

GFB
Natürliches
Aussehen

Inhalt

Vorwort	3
1. Was ist GFB und warum unterscheidet es sich von anderen Materialien	4–5
1.1 Materialdefinition (glasfaserverstärkter Beton)	5
1.2 Zusammensetzung: Zement, Glasfaser, Wasser, Füllstoffe, Pigmente	5
1.3 Produktion vs. Natur - warum nicht jedes Stück gleich ist	6
1.4 Vorteile von GFB: Leichtigkeit, Festigkeit, Ästhetik, Nachhaltigkeit	6
1.5 Vergleich mit anderen Verkleidungsmaterialien	7
2. Natürliche Variabilität - eine grundlegende Eigenschaft von zementhaltigen Materialien	8
2.1 Einfluss des Zementbindemittels auf die endgültige Farbe und Zeichnung	8
2.2 Pigmentierung in der Masse vs. Farbechtheit	8
2.3 Oberflächenstruktur und ihre Entstehung während der Bildung	9
2.4 Durch den Produktionsprozess bedingte Unterschiede - Handarbeit vs. Maschine	9
3. Farbtonschwankungen - Ursachen und Erwartungen	11
3.1 Natürlicher Charakter von Zement und Pigmentierung	11
3.2 Optische Phänomene: Abschattung, Kartierung, Glühen	11
3.3 Einfluss von Umgebung, Wetter und Ausrichtung des Gebäudes	12
3.4 Realistische Erwartungen vs. die Illusion der Einheitlichkeit	12
4. Textur und Oberfläche - warum keine zwei Platten gleich sind	13
4.1 Formabdruck und Oberflächenspuren der Produktion	13
4.2 Lokale Variabilität: Hohlräume, Blasen, offene Struktur	13
4.3 Auswirkungen der Nachbehandlung auf die Oberfläche	14
4.4 Wahrnehmung von Details - Wirkung von Licht, Winkel und Entfernung	14
5. Produktion und Formen - warum nicht jedes Stück aus der Form das gleiche ist	15
5.1 Formtoleranzen und geometrische Grenzen der Produktion	15
5.2 Plattenverformungen: Schwinden, Verdrehen, Durchbiegungen	15
5.3 Manuelle Anwendung und menschliche Variabilität	16
5.4 Lebensdauer der Form und ihre Auswirkungen auf die Produktion	16
6. Schutzbeschichtungen und Imprägnierungen - was sie (nicht) bewirken	17
6.1 Der Zweck von Schutzschichten: Schutz versus Ästhetik	17
6.2 Arten von Imprägnierungen und ihr zeitliches Verhalten	17
6.3 Risiken einer ungleichmäßigen Ablagerung und optischer Veränderungen	18
6.4 Auswirkung der Imprägnierung auf Farbton und Oberflächengleichmäßigkeit	18
7. Visuelle Natürlichkeit und architektonischer Kontext - warum Unterschiede ein Vorteil sind	19
7.1 Natürliches Aussehen als Wesen des Mineralstoffs	19
7.2 Architektonische Absicht und Umgang mit Unebenheiten	19
7.3 Die Psychologie der materiellen Wahrnehmung: Warum sich Unterschiede natürlicher anfühlen	20
8. Probenahme und Erwartungsmanagement - was ist realistisch und was nicht?	21
8.1 Zweck und Grenzen der Probenahme	21
8.2 Kommunikation mit Architekten und Investoren	21
8.3 Toleranzen, Normen und Definition des Begriffs „Fehler“	22
8.4 Der Irrtum des „Range Sampling“ - warum die Forderung nach der dunkelsten und hellsten Probe völlig falsch ist	22
8.5 Die korrekte Art der Dokumentation von Farbabweichungen	23
8.6 Warum sich das Aussehen der Referenzprobe mit der Zeit verändert	23
8.7 Empfehlungen für eine gute Probenahmepraxis	25
9 „Verrückte Risse“ - Herkunft und Ursachen	26
9.1 Verrückte Risse - warum es sich nicht um ein strukturelles Problem handelt	26
9.2 Sichtbarkeit verrückter Risse - wann und warum sie auftreten	27

Vorwort

3

Vorwort für alle, die Natur wollen, aber nur, wenn sie millimetergenau ist

Wir stellen Fassadenplatten aus natürlichen Materialien her. Das heißt, sie sind nicht gleich. Ja, Sie haben richtig gelesen - sie sind nicht dasselbe. Nicht, weil wir nicht exakt fertigen können. Sondern weil wir uns entschieden haben, die Natur zu respektieren und sie nicht zu imitieren. Wenn Sie nach perfekter Gleichförmigkeit suchen, empfehlen wir Kunststoff. Es sieht immer gleich aus. Es hat einfach keine Seele und keine Geschichte. Jedes unserer Elemente ist einzigartig. Genau wie Stein, Holz oder ein Baum, der nicht nach einem Katalog wächst. Und deshalb haben Sie sich für dieses Material entschieden. Oder etwa nicht?

Warum sind nicht alle Elemente gleich? Und warum ist es eigentlich eine gute Sache

GFB (glasfaserverstärkter Beton) ist ein natürliches Material mit einer Beimischung von Technologie. Es handelt sich nicht um ein Produkt, das in einer Fabrik mit einer Presse hergestellt wird, sondern um eine Mischung aus Zement, Sand, Wasser und Glasfasern, die in Formen gesprüht wird - manuell oder halbautomatisch. Jedes Stück durchläuft einen etwas anderen Prozess - von den klimatischen Bedingungen während der Reifung über die Mikrovariationen in der Pigmentierung bis hin zum einzigartigen Fluss der Mischung in der Form. Das Ergebnis ist ein Material, das die Merkmale eines lebendigen Ursprungs trägt. Nicht Uniformität, sondern Charakter.

Unterschiede in Farbe und Textur - nicht in der Qualität

Es ist üblich, dass einzelne Elemente im Farbton, in der Tiefe der Textur oder in der Mikroporosität variieren. Diese Unterschiede sind jedoch kein Mangel. Im Gegenteil, sie sind ein Zeichen für die Echtheit des Materials. Würden wir versuchen, diese Merkmale zu beseitigen, müssten wir den gesamten Prozess in eine künstliche Produktion ohne Kontakt zur realen Welt umwandeln. Und das würde sowohl den Charme als auch den Sinn des Materials zerstören.

Jedes Projekt ist originell - genau wie die Natur selbst

Während das Ziel bei künstlichen Materialien die totale Wiederholbarkeit ist, ist das Ziel bei GFB die Harmonie. Die Verkleidung muss als Ganzes aussehen, nicht identisch. Das ist ein Unterschied, der für diejenigen verständlich ist, die nicht nach einer Kopie, sondern nach einem authentischen Ausdruck suchen.

Wie man das vor Ort angeht

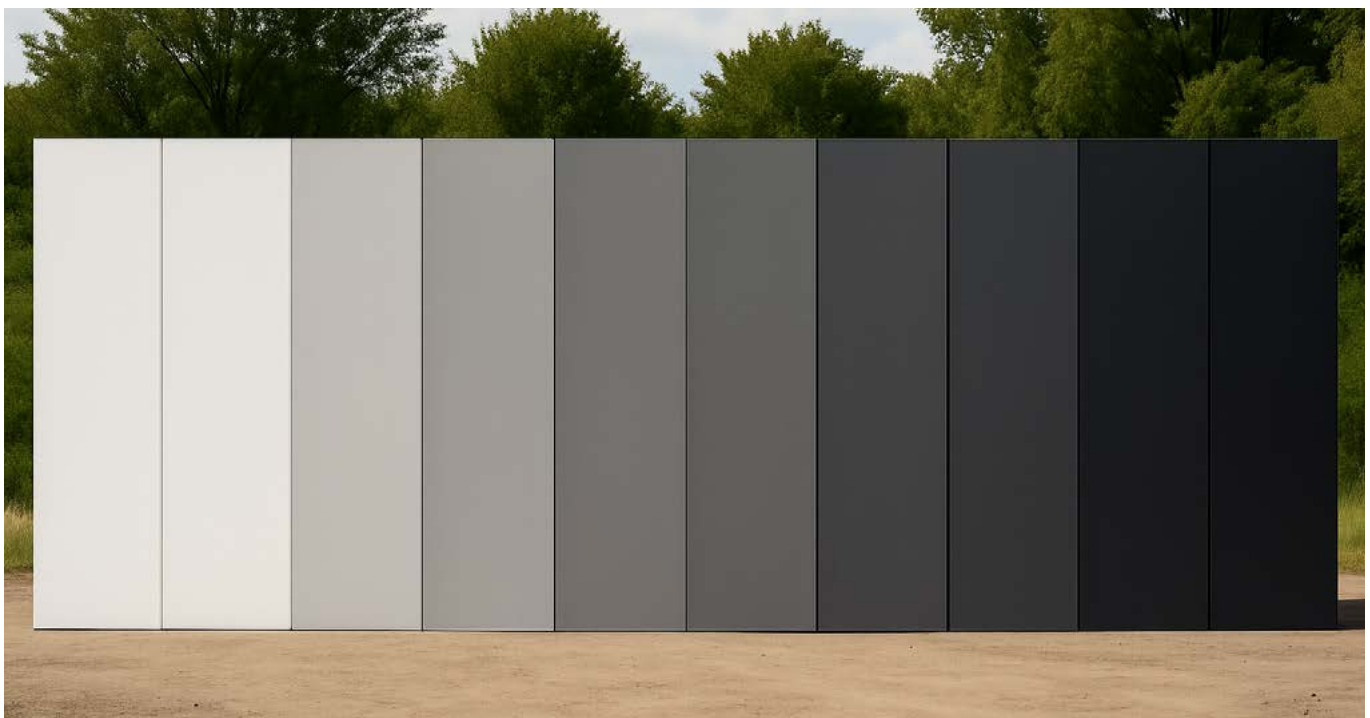
Bei der Montage ist es wichtig zu berücksichtigen, dass die Paneele nicht „eins wie das andere“ sind. Das Ergebnis wird eine lebendige und elegante Fassade sein - keine sterile Wand.

1. Was ist GFB und warum unterscheidet es sich von anderen Materialien

4



Betonplatten in Naturtönen



Betonplatten in künstlichen Farbtönen

1. Was ist GFB und warum unterscheidet es sich von anderen Materialien

5

1.1 Materialdefinition (glasfaserverstärkter Beton)

Glasfaserverstärkter Beton (GFB) ist ein feinkörniger Zementverbundstoff, der mit kurzen, in der Regel alkaliresistenten Glasfasern (AR) verstärkt ist, die in der Masse verteilt sind. Diese Art von Beton wurde als fortschrittliche Lösung entwickelt, wenn architektonische Freiheit, geringes Gewicht, Biegefestigkeit und Dauerhaftigkeit kombiniert werden sollen. GFB eignet sich besonders für dünnwandige, geformte, sichtbare und fassadenartige Anwendungen.

Im Gegensatz zu herkömmlichem Stahlbeton, dessen Zugfestigkeit durch die eingebettete Stahlbewehrung gewährleistet wird, sind bei GFB Glasfasern räumlich über die gesamte Dicke des Produkts verteilt. Dies verhindert die Bildung von Mikrorissen bei der anfänglichen Belastung und sorgt dafür, dass das Material auch bei Biege- oder Scherbelastung seine Integrität beibehält. Die Fasern sorgen für eine gleichmäßigere Verteilung der Spannungen im Material und begrenzen die Bildung von Schwindungsrissen während der Verfestigung.

Der Einsatz von GFB ist an die technologisch präzise Aufbereitung des Gemisches, die Sicherstellung des richtigen Verhältnisses zwischen den einzelnen Komponenten und vor allem an die Beherrschung der Verarbeitungstechnologie - insbesondere bei der Anwendung im „Spray-up“-Verfahren - gebunden. Aufgrund seiner feinkörnigen Struktur und des Fehlens von groben Zuschlägen ist GFB in der Lage, auch sehr feine Formdetails zu erfassen, was es für den Einsatz in designintensiven Anwendungen attraktiv macht.

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal von GFB ist, dass es sich nicht um ein homogenes, völlig vorhersehbares Material handelt, was das optische Ergebnis angeht. Darin liegt sowohl seine Natürlichkeit als auch der Unterschied zu industriell gefertigten, einheitlichen Materialien wie Keramik, Kunststoff oder lackierten Metallplatten.

1.2 Zusammensetzung: Zement, Glasfaser, Wasser, Füllstoffe, Pigmente

Die Grundzusammensetzung einer GFB-Mischung ist definiert als eine Kombination aus mehreren genau kontrollierten Komponenten. Das primäre Bindemittel ist Portlandzement (in der Regel weißer CEM I 52.5R), der die notwendigen mechanischen Eigenschaften und die ästhetische Grundlage für die Farbgebung liefert. Ein feiner Füllstoff, in der Regel in Form von Quarzsand in der Fraktion 0-1 mm oder Mikrosilika, wird verwendet, um die Dichte der Mischung zu erhöhen und eine glatte Oberfläche zu gewährleisten.

Glasfasern des Typs AR mit Zirkoniumanteil spielen die Rolle der dispergierten Verstärkung. Die Länge der Fasern liegt in der Regel zwischen 12 und 38 mm, und bei der Aufsprühhmethode werden sie direkt während der Anwendung geschnitten. Um einen bestimmten Farbeffekt zu erzielen, werden der Mischung anorganische Pigmente - Oxide von Eisen, Chrom, Kobalt und anderen Elementen - zugesetzt.

Die Auswahl und die Qualität der einzelnen Komponenten beeinflussen nicht nur die mechanischen, sondern vor allem die ästhetischen Eigenschaften des Endprodukts grundlegend. So können beispielsweise Unterschiede in der Absorption von Zementstein zu visuell unterschiedlichen Ergebnissen führen, selbst wenn die gleiche Rezeptur befolgt wird. Darüber hinaus tragen der Feuchtigkeitsgehalt zum Zeitpunkt der Aushärtung und die Art und Weise, wie die Mischung gemischt wird, zu den leichten Farb- und Strukturschwankungen bei, die für GFB typisch und zu erwarten sind.

1. Was ist GFB und warum unterscheidet es sich von anderen Materialien

6

1.3 Produktion vs. Natur - warum nicht jedes Stück gleich ist

Der GFB-Produktionsprozess umfasst eine Reihe von technologischen Schritten, bei denen Variablen eine Rolle spielen, die nicht vollständig eliminiert, sondern nur innerhalb bestimmter Toleranzen kontrolliert werden können. Ob es sich um das „Spray-up“-Verfahren handelt, bei dem die Mischung manuell mit einer Spritzpistole auf die Form gesprüht wird, oder um das „Premix“-Verfahren, bei dem die Fasern direkt in die frische Mischung dispergiert werden, wir arbeiten immer mit einem Material, das in Echtzeit natürlichen und chemischen Veränderungen unterliegt.

Obwohl jede Form identisch ist, herrschen in der Praxis leicht unterschiedliche Randbedingungen - unterschiedliche Oberflächentemperaturen, Wasserabsorptionsraten, Druckbelastungen zum Zeitpunkt des Auftrags und der Verdichtung. Die Verdünnung der Mischung, das Fließen der Pigmente, die Art des Auftrags der einzelnen Schichten, das Vorhandensein von Blasen, Wasserdampf und die Bildung von Kapillarbahnen - all dies schafft ein einzigartiges „Mikroklima“ für jede Platte. Dieser Prozess kann nicht vollständig standardisiert werden, ohne den Charakter des Materials zu verlieren.

Die Reifung selbst findet unter heterogenen klimatischen Bedingungen statt, die sich auf die Geschwindigkeit der Hydratation und Karbonisierung auswirken. Obwohl die Platten nach demselben Rezept hergestellt werden, können sie in Farbton, Textur oder Glanz leicht variieren. Diese Variabilität ist kein Zeichen für einen Herstellungsfehler, sondern eine inhärente Eigenschaft, die auf der Natur des lebenden Zementsystems beruht. Daher ist es nicht möglich, eine absolute Farb- oder Texturgleichheit zwischen den Tafeln zu gewährleisten.

Im Gegensatz zu maschinell gefertigten Produkten, bei denen jede Einheit identisch ist, ist GFB ein Material, das die Spuren seiner Herkunft trägt - sowohl natürliche als auch menschliche Eingriffe. Dieses Element der Authentizität ist nicht nur akzeptabel, sondern aus architektonischer Sicht oft wünschenswert.

1.4 Vorteile von GFB: Leichtigkeit, Festigkeit, Ästhetik, Nachhaltigkeit

GFB vereint mehrere Vorteile, die es ideal für den Einsatz in der modernen Architektur machen. Der erste Aspekt ist sein geringes Gewicht. Aufgrund des Fehlens von groben Zuschlägen und der geringen Dicke (typischerweise 10-20 mm) beträgt das Gewicht der Platte etwa 35-45 kg/m², was Einsparungen bei den Tragstrukturen und dem Verankerungssystem ermöglicht. Der zweite wichtige Vorteil ist die hohe Biegefestigkeit, die auf das Vorhandensein von Fasern zurückzuführen ist, die die Zugspannungen verteilen und Risse in der ersten Belastungsphase verhindern.

Ein weiterer Vorteil ist die hohe ästhetische Variabilität. Dank seiner feinkörnigen Mischung kann GFB für komplexe Formen, scharf geschnittene Details, Texturen und Oberflächen verwendet werden, die von Stein, Holz oder Industriebeton inspiriert sind. Die Pigmentierung der Mischung sorgt für eine langfristige Farbstabilität, ohne dass eine Beschichtung oder ein Anstrich erforderlich ist. Darüber hinaus kann das Material patiniert, sandgestrahlt oder geätzt werden, um das gewünschte Aussehen zu erzielen.

Unter Umweltgesichtspunkten gilt GFB als nachhaltiges Material. Es verbraucht weniger Rohstoffe pro m² als herkömmlicher Beton, ist vollständig recycelbar und muss dank seiner langen Lebensdauer mehrere Jahrzehnte lang nicht gewartet oder ersetzt werden. Das geringere Gewicht reduziert den ökologischen Fußabdruck bei Transport und Einbau. Dies macht ihn zu einer Lösung, die mit den Grundsätzen des nachhaltigen Bauens in Einklang steht.

1. Was ist GFB und warum unterscheidet es sich von anderen Materialien

7

1.5 Vergleich mit anderen Verkleidungsmaterialien

Im Vergleich zu anderen Fassadenmaterialien verfügt GFB über einzigartige Eigenschaften, die sich nicht so einfach nachbilden lassen. Im Gegensatz zu Keramik oder Kunststoffplatten, bei denen Wiederholbarkeit und Gleichmäßigkeit die wichtigsten Parameter sind, bietet GFB Authentizität und Tiefe. Seine Textur ist nicht nur eine Oberfläche - die gesamte Masse enthält Informationen über den Entstehungsprozess. Die Textur wird nicht gedruckt oder geformt, sondern ist physisch im Material vorhanden.

Im Vergleich zu Fassadenelementen aus Metall bietet GFB eine deutlich geringere Leitfähigkeit, ein natürliches, mattes Aussehen und ein umweltfreundlicheres Profil. Stein bietet zwar eine ähnliche Variabilität und ein natürliches Aussehen, ist aber deutlich schwerer und schwieriger zu bearbeiten und zu installieren. Kunststoff- und HPL-Platten bieten zwar eine Farbanpassung, aber auf Kosten von Tiefe, Natürlichkeit und langfristigem ästhetischem Wert.

GFB wird daher als Kompromiss zwischen der Freiheit des Designs, der Ästhetik natürlicher Materialien und den technischen Vorteilen der industriellen Produktion positioniert. Es ist kein Material für diejenigen, die nach „perfekten Klonen“ suchen. Es ist eine Lösung für diejenigen, die Identität, Tiefe und zeitlose Eleganz suchen.

2. Natürliche Variabilität - eine grundlegende Eigenschaft von zementhaltigen Materialien

8

2.1 Einfluss des Zementbindemittels auf die endgültige Farbe und Zeichnung

Zement ist ein hydraulisches Bindemittel, dessen chemische Reaktion (Hydratation) sich nicht nur direkt auf die mechanischen Eigenschaften des resultierenden Betons auswirkt, sondern auch auf sein Aussehen. In der GFB-Mischung spielt Zement eine grundlegende Rolle bei der Bildung von Farbnuancen und der Oberflächenstruktur. Die resultierende Farbe des Produkts ist keine direkte „Beschichtung“, sondern das Ergebnis chemischer Reaktionen, die in Zeit und Raum stattfinden - abhängig von Temperatur, Feuchtigkeit, Luftzirkulation und Formeigenschaften.

Die Hydratation von Portlandzement ist kein sofortiger Prozess. Über einen Zeitraum von Stunden bis Tagen kommt es zur Kristallisation von Hydraten, zur Bildung von Kalkausblühungen und zur natürlichen Karbonatisierung, die den endgültigen Farbton beeinflussen. Weißzement, der häufig in GFB für architektonische Zwecke verwendet wird, reagiert besonders empfindlich auf lokale Reifungsschwankungen, weshalb er trotz der auf den ersten Blick einheitlichen Oberfläche unterschiedliche Lichtreflexe, Schleierbildung oder den so genannten „Marmoreffekt“ aufweist.

Schon geringe Unterschiede im Wasser-Zement-Verhältnis, der Mischtemperatur oder der Verarbeitungszeit wirken sich darauf aus, wie die Pigmente in der Matrix wandern und wie sich das Bindemittel chemisch mit ihnen verbindet. Dies führt zu Effekten wie Schattierungen, Sprenkeln oder optischer Tiefe, die bei künstlichen, einfarbigen Materialien nicht auftreten. Farbabweichungen sind daher kein Zeichen von Fehlern, sondern eine Folge der inhärenten Eigenschaften des Zementsystems, das keine absolute Kontrolle über das optische Ergebnis hat - selbst wenn alle Herstellungsparameter beachtet und eingehalten werden.

2.2 Pigmentierung in der Masse vs. Farbechtheit

Die Verwendung von anorganischen Pigmenten direkt im Material ist eine gängige Praxis bei GFB, da sie einen tiefen, dimensionalen Farbeffekt erzeugen, der sich deutlich von Oberflächenbeschichtungen unterscheidet. Pigmente wie Eisen-, Kobalt- oder Chromoxide werden beim Mischen in der Zementmatrix dispergiert, aber ihre endgültige Wirkung wird nicht nur durch die Dosis bestimmt, sondern auch durch ihre Wechselwirkung mit dem Zement, dem Wasser und den Zusatzstoffen. Diese Pigmente sind chemisch stabil, aber ihr visuelles Verhalten variiert je nach pH-Wert der Umgebung, der Menge an freiem Kalzium und dem Grad der Oberflächenkarbonisierung.

Die Farbechtheit im Laufe der Zeit wird hauptsächlich durch UV-Belastung, Temperaturzyklen, Feuchtigkeitsbedingungen und Umgebungsstoffe (z. B. CO_2 , Regenwasser, Staub) beeinflusst. Während die Pigmente selbst nicht an Farbe verlieren, kann sich ihr visuelles Erscheinungsbild aufgrund von Veränderungen in der Mikrostruktur des Betons wie Porosität oder der Entstehung von sekundären Hydratationsprodukten (z. B. Kalkausblühungen, CaCO_3) verändern.

Dieser Prozess äußert sich auf verschiedene Weise - zum Beispiel als subtile „Aufhellung“ der Oberfläche, ungleichmäßiges Eindringen der Farbe in die Schichten oder das Auftreten des so genannten Map-Effekts. Jede Platte, auch wenn sie aus der gleichen Charge stammt, kann aufgrund der unterschiedlichen Entwicklung der Hydratation und Karbonatisierung im Laufe der Zeit einen leicht unterschiedlichen Farbton aufweisen. Diese natürliche Variabilität ist insbesondere für zementhaltige Produkte charakteristisch, die nicht durch Beschichtung, sondern durch das Volumen der Masse optisch geformt werden.

2. Natürliche Variabilität - eine grundlegende Eigenschaft von zementhaltigen Materialien

9

2.3 Oberflächenstruktur und ihre Entstehung während der Bildung

Die Oberflächenbeschaffenheit eines GFB-Produkts wird durch das Zusammenspiel mehrerer Faktoren bestimmt: Formeigenschaften (Wasseraufnahme, Glätte, chemische Reaktivität), Zusammensetzung der Mischung, Auftragsverfahren (Handbeschichtung vs. Aufsprühen) und Aushärtungsbedingungen. Die Oberfläche ist nicht das Ergebnis der endgültigen Bearbeitung, sondern ein Spiegelbild des Prozesses - Werkzeugspuren, unterschiedliche Kompaktheit der ersten Schicht, das Vorhandensein von Luftporen oder Mikrorissen sind ganz natürlich.

Eine Form aus Holz oder porösem Silikon wird beispielsweise das Wasser aus der ersten Schicht der Mischung anders aufnehmen als eine Form aus glattem Laminat. Dies wirkt sich auf die Abbindegeschwindigkeit, die Mikrotextur und die Pigmenthaftung auf dem zementhaltigen Untergrund aus. Variationen in der Anwendung (z. B. Wechsel des Bedieners, Unterbrechung des Prozesses, Änderung der Konsistenz) können zu leichten Variationen in Zeichnung, Glanz oder feinem Relief führen.

Dies führt zu einer variablen Textur, die sich als feines Schichtmuster, unterschiedliche Porendichte oder ungleichmäßiger Glanz bei Lichteinfall äußern kann. Diese Effekte sind typisch und können nicht beseitigt werden, ohne in die Substanz des Materials einzugreifen - d. h. ohne den manuellen Prozess durch maschinelle Formgebung oder Lackierung zu ersetzen. Aus architektonischer Sicht ist gerade diese Ungleichmäßigkeit ein Beweis für die Echtheit des Materials und kein Mangel.

2.4 Durch den Produktionsprozess bedingte Unterschiede - Handarbeit vs. Maschine

GFB ist ein Material, dessen Herstellung stark von der Erfahrung, der Präzision und dem handwerklichen Geschick des Bedieners abhängt. Ob es sich um das Mischen der Mischung, das Auftragen der Schicht oder das Glätten der Oberfläche handelt, jeder Schritt wird durch den Faktor Mensch beeinflusst. Dieser manuelle Prozess ermöglicht eine große Flexibilität bei Formen, Texturen und Details, führt aber auch zu natürlichen Unterschieden zwischen den Stücken.

Im Gegensatz zu maschinell gepressten Fliesen, bei denen der Prozess vollautomatisch abläuft und jedes Stück identisch ist, gibt es bei der manuellen Verarbeitung immer eine gewisse Abweichung. So hat eine im ersten Drittel einer Arbeitsschicht gespritzte Mischung eine andere Viskosität als die am Ende der Schicht, auch wenn die gleichen Rohstoffe verwendet wurden. Die Temperatur in der Werkstatt, die Luftfeuchtigkeit, die Geschwindigkeit des Auftragens - all das schlägt sich in der optischen und strukturellen Leistung nieder.

Diese Unterschiede sind kein Fehler, sondern ein Merkmal der Technologie, die jedem Element seinen einzigartigen Charakter verleiht. Es ist daher notwendig zu verstehen, dass ein „handgemachtes“ Produkt die Merkmale dieser Produktion trägt. Uniformität ist nicht das Ziel, sondern ein Zeichen für den Verlust von Authentizität. Die architektonische Verwendung von GFB besteht gerade darin, sich diesen Aspekt zunutze zu machen und ihn als ästhetischen Vorteil und nicht als technische Einschränkung zu sehen.

2. Natürliche Variabilität - eine grundlegende Eigenschaft von zementhaltigen Materialien

10



Betonoberfläche

3. Farbtonschwankungen - Ursachen und Erwartungen

11

3.1 Natürlicher Charakter von Zement und Pigmentierung

Farbunterschiede bei zementgebundenen Verbundwerkstoffen wie GFB stehen in direktem Zusammenhang mit ihrem natürlichen Ursprung. Während viele industriell hergestellte Produkte (z. B. Keramik oder Kunststoffe) eine vollständige Kontrolle über die Farbe ermöglichen, ist dies bei zementgebundenen Produkten per Definition nicht der Fall. Zement ist das Produkt des Brennens natürlicher Rohstoffe (Kalkstein, Ton) bei hohen Temperaturen. Selbst die kleinste Abweichung in der Zusammensetzung des Rohmaterials oder im Brennprozess wirkt sich auf den resultierenden Farbton aus.

Die verwendeten Pigmente - hauptsächlich Metalloxide - haben eine hohe chemische Stabilität, sind aber auf eine gleichmäßige Dispersion in der Matrix angewiesen. In der Praxis ist es fast unmöglich, eine absolut identische Pigmentkonzentration in jedem Teil des Produkts zu erreichen. Unterschiede in der Mischzeit, der Reihenfolge der Zugabe von Bestandteilen oder der lokalen Verdickung der Mischung können zu leichten optischen Farbtonänderungen führen.

Die Oberflächenfarbe hängt auch vom Aushärtungsprozess ab - Unterschiede in der relativen Luftfeuchtigkeit, der Luftströmung oder der Temperatur an verschiedenen Stellen der Form führen zu lokalen Unterschieden in der Karbonatisierung des zementären Dichtstoffs. Dieses Phänomen ist besonders bei weißen und hellen Farbtönen sichtbar, wo subtile Karten oder Tonübergänge entstehen. Die optischen Unterschiede sind also nicht nur zu erwarten, sondern auch ein Beweis dafür, dass das Material natürlich und nicht künstlich ist.

3.2 Optische Phänomene: Abschattung, Kartierung, Glühen

Die Schattierung ist eine natürliche Folge des ungleichmäßigen Abbindens und Reifens von Zement in Verbindung mit dem Vorhandensein von Pigmenten. Es handelt sich um einen optischen Effekt, bei dem die Oberfläche mehrschichtig erscheint, obwohl sie physikalisch gesehen völlig eben ist. Am häufigsten ist er auf größeren Flächen zu sehen, auf denen es im Laufe der Zeit zu einer unterschiedlichen Wasserverdunstung oder zu einem leichten Unterschied bei den Pressbedingungen gekommen ist.

Mapping ist eine ausgeprägtere Form des visuellen Effekts, bei dem hellere und dunklere Bereiche auf der Oberfläche sichtbar sind, die geografischen Landkarten ähneln. Diese Unterschiede sind das Ergebnis von Wechselwirkungen zwischen Pigmenten, Zement und Karbonaten, die nach der Entformung (Entnahme aus der Form) auftreten. Sie treten ungeplant, aber natürlich auf - und können nicht dauerhaft entfernt werden, ohne den Charakter der Oberfläche zu stören.

Kalziumausblühungen entstehen, wenn Kalzium in Gegenwart von Wasser und CO_2 an die Oberfläche des Materials wandert. Das Ergebnis ist eine dünne weiße Schicht oder ein Fleck, der nicht pigmentiert, sondern kristallin ist. Dieses Phänomen ist häufig und teilweise reversibel - es löst sich auf oder wird mit der Zeit abgewaschen. Im Hinblick auf die Materialstruktur ist die Ausblühung kein Mangel, sondern lediglich eine optische Erscheinung der chemischen Prozesse, die Zement während seiner Entwicklung durchläuft.

3. Farbtonschwankungen - Ursachen und Erwartungen

12

3.3 Einfluss von Umgebung, Wetter und Ausrichtung des Gebäudes

Der Farbton und das Aussehen des GFB-Elements ändern sich im Laufe der Zeit, je nachdem, wie es der Umgebung ausgesetzt ist. Die Ausrichtung der Fassade zu den Himmelsrichtungen, die Exposition gegenüber Regen, Sonne, Wind und Verschmutzung hat einen großen Einfluss auf die Karbonatisierungsgeschwindigkeit, die Trocknungsgeschwindigkeit und die Entwicklung sekundärer Oberflächenphänomene. So neigen Nordfassaden dazu, länger feucht zu bleiben, was die Entwicklung von Ausblühungen begünstigt, während Südfassaden schneller austrocknen und die Oberfläche ein stumpferes, stärker karbonisiertes Aussehen annimmt.

Ebenso führt die Luftverschmutzung, insbesondere in Städten, zur Ablagerung von Partikeln (z. B. Ruß, Pollen, Abgase) auf der Oberfläche der Platten. Diese Partikel können einen feinen FarbfILTER hinterlassen, der den Farbton visuell verändert. Dabei ist zu unterscheiden zwischen dem vorübergehenden „Dunst“, der durch die Ablagerung auf der Oberfläche entsteht, und der tatsächlichen Farbveränderung, die durch eine strukturelle Veränderung der Oberfläche verursacht wird.

Was die Ausrichtung betrifft, so kann ein Plattentyp in einem Teil des Gebäudes heller sein als in einem anderen - obwohl er aus derselben Charge, am selben Tag und auf dieselbe Weise gelagert wurde. Dieses Phänomen ist kein Materialfehler, sondern das Ergebnis externer Faktoren, auf die der Hersteller keinen Einfluss hat. Es ist durchaus üblich, dass Zementprodukte auf ihre Umgebung reagieren und sich ihr Erscheinungsbild im Laufe der Zeit verändert - ähnlich wie bei Holz oder Stein.

3.4 Realistische Erwartungen vs. die Illusion der Einheitlichkeit

Vor allem in der zeitgenössischen Architektur, in der Sauberkeit, Minimalismus und Regelmäßigkeit vorherrschen, wird oft völlige Farbgleichheit erwartet. Diese Erwartung beruht jedoch auf einem Irrtum - sie verwechselt ein natürliches, lebendiges Material mit einem Industrieprodukt. Zementverbundwerkstoffe, insbesondere in ihrer architektonischen Form (GFB), sind nicht absolut einheitlich in Farbe und Textur und können es auch nie sein.

Es ist wichtig, dass Architekten, Investoren und Bauunternehmer diese Materialien als „lebendig“ wahrnehmen - ihr Aussehen ist nicht festgelegt, sondern veränderbar, was Teil ihres ästhetischen Wertes ist. Die Erwartung, dass GFB wie lackiertes Metall oder Keramikfliesen aussieht, ist ein technisches Missverständnis. Im Gegenteil, die leichten Unterschiede in den Farbtönen sind ein Beweis für seine Authentizität und seinen spezifischen Charakter.

Hier ist eine angemessene Kommunikation zu Beginn des Projekts entscheidend: Visualisierung, Bemusterung, Referenzplatten - all dies trägt dazu bei, die Erwartungen mit der Realität in Einklang zu bringen. Wenn der Kunde eine perfekte Farbgleichheit wünscht, sollte er darauf hingewiesen werden, dass GFB möglicherweise nicht die ideale Wahl ist - und dass ein anderer Materialtyp (z. B. HPL, Keramik) seine Vorstellungen besser erfüllen kann.

4. Textur und Oberfläche - warum keine zwei Platten gleich sind

13

4.1 Formabdruck und Oberflächenspuren der Produktion

Jedes GFB-Element ist einzigartig - auch wenn es aus derselben Form hergestellt wird. Während die Form der Gussform die Grundgeometrie der Platte bestimmt, wird der Oberflächeneindruck selbst von einer Reihe anderer Variablen beeinflusst. Das Material der Form (z. B. Kunststoff, Laminat, Metall), ihre Abnutzung, Sauberkeit, Temperatur und Luftfeuchtigkeit zum Zeitpunkt des Gießens haben alle einen großen Einfluss auf den endgültigen Eindruck. Selbst ein feiner Kratzer, Restfeuchtigkeit oder verschiedene Mikrodefekte an der Formwand prägen sich in der fertigen Platte ein.

Die Oberfläche des entstehenden Elements trägt somit das „Gedächtnis“ des Produktionsprozesses. Beim manuellen Auftragen der einzelnen Schichten oder bei der Manipulation der Matrice kann es zu einer leichten Verschiebung kommen, die eine lokale Veränderung des Reliefs bewirkt. Bei glatten Formen treten die Unterschiede eher als optische Effekte (Schatten, Glanz) in Erscheinung, während sie bei Strukturformen als Veränderung der Intensität der Zeichnung sichtbar werden können.

Die Form nutzt sich mit der Zeit ab - jedes nachfolgende Produkt unterscheidet sich geringfügig von dem vorherigen. Die Oberfläche der Platte, die als zehntes Stück aus der Form kommt, ist daher nicht absolut identisch mit der ersten. Wenn die Platten aus verschiedenen Formen stammen, können Sie nicht erwarten, dass sie genau gleich aussehen - auch wenn sie maßlich identisch sind. Jedes Formmodell ist ein Original und verleiht der Platte ihren eigenen Mikrocharakter, der zu einem integralen Bestandteil der GFB-Oberflächenästhetik wird.

4.2 Lokale Variabilität: Hohlräume, Blasen, offene Struktur

GFB wird hergestellt, indem eine Zementmischung in sehr dünnen Schichten (normalerweise 2-5 mm) in eine Form gespritzt oder gegossen wird. Bei diesem Verfahren bilden sich zwischen den Schichten und in der Nähe der Oberfläche natürlich kleine Lufteinschlüsse oder Blasen. Die meisten dieser Unregelmäßigkeiten erscheinen als Mikroporen oder Nadellöcher, die für das Aussehen von Beton charakteristisch sind.

Diese Phänomene sind kein Mangel, sondern eine Erscheinung der handwerklichen Herstellung. Im Gegensatz zu stark maschinell gefertigten Produkten (z.B. Rüttelbetonvorfertigung) wird bei GFB eine feinere Matrix mit hohem Faseranteil verwendet, bei der eine absolute Luftverdrängung aus jedem Hohlraum nicht gewährleistet werden kann.

Eine offene Textur kann auch wünschenswert sein - sie verleiht der Oberfläche Tiefe und Natürlichkeit. In einem architektonischen Kontext dient sie als Beweis für die Authentizität des Materials. Bei einigen Projekten werden diese Elemente sogar durch Patinieren, Strahlen oder Ätzen hervorgehoben. Obwohl es Methoden gibt, um diese Effekte während der Produktion zu minimieren, lassen sie sich nie ganz vermeiden. Eine genaue Kontrolle dieser Effekte ist technisch nicht möglich, ohne die Technologie zu verändern, was jedoch zu einem anderen Materialausdruck führen würde.

4. Textur und Oberfläche - warum keine zwei Platten gleich sind

14

4.3 Auswirkungen der Nachbehandlung auf die Oberfläche

Jedes einmal geformte Paneel durchläuft einen weiteren Prozess - Handhabung, Lagerung, Transport und oft Endbearbeitung vor Ort. Selbst bei größter Sorgfalt kann es zu subtilen Kontakten kommen, die Spuren auf der Oberfläche hinterlassen: von Vertiefungen durch Verstärkungen über feine Einkerbungen bis hin zu optischen Unterschieden, die durch den Kontakt mit Feuchtigkeit oder Schmutz entstehen.

In einigen Fällen ist eine zusätzliche Oberflächenbehandlung erforderlich - z. B. Schleifen, Schleifen, Bürsten oder Ätzen. Jede dieser Methoden verändert das Aussehen der Oberfläche grundlegend, was nicht nur vom verwendeten Werkzeug abhängt, sondern auch von der Richtung der Bearbeitung, dem Druck und der Dauer der Anwendung. Bei der manuellen Bearbeitung ist es fast unmöglich, auf allen Platten ein absolut homogenes Ergebnis zu erzielen.

Die Oberfläche wird durch die Verwendung von Schutzmitteln - Imprägnierung oder Hydrophobierung - weiter beeinflusst. Diese können Farbe, Glanz oder Textur leicht verbessern. Aus diesem Grund ist es wichtig, die Veredelung als integralen Bestandteil der Produktion zu betrachten, der jedem Stück eine zusätzliche individuelle Note verleiht.

4.4 Wahrnehmung von Details - Wirkung von Licht, Winkel und Entfernung

Die visuelle Wahrnehmung einer Oberfläche ist weitgehend subjektiv. Dieselbe Platte kann in der Morgensonne, unter künstlichem Licht oder bei bewölktem Himmel völlig anders aussehen. Der Lichteinfallswinkel beeinflusst, wie Schatten, Reliefs, Texturen oder Mikrodefekte auf der Platte erscheinen.

Auch die Entfernung des Betrachters spielt eine wichtige Rolle. Aus der Ferne kann die Oberfläche völlig gleichmäßig erscheinen, während aus der Nähe alle feinen Unterschiede in der Textur durchscheinen. Es ist üblich, das Erscheinungsbild von Fassadenelementen aus einigen Metern Entfernung zu beurteilen - bei näherer Betrachtung muss man berücksichtigen, dass natürliche Schwankungen auftreten, die jedoch kein Mangel, sondern ein Beweis für die Authentizität des Materials sind.

Es sollte auch bedacht werden, dass Beton und zementhaltige Materialien ihr Aussehen mit der Zeit verändern - sie altern visuell. Die Oberfläche wird stumpfer, wird leicht patiniert und die Textur kann optisch gleichmäßiger oder umgekehrt ausgeprägter werden. Diese Entwicklung ist Teil des Lebenszyklus des Materials und sollte als eine natürliche Eigenschaft des Materials betrachtet werden - nicht als Mangel.

5. Produktion und Formen - warum nicht jedes Stück aus der Form das gleiche ist

15

5.1 Formtoleranzen und geometrische Grenzen der Produktion

Die Formen für die Herstellung von GFB-Platten werden in der Regel von Hand oder durch CNC-Fräsen aus Materialien wie Laminat, Kunststoff, Gummi oder Stahl hergestellt. Selbst bei der Verwendung von Hochpräzisionsverfahren müssen die Fertigungstoleranzen von je nach Größe und Komplexität der Form berücksichtigt werden. Diese Toleranzen sind üblich und stehen im Einklang mit den Normen für Sichtbeton.

Darüber hinaus ist das Verhalten der Form selbst während der Produktion nicht vollkommen stabil. Laminatformen können sich aufgrund von Temperatur, Verschleiß oder wiederholtem Bewegungen leicht verformen. Jedes Mal, wenn ein Element aus der Form entnommen wird, treten mechanische Spannungen auf - Radien können sich allmählich vergrößern, Kanten können sich verformen oder die Ebenheit kann sich ändern.

Diese Abweichungen werden auf die Form der Platte übertragen. Wenn mehrere Elemente nebeneinander gestapelt werden, kann dies zu Mikrofugen, unterschiedlichen Radien oder leichten Oberflächenwölbungen führen. Diese geometrischen Nuancen sind jedoch üblich und müssen bei der Konstruktion der Verkleidung berücksichtigt werden - zum Beispiel durch Dehnungsfugen oder flexible Verankerungen. Dies ist eine fertigungstechnische Realität bei der Arbeit mit natürlichen Verbundstoffen und kein Fehler.

5.2 Plattenverformungen: Schwinden, Verdrehen, Durchbiegungen

Nach der Entnahme aus der Form durchläuft die GFB-Platte einen Reifungsprozess, der Tage bis Wochen dauert. Während dieser Phase schrumpft die Zementmatrix aufgrund von Wasserverdunstung und chemischen Hydratationsreaktionen. Obwohl die Schrumpfung sehr gering ist (typischerweise 0,05-0,1 %), kann sie bei größeren Flächen einen Unterschied von mehreren Millimetern ausmachen.

Unregelmäßiges Trocknen oder ungleichmäßige Dicke können zu einem Verziehen der Platte führen. Dies führt zu einer leichten Durchbiegung der Oberfläche, die sich jedoch nicht auf die Festigkeit, sondern nur auf die Montagegenauigkeit auswirkt. Unterlegscheiben, Abstandshalter oder flexible Verankerungen werden üblicherweise bei der Montage verwendet, um diese Abweichungen auszugleichen.

Natürliche Verformungen sind kein Zeichen für einen Defekt - sie sind das Ergebnis physikalischer und chemischer Prozesse, die das Material während der Stabilisierung durchläuft - Details zur Verformung von GFB-Materialien sind in dem Dokument „Toleranzen und Formverformungen von GFB“ beschrieben.

5. Produktion und Formen - warum nicht jedes Stück aus der Form das gleiche ist

16

5.3 Manuelle Anwendung und menschliche Variabilität

Im Gegensatz zu vollautomatischen Anlagen beruht die GFB-Produktion häufig auf dem manuellen Auftragen von Schichten aus Zementmischung und Verstärkungsfasern. Dieser menschliche Faktor ist wesentlich - er bringt hohe Flexibilität und Individualität, aber auch natürliche Variabilität.

Unterschiede in der Schichtdicke, in der Spritzmethode, im Arbeitstempo oder sogar im Griff der Spritzpistole beeinflussen die resultierende Plattenstruktur. Selbst Fachkräfte können nicht an jeder Stelle der Form einen völlig identischen Auftrag gewährleisten, insbesondere bei komplexen Formen bzw. Details.

Handarbeit bedeutet auch einen anderen Umgang mit Kanten, Ausschnitten und Ecken. Dies kann zu subtilen Unterschieden führen, die kein Fehler sind, sondern eine natürliche Folge der Arbeit mit dem Material, bei der jedes Stück als Original entsteht. Diese „unvollkommene Perfektion“ ist oft erwünscht - sie ist ein Zeichen dafür, dass das Material nicht aus einer Form gepresst wurde, sondern handwerklich hergestellt ist.

5.4 Lebensdauer der Form und ihre Auswirkungen auf die Produktion

Jede Form hat eine begrenzte Lebensdauer - und mit jedem Gebrauch verschlechtert sich ihr Zustand. Es kommt zu Mikrolöchern, Blasen, verminderter Eckengenauigkeit oder Verformung des gesamten Körpers. Während das erste Element aus einer neuen Schalung scharfe Kanten und einen sauberen Abdruck hat, kann das zehnte oder zwanzigste Element bereits leichte Veränderungen im Detail aufweisen.

Dieses Phänomen ist der Grund, warum bei Großprojekten mehrere Formen gleichzeitig verwendet werden. Daraus ergibt sich jedoch automatisch, dass die einzelnen Platten - auch wenn sie die gleiche Geometrie haben sollen - aus verschiedenen Schalungen stammen, welche unterschiedlich stark abgenutzt sind. Das Ergebnis ist eine subtile visuelle Inkonsistenz, die jedoch nicht mit einer Qualitätsverschlechterung gleichzusetzen ist.

Dies muss auch bei der Planung von Mustertafeln oder Stichproben berücksichtigt werden - Mustertafeln werden oft aus einer neuen Schalung hergestellt, während die Serienproduktion auf Schalungen mit einer höheren Anzahl von Zyklen durchgeführt wird. Ein angemessenes Erwartungsmanagement ist daher von entscheidender Bedeutung - ein Hersteller kann nicht garantieren, dass alle Betonelemente gleich sind, da die Schalungen selbst einem Verschleiß und damit einer Veränderung unterliegen.

6. Schutzbeschichtungen und Imprägnierungen - was sie (nicht) bewirken

17

6.1 Der Zweck von Schutzschichten: Schutz versus Ästhetik

GFB-Platten sind zementgebundene Verbundwerkstoffe mit poröser Struktur und sollten daher vor äußeren Einflüssen geschützt werden, insbesondere vor Wasser, Verschmutzung, Karbonatisierung und Frost. Diesem Zweck dienen verschiedene Arten von Schutzbeschichtungen - am häufigsten Imprägnierung, Hydrophobierung oder Oberflächenbeschichtungen.

Es ist wichtig zu verstehen, dass der Zweck dieser Schichten darin besteht, die Lebensdauer der Platten zu verlängern und ihren Wartungsaufwand zu verringern, und nicht darin, eine einheitliche „dekorative Oberfläche“ zu schaffen. Imprägnierungen sind in den meisten Fällen farblos, können aber die Farbe oder Textur der Oberfläche lokal verstärken. Dieses als „Nasseffekt“ bekannte Phänomen ist üblich und technisch unbedenklich, wird aber oft als „Fehler“ angesehen.

Unterschiede in der Intensität der Absorption zwischen Platten oder sogar Teilen von Platten führen dazu, dass die Schutzschicht unterschiedlich tief absorbiert wird und somit das optische Ergebnis beeinträchtigt. Diese Unebenheiten sind kein Fehler in der Anwendung, sondern eine Folge der unterschiedlichen Mikrostruktur der Oberfläche (z. B. eine gröbere gegenüber einer feineren geschlossenen Zone). Die Wirkung der Imprägnierung ist auch dann funktionell, wenn es keine visuell sichtbare Veränderung gibt.

6.2 Arten von Imprägnierungen und ihr zeitliches Verhalten

Imprägnierungen für GFB unterscheiden sich je nach Zusammensetzung und Zweck: Silan, Siloxan, Acrylat, Wasserdispersion oder nanotechnologische Produkte. Jeder Typ hat eine bestimmte Eindringtiefe, Reaktion mit der Zementmatrix, Haltbarkeit und UV-Beständigkeit.

Silan-Imprägnierungen beispielsweise dringen tief ein und reagieren chemisch mit den Kalkbestandteilen des Zements, um eine langfristige wasserabweisende Wirkung zu erzielen, ohne das Aussehen merklich zu verändern. Acrylat-Imprägnierungen hingegen neigen dazu, auf der Oberfläche zu verbleiben, bilden einen leichten Film und können einen leichten Glanz verursachen. Diese Imprägnierungen haben eine kürzere Lebensdauer und müssen regelmäßig erneuert werden.

Durch Alterung, UV-Strahlung und klimatische Bedingungen verliert die Imprägnierung allmählich ihre Wirksamkeit - ihre optische Wirkung lässt nach, und es ist notwendig, sie in bestimmten Abständen (in der Regel 5-10 Jahre) zu erneuern. Es ist wichtig zu beachten, dass auch eine abgenutzte Imprägnierung teilweise noch funktionieren kann, ohne dass dies optisch auffällt. Der Hersteller kann daher keine Garantie für die dauerhafte ästhetische Wirkung der Imprägnierung geben - diese hängt immer von den Umständen und der Art der Pflege ab.

6. Schutzbeschichtungen und Imprägnierungen - was sie (nicht) bewirken

18

6.3 Risiken einer ungleichmäßigen Ablagerung und optischer Veränderungen

Das Aufbringen einer Imprägnierung ist ein komplexer Prozess - insbesondere bei porösen oder strukturierten Oberflächen. Unterschiede in der Absorption, der Mikrostruktur oder dem Feuchtigkeitsgehalt des Untergrunds führen dazu, dass die Imprägnierung nicht überall gleichmäßig eindringt. Dies kann zu leichten „Landkarten“, optischen Unterschieden oder lokalen Farbabweichungen führen. Technisch gesehen sind diese Effekte unerheblich - die Schutzfunktion bleibt erhalten. Ästhetisch können sie jedoch als „uneinheitliches Erscheinungsbild“ wahrgenommen werden.

Hinzu kommt der Faktor Mensch - das manuelle Auftragen (Rollen, Sprühen oder Pinseln) ist nie ganz gleichmäßig, obwohl ein geübtes Auftragen diesen Effekt minimieren kann. Der Effekt ist auf glatten Platten weniger ausgeprägt, kann aber auf strukturierten und stark absorbierenden Oberflächen (z. B. geätzten) ausgeprägter sein.

Es kann nicht erwartet werden, dass jede Platte nach der Imprägnierung gleich aussieht - das endgültige Aussehen hängt nicht nur von der Art der Imprägnierung, sondern auch von den individuellen Eigenschaften jedes einzelnen Stücks ab. Es wird daher empfohlen, vor der Anwendung mehrere Platten zu bemustern, um realistische optische Standards festzulegen.

6.4 Auswirkung der Imprägnierung auf Farbton und Oberflächengleichmäßigkeit

Es wird oftmals erwartet, dass eine transparente Imprägnierung den Farbton aller Platten „vereinheitlicht“. Diese Annahme ist falsch. Im Gegenteil - die transparente Imprägnierung hebt oft Unterschiede hervor, die vorher nicht sichtbar waren. Das liegt daran, dass manche Platten mehr Imprägnierung aufnehmen (z. B. aufgrund einer höheren Porosität), was ihren Farbton leicht vertiefen kann.

Es kommt auch häufig vor, dass verschiedene Platten ungleichmäßig austrocknen, z. B. aufgrund von Lagerung, Sonneneinstrahlung oder Feuchtigkeit. Dies wirkt sich nicht nur auf die Farbe der Platte vor der Imprägnierung aus, sondern auch auf ihre endgültige Wirkung. Eine Platte, die beim Auftragen leicht feucht war, sieht anders aus als eine, die trocken war - selbst wenn die gleiche Technik und das gleiche Produkt verwendet wurden.

Die Vereinheitlichung der Oberfläche durch die Imprägnierung ist daher ein illusorisches Ziel - vielmehr wird die Imprägnierung den Charakter jeder Platte „sichtbar“ machen. Sie sollte daher als funktionales Schutzelement und nicht als ästhetisches Mittel zur Erzielung von Einheitlichkeit betrachtet werden. Wenn ein absolut einheitliches Erscheinungsbild angestrebt wird, sollten andere Materialien als natürliche zementgebundene Verbundstoffe gewählt werden.

7. Visuelle Natürlichkeit und architektonischer Kontext - warum Unterschiede ein Vorteil sind

19

7.1 Natürliches Aussehen als Wesen des Mineralstoffs

GFB ist ein mineralischer Werkstoff, der in der Tradition von Beton und Naturstein steht. Sein Wesen liegt nicht in seiner homogenen Perfektion, sondern in seiner natürlichen Variabilität, die sich sowohl aus seiner chemischen Zusammensetzung als auch aus der handwerklichen Herstellungs- und Verarbeitungstechnik ergibt. Farbnuancen, subtile Unterschiede in der Textur, unterschiedliche Porosität oder individuelle Merkmale jedes einzelnen Stücks sind typisch und erwünscht für diese Art von Material.

Genauso wie bei Naturstein keine zwei Blöcke identisch sind, können wir bei GFB keine absolute Einheitlichkeit erwarten. Das liegt an der Beschaffenheit der Mischung - Zement, Sand, Pigmente und Wasser gehen bei jeder Mischung ein etwas anderes Verhältnis ein - und auch an der Wechselwirkung mit der Form, der Umgebungstemperatur oder der Luftfeuchtigkeit. Das Ergebnis ist eine organische, lebendige Oberfläche, die nicht nüchtern oder künstlich wirkt.

Das natürliche Aussehen ist einer der Hauptgründe, warum sich Architekten und Investoren für GFB entscheiden. Die Erwartung einer perfekten Regelmäßigkeit steht daher in direktem Widerspruch zur Natur des Materials. Wenn ein völlig einheitliches und vorhersehbares Erscheinungsbild angestrebt wird, sollten industrielle Werkstoffe wie Aluminium, HPL oder Glas gewählt werden - und kein Mineralwerkstoff.

7.2 Architektonische Absicht und Umgang mit Unebenheiten

In der zeitgenössischen Architektur ist ein deutlicher Trend zur Rückbesinnung auf natürliche Materialien und Authentizität zu beobachten. Immer häufiger betonen Architekten den Kontrast zwischen der präzisen Geometrie des Gebäudes und der lebendigen, sich subtil verändernden Oberfläche der Fassade. Variationen in Farbton, Textur oder Oberflächenglanz werden als Teil des Konzepts gesehen - ein Verweis auf das handwerkliche Können, auf die Tradition des Kunsthandwerkers und auf die Originalität jedes Stücks.

Ein erfahrener Architekt plant die Fassade nicht als ein Mosaik gleicher Elemente, sondern als einen Gesamteindruck, der durch die Kombination einzelner „lebendiger“ Platten entsteht. Bei entsprechender Gestaltung der Komposition, des Verlegeplans und der Farbabstimmung kann diese Unebenheit vorteilhaft genutzt werden - um eine reichere Textur, Tiefe und einen natürlichen Eindruck zu erzielen. Die Einheitlichkeit entsteht dann auf einer höheren Ebene - in Rhythmus, Proportion und Massierung - und nicht in der perfekten Einheitlichkeit der einzelnen Platten.

Der häufigste Fehler besteht darin, jede Platte isoliert zu betrachten und zu erwarten, dass jede für sich genommen „richtig“ ist. GFB funktioniert als Ganzes - es muss aus der Ferne betrachtet werden, im Kontext der gesamten Fassade, nicht aus 20 cm Entfernung. Darin unterscheidet es sich von industriellen Systemen - das ist seine Stärke.

7. Visuelle Natürlichkeit und architektonischer Kontext - warum Unterschiede ein Vorteil sind

20

7.3 Die Psychologie der materiellen Wahrnehmung: Warum sich Unterschiede natürlicher anfühlen

Das menschliche Auge und das Gehirn sind darauf eingestellt, Muster zu erkennen und dabei natürlich leichte Abweichungen zu erwarten - denn so funktioniert die Natur. Wenn alles zu regelmäßig ist, wirkt es künstlich, steril und sogar störend. Leichte Unregelmäßigkeiten, leichte zufällige Variationen und Unvollkommenheiten vermitteln dagegen den Eindruck von Authentizität, Natürlichkeit und Tiefe.

Deshalb empfinden die Menschen zum Beispiel handgefertigte Keramik oder Gips als wertvoller als maschinell hergestellten Kunststoff. Der Unterschied ist kein Mangel, sondern ein Attribut, das die Wahrnehmung stimuliert. Das gilt auch für die Architektur - ein lebendiges Material in Verbindung mit einer reinen Form schafft eine Harmonie, die auf einer tieferen Ebene anspricht.

Aus psychologischer Sicht ist es wichtig, dass der Benutzer oder Betrachter versteht, dass die Variabilität nicht zufällig oder unbeabsichtigt ist, sondern dass sie einen Grund hat - dass sie Teil der Geschichte des Materials ist. Daher ist es wichtig, diese Information in der Entwurfs- und Auswahlphase klar zu kommunizieren. Denn die Enttäuschung über die „Unvollkommenheit“ rührt oft nur von einem Missverständnis her - und nicht von dem eigentlichen Problem.

8. Probenahme und Erwartungsmanagement - was ist realistisch und was nicht?

21

8.1 Zweck und Grenzen der Bemusterung

Die Bemusterung ist ein wesentlicher Bestandteil eines jeden GFB- Fassadenprojekts. Ihr Hauptzweck besteht darin, eine Vorstellung von der Farbe, der Textur und dem visuellen Eindruck des Materials zu vermitteln und nicht darin, eine genaue Vorlage zu erstellen, nach der alle endgültigen Elemente aussehen werden. Es ist wichtig zu beachten, dass jedes Muster nur einen möglichen Ausschnitt des Produktionsspektrums darstellt, der sich nie zu 100 % wiederholen wird.

Bei der Bemusterung werden in der Regel 1-3 Platten oder Testflächen mit einer bestimmten Zusammensetzung, Pigmentierung und Oberflächenbeschaffenheit hergestellt. Das endgültige Aussehen dieser Platten wird durch die spezifischen Produktionsbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Chargengröße, Handauftrag) beeinflusst. Daher gibt das Muster eine Richtung vor - nicht eine absolute Verpflichtung.

Es ist ein großer Fehler, ein Muster als „Farbreferenz“ im grafischen oder industriellen Sinne zu betrachten. GFRC ist kein RAL-System. Jede Platte ist ein Original, Abweichungen von $\pm 10\text{-}15\%$ in Farbe, Porosität oder Glanz sind normal und können nicht als Mangel angesehen werden. Aus diesem Grund ist es immer empfehlenswert, mehrere Stücke zu bemustern, idealerweise im Verhältnis 1:1, um ein möglichst aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten.

8.2 Kommunikation mit Architekten und Investoren

Eine transparente Kommunikation mit Architekten, Planern und Investoren ist der Schlüssel zur Vermeidung unrealistischer Erwartungen. Es ist wichtig, in einem frühen Stadium klar zu erklären, was GFB ist - wie es produziert wird, wie es hergestellt wird, welche optischen und materiellen Eigenschaften es hat. Viele Missverständnisse entstehen gerade deshalb, weil Kunden GFB als „Verbundplatte mit Farbe“ wahrnehmen - und nicht als ein zementgebundenes, mineralisches Produkt mit eigenem Charakter.

Bei der Präsentation von Mustern ist es wichtig, nicht nur das „ideale Stück“ zu zeigen, sondern auch Beispiele für mögliche Variationen - z. B. hellerer/dunklerer Farbton, dickere Textur, unterschiedlicher Grad an Porosität. Es ist ähnlich wie bei Naturstein - man kann nicht ein Stück präsentieren und versprechen, dass alles gleich aussehen wird. Erfahrene Architekten verstehen diese Logik und begrüßen sie, solange die Kommunikation ehrlich und zeitnah erfolgt.

Es wird auch empfohlen, eine Fotodokumentation von anderen Implementierungen vorzulegen, bei denen die Bandbreite der normalen Variabilität sichtbar ist. Dies setzt einen realistischen Rahmen und schafft gleichzeitig Vertrauen - es zeigt, dass Variabilität üblich und architektonisch erwünscht ist, nicht zufällig.

8. Probenahme und Erwartungsmanagement - was ist realistisch und was nicht?

22

8.3 Toleranzen, Normen und Definition des Begriffs „Fehler“

Einer der größten Stolpersteine bei der Lieferung von GFB-Verkleidungen ist das Fehlen einer einheitlichen Vorstellung davon, was „in Ordnung“ und was „mangelhaft“ ist. Während es bei Industrieprodukten genaue Toleranzen für Farbe, Abmessungen und Aussehen gibt, arbeiten natürliche oder handgefertigte Materialien mit einer optischen Bandbreite, die als Standard definiert werden muss.

Typische Abweichungen, die nicht als Fehler angesehen werden können:

- Leichte Farbabweichungen innerhalb einer Charge oder zwischen verschiedenen Chargen.
- Unterschiedliche Porosität oder Oberflächenbeschaffenheit.
- Geringfügig unterschiedliche Intensität der Schutzimprägnierung.
- Natürliche „Landkarten“ oder Schatten, die beim Trocknen entstehen.
- Haarschwindungsrisse, die die Festigkeit nicht beeinträchtigen.

Die einzige Möglichkeit, Beanstandungen aufgrund eines subjektiven Eindrucks zu vermeiden, ist die Schaffung eines so genannten visuellen Referenzstandards - idealerweise in Form eines Referenzpanels oder einer Reihe von Mustern, die den zulässigen Bereich aufzeigen.

Es ist wichtig, dass Investoren auch verstehen, dass GFB kein Produkt mit einer einzigen identischen „Grafik“ ist, sondern ein lebendiges Material - und dass Toleranz ein Teil seines Charakters ist, nicht ein Herstellungsfehler.

8.4 Der Irrtum des „Range Sampling“ - warum die Forderung nach der dunkelsten und hellsten Probe völlig falsch ist

In der Praxis stoßen wir häufig auf die Bitte eines Kunden oder Architekten, zwei Referenzmuster anzufertigen, von denen eines den „hellstmöglichen“ und das andere den „dunkelstmöglichen“ Farbton einer bestimmten Farbe darstellt, die in einem Projekt vorkommen kann. Auf diese Weise soll eine Art Farbtonbereich definiert und eine Akzeptanzgrenze für die gesamte Lieferung festgelegt werden. Dieser Ansatz beruht jedoch auf einem grundlegenden Missverständnis der Prinzipien der GFB-Produktion und führt letztlich zu einer falschen Vorstellung von der Kontrollierbarkeit des endgültigen Aussehens.

Um künstlich hellere oder dunklere Muster als den Standardfarbton herzustellen, muss die Rezeptur grundlegend geändert werden - die Art oder Menge des Pigments oder die Zusammensetzung des Bindemittels oder Füllstoffs. Die auf diese Weise hergestellten Muster repräsentieren nicht mehr die natürlichen Schwankungen innerhalb einer einzigen Produktionscharge, sondern sind das Ergebnis einer völlig anderen Produktionsanlage, die der inhärenten Bandbreite an Farbschwankungen dieser spezifischen Rezeptur unterliegt. Sie sind daher kein Indikator für die tatsächliche Variationsbreite des ursprünglichen Designs, die in der Praxis bei der Chargenproduktion einer einzelnen Rezeptur auftreten kann. Im Gegenteil, sie schaffen einen falschen Erwartungsrahmen und können zu völlig ungerechtfertigten Behauptungen führen, wenn die tatsächliche Platte nicht das durch das Muster dargestellte Farbextrem erreicht.

Es ist wichtig zu verstehen, dass die Unterschiede im Farbton von GFB nicht durch kontrollierte - d. h. absichtliche Abstimmung der Farbvariationen - verursacht werden, sondern als Nebeneffekt der Live-Mischung, der manuellen Verarbeitung und der Reifungsbedingungen. Der Versuch, diese Extreme künstlich zu erzeugen, ist daher irreführend und spiegelt nicht die Realität des Produktionsprozesses wider. Außerdem kommt es zu einer gefährlichen Begriffsverwirrung: Die auf diese Weise hergestellten „Sortimentsmuster“ sind keine Grenzwerte, sondern völlig unterschiedliche Produkte.

8. Probenahme und Erwartungsmanagement - was ist realistisch und was nicht?

23

8.5 Die korrekte Art der Dokumentation von Farbabweichungen

Wenn das Ziel darin besteht, die erwartete Bandbreite natürlicher Farb- oder Texturvariationen innerhalb einer Rezeptur zu bestimmen, muss die Bemusterung auf andere Weise durchgeführt werden. Die einzige relevante Methode besteht darin, mehrere Platten oder Formen ausreichender Größe (idealerweise 1× 1 m oder mehr) aus derselben Mischung und unter Standardproduktionsbedingungen herzustellen, nicht aus absichtlich veränderten Varianten.

Auf diese Weise entsteht ein natürlicher Satz, der einen realistischen Bereich von Ergebnissen darstellt, die in der Massenproduktion auftreten können. Dabei handelt es sich nicht um feste Grenzen, sondern um statistisch wahrscheinliche Bereiche, die den typischen Fertigungs- und Materialtoleranzen entsprechen. Diese Tafeln sollten als „visueller Referenzsatz“ präsentiert werden, nicht als exakte Vorlagen. Es ist wichtig, klar zu kommunizieren, dass die endgültige Lieferung innerhalb eines begrenzten Bereichs variieren kann, sogar leicht außerhalb dieser Vorlage - denn so wird die Natürlichkeit des Materials definiert.

Der visuelle Referenzsatz dient also nicht als absoluter Maßstab, sondern als Kommunikationsinstrument, das dazu beiträgt, die Erwartungen anzugleichen und die Akzeptanz der natürlichen Variabilität zu erleichtern. Seine Bedeutung ist nicht nur für die Ästhetik entscheidend, sondern auch für die Vermeidung von Reklamationen, die in Wirklichkeit oft nur ein Konflikt zwischen der technischen Realität und falschen Erwartungen sind.

8.6 Warum sich das Aussehen der Referenzprobe mit der Zeit verändert

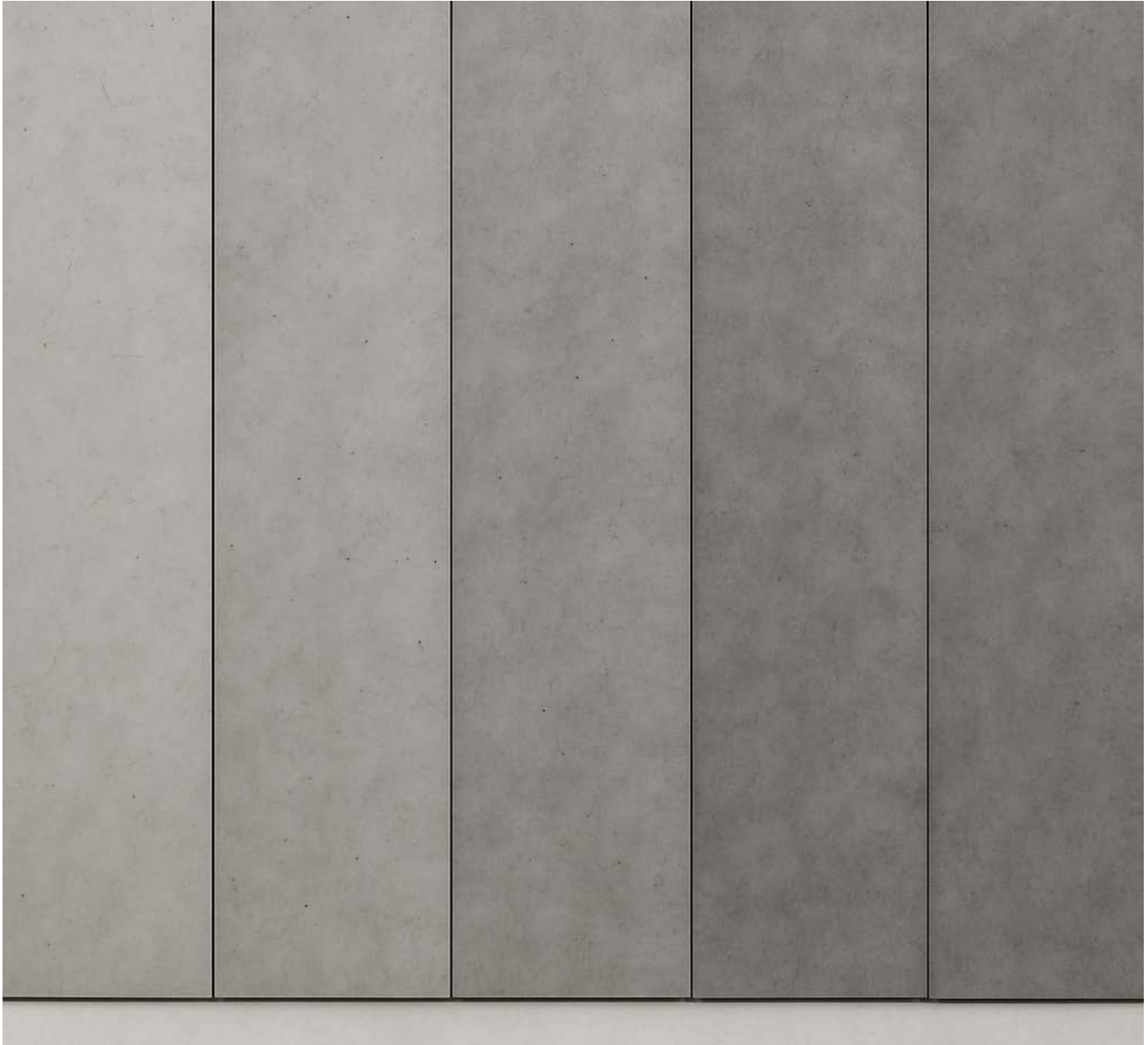
Referenzmuster, die zu Beginn eines Projekts hergestellt werden, oft in A4 oder ähnlichen kleinen Formaten, sind ein wichtiges Instrument, um das Aussehen, den Farbton und die Textur des Materials zwischen dem Architekten, dem Investor und dem Hersteller abzustimmen. Während ihres „Lebenszyklus“ unterliegen diese Muster jedoch einer Reihe von Handhabungs- und Umwelteinflüssen, die ihr Aussehen allmählich und unwiderruflich verändern.

Ein typisches Szenario ist, dass die Probe wiederholt von Hand zu Hand weitergereicht wird, künstlicher Bürobeleuchtung ausgesetzt ist, ungeschützt auf einer Fensterbank oder einem Regal gelagert wird und - was am wichtigsten ist - wiederholt mit den Fingern berührt wird. Es ist die Berührung der menschlichen Haut, die Fett, Feuchtigkeit und sogar Schweißspuren enthält, die einen großen Einfluss auf die Mikrooberflächenstruktur der Probe hat. Die GFB-Oberfläche erhält dadurch im Laufe der Zeit einen leichten Patina-Effekt. Dieser kann sich durch eine Veränderung der Farbtiefe, ein leichtes Stumpfwerden oder im Gegenteil durch einen partiellen Glanz in exponierten Bereichen äußern.

Der optische Unterschied zwischen einem solchen „abgenutzten“ Muster und einer neu hergestellten Platte - wenn auch mit völlig identischer Rezeptur und identischem Verfahren - kann überraschend sein. Dabei handelt es sich jedoch nicht um einen Herstellungsfehler oder eine Abweichung von einer vereinbarten Norm, sondern um das natürliche Ergebnis der Alterung und Manipulation des Materials im Laufe der Zeit.

8. Probenahme und Erwartungsmanagement - was ist realistisch und was nicht?

24



Betonoberflächendetail

8. Probenahme und Erwartungsmanagement - was ist realistisch und was nicht?

25

8.7 Empfehlungen für eine gute Probenahmepraxis

Aus diesem Grund ist es sehr wichtig, beim Vergleich neuer Produkte mit einem zugelassenen Muster die Tatsache zu berücksichtigen, dass das Referenzpanel möglicherweise nicht mehr dem Originalzustand entspricht. Idealerweise sollte das zugelassene Muster unter kontrollierten, berührungsfreien Bedingungen aufbewahrt werden - z. B. in einer versiegelten Schachtel oder Verpackung - und ausschließlich als visuelle Referenz und nicht für die tägliche Handhabung verwendet werden.

Es ist auch ratsam, die Bemusterung im Laufe der Zeit wieder aufzunehmen - zum Beispiel durch die Herstellung eines neuen Kontrollstücks nach identischer Rezeptur auf der Grundlage des ursprünglich genehmigten Panels, das dann als aktueller Referenzstandard für die nächsten Produktionsschritte dient.

Diese Situation ist natürlich und sollte kein Grund für Beschwerden oder Misstrauen in die Beständigkeit der Produktion sein, sofern der technologische Prozess eingehalten wird. Im Gegenteil, es ist der Beweis dafür, dass das Material einen natürlichen und lebendigen Charakter hat, der auf die Umwelt und den menschlichen Kontakt reagiert. Dies ist sein Mehrwert, nicht seine Schwäche.

9 „Verrückte Risse“ - Herkunft und Ursachen

26

„Crazy Cracks“ (Mikrorisse) sind kleine, unregelmäßige Risse, die auf der Oberfläche von Glasfaserbeton auftreten können. Ihre Entstehung ist eine natürliche Folge der technologischen und physikalischen Prozesse, die während der Herstellung und Reifung dieses Materials ablaufen. Diese Risse treten vor allem in der Anfangsphase auf, wenn der Beton schrumpft und sich seine innere Struktur verändert.

Der Hauptgrund für die Bildung von Mikrorissen ist die Spannung, die durch die chemische Schrumpfung während der Hydratation des Zements entsteht. Bei der Hydratation des Zements kommt es zu einem Wasserverlust und einer Veränderung des Volumens des Materials. Da Glasfaserbeton ein spezifisches Gefüge hat und relativ schnell aushärtet, kann dieser Prozess zu Oberflächenrissen führen. Diese sind in der Regel auf eine nur wenige Mikrometer tiefe Schicht konzentriert und stehen nicht in Zusammenhang mit der tieferen Struktur der Platte.

Eine weitere wichtige Ursache ist die unterschiedliche Verdunstung von Wasser an der Oberfläche der Platte und in ihrem Kern. Während der Hydratation neigt die Blechoberfläche naturgemäß eher zum schnellen Austrocknen. Dieser schnelle Wasserverlust an der Oberfläche führt zu Zugspannungen, die sich gerade in Form von Mikrorissen entladen.

Auch die Rezeptur der Mischung selbst spielt eine wichtige Rolle: GFB enthält einen feinen Zementkitt und verstärkende Glasfasern, die zwar die Festigkeit und Duktilität des Betons erheblich verbessern, aber die Bildung von Mikrorissen an der Oberfläche nicht verhindern. Diese Risse sind charakteristisch für dieses Material und lassen sich nicht vollständig beseitigen.

Interessanterweise sind diese Mikrorisse mit bloßem Auge oft nicht sichtbar und werden erst sichtbar, wenn sie befeuchtet oder anderweitig mit Wasser in Berührung kommen. Dies steht im Zusammenhang mit den nächsten Kapiteln, in denen es darum geht, wie sich Mikrorisse auf die Funktionalität des Materials auswirken und wann sie tatsächlich sichtbar sind.

9.1 Mikrorisse - warum es sich nicht um ein strukturelles Problem handelt

Ein weit verbreiteter Irrglaube ist, dass Mikrorisse ein Vorbote oder Ausdruck einer tieferen Störung im Material sind. In Wirklichkeit handelt es sich um ein rein oberflächliches Phänomen, das praktisch keine Auswirkungen auf die Festigkeit und Stabilität des Glasfaserbetonelements hat. Diese Mikrorisse sind sehr fein und dringen in den allermeisten Fällen nicht tiefer als ein paar Mikrometer unter die Oberfläche.

Entscheidend ist, den Unterschied zwischen diesen Mikrorissen und tiefen, strukturellen Rissen zu verstehen, die z. B. durch Überlastung oder eine schlechte Konstruktion verursacht werden können. Während strukturelle Risse die Tragfähigkeit und Integrität des Elements beeinträchtigen, wirken sich Mikrorisse nur auf das Erscheinungsbild aus und das auch nur, wenn sie sehr sorgfältig untersucht werden.

Technisch gesehen sind Mikrorisse nur das Ergebnis von Oberflächenspannungen und geringfügigen Volumenänderungen in der zementhaltigen Masse. Sie sind keine „Risse“ im Sinne einer Störung der Integrität der Struktur. Die Glasfasern, die gleichmäßig über das Volumen der Platte verteilt sind, bilden ein echtes Bewehrungsnetz. Diese Fasern erhöhen nicht nur die Zugfestigkeit, sondern verhindern auch die Entstehung tieferer Risse, die für die Struktur gefährlich sein könnten.

Folglich bedeutet das Vorhandensein von Rissen keine Verringerung der mechanischen Parameter wie Biegefestigkeit oder Schlagfestigkeit. Faserbeton behält seine erklärten Parameter - Dauerhaftigkeit, Frostbeständigkeit und lange Lebensdauer - bei.

9 „Verrückte Risse“ - Herkunft und Ursachen

27

Es ist auch wichtig zu erwähnen, dass Mikrorisse in einigen Fällen sogar als Ausdruck der „natürlichen Authentizität“ des Materials wahrgenommen werden können. So wie Naturstein ein eigenes Muster und eine eigene Textur hat, behält GFB ein gewisses Maß an natürlicher „Unvollkommenheit“, die es von künstlichen Imitationen unterscheidet.

Dieser Ansatz, der die Authentizität und den natürlichen Ursprung des Materials hervorhebt, wird in der Architektur immer häufiger verfolgt. Architekten und Designer schätzen den Charakter, den Mikrorisse mit sich bringen, und sehen sie als natürlichen Ausdruck der Schönheit des Materials, nicht als Makel.

9.2 Sichtbarkeit von Mikrorissen - wann und warum sie auftreten

Obwohl alle GFB-Produkte Mikrorisse aufweisen können, sind sie in den meisten Fällen mit dem bloßen Auge nicht sichtbar. Die Sichtbarkeit dieser Mikrorisse wird stark von den Umgebungsbedingungen und insbesondere von der Feuchtigkeit beeinflusst.

Im trockenen Zustand, wenn die Betonoberfläche sauber und trocken ist, treten normalerweise keine verrückten Risse auf. Die Oberflächenstruktur und die feinen Farbunterschiede „verbergen“ diese winzigen Risse auf natürliche Weise, so dass sie praktisch nicht wahrnehmbar sind. In der Praxis bedeutet dies, dass bei normalem Tageslicht und bei der üblichen Inspektion einer Fassade oder einer Verkleidungsplatte überhaupt keine Rissbildung festgestellt werden kann.

Die Situation ändert sich jedoch, wenn die Oberfläche nass wird. Wasser dringt in diese feinen Mikrorisse ein und bewirkt eine vorübergehende Veränderung ihres Aussehens. Die höhere Wasseraufnahme in diesen Bereichen führt dazu, dass die Oberflächenlinien „dunkler“ werden und plötzlich als feines Netz von Rissen sichtbar werden. Dieser Effekt ist vorübergehend und verschwindet, wenn die Oberfläche trocknet.

Ein interessantes Phänomen ist der vorübergehende Zustand - zum Beispiel nach Regen oder lokaler Wasserverschmutzung. An Stellen, an denen noch Wasser anhaftet, treten verrückte Risse in den Vordergrund, während die umgebende trockene Oberfläche gleichmäßig bleibt. Dieser Kontrast erzeugt einen besonderen visuellen Effekt, der auf den ersten Blick wie ein Mangel aussieht, aber in Wirklichkeit nur ein vorübergehender Zustand ist.

Daher sollte der Architekt oder Bauherr wissen, dass Mikrorisse keine „dauerhaften Mängel“ sind. Sie sind eine natürliche Erscheinung der Mikroporosität der Oberfläche, die nur unter bestimmten Bedingungen sichtbar wird - insbesondere in Gegenwart von Feuchtigkeit. Daher ist es ratsam, bei der Beurteilung der Oberfläche die aktuellen Wetter- und Feuchtigkeitsbedingungen zu berücksichtigen.

