mit einem sinusförmigen und monofrequentem Verlauf verstanden. In der Musik besteht das Phänomen aus einer Grundschwingung, auch Grundton bezeichnet, und Obertönen. Zusammen ergibt sich der Klang. In der *ÖNORM S 5004* werden verschiedene Geräuscharten definiert. Es wird zwischen gleichbleibenden und schwankenden Geräuschen unterschieden. Gleichbleibende Geräusche weisen geringe Pegelschwankungen auf.[1025] Als *Rauschen* wird Schall bezeichnet, der in „einem bestimmten Frequenzbereich aus einer Vielzahl von Einzelschwingungen ohne feste Phasenbeziehung"[1026] besteht.

1017 vgl. Maute (2006): Technische Akustik und Lärmschutz, S.18 und vgl. Fischer u.a. (2008): Lehrbuch der Bauphysik, S.4
1018 vgl. Maute (2006): Technische Akustik und Lärmschutz, S.18
1019 vgl. Gratt/Doppler (2009): Schalltechnische Grundlagen, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.25
1020 vgl. Gratt/Doppler (2009): Schalltechnische Grundlagen, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.26
1021 Maute (2006): Technische Akustik und Lärmschutz, S.23
1022 vgl. Gratt/Doppler (2007): Schalltechnische Grundlagen, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.25
1023 Maute (2006): Technische Akustik und Lärmschutz, S.33
1024 Gratt/Doppler (2009): Schalltechnische Grundlagen, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.25
1025 vgl. Kalivoda/Steiner (1998): Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik, S.102
1026 Kalivoda/Steiner (1998): Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik, S.103

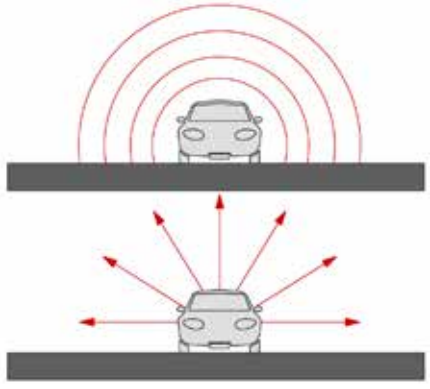


Abb. 148 I Schallausbreitung PKW, Punktschallquelle

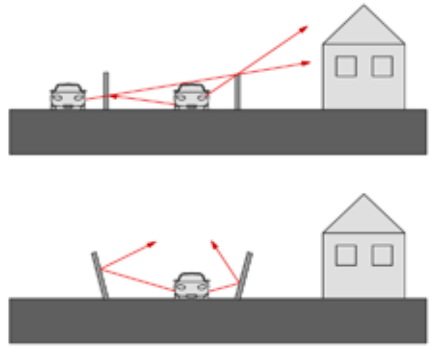


Abb. 149 I Ausbreitung und Reflexion von Schall, PKW

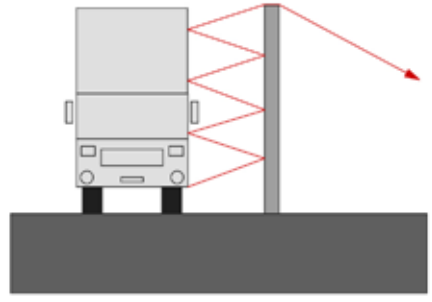


Abb. 150 I Ausbreitung und Reflexion von Schall, LKW

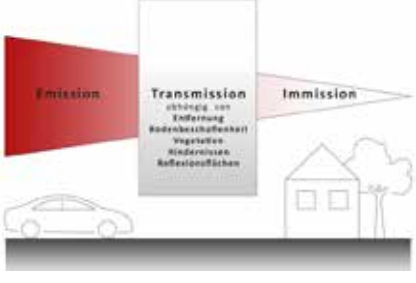


Abb. 151 I Prinzip der Schallausbreitung

SCHALL- UND LÄRMQUELLEN

Schallquellen werden in *Punkt-, Linien-* und *Flächenschallquellen* unterschieden. Grundsätzlich wird eine Schallquelle als punktförmig angenommen, wenn deren Abstand zum Immissionsort mindestens 70 Prozent der Größenausdehnung der Schallquelle beträgt. Das Abstrahlverhalten einer Punktschallquelle lässt sich als Kugel, bei erdnahen Schallquellen als Halbkugel, beschreiben. Punktschallquellen sind beispielsweise einzelne Fahrzeuge (Abb. 148), Maschinen oder Lüftungsgeräte. Linienförmige Schallquellen strahlen ihre Schallenergie der Länge nach ab und die Ausbreitung der Schallwellen erfolgt zylinderförmig. Beispiele für Linienschallquellen sind u.a. Rohrleitungen, Förderbänder, Züge oder eine stark befahrene Straßen. Als Flächenschallquelle wird eine über eine bestimmte Fläche ausgedehnte Schallquelle verstanden. Dazu zählen Gewerbeflächen, Industrieflächen, Parkplätze und Fassaden. Bei großer Entfernung kann eine Flächenschallquelle als Punktschallquelle betrachtet werden.[1027]

SCHALLAUSBREITUNG UND LÄRMSCHUTZMASSNAHMEN

Folgend wird das Prinzip der Schallausbreitung (Abb. 151) kurz umrissen. Schallemission wird von einem Schallerreger erzeugt und verursacht in Abhängigkeit von der Transmission eine Schallimmission.[1028] Als Transmission wird die auftretende Schallveränderung vom Emissionsort bis zum Immissionsort verstanden, die von bestimmten Faktoren (Entfernung, Bodenbeschaffenheit, Hindernisse, Vegetation, Reflexionsflächen) abhängig ist (Abb. 149, 150).[1029] Vereinfacht wird Lärmemission als Lärmausstrahlung oder Lärmausbreitung verstanden, welche am Emissionsort durch eine Lärmquelle (technische Quelle oder Person) verursacht wird. Lärmimmission wird als Lärmeinwirkung auf einen Lärmempfänger, beispielsweise auf eine Person, definiert.[1030] Grundsätzlich können Schallschutzmaßnahmen an der Quelle (emissionsseitig), am Schallausbreitungsweg (transmissionsseitig) oder am Ort der Einwirkung (immissionsseitig) erfolgen. Ökonomisch sind Primärmaßnahmen, Maßnahmen die emissionsseitig gesetzt werden. In der Praxis wird noch zwischen *aktiven* und *passiven* Lärmschutzmaßnahmen unterschieden. Maßnahmen in Nahbereich der Lärmquelle (emissionsseitig) werden den aktiven Lärmschutzmaßnahmen zugeordnet. Maßnahmen in Bereich des Lärmempfängers (immissionsseitig) werden als passive Maßnahmen bezeichnet.[1031]

1027 vgl. Gratt/Doppler (2009): Schalltechnische Grundlagen, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.31
1028 vgl. Gratt/Doppler (2009): Schalltechnische Grundlagen, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.30
1029 vgl. Gratt/Doppler (2009): Schalltechnische Grundlagen, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.30
1030 vgl. Maute (2006): Technische Akustik und Lärmschutz, S.15
1031 vgl. Gratt/Doppler (2009): Schalltechnische Grundlagen, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.31

LÄRM

Im täglichen Leben ist Lärm meist ein lautes Geräusch. Für den Begriff *Lärm* besteht in der Literatur keine einheitliche Definition, als treffende Auslegungen des Begriffs werden die folgend genannten verstanden. Lärm wird als eine Art Schall verstanden, der Personen „stört, belästigt, gesundheitlich schädigt, ihre Leistungsfähigkeit herabsetzt, ihre Konzentrationsfähigkeit mindert, sie verunsichert."[1032] Häufig wird Lärm auch noch als „akustische Umweltverschmutzung"[1033] oder als „Mangel an Stille"[1034] beschrieben. Gemäß *ÖNORM S 5004* wird Lärm als „unerwünschter, störender und belästigender Schall"[1035] definiert. Lärm ist allgegenwärtig und dessen Störungswirkung kann teilweise Irritationen hervorrufen oder die Gesundheit negativ beeinflussen. Einerseits ist Lärm durch messbare Parameter (z.B. Schalldruckpegel, Tonhöhe, etc.) objektiv beurteilbar, andererseits darf die subjektiv empfundene Störwirkung von Lärm nicht unbeachtet bleiben.[1036]

Lärm ist *kein* physikalisches Phänomen, sondern psychische Prozesse lassen ein Geräusch zum Lärm werden. Folgende Faktoren sind für ein Lärmempfinden, ein Geräusch wird als Lärm wahrgenommen, ausschlaggebend. Erstens sind akustische Faktoren, u.a. die Messung von physikalischen Größen wie Schalldruckpegel oder Frequenz kennzeichnend. Zweitens sind situative Faktoren, Rahmenbedingungen, u.a. Ort, Zeitpunkt, Situation, die beim Auftreten des Geräusches vorherrschen ausschlaggebend und zum drittes beeinflussen das Lärmempfinden persönliche Faktoren, u.a. emotionale und kognitive Bezüge der Person zur Schallquelle. Lärm hängt somit nur bedingt von der Lautstärke und dem Schalldruckpegel eines Geräusches zusammen. Im Alltag empfinden Personen bei einem Besuch in der Diskothek (Schalldruckpegel meist um 100 dB) nicht störend und auch nicht als Lärm. Ein tropfender Wasserhahn oder ein hohes Verkehrsaufkommen und ständige Motorgeräusche werden jedoch häufig als Lärmstörung empfunden. Situative und Persönliche Faktoren beeinflussen somit die Urteilsbildung über ein Geräusch.[1037]

Durch Lärm kann das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen beeinträchtigt werden. Es wird zwischen auralen (direkten) und extraauralen (indirekten) Wirkungen von Lärm auf den Menschnen unterschieden. Als Folge auraler Lärmeinwirkung können temporäre oder permanete Hörstörungen auftreten. Eine Gesundheitsgefährdung kann schon bei der Überschreiung von 85 dB eintreten. Extraaurale Lärmeinwirkungen treten vorwiegend im Umweltbereich auf. Lärm wird als komplexer Wahrnehmungsvorgang beschrieben (Abb. 152).

9.2 GESETZLICHE REGELWERKE UND PLANUNGSGRUNDLAGEN

Lärmbelastungen, insbesondere Straßen- und Schienenverkehrslärm zählen zu den schlimmsten Stressfaktoren für Lebewesen. Nach einer Studie des Umweltbundesamtes fühlen sich Menschen zunehmend vom Straßenverkehr belästigt. In Österreich regeln Verordnungen, gesetzliche Bestimmungen und Richtlinien den Lärmschutz. Lärmschutzmaßnahmen entlang bestehender Verkehrswege fallen in den Zuständigkeitsbereich des Bundes oder des Landes. Bundesstraßen (Autobahnen und Schnellstraßen) liegen im Kompetenzfeld des Bundes. Die ASFINAG, eine Gesellschaft des Bundes, ist mit der Planung, der Finanzierung, dem Bau, dem Betrieb und dem Erhalt des Straßennetzes beauftragt und somit auch für den Lärmschutz verantwortlich. Derzeit werden ungefähr 2200 Kilometer Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich betreut.[1038]

Bei der Planung von Verkehrswegen muss den Regelwerken grundsätzlich entsprochen werden, um Lärm zu vermindern und die Lebensqualität angrenzender Bewohner zu schützen. Die Planung und Errichtung von Lärmschutzmaßnahmen ist von besonderem, öffentlichem Interesse, da der Verkehr in den letzten Jahrzehnten stetig angestiegen ist. Teilweise wird auch über das uneinheitliche Bild der Lärmschutzlandschaft und den unnötigen Bau vor grünen Wiesen geklagt.[1039]

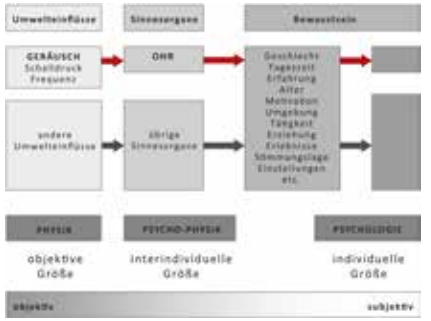


Abb. 152 I Lärmwirkungsschema

1032 Maute (2006): Technische Akustik und Lärmschutz, S.14
1033 Maute (2006): Technische Akustik und Lärmschutz, S.14
1034 Maute (2006): Technische Akustik und Lärmschutz, S.14
1035 Österreichisches Normungsinstitut (2008): ÖNORM S 5004 Messung von Schallimmissionen
1036 vgl. Gratt/Doppler (2009): Schalltechnische Grundlagen, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.26
1037 vgl. Kalivoda/Steiner (1998): Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik, S.103
1038 vgl. URL: http://www.asfinag.at/ueber-uns/unternehmen [Stand: 25.9.2014]
1039 vgl. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2012): Faktenblatt zur österreichischen Verkehrspolitik, URL: http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/gvp/faktenblaetter/umwelt/fb_strassenverkehrslaerm.pdf [Stand: 27.2.2014]

ALLGEMEINE RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN UND GESETZE

Nach Angaben des Umweltbundesamtes gibt es in Österreich kein allgemeines Gesetz zum Lärmschutz. Im österreichischen Recht sind „zahlreiche Bestimmungen über Lärmemissionen und -immissionen“[1040] verankert.

Grundsätzlich wird die *Vermeidung von Störungen durch Lärm* als ein Kompetenzfeld des umfassenden Umweltschutzes verstanden, jedoch sind die Kernbereiche des Umweltschutzes gesplittet und fallen in die Zuständigkeit von Bund und Land.

In den Zuständigkeitsbereich des Bundes fallen gesetzliche Bestimmungen und Verordnungen für die Vermeidung und Bekämpfung von Lärm wie beispielsweise:[1041]

- *Allgemeines bürgerliches Recht*
- *Bundesstraßengesetz 1971; BGBl. Nr. 286/1971*
- *Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz*
- *Straßenverkehrsordnung*
- *Kraftfahrgesetz*
- *Bundes-Umgebungslärmschutzgesetz*

In den Zuständigkeitsbereich des Landes fallen gesetzliche Bestimmungen und Verordnungen für die Vermeidung und Bekämpfung von Lärm wie beispielweise:[1042]

- *Gesetze zur Umsetzung der Umgebungslärmrichtline*
- *Raumordungsgesetze*
- *Bauordnungen*

GRUNDLAGEN FÜR DIE PLANUNG – DIENSTANWEISUNGEN, NORMEN, RICHTLINIEN, LEITFÄDEN

EU-Richtlinien bilden oftmals die Basis für die nationale Gesetzgebung. Beispielsweise bildet die Richtlinie *Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm* die Grundlage für das Bundes-Umgebungslärmschutzgesetz.

Für die Planung von Lärmschutzmaßnahmen sind grundsätzlich immer die letztgültigen rechtlichen Grundlagen, Richtlinien und Normen heranzuziehen.[1043] Grundlagen für die Planung bilden u.a. das *Bundesstraßengesetz 1971; BGBl. Nr. 286/1971*[1044], die Erlässe des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), die Normen des Österreichischen Normungsinstitutes (ON), die Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (FSV), Richtlinien und Merkblätter der Österreichischen Vereinigung für Beton- und Bautechnik (ÖVBB), Richtlinie für geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten im zyklischen Vortrieb der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG), Planungshandbücher, Leitfäden und Leitkonzepte der ASFINAG.

DIENSTANWEISUNG DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE

Die aktuell gültige *Dienstanweisung für Lärmschutz an bestehenden Bundestraßen* (Fassung Jänner 2011) wird vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie erlassen und ist zum Schutz vor schädlichen und störenden Schallimmissionen maßgebend.[1045] Die Dienstanweisung regelt im öffentlichen Interesse liegende Maßnahmen, um den Schutz der Menschen und ihres unmittelbaren Wohnumfeldes zu gewährleisten. In der Dienstanweisung sind u.a. die *Ermittlung von Lärmimmissionen, Immissionsgrenzwerte für Straßenverkehrslärm, Kriterien für die Umsetzung von Lärmschutzmaßnahmen* definiert. Im Punkt *Sonstige Vorgaben* wird auf verbindlich geltende Technische Normen verwiesen

1040 URL: http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/laerm/laermschutz/ [Stand: 25.9.2014]
1041 vgl. URL: http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/laerm/laermschutz/ [Stand: 25.9.2014]
1042 vgl. URL: http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/laerm/laermschutz/ [Stand: 25.9.2014]
1043 vgl. ASFINAG (2010): Planungsleitfaden Lärmschutz, URL: http://www.asfinag.net/Home/PlaPB [Stand: 25.9.2014]
1044 vgl. URL: https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/1971_286_0/1971_286_0.pdf [Stand: 25.9.2014]
1045 vgl. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2011): Dienstanweisung - Lärmschutz an bestehenden Bundesstraßen (Autobahnen und Schnellstraßen), URL: http://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/autostrasse/laermschutz/downloads/bundesstrassen.pdf [Stand: 25.9.2014]

und es werden Eckpunkte wie u.a. Sichtweiten, Vogelschutz, Materialien und Lebensdauer angesprochen. Folgende Immissionsgrenzwerte für Straßenverkehrslärm sind maßgeblich:[1046]
Immissionsgrenzwert für den Nachtzeitraum (L_{night}): 50dB
Immissionsgrenzwert für den Tag-Abend-Nachtzeitraum (L_{den}): 60dB

NORMEN DES ÖSTERREICHISCHEN NORMUNGSINSTITUTES

Austrian Standards (Österreichische Normungsinstitut) liefern einen umfassenden Überblick über internationale Normen, ÖNORMEN und Regelwerke.[1047] Einige Normen, die den Lärmschutz betreffen, wurden zurückgezogen und überarbeitet, teilweise liegt nur ein Normentwurf vor. Für die Planung und Umsetzung von Lärmschutzmaßnahmen sind folgende Normen relevant:

ÖNORM EN 1793-1 (2013)
Lärmschutzvorrichtungen an Straßen - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 1: Produktspezifische Merkmale der Schallabsorption

ÖNORM EN 1793-2 (2013)
Lärmschutzvorrichtungen an Straßen - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 2: Produktspezifische Merkmale der Luftschalldämmung unter den Bedingungen eines diffusen Schallfeldes

ÖNORM EN 1793-3 (1998)
Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Prüfeigenschaften zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 3: Standardisiertes Verkehrslärmspektrum

ÖNORM EN 1793-4 (2015)
Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 4: Produktspezifische Merkmale - In-situ-Werte der Schallbeugung

ÖNORM EN 1793-5 (2014 - Normentwurf)
Lärmschutzvorrichtungen an Straßen - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 5: Produktspezifische Merkmale - In-situ-Werte der Schallreflexion in gerichteten Schallfeldern

ÖNORM EN 1794-1 (2011)
Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Nichtakustische Eigenschaften - Teil 1: Mechanische Eigenschaften und Anforderungen an die Standsicherheit

ÖNORM EN 1794-2 (2011)
Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Nichtakustische Eigenschaften - Teil 2: Allgemeine Sicherheits- und Umweltanforderungen

ÖNORM EN 1794-3 (2014 - Normentwurf)

1046 vgl. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2011): Dienstanweisung - Lärmschutz an bestehenden Bundesstraßen (Autobahnen und Schnellstraßen), URL: http://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/autostrasse/laermschutz/downloads/bundesstrassen.pdf [Stand: 25.9.2014]
1047 vgl. URL: https://www.austrian-standards.at/produkte-leistungen/ [Stand: 25.9.2014]

Lärmschutzvorrichtungen an Straßen - Nichtakustische Eigenschaften - Teil 3: Brandverhalten - Brennverhalten von Lärmschutzvorrichtungen und Klassifizierung

ÖNORM EN 14388 (2010 - konsolidierte Fassung)
Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Vorschriften

ÖNORM EN 14388 (2014 - Normentwurf)
Lärmschutzvorrichtungen an Straßen - Vorschriften

ÖNORM EN 14389-1 (2015)
Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Verfahren zur Bewertung der Langzeitwirksamkeit - Teil 1: Akustische Eigenschaften

ÖNORM EN 14389-2 (2004)
Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Verfahren zur Bewertung der Langzeitwirksamkeit - Teil 2: Nichtakustische Eigenschaften

ÖNORM S 5004 (2008)
Messung von Schallimmission

ÖNORM S 5021 (2010)
Schalltechnische Grundlagen für die örtlichen und überörtliche Raumplanung und Raumordnung

RICHTLINIEN DER ÖSTERREICHISCHEN FORSCHUNGSGESELLSCHAFT STRASSE-SCHIENE-VERKEHR
- *RVS 15.04.71 Fahrzeugrückhaltesysteme aus Beton und Metall*
- *RVS 15.04.81 Planung und Gestaltung (Lärmschutzwände auf Brücken und Stützmauern)*
- *RVS 15.04.82 Ausführungsbestimmungen (LSW auf Brücken und Stützmauern)*
- *RVS 15.05.11 Anlage, Bepflanzung und Pflege von Grünflächen*
- *RVS 09.01.24 Bauliche Anlagen*
- *RVS 09.01.25 Vorportalbereich*
- *RVS 04.02.11 Lärm und Luftschadstoffe/Lärmschutz*

RICHTLINIEN DES ÖSTERREICHISCHEN ARBEITSRINGS FÜR LÄRMBEKÄMPFUNG
- *ÖAL Nr.23 Maßnahmen zum Schutz vor Straßenverkehrslärm*
- *ÖAL Nr.36 - 2 Erstellung von Lärmkarten und Konfliktzonenplänen und Planung von Lärmminderungsmaßnahmen*

ZUSÄTZLICHE TECHNISCHE VORSCHRIFTEN DER BUNDESANSTALT FÜR STRASSENWESEN (BAST)
ZTV - Lsw 06 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen

RICHTLINIEN, HANDBÜCHER, LEITFÄDEN UND LEITKONZEPTE DER ASFINAG
- *Planungshandbuch - Technische Richtlinie Straße (2012)*
- *Planungshandbuch - Technische Richtlinie Brücke (2014)*
- *Richtlinie Gestaltung baulicher Anlagen*

- *Planungsleitfaden Lärmschutz (2010)*
- *Planungsleitfaden Ausgleichsmaßnahmen - Optimierung der Planung und Ausführung*
- *Leitkonzept Gestaltung Lärmschutz*
- *Leitkonzept Gestaltung Brücken*

PLANUNGSLEITFADEN LÄRMSCHUTZ

Gemäß ASFINAG ist bei Lärmschutzmaßnahmen ein bestimmter Planungsablauf notwendig, der im *Planungsleitfaden Lärmschutz* (2010) dokumentiert ist. Bei einer Lärmschutzplanung im Bestand wird eine *Generelle lärmtechnische Untersuchung* (GLU) mit Maßnahmenentwicklung eingeleitet, die mit einer Lärmmessung, der Ermittlung des Ist-Zustandes und der Schutzwürdigkeit einhergeht. Eine GLU umfasst technische Berichte, eine Dokumentation anhand von Fotos, Messberichte, schalltechnische Berechnungen, Immissionspläne, Lärmkarten, Berechnungsquerschnitte, Lagepläne, Längsschnitte, Regelquerschnitte, einen Gestaltungsplan, ein Sicherheitskonzept und einen Übersichtsplan. Anhand der GLU wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen eingeschätzt. Nach positiver Bewertung folgt eine *Detaillärmschutzuntersuchung* (DLU) der optimierten Maßnahmen aus der GLU. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen der GLU werden in der DLU noch Ergänzungen eingearbeitet und externe Institutionen (Gemeinde) und Personen (Anrainer, Einsatzkräfte, u.A.) einbezogen.[1048]

Der Gestaltungsplan soll neben einem Übersichtsplan, einen technischen Gestaltungsbericht, einen Detaillageplan und Detailansichten umfassen. Im technischen Gestaltungsbericht mit Bezug zum ASFINAG-Leitkonzept Lärmschutz, sind Angaben über Gestaltungs- und Entwurfselemente und eine technische Beschreibung der Elemente, eine Kostenangabe der Lärmschutzelemente und eine Beschreibung sonstiger Baumaßnahmen enthalten.[1049] Anschließend wird das Bauprojekt eingeleitet. In einem längeren Prozess (Ausschreibung, Verfahren und Vergabe) werden Schritte zur Realisierung gesetzt. Nach der Errichtung der Lärmschutzwand und Übergabe wird abschließend eine Lärmmessung durchgeführt, um die Effizienz der Lärmschutzwand zu überprüfen.[1050]

PRÜFVERFAHREN FÜR LÄRMSCHUTZELEMENTE

In der Europäischen Union müssen Lärmschutzsysteme an Straßen eine CE-Kennzeichnung nachweisen. Durch eine CE-Kennzeichnung bringt der Hersteller in Eigenverantwortung gegenüber den Behörden zum Ausdruck, dass Lärmschutzsysteme „einschlägigen Rechtsvorschriften und technischen Spezifikationen“[1051] entsprechen. Positive Prüfergebnisse und Nachweise werden erbracht. Ein CE-Zertifikat ist als „Marktzulassungszeichen und nicht als Herkunfts-, Qualitäts-, Güte- oder Normkennzeichen“[1052] zu verstehen.

Lärmschutzwände werden grundsätzlich einer Anfangstypprüfung nach der ÖNORM EN 14388 *Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Vorschriften* unterzogen und müssen Nachweise erbringen.

- *Schallabsorption DLα, Bewertung nach EN 1793-1 (Leistungsklassen A1 bis A4)*
- *Schalldämmung DLR, Bewertung nach EN 1793-2 (Leistungsklassen B1 bis B3)*
- *Widerstand gegen Lasten, Bewertung nach EN 1794-1*
- *Dynamische Last infolge Schneeräumung, Bewertung nach EN 1794-1*
- *Feuerwiderstand, Bewertung nach EN 1794-2*
- *Gefahr durch herabfallende Wandteile, Bewertung nach EN 1794-2*
- *Lichtreflexionsvermögen, Bewertung nach EN 1794-2*
- *Freisetzung gefährlicher Stoffe*

1048 vgl. ASFINAG (2010): Planungsleitfaden Lärmschutz, S.7f, URL: http://www.asfinag.net/Home/PlaPB [Stand: 25.3.2015]
1049 vgl. ASFINAG (2010): Planungsleitfaden Lärmschutz, S.19,URL: http://www.asfinag.net/Home/PlaPB [Stand: 25.3.2015]
1050 vgl. ASFINAG (2010): Planungsleitfaden Lärmschutz, S.7, URL: http://www.asfinag.net/Home/PlaPB [Stand: 25.3.2015]
1051 vgl. URL: http://wko.at/unternehmerservice/ce_kennzeichnung/grundlagen.asp [Stand: 25.3.2015]
1052 vgl. URL: http://wko.at/unternehmerservice/ce_kennzeichnung/grundlagen.asp [Stand: 25.3.2015]

- *Dauerfunktionstüchtigkeit (akustische und nichtakustische Parameter), Bewertung nach Bewertung EN 14389-1 und EN 14389-2*
- *Widerstand gegen Aufprall von Steinen (Steinwurfresistenz) nach EN 1371-2, Bewertung nach EN 1794-1*
- *Sicherheit beim Anprall eines Fahrzeuges nach EN 1371-2, Bewertung nach EN 1794-1*
- *Umweltschutz, Bewertung nach EN 1794-2*
- *Fluchtwege, Bewertung nach EN 1794-2*
- *Durchsichtigkeit, Bewertung nach EN 1794-2*
- *Schallbeugung, Bewertung nach CEN/TS 1793-4*

Nach dem Gesetz wird zwischen verschieden Lärmarten unterschieden. Entsprechende Richtlinien und Vorschriften sind in Österreich gesetzlich verankert.

UMGEBUNGSLÄRMRICHTLINE

Unter dem Begriff *Umgebungslärm* werden „unerwünschte oder gesundheitsschädliche Geräusche im Freien, die durch Aktivitäten von Menschen verursacht werden, einschließlich des Lärms, der von Verkehrsmitteln, Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr, Flugverkehr sowie Geländen für industrielle Tätigkeiten“[1053] verstanden. Die Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm legt ein „gemeinsames europaweites Konzept fest“[1054], um den Auswirkungen der Lärmbelastung entgegenzuwirken. Die Richtlinie bildet die Grundlage für europaweite Maßnahmen zur Lärmminderung, insbesondere im Verkehrsbereich.[1055] Umgebungslärmschutzgesetze und -verordnungen basieren auf der EU-Richtlinie. Für die Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie werden in Österreich Gesetze auf Bundes- und Landesebene erlassen.

Bundesgesetze
- *Bundesstraßen-Lärmimmissionsschutzverordnung (BGBl. II 215/2014)*
- *Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung (BGBl. II 144/2006)*
- *Bundes-Umgebungslärmschutzgesetz (BGBl. I 60/2005)*
- *Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung - Anlage*

Landesgesetze (beispielhaft für das Land Kärnten)

Folgenden Gesetze und Verordnungen werden auf der Basis der EU-Richtlinie erlassen oder novelliert. Für das Land Kärnten sind folgende Gesetze und Verordnungen wesentlich:
- *Kärntner Straßengesetz (LGBl. Nr. 87/2005)*
- *Kärntner Gemeindeplanungsgesetz (LGBl. Nr. 88/2005)*
- *Kärntner Umweltplanungsgesetz (LGBl. Nr. 89/2005)*
- *Kärntner IPPC-Anlagengesetz (LGBl. Nr. 13/2006)*
- *Kärntner Umgebungslärmverordnung (LGBl. Nr. 76/2006)*

1053 Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft (2002): Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates,
URL: http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/laerm/umgebungslaermrichtlinie/Umgebungslaermrichtlinie.pdf [Stand: 25.9.2014]
1054 Bergthaler/Leszkovics/Niedersüß (2009): Richtwerte, Schwellenwerte, Planungsrichtwerte, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.40
1055 vgl. Bergthaler/Leszkovics/Niedersüß (2009): Richtwerte, Schwellenwerte, Planungsrichtwerte, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.40

STRASSENVERKEHRSLÄRM

Straßenverkehr zählt zur Hauptlärmquelle in Österreich. Straßenverkehrslärm wird durch Personen- und Lastkraftwagen sowie von Motorrädern erzeugt. Straßenverkehrslärm (Abb. 153) setzt sich primär aus dem Antriebsgeräusch, der jeweiligen Geschwindigkeit der Fahrzeuge und dem Abrollgeräusch der Reifen zusammen, hängt aber auch noch „von der Fahrbahnoberfläche und der Straßenlängsneigung ab.“[1056] So erzeugt ein PKW durch das Antriebs- und Abrollgeräusch primär Körperschall. Der Schall wird an Hindernissen bzw. schallabsorbierenden oder reflektierenden Medien gebrochen und wieder als Luftschall abgestrahlt.[1057]

> „Das österreichische Kraftfahrgesetz (KFG) und die Durchführungsverordnung (KDV) regeln u.a. die Bauart, die Ausrüstung und die Überprüfung der Kraftfahrzeuge.“[1058]

Rechte und Pflichten der Verkehrsteilnehmer sind in der *Straßenverkehrsordnung (StVO)* festgehalten.[1059] Die Straßenverkehrsordnung regelt die *Fahrgeschwindigkeit* im §20 Absatz 2.

> „Sofern die Behörde nicht gemäß § 43 eine geringere Höchstgeschwindigkeit erläßt oder eine höhere Geschwindigkeit erlaubt, darf der Lenker eines Fahrzeuges im Ortsgebiet nicht schneller als 50 km/h, auf Autobahnen nicht schneller als 130 km/h und auf den übrigen Freilandstraßen nicht schneller als 100 km/h fahren.“[1060]

In Österreich wird versucht der Lärmbelastung im Straßenverkehr entgegenzuwirken. Der Lärmpegel eines Kraftfahrzeugs darf bei der Typisierung und im späteren Betrieb einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten. Dieser Grenzwert ist in den EU-Richtlinien europaweit geregelt. Die letzte Absenkung erfolgte im Jahr 1996.[1061]

LÄRMKARTEN UND LÄRMKATASTER

Lärmkarten werden in Österreich im Auftrag von Verkehrsministerium, Wirtschaftsministerium, Umweltministerium oder den Ländern erarbeitet. Gesetzlich wird Lärmkartierung durch die *Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm* geregelt.[1062] Die Lärmkarten liefern Information für die Öffentlichkeit und dienen der strategischen Planung. Lärmkarten bilden die Basis für die Lärmschutzplanung.[1063]

Für die Erstellung von Lärmkarten wird ein gemittelter Lärmpegel im Zeitraum von 24 Stunden (Tag, Abend und Nacht) in der Höhe von 1,5 Meter oder 4 Meter über dem Boden herangezogen.

> „Lärm für den Tag-Abend-Nachtzeitraum wird durch L_{den}-Lärmindex beschrieben. Der L_{den} entspricht dem energieäquivalenten Dauerschallpegel, wobei für den Abendzeitraum (19:00 bis 22:00 Uhr) ein Pegelzuschlag von 5 dB und für den Nachtzeitraum (22:00 bis 6:00 Uhr) ein Pegelzuschlag von 10 dB berücksichtigt wird. Lärm für den Nachtzeitraum wird durch den L_{night}-Lärmindex beschrieben. Der L_{night} entspricht dem energieäquivalenten Dauerschallpegel für den Nachtzeitraum (22:00 bis 6:00 Uhr).“[1064]

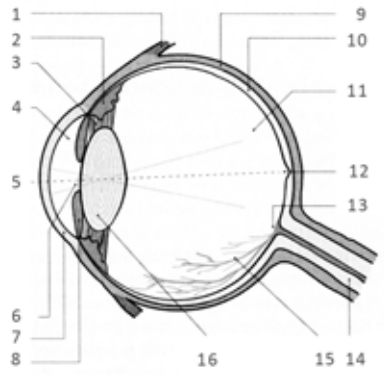
Lärmkarten liefern einen Überblick über eine durchschnittliche Lärmbelästigung, sind jedoch nur bedingt anwendbar. Strategische Lärmkarten basieren auf einer rechnerischen Ermittlung. Für die Berechnung ist Kenntnis über Verkehrsstärke, Fahrgeschwindigkeit, Geländeform und Bebauung notwendig.[1065]

Abb. 153 I Schallabstrahlung im Straßenverkehr

9.3 WAHRNEHMUNG IM STRASSENVERKEHR

Das umgangssprachliche Verständnis von *Wahrnehmen* ist sehr breit gefasst. Mit Wahrnehmen wird Sehen, Hören, Riechen, Schmecken und Fühlen assoziiert.[1066] Schon Aristoteles unterscheidet den Gesichtssinn (Sehen), Gehör-, Geruchs-, Geschmacks- und Tastsinn.[1067] Gegenwärtig

1056 URL: http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/laerm/verursacher/laerm_strasse/ [Stand: 27.2.2014]
1057 vgl. Maute (2006): Technische Akustik und Lärmschutz, S.18
1058 Bergthaler/Leszkovics/Niedersüß (2009): Richtwerte, Schwellenwerte, Planungsrichtwerte, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.43
1059 vgl. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (1960): StVO 1960, BGbl. Nr.159/1960, URL: https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/1960_159_0/1960_159_0.pdf [Stand: 27.2.2014]
1060 Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (1960): StVO 1960, BGbl. Nr.159/1960, URL: https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/1960_159_0/1960_159_0.pdf [Stand: 27.2.2014]
1061 vgl. URL: http://www.laerminfo.at/situation/strassenverkehr/kfz_grenzwerte.html [Stand: 27.2.2014]
1062 vgl. URL: http://www.laerminfo.at/karten.html [Stand: 25.3.2015]
1063 vgl. URL: http://www.laerminfo.at/karten/strassenverkehr/autobahnen/24h.html [Stand: 25.3.2015]
1064 URL: http://www.laerminfo.at/karten/strassenverkehr/autobahnen/24h.html [Stand: 25.3.2015]
1065 vgl. URL: http://www.laerminfo.at/karten/strassenverkehr/autobahnen/24h.html [Stand: 25.3.2015]
1066 vgl. Guski (1996): Wahrnehmen, S.1
1067 vgl. Stadler/Seeger/Raeithel (1975): Psychologie der Wahrnehmung, S.79



1 Augenmuskel
2 Ziliarmuskel
3 Zonulafasern
4 Vordere Augenkammer
5 Sehachse
6 Pupille (Öffnung der Iris)
7 Cornea (Hornhaut)
8 Iris (Regenbogenhaut)
9 Sciere (Lederhaut)
10 Retina (Netzhaut)
11 Glaskörper
12 Fovea centralis
13 Blinder Fleck
14 Sehnerv
15 Blutgefäße
16 Linse

Abb. 154 I Schematischer Aufbau des Auges

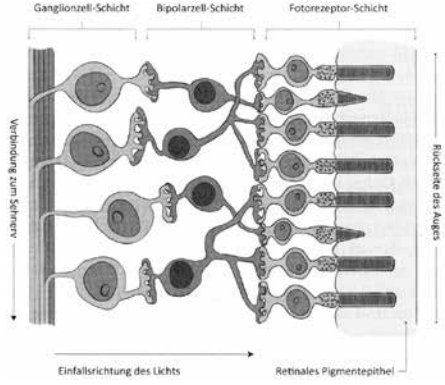


Abb. 155 I Schematische Darstellung der Retina

kennt die Wissenschaft andere Sinne, wie beispielsweise Schmerz- und Temperatursinn, die „als Unterkategorien der fünf Hauptsinne“[1068] verstanden werden. Sinne können in zwei Hauptgruppen unterteilt werden, zum einen in jene Gruppe, in der Sinne auf Entfernung funktionieren, und zum anderen in die Sinnesgruppe, die Nähe oder unmittelbaren Kontakt erfordern.[1069] Sehen ist eher der ersten Gruppe zuzuordnen. Als Wahrnehmen kann auch ein Prozess der Informationsaufnahme und ein Prozess der Informationsbeurteilung verstanden werden. Der Begriff leitet sich aus der lateinischen Sprache vom Wort *percipere*, das mit „Wissen durch die Sinne“[1070] übersetzt wird, ab. Jörg Kurt Grütter teilt das Wort *wahrnehmen* in die Begriffe *Wahrheit* und *nehmen* und interpretiert somit „das Gesehene als die Wahrheit.“[1071] Im Folgenden wird Wahrnehmung im Sinne von Sehen und Erfassen verstanden. Im Blickpunkt steht die Wahrnehmungsperspektive von Personen im sich bewegenden Kraftfahrzeug, die u.a. ruhende Objekte, beispielsweise Lärmschutzelemente, wahrnehmen.

VERARBEITUNG VON VISUELLER INFORMATION IM GEHIRN

Wahrnehmen wird als komplexer Prozess verstanden und passiert „in einem System, in dem alle sensorischen und motorischen Elemente des Lebewesens integriert sind und zusammenarbeiten.“[1072] Vereinfacht dargestellt werden visuelle Informationen oder Reizimpulse über das Auge (Abb. 154) aufgenommen und gelangen durch Hornhaut, Linse und Glaskörper auf die Netzhaut (Retina). Die Linse ist an der Vorderseite lichtdurchlässig und das Licht trifft auf die Netzhaut (Abb. 155). Die Wölbung der Linse ist adaptierbar und ermöglicht somit ein *Scharfsehen* in der Nähe und in der Ferne. Beim Blick in die Ferne ist die Wölbung der Linse relativ flach, wird der Blick in den Nahbereich gelenkt, ist die Krümmung der Linse stärker. Die Linsenwölbung beeinflusst die Brechkraft vom Auge. Das Gehirn steuert die Wölbungen der Linse in Sekundenbruchteilen ohne weiteres Zutun der Person. Der Prozess wird als *Akkommodation* bezeichnet.[1073] Auf der Netzhaut wird ein seitenverkehrtes und auf dem Kopf stehendes Bild erzeugt. Die Lichtreize werden von den Sinneszellen der Retina, den Fotorezeptoren (Stäbchen und Zapfen) registriert. Stäbchen und Zapfen erfüllen unterschiedliche Funktionen. Stäbchen sind für das Hell-Dunkelsehen und Zapfen für das Farbsehen verantwortlich. Das Verhältnis von Stäbchen zu Zapfen ist 18 zu 1. Die Verteilung ist unregelmäßig und in den Randbereichen der Netzhaut befinden sich

1068 Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.13
1069 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.13
1070 Guski (1996): Wahrnehmen, S.1
1071 Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.14
1072 Guski (1996): Wahrnehmen, S.8
1073 vgl. Ansorge/Leder (2011): Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, S.92

mehr Stäbchen. Der Prozess läuft mit Hilfe elektrischer Signale und chemischer Überträgerstoffe (Transmitter) ab. Transmitter werden zwischen zwei Nervenzellen freigesetzt und transportieren den Reiz an die Ganglienzellen in der Netzhaut, die gemeinsam mit den Axonen (lange Nervenfasern) den Sehnerv bilden. Der Reiz gelangt zum Sehnerv und wird an das Gehirn weitergeleitet. Das Sehzentrum befindet sich im hinteren Bereich der Großhirnrinde, dort wird der Sinneseindruck verarbeitet.[1074]
Der Farbwahrnehmungsprozess erfolgt über das Auge.[1075] Das Auge erkennt „Licht mit einer Wellenlänge zwischen 380 und 780 Nanometer (nm).“[1076] In Abhängigkeit der Wellenlänge werden verschiedene Farben wahrgenommen. Zu den wichtigsten Aufgaben der Retina zählt die visuelle *Farb-* und *Kontrastwahrnehmung*.[1077] Farbreize werden neuronal über die Zapfen (Fotorezeptoren) auf der Retina wahrgenommen, mittels elektrischer Impulse und chemischer Prozesse weitergeleitet und im Sehzentrum verarbeitet.[1078] Ohne Farbsehen wäre die menschliche Wahrnehmung erheblich eingeschränkt.
„Die Aufnahmevermögen des menschlichen Auges beträgt 10^6 bis 10^8 bit/Sekunde“[1079] und davon werden 16 bit/Sekunde im Gehirn verarbeitet und im Kurzzeitgedächtnis gespeichert. Ins Langzeitgedächtnis gelangen nur 0,05 bit/Sekunde. Die restliche Information geht im Verarbeitungsprozess verloren. Wahrnehmungsreize werden in der Reihenfolge nach Farbe und Form ausgelöst. Das menschliche Auge und Gehirn regagiert somit zuerst auf Farbveränderungen.[1080]

OBJEKT UND UMWELT

Für das Erleben unserer Umwelt sind alle *fünf Hauptsinne* notwendig. Für die Wahrnehmung von Objekten, Formen oder Architektur ist der Sehsinn der wichtigste.[1081] Zwischen Mensch und Umwelt bestehen vielschichtige Beziehungen, der Mensch steht in ständiger Interaktion mit seiner Umwelt.[1082] Entfernung oder Distanz spielen bei der visuellen Wahrnehmung der Umgebung eine wesentliche Rolle. Der Mensch nimmt architektonische Objekte und gebaute Umwelt mit Hilfe verschiedener Mechanismen wahr. Wahrnehmungsmechanismen wie beispielsweise *Konstanz* oder *Tiefenwahrnehmung* basieren auf komplexen Vorgängen im menschlichen Gehirn. *Konstanzvariabiltät* zählt zu den „wichtigsten Organisationsprinzipien der visuellen Wahrnehmung.“[1083] Reize aus der Umgebung sind wesentliche Einflussfaktoren für die Konstanzwahrnehmung. Reize wirken als Maßstab und dienen als Vergleichswert. Es wird zwischen *Größenkonstanz*, *Formkonstanz* und *Farb-/Helligkeitskonstanz* unterschieden. Das menschliche Auge nimmt Objekte mit gleicher Größe, beispielweise Stützen, gleich groß wahr, obwohl die Entfernung unterschiedlich ist. Ein ähnliches Phänomen der Wahrnehmung beschreibt die Formkonstanz. Ein Bogen wird unabhängig von der Position des Menschen im Raum immer als Bogen wahrgenommen. Das Gesetz der *Invariantenbildung* beschreibt ein Wahrnehmungsphänomen von verschiedenen Gegenständen bei dem Größe, Form und Lage zueinander konstant bleiben.[1084] Innerhalb bestimmter Grenzen ist „die Farb- und Helligkeitswahrnehmung konstant“[1085], das Gehirn gleicht Farbabweichungen aus. Neben den genannten Aspekten der Konstanzwahrnehmung spielt bei der *Tiefenwahrnehmung* „die Entfernung oder Distanz zwischen Betrachter und Objekt“[1086] eine wesentliche Rolle. Um Tiefe wahrzunehmen nimmt die dritte Dimension eine Schlüsselrolle ein und die Umgebung liefert Anhaltspunkte. Tiefensehen ist bis zu einer Entfernung von etwa 100 Meter möglich.[1087] Personen können bei normalen Sichtbedingungen und Sehvermögen bis zu 10 Metern Distanz den Gesichtsausdruck einer Person, bis zu 25 Metern Distanz die Gesichtszüge einer Person, bis zu 150 Metern Distanz Bewegungen einer Person und bis zu

1074 Singer (1987): Hirnentwicklung und Umwelt, in: Ritter (Hrsg.): Wahrnehmung und visuelles System, S.189
1075 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.326
1076 Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.326
1077 vgl. Ansorge/Leder (2011): Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, S.77
1078 vgl. Ansorge/Leder (2011): Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, S.8
1079 Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.46
1080 vgl. Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.45
1081 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.14
1082 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.107
1083 Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.29
1084 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.30f
1085 Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.30
1086 Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.31
1087 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.31

1200 Metern Distanz die Gestalt einer Person erkennen.[1088] Das Wahrnehmen von Objekten und Formen hängt von verschiedenen Faktoren ab. Wesentlich sind Anordnung und Größe der Formen und die Position des Betrachters. Proportion, Harmonie, Symmetrie und Rhythmus eines Objektes beeinflussen die Wahrnehmung. Regelmäßige Formen unterliegen geometrischen Gesetzmäßigkeiten, für unregelmäßige Formen trifft dies nicht zu. Unregelmäßige Formen sprechen eher Emotionen an und rufen Assoziationen hervor. Das menschliche Gehirn nimmt beispielsweise bekannte geometrische Formen schneller wahr, als unregelmäßige, unbekannte Objekte.[1089]
Für das menschliche Auge sind waagrechte Linien und Formen besser wahrnehmbar, da sich der Mensch an einer horizontalen Bezugsebene orientiert. Im Vergleich zu einer Links- und Rechtsbewegung des Auges werden bei einer Auf-und-ab-Bewegung doppelt so viele Augenmuskeln beansprucht. Horizontale Formen sind einfacher wahrnehmbar, erscheinen aber *weniger originell* als vertikale Formen.[1090]
Licht- und Schatten sind untrennbar miteinander verbunden und beeinflussen das Erscheinungsbild des Objektes.[1091] Es wird zwischen Eigen- und Schlagschatten unterschieden, wobei der Eigenschatten größeren Einfluss auf das wahrzunehmende Element hat, da der Schatten „auf dem Gegenstand selbst“[1092] liegt und dessen Wirkung verändert. Bei Objekten ist eine „Verteilung von Reflexionen (u.a. Glanzlichtern), Helligkeit und Schatten“[1093] von den geometrischen Eigenschaften, der Oberflächentextur, dem Reflektionsvermögen, der Oberflächenfarbe, der Position zur Lichtquelle und der relativen Lage zu anderen Flächen abhängig. Die Wahrnehmung von Form, Material und Farbe ändert sich durch Belichtung, Tageszeit oder Witterung.[1094] Ein Lärmschutzelement mit Relief wirkt in Abhängigkeit der Tageszeit und dem Sonnenstand unterschiedlich. Deutliche Unterschiede zeigen sich bei Tag und in der Nacht.

LÄRMSCHUTZELEMENTE

Lärmschutzelemente werden meist als lineare Objekte wahrgenommen. Durch die perspektivische Wahrnehmung und Fahrgeschwindigkeit werden Lärmschutzelemente als „keilförmiges Band“[1095] empfunden. Die *Linearität* der Lärmschutzsysteme kann beispielsweise durch horizontale Elemente *verstärkt*, durch vertikale Stützen *gebrochen* oder durch davorstehende Pflanzen *verwischt* werden. Die Wahrnehmung der Form ist durch die Wahl der Gestaltungsmittel beeinflussbar. Werden Wiederholungen, Sequenzen oder Rhythmen als Gestaltungsmittel eingesetzt, wird die Gesamtfläche strukturiert. Der Einsatz von verschiedenen Materialien und Farben kann Linearität verstärken oder vermindern. Der Wechsel zwischen flachen und körperhaften Elementen kann eine brechende oder akzentuierende Wirkung hervorrufen.[1096]
Verschiedene Höhen und Formen können das Gesamtbild brechen. Geometrische oder nicht geometrische Formen fügen sich unterschiedlich in das Landschaftsbild ein. Lärmschutzsysteme stehen in Interaktion mit der Straße und der umgebenden Landschaft. Abhängig, ob eine *Kontrastbildung* oder *Harmonisierung* durch Lärmschutzelemente erfolgen soll, werden entsprechende Materialien und Gestaltungsmittel gewählt.[1097] Lärmschutzelemente werden häufig als optisch-dominante Elemente der Umwelt wahrgenommen. Sehr hohe Systeme können mitunter zur visuellen Beeinträchtigung führen.[1098] Jedoch können gezielt gesetzte Gestaltungsimpulse die Eintönigkeit mindern oder Geschwindigkeit reduzieren. Lärmschutzelemente können Informationsträger sein oder von einer unschönen oder unattraktiven Umgebung ablenken.[1099] Durch gezielt gesetzte Öffnungen oder transparenten Materialien können Blickpunkte zur Umgebung geschaffen werden. Lärmschutzsysteme sollten mit der Umgebung in Beziehung stehen, sich in die Landschaft gut einfügen und optisch eher in den Hintergrund treten. Der *Moment der Bewegung* ist ein wesentliches Kriterium der Wahrnehmung, der im Entwurfsprozess Berücksichtigung finden sollte.

1088 vgl. Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.45
1089 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.219
1090 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.196
1091 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.323
1092 Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.323
1093 vgl. Guski (1996): Wahrnehmen, S.61
1094 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.325
1095 Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.45
1096 vgl. Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.48f
1097 vgl. Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.47
1098 vgl. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf (2005): Empfehlungen für die Gestaltung von Lärmschutzanlagen an Straßen, S.5
1099 vgl. Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.46

BEWEGUNG

Es wird zwischen *Eigen- und Fremdbewegung* unterschieden.[1100] Bei der Fremdbewegung „findet eine relative Verschiebung zwischen bewegtem Objekt und Hintergrund statt.“[1101] Das Wahrnehmen von Eigenbewegung und das gleichzeitige Erkennen der umgebenden Umwelt basieren auf komplexen neuronale Prozessen.[1102] Im Fokus der Betrachtungen steht die Wahrnehmung von statischen Objekten der Umwelt in Eigenbewegung. Analysiert wird das Fortbewegen im Straßenverkehr (Eigenbewegung) und die Veränderung des Wahrnehmungsfeldes der Autolenkerin und des Autolenkers.

> „Bei der Eigenbewegung verschiebt sich das *ganze visuelle* Feld, sofern wir uns nicht in einem Fahrzeug mit begrenztem Ausblick befinden.“[1103]

Im Fahrzeug bleibt beispielsweise der Rahmen der Frontscheibe oder der Fensterrahmen „auf einer weitgehend konstanten retinalen Position.“[1104] Das restliche Sehfeld verändert sich. Die Umgebung, wie auch die Lärmschutzwand, befinden sich im restlichen Sehfeld. Es ist zu unterscheiden, ob statische Objekte in einem ruhenden oder bewegten Beobachtungszustand wahrgenommen werden. Der Mensch kann Bewegung und Geschwindigkeit mit Hilfe von Bezugspunkten, beispielsweise einem statischen Gebäude oder anhand eines Sichtbezuges zum Boden, wahrnehmen. Ist der Boden nicht erkennbar kann der „Eisenbahneffekt“[1105] auftreten. Horizontale Bewegungen sind im Vergleich zu vertikalen Bewegungen für den Mensch besser erkennbar. Bei vertikaler Bewegung wird eine Abwärtsbewegung, aufgrund der Schwerkraft, einfacher wahrgenommen. Eine Vorwärtsbewegung erscheint leichter wahrnehmbar als eine Rückwärtsbewegung. Grundsätzlich muss die betrachtende Person *aktiv* werden um wahrzunehmen.[1106]

> „Je statischer die Reizkonfiguration des Wahrzunehmenden ist, desto aktiver muss der Betrachter werden, und je bewegter die Reizkonfiguration, desto passiver der Beobachter.“[1107]

Die meist statische Architektur erfordert somit von der Betrachterin und dem Betrachter größere Aktivität. Die Wahrnehmung eines Objekts verändert sich in Abhängigkeit von Art und Geschwindigkeit der Bewegung (Gehen, Laufen, Tanzen, Fahren, etc.).[1108] Personen nehmen Lärmschutzelemente vorwiegend in einem bewegten, fahrenden Zustand mit meist hoher Geschwindigkeit wahr. Das menschliche Gehirn und der Sehsinn sind in diesem Betrachtungszustand besonders gefordert. Lärmschutzwände werden beim Autofahren vorwiegend als *lineare Elemente* wahrgenommen.[1109] Fahrzeuglenkende Personen nehmen vorwiegend eine Grobgestalt der Lärmschutzwand wahr.[1110] Kleinteilige Elemente sind in der Bewegung nicht gut erkennbar. Mit der Geschwindigkeit verändert sich die Wahrnehmung des selben Objekts. Mit zunehmender Geschwindigkeit können Objekte oder Formen ineinanderfließen und Wellenbewegungen erzeugen, miteinander verschmelzen oder in Sonderfällen auch das urpüngliche Aussehen aufgrund der Geschwindigkeit verändern.

WAHRNEHMUNGSFELDER

Lärmschutzwände befinden sich am Straßenrand und werden somit dem mittleren Wahrnehmungsfeld des Menschen zugeordnet. Das Wahrnehmungsfeld verkehrsteilnehmender Personen (Abb. 156) lässt sich in drei wesentliche Bereiche (Nahumgebung, Mittelfeld und Hintergrund) gliedern. Aufgrund von Fahrgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen, Sichtverhältnissen, persönlicher Verkehrserfahrung und anderen Reizen wird die Aufmerksamkeit ständig auf ein anderes Wahrnehmungsfeld gelenkt.[1111]

Die fahrzeuglenkende Person nimmt Lärmschutzelemente vorwiegend als Teil des Straßenraumes wahr und erfasst die Wand in ihren groben Umrissen. Details sind mit zunehmender Geschwindigkeit kaum erkennbar. Die Person am Beifahrersitz nimmt die Lärmschutzelemente detail-

1100 vgl. Guski (1996): Wahrnehmen, S.178
1101 Guski (1996): Wahrnehmen, S.178
1102 vgl. Gibson (1982): Wahrnehmung und Umwelt, S.196f
1103 Guski (1996): Wahrnehmen, S.178
1104 Guski (1996): Wahrnehmen, S.178
1105 Guski (1996): Wahrnehmen, S.178
1106 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.275
1107 Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.275
1108 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.276
1109 vgl. Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.45
1110 vgl. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf (2005): Empfehlungen für die Gestaltung von Lärmschutzanlagen an Straßen, S.5
1111 vgl. Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.45

lierter wahr, da sich die Person nicht ausschließlich auf das Fahren konzentriert. Mit zunehmender Geschwindigkeit werden Farben und strukturierende Elemente undeutlicher wahrgenommen. Straßenverkehrsbeteiligte, in einem sich bewegenden Zustand (Eigenbewegung), nehmen Lärmschutzelemente anders wahr, als Anrainerinnen und Anrainer. Diese Personen erleben Lärmschutzelemente als fixen Bestandteil ihrer Umwelt und erkennen Details und Oberflächenstruktur ganz genau. Im primären Wahrnehmungsfeld der Anainerinnen und Anrainer befindet sich die Rückseite der Lärmschutzwand.[1112]
Bei der Planung und Gestaltung ist zu überlegen, ob Lärmschutzwände dem *näheren Mittelfeld*, dem Straßenraum oder dem *weiteren Mittelfeld*, indem sie einen Rahmen für den Hintergrund bilden bzw. teilweise damit verschmelzen, zuzuordnen sind. Anhängig von den Gestaltungsmaßnahmen können Lärmschutzlösungen im näheren Mittelfeld wichtige Verkehrsinformationen, beispielsweise Beschilderung, negativ oder positiv beeinflussen.[1113]

9.4 LÄRMSCHUTZSYSTEME IM ÜBERBLICK

Grundsätzlich wird zwischen aktiven und passiven Lärmschutzmaßnahmen unterschieden. Als aktive Maßnahmen zum Schutz vor Lärm gemäß der Deutschen Norm werden bauliche bzw. aktive Maßnahmen an der Straße (Lärmschutzwälle und –wände, Einschnitts- und Troglagen, Teil- und Vollabdeckungen, Einhausungen, Tunnel, lärmmindernde Straßenbelege, etc.) verstanden. Passive Maßnahmen sind technische Vorkehrungen zur Verringerung des Straßenlärms (Einbau von Schallschutzfenster, Verbesserung der Wände, etc.).[1114]
In Österreich werden gemäß der RVR 3.114 *Entwurfsunterlagen Lärmschutz* auch aktive und passive Maßnahmen differenziert. Angelehnt an die Entwurfsunterlagen können folgende Lärmschutzmaßnahmen festgehalten werden: Zu aktiven Lärmschutzmaßnahmen zählen Gehölzpflanzungen, Schallschutzwälle, Schallschutzwände mit aufgesetzter Wand, Steinwall, Schallschutzwände, Mauern, Einschnitts- und Troganalgen oder eine Abkapselung des Verkehrsweges (Überbauung, Einhausung, Tunnelanlagen). Als passive Lärmschutzmaßnahmen werden vorbeugende raum- und verkehrsplanerische Maßnahmen (z.B. Festlegung der Schutzzonen), präventive straßenplanerische Maßnahmen (z.B. Trassenführung), verkehrsorganisatorische Maßnahmen, bautechnische Maßnahmen (z.B. Maßnahmen an der Fahrbahndecke) oder gebäudebezogene Maßnahmen (z.B. Bebauungsform, Stellung des Gebäude am Bauplatz, bauliche Schallschutzmaßnahmen) verstanden.[1115]

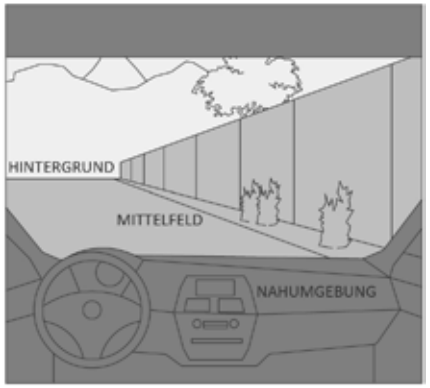


Abb. 156 I Wahrnehmungsfelder im Auto

Im *Handbuch für Umgebungslärm* (2007) werden Lärmschutzmaßnahmen im Straßenverkehr folgend eingeteilt:[1116]
- Maßnahmen zur Minderung des KFZ-Antriebgeräusches
- Maßnahmen zur Minderung des Rollgeräusches der Reifen
- Maßnahmen zur Minderung der Schallabstrahlung der Fahrbahn (z.B. lärmmindernder Fahrbahnbelag)
- Maßnahmen zur Minderung der Geräusche einer Brückenfuge
- Architektonische/bauliche Maßnahmen zur Schallabsorption

Im Folgenden werden bauliche Maßnahmen zur Schallminderung genauer erläutert.

TYPOLOGIEN BAULICHER LÄRMSCHUTZSYSTEME

In Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren (räumliche Gegebenheiten und Möglichkeit, Lärmbelastung, etc.) werden unterschiedliche Typologien in der Praxis eingesetzt. Jedes System weist Vor- und Nacheile auf. Ziel der Lärmschutzplanung ist es, ein geeignetes System für das Lärmproblem zu entwickeln. Im Fokus dieser Arbeit steht die Lärmschutzwand als architektonische und ökonomische Maßnahme zur Schallabsorption.

1112 vgl. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf (2005): Empfehlungen für die Gestaltung von Lärmschutzanlagen an Straßen, S.5
1113 vgl. Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.46
1114 vgl. Strick (1998): Lärmschutz an Straßen, S.15ff
1115 vgl. Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.35
1116 o.V.(2009): Informationen zu wesentlichen Maßnahmen an der Quelle, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.63

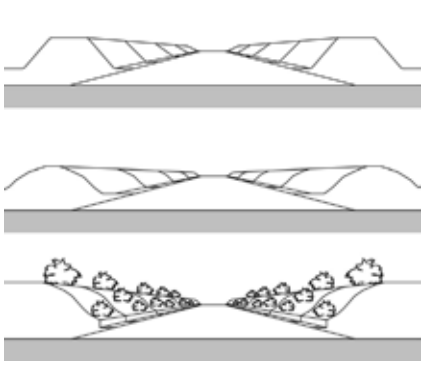


Abb. 157 I Geometrischer Lärmschutzwall, Landschaftlicher Lärmschutzwall, Lärmschutzwall mit Sockelelement

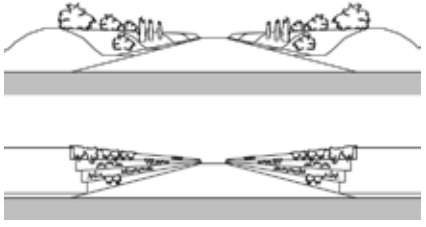


Abb. 158 I Lärmschutzwall mit Bepflanzung (Bäume und Sträucher), Stufenförmiges Betonerdesystem mit Bepflanzung (Kleinsträucher)

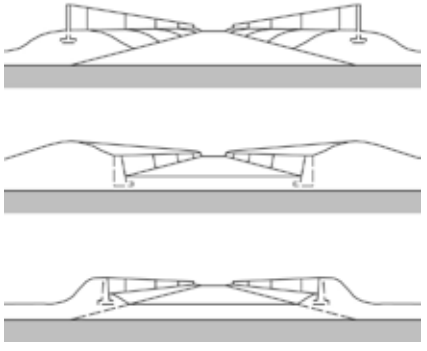


Abb. 159 I Kombination aus Lärmschutzwall und Lärmschutzwand

Bei baulichen bzw. architektonischen Lärmschutzmaßnahmen am Emissionsort lassen sich folgende Typologien unterscheiden:[1117]

- Wall
- Kombination Wall und Wand
- Bepflanzung
- Zaun, Mauer und Wand
- Überbauung, Einhausung, Tunnelanlage

Ein *Wall* hat eine natürliche Erscheinung. In ihrer Form und Erscheinung werden geometrische und landschaftliche Wälle unterschieden (Abb. 157). Lärmschutzwälle lassen sich gut in die Landschaft integrieren und wirken auf den ersten Blick nicht als bewusst gesetzte Lärmschutzmassnahme. Der Kostenaufwand ist meist gering, wenn genügend Erdmaterial vorhanden ist. Neigungsgrad und Höhe des Walls beeinflussen die Schallabsorption. Von Vorteil ist die hohe Lebensdauer, jedoch benötigen Wallsysteme sehr viel Platz. Der Bedarf an Grundfläche ist im Vergleich zu vertikalen Systemen um vieles höher.[1118] Lärmschutzwälle können begrünt und bepflanzt werden (Abb. 158). Eine Bepflanzung mit beispielsweise Bäumen oder Sträuchern hat den Vorteil, dass der Erduntergrund durch das Wurzelgeflecht stabilisiert wird und abrinnendes Regenwasser besser in den Untergrund eintreten kann. Teilweise können Bäume eine Schallabsorption erhöhen und werten das Erscheinungsbild des Walls in der Landschaft auf, indem sich der bepflanzte Wall besser in die Landschaft integriert.[1119] Eine *Kombination* aus *Wall und Wand* wird häufig in Bereichen eingesetzt, wo eine Lärmschutzgestaltung mit Pflanzen gewünscht ist, jedoch die Gegebenheiten der Landschaft ein alleiniges Wallsystem nicht ermöglichen (Abb. 159). *Bepflanzung* wird im Lärmschutz überwiegend bei Wandsystemen angewendet und bildet eine gute Alternative zu Wallsystemen (Abb. 160). Vertikle Systeme benötigen viel weniger Platz. Beispielsweise benötigt eine vier Meter hohe bepflanzte Wand ungefähr ein Sechstel der Tiefe im Vergleich zu einem vier Meter hohen Wall mit 15 Metern Tiefe. Vertikale, grüne Wände können unterschiedlich ausgeführt werden, u.a. als Wand mit Stahlgerüst oder als Wand aus bepflanzbaren Beton oder Stahlelementen.[1120] Der Einsatz ist grundsätzlich zu befürworten, da sich pflanzliche Strukturen sehr gut in das Landschaftsbild eingliedern, positiv auf das Klima wirken

1117 vgl. Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.37
1118 vgl. Kotzen/Colin (1999): Environmental Noise Barriers, S.99f
1119 vgl. Kotzen/Colin (1999): Environmental Noise Barriers, S.104
1120 vgl. Kotzen/Colin (1999): Environmental Noise Barriers, S.180f

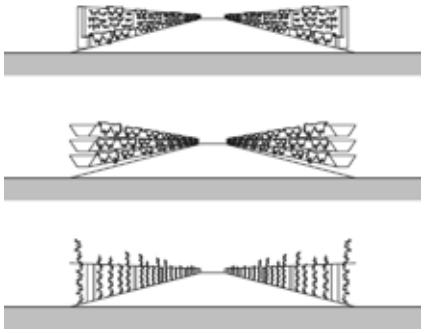


Abb. 160 I Lärmschutzwand mit vertikalter Bepflanzung (Kleinsträucher und Ranken), Trogelemente mit Bepflanzung, Vegetationswand (Ranken)

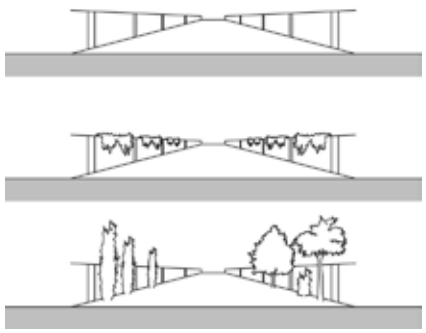


Abb. 161 I Lärmschutzwand mit massiven oder transparenten Elementen, Lärmschutzwand mit vertikaler Bepflanzung, Lärmschutzwand mit Baumbepflanzungen

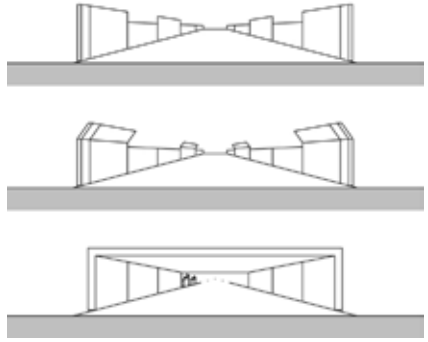


Abb. 162 I Lärmschutzwand mit Überhöhung, Lärmschutzwand mit hochabsorbierender Überhöhung, Tunnel mit Lärmschutzelementen an Wand und Decke

und nachhaltig sind.[1121]

Im baulichen Lärmschutz werden vorwiegend *Zäune, Mauern* und *Wände* eingesetzt (Abb. 161). *Überbauungen* und *Einhausungen* werden vorwiegend bei Tunnelanlagen und im Schienenverkehr eingesetzt (Abb. 162). Vertikale Systeme sind sehr platzsparend. Für vertikale Lärmschutztypologien gibt es zahlreiche Standardlösungen. In der Praxis werden beim Bau von Lärmschutzwänden Materialien, u.a. Beton oder Holzbeton, Metall, Holz, Keramik, Ziegel, Kunststoff und transparente Materialien eingesetzt. Folgend werden verschiedene Lärmschutzwände im Überblick dargestellt. Lärmschutzwände aus Beton oder Holzbeton können als reflektierende oder absorbierende Systeme ausgeführt werden. Reflektierende Systeme werden häufig vor Ort hergestellt, absorbierende Systeme werden meist vorgefertigt. Die Elemente werden zwischen Stahlstützen montiert. Die vorgefertigten Paneele sind durchschnittlich vier bis fünf Meter lang und 140 bis 190 Millimeter dick.[1122]

Lärmschutzwände und -elemente aus Holz werden häufig im Lärmschutz entlang von Straßen, aber auch im Wohnbau eingesetzt. Meist werden Lärmschutzwände aus Holz als absorbierendes System geplant, reflektierende Systeme finden auch Anwendung. Lärmschutzwände aus Holz gliedern sich in die Landschaft sehr gut ein und sind in der Errichtung häufig kostengünstiger im Vergleich zu Lärmschutzwänden aus Beton. Elemente aus Holz sollten vor Überführungen und Brücken vermieden werden, da Holz massiv und rustikal wirken kann und somit ungeeignet erscheint. Lärmschutzwände aus Holz eignen sich besser in Kombination mit Pflanzen. Als Stützen werden meist I-Profile verwendet, selten Beton- oder Holzstützen. Lärmschutzwände aus Holz sind im Durchschnitt zwischen zwei und fünf Meter hoch.[1123]

Lärmschutzelemente aus Metall sind häufig als absorbierendes System ausgeführt, selten werden auch reflektierende Systeme produziert. Durch Perforation erzielen Paneele aus Stahl oder Aluminium ihre Wirkung. Aluminium wird aufgrund seiner Leichtigkeit und guten Oberflächenbeschaffenheit gegen Witterungseinflüsse bevorzugt eingesetzt. Im Inneren der Metallwand befindet sich Mineralwolle oder ein anderes Absorptionsmaterial. Europaweit werden Metallpaneele im Lärmschutzbau eingesetzt. Wände können bis zu fünf Meter hoch sein und weisen eine Lebensdauer von über 25 Jahre auf.[1124]

Lärmschutzwände aus Ziegel werden häufig im Wohnbau eingesetzt, selten entlang von Straßen. Massive Ziegel wirken reflektierend und perforierte oder ausgehöhlte Ziegel haben einen absorbierenden Effekt. Ziegeloberflächen können dekorativ wirken.[1125]

1121 vgl. Kotzen/Colin (1999): Environmental Noise Barriers, S.104
1122 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.158ff
1123 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.148ff
1124 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.151ff
1125 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.164

Lärmschutzelemente aus Kunststoff, Polyvinylchlorid (PVC) oder glasfaserverstärktem Kunststoff (Fiberglas) werden zunehmend kostengünstiger und robuster. Aufgrund guter schallabsorbierender Eigenschaften wird Kunststoff vermehrt angewendet. Bis zu fünf Meter hohe Elemente in verschiedenen Farben werden in der Praxis eingesetzt.[1126]

Transparente Lärmschutzelemente bestehen aus beschichtetem oder verstärktem Glas, Acryl oder Polykarbonat (PC). Aus der Ferne lassen sich transparente Materialien nur schwer unterscheiden. Die Plattendicke der Glaselemente beträgt 8 bis 19 Millimeter und die Dicke der Acryl- oder Polykarbonatplatten beträgt 15 bis 20 Millimeter. Transparente Elemente werden grundsätzlich vorgefertigt, Acryl- und Polykarbonatplatten können im Vergleich zu Glasplatten vor Ort noch bearbeitet werden. Transparente Systeme werden häufig bei Brücken und Überführungen eingesetzt und können im Vergleich zu anderen Lärmschutzmaterialien näher an Gebäuden errichtet werden. Transparente Materialien ermöglichen Sichtbeziehungen, beugen einer Tunnelwirkung und Klaustrophobie vor, nutzen eine natürliche Belichtung, fügen sich neutral in die Umgebung ein und wirken optisch nicht dominant.[1127]

Lärmschutzwände werden in der Praxis vielfach in Holz, Holzbeton oder Beton, Metall (u.a. Aluminium) errichtet. Ziegel, Keramik, Kunststoff und transparente Materialien werden im Lärmschutz nicht so häufig eingesetzt. Folgend werden beispielhaft drei Wandsysteme dargestellt: eine Lärmschutzwand mit Holzlatten (Abb. 163, 166, 169, 172), eine Lärmschutzwand mit Holzbetonelementen (Abb. 164, 167, 170, 173) und eine Lärmschutzwand mit Metallpaneelen (Abb. 165, 168, 171, 174).

1126 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.164
1127 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.164ff

Abb. 163 I Lärmschutzwand mit Holzlattung, Südautobahn

Abb. 164 I Lärmschutzwand mit Holzbetonelementen, Südautobahn

Abb. 165 I Lärmschutzwand mit Metallpaneelen, Südautobahn

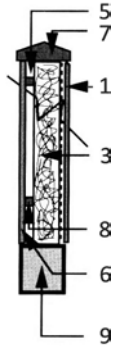


Abb. 166 I Lärmschutzwand mit vertikaler Holzlattung, schematischer Schnitt

1 Holzlatten
2 Folie
3 Dämmung, absorbierendes Material
4 Stahl- oder Holzstütze
5 Zwischenraum
6 Holzabdeckung, Rückseite
7 Holzabdeckung
8 Holzelement
9 Fundament

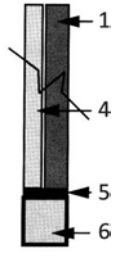


Abb. 167 I Lärmschutzwand mit Holzbetonelementen, schematischer Schnitt

1 Holzebetonelement (Absorption)
2 Stahlstütze
3 Fixierung
4 Tragelement aus Beton
5 Formteil aus Gummi
6 Fundament

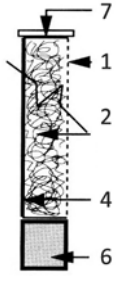


Abb. 168 I Lärmschutzwand mit Metallpaneelen, schematischer Schnitt

1 Metallelement, perforiert
2 Dämmung, absorbierendes Material
3 Stahlstütze
4 Metallabdeckung, Rückseite
5 Metallabdeckung
6 Fundament

Abb. 169 I Material Holz, Lattung vertikal

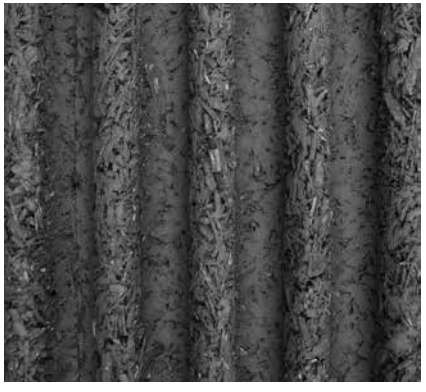


Abb. 170 I Material Holzbeton

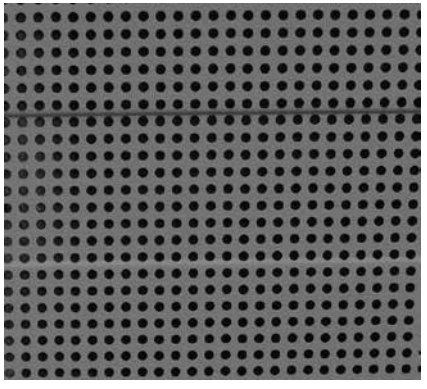


Abb. 171 I Material Metall

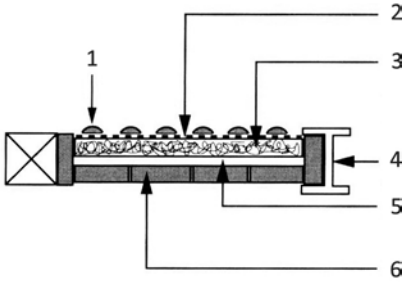


Abb. 172 I Lärmschutzwand mit vertikalter Holzlattung, schematischer Querschnitt

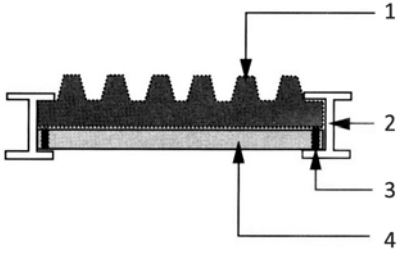


Abb. 173 I Lärmschutzwand mit Holzbetonelementen, schematischer Querschnitt

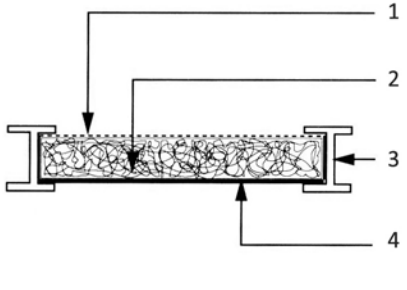


Abb. 174 I Lärmschutzwand mit Metallpaneelen, schematischer Querschnitt

1 Holzlatten
2 Folie
3 Dämmung, absorbierendes Material
4 Stahl- oder Holzstütze
5 Zwischenraum
6 Holzabdeckung, Rückseite
7 Holzabdeckung
8 Holzelement
9 Fundament

1 Holzebetonelement (Absorption)
2 Stahlstütze
3 Fixierung
4 Tragelement aus Beton
5 Formteil aus Gummi
6 Fundament

1 Metallelement, perforiert
2 Dämmung, absorbierendes Material
3 Stahlstütze
4 Metallabdeckung, Rückseite
5 Metallabdeckung
6 Fundament

Abb. 175 I Lärmschutzsystem mit integrierten Photovoltaikelementen in Freising

Abb. 176 I Lärmschutzwand mit integrierten Photovoltaikelementen in Wien, Theodor-Körner-Hof

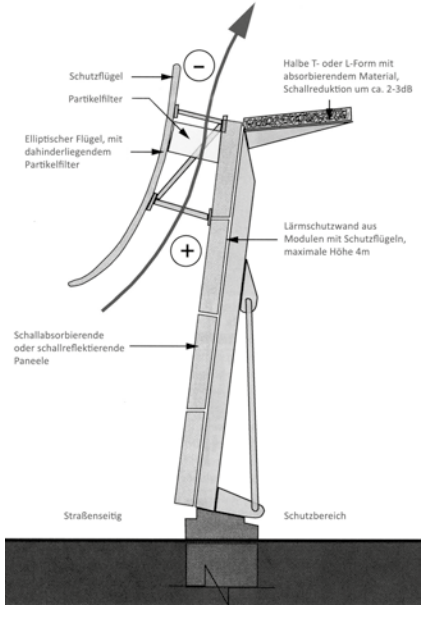


Abb. 177 I Ökologisches Lärmschschutzsystem mit integriertem Luftfilter in den Niederlanden, Prototyp Una

INNOVATIVE UND ÖKOLOGISCHE LÖSUNGEN

In Österreich sind die Anforderungen an Lärmschutzwände und ihre Gestaltung gesetzlich geregelt. Standardlösungen im Baukastensystem oder Modulelemente dominieren die Lärmschutzgestaltung, jedoch sind europäische Hersteller um eine stetige Weiterentwicklung der Lärmschutzsysteme bemüht. Seit ungefähr 20 Jahren entstehen innovative und ökologische Lösungen für Lärmschutzsysteme. Folgend werden beispielhaft einige Lösungen dargestellt.

Die ersten Lärmschutzsysteme mit integrierten Photovoltaikelementen werden 1989 in der Schweiz entlang der Autobahn A13 eingesetzt. Eines der größten Lärmschutz-Photovoltaiksysteme (Inbetriebnahme 2002/2003)[1128] befindet sich in Deutschland bei Freising entlang der Autobahn A92 (Abb. 175). Mit einer Länge von 1200 Metern und 6000 Quadratkilometern Fläche verbindet das System Stromproduktion und Lärmschutz.[1129]

Nachträglich können transparente Lärmschutzsysteme vor Gebäuden gesetzt werden, um einen Schallschutz zu gewährleisten. Diese Systeme vereinen meist mehrere Funktionen und wirken dem Lärm, aber auch dem Klima (Sonne, Wind, etc.) entgegen.[1130] Bei transparenten Lärmschutzwänden besteht die Möglichkeit Photovoltaikelemente zu integrieren. Beispielhaft ist ein System in Wien am Margaretengürtel zu erwähnen (Abb. 176). Die Lärmschutzwand des Theodor-Körner-Hofes (2007) mit einer Länge von 150 Metern und 18 Metern Höhe zählt zu den höchsten Lärmschutzwänden in Wien. Die Lärmschutzwand trennt eine Wohnhausanlage vom verkehrsbelasteten Gürtel, ermöglicht eine Belichtung des Gebäudes und erzeugt Strom. Halbtransparente Photovoltaikelemente sind im oberen Teil der Lärmschutzwand integriert, die anderen Elemente bestehen aus Glas.[1131]

Straßenverkehr erzeugt störenden Lärm, aber auch umweltschädliche Abgase und Schadstoffe, die in die Umwelt entweichen. Ökologische Lärmschutzsysteme, die einer Luft- und Umweltverschmutzung entgegenwirken und diese reduzieren, werden u.a. in den Niederlanden entlang der Autobahn A12 getestet.[1132] Systeme mit integriertem Luftfilter verbessern die Luftqualität (Abb. 177), u.a. der Prototyp *Una* (2008). Der elliptische Flügel mit integriertem Filter an der straßenzugewandten Seite wirkt der Luftverschmutzung entgegen und reflektierende oder absor-

1128 vgl. URL: http://www.kreis-freising.de/landratsamt/behoerdenwegweiser/bauen-und-umwelt-bauamt-umweltamt/umweltschutz-abfall/abfallberatung/energieausstellung-im-landkreis/solar-schallschutzwand-in-freising-an-der-a-92/?style=t [Stand: 19.6.2015]
1129 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.237f
1130 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.189f
1131 vgl. URL: http://www.wienenergie.at/eportal2/ep/channelView.do?channelId=-48413 [Stand: 19.6.2015]
1132 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.37

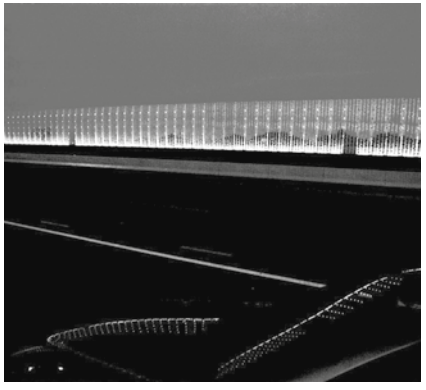


Abb. 178 I Lärmschutzsystem mit Lichtelementen

Abb. 179 I Lärmschutzsystem in Dachfläche integriert, Wohnhausanlage in Lelystad, Ansicht der Dachflächen

Abb. 180 I Lärmschutzsystem in Dachfläche integriert, Wohnhausanlage in Lelystad, Ansicht von der Seite

bierende Paneele mindern den Lärm. Die halbe T-Form oder L-Form an der Rückseite der Lärmschutzwand verstärkt den Lärmschutz.[1133] Die Beigabe katalytischer Materialien oder Chemikalien erhöht die Eigenschaften des Materials und trägt zum Abbau der Schadstoffe bei. Diese Methode befindet sich noch im Entwicklungsstadium.[1134]

Licht ist ein wesentlicher Bestandteil der Architektur und Landschaftsgestaltung. Beispielhaft für den Lärmschutz ist ein System in Melbourne (Abb. 178) zu erwähnen, das die Wahrnehmung der Lärmschutzelemente auch in der Nacht ermöglicht. Der Einsatz von Leuchtmittel im Straßenverkehr ist jedoch kritisch zu hinterfragen. Werden Lichtelemente im Lärmschutz eingesetzt, ist zu beachten, dass die Sicherheit der Personen im Straßenverkehr durch Ablenkung oder Blendung nicht gefährdet wird und dass *light pollution* so gering wie möglich gehalten wird.[1135] Werden punktuelle Gestaltungsimpulse mit Licht gesetzt, können diese in der Nacht durchaus hilfreiche Orientierung bieten.

Lärmschutzsysteme werden immer häufiger in gebaute Architektur, wie beispielsweise Fassaden, Dachflächen oder Tunnelanlagen und -decken integriert. Auf den ersten Blick sind die Systeme nicht immer als Lärmschutzelemente erkennbar. Die Niederlande nehmen in Europa im Bereich der innovativen Lärmschutzgestaltung eine tragende Rolle ein. Beispielhaft ist eine Wohnhausanlage (Abb. 179, 180) in der Nähe einer sehr stark befahrenen Straße zu erwähnen. Die Baukörper sind durch einen Erdwall von der Straße getrennt und sind zusätzlich mit reflektierenden Lärmschutzelementen in der Dachfläche ausgestattet. Verschiedene Lärmschutzsysteme werden hier miteinander kombiniert, um eine effiziente Lösung zu erzielen.[1136]

1133 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.246
1134 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.244
1135 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.134
1136 vgl. Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.190

10 LÄRMSCHUTZWÄNDE AUS BETON

Kapitel 8 und 9 erörtern Grundlagen zum Beton und zum Lärmschutz. Im folgenden Kapitel werden explizit Lärmschutzwände aus Holzbeton und Leichtbeton diskutiert. Lärmschutzwände aus Beton lassen eine Variabilität und Flexibilität in der Gestaltung zu. Betonoberflächen haben ein hohes Gestaltungspotential und können somit erfolgreich für Lärmschutzwände eingesetzt werden.[1137]

10.1 BAUSTOFF HOLZBETON UND BAUSTOFF LEICHTBETON

Im Lärmschutz wird vorwiegend Holzbeton oder Leichtbeton eingesetzt. Von Vorteil sind Betonarten mit einer hohen Porosität.

Holzbeton oder *Holzspanbeton* besteht aus Holz (Häckseln oder Späne, in der Regel Abfallprodukte der Holzindustrie), Wasser und Zement, chemische Zusätze oder Imprägnierungen sind nicht notwendig. Weichholz, beispielsweise Fichte oder Kiefer, wird mit Schlagmühlen zerkleinert und anschließend mit Mineralstoffen, Wasser und Zement vermengt und in Form gepresst.[1138] Holzbeton weist wärmedämmende und wärmespeichernde Eigenschaften auf, hat eine sehr gute schalldämmende Wirkung durch eine hochabsorbierende, grobporöse Oberfläche, ist brandbeständig (Feuerschutzklasse F 90), witterungs- und frostbeständig, statisch belastbar und besitzt eine hohe Tragfähigkeit, ist im Vergleich zu Beton relativ leicht und hat ein Flächengewicht von 70 bis 150 kg/m². Häufig werden Elemente aus Holzbeton vorgefertigt. Holzbeton weist einige Vorteile gegenüber anderen Baustoffen auf und besticht durch Brandbeständigkeit, Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit.[1139]

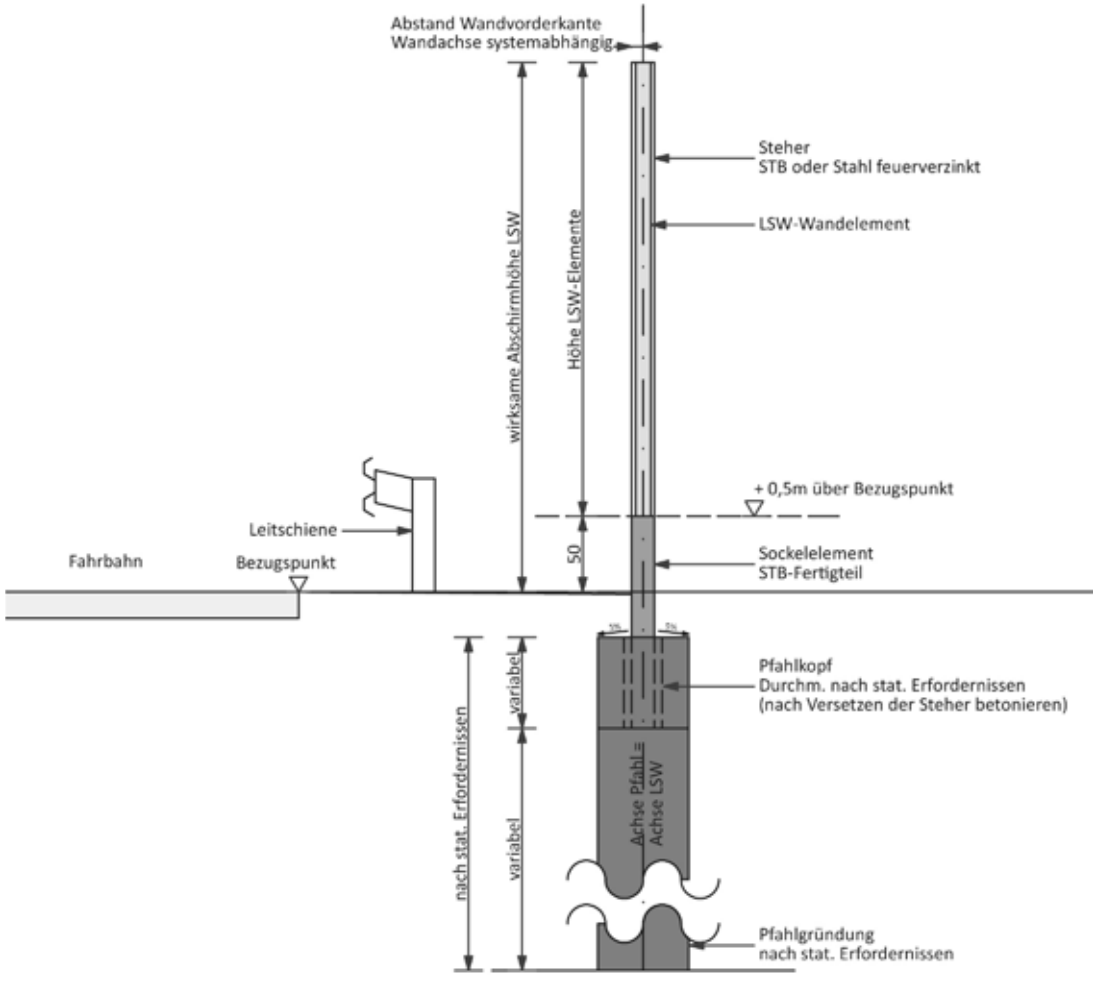
Leichtbeton hat im Vergleich zum Normalbeton eine geringe Rohdichte, diese liegt unter 2000 kg/m³ (Normalbeton 2000-2600 kg/m³). Um die Rohdichte zu verringern werden gezielt Poren in den Beton eingebracht. Die Eigenschaften des Leichtbetons werden durch Zuschläge (Bims, Blähton, Blähschiefer) und Art des Betongefüges (gefügedicht oder haufwerksporig) oder Anteil an Poren bestimmt. Leichtbeton besticht durch geringes Eigengewicht, niedrige Wärmeleitfähigkeit, gute Wärmedämmung, hohe Festigkeit im Vergleich zum Gewicht, ist brandbeständig und sehr umweltverträglich. Bei Leichtbeton werden folgende Arten unterschieden:[1140]

Gefügedichtem Leichtbeton oder Konstruktionsbeton werden im Vergleich zu Normalbeton Blähzuschläge beigemengt um Porosität zu erzielen. Durch die Kornporosität besticht der Beton durch eine geringe Rohdichte und ist sehr leicht. Mit gefügedichtem Leichtbeton können im Vergleich zu Normalbeton Gewichtsersparnisse erzielt werden, jedoch weist der Leichtbeton eine geringe Festigkeit auf.

Haufwerksporiger Beton oder auch Einkornbeton kennzeichnet sich durch die Wahl der Gesteinskörnung. Ziel ist es, möglichst viel Hohlraum zwischen den Körnern entstehen zu lassen. Mit haufwerksporigem Leichtbeton können Elemente mit beliebigem Maß und Form hergestellt werden.

Porenbeton „hat eine geschlossenzellige Struktur mit Poren von 0,5 bis 1,5 Millimeter Größe.“[1141] Bewehrter Porenbeton wird häufig für Wandtafeln und Deckenplatten eingesetzt. Porenbeton verbindet für die Praxis relevante Eigenschaften, u.a. Rohdichte (350 bis 1000 kg/m³), Festigkeit (2 bis 6 N/mm²) und Wärmeleitfähigkeit (ab 0,11 W/mK).[1142]

1137 vgl. URL: http://www.beton.org/wissen/infrastruktur/baulicher-laermschutz/ [Stand: 27.2.2014]
1138 vgl. URL: http://www.baunetzwissen.de/glossarbegriffe/Beton-Holzbeton_2277263.html [Stand: 7.3.2015]
1139 vgl. URL: http://www.baunetzwissen.de/glossarbegriffe/Beton-Holzbeton_2277263.html [Stand: 7.3.2015]
1140 vgl. URL: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Beton_Leichtbeton_150980.html [Stand: 7.3.2015]
1141 URL: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Beton_Leichtbeton_150980.html [Stand: 7.3.2015]
1142 vgl. URL: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Beton_Leichtbeton_150980.html [Stand: 7.3.2015]



LSW-ELEMENT
nach Abschirmerfordernissen

SOCKEL
nach stat. Erfordernissen
Widerstand gegen Frost und Tausalz

FUNDAMENT
nach stat. Erfordernissen

Abb. 181 I Aufbau einer Lärmschutzwand

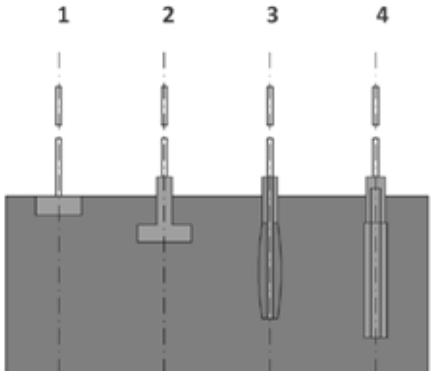


Abb. 182 I Fundamentlösungen, 1 Einzelfundament, 2 Streifenfundament, 3 Rammpfahl, 4 Bohrpfahl

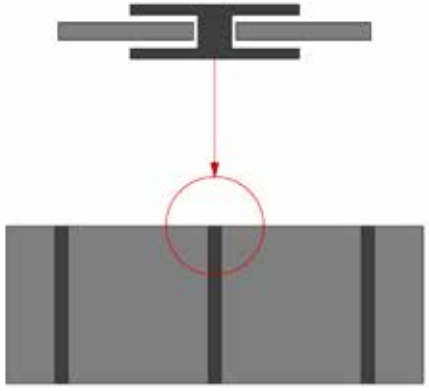


Abb. 183 I Stütze beidseitig sichtbar

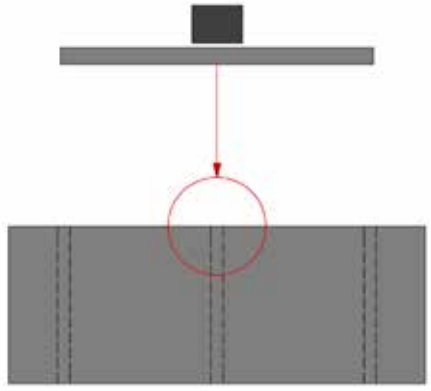


Abb. 184 I Stütze an der Rückseite sichtbar

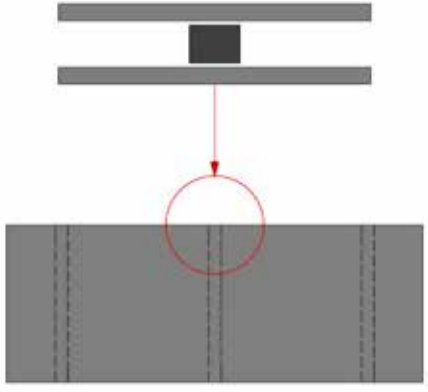


Abb. 185 I Stütze beideseitig verdeckt

10.2 AUFBAU EINER LÄRMSCHUTZWAND AUS BETON

Als Lärmschutzwand wird ein schallreflektierendes oder –absorbierendes, somit schallminderndes System am Emissionsort verstanden.[1143]
Die Grundkonstruktion einer Lärmschutzwand (Abb. 181) besteht aus Fundament, Sockel und Stützen mit Lärmschutzelementen. Häufig wird bei der Lärmschutzgestaltung ein Baukasten- oder Modulsystem angewendet.
Das *Fundament* bildet eine sichere Basis für die Lärmschutzwandkonstruktion. Je nach Beschaffenheit des Untergrundes werden beim Bau einer Lärmschutzwand unterschiedliche Fundamentlösungen (Abb. 182) angewendet. Es wird zwischen Flachgründungen beispielsweise Einzelfundamente (Abb. 182/1) oder Streifenfundamente (Abb. 182/2) und Tiefgründungen beispielweise Rammpfähle (Abb. 182/3) oder Bohrpfähle (Abb. 182/4) unterschieden.[1144] Fundamente werden vorwiegend in Beton oder Stahlbeton ausgeführt und müssen statischen Erfordernissen entsprechen.
Meist bildet ein *Sockel* oder *Riegel* aus Beton, der am Fundament und zwischen den Stützen fixiert ist, die Unterkonstruktion für Lärmschutzelemente. Der Sockel wird häufig als Fertigteilelement vorgefertigt und am Bauplatz montiert. Die Ausführung des Sockels muss statisch, konstruktiven Erfordernissen entsprechen und dieser sollte eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Frost und Tausalz aufweisen.
Stützen aus Stahl oder Stahlbeton, mit entsprechender statischer Dimensionierung werden in regelmäßigen Abständen am Fundament aufgesetzt und fixiert.[1145] Stützen können sichtbar oder unsichtbar ausgeführt werden (Abb. 183, 184, 185). Bei beidseitig sichtbaren Stützen sind lärmdämmende Elemente zwischen den Stützen angebracht. Werden Stützen nicht sichtbar ausgeführt, werden lärmdämmende Elemente an der Frontseite oder beidseitig an den Stützen montiert und verdecken das Stützenraster. Stützen müssen frost- und tausalzwiderständig ausgebildet werden.
Für *lärmdämmende Elemente*, vorwiegend Tafelwände, werden zwischen den Stützen eingespannt oder davorgesetzt und an der Stütze montiert. Viele Hersteller bieten Standardlösungen an. Häufig werden Systeme aus Beton oder Holzbeton in Kombination mit Acrylglas oder Glas angeboten.

1143 vgl. URL: http://www.betonwerk-schuster.de/betonwerk-downloads.html [Stand: 27.2.2014]
1144 vgl. URL: http://www.noeplast.com/noe-i-plast-i-laermschutz.html [Stand: 26.9.2014]
1145 vgl. URL: http://www.beton.org/wissen/infrastruktur/baulicher-laermschutz/ [Stand: 26.9.2014]

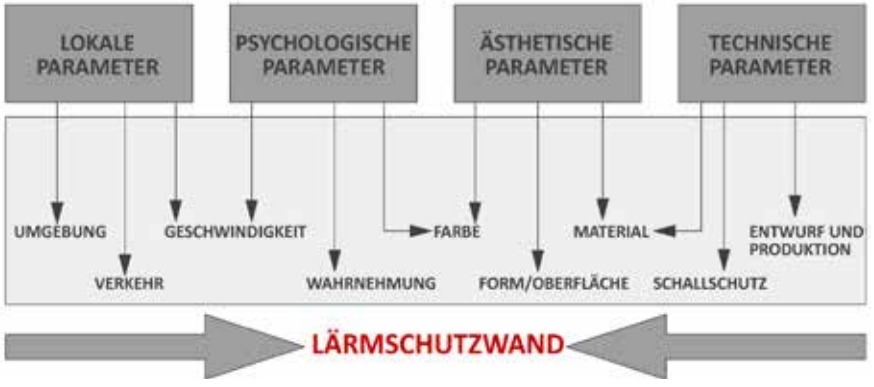


Abb. 186 I Parameter der Lärmschutzgestaltung

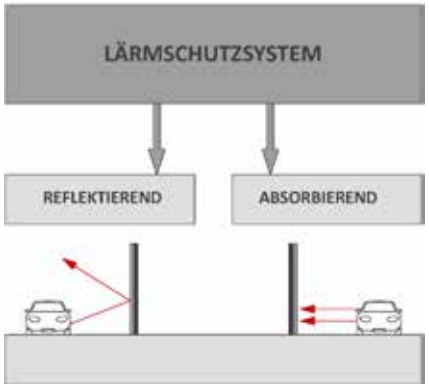


Abb. 187 I Lärmschutzsysteme im Überblick

10.3 ARCHITEKTONISCHE QUALITÄTEN UND ANFORDERUNGEN

Als architektonische Qualität werden Kriterien wie u.a. technische Funktionalität, Ästhetik, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit verstanden. Nicht allein die künstlerische Idee ist maßgebend für die Gestlatung von Lärmschutzwänden. Ein sensibler Umgang mit der Landschaft ist Voraussetzung und das Lärmschutzsystem sollte sich gut in die Umgebung eingliedern und als architektonisches Element wahrnehmbar sein. Kriterien der Gestaltung wie beispielsweise lokale, psychologische, ästhetische und technische Parameter sind unmittelbar miteinander verknüpft und stehen in einer Wechselbeziehung, indem sie sich gegenseitig bedingen (Abb. 186). Die Wahl der Form und des Materials sind u.a. wesentlich für eine funktionale und ästhetische Gestaltung.

SCHALLTECHNISCHE FUNKTION

Bei Lärmschutzkonstruktionen steht die *schalltechnische Funktion* und *Wirkungsweise* im Vordergrund. Lärmschutzsysteme wirken rein reflektierend, absorbierend oder hochabsorbierend um eine geradlinige Ausbreitung des Schalls zu verhindern (Abb. 187). Bei bestehenden Verkehrswegen kommen meist abschirmende und absorbierende Wand- oder Wallkonstruktionen zum Einsatz. Eine Lärmschutzwand hat eine abschirmende Wirkung und kann eine Lärmminderung zwischen 5 und 15 dB, maximal bis 20 dB erzielen. Die Wirkungsweise des Lärmschutzsystems hängt jedoch noch von weiteren Faktoren ab, wie u.a. der Höhe der Lärmschutzwand, der akustischen Beschaffenheit der Lärmschutzwand, vom Abstand zum Emissionsort, vom Abstand zum Immissionsort, vom Frequenzspektrum des Schalls und der Krümmung der Wand.[1146] Eine Lärmschutzwand aus Beton wird je nach Anforderung, als reflektierende, absorbierende oder hochabsorbierende bzw. beidseitig hochabsorbierende Wand ausgeführt.[1147] Poröse Oberflächen, wie beispielsweise Strukturen aus Holz(span)- oder Leichtbeton, weisen einen hohen Schallabsorptionsgrad auf. Schallschwingungsenergie wird irreversibel durch äußere Reibung zwischen den bewegten Luftpartikeln und dem Skelett des porösen Materials in Wärmeenergie umgewandelt. Lärmschutzwände sind umso wirksamer, je höher und je länger sie sind und je näher sie sich an der Schallquelle befinden.[1148]

Je nach Wirkungsbedarf werden Systeme aus verschiedenen Baustoffen eingesetzt, häufig wird jedoch Holzbeton eingesetzt. Bei reflektierenden Systemen werden die Schallwellen durch die glatte, harte Oberflächenbeschaffenheit, wie beispielsweise bei Normalbeton, in verschiedene

1146 o.V. (2009): Lärmschutzmaßnahmen am Ausbreitungsweg, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm, S.63
1147 vgl. URL: http://www.betonwerk-schuster.de/betonwerk-downloads.html [Stand: 27.2.2014]
1148 vgl. URL: http://www.beton.org/wissen/infrastruktur/baulicher-laermschutz/ [Stand: 27.2.2014]

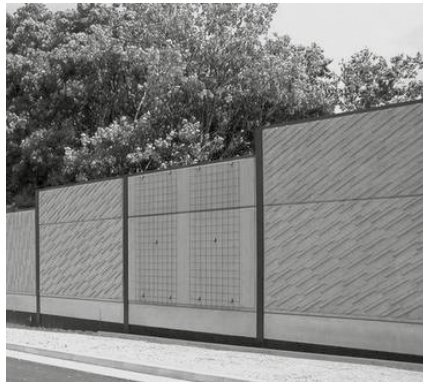


Abb. 188 I Reflektierendes System, Ortsumfahrung Wittenberg, Betonwerk Schuster

Abb. 189 I Absorbierendes System, A4 Bautzen-West, Betonwerk Schuster

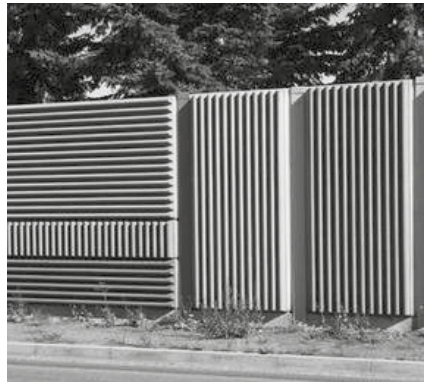


Abb. 190 I Hochabsorbierendes System, B6 Kubschütz, Betonwerk Schuster

Richtungen geleitet. Reflektierende Systeme (Abb. 188) sind meist Elemente mit ebenen oder strukturierten Flächen ohne Absorptionsbeton. Eine facettenreiche Gestaltung ist durch Matrizenschalung, glatte Schalung, Waschbeton oder Besenstrich möglich. Elemente weisen eine Schallabsorption von ungefähr 4 dB auf und sind der Schallabsorptionsklasse A1 zuzuordnen. Absorbierende Systeme (Abb. 189) können mit ebener oder strukturierter Oberfläche ausgeführt werden. Elemente weisen eine Schallabsorption von ungefähr 4 dB bis 7 dB auf und sind der Schallabsorptionsklasse A2 zuzuordnen. Hochabsorbierende Systeme (Abb. 190) besitzen meist speziell strukturierte Oberflächen, eine Rillen- oder Wabenstruktur, wodurch eine hohe Absorption erreicht wird. Hochabsorbierende Elemente erreichen eine Schallabsorption von 8 dB bis 11 dB (Schallabsorptionsklasse A3) oder über 11 dB (Schallabsorptionsklasse A4).[1149]

OBERFLÄCHE UND MATERIAL

Material hat in Hinblick auf Funktion, Ästhetik und Ökonomie eine wichtige Aufgabe und muss mehreren Anforderungen gerecht werden. Letztendlich bestimmt das Material das Erscheinungsbild. Schon Johann W. Goethe hebt Material, neben Zweck und ästhetischer Wirkung, als wesentliches Element für die Beurteilung und Wahrnehmung von Architektur hervor.[1150] Die Wahl des Materials hat Einfluss auf die Wirkung der Elemente, die einen Raum definieren und dient nicht nur dem Zweck.[1151]

Die Materialwahl wird häufig von Faktoren wie Anforderungen, örtliche Gegebenheiten, Platzbedarf, Gestaltungsmöglichkeiten, ökologische Aspekte und Wirtschaftlichkeit beeinflusst.[1152] Das Material prägt neben der Konstruktionsform die „Grundstruktur einer Wand."[1153] Verschiedene Oberflächenstrukturen können architektonische Elemente voneinander abheben. Material kann mit unterschiedlichen Sinnen erfasst werden. Seh-und Tastsinn sind bei der Wahrnehmung von Material vordergründig.[1154] Lärmschutzwände an Straßen sind der Einwirkung von Sonne, Witterung, Tausalzablösung, Mineralölgasen und Einigungsmitteln ausgesetzt und sollten diesen standhalten.[1155] Anforderungen an das Material sind größtmögliche Schallreduktion, Stabilität und Tagfähigkeit, Frost- und Tausalzbeständigkeit, Brandresistenz, Steinwurfresistenz,

1149 vgl. URL: http://www.betonwerk-schuster.de/betonwerk-downloads.html [Stand: 27.2.2014]
1150 vgl. Kruft (1982): Goethe und die Architektur, in: Neue Züricher Zeitung, 20.März 1982, zit. nach Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.164
1151 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.164f
1152 vgl. Ivancsics/Hattinger (1995): Lärm und Landschaft, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.58
1153 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf (2005): Empfehlungen für die Gestaltung von Lärmschutzanlagen an Straßen, S.15
1154 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.165
1155 vgl. Bausch/Dietsch: Lärmschutz an Straßen, S.23

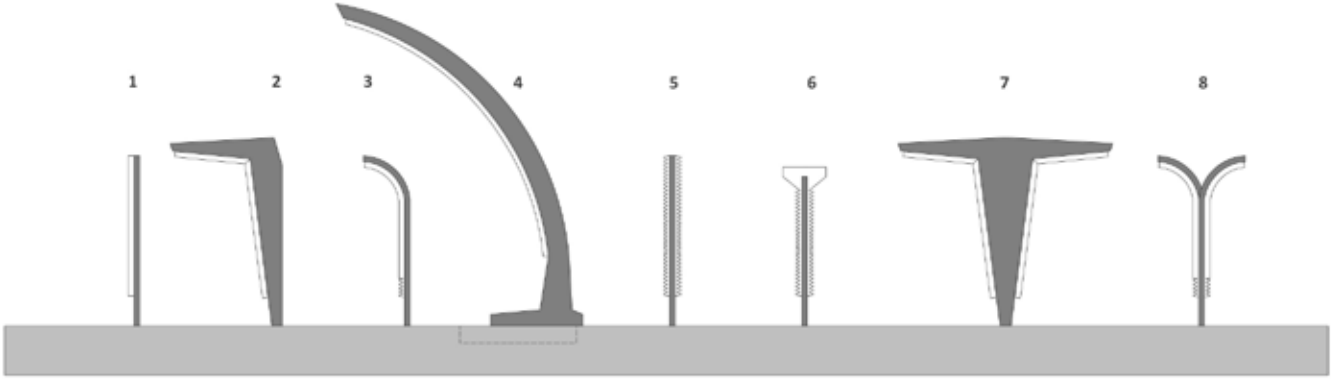


Abb. 191 I Konstruktionslösungen für Lärmschutzwände, 1 Seitenwandelement gerade, 2 Seitenwandelement ebenflächig geknickt, 3 Seitenwandelement kleiner Bogen, 4 Seitenwandelement großer Bogen, 5 Mittelwandelement gerade, 6 Mittelwandelement mit Aufsatz, 7 Mittelwandelement ebenflächig geknickt, 8 Mittelwandelement Bogen

Bruchfestigkeit und lange Lebensdauer.[1156] Nach Möglichkeit sollten die robusten Elemente wartungsfrei sein und eine Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren aufweisen.[1157] Holz(span)- und Leichtbeton werden im Lärmschutz aus mehreren Gründen bevorzugt eingesetzt und weisen einige Vorteile auf (vgl. Kap. 10.1). Lärmschutzwände aus Holzbeton- oder Leichtbeton haben aufgrund der hohen Porosität des Materials eine hohe Absorptionswirkung. Der Baustoff hat eine hohe Lebensdauer, u.a. weisen Lärmschutzwände aus Holz im Vergleich zu Betonwänden eine kürzere Lebensdauer auf. Das Material ist widerstandsfähig und die Wartungs- und Erhaltungskosten sind gering.

FORM UND GESTALT

Die *Form* und *Gestalt* bedingen mitunter Funktion, Erscheinungsbild und Wahrnehmung (vgl. Kap. 9.3). Form als Begriff kann sehr abstrakt verstanden werden. Damit eine Form existieren kann, muss eine Symbiose mit einem Medium bestehen. Eine Form wird an einem Objekt, einem Gegenstand oder im Raum sichtbar.[1158] Der dreidimensionale Raum begrenzt die zwei- oder dreidimensionale Form. Es werden regelmäßige und unregelmäßige Formen unterschieden. Symmetrie ist ein Hauptmerkmal regelmäßiger, geometrischer Formen. Zweidimensionale, geometrische Formen sind u.a. Kreis, Ellipse, Quadrat, Rechteck, Dreieck und Achteck. Geometrische Formen der dritten Dimension sind u.a. Kugel, Würfel und Pyramide.[1159] Zwei- und dreidimensionale geometrische Objekte werden unterschiedlich schnell und gut vom menschlichen Gehirn wahrgenommen. Beispielsweise zählt der Kreis zu den einfachsten wahrzunehmenden Objekten.[1160]

Eine Lärmschutzwand kann in ihrer vertikalen Erscheinungsform, somit im Vertikalschnitt, unterschiedlich ausgebildet sein. In der Praxis werden u.a. Lärmschutzwände als Seitenwandelemente (Abb. 191/1, 191/2, 191/3, 191/4) und Mittelwandelemente (191/5, 191/6, 191/7, 191/8) ausgeführt. Verschiedene Formen bedingen unterschiedliche Funktionen und Wirkungen. Neben der vertikalen Form beeinflusst die Materialwahl die Gestalt einer Lärmschutzwand. Eine Lärmschutzwand sollte sich gut in die Umgebung einfügen. Die Gestaltung der Anfangs- und Endelemente einer Lärmschutzwand sollte somit gut überlegt und an die örtliche Situation angepasst werden. Abrupte, vertikale Abschnitte sind zu vermeiden (Abb. 192). Vorteilhaft erweisen sich abgetreppte, kontinuierlich ansteigenden oder schräge Elemente (Abb. 193, 194).

1156 vgl. Delta Bloc (2012): PHONOBLOC Lärmschutzwandsysteme aus Beton, S.6, URL: http://www.phonobloc.com/cxdata/media/files/phonobloc-broschure_de_v26_web_filede_52.pdf [Stand: 26.9.2014]
1157 vgl. Bausch/Dietsch: Lärmschutz an Straßen, S.23
1158 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.196
1159 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.205ff
1160 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.205

Abb. 192 I Lösungen für Anfangs- und Endelemente, Elemente schaffen keine Verbindung zur Umgebung

Abb. 193 I Lösungen für Anfangs- und Endelemente, Elemente schaffen eine Verbinung zur Umgebung

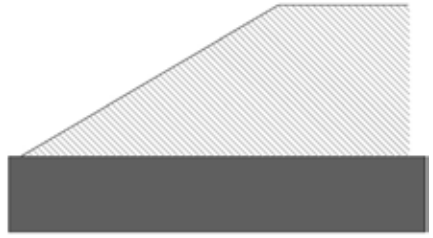


Abb. 194 I Lösungen für Anfangs- und Endelemente, Element schafft eine fließende Verbindung zur Umgebung

Abb. 195 I Farbkreis nach Itten

FARBE UND KONTRAST

Farbe und *Kontrast* sind für die Gestaltung von Lärmschutzwänden u.a. im Bezug auf Ästhetik und Wahrnehmung relevant. Der Einsatz von Farbe ist meist Ausdruck eines bestimmten Zeitabschnitts der Architektur oder ist einem Trend unterworfen, nimmt aber seit den letzten zwanzig Jahren stetig zu.[1161] *Gebaute Farbe* erfordert ein Verständnis vom *Farbkreis* bzw. der Farbenlehre und ein Wissen über die visuelle Wirkung der einzelnen Farbe.[1162] Über das „Wesen der Farbe"[1163] haben schon Philosophen, Kunstschaffende und Wissenschaftler im Altertum nachgedacht. Im Laufe der Zeit sind unterschiedliche Theorien zur Farblehre, beispielsweise nach Leonardo da Vinci (1456), Isaac Newton (um 1700), Johann W. Goethe (um 1810) und Philipp O. Runge (um 1810) entstanden. Wesentliche Inhalte zur Farbenlehre basieren jedoch auf Erkenntnissen im 20. Jahrhundert.[1164] Johann Itten entwickelt ein Ordnungsschema (1961), das auf den Grundfarben Rot, Gelb, Blau basiert. Aus den drei Primärfarben lassen sich weitere Farben mischen. Der Farbkreis nach Itten umfasst zwölf Grundfarben (Abb. 195), die nach Farben erster und zweiter Ordnung unterschieden werden.[1165] Auch andere Maler wie Wassily Kandinsky (1914) oder Paul Klee (1925) erkennen die raumgestalterische Bedeutung von Farbe. Im 20. Jahrhundert entsteht der Begriff Farbdynamik, der die Beziehung zwischen der Umwelt, der Oberflächenerscheinung der Umweltelemente und dem in der Umwelt agierenden Menschen beschreibt.[1166]

Farbe ist ein Bestandteil der Architektur und bildet nicht nur die Hülle. Funktion, Konstruktion, Form und Farbe sind untrennbar miteinander verbunden.[1167] *Farbharmonie* ist für die Gestaltung von Architekturoberflächen, insbesondere für Lärmschutzelemente ein wesentliches Kriterium.[1168]

Weiß, Schwarz und Grau zählen zu den neutralen Farben. Die drei Primärfarben Rot, Blau und Gelb zählen zu wichtigen Ausdrucksträgern unter den Farben. Die drei Sekundärfarben Orange, Grün und Violett mischen sich aus je einem Paar der Primärfarben und sind in ihren Farbabstufungen sehr nuancenreich.

Ein kurzer Exkurs in die Farbpsychologie ist auch für die Gestaltung von Lärmschutzelementen hilfreich. Farben wirken auf die Gefühlswelt des

1161 vgl. Scharf (2002): Farben in der Architektur, S.7
1162 vgl. Benad (2007): Architekturfarben, S.173f
1163 Düchting (2003): Grundlagen der künstlerischen Gestaltung, S.52
1164 vgl. Nemcsics (1993): Farbenlehre und Farbendynamik, S.17
1165 vgl. Düchting (2003): Grundlagen der künstlerischen Gestaltung, S.57
1166 vgl. Nemcsics (1993): Farbenlehre und Farbendynamik, S.17
1167 vgl. Nemcsics (1993): Farbenlehre und Farbendynamik, S.229
1168 vgl. Düchting (2003): Grundlagen der künstlerischen Gestaltung, S.63

Menschen und lösen in Abhängigkeit zum Kontext unterschiedliche Impulse aus. Farbreize beeinflussen den Menschen nicht nur auf emotionaler Ebene, sondern lösen im Organismus unterschiedliche Reaktionen aus. Bestimmte Farben können *Träger* und *Übermittler* bestimmter Informationen sein und dienen der non-verbalen Kommunikation.[1169] Die Wirkung von Farben hängt von drei Faktoren ab, u.a. vom Ort, vom Kulturkreis und vom Betrachter. Einer bestimmten Farbe kann eine Symbolik und Bedeutung zugeschrieben werden. Beispielsweise wird die Farbe Rot im Straßenverkehr oder in der Chirurgie als Signalfarbe wahrgenommen, tief roter Wein löst jedoch keinen Signalimpuls aus. Die Farbe Rot wird gemäß Goethe als höchste Farberscheinung bezeichnet. Symbolgehalte der Farben sind aber nicht in allen Kulturkreisen gleich.[1170] Der Farbe Rot wird u.a. ein starker, aktiver, lebendiger Charakter zugeschrieben. Der Farbe Blau wird u.a. mit den Eigenschaften ruhig, konzentriert, abwartend, passiv, weiblich, vertrauend beschrieben. Die Farbe Gelb wird mit Licht assoziiert und steht für das Helle, Positive und Leuchtende. Die Farbe Grün wird der Natur zugeordnet und scheint eine entspannende und beruhigende Wirkung zu haben.
Die Farbwahrnehmung wird durch Intensität, Helligkeit und Sättigung des Farbtons mitbestimmt. Beispielsweise werden Rot-, Orange-, und Gelbtöne als warme Farben und Blau- und Grüntöne als kalte Farben wahrgenommen. Die Farbsättigung spielt auch hier eine entscheidende Rolle. Je blasser eine Farbe erscheint, desto *kälter* ihre Wirkung.[1171] Die Wahrnehmung der Farbe wird außerdem durch Lichtverhältnisse und durch Farben der Umgebung mitbestimmt.[1172]
Je nach geographischen Bedingungen und Sonneneinstrahlung wirken Farben unterschiedlich. Für Gebiete mit wenig Sonnenlicht eignen sich stark gesättigte und kontrastreiche Farben. Sonnige Gebiete lassen die Farbe Weiß lebhaft, strahlend, rein und frisch wirken. Hingegen wirkt der Farbton in nebeligen Gebieten eher verschwommen und diffus. Sonnenlicht erweckt Rot, Orange und Gelb zum Leben und lässt die Farben strahlen. Grün und Blau kommen im Schatten besser zur Geltung.[1173] Die Orientierung des Bauobjektes, u.a. der Lärmschutzwand, hat somit Einfluss auf die Farbwahl.
Ein *Hell-Dunkel-Kontrast* oder ein *Komplementärkontrast* eignen sich bedingt für die Farbgestaltung von Lärmschutzelementen.[1174] Komplementärfarben verstärken die Farbwirkung. Farbe kann Elemente optisch von einander absetzen oder eine Fläche modulieren und akzentuieren. Bei der Farbwahl im öffentlichen Raum sollte nicht der subjektive Geschmack, sondern die Architektur selbst im Fokus stehen. Um nicht in einer polychromen Unordnung zu enden, fordert der Umgang mit Farbe im öffentlichen Raum ein sensibles Gespür.[1175] Farbgestaltung kann oftmals mit geringen finanziellen Aufwand erzielt werden und häufig ist eine Gestaltung mittels Farbe auch nach Abschluss eines Bauvorhabens möglich. In der Architektur wird der Baustoff häufig eingefärbt oder beschichtet.[1176] Farbe ist in der Lage einem Bauelement oder Baukörper Charakter zu verleihen und identitätsstiftend zu wirken.[1177] Farbe sollte die architektonische Idee des Entwurfs unterstützen und das Gesamtkonzept aufwerten. Die Farbwahl kann die Wirkung in der Umgebung positiv oder negativ beeinflussen. Aktuell werden vorwiegend Elemente in gedeckten Farben und der Natur nachempfundene Farben angewendet. Beim Einsatz von Farbe in der Lärmschutzgestaltung sollten einige Aspekte berücksichtigt werden. Die Farbwahl sollte zurückhaltend sein, damit sich die Elemente gut in die Umgebung eingliedern. Ein häufiger und kleinflächiger Farbwechsel ist zu vermeiden und nicht von Vorteil. Die natürliche Farbgebung des Baustoffs ist vorzuziehen. Das Aufmalen oder Nachempfinden von *Farbverläufen aus der Natur* verfehlt im Lärmschutz meist die erwünschte Wirkung.[1178] Ziel ist es, ein Verhältnis von Farbe und Form zu finden, das sich gut in die Umgebung eingliedert und Personen im Straßenverkehr nicht ablenkt.
Im Straßenverkehr werden überwiegend Primär- und Sekundärfarben und die Farben Weiß und Schwarz eingesetzt und sind u.a. bei Verkehrszeichen, Beschilderung, Autokennzeichen und Straßenmarkierungen vorzufinden. Der Einsatz von Farben in Pastellnuancen ist im Straßenver-

1169 vgl. Düchting (2003): Grundlagen der künstlerischen Gestaltung, S.69
1170 vgl. Düchting (2003): Grundlagen der künstlerischen Gestaltung, S.68ff
1171 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.328
1172 vgl. Grütter (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, S.325
1173 vgl. Nemcsics (1993): Farbenlehre und Farbendynamik, S.230f
1174 vgl. Düchting (2003): Grundlagen der künstlerischen Gestaltung, S.59f
1175 vgl. Scharf (2002): Farben in der Architektur, S.9f
1176 vgl. Benad (2007): Architekturfarben, S.173
1177 vgl. Scharf (2002): Farben in der Architektur, S.13
1178 vgl. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf (2005): Empfehlungen für die Gestaltung von Lärmschutzanlagen an Straßen, S.15

kehr unüblich.[1179]

Das Erscheinungsbild von Lärmschutzelementen aus Beton wird durch eine Farbgestaltung wesentlich mitbestimmt. Der Grundton von Beton erscheint meist Grau. Beton, polymergebundene Materialien oder Holzwerkstoffe lassen sich sehr gut durchfärben. Eine Durchfärbung von mineralischen Werkstoffen hat Berechtigung, wo sich Beschichtungen einsparen lassen oder nicht dauerhaft möglich sind und die Abnutzung des Materials gering ist.[1180] Im Lärmschutz werden Beschichtungs- und Färbeverfahren angewendet.

WIRTSCHAFTLICHKEIT UND NACHHALTIGKEIT

Lärmschutzkonstruktion sollen neben Funktionalität und Ästhetik auch Anforderungen wie Wirtschaftlichkeit, *Ressourcenökonomie* und *Nachhaltigkeit* erfüllen. Beton als Baustoff weist viele positive Eigenschaften hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit auf. Neben der langen Lebensdauer und dem hohen Widerstand gegen Umwelt- und Betriebseinflüsse, ist die Montage von Betonelemente einfach.[1181] Der Kostenaufwand wird durch eine serielle Fertigung minimiert. Pflege- und Erhaltungskosten sind beim Material Beton, im Vergleich zu anderen Baustoffen gering. Beschichtungen und die Verwendung von Farbe kann die Lebensdauer einer Lärmschutzwand aus Beton erhöhen. Im Besonderen sind die ökologischen Gründe für die Wahl von Holz(span)beton hervorzuheben. Der Baustoff wird aus natürlichen Rohstoffen erzeugt und oftmals werden auch Sekundärstoffe (Abfallprodukte aus der Holzindustrie) recycelt. Die Rohstoffe sind meist regional verfügbar, somit werden die Transportwege und der CO2-Ausstoß gering gehalten. Hinsichtlich Wirtschaftlichkeit besticht Holz(span)beton durch Langlebigkeit und Dauerhaftigkeit. Teilweise sind die Systeme selbstreinigend bzw. ist eine Reinigung durch Waschen möglich. Holz(span)beton ist sehr widerstandfähig gegen Umwelteinflüsse, u.a. absolut frost- und tausalzbeständig. Bei Schäden kann der Baustoff einfach und rasch in Stand gesetzt werden. Die Erhaltungskosten sind sehr niedrig, da geringer bis kein Wartungsaufwand erforderlich ist. Holz(span)betonelemente weisen eine Lebensdauer von über 40 Jahre auf. Nach dieser Zeitspanne verändert sich ausschließlich die Optik des Elements, es tritt keine Funktionsbeeinträchtigung ein. Holzbetonelemente werden nach Einsatz wiederverwertet oder als Baurestmasse deponiert.[1182] Im Sinne einer ökologischen Verantwortung ist es unerlässlich, Baustoffe und Herstellungsverfahren eingehend zu prüfen, um nachhaltige, ästhetische und funktionale Lösungen zu finden.[1183]

1179 vgl. Jaworski (1995): Kunst und Lärm, in: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden, S.107
1180 vgl. Kalweit (2014): Materialität als Technologie, in: Buether (Hrsg.): Farben, S.28
1181 vgl. URL: http://www.beton.org/wissen/infrastruktur/baulicher-laermschutz/ [Stand: 7.3.2014]
1182 vgl. URL: http://www.holzbeton.at/de/holzbeton/oekologische-aspekte.html [Stand: 7.3.2015]
1183 vgl. Kalweit (2014): Materialität als Technologie, in: Buether (Hrsg.): Farben, S.31

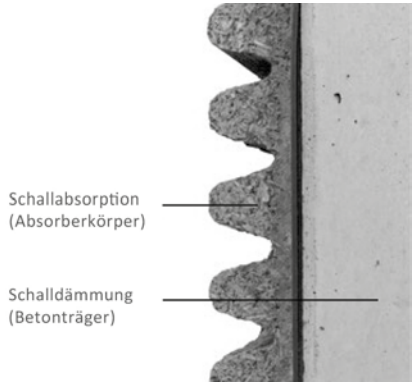


Abb. 196 I Aufbau Lärmschutzwand, Betonwerk Rieder

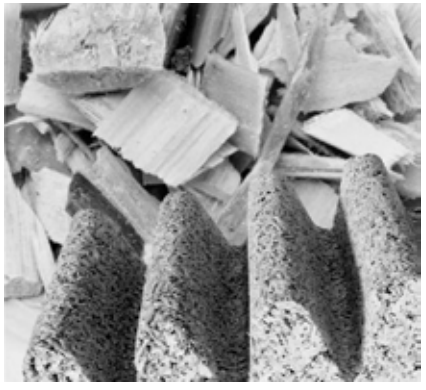


Abb. 197 I Faseton, Rohstoff und Endprodukt, Betonwerk Rieder

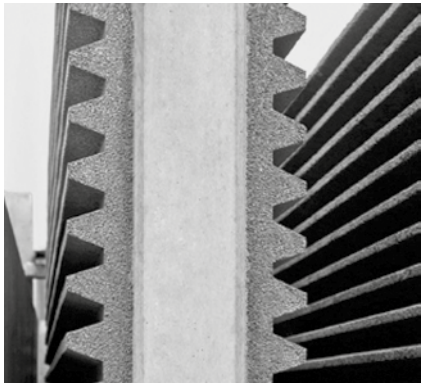


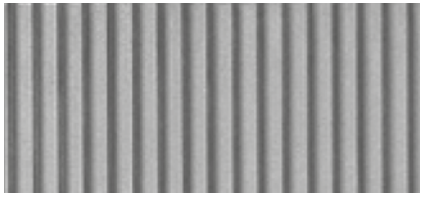
Abb. 198 I Hochabsorbierende Lärmschutzwand, Betonwerk Schuster

10.4 GESTALTUNGSLÖSUNGEN UND BEISPIELE AUS DER PRAXIS

Die Eingabe der Begriffskombination *Hersteller* und *Lärmschutzwand* in die Suchmaschine Google erzielt 40.800 Ergebnisse in 0,25 Sekunden.[1184] Zahlreiche Unternehmen bieten eine breite Palette an reflektierenden, teil- oder vollabsorbierenden und hochabsorbierenden Elementen und Systemen an. Folgend werden beispielhaft Anbieter bzw. Hersteller vorgestellt, die sich primär auf Lärmschutzsysteme aus dem Werkstoff Beton spezialisiert haben. Grundsätzlich basieren die Systeme auf einem ähnlichen Herstellungs- und Konstruktionsprinzip und werden der Norm entsprechend in verschiedenen Leistungsklassen angeboten. Die vorgefertigten Elemente sind meist in verschiedenen Designs erhältlich, teilweise ist auch eine individuelle Gestaltung und Farbgebung möglich.

Lärmschutzelemente aus Beton oder Holz(span)beton stellt das *Betonwerk Rieder* her. Im Bereich Lärmschutz kann das Unternehmen auf Erfahrungswerte der letzten 20 Jahre zurückgreifen und bietet verschiedene Systemlösungen für Straße und Schiene an. Lärmschutzlösungen umfassen nur einen Teilbereich des Produktsortiments. Rieder-Systeme bestehen aus absorbierenden Holzbetonelementen und aus Tragschalen aus Beton (Abb. 196).[1185] Holzbeton ermöglicht eine Gestaltung von strukturierten Oberflächen oder wellenartigen Formen. Das Produkt wird unter dem markengeschützten Namen *Faseton* (Abb. 197) vertrieben und weist eine hohe Absorptionsfähigkeit und ausgezeichnete Ökobilanz auf.[1186]

Das *Betonwerk Schuster* bietet Lärmschutzsysteme und Lärmschutzverkleidungen an (Abb. 198). Die Lärmschutzsysteme setzen sich aus eine Trägerbetonelement und einem Absorptionselement (Leichtbeton oder Holzspanbeton) zusammen. Die Elemente werden in verschiedenen Oberflächenstrukturen, mit verschieden Typbezeichnungen *Lausche*[1187] (Abb. 199), *Welle*[1188], *Trapez*[1189] und *Wabe*[1190] (Abb. 200) ausgeführt. Die Typen entsprechen den Leistungsklassen A3 und A4.[1191]



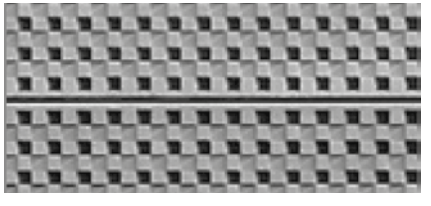


Abb. 199 I Lausche, Betonwerk Schuster

Abb. 200 I Wabe, Betonwerk Schuster

1184 vgl. Suchmaschine Google: [Stand: 26.9.2014]
1185 vgl. Betonwerk Rieder (o.J.): Infrastruktur Broschüre, S.8, URL: http://www.rieder.at/metanavigation/online-kataloge/ [Stand: 26.9.2014]
1186 vgl. Betonwerk Rieder (o.J.): Infrastruktur Broschüre, S.12, URL: http://www.rieder.at/metanavigation/online-kataloge/ [Stand: 26.9.2014]
1187 vgl. URL: http://www.betonwerk-schuster.de/beton-laermschutz-system-lausche.html [Stand: 9.10.2014]
1188 vgl. URL: http://www.betonwerk-schuster.de/beton-laermschutz-system-welle.html [Stand: 9.10.2014]
1189 vgl. URL: http://www.betonwerk-schuster.de/beton-laermschutz-system-trapez.html [Stand: 9.10.2014]
1190 vgl. URL: http://www.betonwerk-schuster.de/beton-laermschutz-system-wabe.html [Stand: 9.10.2014]
1191 vgl. Betonwerk Schuster (o.J.): Lärmschutzelemente, S.2ff, URL: http://www.betonwerk-schuster.de/Laermschutz.pdf [Stand: 9.10.2014]

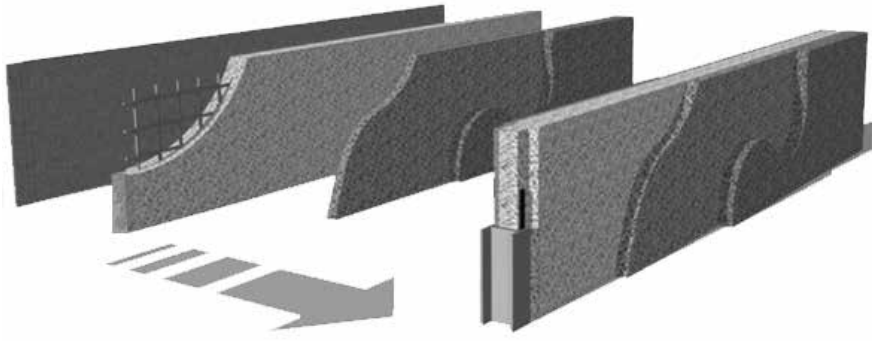
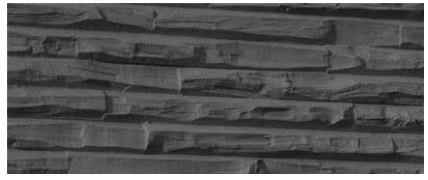


Abb. 201 I Lärmschutzwand Schichtaufbau, PHONOBLOC



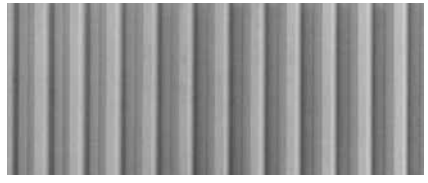


Abb. 202 I Matrize Hong Kong, NOEplast

Abb. 203 I Matrize Tölz, NOEplast

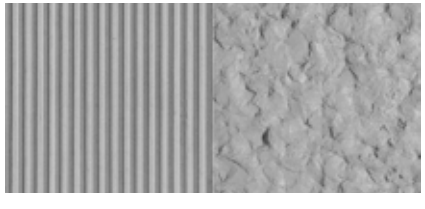


Abb. 204 I Lärmschutzwand mit Zugvögeln, Matrize Gladbeck und Granit III, NOEplast

Abb. 205 I Matrize Gladbeck und Granit III, NOEplast

Lärmschutzsysteme von *PHONOBLOC* sind aus drei Schichten (Abb. 201) zusammengesetzt. Der patentierte Aufbau setzt sich aus einer gestaltbaren Versiegelungsschicht, einer tragenden Absorptionsschicht und einer kreativen Design-Schicht zusammen. Die Betonstruktur der Absorberschicht (mittlere Schicht) übernimmt eine schallabsorbierende, schalldämmende und statische Funktion. Individuelle Gestaltungsmöglichkeiten bieten sich durch die Design-Schicht an, eine Vielzahl an Standardstrukturen steht für eine ästhetische Gestaltung zur Verfügung.[1192]
Mit *Strukturmatrizen* (vgl. Kap. 8.3) lassen sich Lärmschutzwände in Form und Struktur bis zur Hochabsorption vollenden. Mit Schalungsmatrizen ist eine vielfältige Oberflächengestaltung möglich. Neben einer großen Bandbreite an vorgefertigten Strukturen sind auch individuelle Lösungen möglich. Struktur und Art des Betons sind maßgebend für eine gute lärmdämmende Wirkung. *NOEplast* und *RECKLI* sind auf diesem Gebiet marktführend.
Referenzprojekte von *NOEplast* zeigen, dass Strukturmatrizen immer häufiger im Lärmschutz eingesetzt werden. Die Matrize *Hong Kong* (Abb. 202) ist der Struktur eines Holzscheits nachempfunden.[1193] Die Matrize *Tölz* (Abb. 203) eignet sich für hochabsorbierende Lärmschutzwände entlang von Eisenbahnstrecken.[1194] Hier wird offenporiger Lava-Beton eingesetzt, der die Schallabsorption zusätzlich verbessert. In den Niederlanden wird entlang der Autobahnstrecke zwischen Oudenrijn und Everdingen eine Lärmschutzwand mit individueller Note gebaut (Abb. 204). In Zusammenarbeit mit dem Architekturbüro Aletta van Aalst & Partners Architecten BV wird eine Strukturmatrize entwickelt, die an Motive des Künstlers und Grafikers Mauritius Cornelis Escher erinnert. Für die Matrize werden Zugvögel stilisiert. Die Konzeptidee basiert auf dem Grundgedanken des *Reisens*. In der Umsetzung werden zwei *NOEplast* Strukturen, *Gladbeck*[1195] und *Granit III*[1196] (Abb. 205), miteinander kombiniert.[1197]
RECKLI bietet eine große Bandbreite an Designvorschlägen und Sonderlösungen an.

1192 vgl. Delta Bloc (2012): PHONOBLOC Lärmschutzwandsysteme aus Beton, S.5f,
URL: http://www.phonobloc.com/cxdata/media/files/phonobloc-broschure_de_v26_web_filede_52.pdf [Stand: 26.9.2014]
1193 vgl. URL: http://www.noeplast.com/noe-i-plast-i-laermschutz.html [Stand: 9.10.2014]
1194 vgl. URL: http://www.noeplast.com/noe-i-plast-i-laermschutz.html [Stand: 9.10.2014]
1195 vgl. URL: http://www.noeplast.com/article.asp?lang=de&PGID=16&ArtID=56&alpha=&numer [Stand: 9.10.2014]
1196 vgl. URL: http://www.noeplast.com/article.asp?lang=de&PGID=3&ArtID=31&alpha=&numer [Stand: 9.10.2014]
1197 vgl. URL: http://www.noeplast.com/laermschutzwand-oudenrijn-everdingen-niederlande.html [Stand: 9.10.2014]

11 ANALYSE UND BAUPLATZ

Das Baugebiet befindet sich in Europa (Abb. 206), im Süden von Österreich im Bundesland Kärnten (Abb. 207). Mit einer Größe von ca. 9540 Quadratkilometern bildet Kärnten eine wichtige Verkehrsschnittstelle in Richtung Süden (Italien und Slowenien).[1198] Entlang der *Südautobahn* (A2) wird der Streckenabschnitt zwischen Villach und Klagenfurt gewählt. Beide Städte sind wichtige Verkehrsknotenpunkte, wobei Villach eine bedeutende Schnittstelle im Alpen-Adria-Raum darstellt. Die Verkehrsachse Richtung Süden ist durch ein hohes Verkehrsaufkommen gekennzeichnet. Die Gesamtlänge des Streckennetzes der Schnellstraßen und Autobahnen in Österreich beträgt 2178 Kilometer (Stand 2013).[1199] Die rund 2200 Kilometer werden von der ASFINAG betreut.[1200] In Österreich ist eine Strecke mit 1275 Kilometer Länge bzw. eine Fläche von 4,1 Quadratkilometern mit Lärmschutzwänden verbaut (Stand 2012).[1201] Im Jahr 2011 werden rund 27 Mio. Euro investiert um Lärmschutzmaßnahmen in Form von Lärmschutzwänden umzusetzen. Ungefähr 11 Mio. Euro werden für Umweltentlastungsmaßnahmen eingesetzt.[1202]

Die *Südautobahn* als längste Autobahn Österreichs, mit einer Gesamtlänge von 377 Kilometern, verbindet den Norden mit dem Süden.[1203] Planungen für eine Autobahnverbindung zwischen Wien, Graz, Klagenfurt und Villach gehen auf die Zeit des Dritten Reiches und die Reichsautobahn zurück. Schon zwischen 1938 und 1941 gibt es ein Konzept für eine Linienführung Richtung Süden, jedoch ohne weitere Fortsetzung Richtung Italien. Der Abschnitt zwischen Wien und Wiener Neustadt wird nach den Plänen von 1938 mit kleinen Abweichungen errichtet und 1964 fertiggestellt. Überlegungen für weitere Abschnitte sind im Gespräch. Im Juli 1956 beschließt die Bundesregierung den Bau der Autobahnstrecke von Wien nach Villach. Die Strecke wird erst später als Südautobahn bezeichnet. Gemäß des damaligen Finanzierungskonzepts ist eine Fertigstellung für 1975 geplant. Die Südautobahn wird jedoch erst 1999 abgeschlossen.[1204] Abschnitte in der Steiermark werden in den späten 1960er und frühen 1970er Jahren fertiggestellt. In Kärnten sollen „die jeweiligen Bundesstraßenabschnitte […] durch die Autobahn entlastet werden.“[1205] Der Abschnitt zwischen Klagenfurt und Villach entlang der Wörthersees erscheint dringliche Maßnahmen zu fordern, da vor allem im Sommer schon um 1960 Spitzenwerte pro Tag von 25000 Fahrzeugen gemessen werden. Basierend auf den Planungen um 1940 werden ab 1958 mit der gesetzlichen Verankerung der Südautobahn Machbarkeitsstudien erstellt um den Verlauf des Streckenabschnitts nördlich oder südlich des Sees festzulegen. Die Linienführung auf der Nordseite des Wörthersees erweist sich als zweckmäßigere Variante. Mit dem Spatenstich in Töschling beginnen 1965 die Bauarbeiten und sind mit Beginn der Sommersaison 1972 abgeschlossen. Die *Wörther See Autobahn* schafft eine Verbindung zwischen Villach und Klagenfurt.[1206]

1198 vgl. URL: http://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/bundeslaender/ [Stand: 2.2.2015]
1199 vgl. ASFINAG (2013): Serviceheft - Für ihre Sicherheit auf Österreichs Autorbahnen und Schnellstraßen, S.7, URL: http://www.asfinag.at/documents/10180/537906/ASFINAG_Serviceheft_2013.pdf/f8297a12-37bf-4d77-a7af-fcb105faf202 [Stand: 2.2.2015]
1200 vgl. URL: http://www.asfinag.at/ueber-uns/unternehmen [Stand: 2.2.2015]
1201 vgl. URL: http://www.asfinag.at/unterwegs/bauprojekte/laermschutz/rechtliches [Stand: 2.2.2015]
1202 vgl. URL: http://www.asfinag.at/unterwegs/bauprojekte/laermschutz/rechtliches [Stand: 2.2.2015]
1203 vgl. URL: http://www.wien-konkret.at/verkehr/auto/autobahnen/ausfahrten/a2/ [Stand: 2.2.2015]
1204 vgl. ASFINAG (2012): Das Autobahnnetz in Österreich - 30 Jahre ASFINAG, S.39, URL: http://www.asfinag.at/documents/10180/13369/de_Buch+30+Jahre+ASFINAG.pdf/8af1a7eb-9bda-4f3c-86a9-81181d4bacb9 [Stand: 2.2.2015]
1205 ASFINAG (2012): Das Autobahnnetz in Österreich - 30 Jahre ASFINAG, S.40
1206 vgl. ASFINAG (2012): Das Autobahnnetz in Österreich - 30 Jahre ASFINAG, S.41

Abb. 206 I Landkarte, schematische Darstellung von Europa

Abb. 207 I Landkarte, schematische Darstellung von Österreich und Kärnten

11.1 BAUGEBIET

Das Baugebiet befindet sich im Bundesland Kärnten entlang der Südautobahn (Abb. 208, 209). Es wird ein Gestaltungskonzept für den Streckenabschnitt zwischen Klagenfurt Nord und Knoten Villach (Kilometer 320,8 bis 355,6) entwickelt. Auf dem Streckenabschnitt mit ca. 35 Kilometern Länge gibt es mehrere Autobahnauf- und -abfahrten, die u. a. die angrenzende Gemeinden Krumpendorf, Pörtschach, Velden und Wernberg erschließen.

Tab. 5 zeigt Auf- und Abfahrten entlang der Südautobahn. Das Baugebiet ist zwischen Klagenfurt West und Knoten Villach eingegrenzt.[1207]

Autobahn	Kilometer			Bundesland
A2	305,3	Anschlussstelle Klagenfurt Ost (A2, B92)	Klagenfurt	Kärnten
A2	317,2	Anschlussstelle Klagenfurt-Flughafen (A2)	Klagenfurt	Kärnten
A2	328,7	Anschlussstelle Klagenfurt West (A2, L75)	Krumpendorf am Wörthersee	Kärnten
A2	331,2	Halbanschlussstelle Krumpendorf West (A2, B83)	Krumpendorf am Wörthersee	Kärnten
A2	334,2	Halbanschlussstelle Pörtschach Ost (A2, B83)	Pörtschach/Wörthersee	Kärnten
A2	338.9	Anschlussstelle Pörtschach West (A2, B83)	Techelsberg/Wörthersee	Kärnten
A2	342,4	Halbanschlussstelle Velden Ost (A2, B83)	Techelsberg/Wörthersee	Kärnten
A2	346,1	Anschlussstelle Velden West (A2, B83)	Velden am Wörthersee	Kärnten
A2	352,3	Halbanschlussstelle Wernberg (A2, B83)	Wernberg	Kärnten
A2	355,6	Knoten Villach (A2, A10, A11)	Villach	Kärnten
A2	358,1	Anschlussstelle Villach-Faaker See (A2, B84)	Villach	Kärnten
A2	363,9	Anschlussstelle Villach-Warmbad (A2, B83)	Villach	Kärnten

Tab. 5 I Südautobahn, Auf- und Abfahrten

1207 vgl. URL: http://www.wien-konkret.at/verkehr/auto/autobahnen/ausfahrten/a2/ [Stand: 2.2.2015]

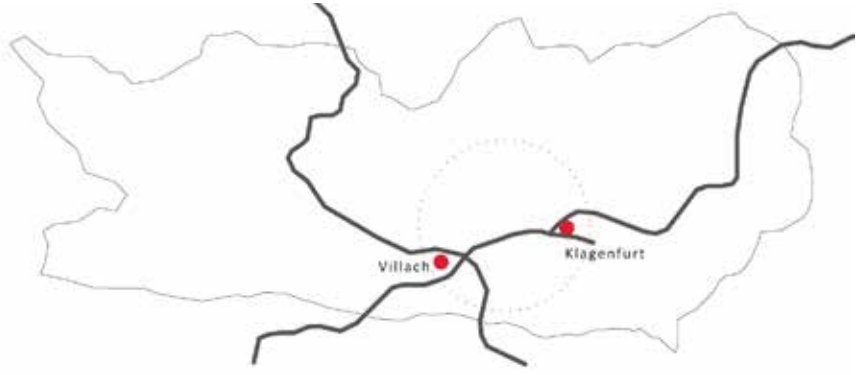


Abb. 208 I Baugebiet in Kärnten, Streckenabschnitt Klagenfurt-Villach

Abb. 209 I Übersicht Autobahnen in Kärnten

Zwischen Velden und Klagenfurt Nord der Autobahnstrecke grenzt im Süden der Wörthersee an. Zwischendurch eröffnet sich ein Blick auf den Wörthersee und auf die weiter südlich liegenden Kalkalpen (Karnische Alpen, Karawanken, etc.). Villach befindet sich auf einer mittleren Seehöhe von 501 Metern.[1208] Klagenfurt liegt auf einer mittleren Seehöhe von 450 Metern.[1209] Topografisch verläuft die Autobahnstrecke zwischen Knoten Villach und Klagenfurt Nord durchschnittlich auf einer Höhe von ca. 500 Metern. Der höchste Punkt des Streckenabschnitts befindet sich in Wernberg mit ca. 600 Höhenmetern, der tiefste Punkt liegt auf der Höhe von Klagenfurt Nord mit ca. 470 Höhenmetern. Die Topografie senkt sich in Richtung Klagenfurt zunehmend ab.[1210]

UMGEBUNG UND UMLIEGENDE BEBAUUNG

Entlang des Streckenabschnitts grenzt in Richtung Süden und Norden vorwiegend Wohnbebauung an. Das Ortsbild der Gemeinden prägen vorwiegend Ein-und Mehrfamilienhäuser. Die Topografie senkt sich im Süden in Richtung Seeufer ab. Das Ufer liegt ungefähr auf einer Seehöhe zwischen 440 und 450 Metern. Im Norden steigt das Gebiet in der Höhe von Velden, Techelsberg und Pörtschach auf ungefähr 610 bis 660 Höhenmetern zunehmend an.[1211] Entlang der Autobahn befinden sich nördlich in der Höhe von Velden, Techelsberg und Pörtschach bewaldete Gebiete und Grünstreifen.

11.2 VERKEHR

Mit Hilfe der Dauerzählstellen entlang der Autobahnstrecken in beiden Fahrtrichtungen kann ein durchschnittliches Verkehrsaufkommen ermittelt werden. Im Bereich des Bauabschnitts befinden sich Zählstellen Richtung Süden zwischen Klagenfurt Nord und Klagenfurt West bzw. Richtung Norden zwischen Klagenfurt West und Klagenfurt Nord (Zählstelle 561, Kilometer 324,18), Richtung Süden zwischen Klagenfurt West und Krumpendorf West bzw. Richtung Norden zwischen Krumpendorf West und Klagenfurt West (Zählstelle 569, Kilometer 329,85), Richtung Süden zwischen Krumpendorf West und Pörtschach Ost bzw. Richtung Norden zwischen Pörtschach Ost und Krumpendorf West (Zählstelle 576, Kilometer 332,70) und Richtung Süden zwischen Knoten Villach und Villach Faaker See bzw. Richtung Norden zwischen Villach Faaker See und Knoten Villach (Zählstelle 581, Kilometer 356,66).[1212]

Es erfolgt eine Zählung von Kraftfahrzeugen des Leichtverkehrs mit einem höchst zulässigen Gesamtgewicht unter 3,5 Tonnen und von Kraftfahrzeugen des Schwerverkehrs mit einem höchst zulässigen Gesamtgewicht gleich bzw. über 3,5 Tonnen. Die Messungen erfolgen von Montag bis Sonntag. Je nach Wochentag sind Tendenzen erkennbar. Aus der Verkehrsstatistik der ASFINAG (Stand 09/2014) lässt sich eine Durchschnittsfrequenz ableiten.[1213] In Abhängigkeit vom Streckenabschnitt passieren in beiden Fahrtrichtungen zwischen Montag und Sonntag ungefähr 30500 bis 41300 Kraftfahrzeuge die Messpunkte. Davon sind zwischen 3200 und 3800 Kraftfahrzeuge dem Schwerverkehr zuzuordnen.

1208 vgl. URL: http://www.ktn.gv.at/45548_DE-Gemeinden-Gemeinde?key=20201 [Stand: 2.2.2015]
1209 vgl. URL: http://www.klagenfurt.at/die-stadt/daten-and-fakten.html [Stand: 2.2.2015]
1210 vgl. URL: http://gis.ktn.gv.at/atlas/ [Stand: 2.2.2015]
1211 vgl. URL: http://gis.ktn.gv.at/atlas/ [Stand: 2.2.2015]
1212 vgl. ASFINAG (2014): Verkehrsstatistik, URL: 1409_ASFINAG_Verkehrsstatistik_BW [Stand: 2.2.2015]
1213 vgl. ASFINAG (2014): Verkehrsstatistik, URL: 1409_ASFINAG_Verkehrsstatistik_BW [Stand: 2.2.2015]

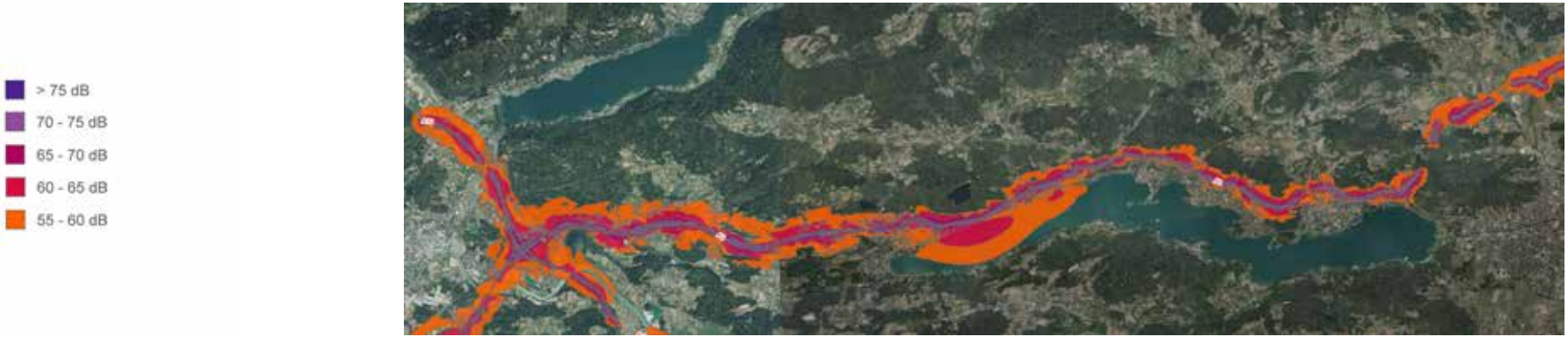


Abb. 210 I Lärmkarte Südautobahn, Streckenabschnitt Klagenfurt-Villach

11.3 LÄRMSCHUTZ

Die Lärmkarte (Abb. 210) des Streckenabschnitts zeigt entlang der Fahrbahnen einen gemittelten Lärmpegel zwischen 70 und 75 dB, teilweise wird ein Pegelwert von 75 dB überschritten. In der näheren Umgebung der Fahrbahnen ist durchschnittlich ein Pegel zwischen 60 und 70 dB messbar. Der Einsatz von Lärmschutzelementen erzielt eine Pegelsenkung. In den Bereichen, wo bauliche Maßnahmen gesetzt werden, sinkt der gemittelte Lärmpegel auf 55 bis 60 dB.[1214]

MASSNAHMEN DER LETZTEN JAHRE

Neben der Sanierung der Fahrbahn werden sechs neue Brücken gebaut und umfassende Lärmschutzmaßnahmen umgesetzt. Lärmschutzwände erfordern Erneuerungszyklen zwischen fünfzehn und zwanzig Jahren.[1215] Seit 2001 besteht ein Konzept für die Generalsanierung der Südautobahn im Streckenabschnitt von Klagenfurt bis Wernberg. Die Generalsanierung der Autobahn erfolgt in vier Abschnitten. Im Jahr 2001 und 2002 wird der Abschnitt Wernberg bis Velden West generalsaniert. 2003 bis 2004 wird der Abschnitt Klagenfurt West bis Pörtschach Ost gestaltet. 2007 erfolgt die Sanierung des Abschnitts Pörtschach Ost bis Pörtschach West und 2009 wird der Abschnitt Velden West bis Velden Ost saniert.[1216]

2010 werden bei Velden Lärmschutzelemente zwischen der Fahrbahn Richtung Süden und Norden errichtet. In den folgenden Jahren werden Lärmschutzwände am Streckenabschnitt erneuert. Neben der Sanierung von Lärmschutzelementen besteht seitens der ASFINAG das Bestreben „das Erscheinungsbild der Autobahnen in Bezug auf architektonische Qualität und Eingliederung in die Landschaft langfristig zu verbessern.“[1217] Der *Masterplan 15+* umfasst „die Trassenführung neuer Abschnitte, die Gestaltung von Brücken und Tunnel, Rastplätzen, Mautstationen und Kontrollplätzen bis hin zu Hochbauten wie Autobahnmeistereien und Bürostandorten.“[1218] Schon im Jahr 2003 wird die Autobahnraststation *Wörthersee* in Techelsberg errichtet. Ab 2004 folgen Gestaltungsimpulse an Rastplätzen entlang der Strecke.

1214 vgl. URL: http://www.laerminfo.at/karten/strassenverkehr/autobahnen/24h.html [Stand: 2.2.2015]
1215 vgl. ASFINAG (2011): Gestaltungsinitiative, S.2, URL: http://www.asfinag.at/documents/10180/537923/de_Folder_Gestaltungsinitiative.pdf/b94d1ff9-b740-4c7b-9b5a-163ba22ec5e2?version=1.0 [Stand: 2.2.2015]
1216 vgl. URL: http://www.mein-klagenfurt.at/aktuelle-pressemeldungen/pressemeldungen-dezember-2009/verkehrsfreigabe-auf-der-a2-suedautobahn/ [Stand: 2.2.2015]
1217 ASFINAG (2011): Gestaltungsinitiative, S.2, URL: http://www.asfinag.at/documents/10180/537923/de_Folder_Gestaltungsinitiative.pdf/b94d1ff9-b740-4c7b-9b5a-163ba22ec5e2?version=1.0 [Stand: 2.2.2015]
1218 ASFINAG (2011): Gestaltungsinitiative, S.2, URL: http://www.asfinag.at/documents/10180/537923/de_Folder_Gestaltungsinitiative.pdf/b94d1ff9-b740-4c7b-9b5a-163ba22ec5e2?version=1.0 [Stand: 2.2.2015]

BESCHREIBUNG DER LÄRMSCHUTZSYSTEME

Den gewählten Streckenabschnitt von ca. 35 Kilometer zwischen Villach und Klagenfurt prägt eine bunte und uneinheitliche Mischung von verschiedenen Lärmschutzsysteme, u. a. Wände, Wälle und Pflanzen. Den Streckenabschnitt prägen vorwiegend Lärmschutzwände, bestehend aus einem Sockel mit in regelmäßigen Abständen aufgesetzten Stützen und eingesetzten Plattenelementen. Einige Lärmschutzwände bestehen seit den 1990er Jahren, Teile des Streckenabschnitts werden seit 2001 saniert.[1219] Material und Höhe der Elemente variieren und sind je nach Erfordernis der Lärmsituation angepasst. An notwendigen und topografisch möglichen Positionen formen Lärmschutzwälle das Landschaftsbild. Die Materialwahl der Elemente beschränkt sich auf die standardisierten, handelsüblichen Lärmschutzlösungen. Aktuell werden Systeme aus Holz, Holzbeton, Aluminium und Acrylglas eingesetzt. Farbakzente werden mit Holzbetonelementen und Aluminiumkassetten erzielt. Muster und Farbverläufe ergeben sich durch die Anordnung der verschieden färbigen Elemente. Teilweise sind die Lärmschutzwände begrünt. Vorwiegend sind Holzwände mit Pflanzen bewachsen. Grünstreifen und Waldflächen unterbrechen die Lärmschutzbebauung. Es erweckt den Eindruck, dass mit Hilfe von transparenten Elementen Sichtbeziehungen zum See und zur Landschaft hergestellt werden sollen.

EINSCHÄTZUNG UND BEWERTUNG DER IST-BESTAND-SITUATION

Obwohl in den letzten fünfzehn Jahren Maßnahmen zur Erneuerung der Lärmschutzwände gesetzt wurden, besteht noch Gestaltungspotential. Folgend werden positive und negative Aspekte des Lärmschutzbestandes entlang des Streckenabschnitts dargestellt.

Negative Aspekte

- Die Anordnung der Lärmschutzwände entlang des Streckenabschnitts wirkt sehr uneinheitlich, es scheint ein Wildwuchs an Lärmschutzelementen zu bestehen.
- Die Lärmschutzsysteme sind teilweiese alt und sanierungsbedürftig.
- Das Erscheinungsbild kann als lineares Band beschrieben werden und ist meist monoton, Spannungspunkte und optische Highlights fehlen.
- Der Stützenraster ist häufig sichtbar, die Stützen schaffen einen vertikale Trennung der einzelnen Elemente.
- Form und Motive der Lärmschutzwände schaffen keinen lokalen Bezug zur Umgebung, es werden Standardsysteme eingesetzt.
- Verschiedene Materialien reihen sich beliebig aneinander. Die Materialübergänge sind häufig sehr abrupt.
- Transparente Elemente verfehlen ihre Wirkung, Sichtbeziehungen zur Umgebung sind kaum gegeben, da die transparenten Flächen zu kleinteilig sind und aufgrund der Geschwindigkeit keine Blickbeziehungen zulassen.
- Die kleinteilige Oberflächenstruktur der Lärmschutzelemente ist für die autofahrende Person kaum wahrnehmbar.
- Lärmschutzwände werden als flaches, lineares Band wahrgenommen - Monotonie besteht.

Positive Aspekte

- Gestaltungsimpulse entwickeln sich seit den letzten Jahren in eine positive Richtung.
- Gestaltungsimpulse werden durch die Verwendungen des gleichen Materials und durch den Einsatz von Farbe erzielt. Das Gehirn nimmt Farbe vor Form wahr.
- Der Einsatz nachhaltiger Baustoffe (Holz und Holzbeton) wird forciert.
- Umliegende Grün- und Waldbereiche werden in die Lärmschutzgestaltung integriert.

Der Übersichtsplan zeigt den Streckenabschnitt entlang der Südautobahn zwischen Villach und Klagenfurt (Abb. 211). Folgend wird die Ist-Bestand-Situation anhand von Fotos dokumentiert.

1219 vgl. ASFINAG (2015): Bestand Lärmschutzwände Südautobahn, Streckenabschnitt Villach-Klagenfurt, interne Unterlage (Erhaltungsmanagement ASFINAG, Hr. Gruber)

Abb. 211 I Südautobahn, Übersicht Streckennetz,
Abschnitt Klagenfurt-Villach, ASFINAG

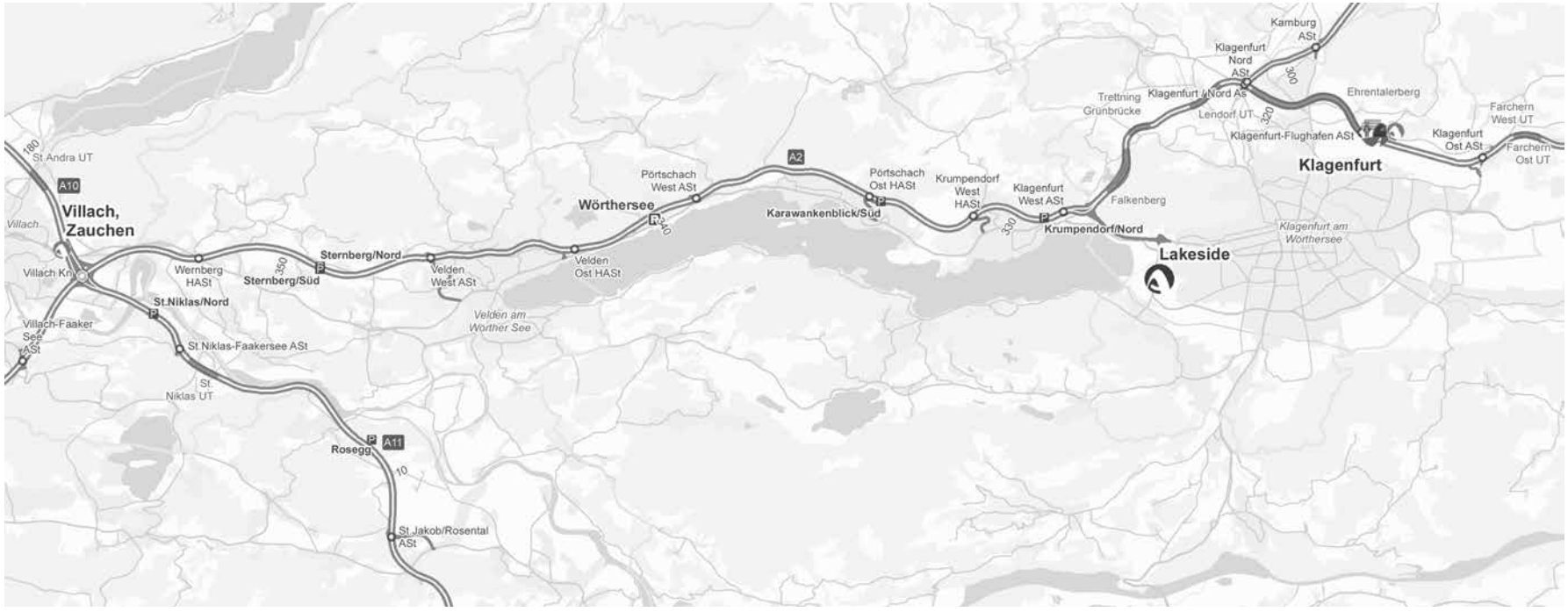


Abb. 212 I Südautobahn, Kilometer 352, Auffahrt Wernberg

Abb. 213 I Südautobahn, Kilometer 351, Kaltschach

Abb. 214 I Südautobahn, Kilometer 350, Damtschach

Abb. 215 I Südautobahn, Kilometer 350, Damtschach

Abb. 216 I Südautobahn, Kilometer 349, Sand

Abb. 217 I Südautobahn, Kilometer 349, Sand beim Parkplatz

Abb. 218 I Südautobahn, Kilometer 348, Weinzierl

Abb. 219 I Südautobahn, Kilometer 346, Göriach

Abb. 220 I Südautobahn, Kilometer 346, Göriach

Abb. 221 I Südautobahn, Kilometer 342

Abb. 222 I Südautobahn, Kilometer 340, Tibitsch

Abb. 223 | Südautobahn, Kilometer 337, Pörtschach

12 KONZEPT

Die umfassende Analyse (vgl. Kap. 8, 9, 10, 11) bildet die Basis für den Entwurf. Folgend werden die Ziele des Entwurfs und das Konzept dargestellt. Im Entwurf werden vier Gestaltungslösungen für eine Lärmschutzwand aus Beton entlang der Südautobahn im Bundesland Kärnten zwischen Villach und Klagenfurt entwickelt.

12.1 ZIELE DES ENTWURFS

LANDMARK FÜR DIE REGION

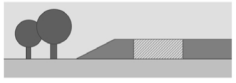
Die Lärmschutzwand bildet ein *Landmark* mit Wiedererkennungswert und stärkt somit die Identität des Streckenabschnitts zwischen Villach und Klagenfurt.

LOKALER BEZUG ZUM BAUPLATZ

Das Gestaltungskonzept schafft durch Verwendung ortsspezifischer Messdaten, u. a. Lärmmessungen und Verkehrsstrommessungen einen lokalen Bezug zum Bauplatz und zur Umgebung.

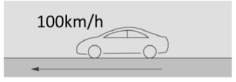
VERBINDUNG VON BAUKÖRPER UND UMGEBUNG

Die Lärmschutzwand aus Beton fügt sich harmonisch in die Landschaft ein und schafft einen fließenden Übergang zwischen Baukörper und Umgebung.



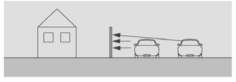
AUFWERTUNG DES STRECKENABSCHNITTS DURCH RÄUMLICHE SPANNUNGSPUNKTE UND FLIESSENDE MUSTER

Bestehende Lärmschutzwände kennzeichnen ein monotones Erscheinungsbild mit einer linearen Bandwirkung entlang des Straßenrandes. Räumliche Spannungspunkte der Lärmschutzwand schaffen optische Highlights entlang des Streckenabschnitts.



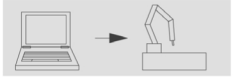
BERÜCKSICHTIGUNG DER WAHRNEHMUNGSSITUATION IN BEWEGUNG

Insbesondere wird die Wahrnehmungsperspektive autofahrender Personen, die Lärmschutzwände mit meist sehr hoher Geschwindigkeit und von der Seite wahrnehmen, berücksichtigt.



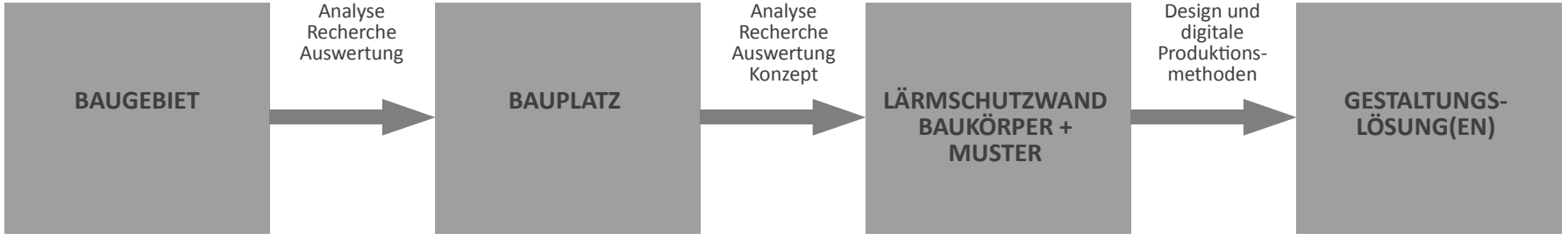
FUNKTIONALE UND ÄSTHETISCHE GESTALTUNG

Das Gestaltungskonzept verbindet schallabsorbierende Funktion und formal-ästhetische Gestaltung von Beton. Kein anderes Material vereint Wirtschaftlichkeit, Dauerhaftigkeit und Ästhetik so gut wie Beton.



DIGITALE ENTWURFS- UND PRODUKTIONSMETHODEN

Digitale Entwurfsmethoden, wie 3D-Modellierung und generative Designmethoden, werden in der Endfertigung mit digitalen Produktionsmethoden verknüpft.



12.2 KONZEPT BAUGEBIET UND BAUPLATZ

In die Entwicklung des Konzepts fließt eine Fülle an Informationen ein, die auf einer genauen Recherche und Analyse in vorhergehenden Kapiteln beruhen. Folgend werden nochmals wesentliche Aspekte für den Entwurf zusammengefasst.

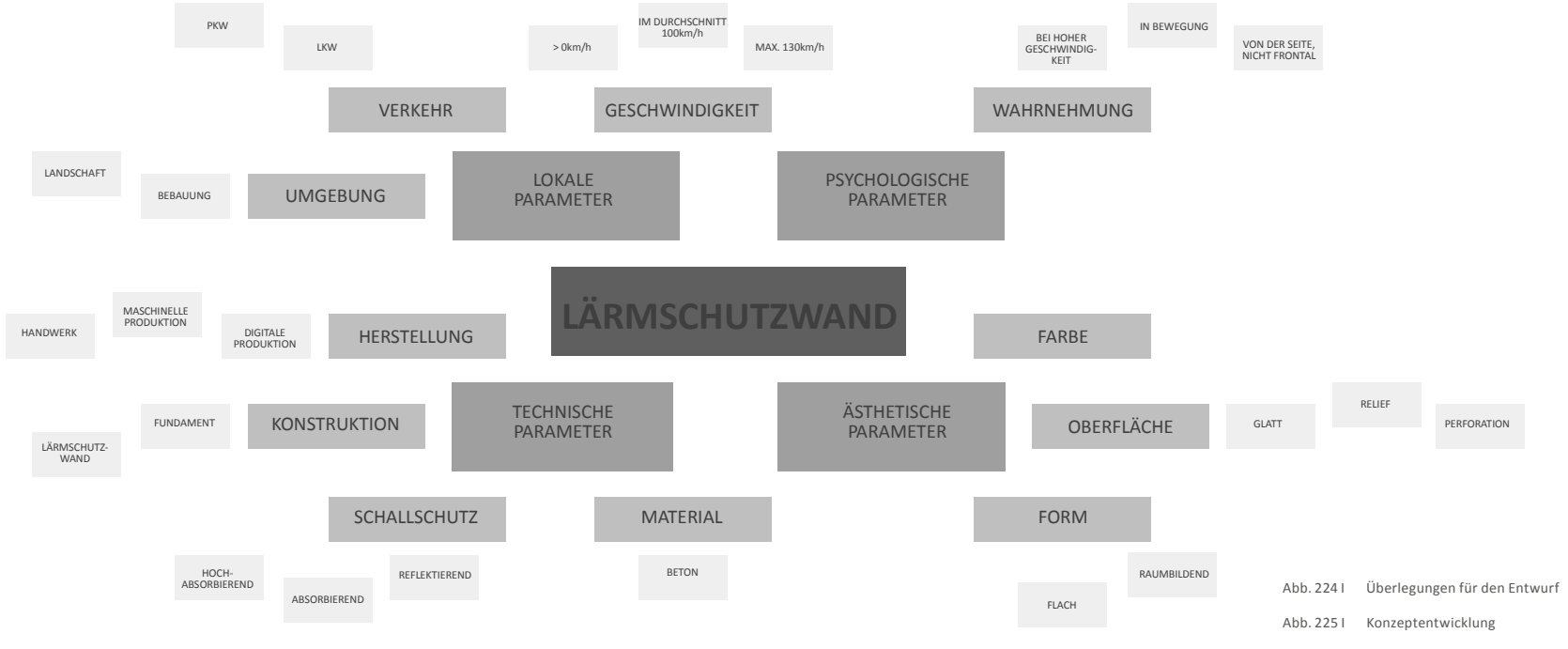
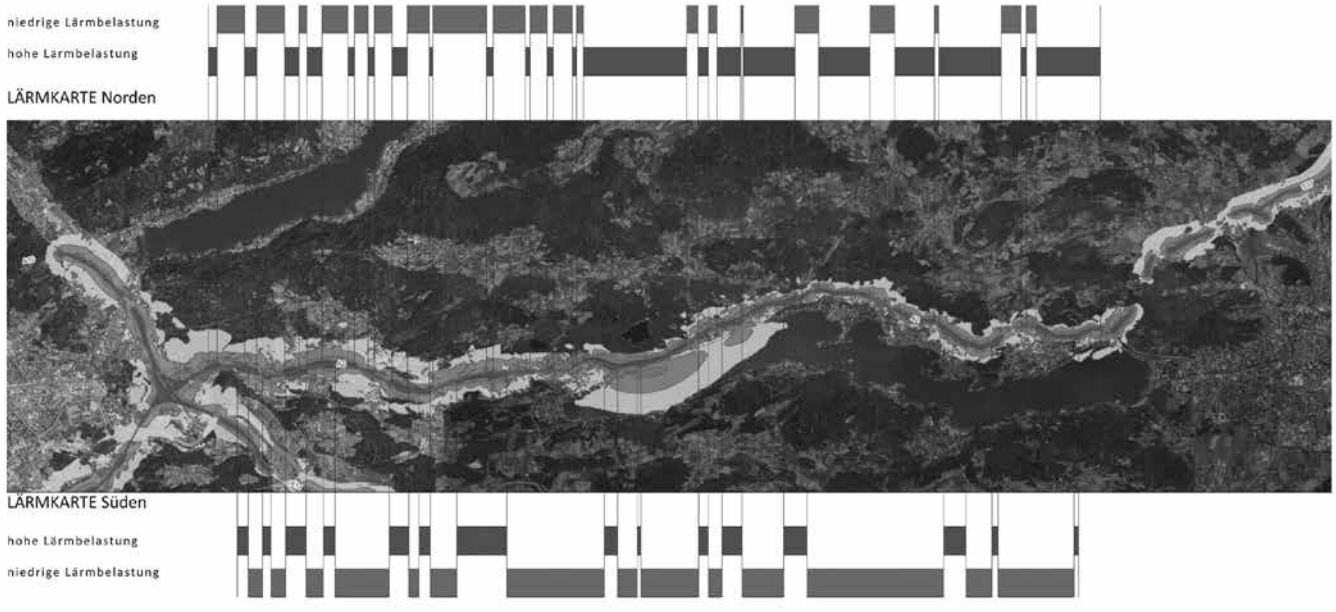


Abb. 224 I Überlegungen für den Entwurf

Abb. 225 I Konzeptentwicklung



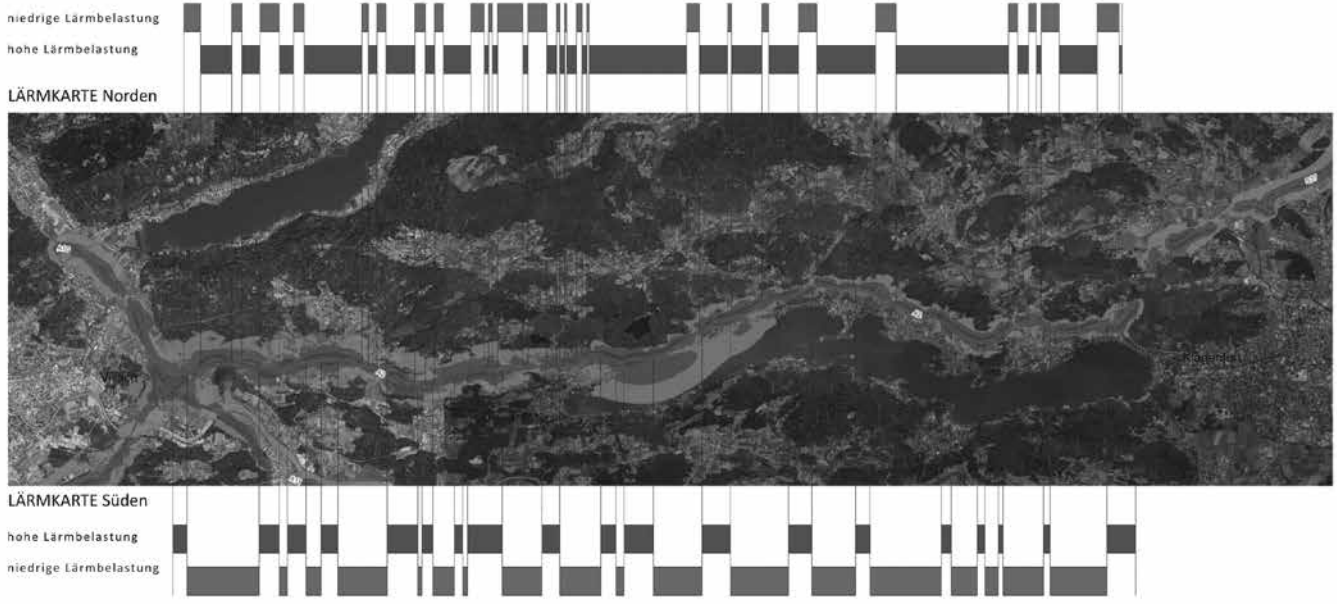


Abb. 226 I Konzept, Baugebiet, Lärmmessungen Streckenabschnitt, Nacht

Abb. 227 I Konzept, Baugebiet, Lärmmessungen Streckenabschnitt, Tag

KONZEPT - BAUGEBIET

Für die Planung von Lärmschutzwänden sind in Österreich grundsätzlich die letztgültigen rechtlichen Grundlagen, Richtlinien und Normen heranzuziehen. Eine generelle lärmtechnische Untersuchung (GLU) und eine Detaillärmschutzuntersuchung (DLU) bilden den Ausgangspunkt für eine Lärmschutzplanung.

Streckenspezifische Daten einer Lärmmessungen sowie bestehende Lärmschutzwände bilden den Ausgangspunkt um entlang der Strecke zwischen Villach und Klagenfurt Lärmschutzwände zu situieren. Es werden Messdaten aus der Nacht und vom Tag herangezogen und gegenübergestellt. Das Baugebiet wird anhand der Lärmkarte im nord- und südseitigen Verlauf der Fahrbahn in Bereiche mit hoher und niedriger Lärmbelastung eingeteilt (Abb. 227). Basierend auf diesem Gestamtkonzept und lärmtechnischen Untersuchungen werden die Lärmschutzwände in notwendigen Bereichen positioniert.

Das Baugebiet (Streckenabschnitt Villach-Klagenfurt) ist durch zwei Gestaltungsimpulse gegliedert, die ein abwechslungsreiches Rhythmusbild ergeben.

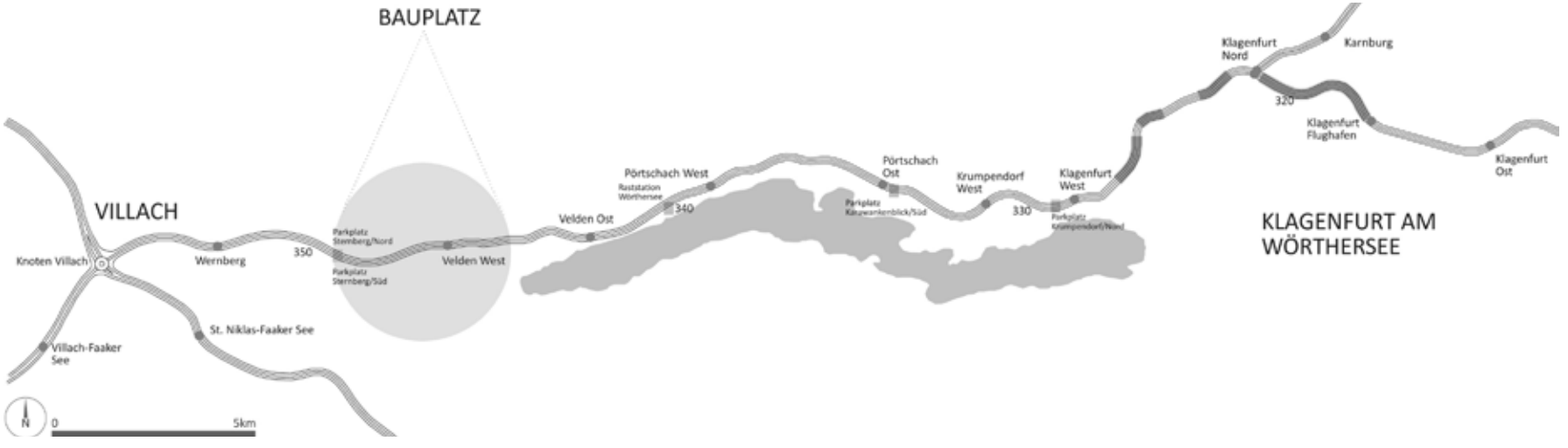
1 - hohe Lärmbelastung - WELLE

In den Bereichen mit hoher Lärmbelastung werden überwiegend mit digitalen Entwurfsmethoden gestaltete Elemente eingesetzt um in einer abstrakten Form die hohe Lärmbelastung abzubilden. Die *Welle* ist als raumbildendes Relief, das sich in die Landschaft einfügt, als Lamellen-Elemente, die einen konkaven und konvexen Eindruck erzeugen oder als Perforationen, die sich langsam verdichten und dadurch eine Wellenbewegung erzeugen, ausgebildet. Die *Welle* setzt Highlights am Streckenabschnitt und schafft einen regionalen Bezug zum Baugebiet und stärkt die Identität der Region.

2 - niedrige Lärmbelastung - BAND

In den Bereichen mit niedriger Lärmbelastung wird ausschließlich das gleiche Modul mit einer unstrukturierten Oberfläche eingesetzt und erzeugt einen linearen Verlauf der Wand, der das Wellenbild auflockert und beruhigt.

Abb. 228 I Baugebiet mit Bauplatz



KONZEPT - BAUPLATZ

Die Planung von Lärmschutzwänden ist in Österreich grundsätzlich an die letztgültigen rechtlichen Grundlagen, Richtlinien und Normen gebunden. Unter Berücksichtigung dieser wird ein detailiertes Konzept für einen Ausschnitt des Streckenabschnitts mit ca. zwei Kilometer Länge ausgearbeitet. Der Bauplatz befindet sich an der südlichen Fahrbahnseite des Streckenabschnitts zwischen Kilometer 349 und Kilometer 346 in Fahrtrichtung Klagenfurt.

BAUGEBIET

Südautobahn
Kärnten
Streckenabschnitt Villach-Klagenfurt

BAUPLATZ

Fahrtrichtung Klagenfurt
Kilometer 349 bis 346

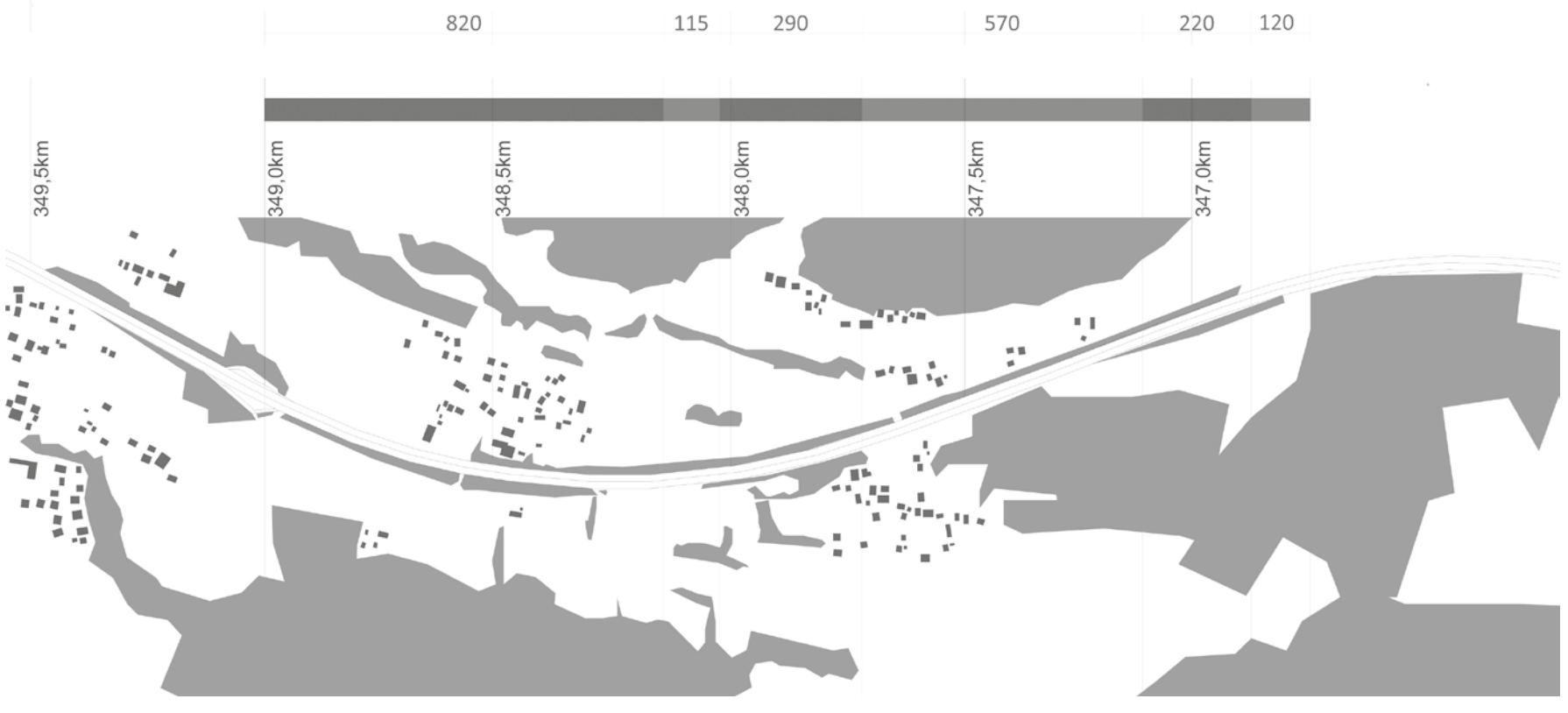
Abb. 229 I Orthofoto Bauplatz

Abb. 230 I Lärmschutzwand, Kilometer 348

Abb. 231 I Lärmschutzwand, Kilometer 348

Abb. 232 I Lärmschutzwand, Kilometer 348

Abb. 233 I Lageplan Bauplatz



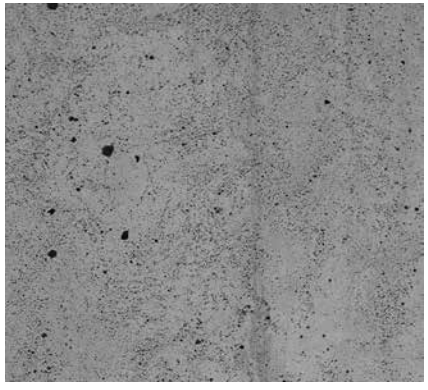


Abb. 234 I Leichtbeton

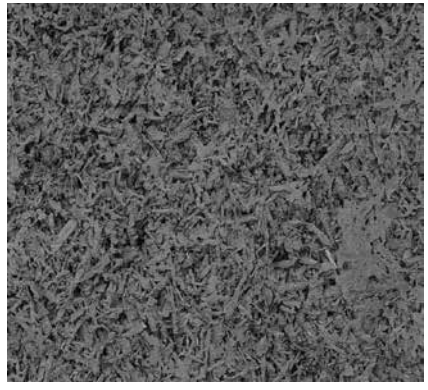


Abb. 235 I Holzbeton

12.3 KONZEPT - LÄRMSCHUTZWAND

Das abwechslungsreiche Rhythmusbild der Lärmschutzwand stellt einen lokalen Bezug zum Bauplatz her und schafft eine harmonische Verbindung zwischen Baukörper und Landschaft. Es wird die Identität des Streckenabschnitts gestärkt und ein *Landmark* mit Wiedererkennungswert geschaffen.

Es ist ein zentrales Anliegen der Monotonie bestehender Lärmschutzsysteme im Erscheinungsbild entgegenzuwirken und im Gestaltungskonzept räumliche Spannungspunkte bzw. Highlights zu schaffen. Die Lärmschutzwand fügt sich als *Welle* und als *Band* in die Landschaft ein und berücksichtigt die seitliche Wahrnehmungsperspektive der im Auto fahrenden Person.

Das Gestaltungskonzept der Lärmschutzwand verknüpft schallabsorbierende Funktion mit ästhetischer Qualität. Die Gestaltungslösung hebt formal-ästhetische Qualitäten hervor und schafft neue Impulse für die Lärmschutzgestaltung. Für die Gestaltung wird der Baustoff Beton gewählt. Beton weist in Bezug auf Gestaltungsmöglichkeiten, Vorfertigungsgrad, Aufbau, Wartungsaufwand und Instandhaltung und Lebensdauer viele Vorteile auf (vgl. Kap. 8).

MODULSYSTEM

Die Lärmschutzwand wird je nach Abschnitt (vgl. Kap. 12.2) als *Welle* oder *lineares Band* ausgebildet und setzt sich aus unterschiedlich vielen Modulen zusammen. Die Abmessungen je Modul betragen fünf mal drei Meter.

KONSTRUKTION UND MATERIAL

Aufbau und Konstruktion der Lärmschutzwand (vgl. Kap. 10): Fundament, Sockel im Boden verankert, Stützen am Fundament verankert, Lärmschutzelemente an Stützen montiert. Die Module bestehen aus einem Tragelement (Stahlbeton) und einem Absorber-Element (Leichtbeton oder Holzbeton). Die grobporöse Oberfläche des Betons erhöht die Schallwirkung. Neben Brand-, Witterungs- und Frostbeständigkeit ist Beton statisch belastbar und besitzt eine hohe Tragfähigkeit. Holzbeton ist sehr leicht und hat ein Flächengewicht von 70 bis 150 kg/m². Der Baustoff weist Vorteile in Hinblick auf Vorfertigungsgrad, Aufbau, Erhaltungskosten, Wartungsaufwand und Instandhaltung auf und hat eine hohe Lebensdauer.

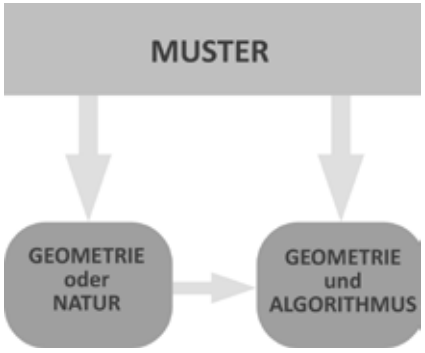


Abb. 236 I Entstehung von Muster

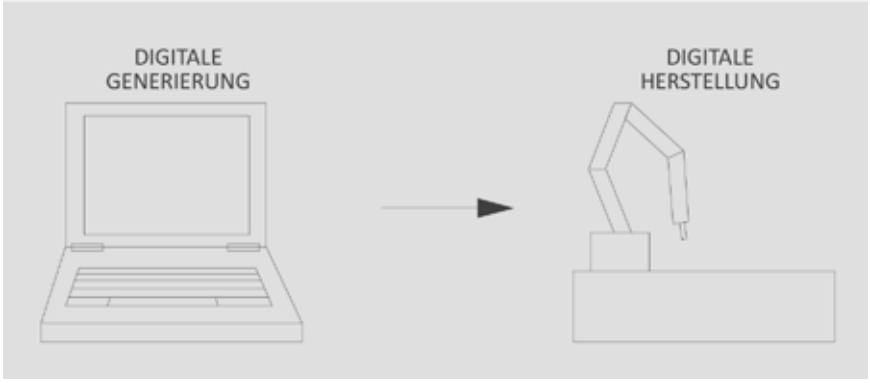


Abb. 237 I Entwicklungsprozess

KONZEPT - DIGITALES MUSTER

Basierend auf bauplatzspezifischen Daten (Lärmmessungen, Verkehrsstrommessungen) werden Module mit Muster bzw. Relief entwickelt, die durch die Verwendung der Messdaten einen ortspezifischen Bezug zum Bauplatz herstellen und somit ein Alleinstellungsmerkmal im Sinne von *corporate architecture* aufweisen.

Module mit Muster bzw. Relief werden gezielt in Bereichen mit hoher Lärmbelastung (Welle) eingesetzt, da Oberflächen mit Relief die schallabsorbierende Wirkung der Lärmschutzwand erhöhen.

Das Muster bzw. Relief erhöht die optische Wirkung und ästhetische Qualität der Lärmschutzwand.

Die Module mit Muster bzw. Relief werden mittels digitaler Entwurfsmethoden, u. a. 3D-Modellierung, oder generativer Gestaltungsmethoden umgesetzt und in der Endfertigung mit digitalen Produktionsmethoden, beispielsweise CNC-Fräse oder Roboter, hergestellt.

Die generierten Muster basieren auf Verkehrsstrommessungen. Den Streckenabschnitt kennzeichnet ein sehr hohes Verkehrsaufkommen. Aus den Messdaten ist ein eklatanter Unterschied zwischen Personenkraftwagen und Lastkraftwagen erkennbar. Die Anzahl der Personenkraftwagen beträgt ungefähr das Sieben- bis Zehnfache im Vergleich zu den Lastkraftwagen. Im Durchschnitt ist somit ein Verhältnis von 7:1 ablesbar. Das Verhältnis dient als Richtwert, kann jedoch vervielfacht werden (14:2, 21:3, etc.).

Die Ergebnisse stehen beispielhaft für Ornamente, Muster und Strukturen im digitalen Zeitalter und dienen als Anregung digitale Produktionsmethoden vermehrt in der Entwicklung von Lärmschutzwänden anzuwenden und die Vorteile dieser zu nutzen. Mehrere Gestaltungslösungen, die beispielhaft für Ornamente, Muster und Strukturen im digitalen Zeitalter stehen, werden dargestellt.

13 ENTWURF MIT DIGITALEN PRODUKTIONSMETHODEN

Gestaltungslösung A - Welle mit Lamellen
Gestaltungslösung B - Welle als raumbildendes Relief
Gestaltungslösung C - Welle mit großen und kleinen Perforationen
Gestaltungslösung D - Welle mit kleinen Perforationen

Abb. 238 I Gestaltungslösung A, Perspektive mit Blick auf die Wand

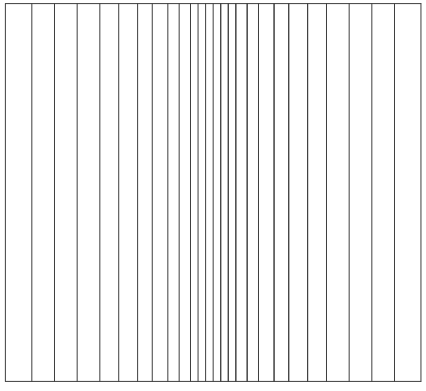


Abb. 239 I Gestaltungslösung A, Linienmuster, Effekt der Verdichtung

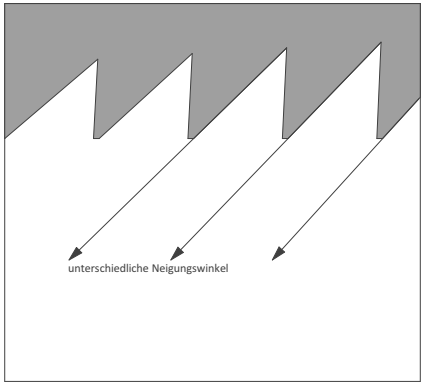


Abb. 240 I Gestaltungslösung A, Effekt der Verdichtung durch Lamellen mit unterschiedlicher Neigung, Grundriss

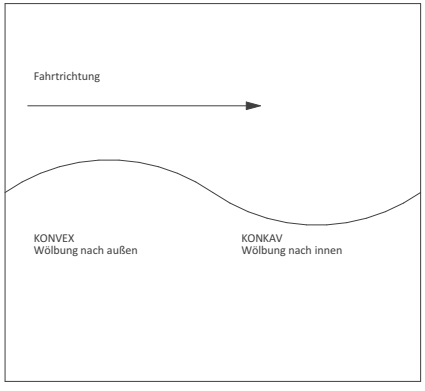


Abb. 241 I Gestaltungslösung A, optischer Effekt Wellenform

13.1 GESTALTUNGSLÖSUNG A

Verkehrsstrommessungen bilden die Basis für die Entwurfsidee. Den Streckenabschnitt kennzeichnet ein sehr hohes Verkehrsaufkommen. Die Lamellen bilden ein dichtes Verkehrsaufkommen ab. Die Lamellen mit 25 Zentimeter Breite haben unterschiedliche Winkel und dadurch entsteht im Vorbeifahren der Eindruck einer Wölbung nach innen und außen. Zwei Module mit je fünf Meter Länge erzeugen einen Konkav-Effekt. Durch eine Reihung von mindestens vier Modulen entsteht optisch eine Wellenbewegung mit einem Konkav-Konvex-Konkav-Effekt. Durch die Wiederholung der Module entsteht ein abwechslungsreiches Bild und im Vorbeifahren wird optisch eine Wölbung nach innen und außen erzeugt.

Als Vorlage für die Lamellen dient ein vertikales Streifenmuster. Um den Effekt zu verstärken und einen fließenden Übergang zu schaffen, könnte bei Elementen ohne Lamellen ein vertikales Streifenmuster als Oberflächentextur eingesetzt werden, bespielsweise von NOEplast, Matrize Genf.

PARAMETER
Tiefe der Lamellen: 35cm
Breite der Lamellen: 25cm
Neigung der Lamellen: variierend

DIGITALE FERTIGUNG
Die einzelnen Module werden im 3D-Modell erstellt und könnten über eine CAD-CAM-Datenschnittstelle, die Brücke zur computergestützten Fertigung, vorab mittels Rapid Prototyping, u. a. Stereolithographie, als Modell physisch erzeugt. In der Endfertigung sind mehrere digitale Produktionsverfahren möglich (vgl. Kap. 6.2). Einerseits kann jedes Betonmodul als rechteckiges Fertigteil ausgeführt werden und nachträglich mit Hilfe von trennenden Verfahren, beispielweise CNC-gesteuerten Fräsmaschinen, bearbeitet werden. Andererseits wäre eine Herstellung mit Schalungsmatrize materialökonomischer. Das Motiv bzw. Relief wird als Mutterform mit Hilfe digitaler Herstellungsverfahren umgesetzt. In mehreren Arbeitsschritten wird aus einer Mutterform eine Negativform gegossen. Eine Produktion mit Schalungsmatrizen ist sehr ressourcenökonomisch, da eine Matrize bis zu 100 Mal einsetzbar ist und nicht wie bei trennenden Verfahren Materialverschnitt entsteht.

ANSICHT UND GRUNDRISS

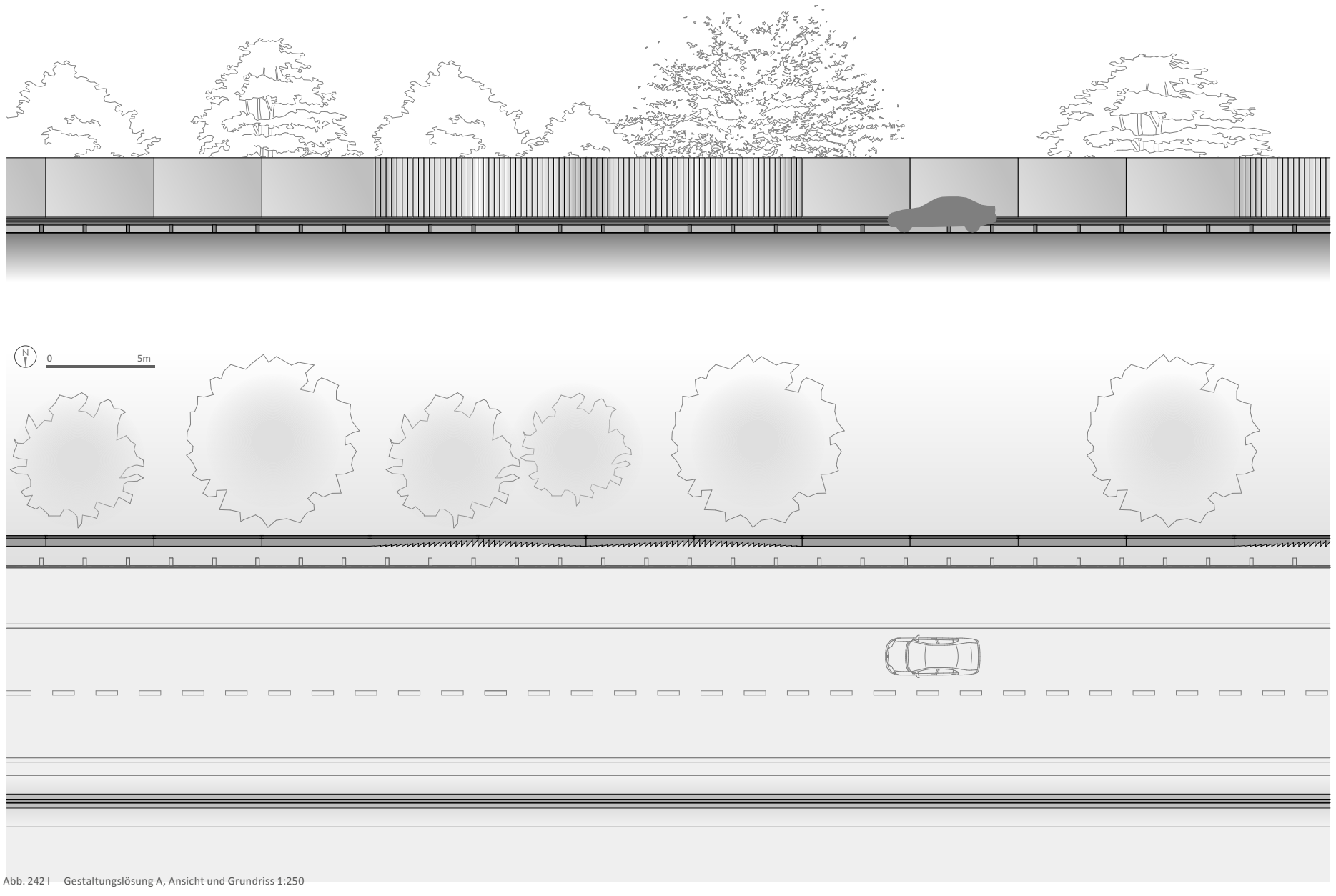
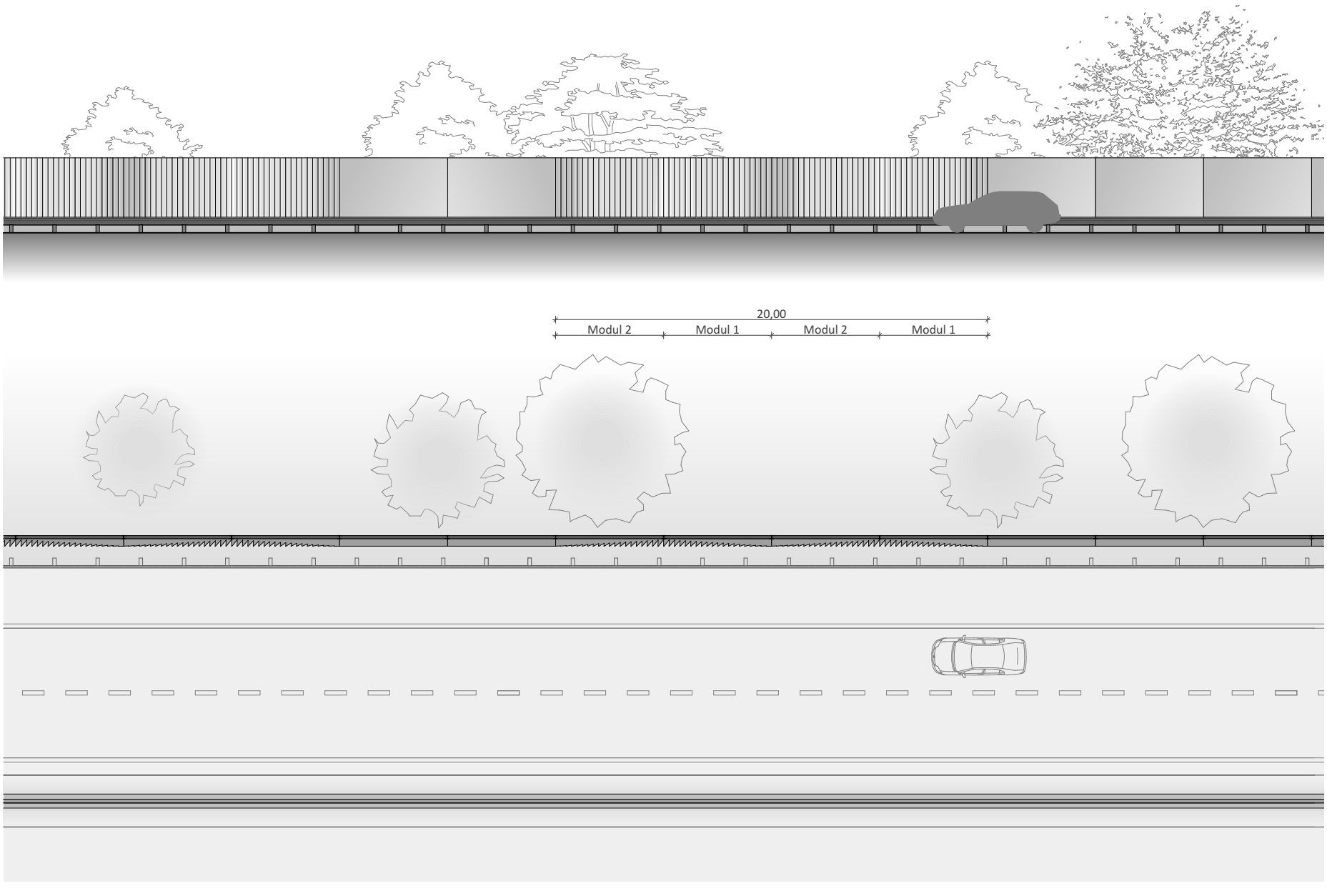


Abb. 242 I Gestaltungslösung A, Ansicht und Grundriss 1:250


20,00
Modul 2
Modul 1
Modul 2
Modul 1

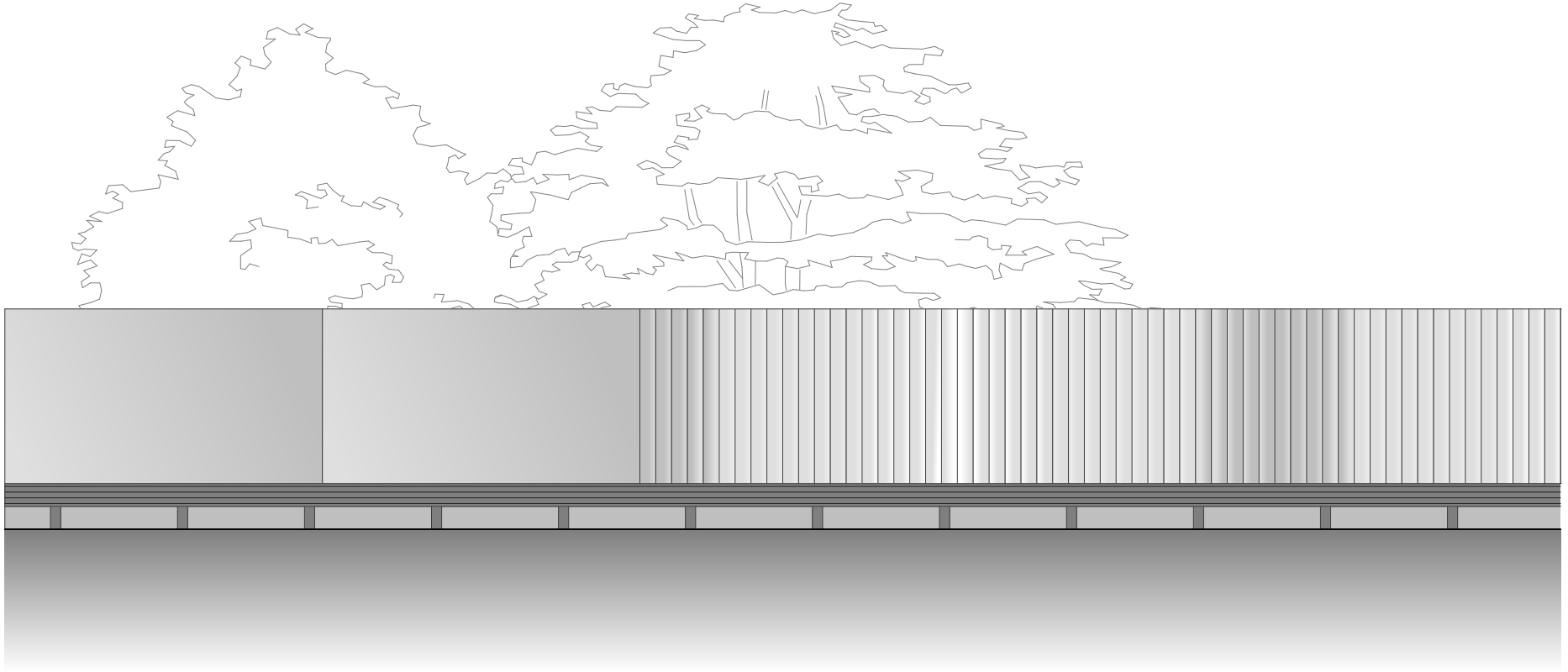
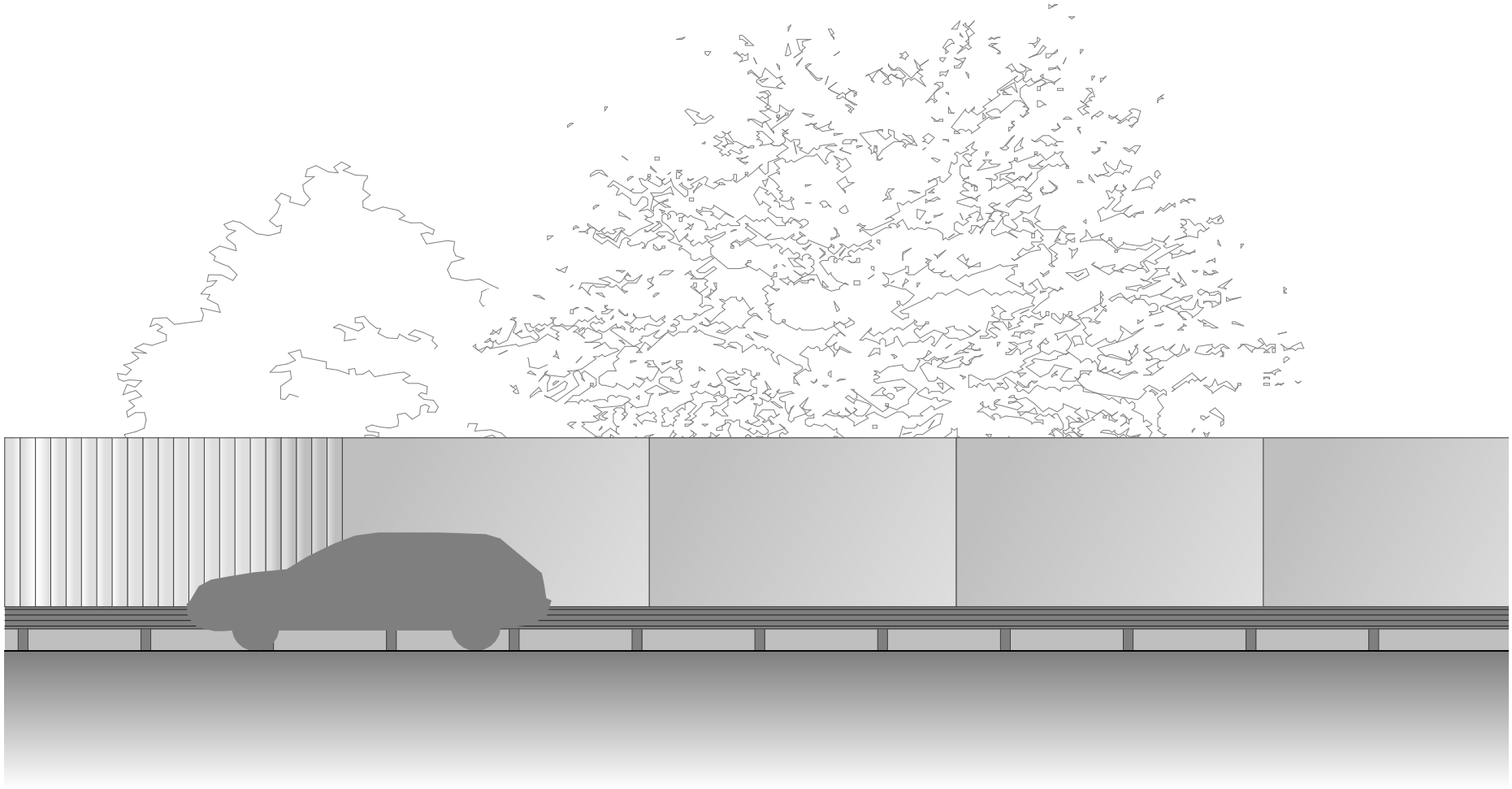


Abb. 243 I Gestaltungslösung A, Ansicht 1:100



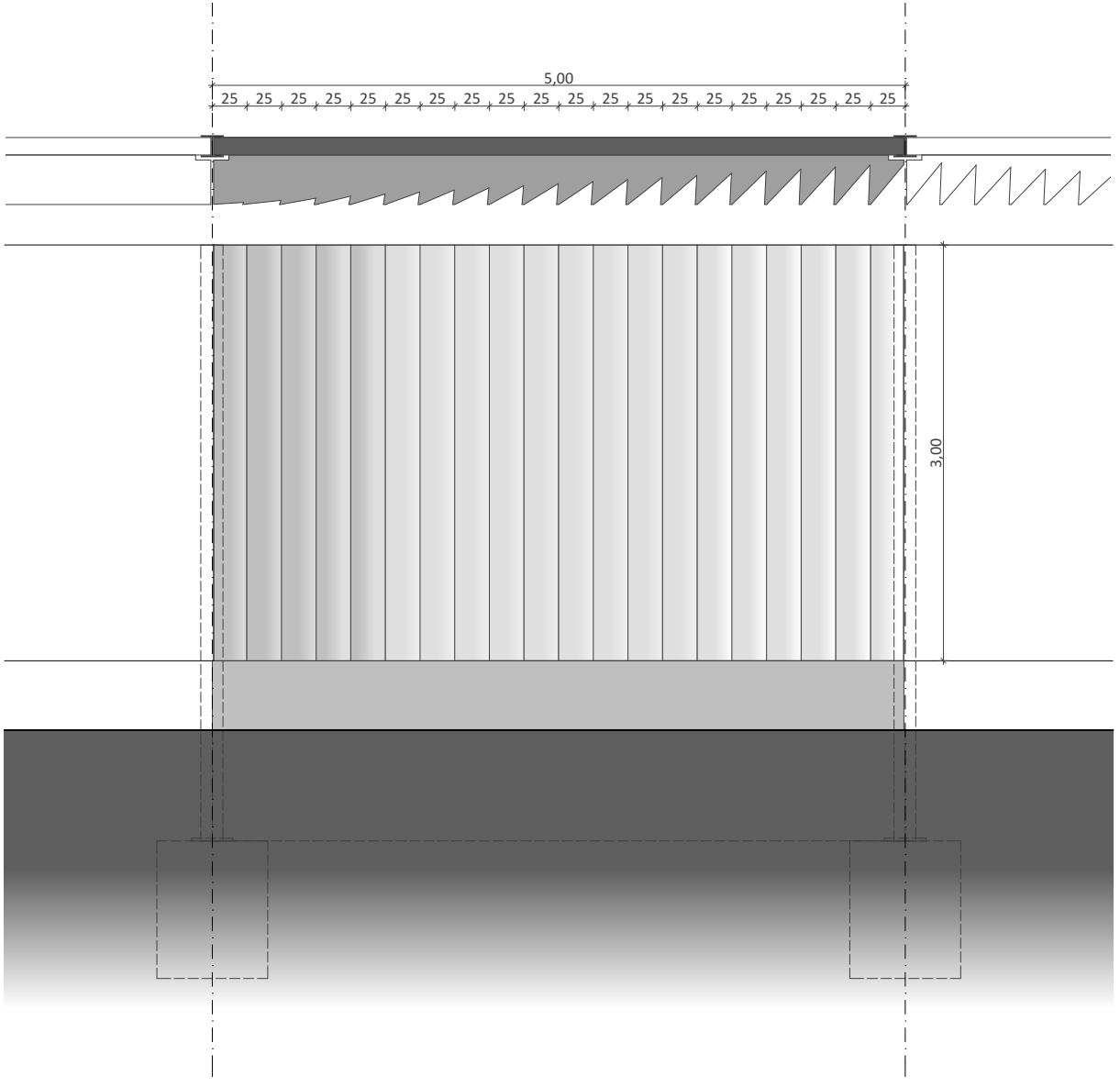


Abb. 244 I Gestaltungslösung A, Modul 2, Ansicht 1:50

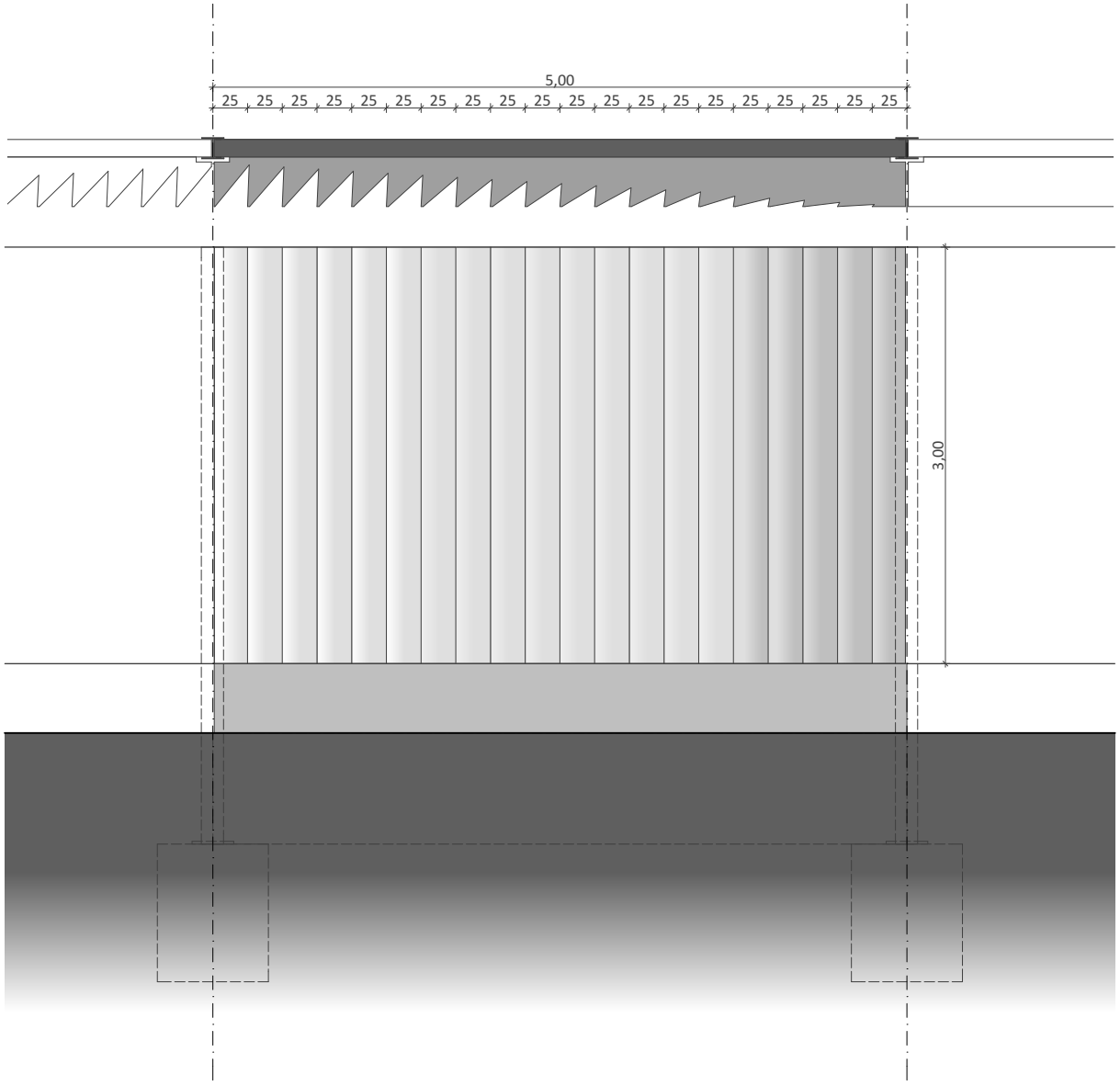


Abb. 245 I Gestaltungslösung A, Modul 1, Ansicht 1:50

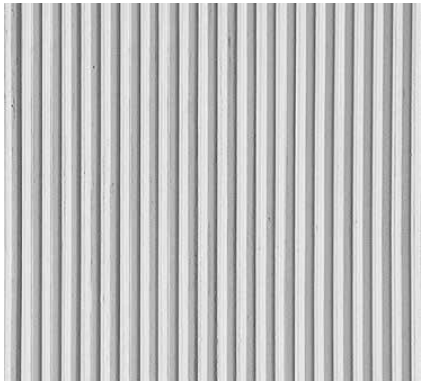


Abb. 246 I Leichtbeton, Strukturmatrize NOEplast Genf

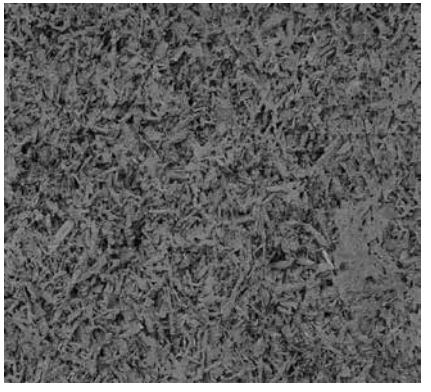


Abb. 247 I Holzbeton

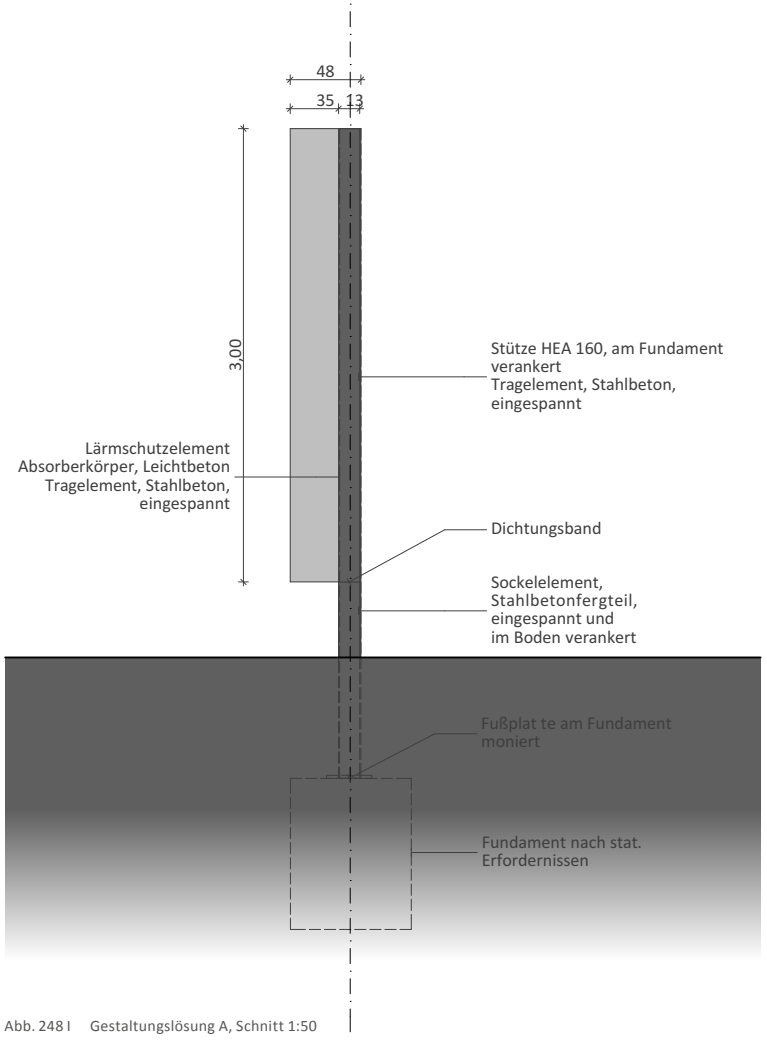


Abb. 248 I Gestaltungslösung A, Schnitt 1:50

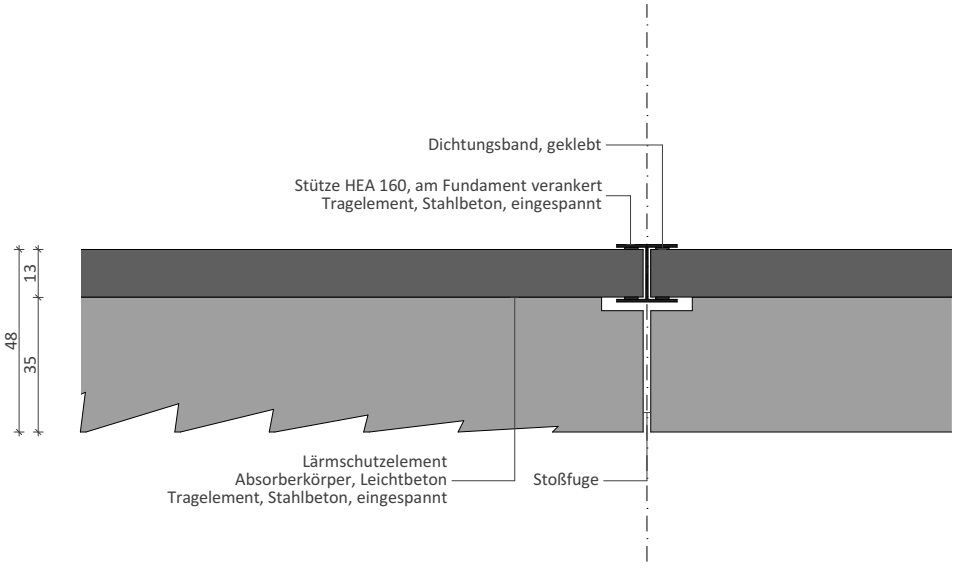


Abb. 249 I Gestaltungslösung A, Detail 1:20

Abb. 250 I Gestaltungslösung A, Perspektive mit Blick in Fahrtrichtung

Abb. 251 I Gestaltungslösung A, Perspektive

Abb. 252 I Gestaltungslösung A, Perspektive

Abb. 253 I Gestaltungslösung B, Perspektive mit Blick auf die Wand

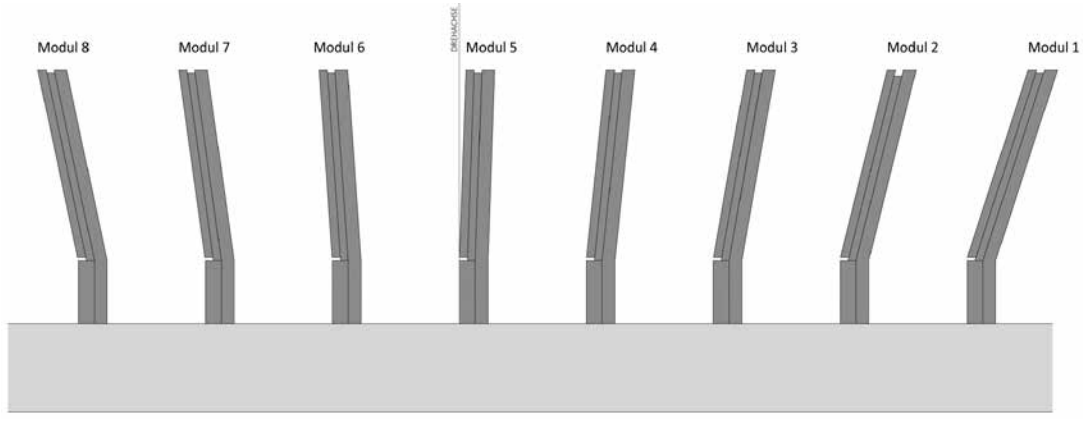


Abb. 254 I Gestaltungslösung B, Module 1-8

13.2 GESTALTUNGSLÖSUNG B

Acht Module mit unterschiedlichen Neigungswinkeln fügen sich als raumbildendes Relief in die Landschaft ein. Die Zahl acht leitet sich aus dem Verhältnis von PKW zu LKW ab. Die Welle setzt sich aus mehreren Modulen zusammen. Modul 2,3,4,5,6,7,8,7,6,5,4,3,2 werden gereiht und bilden die kleinste Wellenform aus. Das Modulsystem lässt sich flexibel verändern und an die Länge der Teilabschnitte anpassen, indem ein gleiches Modul mehrfach gereiht wird. Im Vorbeifahren ergibt sich ein spannendes Bild. Von der Ferne scheint die Welle zur Fahrbahn bzw. nach innen zu kippen. In beruhigten Zonen neigt sich die Wand in die entgegengesetzte Richtung. Die angenommen Neigungswinkel sollen die Schallabsorption verbessern.

Die Welle wird als reduzierter Baukörper in Leicht- oder Holzbeton ausgeführt. Ein feines Muster, beispielweise digital generiert, könnte die architektonische Form noch unterstreichen.

PARAMETER
Neigung der Elemente: +/- 4 Grad
Anzahl der Elemente: 8 (Summe aus dem Verhältnis 7:1)

DIGITALE FERTIGUNG
Die Betonelemente werden vorgefertigt. Für die Betontextur wird ein Muster mit Hilfe digitaler Designmethoden generiert. Die Oberflächentextur kann im Produktionsprozess mit Hilfe von oberflächenverzögernden Mitteln (vgl. Kap. 6.2) hergestellt oder nachträglich mit einer CNC-gesteuerten Maschine gefräst werden.

ANSICHT UND GRUNDRISS

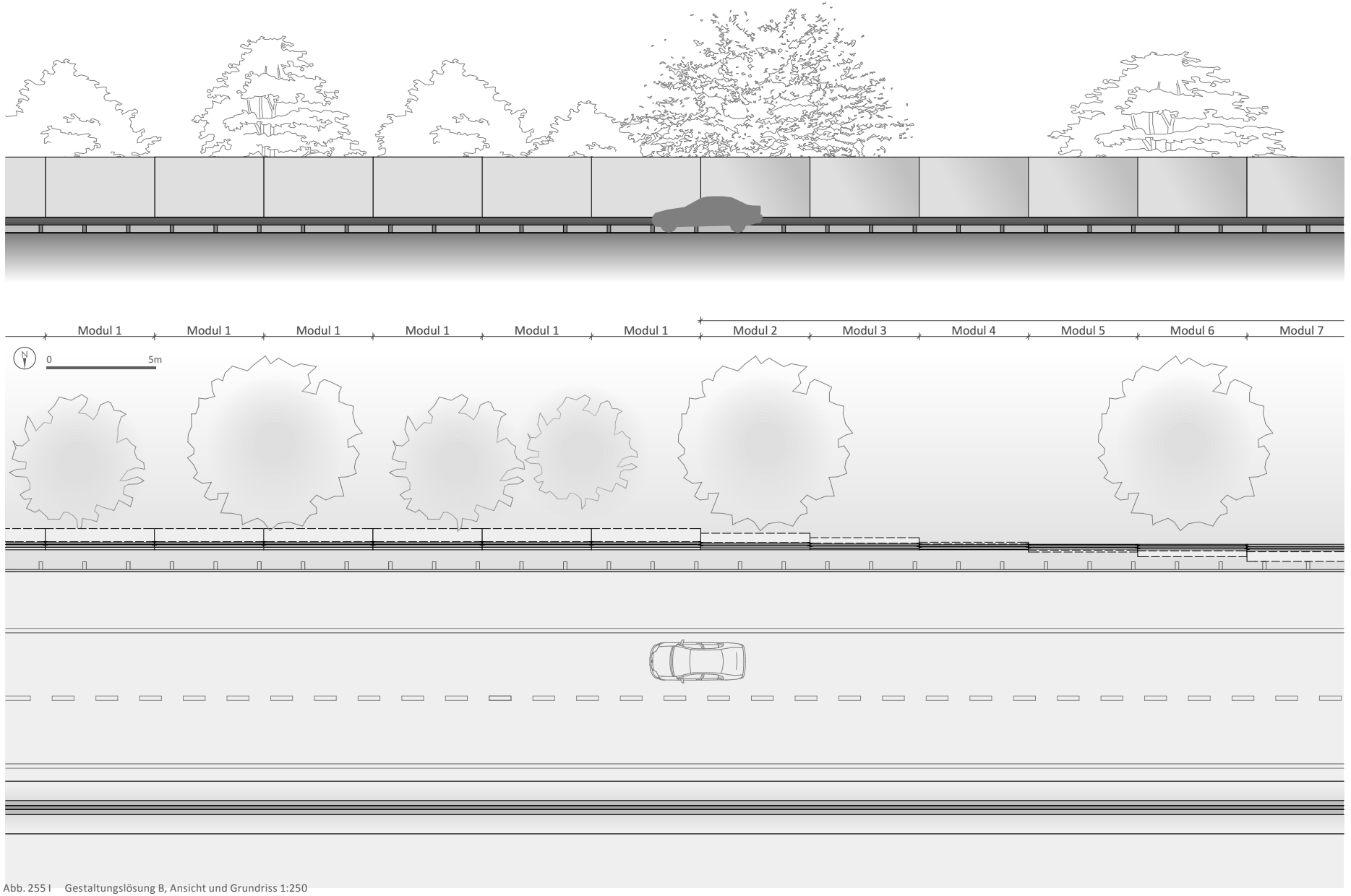
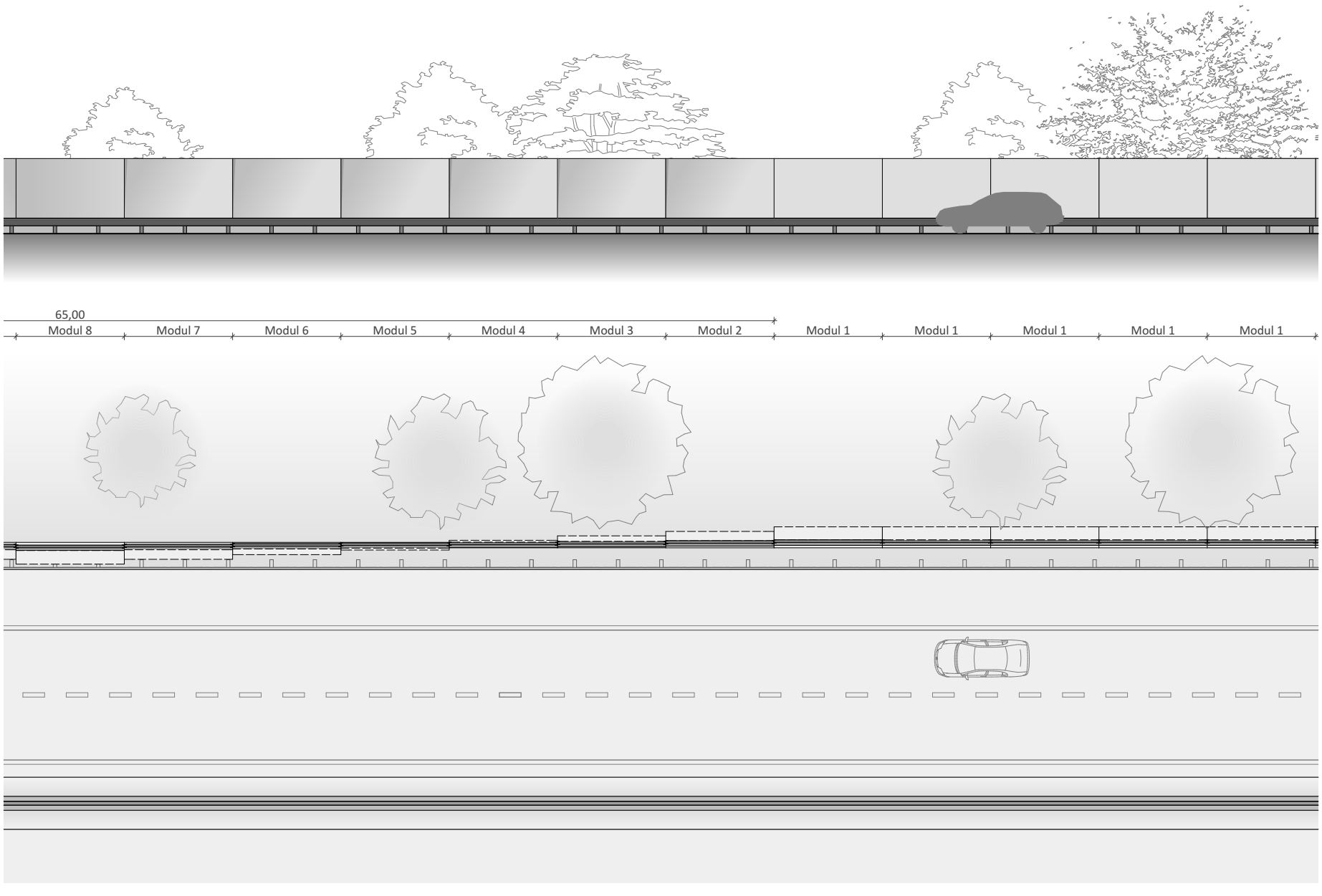


Abb. 255 I Gestaltungslösung B, Ansicht und Grundriss 1:250


65,00
Modul 8
Modul 7
Modul 6
Modul 5
Modul 4
Modul 3
Modul 2
Modul 1
Modul 1
Modul 1
Modul 1
Modul 1

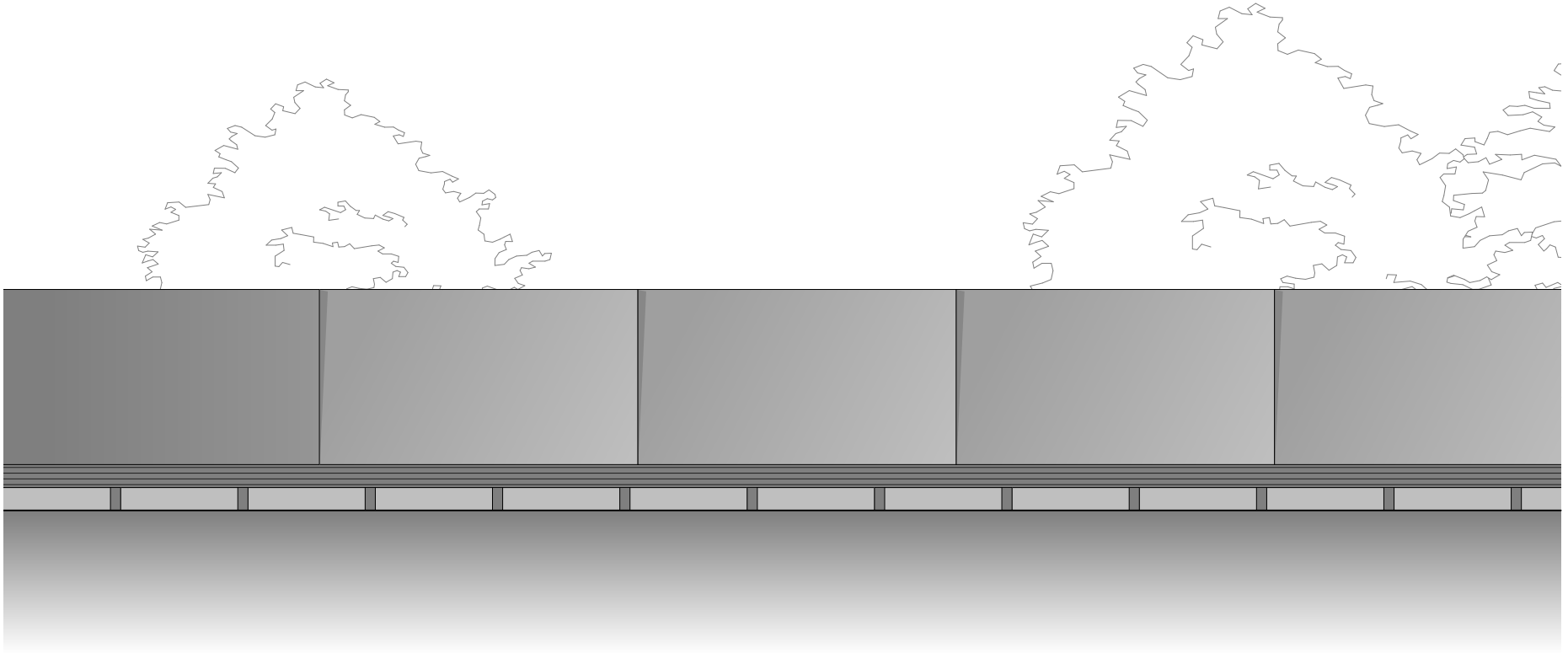
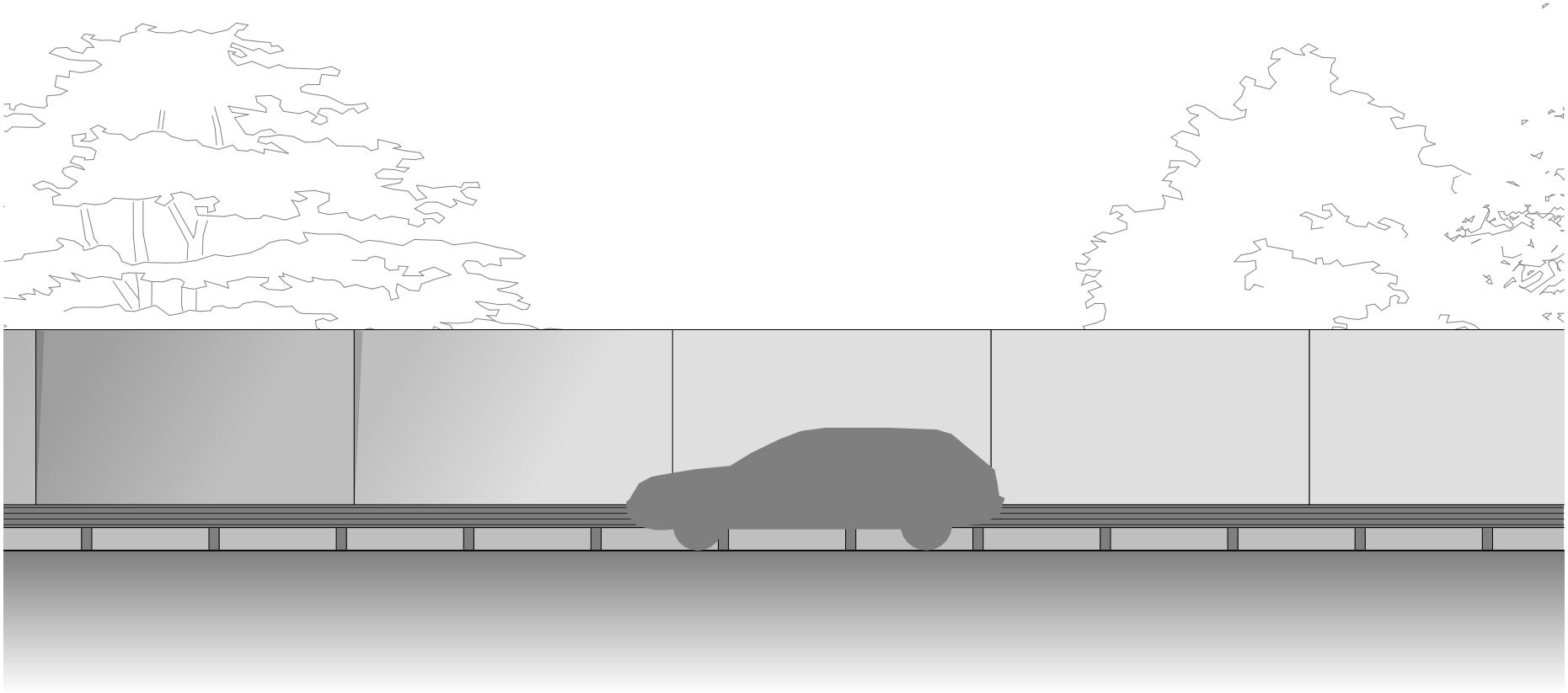
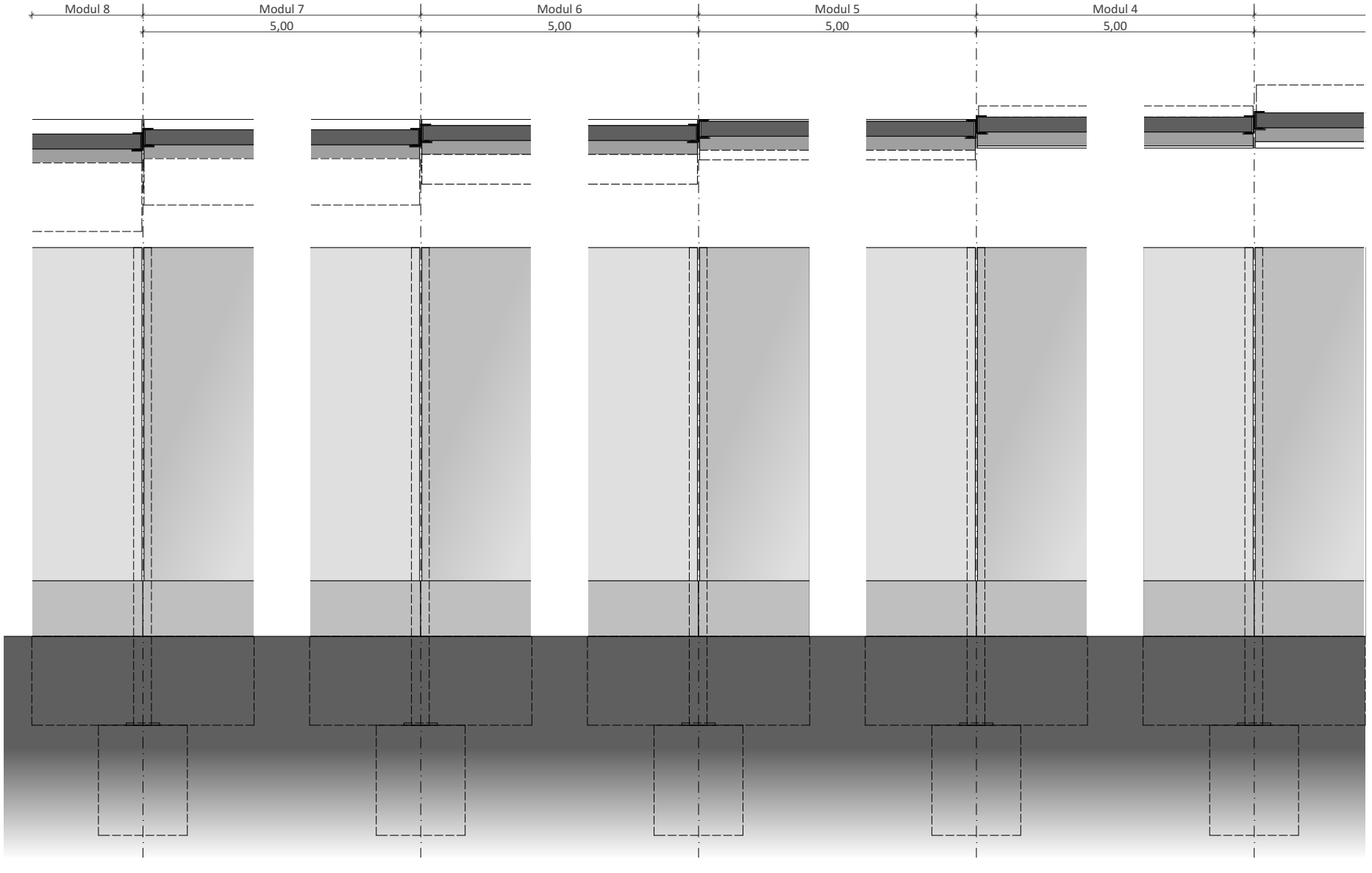


Abb. 256 I Gestaltungslösung B, Ansicht 1:100



MODULE



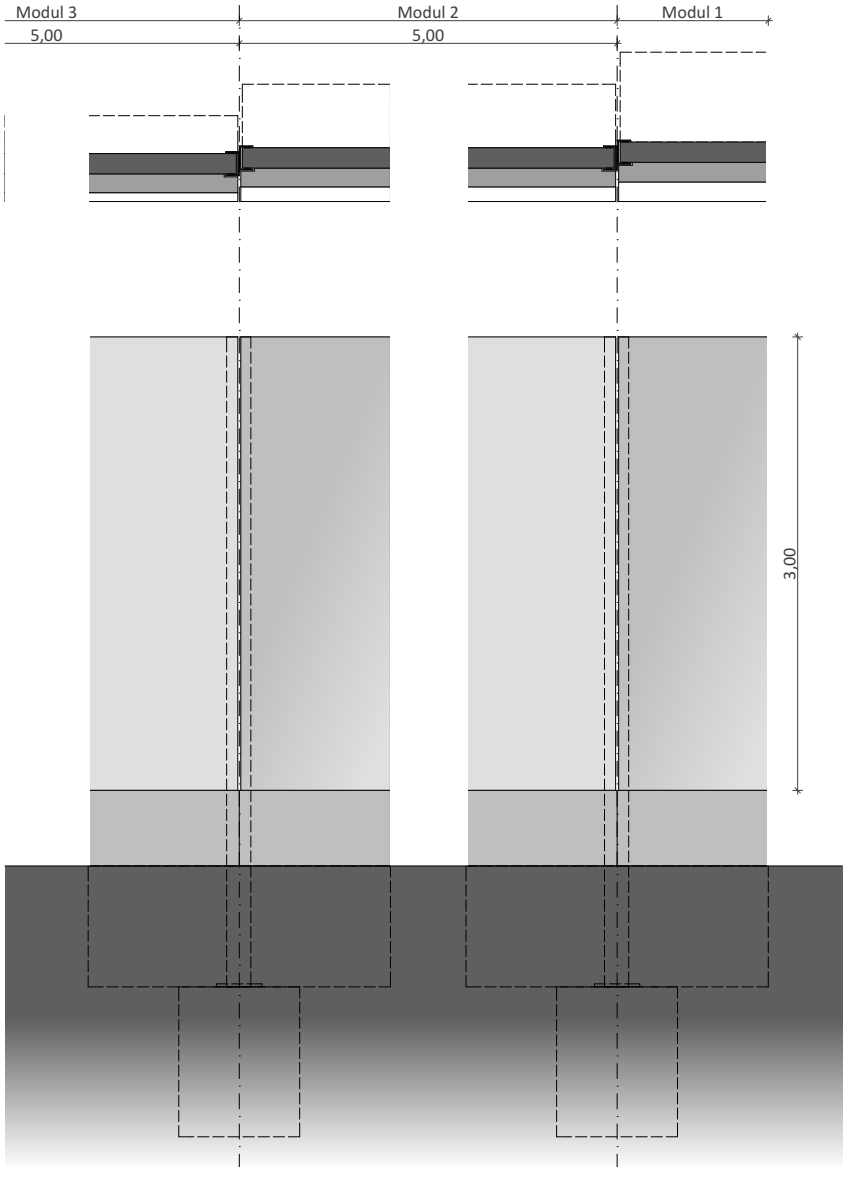


Abb. 257 I Gestaltungslösung B, Module 1-8, Grundriss und Ansicht 1:50

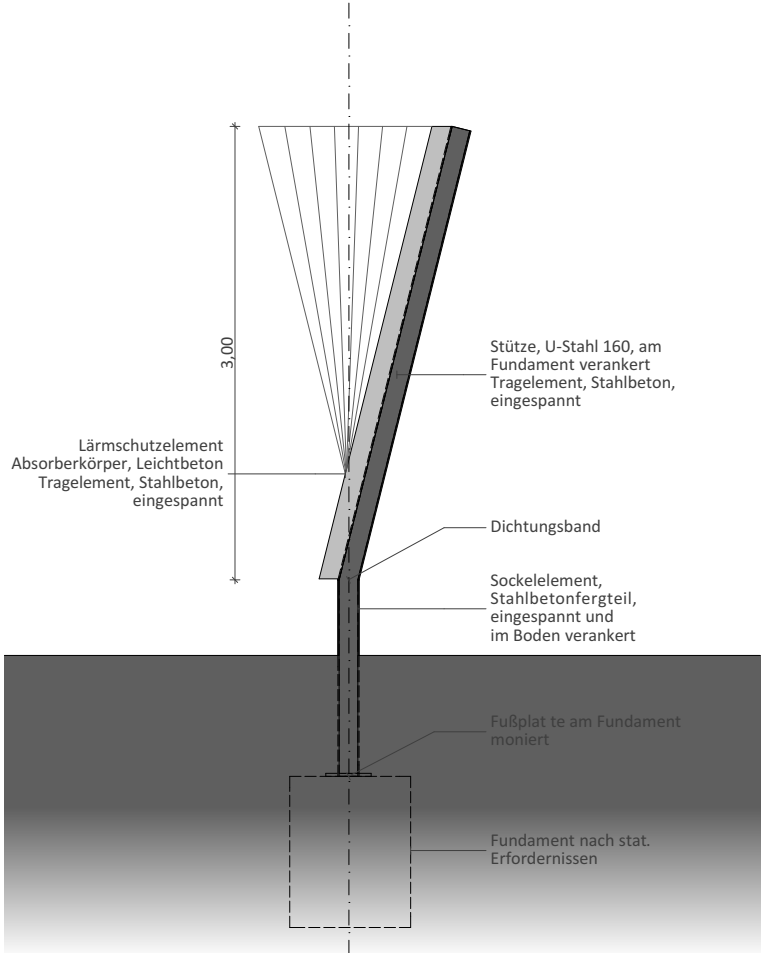


Abb. 260 I Gestaltungslösung B, Schnitt 1:50

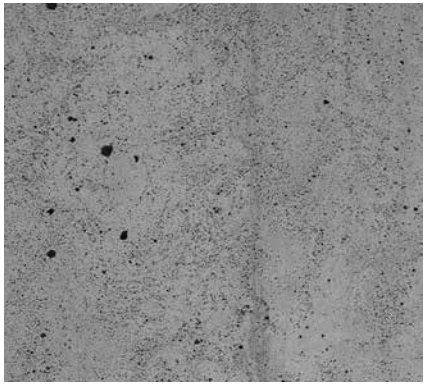


Abb. 258 I Leichtbeton

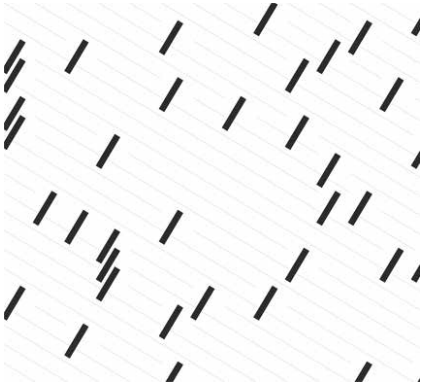


Abb. 259 I Leichtbeton, digitales Muster als Textur, generiert mit Processing Code P.2.1.1 (Anordnung im Raster)

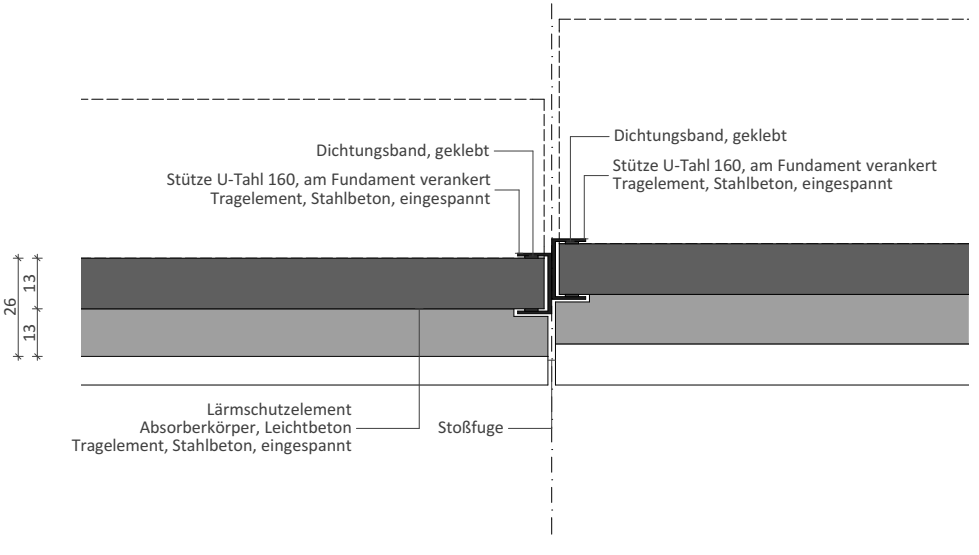


Abb. 261 I Gestaltungslösung B, Detail 1:20

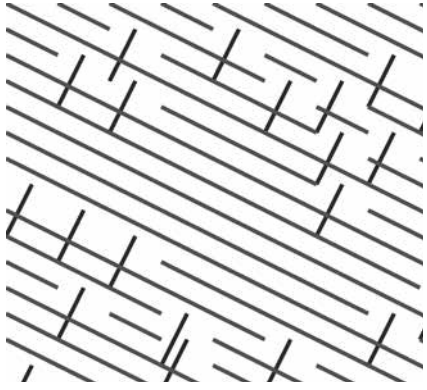


Abb. 262 I Generierung digitales Muster, Processing Code P.2.1.1 (Anordnung im Raster), Ausgangsmuster

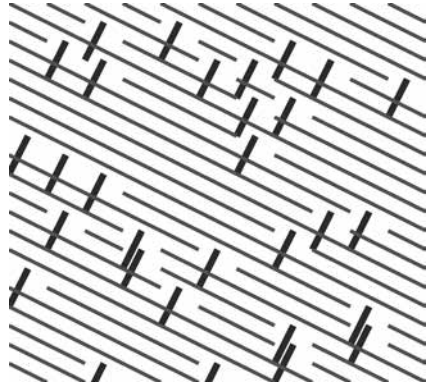


Abb. 263 I Generierung digitales Muster, Processing Code P.2.1.1 (Anordnung im Raster), Entwicklungsschritte

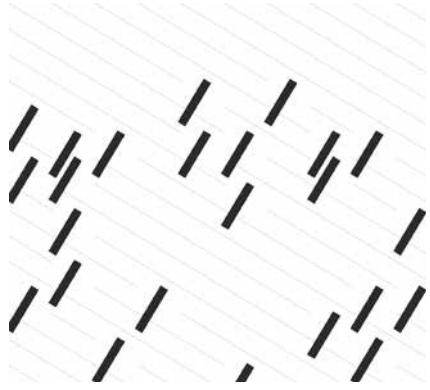


Abb. 264 I Generierung digitales Muster, Processing Code P.2.1.1 (Anordnung im Raster), Endergebnis

GENERIERUNG DIGITALES MUSTER

Mit Hilfe von Processing (vgl. Kap. 6.1), einer Programmiersprache die auf einem JAVA Syntax beruht können Muster erzeugt werden und per Texteingabe (Grundkenntnisse der Programmiersprache sind dafür notwendig) und mit wenigen Mausklicks verändert werden. Die Generierung des Musters erfolgt durch Adaptierung des Codes per Texteiangabe und durch die Maus im Sketch-Feld. Für die Entwicklung des Musters wird der Code P.2.1.1 (Anordnung im Raster) herangezogen. Daten der Verkehrsstrommessung (Verhältnis 7:1) bilden die Basis für die Eingabe der Parameter. Eine Diagonale wird in einem Raster mit zwei möglichen Richtungen (Linie A, von links oben nach rechts unten und Linie B, von links unten nach rechts oben) angeordnet. Bei jedem Rasterfeld entscheidet der Zufall, in welche Richtung (A oder B) sich die Diagonale entwickelt. Per Texteingabe kann im Code beispielsweise die Auflösung des Rasters (tileCount) bestimmt werden, die Linienstärke verändert werden oder die Endungen der Linien (round, square, project) definiert werden. Nachdem der Code programmiert bzw. verändert wurde, werden per Mausklick unterschiedliche digitale Muster erzeugt. Der Bezugspunkt der Maus befindet sich in der linken, oberen Ecke. Die Position der Maus in x-Richtung verändert die Linienstärke der linken Diagonale, die Position der Maus in y-Richtung verändert die Linienstärke der rechten Diagonale. Durch einen Linksklick der Maus ergeben sich neue Zufallswerte in der Anordnung. Aus den Varianten wird ein Muster für die Gestaltung der Lärmschutzwandoberfläche gewählt und dient als Motivorlage für die Herstellung einer Matrize bzw. als CNC-Fräsvorlage. Das Endergebis bildet das Verkehrsaufkommen von Lastkraftwagen entlang des Streckenabschnitts ab.

Abb. 265 I Gestaltungslösung B, Perspektive mit Textur, digitales Muster

Abb. 266 I Gestaltungslösung B, Perspektive

Abb. 267 I Gestaltungslösung C, Perspektive mit Blick auf die Wand

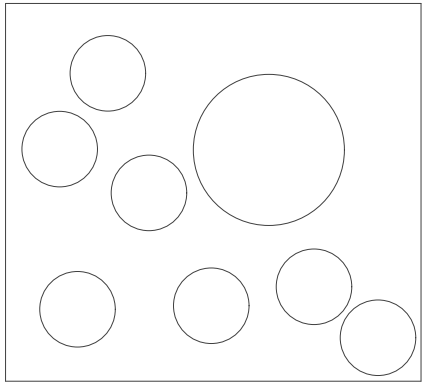


Abb. 268 I Gestaltungslösung C, große und kleine Kreise als Ausgangsmotiv

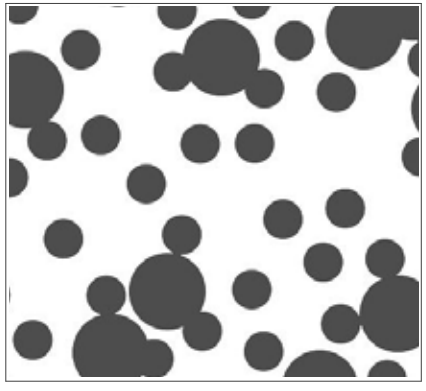


Abb. 269 I Gestaltungslösung C, zufällige Anordnung, generiert mit Rhino 3D + Grasshopper

13.3 GESTALTUNGSLÖSUNG C

Die Anzahl der unterschiedlich großen Perforationen (d=10cm, d=20cm) bildet in abstrakter Form das Verkehrsaufkommen entlang des Streckenabschnitts ab. Basierend auf dem Verhältnis von Personenkraftwagen zu Lastkraftwagen werden die Fahrzeuge in einem Vielfachen von dem Verhältnis 7:1 durch einen Algorithmus (Rhino 3D + Grasshopper) abgebildet. Jede achte Perforation steht somit für einen Lastkraftwagen. Sieben Module mit unterschiedlicher Dichte an Perforationen bilden das Verkehrsaufkommen innerhalb einer Woche ab.

In Abhängigkeit der Länge des Teilabschnitts können gleiche Module auch mehrfach aneinander gereiht werden und erzeugen neue Effekte. Die algorithmische Anordnung der Perforationen erzeugt im Vorbeifahren eine fließende Welle aus Punkten, die mit geringer Intensität beginnt und sich zunehmend verdichtet. Der Effekt wird zusätzlich durch die Tiefe (3cm, 6cm) der einzelnen Perforationen verstärkt.

PARAMETER
Durchmesser: 10cm, 20cm
Tiefe der Perforation: 3cm, 6cm
Anzahl der Kreise: im Verhältnis 7:1 (klein:groß)
Anordnung der Kreise: Zufall
Neigung: 90 Grad

DIGITALE PRODUKTION
Auch hier bilden Betonfertigteile die Ausgangsbasis. Die Perforationen werden mit Hilfe eines Roboters gefräst.

ANSICHT UND GRUNDRISS

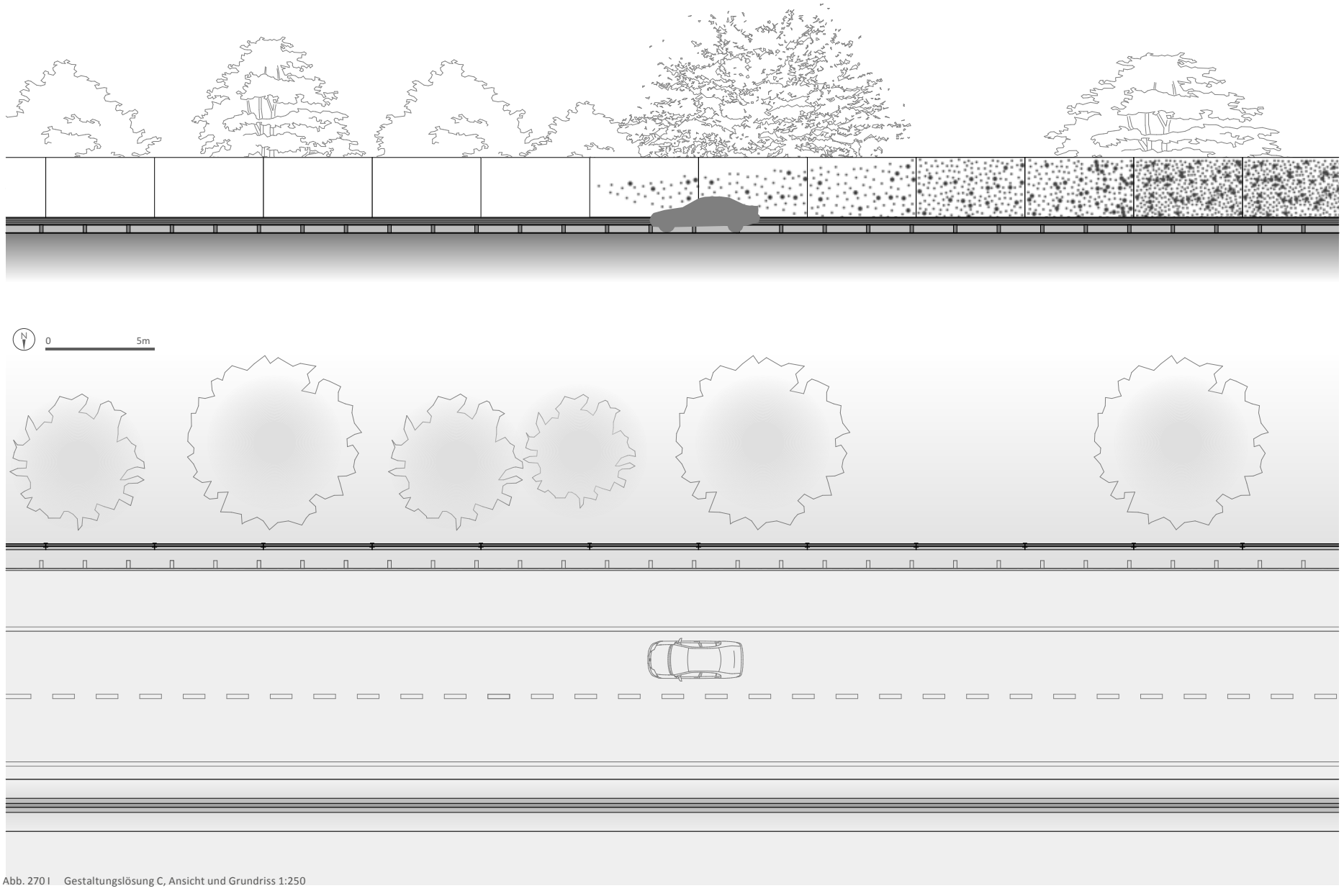
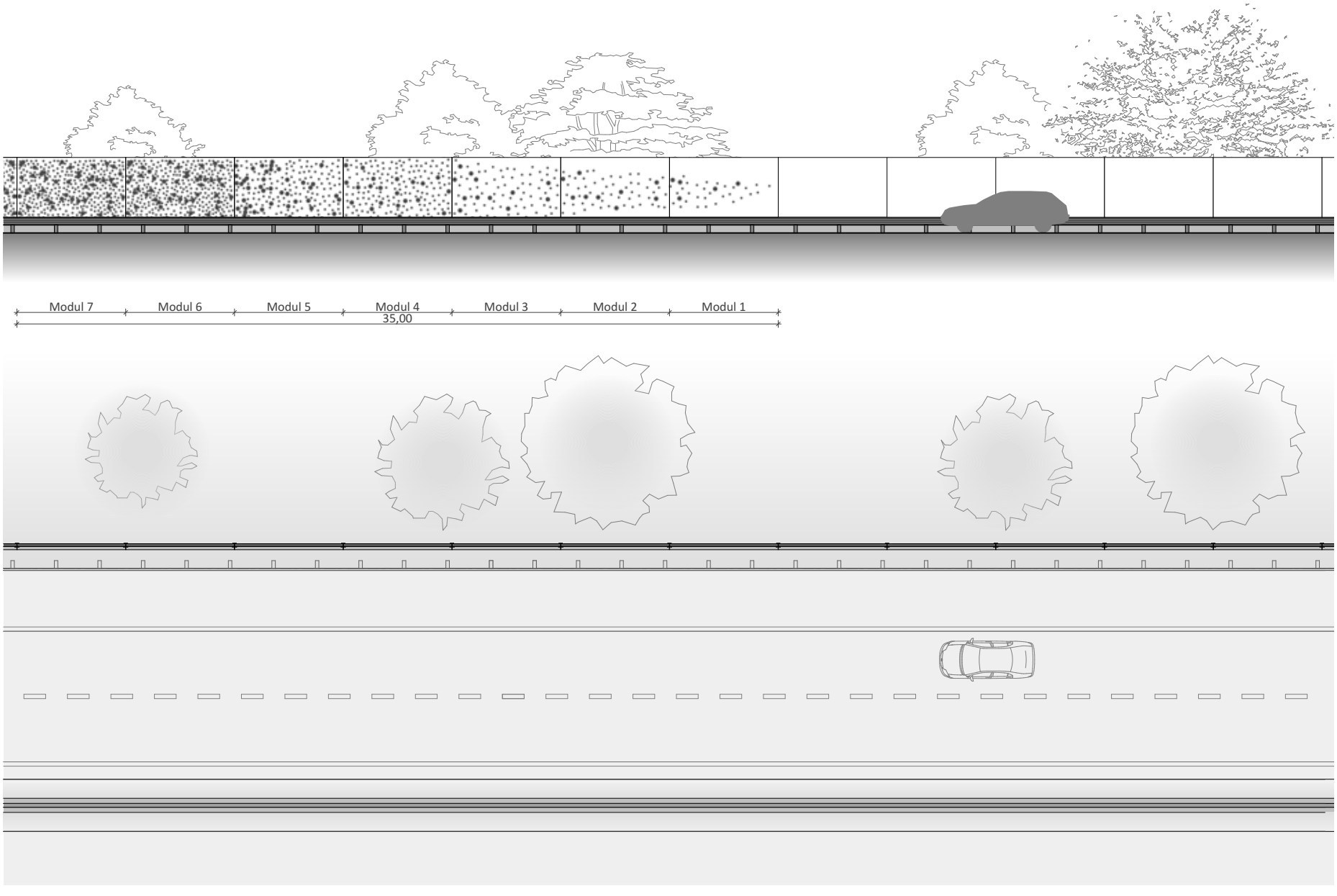


Abb. 270 I Gestaltungslösung C, Ansicht und Grundriss 1:250


Modul 7
Modul 6
Modul 5
Modul 4
Modul 3
Modul 2
Modul 1
35,00

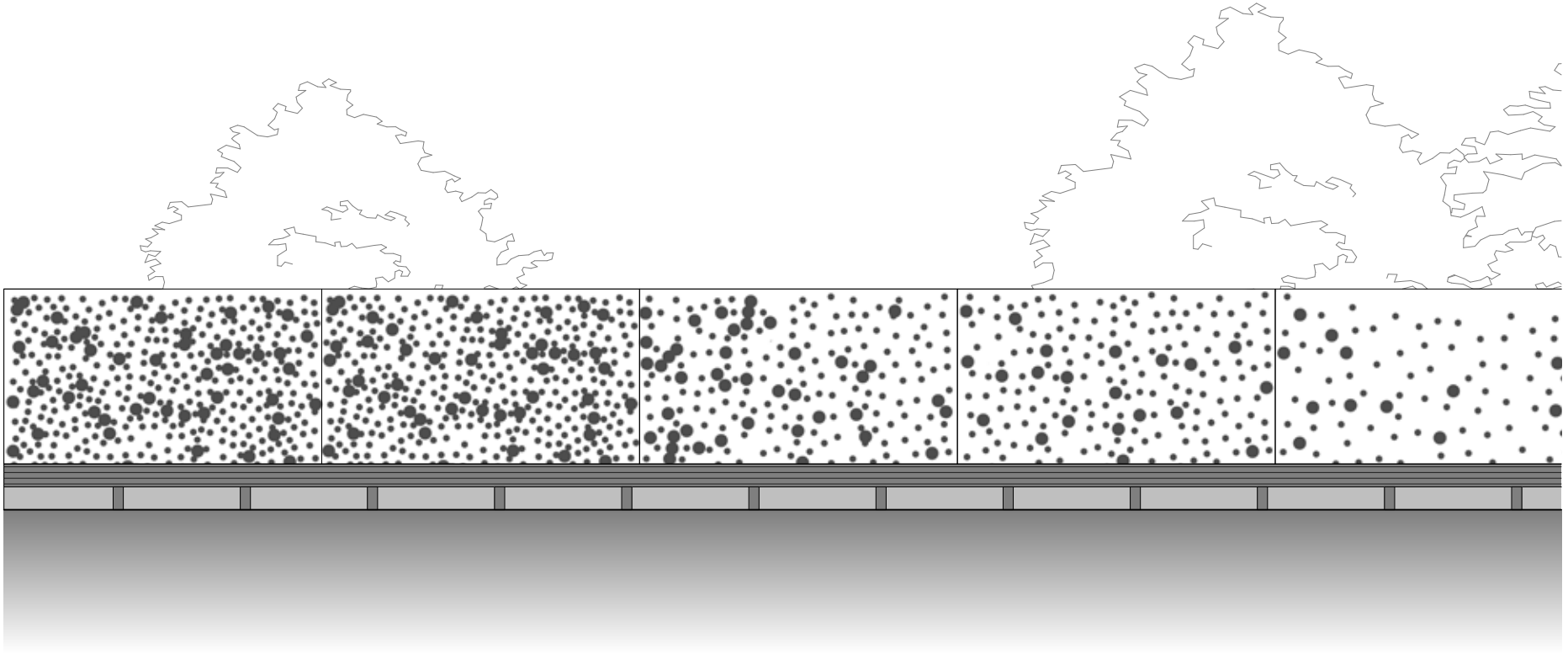
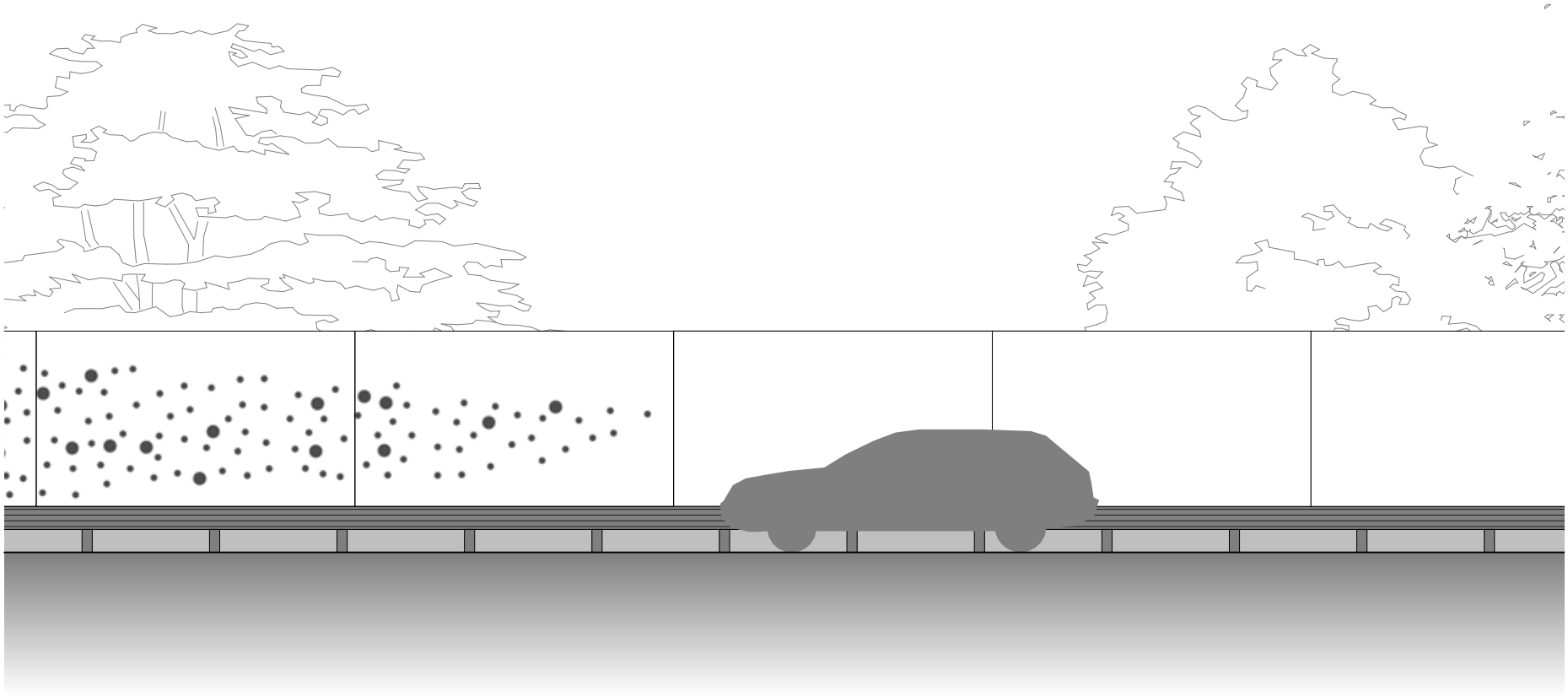


Abb. 271 I Gestaltungslösung C, Ansicht 1:100



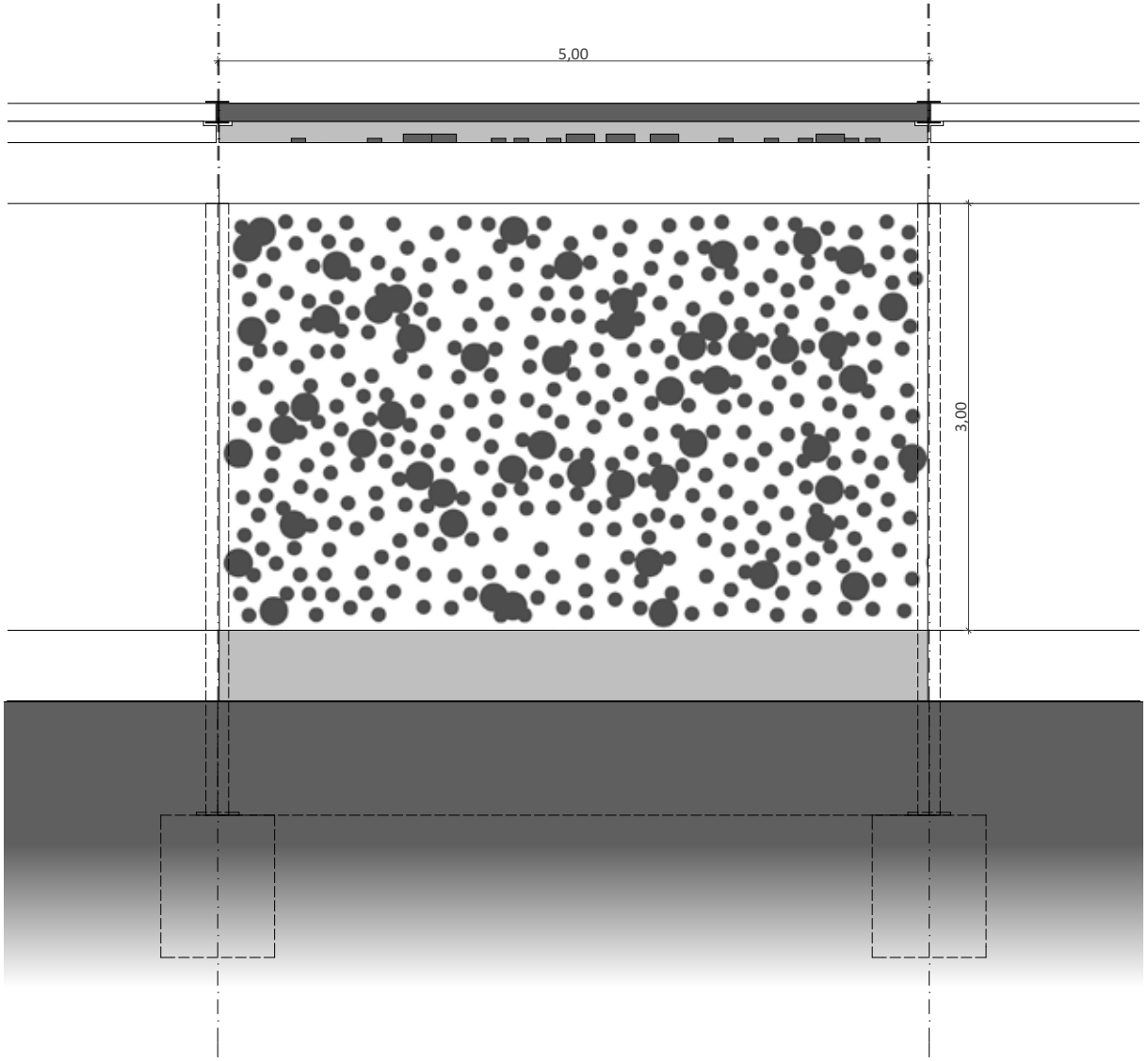


Abb. 272 I Gestaltungslösung C, Modul 7, Ansicht 1:50

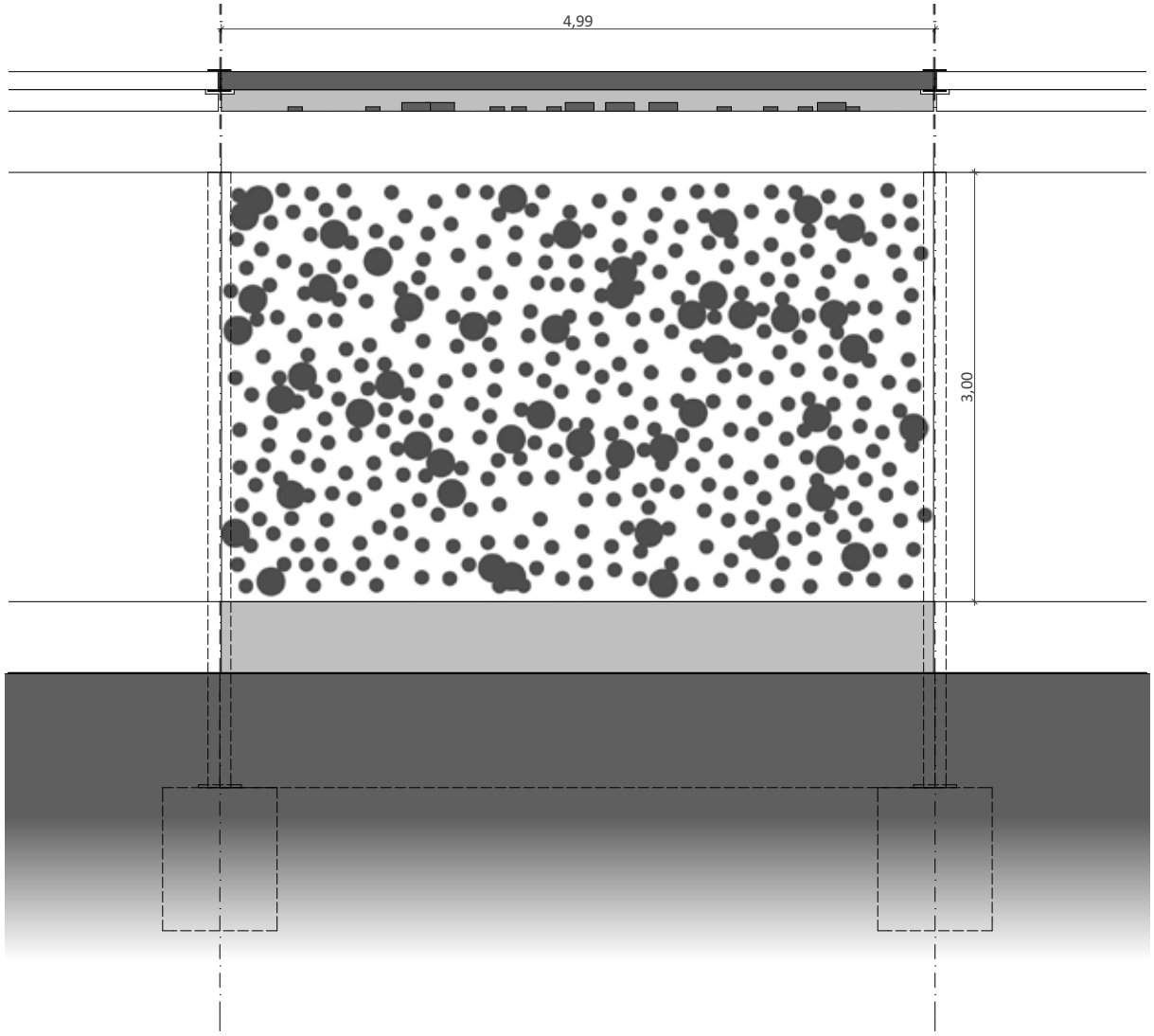


Abb. 273 I Gestaltungslösung C, Modul 6, Ansicht 1:50

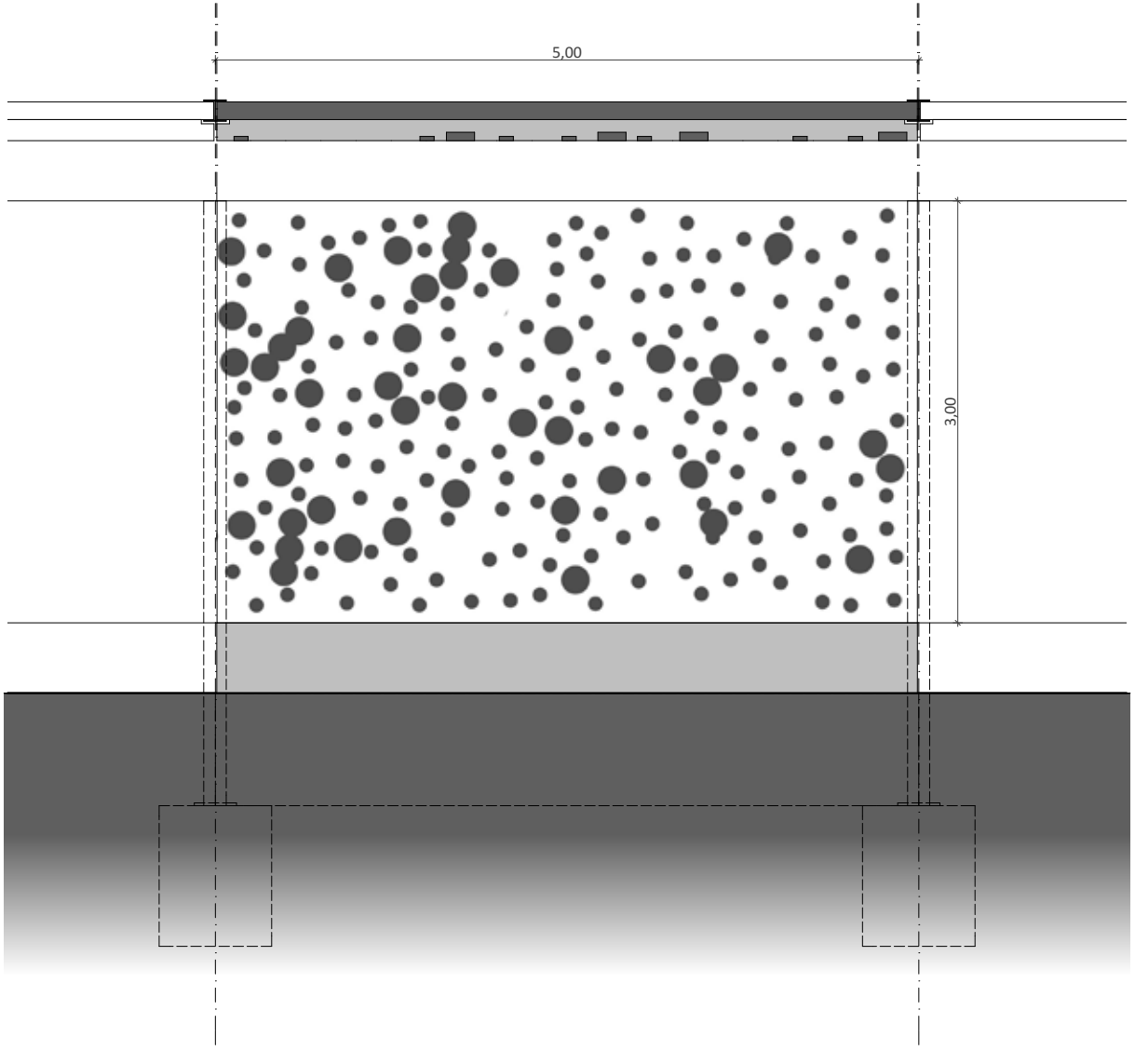


Abb. 274 I Gestaltungslösung C, Modul 5, Ansicht 1:50

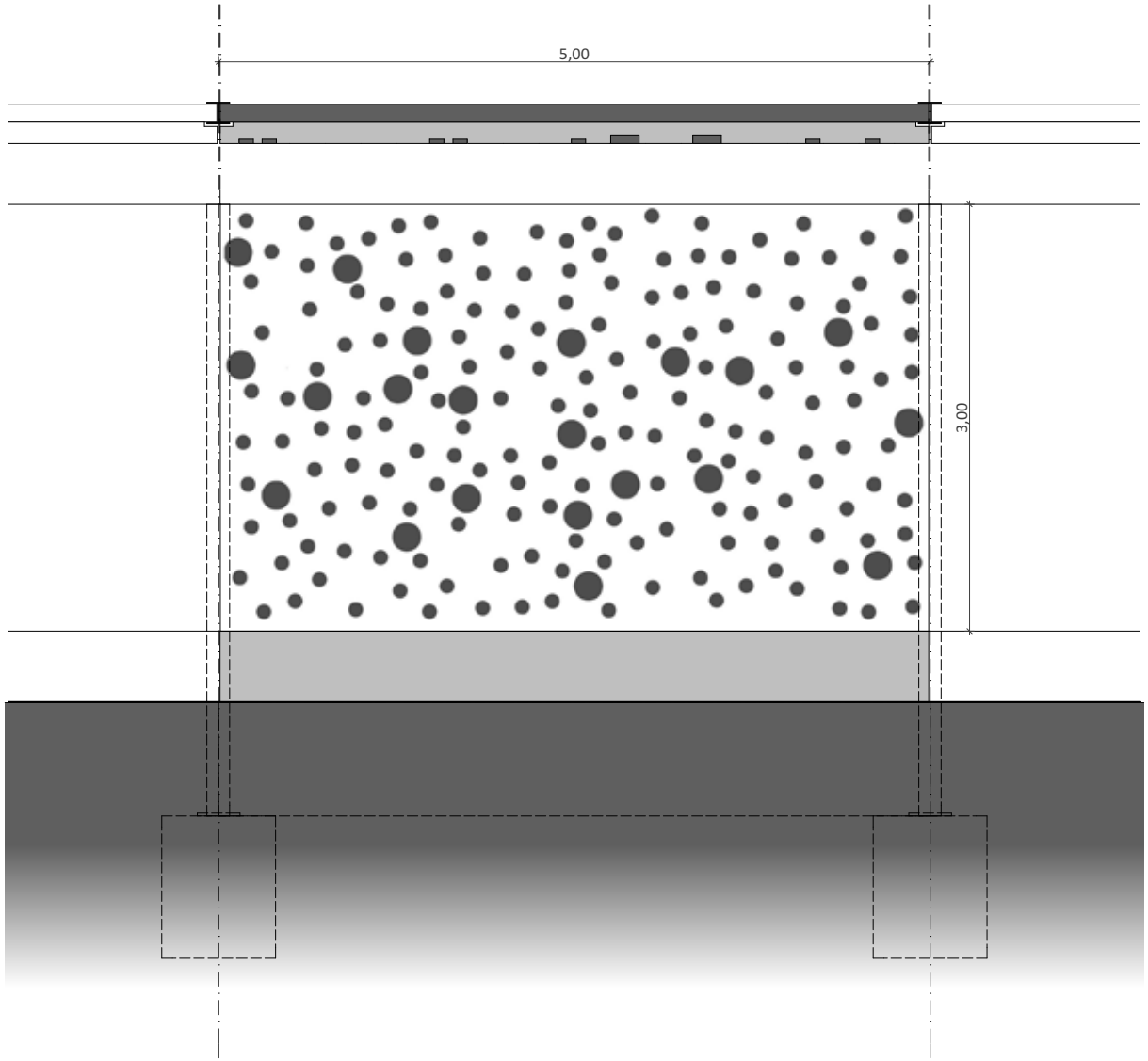


Abb. 275 I Gestaltungslösung C, Modul 4, Ansicht 1:50

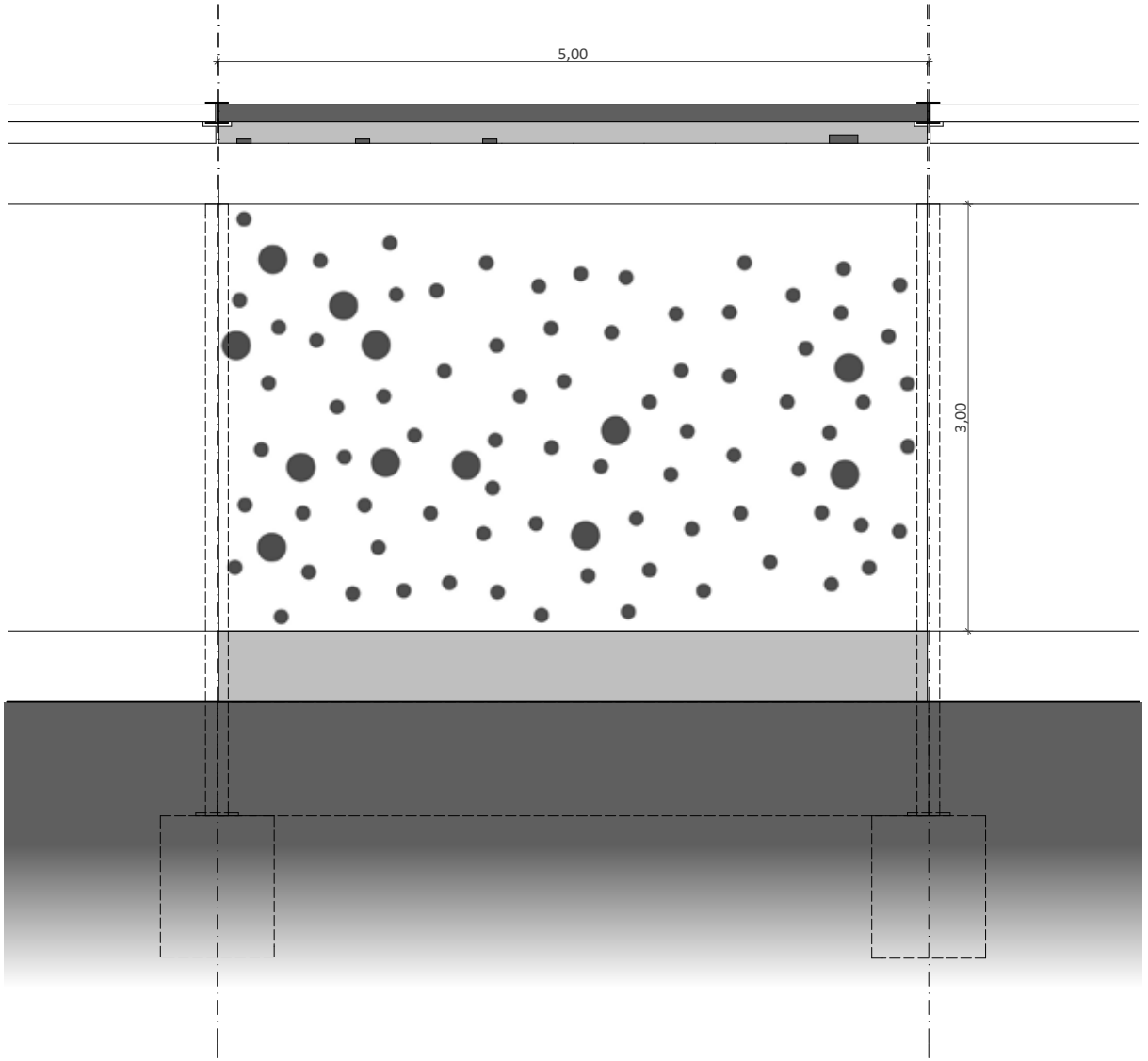


Abb. 276 I Gestaltungslösung C, Modul 3, Ansicht 1:50

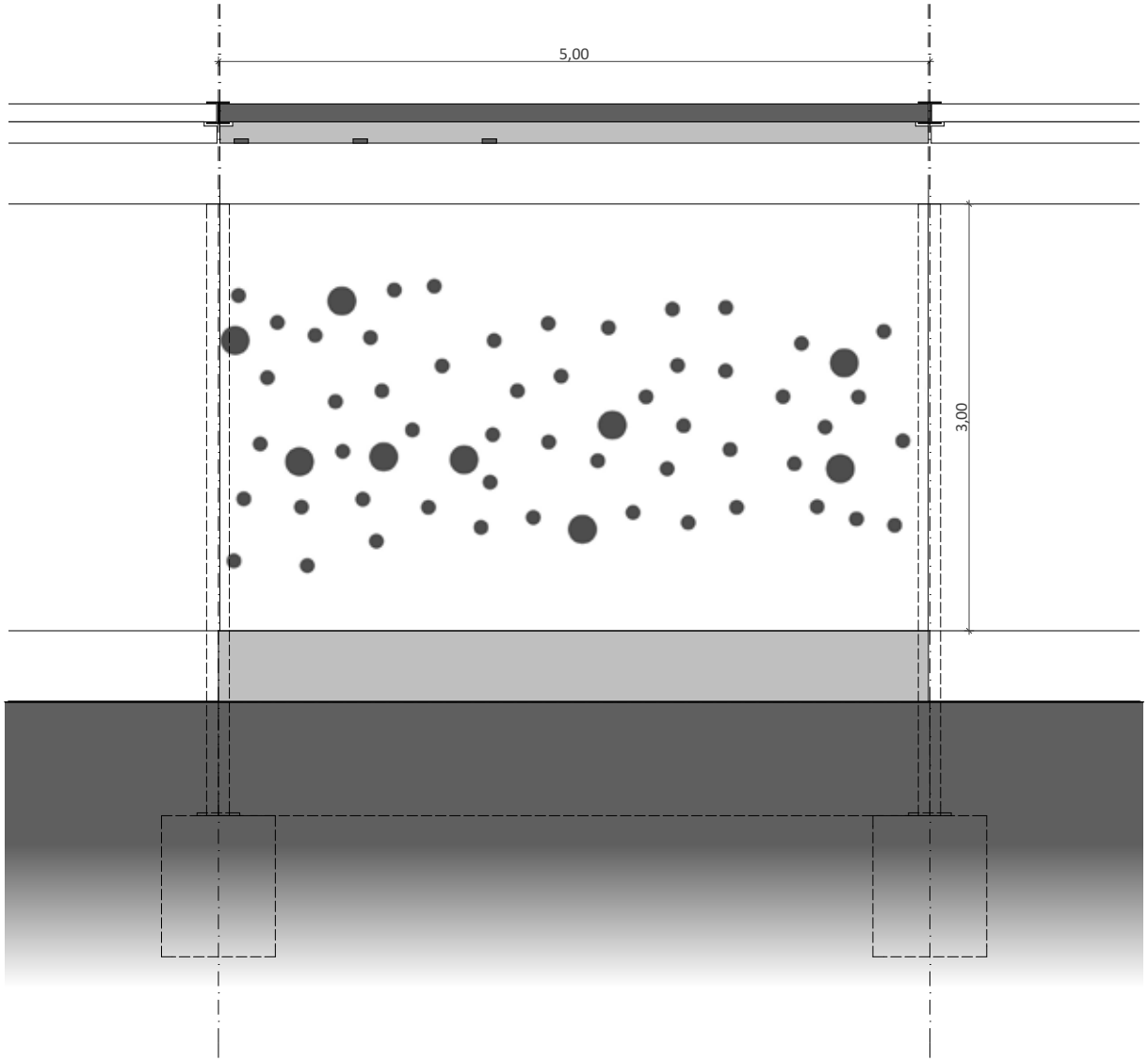


Abb. 277 I Gestaltungslösung C, Modul 2, Ansicht 1:50

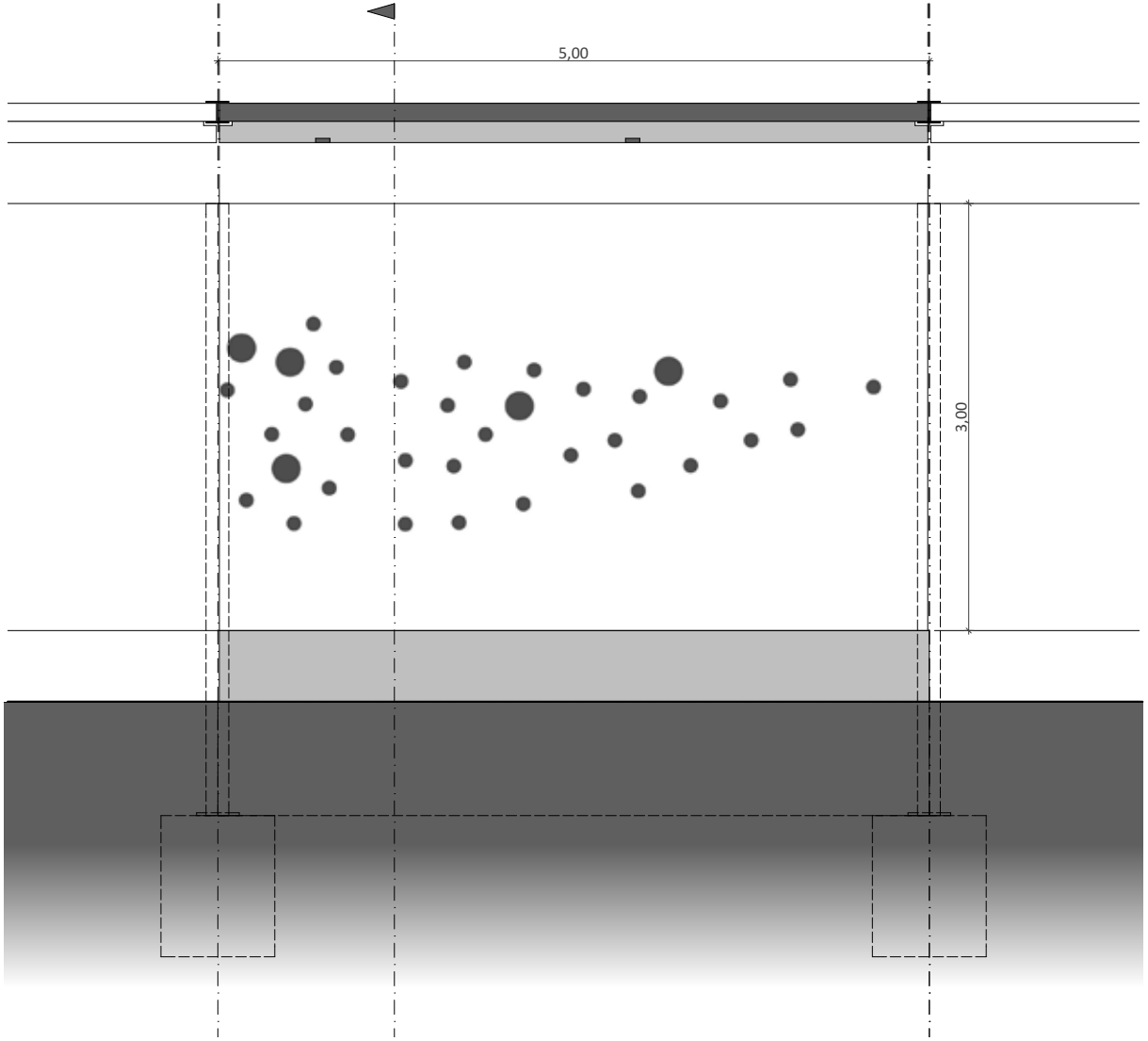


Abb. 278 I Gestaltungslösung C, Modul 1, Ansicht 1:50

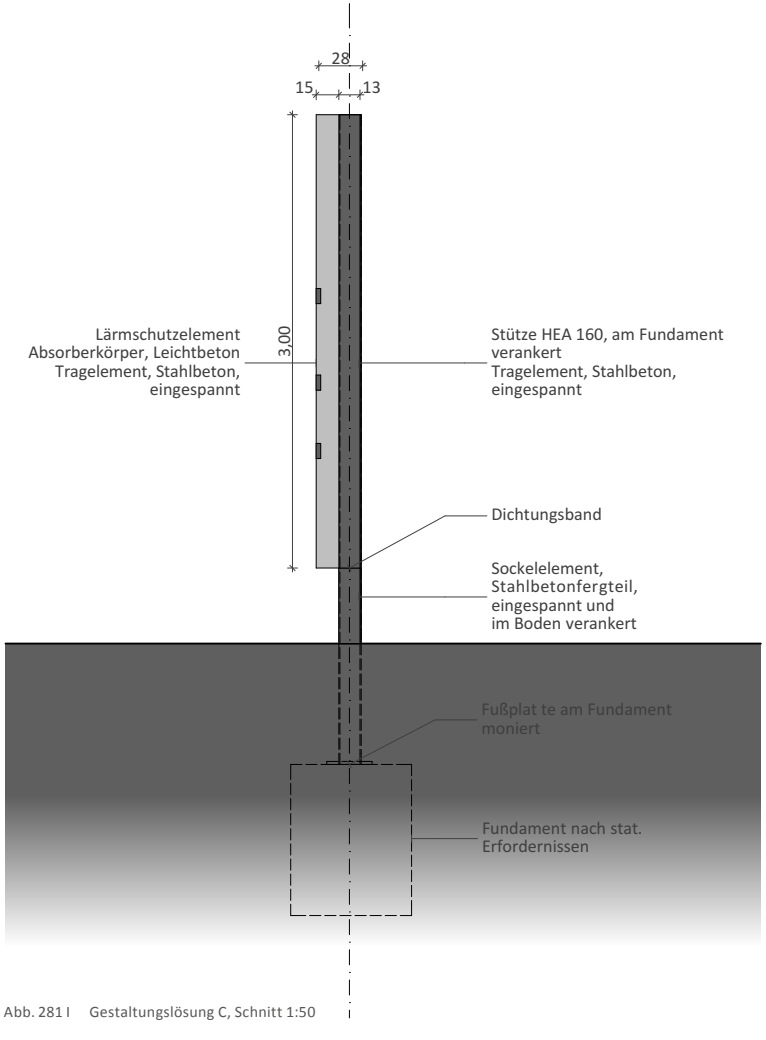


Abb. 281 I Gestaltungslösung C, Schnitt 1:50

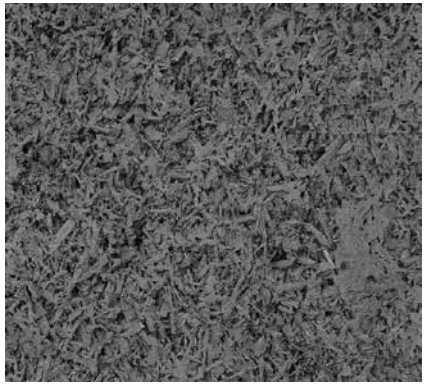


Abb. 279 I Holzbeton

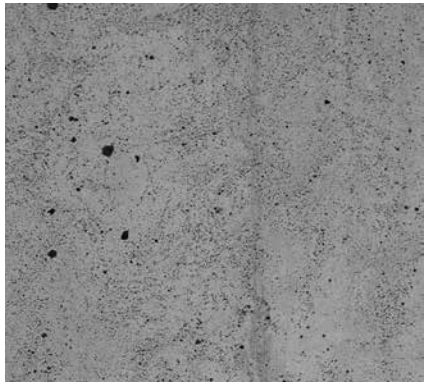


Abb. 280 I Leichtbeton

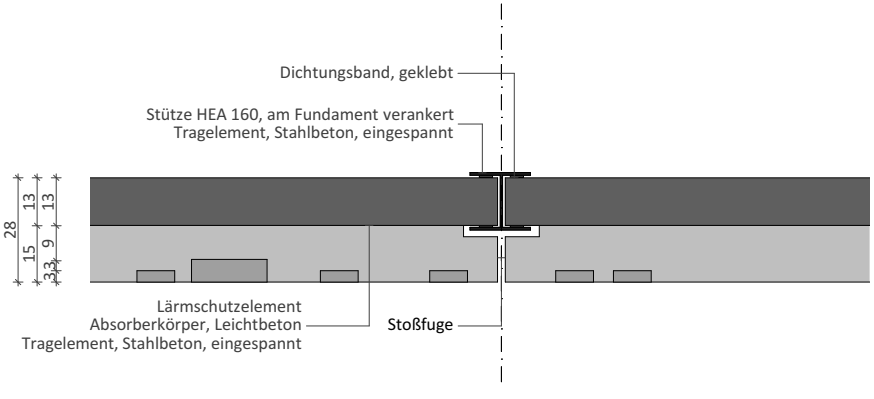


Abb. 282 I Gestaltungslösung C, Detail 1:20

Abb. 283 I Gestaltungslösung C, Perspektive mit Blick auf die Wand

Abb. 284 I Gestaltungslösung C, Perspektive in Fahrtrichtung

Abb. 285 I Gestaltungslösung D, Perspektive mit Blick auf die Wand

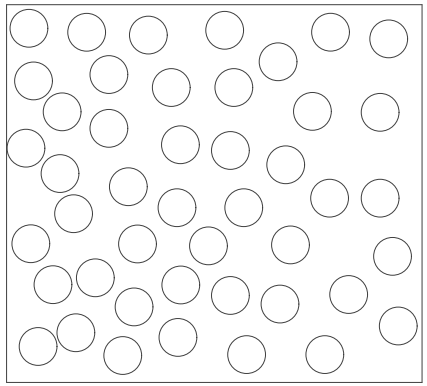


Abb. 286 I Gestaltungslösung D, Kreis als Ausgangsmotiv

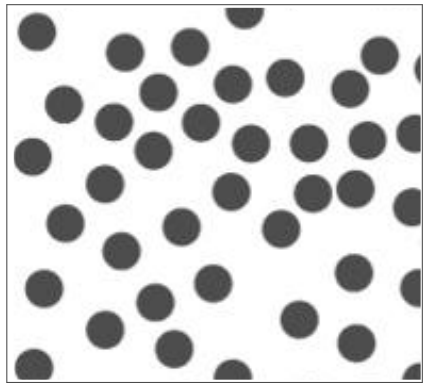


Abb. 287 I Gestaltungslösung D, zufällige Anordnung, generiert mit Rhino 3D + Grasshopper

13.4 GESTALTUNGSLÖSUNG D

Die Anzahl der Perforationen (d=5cm) bildet in abstrakter Form das Verkehrsaufkommen entlang des Streckenabschnitts ab. Basierend auf dem Verhältnis von Personenkraftwagen zu Lastkraftwagen (7:1) werden ausschließlich Personenkraftwagen in einem Vielfachen von der Zahl Sieben durch einen Algorithmus (Rhino 3D + Grasshopper) abgebildet. Sieben Module bilden das Verkehrsaufkommen mit unterschiedlicher Dichte innerhalb einer Woche ab. Modul 1 und 2 spiegeln das Verkehrsaufkommen am Wochenende wider. Modul 3, 4, 5, 6, 7 zeigen die Wochentage mit einer höheren Verkehrsdichte, bei denen Montag und Freitag die Spitzen darstellen.

In Abhängigkeit der Länge des Teilabschnitts können gleiche Module auch mehrfach aneinander gereiht werden. Die algorithmische Anordnung der Perforationen erzeugt im Vorbeifahren eine fließende Welle aus Punkten, die mit geringer Intensität beginnt und sich zunehmend verdichtet. Der Effekt wird zusätzlich durch die Tiefe (3cm, 6cm, 9cm) der einzelnen Perforationen verstärkt.

PARAMETER
Durchmesser: 5cm
Tiefe der Perforation: 3cm (Modul 1 ,2, 3), 6cm (Modul 4, 5), 9cm (Modul 6, 7)
Anzahl der Kreise: ein Vielfaches von 7
Anordnung der Kreise: Zufall
Neigung: 90 Grad

DIGITALE PRODUKTION
In der Endfertigung werden die Module als Betonfertigteile hergestellt und die Perforationen werden mit Hilfe eines Roboters gefräst.

ANSICHT UND GRUDRISS

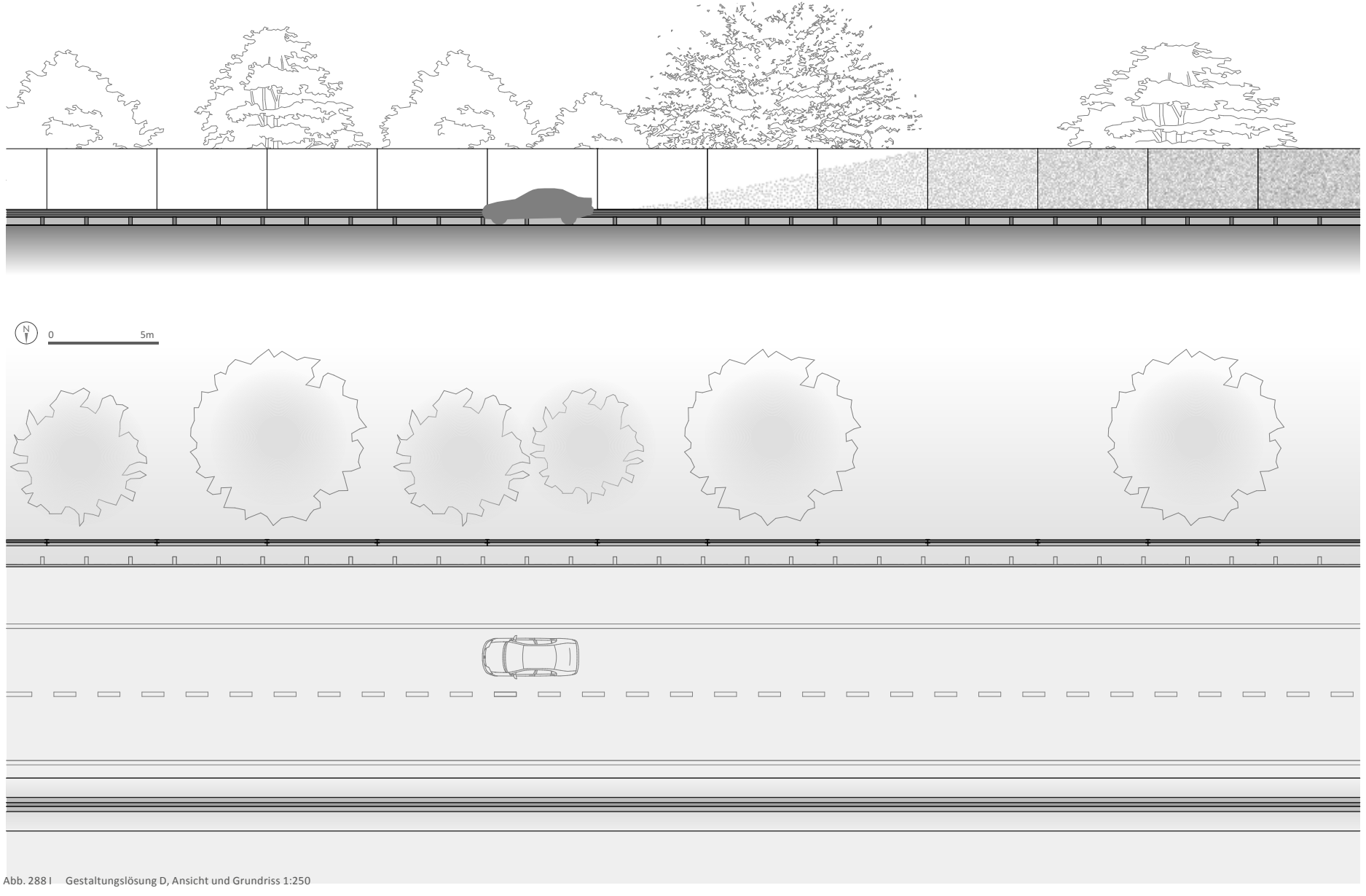
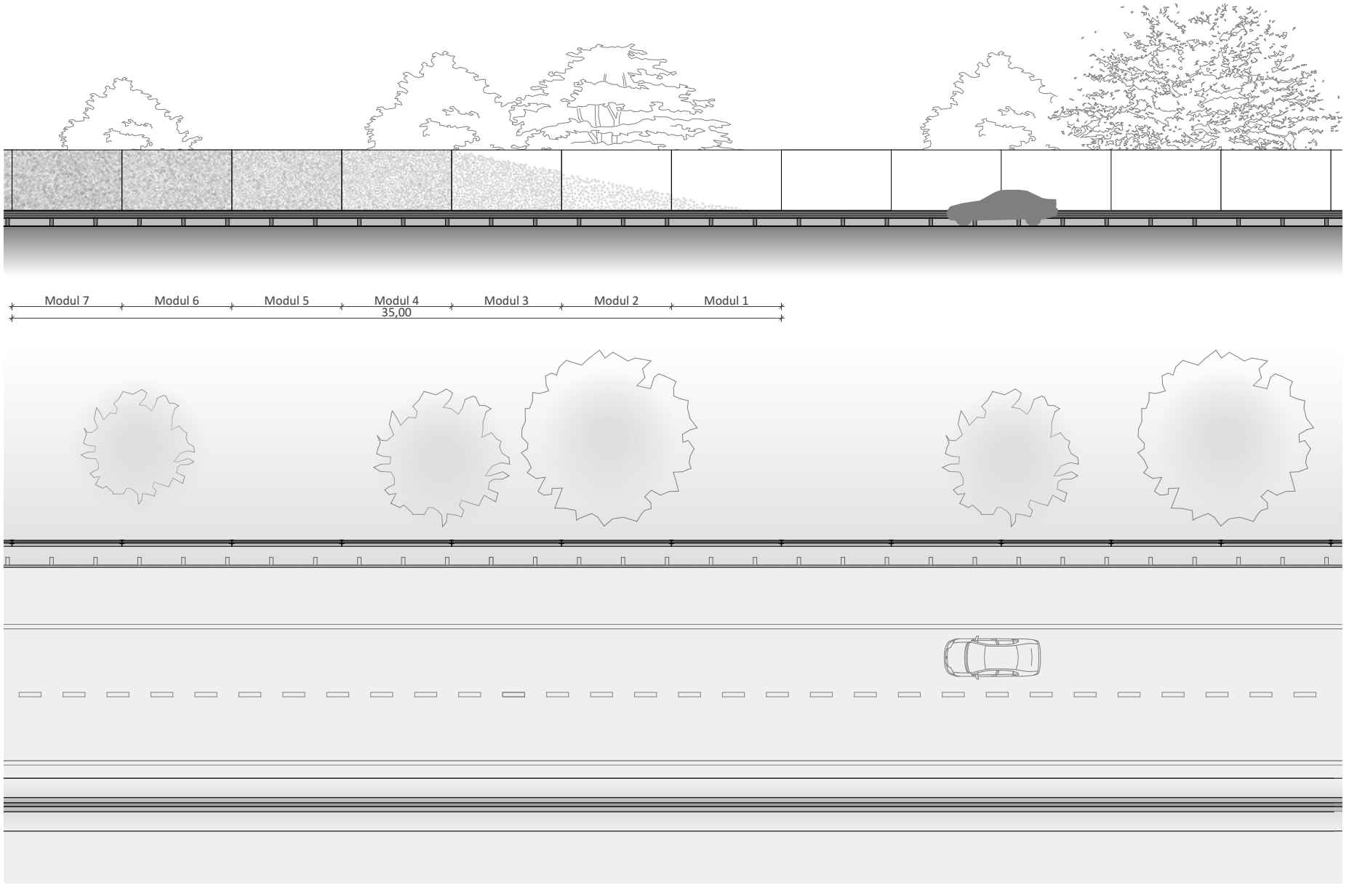


Abb. 288 I Gestaltungslösung D, Ansicht und Grundriss 1:250


Modul 7
Modul 6
Modul 5
Modul 4
Modul 3
Modul 2
Modul 1
35,00

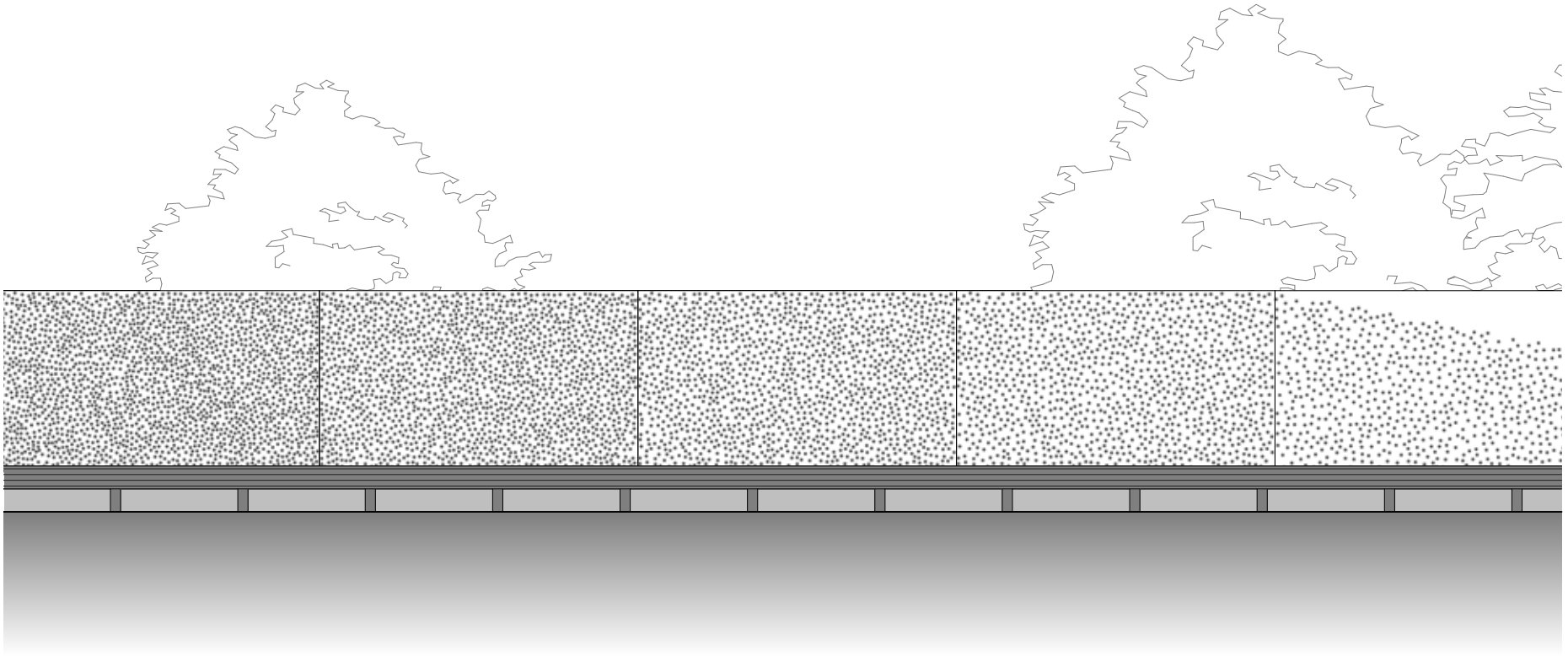
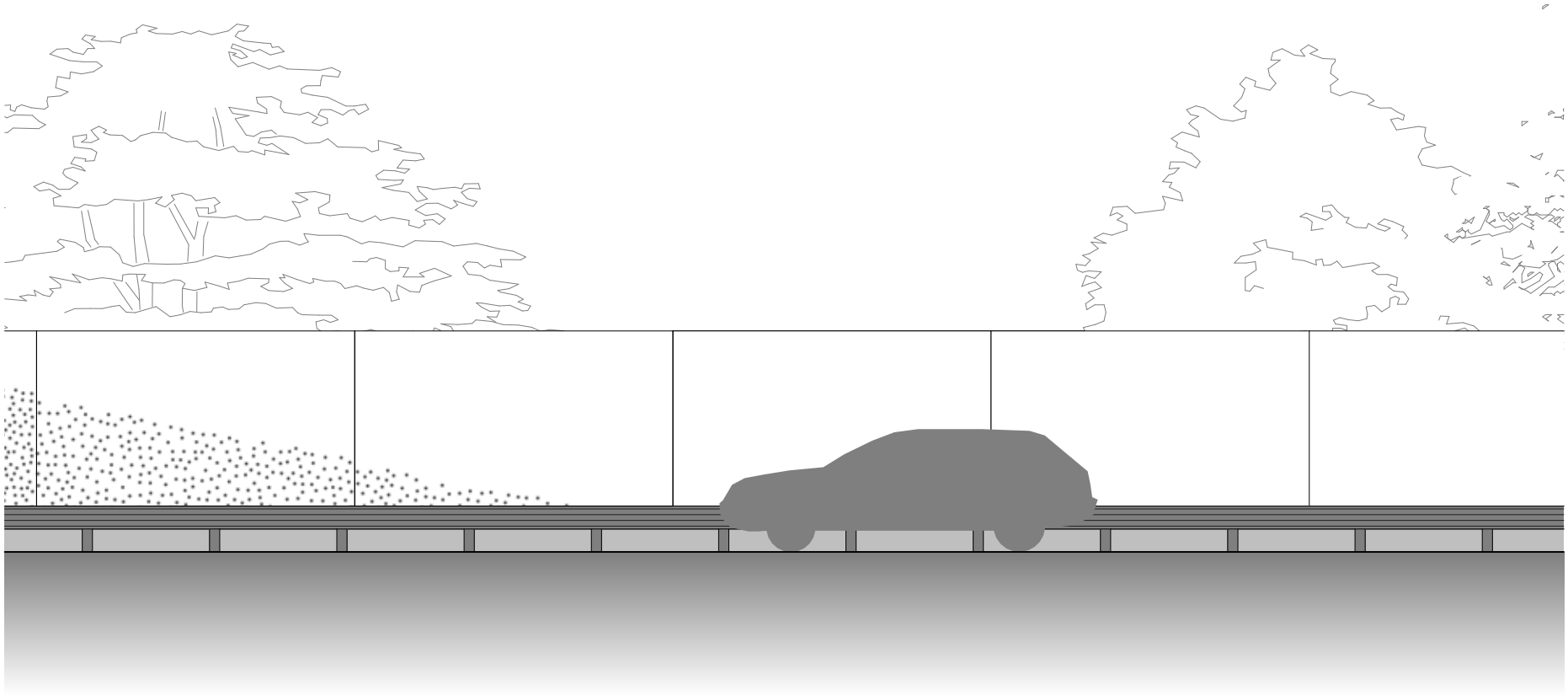


Abb. 289 I Gestaltungslösung D, Ansicht 1:100



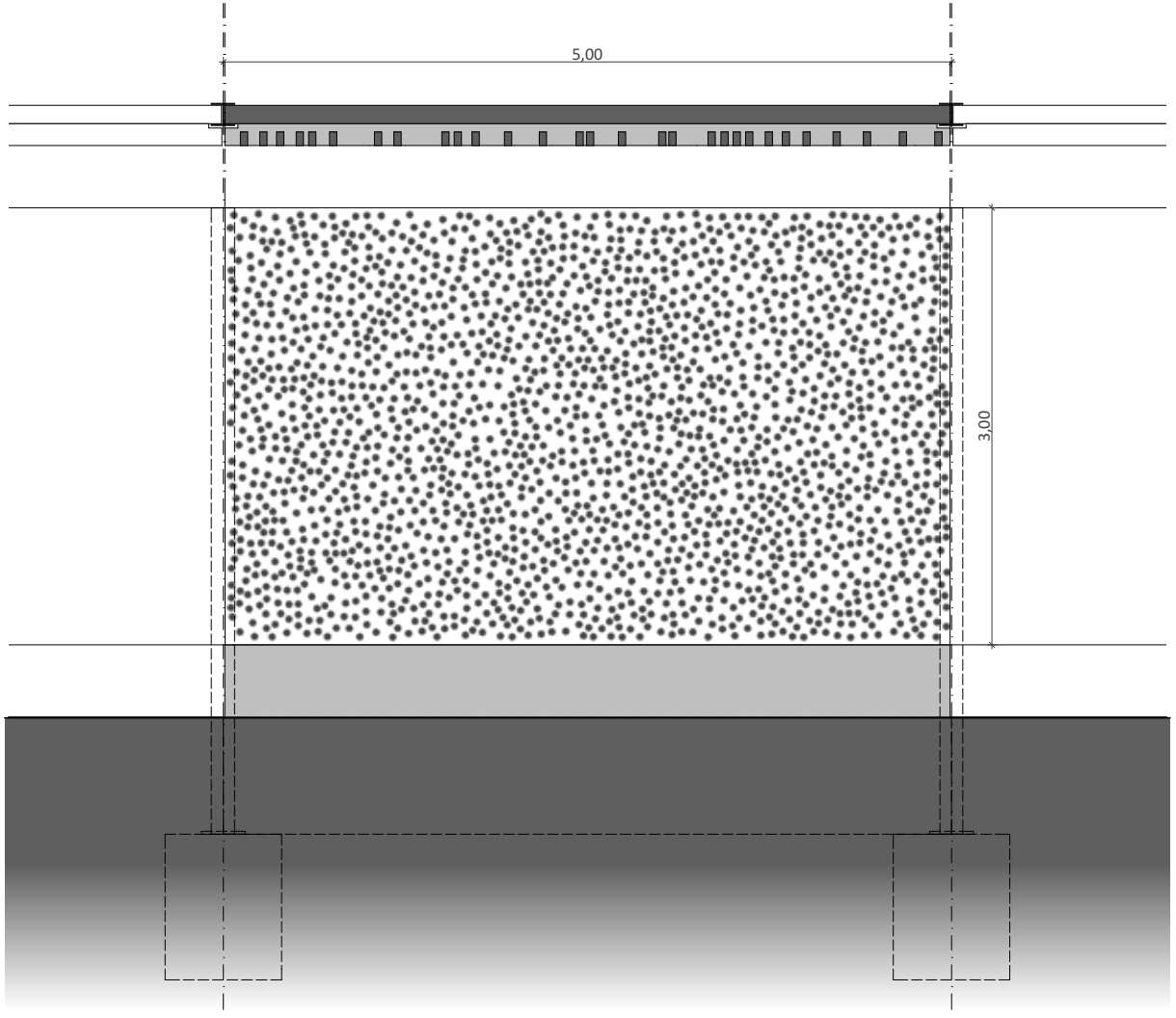


Abb. 290 I Gestaltungslösung D, Modul 7, Ansicht 1:50

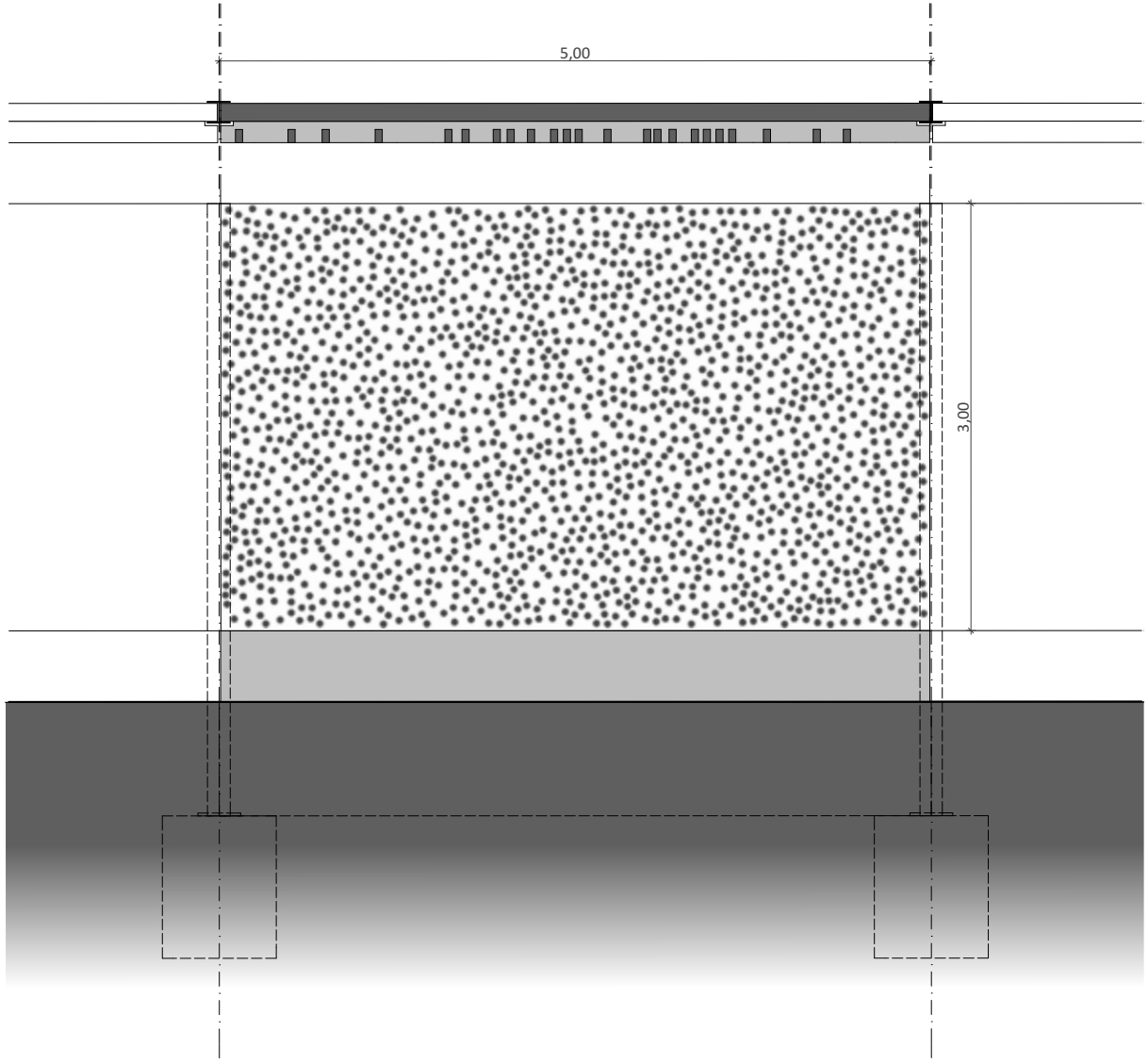


Abb. 291 I Gestaltungslösung D, Modul 6, Ansicht 1:50

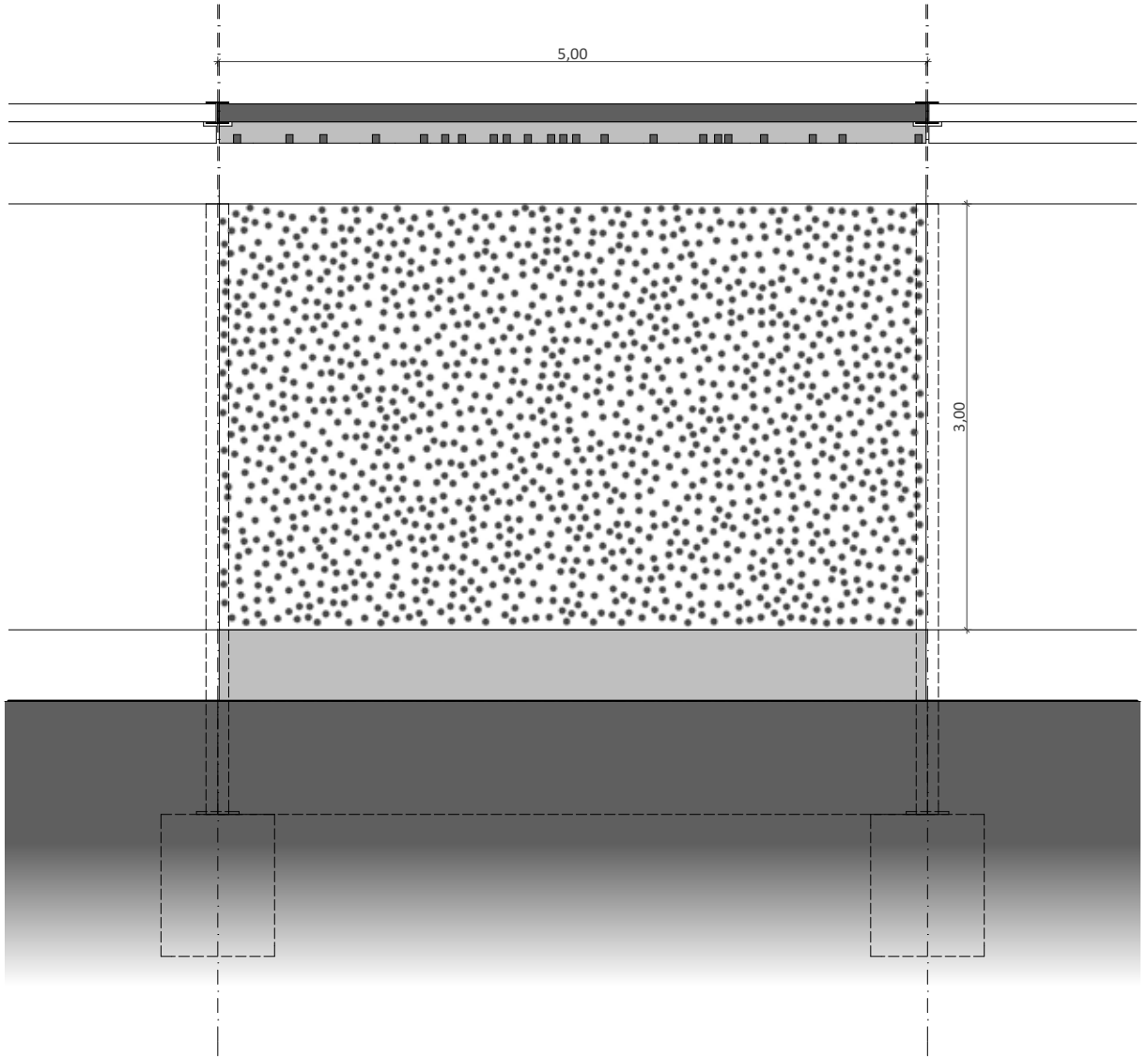


Abb. 292 I Gestaltungslösung D, Modul 5, Ansicht 1:50

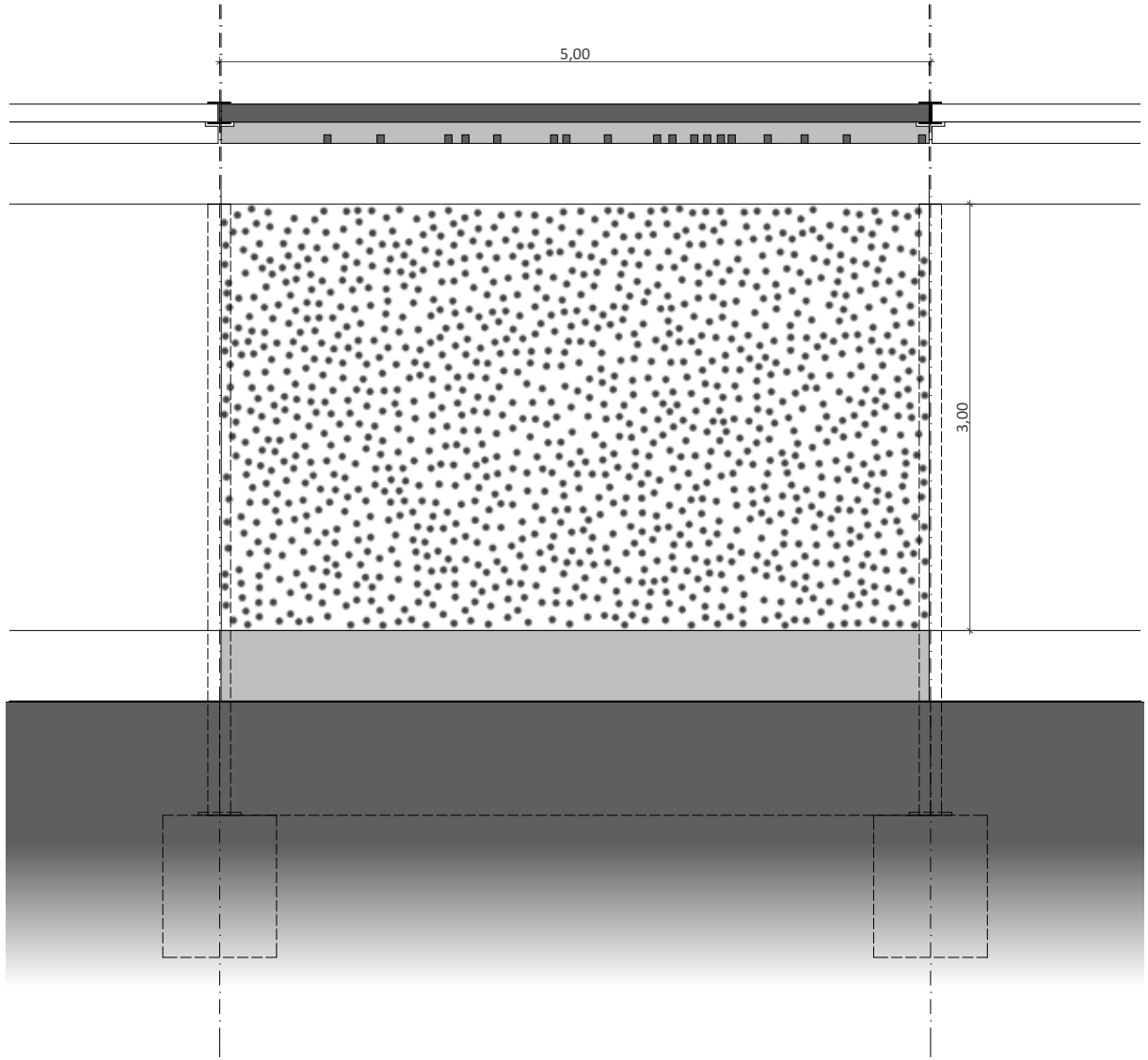


Abb. 293 I Gestaltungslösung D, Modul 4, Ansicht 1:50

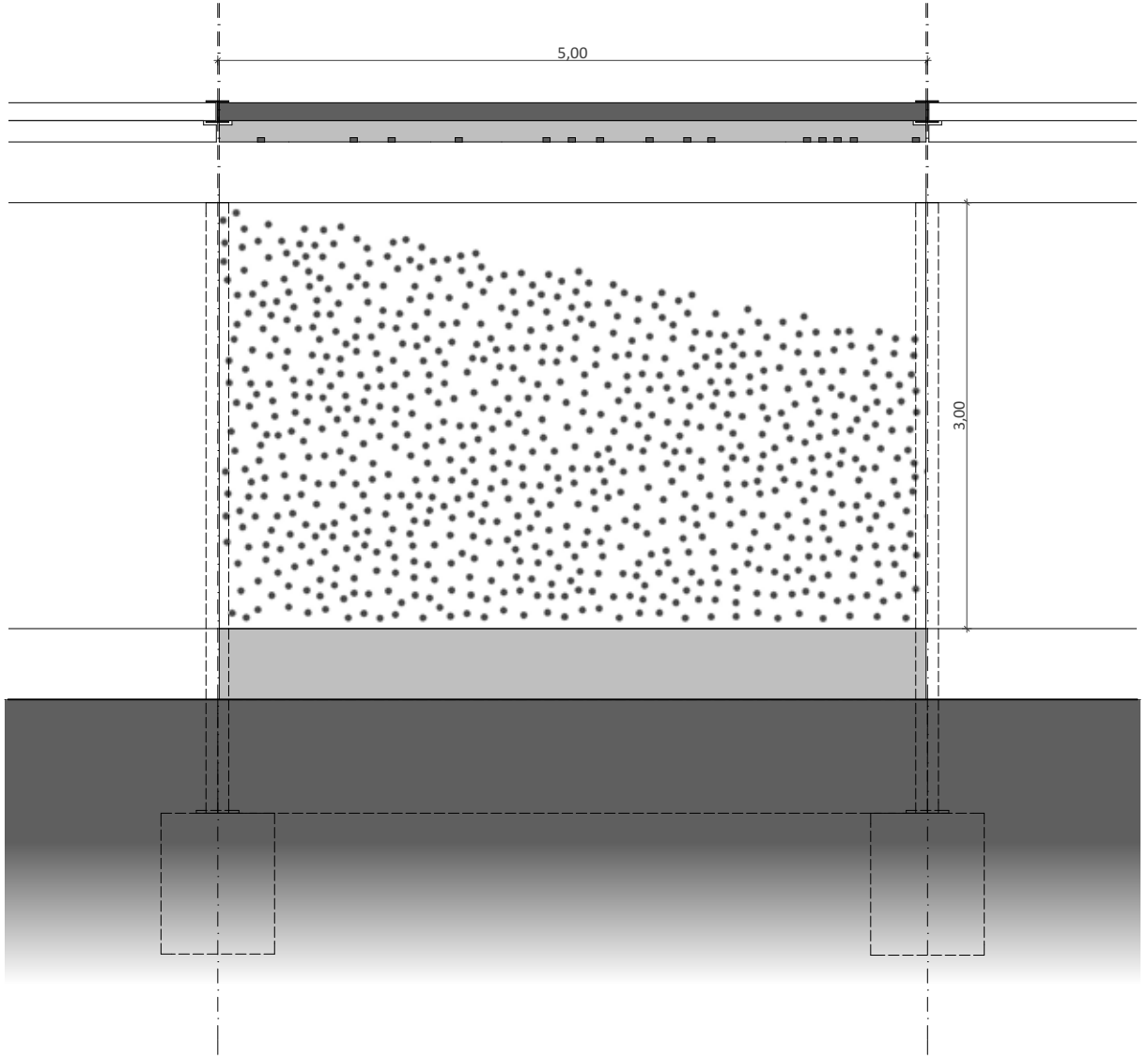


Abb. 294 I Gestaltungslösung D, Modul 3, Ansicht 1:50

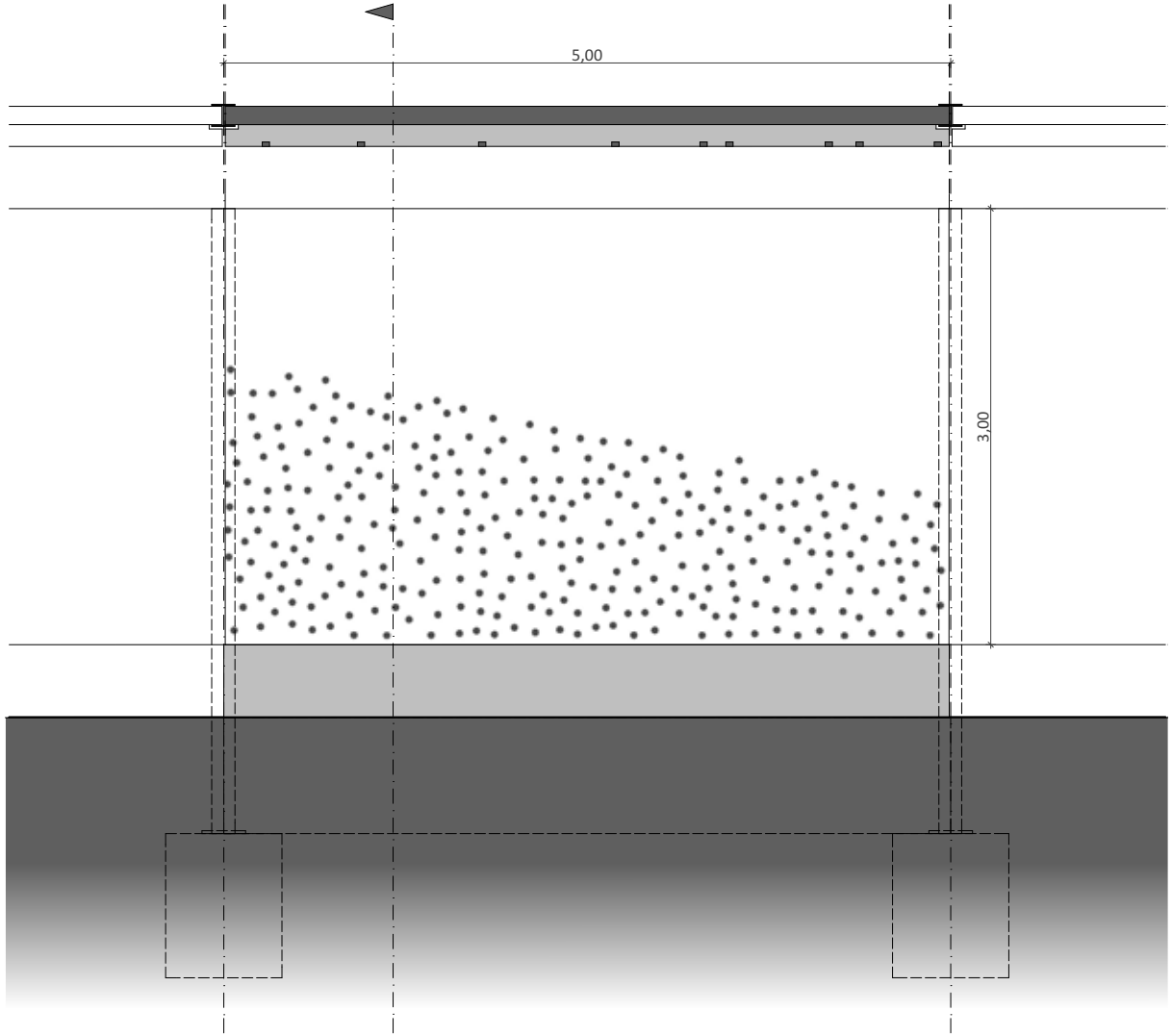


Abb. 295 I Gestaltungslösung D, Modul 2, Ansicht 1:50

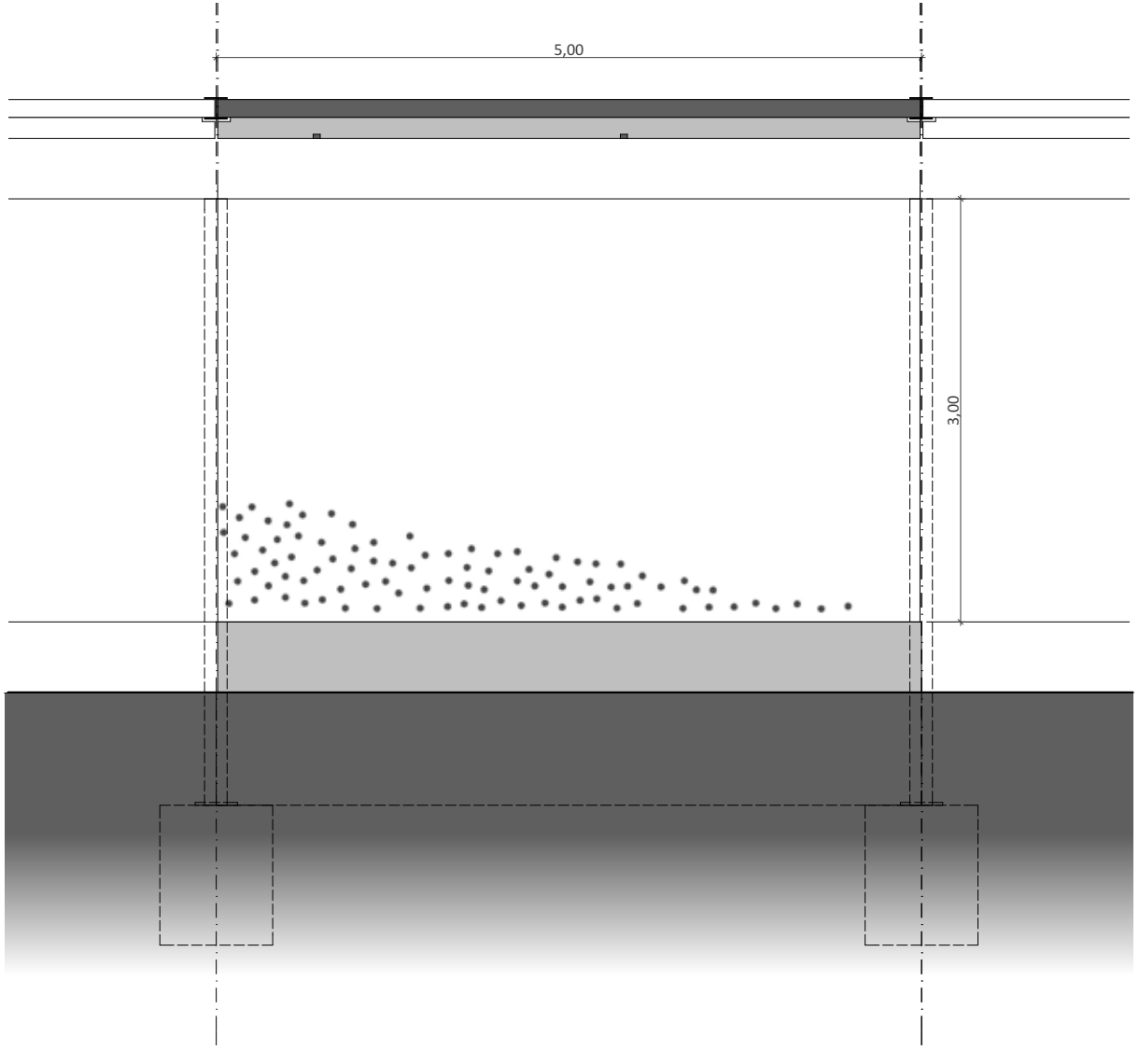


Abb. 296 I Gestaltungslösung D, Modul 1, Ansicht 1:50

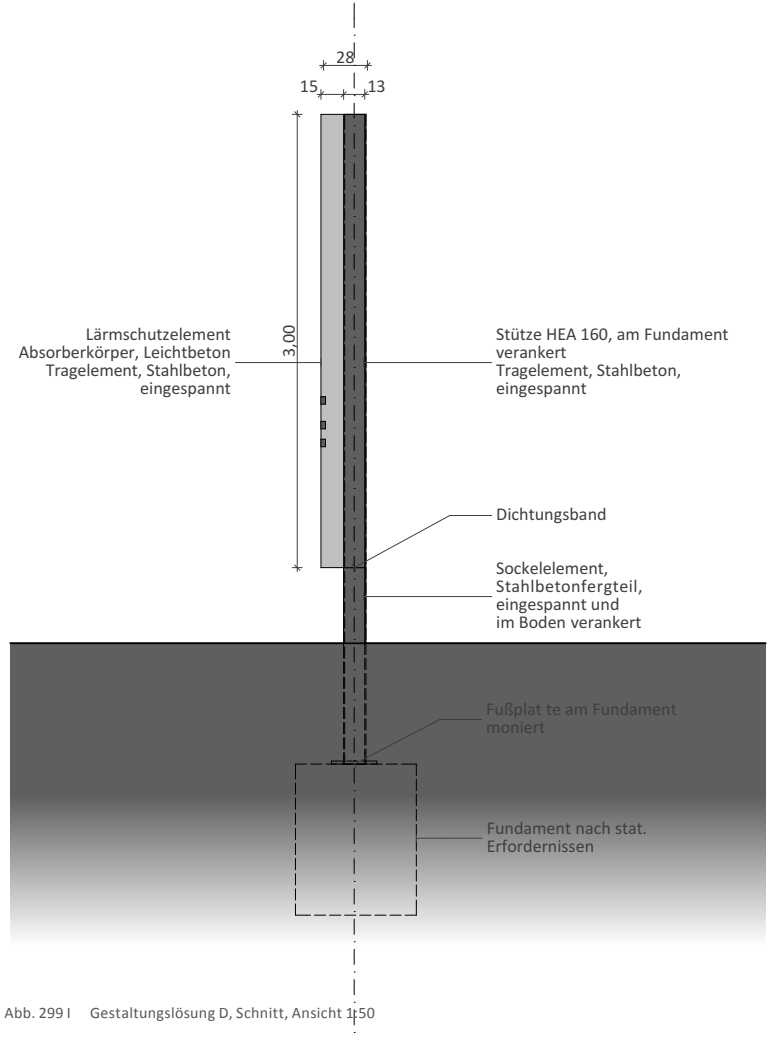


Abb. 299 I Gestaltungslösung D, Schnitt, Ansicht 1:50

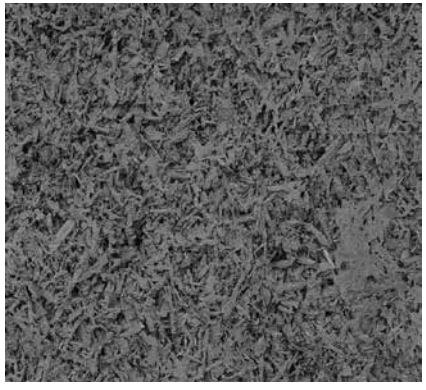


Abb. 297 I Holzbeton

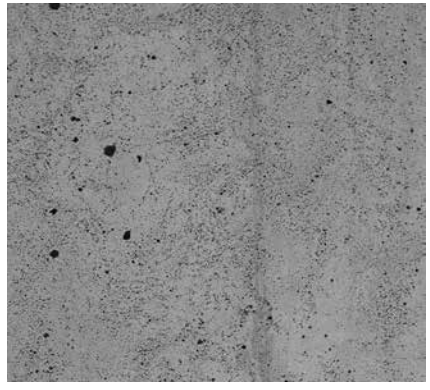


Abb. 298 I Leichtbeton

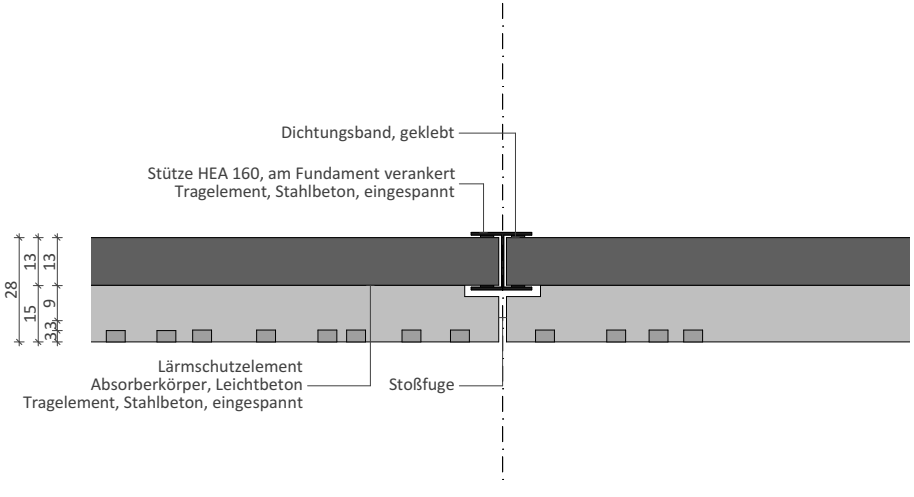


Abb. 300 I Gestaltungslösung D, Detail 1:20

Abb. 301 I Gestaltungslösung D, Perspektive in Fahrtrichtung

Abb. 302 I Gestaltungslösung D, Perspektive, Muster ansteigend

RESÜMEE UND AUSBLICK

ORNAMENTE, MUSTER UND STRUKTUREN VON DER ANTIKE BIS ZUR GEGENWART

Die Auseinandersetzung mit Ornamenten, Mustern und Strukturen in der Architektur hat sich als sehr vielschichtig und doch aufschlussreich gestaltet. Die theoretische Arbeit versucht einen historischen Überblick über Ornamente und Muster in der Architektur anhand von Entwurfs- und Produktionsmethoden und theoretischen Positionen zu verschaffen.

Ornamente und Muster sind schon in frühen Hochkulturen zu finden und weisen eine jahrhundertelange Tradition auf. Das Ornament und das Muster weisen Gemeinsamkeiten im Hinblick auf Funktion, Motiv und Stilmittel auf, unterscheiden sich aber auch. Von der Antike bis zur Gegenwart sind klassische Ornamente in der Architektur und Kunst zu finden und werden in der Oberflächengestaltung vorwiegend als Relief, aber auch in der Fläche angewendet. Klassische Muster sind ausschließlich in der Fläche präsent. Vegetabile und geometrische Motive zählen zu den Hauptformen des Ornaments und des Musters, als Sonderform des Ornaments sind aber auch Figuren und Tierdarstellungen zu finden. Der klassische Ornamentbegriff, im Verständnis von Schmuck, Verzierung und Dekor, wird als etwas Appliziertes bzw. dem Träger Hinzugefügtes verstanden. Auch das Muster dient als Dekor und Verzierung. In den letzten Jahrhunderten wird der Ornament- und Musterbegriff vielfach, teilweise auch kontrovers diskutiert und erörtert. Theoretische Schriften und Abhandlungen u. a. von Virtruv, Alberti oder Palladio zeigen schon ab der Antike eine kritische Auseinandersetzung mit den Gesetzmäßigkeiten der Architektur und den Begriffen decor, Schmuck, Symmetrie und Proportion, sowie Schönheit. Im Laufe der Architekturgeschichte rücken das Ornament und das Muster immer wieder in den Fokus der Gestaltung. Von der Antike bis Mitte des 19. Jahrhunderts prägen klassische Ornamente und Muster die Architekturpraxis und ausschließlich Handarbeit kennzeichnet die Herstellung. Die Industrielle Revolution und der damit verbundene Einsatz von Maschinen wirken sich maßgeblich auf das Ornament aus. Im Maschinenzeitalter scheint der Ornamentbegriff im Vergleich zum Musterbegriff zu dominieren. Die Produktionsbedingungen verändern sich und aufwendige Handarbeit wird durch maschinelle Serienproduktion abgelöst. Dem Maschinenornament haftet Ende des 19. Jahrhunderts eine Entwertung und Trivialisierung an. Dem Ornament widmen sich u. a. Ruskin, Jones, Semper und Riegel eingehend, welche damit einen Beitrag zu den zahlreichen theoretischen Schriften leisten. Anfang des 20. Jahrhunderts erfährt das Kunsthandwerk und somit auch das Ornament wieder einen Aufschwung. Parallel entsteht eine Diskussion um den Verzicht von Ornamentik, bei der Loos eine zentrale Rolle einnimmt. In den 1920er Jahren beherrschen Funktionalität und Zweckmäßigkeit die Architekturpraxis. Ornament, Schmuck, Dekor und Muster treten in den Hintergrund der architektonischen Gestaltung, das Ornament erscheint häufig als überflüssig und unnütz. Ab der Moderne unterliegt der Ornamentbegriff einer beträchtlichen Unschärfe und dieser scheint nicht mehr eindeutig fassbar zu sein. Mit dem Einzug des Computers in die Architekturpraxis Mitte der 1960er Jahre verändern sich erneut die Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Gestaltung von Architektur. Der Computer wird anfangs als elektronisches Zeichenbrett verstanden. Die ersten Objekte, die mittels Computer erzeugt werden, sind jedoch eher als Muster (*Pattern*) zu verstehen. Mit der Weiterentwicklung des Computers und der Anwendung von Modellierungssoftware und *Computer Aided Design*-Programmen entstehen komplexe Geometrien. Schnell und einfach können diese per Mausklick verändert und reproduziert werden. Der Computer stellt einen Meilenstein in der Generierung von Architektur dar. Eine fortschreitende Digitalisierung greift in die Architekturpraxis ein und beeinflusst auch maßgeblich die Entwicklung und Herstellung von Oberflächen. In den 1990er Jahren halten digital gesteuerte Produktionsmethoden im Architekturalltag Einzug. Eine Verknüpfung von digitalen Entwurfsmethoden wie CAD-Modelling, parametrisches oder algorithmisches Entwerfen und digitalen Fertigungsverfahren mittels numerisch gesteuerter Maschinen, wie *Rapid Prototyping* und *Rapid Manufacturing*, ermöglichen die Herstellung komplexer, geometrischer Formen. Im Zeitalter digitaler Architektur sind beide Phänomene präsent, jedoch scheint der Musterbegriff mächtiger als der Ornamentbegriff zu sein. Das Muster wird nicht mehr als Kategorie des Ornaments verstanden, sondern wird u. a. aus einer neuen Vorstellung von Musterbildung im Sinne von Entwurfsmuster hergeleitet. Aktuell lassen sich Muster und Ornamente oftmals nicht klar voneinander trennen. Eine Differenzierung der Phänomene ist häufig eine wohlwollende, subjektive Auslegung, da den Begriffen in der Architektur eine Unschärfe anhaftet. Das neue Ornament im digitalen Zeitalter geht im Verständnis nach Gleiter mit einer Verbindung zwischen dem Entwurf, als künstlerischen Akt, und dem materiellen Akt des Bauens einher. Eine materielle Umsetzung erfolgt durch digitale Werkzeuge, die algorithmischen Regeln folgen. Die Synthese von Entwurfs- und Konstruktionsverfahren schaffen neue Formen des Ornaments. Ein Wiederaufleben des Ornaments ist schon seit längerem in der zeitgenössischen Architektur spürbar und sein Dasein auch unbestritten. Zahlreiche Publikationen und Ausstellungen spiegeln ein stetiges Interesse am

Ornament wider. Dem Ornamentbegriff haftet weiterhin eine gewisse Unschärfe an, jedoch ist das Ornament zurückgekehrt und zeigt sich in vielen Facetten u. a. als Oberflächenerscheinung, als Raumornament oder dreidimensionales Muster und als computergenierte Architektur, wie auch in der virtuellen Welt der Bildschirme und Medienfassaden. Einerseits erscheinen digitale Ornamente und Muster auf den ersten Blick oft als applizierter Schmuck, beispielsweise in Form von bedruckten Glaselementen oder perforierten Metallpaneelen. Erst bei detailierter Betrachtung wird die Funktion der Hülle erkennbar, beispielsweise als Sonnenschutz oder hinterlüftete Fassade. Andererseits findet schon häufig im generativen Prozess, der auf algorithmischen Regeln beruht, eine enge Anbindung an die Struktur, d.h. an die Konstruktion, statt. Digitale Ornamente, Muster und Strukturen sind gegenwärtig als vielschichtige Phänomene zu verstehen, die in der zeitgenössischen Architektur in unterschiedlichen Facetten präsent sind. Eine Unterscheidung der digitalen Phänomene basiert häufig nur auf einer wohlwollenden Auslegung und Interpretation des Phänomens.

ORNAMENTE, MUSTER UND STRUKTUREN IM LÄRMSCHUTZ

Ornamente, Muster und Strukturen aus Beton haben eine ästhetische Qualität, die in der zeitgenössischen Lärmschutzgestaltung mehr Anerkennung finden sollte. Einerseits bietet der Werkstoff Beton eine große Bandbreite an Gestaltungsmöglichkeiten, wie eine Schalung der Betonoberfläche mit Bretter- oder Plattenwerkstoffen, eine Schalung der Betonoberfläche mit individuellen Matrizen, eine Bearbeitung und Herstellung der Betonoberfläche mit CNC-gesteuerten Maschinen und Robotern oder eine Gestaltung der Betonoberfläche mit Farbe. Zum anderen wird das Potential der Gestaltungsmöglichkeiten für den Werkstoff Beton im Lärmschutz nicht ausgeschöpft. Im Lärmschutz steht meist die technische Funktion im Vordergrund. Architektonische Qualitäten, wie die Wahl der Form, das Material oder der Einsatz von Farbe sind in der gegenwärtigen Lärmschutzgestaltung sekundär bzw. finden wenig Beachtung. Das Potential digitaler Produktionsmethoden in Hinblick auf die Generierung von individuellen Mustern und Strukturen ist nicht ausgeschöpft bzw. wird sehr selten umgesetzt. Seit den 1990er Jahren hat sich in der Lärmschutzgestaltung nicht viel verändert. Es werden gegenwärtig noch immer überwiegend Lärmschutzsysteme im Baukastensystem eingesetzt, wobei nicht von der Hand zu weisen ist, dass ein Modul-System durchaus Vorteile hinsichtlich Vorfertigung, flexibler Einsetzbarkeit, Instandhaltung und Kosten hat. Architektonische Qualitäten spielen deswegen eher eine untergeordnete Rolle.

Der Entwurf zeigt Gestaltungskonzepte für Lärmschutzwände aus Beton. Architektonische Qualität, schallabsorbierende Funktion und Nachhaltigkeit werden mit künstlerischen Entwurfs- und digitalen Produktionsmethoden verknüpft werden. Im Vordergrund steht eine formal-ästhetische Gestaltung und der Entwurf zeigt vier Gestaltungslösungen, die den Begriff *Wellenform* unterschiedlich interpretieren. Ziel ist es der gegenwärtigen Monotonie, hinsichtlich bestehender Lärmschutzkonzepte entlang von Autobahnen in Österreich entgegenzuwirken.

Zukünftig wäre es wünschenswert, künstlerisches Potential in der Lärmschutzgestaltung zu fördern und Umsetzungsmöglichkeiten hinsichtlich *corporate architecture* zu forcieren. Individuelle Lösungen lassen sich mit dem Baustoff Beton beispielsweise mit Hilfe von Schalungsmatrizen oder Betonfertigteilen sehr einfach herstellen, sind somit individuell, aber auch nachhaltig.

In der Betontechnologie finden schon seit Jahren umfangreiche Forschungsaktivitäten statt. Holzbeton wird schon seit längerem, aufgrund der guten schallabsorbierenden Eigenschaften und aus Gründen der Nachhaltigkeit eingesetzt. In den letzten Jahren halten neue Baustoffe, u.a. transluzenter bzw. lichtdurchlässiger Beton oder Textilbeton am Markt Einzug. Ziel ist es den Baustoff *intelligent* zu machen, indem beispielsweise sensorgesteuerte Leuchtdioden im Beton Gehwege bei Dunkelheit beleuchten. Der *Smart Concrete* befindet sich aber noch in der Entwicklung. Die stetige Weiterentwicklung des Materials schafft auch Entwicklungschancen für die Lärmschutzgestaltung und soll zukünftig innovative Lösungen ermöglichen.

Bei der Gestaltung sind kleinteilige Oberflächen zu vermieden, da Lärmschutzwände kaum frontal wahrgenommen werden und im fahrenden Zustand kleine Oberflächenstrukturen nicht erkennbar sind. Potential liegt in der räumlichen Qualität von Lärmschutzwänden, hier gilt es anzusetzen und originelle Lösungen für den Bauplatz und die Umgebung zu entwickeln und eine Verbindung zwischen Lärmschutzwand und Landschaft herzustellen.

QUELLENNACHWEIS

LITERATUR

BÜCHER UND SAMMELBÄNDE

Alberti, Leon Battista /Theuer, Max (Hrsg.): Zehn Bücher über die Baukunst, 1. Aufl., Wien/Leipzig, Heller, 1912

Ansorge, Ulrich/Leder, Helmut: Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, 1. Aufl., Wiesbaden, Springer Fachmedien, VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2011

Banham, Reyer: Brutalismus in der Architektur/Ethik oder Ästhetik?, Stuttgart u. a., Krämer Verlag, 1966

Barran, Fritz R.: Kunst am Bau - heute/Wandbild, Relief und Plastik in der Baukunst der Gegenwart, Stuttgart, Julius Hoffmann, 1964

Bäuerle, Hannes/Stumpp, Joachim: Individualdesign/Materialien und Techniken für Architektur und Innenarchitektur, 1. Aufl., München, Deutsche Verlags-Anstalt, 2010

Baus, Ursula: Sichtbeton/Architektur, Konstruktion, Detail, 1. Aufl., München, Deutsche Verlags-Anstalt, 2007

Bausch, Dieter/Dietsch, Wolfgang/Bundesverband der Deutschen Zementindustrie (Hrsg.): Lärmschutz an Straßen/Planungsgrundlagen Systeme aus Beton, Düsseldorf, Beton-Verlag, 1979

Benad, Martin: Architekturfarben/Lehre der Farbgestaltung nach Friedrich Ernst v. Garnier, München, Verlag der Anton Siegl Fachbuchhandlung, 2007

Bender, Michael/Brill, Manfred: Computergrafik/Ein anwendungsorientiertes Lehrbuch, 2. Aufl., München/Wien, Carl Hanser Verlag, 2006

Bense, Max: Konturen einer Geistesgeschichte der Mathematik/Die Mathematik in der Kunst, Bd. 2, Hamburg, Claasen&Goverts Verlag, 1949

Berents, Catharina: Kleine Geschichte des Design/von Gottfried Semper bis Philippe Stark, München, Beck Verlag, 2011

Bergdoll, Barry: Karl Friedrich Schinkel, München, Klinkhardt & Biermann, 1994

Beutelspacher, Albrecht/Petri, Bernhard: Der goldene Schnitt, Mannheim/Wien u. a., BI-Wissenschaftsverlag, 1989

Bigalke, Hans-Günther/Wippermann, Heinrich: Reguläre Parkettierungen/mit Anwendungen in der Kristallographie, Industrie, Baugewerbe, Design und Kunst, Mannheim/Leipzig/Wien/Zürich, BI-Wissenschaftsverlag, 1994

Blauert, Elke/Rhein, Karin (Hrsg.): Maß, Zahl und Gewicht/Meisterwerke der Sammlung Architektur der Kunstbibliothek, Dresden, Sandstein Verlag, 2008

Blake, Peter: Drei Meisterarchitekten/Le Corbusier, Mies van der Rohe, Frank Lloyd Wright, München, Piper&Co. Verlag, 1962

Blaser, Werner/Ando, Tadao: Tadao Ando/Bauen in der Erde/Sunken Courts, Zürich, Niggli Verlag AG Sulgen, 2007

Bohnacker, Hartmut/Groß, Benedikt/Laub, Julia/Lazzeroni, Claudius (Hrsg.): Generative Gestaltung/Entwerfen, Programmieren, Visualisieren, Mainz, Verlag Hermann Schmidt, 2009

Brandstätter, Christian: Design der Wiener Werkstätte 1903-1932/Architektur, Möbel, Gebrauchsgraphik, Postkarten, Plakate, Buchkunst, Glas, Keramik, Metall, Mode, Stoffe, Accessoires, Schmuck, 1. Aufl., Wien, Verlag Christian Brandstätter, 2003

Brell-Çokcan, Sigrid/Braumann, Johannes (Hrsg.): ROB I ARCH 2012/Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design, Wien/New York, Springer Verlag, 2013

Bruckhardt, Lucius (Hrsg.): Der Werkbund in Deutschland, Österreich und der Schweiz/Form ohne Ornament, Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt, 1978

Brüderlin, Beat/Meier, Andreas: Computergrafik und Geometrisches Modellieren, 1. Aufl., Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, B.G. Teubner Verlag, 2001

Buether, Axel u. a.: Farbe/Entwurfsgrundlagen, Planungsstrategien, visuelle Kommunikation, 1. Aufl., Detail Praxis, München, Institut für internationale Architektur-Dokumentation, 2014

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Kunst am Bau/Projekte des Bundes 2000-2006, 1. Aufl., Bönen, Verlag Kettler, 2007

Caspary, Uta: Ornamente der Fassade/in der europäischen Architektur seit den 1990er Jahren, 1. Aufl., Berlin, Jovis Verlag, 2013

Christopher, Alexander/Czech, Hermann (Hrsg.): Eine Muster-Sprache/Städte, Gebäude, Konstruktion, 2. Aufl., Wien, Löckner Verlag, 2011

Christopher, Alexander: A Pattern Language/Towns Buildings Construction, New York, Oxford University Press, 1977

Colerus, Egmont: Von Pythagoras bis Hilbert/Die Epochen der Mathematik und ihre Baumeister; Geschichte der Mathematik für Jedermann, Berlin/Wien/Leipzig, Paul Zsolna Verlag, 1937

Czech, Hermann/Mistelbauer, Wolfgang: Das Looshaus, 2. Aufl., Wien, Verlag Löckner & Wögenstein, 1977

Dollinger, Horst/Neutra, Richard: Material, Struktur, Ornament/Beispiele Architektur heute, München, Moos Verlag, 1966

Düchting, Hajo: Grundlagen der künstlerischen Gestaltung/Wahrnehmung, Farben- und Formenlehre, Techniken, Köln, Deubner Verlag, 2003

Dürfeld, Michael: Das Ornamentale und die architektonisch Form/Systemtheoretische Irritationen, Bielefeld, transcript Verlag, 2008

Engelmann, Christine/Schädlich, Christian: Die Bauhausbauten in Dessau, 2. Aufl., Berlin, Verlag für Bauwesen, 1998

Engels, Hans/Meyer, Ulf: Bauhaus-Architektur 1919-1933, München/London/New York, Prestel, 2001

Euclides/Thaer, Clemens (Hrsg.): Die Elemente/Buch I-III, Teil 1, Oswald´s Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 235, Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1933

Euclides/Thaer, Clemens (Hrsg.): Die Elemente/Buch IV-VI, Teil 2, Oswald´s Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 236, Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1933

Flachsmeyer, Jürgen/Feiste, Uwe/Manteuffel, Karl: Mathematik und ornamentale Kunstformen, Thun/Frankfurt/Main, Vieweg + Teubner Verlag, 1990

Fischer, Heinz-Martin u. a.: Lehrbuch der Bauphysik/Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima, 6. Aufl., Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, Vieweg + Teubner, 2008

Franke, Ursula/Paezold, Heinz: Ornament und Geschichte/Studien zum Strukturwandel des Ornaments in der Moderne, Bonn, Bouvier Verlag, 1996

Freckmann, Karl: Proportionen in der Architektur, München, Verlag Georg D.W. Callway, 1965

Gargiani, Robert/Rosellini, Anna: Le Corbusier/Béton Brut und der Unbeschreibliche Raum (1940-1965): Oberflächenmaterialien und die Psychologie des Sehens, o. O., Edition Detail, Detail Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, 2014

Germann, Georg: Einführung in die Geschichte der Architekturtheorie, 3. Aufl., Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1980/1993

Gibson, James J.: Wahrnehmung und Umwelt/Der ökologische Ansatz in der visuellen Wahrnehmung, München u. a., Urban & Schwarzenberg, 1982

Gleininger, Andrea/Vrcholiotis, Georg (Hrsg.): Muster/Ornament, Struktur, Verhalten, Basel u. a., Birkhäuser Verlag, 2009

Gleiter, Jörg H.: Rückkehr des Verdrängten/zur kritischen Theorie des Ornaments in der architektonischen Moderne, Weimar, Universitätsverlag der Bauhaus-Universität, 2002

Gombrich, Ernst H.: Ornament und Kunst/Schmuckbetrieb und Ordnungssinn in der Psychologie des dekorativen Schaffens, Stuttgart, Klett-Cotta, 1982

Gombrich, Ernst H.: The Sense of Order, Oxford, Phaidon, 1979

Gössel, Peter/Leuthäuser, Gabriele: Architektur des 20. Jahrhunderts, Köln u. a., Taschen Verlag, 2001

Gramazio, Fabio/Kohler, Matthias: Digital materiality in architecture, Baden/Schweiz, Lars Müller Publishers, 2008

Gramazio, Fabio/Kohler, Matthias: The Robotic Touch/How Robots Change Architecture, 1. Aufl., Park Books, 2014

Gramazio, Fabio/Kohler, Matthias/Langenberg, Silke: Fabricate/Negotiating Design and Making, Schweiz, gta Verlag, 2014

Grécy, Jules: Die Alhambra zu Granada, Wiesbaden, VMA- Verlag Drei Lilien Edition, 2008

Grube, Gert-Rainer/Kutschmar Aribert: Bauformen von der Romanik bis zur Gegenwart/ein Bildhandbuch, Berlin, 4. Aufl., Huss-Medien Verlag, 2004

Grütter, Jörg Kurt: Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung, Wiesbaden, Springer Vieweg Fachmedien, 2015

Guski, Rainer: Wahrnehmen/ein Lehrbuch, Stuttgart/Berlin/Köln, W. Kohlhammer Verlag, 1996

Gympel, Jan: Geschichte der Architektur von der Antike bis heute, Köln, Könemann, 1996

Hadid, Zaha/Jodidio, Philip: Zaha Hadid/1950/Die raumerneuernde Expolsion, Köln, Taschen, 2012

Hauer, Erwin: Erwin Hauer continua/Architectural Screens and Walls, designed by John T. Hill, New York, Princeton Architectural Press, 2004

Hauschild, Moritz/Karzel, Rüdiger: Digitale Prozesse/Planung, Gestaltung, Fertigung, München, Institut für internationale Architektur-Dokumentation, 2010

Heffter, Lothar: Grundlagen und analytischer Aufbau der Projektiven, Euklidischen, Nichteuklidischen Geometrie, Leipzig/Berlin, Verlag B.G. Teubner, 1940

Helas, Luise/Rambow, Wilma/Rössl, Felix: Kunstvolle Oberflächen des Sozialismus/Wandbilder und Betonformsteine/Forschungen zum baukulturellen Erbe der DDR No 3, Weimar, BUV Bauhaus-Universitätsverlag Weimar, 2014

Hemmerling, Marco/Tiggemann, Anke (Hrsg.): Digitales Entwerfen/Computer Aided Design in Architektur und Innenarchitektur, Paderborn, Fink GmbH & Co.Verlags KG, 2010

Herzog, Thomas/Krippner, Roland/Lang, Werner: Fassaden Atlas, 1. Aufl., München, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation, 2004

Hirt, Alyos Ludwig: Die Baukunst nach den Grundsätzen der Alten, Berlin, Realschulbuchhandlung, 1809
Online im WWW unter URL: http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/hirt1809bd1

Hirth, Georg: Wege zur Freiheit, München, Verlag der Münchner Jugend, 1903
Online im WWW unter URL: https://archive.org/details/wegezurfreiheit00hirtgoog

Hoffmann, Klaus: Neue Ornamentik/Die ornamentale Kunst im 20.Jahrhundert, Köln, Verlag M. Du Mont Schauberg, 1970

Hoffmann, Volker (Hrsg.): Der geometrische Entwurf der Hagia Sophia in Istanbul, Bilder einer Ausstellung, Bern/Berlin/Bruxelles/Frankfurt am Main/New York/Oxford/Wien, Peter Lang Verlag, 2005

Hornung, Clarence P.: Zeichen - Symbole - Muster/Ein Vorlagenbuch für den Entwurf und Gestaltung, München, Georg D. W. Callway, 1983

Höcker, Christoph: Metzler-Lexikon antiker Architektur/Sachen und Begriffe, Sonderausgabe, Stuttgart u. a., Metzler Verlag, 2008

Irmscher, Günther: Kleine Kunstgeschichte des europäischen Ornaments seit der frühen Neuzeit/1400-1900, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1984

Irmscher, Günter: Ornament in Europa/1450-2000/eine Einführung, o. O., Deubner Verlag für Kunst, 2005

Jencks, Charles: Die Sprache der Postmodernen Architektur/Entstehung und Entwicklung einer alternativen Tradition, 3. Aufl., Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt, 1988

Johnson, Philip/Wigley, Mark: Dekonstruktivistische Architektur, übers. aus Engl. Frank Druffner, Stuttgart, Gerd Hatje Verlag, 1988

Jones, Owen: Grammatik der Ornamente/illustrirt [sic!] mit Mustern von den verschiedenen Stylarten der Ornamente, in hundert und zwölf Tafeln, London, Day and Son, 1997

Jones, Owen: The grammar of ornament/illustrated by examples from various styles of ornament; one hundred folio plates, London, Bernard Quaeitch, 1868

Jormakka, Kari/Schürer, Oliver/Kuhlmann, Dörte: Methoden der Formfindung, Basel/Boston/Berlin, Birkhäuser Verlag, 2008

Jormakka, Kari: Geschichte der Architekturtheorie, 3. Aufl., o.O., Edition Selene, 2007

Kalivoda, Manfred T./Steiner, Johannes, W.(Hrsg.): Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik, Wien/New York, Springer, 1998

Kief, Hans Bernhard/Roschiwal, Helmut A. (Hrsg.): CNC-Handbuch 2013/2014, München, Carl Hanser Verlag, 2013

Kind-Barkauskas, Friedbert/Kauhsen, Bruno/Polónyi, Stefan/Brandt, Jörg: Beton-Atlas/Entwerfen mit Stahlbeton im Hochbau, München/Düsseldorf, Beton-Verlag, 2002

Kind-Barkauskas, Friedbert (Hrsg.)/Fuchs, Fritz: Beton und Farbe/Farbsysteme-Ausführung-Instandsetzung, Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt, 2003

Klotz, Heinrich: Moderne und Postmoderne/Architektur der Gegenwart 1960-1980, 3. Aufl., Braunschweig/Wiesbaden, Friedr. Vieweg&Sohn, 1987

Koepf, Hans/Binding, Günther: Bildwörterbuch der Architektur/Mit englischem, französischem, italienischem und spanischem Fachglossar, Bd. 194, 4. Aufl., Stuttgart, Alfred Kröner Verlag, 2005

Koch, Wilfried: Baustilkunde/Das Standardwerk zur europäischen Baukunst von der Antike bis zur Gegenwart, 27. Aufl., Gütersloh/München, Wissen Media Verlag, 2006

Koller-Glück, Elisabeth/Zdrazil, Hedwig: Jugendstil rund um Wien, Wien, Herold, 1985

König, Reinhard/Geddert, Florian: Algorithmic Architecture/Arbeiten zu parametrischen Entwurfsmethoden an der Bauhaus-Universität Weimar, Norderstedt, Books on Demand GmbH, 2011

Kosch, Clemens: Die romanischen Dome von Mainz, Worms und Speyer/Architektur und Liturgie im Hochmittelalter, 1. Aufl., Regensburg, Verlag Schnell & Steiner GmbH, 2011

Kotzen, Benz/English, Colin: Enviromental Noise Barriers/A Guide to their Acoustic and Visual Design, 1. Aufl., London/New York, E&FN Spon, 1999

Kotzen, Benz/English, Colin: Enviromental Noise Barriers/A Guide to their Acoustic and Visual Design, 2. Aufl., London/New York, E&FN Spon, 2009

Kroll, Frank-Lothar: Das Ornament in der Kunsttheorie des 19. Jahrhunderts, Hildesheim u. a., Georg Olms Verlag, 1987

Kruft, Hanno-Walter: Geschichte der Architekturtheorie/Von der Antike bis zur Gegenwart, 5. Aufl., Studienausgabe, München, Verlag C.H. Beck, 2004

Le Corbusier: Der Modulor/Darstellung eines in der Architektur und Technik allgemein anwendbaren harmonischen Maßes im menschlichen Maßstab, Bd. 1, 5. Aufl., Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt, 1985

Lein, Edgar: Seemanns Lexikon der Ornamente/Herkunft, Entwicklung, Bedeutung, unter Mitarb. von Magda Antonic, Werner Waldmann u. Marion Zerbst, Leipzig, Seemann Verlag, 2004

Lehnert, Egon: Das neue Ornament, Prag, Staatl. Verlags-Anstalt, 1931

Libeskind, Daniel/Schneider, Bernhard: Daniel Libeskind/Jüdisches Museum/zwischen den Linien, München, Perstel, 1999

Lieb, Stefanie: Was ist Jugendstil?/Eine Analyse der Jugendstilarchitektur 1890-1910, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2000

Loos, Adolf/Glück, Franz (Hrsg.): Sämtliche Schriften/in zwei Bänden, 1. Bd., Wien u. a., Herold, 1962

Loos, Adolf/Opel, Adolf (Hrsg.): Gesammelte Schriften, 1.Aufl., Wien, Lesethek-Verlag Braumüller, 2010

Loos, Adolf/Stuiber, Peter (Hrsg.): Warum Architektur keine Kunst ist/Fundamentales über scheinbar Funktionales, Wien, Metroverlag, 2009

Luhmann, Niklas: Die Kunst der Gesellschaft, 1. Aufl., Frankfurt am Main, Suhrkamp Taschenbuch Verlag, 1997

Luidl, Philipp/Huber, Helmut: Ornamente/Ornaments, 2. Aufl., München, Buckmann, 1986

Mandelbrot, Benoît B.: Die fraktale Geometrie der Natur, 1. Aufl., Basel/Boston, Birkhäuser Verlag, 1987

Mandelbrot, Benoît B.: The Fractal Geometry of Nature, New York, W. H. Freeman and Company, 1983

Maute, Dieter: Technische Akustik und Lärmschutz, München/Wien, Fachbuchverlag Leipzig im Hanser Verlag, 2006

Meyer, Franz Sales (Hrsg.): Systematisch geordnetes Handbuch der Ornamentik/zum Gebrauche für Musterzeichner, Architekten, Schulen und Gewerbetreibende sowie zum Studium im allgemeinen, 7. Aufl., Leipzig, E. Seemann Verlag, 1903

Moussavi, Farshid/Kubo, Michael (Hrsg.): Die Funktion des Ornaments, Barcelona, Actar, 2008

Moussavi, Farshid/Kubo, Michael (Hrsg.): The Function of Ornament, Barcelona, Actar, 2006

Müller, Michael: Die Verdrängung des Ornaments/zum Verhältnis von Architektur und Lebenspraxis, 1. Aufl., Frankfurt am Main, Suhrkamp

Verlag, 1977

Nake, Frieder: Ästhetik als Informationsverarbeitung/Grundlagen und Anwendungen der Informatik im Bereich ästhetischer Produktion und Kritik, Wien u. a., Springer Verlag, 1974

Neumeyer, Fritz (Hrsg.)/Cepl, Jasper: Quelltexte zur Architekturtheorie/Nachdenken über Architektur, München, Prestel, 2002

Ocón Fernández, María: Ornament und Moderne/Theoriebildung und Ornamentdebatte im deutschen Architekturkurs (1850-1930), Berlin, Dietrich Reimer Verlag, 2004

Peck, Martin: Baustoff Beton/Planung, Ausführung, Beispiele, 1. Aufl., München, Institut für internationale Architektur-Dokumentation, 2008

Pell, Ben/Hild, Andreas: Modulierte Oberflächen/Ornament und Technologie in der Gegenwartsarchitektur, Basel, Birkhäuser Verlag, 2010

Pfabigan, Alfred (Hrsg.)/Bisanz, Hans: Ornament und Askese/Im Zeitgeist des Wien der Jahrhundertwende, Wien, Verlag Christian Brandstätter, 1985

Pfeiffer, Bruce Brooks/Gössel, Peter/Leuthäuser, Gabriele: Frank Lloyd Wright, Köln u. a., Taschen GmbH, 2007

Pfleiderer, Walter/Riezler, Wolfgang: Die Form ohne Ornament/Werkbundausstellung 1924, Bücher der Form, 1. Bd., Berlin/Leipzig, Deutsche Verlags-Anstalt, 1925

Puppi, Lionello/Palladio, Andrea: Andrea Palladio/Das Gesamtwerk, Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt, 1994

Raulet, Gerard/Schmidt, Burghart (Hrsg.): Kritische Theorie des Ornaments, Wien, Böhlau, 1993

Riegl, Alois: Stilfragen/Grundlegungen zu einer Geschichte der Ornamentik, München, Mäander Kunstverlag, 1985

Ritter, Manfred: Wahrnehmung und visuelles System, 2. Aufl., Heidelberg, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft, 1987

Riese, Brigitte: Seemanns kleines Kunstlexikon, Leipzig, E. Seemann Verlag, 2000

Riese, Brigitte: Seemanns Lexikon der Kunst, 3. Aufl., Leipzig, E. Seemann Verlag, 2009

Scharf, Armin: Farbe in der Architektur/Gestaltungskriterien und Beispiele für den Wohnungsbau, Stuttgart u. a., Deutsche Verlangs-Anstalt, 2002

Schinkel, Karl Friedrich: Karl Friedrich Schinkel, Düsseldorf, te Neues, 2003

Schlagintweit, Hans/Forstner, Helene K.: Kunstgeschichte/Stile erkennen - von der Antike bis zur Moderne, 5. Aufl., Basel, Verlag Schwabe, 2003

Schmidt, Petra/Tietenberg, Anette/Wollheim, Ralf (Hrsg.): Patterns/Muster in Design, Kunst und Architektur, Basel u. a., Birkhäuser Verlag für Architektur, 2005

Schneider-Henn, Dietrich: Ornament und Dekoration/ Vorlagenwerke und Motivsammlungen des 19. und 20. Jahrhunderts, München u. a., Prestel, 1997

Schulz, Joachim: Sichtbeton Atlas/Planung, Ausführung, Beispiele, o. O., Vieweg + Teubner, 2009

Schulitz, Helmut C./Sobek, Werner/Habermann, Karl J.: Stahlbau Atlas, München, Institut für internationale Architektur-Dokumentation, 1999

Semper, Gottfried: Vorläufige Bemerkungen über bemalte Architectur [sic!] und Plastik bei den Alten, 1834
Online im WWW unter URL: http://www.e-rara.ch/doi/10.3931/e-rara-11926

Semper, Gottfried: Wissenschaft, Industrie und Kunst/Vorschläge zur Anregung nationalen Kunstgefühles bei dem Schlüsse der Londoner Industrie-Ausstellung, Braunschweig, Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, 1852
Online im WWW unter URL: http://reader.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb10257610_00011.html

Semper, Gottfried: Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten oder praktische Ästhetik/Ein Handbuch für Techniker, Künstler und Kunstfreunden, Frankfurt a. M., Verlag für Kunst und Wissenschaft, 1860
Online im WWW unter URL: http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/semper1860

Semper, Gottfried/Semper, Manfred/Semper, Hans (Hrsg.): Kleine Schriften, Berlin/Stuttgart, Verlag Spemann, 1884

Speiser, Andreas: Die Theorie der Gruppen von endlicher Ordnung/mit Anwendungen auf algebraische Zahlen und Gleichungen sowie auf die Kristallographie, 2. Aufl., Berlin, Springer, 1927

Stadler, Michael/Seeger, Falk/Raeithel, Arne: Psychologie der Wahrnehmung, Weinheim, Juventa Verlag, 1975

Steiner-Welz, Sonja/Welz, Reinhard (Hrsg.): Musterbuch der Ornamente, Mannheim, Reinhard Welz Vermittler Verlag, 2006

Strehlke, Kai: Das Digitale Ornament in der Architektur, seine Generierung, Produktion und Anwendung mit Computer-gesteuerten Technologien, Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 2008
Online im WWW unter URL: http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:31157/eth-31157-02.pdf

Strick, Stefan: Lärmschutz an Straßen, Köln u. a., Carl Heymanns Verlag, 1997

Studer, Heinz: Baustilkunde/Entwicklung der Baustile vom alten ägyptischen Reich bis ins 21. Jahrhundert, 8. Aufl., Bern, HEP Verlag, 2010

Thaler, Robert/Gartner, Helfried/Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Handbuch Umgebungslärm/Minderung und Ruhevorsorge, 2. Aufl., Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, 2009

Team, Arco: Minimalismus/Geschichte, Mode, Möbel und Design, Architektur, Inneneinrichtung, o. O., Tandem Verlag/Imprint Krönemann, 2006

Uhl, Johannes (Hrsg.): Die Farben der Architektur/Facetten und Reflexionen, Basel u. a., Birkhäuser Verlag, 1996

Ulama, Margit: Architektur als Anatomie/Aktuelle Tendenzen und Positionen, Wien/Bozen, Folio Verlag, 2002

Vitruvius/Fensterbusch, Curt: Vitruvii de architectura libri decem/Zehn Bücher über die Architektur, 5. Aufl., Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1991

Wagner, Elke: Stilgeschichte der Ornamente/von der Antike bis zur Alltagskultur der 1980er Jahre, Hamburg, Diplomica Verlag, 2013

Varnedoe, Kirk: Wien 1900/Kunst, Architektur & Design, Köln, Taschen Verlag, 1987

Venturi, Robert/Scott Brown, Denise/Izenour, Steven: Lernen von Las Vegas/zur Ikonographie und Architektursymbolik der Geschäftsstadt, 2. Aufl., Basel u. a., Birkhäuser Verlag, 1997

Wersin, Wolfgang: Das elementare Ornament und seine Gesetzlichkeit/eine Morphologie des Ornaments, Ravensburg, Maier, 1940

Wölffin, Heinrich: Renaissance und Barock/eine Untersuchung über Wesen und Entstehung des Barockstils in Italien, München, Theodor Ackermann, 1888
Online im WWW unter URL:http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/woelfflin1888

Worringer, Wilhelm: Abstraktion und Einfühlung/ein Beitrag zur Stilpsychologie, 1. Aufl., Amsterdam, Verlag der Kunst, 1921

LEXIKA

Der Brockhaus, 15 Bände, 1998

Duden - deutsches Universalwörterbuch, 2003
Online im WWW unter URL: http://www.duden.de/woerterbuch

ZEITSCHRIFTEN

Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 48. Serie, 1-2/2008
Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 48. Serie, 10/2008
Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 50. Serie, 1-2/2010
Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Analog und Digital, 50. Serie, 5/2010
Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 52. Serie, 7-8/2012
Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Material und Oberfläche, 53. Serie, 11/2013
Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Fassaden, 54. Serie, 7+8/2014

ARCH+ 159/160, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Formfindungen, 5/2002
ARCH+ 189, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Entwurfsmuster, 10/2008
ARCH+198/199, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Haus der Zukunft, 5/2010

DBZ 3/2004
StadtBauwelt 178, Bauwelt Heft 24, Theorie, Praxis, Kritik, 6/2008 (99. Jahrgang), Vierteljahreshefte der Bauwelt, Sonderausgabe

SAM/Domeisen, Oliver/Ferguson, Francesca (Hrsg.): Ornament neu aufgelegt/Re-Sampling Ornament, SAM Nr. 5, Publikationsreihe des SAM Schweizer Architekturmuseum, Basel, 5.Aufl., Christoph Merian Verlag, 2008

Fakultät für Architektur der Technischen Universität Graz (Hrsg.): GAM/Graz Architektur Magazin, GAM 06, Wien, Springer-Verlag, 2010

Victoria and Albert Museum (Hrsg.): V&A Pattern/Digital Pioneers, London, V&A Publishing, 2009

Victoria and Albert Museum (Hrsg.): V&A Pattern/Owen Jones, London, V&A Publishing, 2010

Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten - Straßenforschung (Hrsg.) mit Flesch, Rainer/Hohenwarter, Johann/Steigenberger, Johannes/Holnsteiner, Robert/Neumüller, Andreas/Brandstätter, Manfred/Nowak, Elisabeth/Rotter, Heinz: Umweltgerechte Materialien für Lärmschutzwände für die Fachbereiche/Aluminium, Beton und zementgebundene Materialien, Dämme, Holz, Kunststoffe, Boden, Straßenforschungsauftrag Nr. 3.149 des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten, Heft 478, Wien, Republik Österreich Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, 1998

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Straßenforschung (Hrsg.) mit Gruber, Karlheinz/Nadler, Friedrich/Robl, Josef/Talasch, Werner: Entwicklung eines wirtschaftlichen Lärmschutzsystems/Straßenforschungsauftrag Nr. 3.211 des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Heft 509, Wien, Republik Österreich Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2001

Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten - Straßenforschung (Hrsg.) mit Fürst, Heiner/Ivancsics, Roman/Hattinger, Hubert/Jaworski, Walter: Künstlerische Gestaltung von Lärmschutzwänden/Straßenforschungsauftrag Nr. 3.040 des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten, Heft 437, Wien, Republik Österreich Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, 1995

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf (Hrsg.): Empfehlungen für die Gestaltung von Lärmschutzanlagen an Straßen, Köln , Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., 2005

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Gleininger, Andrea/Vrachliotis, Georg: Code/Zwischen Operation und Narration, Basel, Birkhäuser Verlag, 2010

Gleiter, Jörg H.: Architekturtheorie heute, Bielefeld, Transcript Verlag, 2008

Jenisch, Richard/Klopfer, Heinz/Freymuth, Hannes/Petzold, Karl u. a. (Hrsg.): Lehrbuch der Bauphysik/Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima, 5. Aufl., Stuttgart u. a., B.G. Teubner Verlag, 2002

Lampugnani, Vittorio Magnago/Hanisch, Ruth/Schuhmann, Ulrich Maximilian/Sonne, Wolfgang: Architekturtheorie 20. Jahrhundert/Positionen, Programme, Manifeste, Ostfildern-Ruit, Hatje Cantz Verlag, 2004

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABBLIDUNGEN

Abb. 1 I Rosette
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.391
Abb. 2 I Geometrische Linienmuster
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.113
Abb. 3 I Naturalistisch gezeichnete Lotosblume
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.313
Abb. 4 I Lotos-Palmetten-Band, griechisches Simarornament
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.313
Abb. 5 I Akanthus
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.10
Abb. 6 I Griechisch-ionisches Normalkapitell
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.237
Abb. 7 I Griechisch-korinthisches Säulenkapitell
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.237
Abb. 8 I Palmette
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.376
Abb. 9 I Kolosseum, Außenansicht der Fassade
Rosič (2012): Foto
Abb. 10 I Kolosseum, Innenansicht
Rosič (2012): Foto
Abb. 11 I Kolosseum, Skizze, Ausstellung 2012
Rosič (2012): Foto
Abb. 12 I Hagia Sophia, Gesamtansicht, Luftaufnahme von Süden, 1994
Hoffmann (2005): Der geometrische Entwurf der Hagia Sophia in Istanbul, S.6
Abb. 13 I Hagia Sophia, Kompositionskapitell der nördlichen Erdgeschoßarkade
Hoffmann (2005): Der geometrische Entwurf der Hagia Sophia in Istanbul, S.25
Abb. 14 I Hagia Sophia, Ansicht von Süden, 2004
Hoffmann (2005): Der geometrische Entwurf der Hagia Sophia in Istanbul, S.4
Abb. 15 I Alhambra zu Granada, Löwenhof, Gesamtansicht der Westpartie mit Löwenbrunnen
Grécy (2008): Die Alhambra zu Granada, Abbildung 36
Abb. 16 I Alhambra zu Granada, Löwenhof, Arkaden an der Südseite des Westpavillons
Grécy (2008): Die Alhambra zu Granada, Abbildung 57
Abb. 17 I Arabeske
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.376
Rosič (2015): Bild bearbeitet
Abb. 18 I Bogenfries aus Backsteinen
Grube/Kutschmar (2004): Bauformen von der Romanik bis zur Gegenwart, S.139
Abb. 19 I Kaiserdom zu Worms, Ansicht der Ostteile von Nordosten
Kosch (2011): Die romanischen Dome von Mainz, Worms und Speyer, S.39
Abb. 20 I Kaiserdom zu Worms, Ansicht der Ostteile mit dem Portal ins nördliche Seitenschiff von Nordwesten
Kosch (2011): Die romanischen Dome von Mainz, Worms und Speyer, S.50
Abb. 21 I Gotisches Maßwerk

Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.121
Abb. 22 I Gotisches Maßwerk
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.121
Abb. 23 I Frühgotische Säule mit Laubkapitell und naturalistischem Laubdekor
Grube/Kutschmar (2004): Bauformen von der Romanik bis zur Gegenwart, S.141
Abb. 26 I Notre-Dame, Ansicht
Koch (2006): Baustilkunde, S.163
Abb. 24 I Notre-Dame, Westrose
Rosič (2010): Foto
Abb. 25 I Notre-Dame, Eingangsportal
Rosič (2010): Foto
Abb. 27 I Rollwerk
Schlaginweit/Forstner (2003): Kunstgeschichte, S.62
Abb. 28 I Beschlagwerk, Renaissance-Türbander
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.27
Abb. 29 I Renaissance-Kartusche
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.241
Abb. 30 I Renaissance-Kartusche
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.241
Abb. 31 I Bandelwerk, Flecht- und Kettenband
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.19
Abb. 32 I Bandelwerk, Blumen- und Blattband
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.19
Abb. 33 I Rocaille
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.391
Abb. 34 I Knorpelwerk
Lein (2004): Seemanns Lexikon der Ornamente, S.264
Abb. 35 I Schauspielhaus in Berlin, Ansicht
Schinkel (2003): Karl Friedrich Schinkel, S.24
Abb. 36 I Schauspielhaus in Berlin, Perspektivischer Stich
Bergdoll (1994): Karl Friedrich Schinkel, S.62
Abb. 37 I Medaillonfries mit Palmetten
Grube/Kutschmar (2004): Bauformen von der Romanik bis zur Gegenwart, S.145
Abb. 38 I Säulenordnung nach Vignola
Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.54
Abb. 39 I Säulenordnung nach Vignola
Irmscher (2005): Ornament in Europa, S.55
Abb. 40 I Wiener Ringstraße, Rathaus, Ansicht Ecke Reichsratsstraße
Rosič (2015): Foto
Abb. 41 I Wiener Ringstraße, Rathaus, Ansicht Lichtenfelsgasse, Fassade mit neogotischen Elementen
Rosič (2015): Foto
Abb. 42 I Wiener Ringstraße, Parlament, Ansicht Ecke Rathausplatz, Fassade mit griechischen Elementen
Rosič (2015): Foto
Abb. 43 I Wiener Ringstraße, Parlament, Eingangsportal mit griechischen Säulen

Rosič (2015): Foto
Abb. 44 I Red House in Bexley Heath bei London, Gartenansicht
Lieb (2000): Was ist Jugendstil?, S.30
Abb. 45 I Titelblatt der Münchner Zeitschrift Jugend, 1. Jg. 1986
Lieb (2000): Was ist Jungendstil?, S.9
Abb. 46 I Otto Eckmann, Zeichner für die Kulturzeitschrift Jugend, Entwerfer der Eckmann-Schrift
Koch (2006): Baustilkunde, S.275
Abb. 47 I Ausstellungsgebäude der Secession in Wien, Ansicht
Gössel/Leuthäuser (2001): Architektur des 20. Jahrhunderts,S.64
Abb. 48 I Secession in Wien, Fassade
Rosič (2015): Foto
Abb. 49 I Secession in Wien, Eingangsportal
Rosič (2015): Foto
Abb. 50 I Postsparkasse in Wien, Fassadendetail
Rosič (2015): Foto
Abb. 51 I Postsparkasse in Wien, Ansicht
Rosič (2015): Foto
Abb. 52 I Looshaus am Michaelerplatz, Ansicht
Rosič (2015): Foto
Abb. 53 I Sanatorium in Purkersdorf, Entwurf der Westfassade in Tusche und Feder, Josef Hoffmann, 1904
Varnedoe (1987): Wien 1900, S.45
Abb. 54 I Sanatorium in Purkersdorf, Terrasse
Varnedoe (1987): Wien 1900, S.45
Abb. 55 I Potsdamer Einsteinturm, Ansicht
Pehnt (1981): Die Architektur des Expressionismus, S.123
Abb. 56 I Bauhaus in Dessau, Luftperspektive
Engelmann/Schädlich (1998): Die Bauhausbauten in Dessau, S.17
Abb. 57 I Bauhaus in Dessau, Ansicht
Engels/Meyer (2001): Bauhaus-Architektur 1919-1933, S.31
Abb. 58 I Schröder-Schräder-Haus in Utrecht, Ansicht Südosten
Gössel/Leuthäuser (2001): Architektur des 20. Jahrhunderts, S.143
Abb. 59 I Schröder-Schräder-Haus in Utrecht, Ansicht Südwesten
Gössel/Leuthäuser (2001): Architektur des 20. Jahrhunderts, S.142
Abb. 60 I Schröder-Schräder-Haus in Utrecht, Ansicht Innenraum
Gössel/Leuthäuser (2001): Architektur des 20. Jahrhunderts, S.143
Abb. 61 I Unité d´Habitation in Firminy-Vert, Ansicht, 1955-1967
Gargiani/Rosellini (2014): Le Corbusier, S.557
Abb. 62 I Unité d´Habitation in Marseilles, Ansicht, 1945-1952
Gargiani/Rosellini (2014): Le Corbusier, S.50
Abb. 63 I Unité d´Habitation in Firminy-Vert, Fassade, 1955-1967
Gargiani/Rosellini (2014): Le Corbusier, S.557
Abb. 64 I Unité d´Habitation in Firminy-Vert, sculptures moulées, 1955-1967
Gargiani/Rosellini (2014): Le Corbusier, S.556
Abb. 65 I Jüdisches Museum in Berlin, Ansicht

Libeskind/Schneider (1999): Daniel Libeskind/Jüdisches Museum, S.44
Abb. 66 I Jüdisches Museumin in Berlin, Fassade
Libeskind/Schneider (1999): Daniel Libeskind/Jüdisches Museum, Cover
Abb. 67 I Vitra-Design Muesum in Weil am Rhein, Ansicht
URL: http://www.vitra.com/de-at/campus/vitra-design-museum [Stand: 10.7.2015]
Abb. 68 I Steinhaus am Ossiacher See in Kärnten, Ansicht von Westen
Rosič (2015): Foto
Abb. 69 I Steinhaus, am Ossiacher See in Kärnten, Ansicht von Osten
Rosič (2015): Foto
Abb. 70 I Industriekomplex in Wien, Ansicht
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.116
Abb. 71 I Industriekomplex in Wien, Herstellung der Tonformen per Hand
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.117
Abb. 72 I Industriekomplex in Wien, Herstellung der Aluminiumpaneele, Negativabdruck der Tonformen
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.117
Abb. 73 I Veranstaltungs- und Lehrgebäude in Karlsruhe, Ansicht
Schittich (2013): Veranstaltungs- und Lehrgebäude in Karlsruhe, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Material und Oberfläche, 53. Serie, 11/2013, S.1234
Abb. 74 I Veranstaltungs- und Lehrgebäude in Karlsruhe, Eingangsportal
Schittich (2013): Veranstaltungs- und Lehrgebäude in Karlsruhe, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Material und Oberfläche, 53. Serie, 11/2013, S.1234
Abb. 75 I Veranstaltungs- und Lehrgebäude in Karlsruhe, Fassadenelement aus Keramik
Schittich (2013): Veranstaltungs- und Lehrgebäude in Karlsruhe, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Material und Oberfläche, 53. Serie, 11/2013, S.1237
Abb. 76 I Bibliothek in Birmingham, Ansicht
URL: http://www.mecanoo.nl/Projects/project/57/Library-of-Birmingham?t=0 [Stand: 14.2.2014]
Abb. 77 I Bibliothek in Birmingham, Fassade
URL: http://www.mecanoo.nl/Projects/project/57/Library-of-Birmingham?t=0 [Stand: 14.2.2014]
Abb. 78 I Bibliothek in Birmingham, Innenansicht
URL: http://www.mecanoo.nl/Projects/project/57/Library-of-Birmingham?t=0 [Stand: 14.2.2014]
Abb. 79 I Aufbau eines Laserschneidekopfes
Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.57
Abb. 80 I Modellbaulaser
Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.57
Abb. 81 I Aufbau einer Wasserstrahlschneidemaschine
Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.58
Abb. 82 I Heißdrahtschneidemaschine
Hauschild/Karzel (2010): Digitale Prozesse, S.59
Abb. 83 I CNC-Fräse
Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.162
Abb. 84 I Sfera Building in Kyoto, Fassade
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.50
Abb. 85 I Sfera Building in Kyoto, Fassadenkonzept
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.49

Abb. 86 I Gründerzeithaus in Berlin, Fassadenansicht
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.128
Abb. 87 I Gründerzeithaus in Berlin, Fassadendetail
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.129
Abb. 88 I Fassadenherstellung mit Schablone
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.129
Abb. 89 I Pachinko Tiger Kagitori in Sendai, Fassade
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.63
Abb. 90 I Pachinko Tiger Kagitori in Sendai, Fassadenkonzept
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.61
Abb. 91 I De Young Museum in San Francisco, Fassade
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.77
Abb. 92 I Paul Smith Store in London, Fassade
URL: http://www.6a.co.uk/projects#_6a_architects_x_paul_smith [Stand: 14.2.2015]
Abb. 93 I Paul Smith Store in London, Fassadendetail
URL: http://www.6a.co.uk/projects#_6a_architects_x_paul_smith [Stand: 14.2.2015]
Abb. 94 I Ricola Produktions- und Lagergebäude in Mühlhaus, Ansicht
URL: http://www.swissmade-architecture.com/?seite=Picture&bid=350 [Stand: 14.2.2015]
Abb. 95 I Ricola Produktions- und Lagergebäude in Mühlhaus, Ansicht mit Blick auf Dachuntersicht
URL: http://www.swissmade-architecture.com/?seite=Picture&bid=351 [Stand: 14.2.2015]
Abb. 96 I Ricola Produktions- und Lagergebäude, Blattmotiv
URL: http://www.swissmade-architecture.com/?seite=Picture&bid=357 [Stand: 14.2.2015]
Abb. 97 I Frog Queen in Graz, Ansicht
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.27
Abb. 98 I Frog Queen in Graz, Fassade
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.25
Abb. 99 I Frog Queen in Graz, Fassadenkonzept, Motiv
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.26
Abb. 100 I Industrieroboter
Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.164
Abb. 101 I Weingut Gantenbein in Fläsch, Ansicht
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.178
Abb. 102 I Weingut Gantenbein in Fläsch, Fassade mit Weintraubenform
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.180
Abb. 103 I Weingut Gantenbein in Fläsch, Fassadenelement
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.180
Abb. 104 I Pike Loop in New York, Ansicht
Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.62
Abb. 105 I Pike Loop n New York, Herstellungsprozess
Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.62
Abb. 106 I Betonsortenbezeichung laut ÖNORM B 4710-1
CEMEX (o. J.): CEMEX Lieferbeton ÖNORM B 4710-1, S.5, URL: http://www.cemex.at/1735_DE.pdf?exp=24567564057900 [Stand: 14.2.2015]
Abb. 107 I Sichtbetonoberfläche mit vertikaler Bretterschalung
Kind-Barkauskas/Fuchs (2003): Beton und Farbe, S.27

Abb. 108 I Sichtbetonoberfläche mit horizontalter Bretterschalung
Kind-Barkauskas/Fuchs (2003): Beton und Farbe, S.57
Abb. 109 I Glatte Sichtbetonoberfläche mit Betonplanschlaung
Kind-Barkauskas/Fuchs (2003): Beton und Farbe, S.27
Abb. 110 I Chichu Art Museum, Sichtbetonoberfläche, präzise Anordnung der Schalungsanker
Blaser/Ando (2007): Bauen in der Erde, S.53
Abb. 111 I St. Canisiuskirche in Berlin, Ansicht
URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:St._Canisius_Berlin_1.jpg [Stand: 10.7.2015]
Abb. 112 I St. Canisiuskirche in Berlin, Ankerlöcher als ornamentales Gestaltungselement, Kreuzsymbol
Baus (2007): Sichtbeton, S.123
Abb. 113 I Feuerwehrwache in Weil am Reihn, Sichtbetonoberfläche
Hadid/Jodidio (2012): Zaha Hadid, S.28
Abb. 114 I Maxxi Museum in Rom, Sichtbetonoberfläche
URL: http://www.zaha-hadid.com/wp-content/files_mf/965_maxxi_rend_02.jpg [Stand: 10.7.2015]
Abb. 115 I Atelier Bardill in Scharans, Ansicht
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.142
Abb. 116 I Atelier Bardill in Schrans, Ornamentmotiv, 550 Einzelfiguren zieren in drei verschiedenen Größen die Fassade
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.141
Abb. 117 I Atelier Bardill in Schrans, Herstellung der Schalung per Hand
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.141
Abb. 118 I Matrize Abu Dhabi, NOEplast
URL: http://www.noeplast.com/en/article.asp?lang=en&ArtID=119&alpha=&numer=1 [Stand: 10.7.2015]
Abb. 119 I Matrize Amman, NOEplast
URL: http://www.noeplast.com/article.asp?lang=de&ArtID=117&alpha=&numer= [Stand: 10.7.2015]
Abb. 120 I Matrize Doha, NOEplast
URL: http://www.noeplast.com/article.asp?lang=fr&ArtID=116&alpha=1&numer= [Stand: 10.7.2015]
Abb. 121 I Verwaltungsgebäude und Busbetriebszentrum in Thiais bei Paris, Ansicht
Schittich (2010): Verwaltungsgebäude und Busbetriebszentrum in Thiais, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 50. Serie, 1-2/2010, S.41
Abb. 122 I Verwaltungsgebäude und Busbetriebszentrum in Thiais bei Paris, Herstellung Fertigteilelemente
Schittich (2010): Verwaltungsgebäude und Busbetriebszentrum in Thiais, in: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, Bauen mit Beton, 50. Serie, 1-2/2010, S.41
Abb. 123 I Voralberg Museum, Ansicht
URL: http://www.cn-architekten.at/projekte/vorarlberger-landesmuseum-bregenz-p-en/196 [Stand: 10.7.2015]
Abb. 124 I Voralberg Museum, Fassade über dem Eingangsportal
URL: https://www.beton.org/inspiration/architektur/objekt-details/erweiterung-des-vorarlberg-museums-in-bregenz-a/ [Stand: 10.7.2015]
Abb. 125 I Voralberg Museum, Fassadenkonzept
URL: https://www.beton.org/inspiration/architektur/objekt-details/erweiterung-des-vorarlberg-museums-in-bregenz-a/ [Stand: 10.7.2015]
Abb. 126 I Ornamentbeton, Betonoberfläche im Innenraum
http://www.gaebeleraufer.de/sites/gaebeleraufer_menu_01_prj_alte_hofbibliothek.html [Stand: 10.7.2015]
Abb. 127 I Fotogravurbeton, CNC-gefräste Betonoberfläche
Kind-Barkauskas/Fuchs (2003): Beton und Farbe, S.29
Abb. 128 I Fotobeton, Gestaltung mit Oberflächenverzögerer
Kind-Barkauskas/Fuchs (2003): Beton und Farbe, S.29

Abb. 129 I Bibliothek der Fachhochschule Eberswalde, Fassade aus Glas- und Betonelementen
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.35
Abb. 130 I Bibliothek der Fachhochschule Eberswalde, Fassadenausschnitt mit Fensteröffnung, bedruckte Glaspaneele
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.32
Abb. 131 I Bibliothek der Fachhochschule Eberswalde, Ansicht
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.35
Abb. 132 I Sichtbetonoberfläche mit sägerauer Schalung
Kind-Barkauskas/Fuchs (2003): Beton und Farbe, S.57
Abb. 133 I Sichtbetonoberfläche mit glatter Schalung
Kind-Barkauskas/Fuchs (2003): Beton und Farbe, S.61
Abb. 134 I Universitätsbibliothek in Utrecht, Fassade, Betonpaneel, Papyrusmotiv
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.43
Abb. 135 I Universitätsbibliothek in Utrecht, Ansicht, Fassade aus Glas- und Betonelementen
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.42
Abb. 136 I Universitätsbibliothek in Utrecht, Herstellung der Betonpaneele mit Matrizen
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.43
Abb. 137 I Strahlen
Kind-Barkauskas/Fuchs (2003): Beton und Farbe, S.32
Abb. 138 I Spritzen
Kind-Barkauskas/Fuchs (2003): Beton und Farbe, S.32
Abb. 139 I Scharrieren
Kind-Barkauskas/Fuchs (2003): Beton und Farbe, S.32
Abb. 140 I Bossieren
Kind-Barkauskas/Fuchs (2003): Beton und Farbe, S.32
Abb. 141 I Screen Wall
Hauer/Hill (2004): Erwin Hauer continua, S.14
Abb. 142 I Screen Wall, Modul, Design 4
Hauer/Hill (2004): Erwin Hauer continua, S.33
Abb. 143 I Screen Wall, Ausschnitt Wand, Design 4
Hauer/Hill (2004): Erwin Hauer continua, S.33
Abb. 144 I Charles Ennis House in Los Angeles, Ansicht, Fassade aus Betonmodulen
Pfeiffer/Gössel/Leuthäuser (2007): Frank Lloyd Wright, S.101
Abb. 145 I Charles Ennis House in Los Angeles, Westfassade
Pfeiffer/Gössel/Leuthäuser (2007): Frank Lloyd Wright, S.104
Abb. 146 I Living Madrid, Ansicht
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.153
Abb. 147 I Living Madrid, Fassade aus Betonfertigteilen
Pell/Hild (2010): Modulierte Oberflächen, S.153
Abb. 148 I Schallausbreitung PKW, Punktschallquelle
Rosič (2015): Grafik
Abb. 149 I Ausbreitung und Reflexion von Schall, PKW
Rosič (2015): Grafik
Abb. 150 I Ausbreitung und Reflexion von Schall, LKW
Rosič (2015): Grafik

Abb. 151 I Prinzip der Schallausbreitung
Rosič (2015): Grafik
Abb. 152 I Lärmwirkungsschema
Rosič (2015): Grafik
nach Gratt/Doppler (2009): Schalltechnische Grundlagen, in: Thaler/Gartner/BMLFUW (2009): Handbuch Umgebungslärm, S.30, Originalquelle: TAS
Abb. 153 I Schallabstrahlung im Straßenverkehr
Rosič (2015): Grafik
nach URL: http://www.verkehr.steiermark.at/cms/dokumente/10553958_11163140/8080c79b/Ausdruck_LST.pdf [Stand: 10.7.2015]
Abb. 154 I Schematischer Aufbau des Auges
Ansorge/Leder (2011): Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, S.78
Abb. 155 I Schematische Darstellung der Retina
Ansorge/Leder (2011): Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, S.79
Abb. 156 I Wahrnehmungsfelder im Auto
Rosič (2015): Grafik
Abb. 157 I Geometrischer Lärmschutzwall, Landschaftlicher Lärmschutzwall, Lärmschutzwall mit Sockelelement
Rosič (2015): Grafik
Abb. 158 I Lärmschutzwall mit Bepflanzung (Bäume und Sträucher), Stufenförmiges Betonerdesystem mit Bepflanzung (Kleinsträucher)
Rosič (2015): Grafik
Abb. 159 I Kombination aus Lärmschutzwall und Lärmschutzwand
Rosič (2015): Grafik
Abb. 160 I Lärmschutzwand mit vertikalter Bepflanzung (Kleinsträucher und Ranken), Trogelemente mit Bepflanzung, Vegetationswand
Rosič (2015): Grafik
Abb. 161 I Lärmschutzwand mit massiven oder transparenten Elementen, Lärmschutzwand mit vertikaler Bepflanzung, Lärmschutzwand mit Baumpflanzungen
Rosič (2015): Grafik
Abb. 162 I Lärmschutzwand mit Überhöhung, Lärmschutzwand mit hochabsorbierender Überhöhung, Tunnel mit Lärmschutzelementen an Wand und Decke
Rosič (2015): Grafik
Abb. 163 I Lärmschutzwand mit Holzlattung, Südautobahn
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 164 I Lärmschutzwand mit Holzbetonelementen, Südautobahn
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 165 I Lärmschutzwand mit Metallpaneelen, Südautobahn
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 166 I Lärmschutzwand mit vertikaler Holzlattung, schematischer Schnitt
Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.137
Rosič (2015): Grafik bearbeitet
Abb. 167 I Lärmschutzwand mit Holzbetonelementen, schematischer Schnitt
Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.137
Rosič (2015): Grafik bearbeitet
Abb. 168 I Lärmschutzwand mit Metallpaneelen, schematischer Schnitt
Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.137
Rosič (2015): Grafik bearbeitet

Abb. 169 I Material Holz, Lattung vertikal
Rosič (2015): Foto
Abb. 170 I Material Holzbeton
Rosič (2015): Foto
Abb. 171 I Material Metall
Rosič (2015): Foto
Abb. 172 I Lärmschutzwand mit vertikalter Holzlattung, schematischer Querschnitt
Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.137
Rosič (2015): Grafik bearbeitet
Abb. 173 I Lärmschutzwand mit Holzbetonelementen, schematischer Querschnitt
Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.137
Rosič (2015): Grafik bearbeitet
Abb. 174 I Lärmschutzwand mit Metallpaneelen, schematischer Querschnitt
Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.137
Rosič (2015): Grafik bearbeitet
Abb. 175 I Lärmschutzsystem mit integrierten Photovoltaikelementen in Freising
Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.238
Abb. 176 I Lärmschutzwand mit integrierten Photovoltaikelementen in Wien, Theodor-Körner-Hof
URL: http://www.wienenergie.at/eportal2/ep/channelView.do?channelId=-48413 [Stand: 10.7.2015]
Abb. 177 I Ökologisches Lärmschschutzsystem mit integriertem Luftfilter in den Niederlanden, Prototyp Una
Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.246, Rosič (2015): Grafik bearbeitet (übersetzt ins Deutsche)
Abb. 178 I Lärmschutzsystem mit Lichtelementen
Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.133
Abb. 179 I Lärmschutzsystem in Dachfläche integriert, Wohnhausanlage in Lelystad, Ansicht der Dachflächen
Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.192
Abb. 180 I Lärmschutzsystem in Dachfläche integriert, Wohnhausanlage in Lelystad, Ansicht von der Seite
Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.191
Abb. 181 I Aufbau einer Lärmschutzwand
Rosič (2015): Grafik
Abb. 182 I Fundamentlösungen, 1 Einzelfundament, 2 Streifenfundament, 3 Rammpfahl, 4 Bohrpfahl
Rosič (2015): Grafik
Abb. 183 I Stütze beidseitig sichtbar
Rosič (2015): Grafik
nach Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.96
Abb. 184 I Stütze an der Rückseite sichtbar
Rosič (2015): Grafik
nach Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.96
Abb. 185 I Stütze beideseitig verdeckt
Rosič (2015): Grafik
nach Kotzen/Colin (2009): Environmental Noise Barriers, S.96
Abb. 186 I Parameter der Lärmschutzgestaltung
Rosič (2015): Grafik
Abb. 187 I Lärmschutzsysteme im Überblick
Rosič (2015): Grafik

Abb. 188 I Reflektierendes System, Ortsumfahrung Wittenberg, Betonwerk Schuster
URL: http://www.betonwerk-schuster.de/beton-wandplatten-reflektierend.html [Stand: 10.7.2015]
Abb. 189 I Absorbierendes System, A4 Bautzen-West, Betonwerk Schuster
URL: http://www.betonwerk-schuster.de/beton-wandplatten-absorbierend.html [Stand: 10.7.2015]
Abb. 190 I Hochabsorbierendes System, B6 Kubschütz, Betonwerk Schuster
URL: http://www.betonwerk-schuster.de/beton-wandplatten-hochabsorbierend.html [Stand: 10.7.2015]
Abb. 191 I Konstruktionslösungen für Lärmschutzwände
Rosič (2015): Grafik
Abb. 192 I Lösungen für Anfangs- und Endelemente, Elemente schaffen keine Verbindung zur Umgebung
Rosič (2015): Grafik
Abb. 193 I Lösungen für Anfangs- und Endelemente, Elemente schaffen eine Verbindung zur Umgebung
Rosič (2015): Grafik
Abb. 194 I Lösungen für Anfangs- und Endelemente, Element schafft eine fließende Verbindung zur Umgebung
Rosič (2015): Grafik
Abb. 195 I Farbkreis nach Itten
Düchting (2003): Grundlagen der künstlerischen Gestaltung, S.58
Abb. 196 I Aufbau Lärmschutzwand, Betonwerk Rieder
Betonwerk Rieder (o.J.): Infrastruktur Broschüre, S.7, URL: http://www.rieder.at/metanavigation/online-kataloge/ [Stand: 26.9.2014]
Abb. 197 I Faseton, Rohstoff und Endprodukt, Betonwerk Rieder
Betonwerk Rieder (o.J.): Infrastruktur Broschüre, S.11 und S.14, URL: http://www.rieder.at/metanavigation/online-kataloge/ [Stand: 26.9.2014]
Rosič (2015): Bild bearbeitet
Abb. 198 I Hochabsorbierende Lärmschutzwand, Betonwerk Schuster
Betonwerk Schuster (o.J.): Lärmschutzelemente, S.3, URL: http://www.betonwerk-schuster.de/Laermschutz.pdf [Stand: 10.7.2015]
Abb. 199 I Lausche, Betonwerk Schuster
Betonwerk Schuster (o.J.): Lärmschutzelemente, S.3, URL: http://www.betonwerk-schuster.de/Laermschutz.pdf [Stand: 10.7.2015]
Abb. 200 I Wabe, Betonwerk Schuster
Betonwerk Schuster (o.J.): Lärmschutzelemente, S.3, URL: http://www.betonwerk-schuster.de/Laermschutz.pdf [Stand: 10.7.2015]
Abb. 201 I Lärmschutzwand Schichtaufbau, PHONOBLOC
Delta Bloc (2012): PHONOBLOC Lärmschutzwandsysteme aus Beton, S.5,
URL: http://www.phonobloc.com/cxdata/media/files/phonobloc-broschure_de_v26_web_filede_52.pdf [Stand: 26.9.2014]
Rosič (2015): Grafik bearbeitet
Abb. 202 I Matrize Hong Kong, NOEplast
URL: http://www.noeplast.com/article.asp?lang=de&PGID=&ArtID=16&alpha=1&numer= [Stand: 10.7.2015]
Abb. 203 I Matrize Tölz, NOEplast
URL: http://www.noeplast.com/article.asp?lang=de&PGID=&ArtID=59&alpha=1&numer= [Stand: 10.7.2015]
Abb. 204 I Lärmschutzwand mit Zugvögeln, Matrize Gladbeck und Granit III, NOEplast
URL: http://www.noeplast.com/zugvoegel-an-der-autobahn.html [Stand: 10.7.2015]
Abb. 205 I Matrize Gladbeck und Granit III, NOEplast
URL: http://www.noeplast.com/article.asp?lang=de&PGID=&ArtID=56&alpha=1&numer= [Stand: 10.7.2015]
URL: http://www.noeplast.com/article.asp?lang=de&PGID=&ArtID=31&alpha=1&numer= [Stand: 10.7.2015]
Abb. 206 I Landkarte, schematische Darstellung von Europa
Rosič (2015): Grafik
Abb. 207 I Landkarte, schematische Darstellung von Österreich und Kärnten
Rosič (2015): Grafik

Abb. 208 I Baugebiet in Kärnten, Streckenabschnitt Klagenfurt-Villach
Rosič (2015): Grafik
Abb. 209 I Übersicht Autobahnen in Kärnten
URL: http://www.laerminfo.at/karten/strassenverkehr/strasse/24h.html [Stand: 10.7.2015]
Rosic (2015): Grafik bearbeitet
Abb. 210 I Lärmkarte Südautobahn, Streckenabschnitt Klagenfurt-Villach
URL: http://www.laerminfo.at/karten/strassenverkehr/strasse/24h.html [Stand: 10.7.2015]
Abb. 211 I Südautobahn, Übersicht Streckenabschnitt Klagenfurt-Villach, ASFINAG
ASFINAG (2015): Streckenabschnitt, URL: www.asfinag.at, Daten per E-Mail von Mag. Peter Aubrecht
Abb. 212 I Südautobahn 2012, Kilometer 352, Auffahrt Wernberg
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 213 I Südautobahn, Kilometer 351, Kaltschach
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 214 I Südautobahn, Kilometer 350, Damtschach
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 215 I Südautobahn, Kilometer 350, Damtschach
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 216 I Südautobahn, Kilometer 349, Sand
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 217 I Südautobahn, Kilometer 349, Sand beim Parkplatz
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 218 I Südautobahn, Kilometer 348, Weinzierl
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 219 I Südautobahn, Kilometer 346, Göriach
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 220 I Südautobahn, Kilometer 346, Göriach
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 221 I Südautobahn, Kilometer 342
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 222 I Südautobahn, Kilometer 340, Tibitsch
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 223 I Südautobahn, Kilometer 337, Pörtschach
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 224 I Überlegungen für den Entwurf
Rosič (2015): Grafik
Abb. 225 I Konzeptentwicklung
Rosič (2015): Grafik
Abb. 226 I Konzept, Baugebiet, Lärmmessungen Streckenabschnitt, Nacht
URL: http://www.laerminfo.at [Stand: 10.7.2015]
Rosič (2015): Grafik
Abb. 227 I Konzept, Baugebiet, Lärmmessungen Streckenabschnitt, Tag
URL: http://www.laerminfo.at [Stand: 10.7.2015]
Rosič (2015): Grafik
Abb. 228 I Baugebiet mit Bauplatz

Rosič (2015): Grafik
Abb. 229 I Orthofoto Bauplatz
ASFINAG (2015): Foto, URL: www.asfinag.at
Abb. 230 I Lärmschutzwand, Kilometer 348
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 231 I Lärmschutzwand, Kilometer 348
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 232I Lärmschutzwand, Kilometer 348
ASFINAG (2015): Foto 2012, URL: www.asfinag.at
Abb. 233 I Lageplan Bauplatz
Rosič (2015): Grafik
Abb. 234 I Leichtbeton
Rosič (2015): Foto
Abb. 235 I Holzbeton
Rosič (2015): Foto
Abb. 236 I Entstehung von Muster
Rosič (2015): Grafik
Abb. 237 I Entwicklungsprozess
Rosič (2015): Grafik
Abb. 238 I Gestaltungslösung A, Perspektive mit Blick auf die Wand
Rosič (2015): Grafik
Abb. 239 I Gestaltungslösung A, Linienmuster, Effekt der Verdichtung
Rosič (2015): Grafik
Abb. 240 I Gestaltungslösung A, Effekt der Verdichtung durch Lamellen mit unterschiedlicher Neigung, Grundriss
Rosič (2015): Grafik
Abb. 241 I Gestaltungslösung A, optischer Effekt Wellenform
Rosič (2015): Grafik
Abb. 242 I Gestaltungslösung A, Ansicht und Grundriss 1:250
Rosič (2015): Grafik
Abb. 243 I Gestaltungslösung A, Ansicht 1:100
Rosič (2015): Grafik
Abb. 244 I Gestaltungslösung A, Modul 2, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 245 I Gestaltungslösung A, Modul 1, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 246 I Leichtbeton, Strukturmatrize NOEplast Genf
URL: http://www.noeplast.com/article.asp?lang=de&PGID=&ArtID=50&alpha=&numer=1 [Stand: 10.7.2015]
Abb. 247 I Holzbeton
Rosič (2015): Foto
Abb. 248 I Gestaltungslösung A, Schnitt 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 249 I Gestaltungslösung A, Detail 1:20
Rosič (2015): Grafik
Abb. 250 I Gestaltungslösung A, Perspektive mit Blick in Fahrtrichtung

Rosič (2015): Grafik
Abb. 251 I Gestaltungslösung A, Perspektive
Rosič (2015): Grafik
Abb. 252 I Gestaltungslösung A, Perspektive
Rosič (2015): Grafik
Abb. 253 I Gestaltungslösung B, Perspektive mit Blick auf die Wand
Rosič (2015): Grafik
Abb. 254 I Gestaltungslösung B, Module 1-8
Rosič (2015): Grafik
Abb. 255 I Gestaltungslösung B, Ansicht und Grundriss 1:250
Rosič (2015): Grafik
Abb. 256 I Gestaltungslösung B, Ansicht 1:100
Rosič (2015): Grafik
Abb. 257 I Gestaltungslösung B, Module 1-8, Grundriss und Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 258 I Leichtbeton
Rosič (2015): Grafik
Abb. 259 I Leichtbeton, digitales Muster als Textur, generiert mit Processing Code P.2.1.1 (Anordnung im Raster)
Rosič (2015): mit Processing
Abb. 260 I Gestaltungslösung B, Schnitt 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 261 I Gestaltungslösung B, Detail 1:20
Rosič (2015): Grafik
Abb. 262 I Generierung digitales Muster, Processing Code P.2.1.1 (Anordnung im Raster), Ausgangsmuster
Rosič (2015): mit Processing
Abb. 263I Generierung digitales Muster, Processing Code P.2.1.1 (Anordnung im Raster), Entwicklungsschritte
Rosič (2015): mit Processing
Abb. 264 I Generierung digitales Muster, Processing Code P.2.1.1 (Anordnung im Raster), Endergebnis
Rosič (2015): mit Processing
Abb. 265 I Gestaltungslösung B, Perspektive mit Textur, digitales Muster
Rosič (2015): Grafik
Abb. 266 I Gestaltungslösung B, Perspektive
Rosič (2015): Grafik
Abb. 267 I Gestaltungslösung C, Perspektive mit Blick auf die Wand
Rosič (2015): Grafik
Abb. 268 I Gestaltungslösung C, große und kleine Kreise als Ausgangsmotiv
Rosič (2015): Grafik
Abb. 269I Gestaltungslösung C, zufällige Anordnung, generiert mit Rhino 3D + Grasshopper
Rosič (2015): Grafik
Abb. 270 I Gestaltungslösung C, Ansicht und Grundriss 1:250
Rosič (2015): Grafik
Abb. 271 I Gestaltungslösung C, Ansicht 1:100
Rosič (2015): Grafik
Abb. 272 I Gestaltungslösung C, Modul 7, Ansicht 1:50

Rosič (2015): Grafik
Abb. 273 I Gestaltungslösung C, Modul 6, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 274 I Gestaltungslösung C, Modul 5, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 275 I Gestaltungslösung C, Modul 4, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 276 I Gestaltungslösung C, Modul 3, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 277 I Gestaltungslösung C, Modul 2, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 278 I Gestaltungslösung C, Modul 1, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 279 I Holzbeton
Rosič (2015): Grafik
Abb. 280 I Leichtbeton
Rosič (2015): Grafik
Abb. 281 I Gestaltungslösung C, Schnitt 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 282 I Gestaltungslösung C, Detail 1:20
Rosič (2015): Grafik
Abb. 283 I Gestaltungslösung C, Perspektive mit Blick auf die Wand
Rosič (2015): Grafik
Abb. 284I Gestaltungslösung C, Perspektive in Fahrtrichtung
Rosič (2015): Grafik
Abb. 285 I Gestaltungslösung D, Perspektive mit Blick auf die Wand
Rosič (2015): Grafik
Abb. 286 I Gestaltungslösung D, Kreis als Ausgangsmotiv
Rosič (2015): Grafik
Abb. 287 I Gestaltungslösung D, zufällige Anordnung, generiert mit Rhino 3D + Grasshopper
Rosič (2015): Grafik
Abb. 288 I Gestaltungslösung D, Ansicht und Grundriss 1:250
Rosič (2015): Grafik
Abb. 289 I Gestaltungslösung D, Ansicht 1:100
Rosič (2015): Grafik
Abb. 290 I Gestaltungslösung D, Modul 7, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 291 I Gestaltungslösung D, Modul 6, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 290 I Gestaltungslösung D, Modul 5, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 293 I Gestaltungslösung D, Modul 4, Ansicht 1:50

Rosič (2015): Grafik
Abb. 294 I Gestaltungslösung D, Modul 3, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 295 I Gestaltungslösung D, Modul 2, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 296 I Gestaltungslösung D, Modul 1, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 297 I Holzbeton
Rosič (2015): Foto
Abb. 298I Leichtbeton
Rosič (2015): Foto
Abb. 299 I Gestaltungslösung D, Schnitt, Ansicht 1:50
Rosič (2015): Grafik
Abb. 300 I Gestaltungslösung D, Detail 1:20
Rosič (2015): Grafik
Abb. 301 I Gestaltungslösung D, Perspektive in Fahrtrichtung
Rosič (2015): Grafik
Abb. 302 I Gestaltungslösung D, Perspektive, Muster ansteigend
Rosič (2015): Grafik

TABELLEN

Tab. 1 I Entwicklung der Computergrafik
Brüderlein/Meier: Computergrafik und Geometrisches Modellieren, S.15
Tab. 2 I Fertigungsverfahren
Bäuerle/Stumpp (2010): Individualdesign, S.144
Tab. 3 I Betonarten und ihre Anwendung
Kind-Barkauskas/Brandt (2002): Grundlagen, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (2002): Beton-Atlas, S.49
Tab. 4 I Festigkeitsklassen für Beton
Kind-Barkauskas/Brandt (2002): Grundlagen, in: Bundesverband der Dt. Zementindustrie (2002): Beton-Atlas, S.48
Tab. 5 I Südautobahn, Auf- und Abfahrten
URL: http://www.wien-konkret.at/verkehr/auto/autobahnen/ausfahrten/a2/ [Stand: 2.2.2015]

ANHANG

ORNAMENTDEFINITION NACH HOLZ

Hans Heinz Holz beschreibt das Ornament in sieben Punkten in *Die Repristination des Ornaments* (1972).
„1. Ornament ist eine Art Gattung Dekor. Es wird mithin als eine Schmuckform einem Gegenstand appliziert, es bleibt dem Gegenstand akzidentell (anders als die Struktur, die dessen ‚substantielle Form' ist). Als Applikation eignet ihm primär reine Flächigkeit oder flach reliefierter Auftrag. Bei körperhaften Gebilden, die etwa die volle Masse des Bauwerks oder der Skulptur erfassen, sprechen wir uneigenheitlich vom Ornament.
2. Ornament setzt sich aus Einzelelementen zusammen, die in streng geregelter Weise zu einem Ganzen zusammentreten. Im Ganzen sind die Teile nicht summativ aneinandergereiht, sondern gestalthaft - seriell, konzentrisch oder symmetrisch - integriert.
3. Prinzipiell ist die Repetition der ornamentalen Elemente im unendlichen Fluß forsetzbar; sei es in Form einer linearen, extensiven Unendlichkeit innerhalb eines orthogonalen Koordinationssystems (offenes Ornament), sei es in Form einer sphärischen geschlossenen, intensiven Unendlichkeit innerhalb einer zentral organisierten Figur (geschlossenes Ornament). Das geschlossene Ornament ist oft intern symmetrisch gegliedert. Eine Sonderform des geschlossenen Ornaments kann die individuelle symmetrische Figur sein.
4. Sofern sie symmetrisch gebaut sind, können Einzelfigurationen also an sich schon ornamental wirken; die müssen dann aber vorwiegend oder ausschließlich einem dekorativen Zweck dienen, bzw. unter Abbau semantischer Funktionen auf einen solchen reduziert sein.
5. Bildhafte Elemente, die ins Ornament eingehen, werden zeichenhaft stilisiert, entindividualisiert und ihrer Bedeutungsfunktion entkleidet. Sie können bei Herauslösung aus dem ornamentalen Zusammenhang wieder als ‚Einzelhieroglyphe' oder als ‚Bild' oder als ‚Emblem' gelesen werden.
6. Ein ornamentales Ganzes kann durch partielle Unterbrechung der Regelmäßigkeit modifiziert und damit bildhaft individualisiert werden, ohne damit insgesamt seinen ornamentalen Charakter zu verlieren. Die Störungen werden dann in die übergreifende Gestalt aufgenommen und als Irregularitäten, Abweichungen qualifiziert. Das ornamentale Grundmuster muß allerdings so erhalten bleiben, daß es sich gestaltqualitativ gegen die Störung durchsetzt, das heißt seinen Systemcharakter bewahrt.
7. Wegen seines applikativen Charakters erscheint das Ornament immer als eine Figur auf einem Grund. Es wirkt nicht identisch mit seinem Träger, sondern als eigenbürtige Form, die zwar nicht ohne Träger gedacht, aber von diesem abstrahiert und selbständig, für sich genommen werden kann."