

Kapitel 5

Rekonstruktion der Wandgestaltung der Hagia Sophia

5.1 Marmorausstattung des Baus

Die prächtige Ausstattung des riesigen Innenraumes der Hagia Sophia wird durch zwei Materialgruppen gebildet: Die Gewölbe sind vollständig mit einem goldenen Glasmosaik überzogen, das durch Ornamente aus farbigen Tesserae gegliedert wird. Die Wände und der Boden sind mit glänzendem, vielfarbigem und auffällig gemustertem Marmor dekoriert.¹ Beide beeinflussen die Lichtverteilung im Raum und sind zugleich Objekte der Beleuchtung.

Marmorverkleidete Wände (*Inkrustationen*) und Fußböden sind seit Mitte des ersten vorchristlichen Jahrhunderts in Rom in größerem Umfang bekannt.² In der frühen Kaiserzeit werden sie zum gängigen Ausstattungsprogramm öffentlicher und luxuriöser privater Bauten und später wichtiger Bestandteil der Innenraumdekoration frühchristlicher Kirchen. Besonders bei früheren Beispielen nehmen sie den Charakter einer Wandarchitektur mit stilisierten Pilastern und Gesimsen an, die später einer flächigeren Aufteilung weicht.³

In der Hagia Sophia finden sich Pilaster aus *rotem Porphyr*⁴ an den Wänden des Altarraumes. Auch an den Anten der Arkaden finden sich flache Kapitelle und Basen und dazwischen zu den Säulen passende Steinplatten. An den Wänden des Erdgeschosses findet sich eine profilierte Sockelzone aus *Prokonnesischem Marmor*. Sonst bleibt die Flächenaufteilung aber tektonisch unbestimmt und geprägt von einem Spiel horizontaler Bänder und senkrecht stehender teils gespiegelter Platten⁵ in aufwendigen Rahmen. Tektonisch prägnanter sind die mächtigen

¹ Petrologisch ist der Begriff »Marmor« für viele der verwendeten Steine nicht korrekt, haben sie doch eine ganz andere Genese und andere Eigenschaften. In der archäologischen Literatur hat sich aber im Kontext solcher Steinverkleidungen der Begriff »Buntmarmor« etabliert.

² Mielsch 1985, S. 16 f.

³ Kleinert 1979, S. 80 ff.

⁴ Man kann vermuten, dass diese Pilaster Spolien sind, haben sie sich doch stilistisch vom Rest der Ausstattung ab. Porphyrt wurde zur Bauzeit nicht mehr abgebaut.

⁵ Gemeint sind je zwei Marmortafeln, die so zueinander gestellt sind, dass die Muster spiegelbildlich zur Mittelachse angeordnet sind. Erreicht wird das, indem man Platten, die man aus einem Block geschnitten hat, an den Schnittflächen wie ein Buch aufklappt.

umlaufenden Kranzgesimse, welche die Wände des Hauptraums in Geschosse teilen bzw. zu den mosaizierten Gewölben hin abschließen.

Kleinert kommt zu dem Schluss, dass die Wandgestaltung die wahren konstruktiven Gegebenheiten verschleiert und dass die Beleuchtung diese Wirkung unterstützt.⁶ Die Wirkung der massiven Pfeiler wird »[d]urch die kräftig ausgebildeten Gesimse [...] in der Horizontalen unterbrochen«.⁷ Durch den vertikalen Versprung in der Innenraumseite der Hauptpfeiler werden diese visuell geteilt. Durch die Rundung in den Konchen wirkt die Seite des Pfeilers »wie ein dünner Wandrest«. So werden »die Pfeilermassive in nebeneinandergestellte, kulissenhafte Teilflächen« aufgelöst⁸ und letztlich wie Wände behandelt (Abbildung 5.1).

Auch die Säulen der Arkaden von Erd- und Emporengeschoss sind so versetzt angeordnet, dass die oberen ihre Last nicht an die unteren weitergeben können.⁹ Zudem sind die Arkaden im Obergeschoss durch die größere Anzahl von Säulen weiter aufgelöst und die Säulen selbst sind deutlich kleiner und zierlicher und wirken eher wie Schmuckglieder. Durch die Verbreiterung der Arkaden in der Obergeschosszone der Konchen (Abbildung 4.14) und die tunnelartigen Durchbrüche in den Haupt- und Nebenpfeilern wird diese Zone weiter aufgelöst und in ihrer Ordnung gegenüber der Erdgeschosszone versetzt. Lediglich im Bereich der Pfeilervorsprünge ergibt sich eine vertikal durchgehende Symmetrie.

Die Farbigkeit und die eindrucksvollen Muster werden heute durch eine dicke Staubschicht in ihrer Wirkung reduziert. Wichtige Architekturglieder wie Rahmungen, Gesimse und Kapitelle waren darüber hinaus ursprünglich vergoldet¹⁰ oder versilbert, wie etwa die Chorschranken.¹¹ Die kostbaren Marmormaterialien wurden aus allen Teilen des Reiches herbeigeschafft, wie Paulus in der ausführlichen Beschreibung hervorhebt und mit der Farbigkeit und Struktur in Verbindung setzt:

Und wer könnte [...] die dichtgedrängten, wiesenähnlichen Marmorflächen an den festen Wänden des hochragenden Tempels und auf dem Fußboden besingen? Denn des Steinhauers Meißel durchbrach mit seinem Zahn den grünen Bergrücken von Karystos und spaltete den buntfarbigen Felsnacken Phyrgiens, der sich teils rosig darbietet, von weißem Dufte durchzogen, teils üppig in Purpur- wie Silberblumen erstrahlt. Purpurfarben und mit zierlichen Sternen besetzt, leuchtet viel aufragendes Steinwerk; der schönarmige Nilstrom hat es auf Lastschiffen einst getragen. Auch kannst du den grünen Glanz des lakonischen Marmors sehen und anderes Gestein in gewundener Maserung blitzend, wie sie die tiefe Schlucht des jassischen Hügels hervorbrachte; Streifen, blutrot und grauweiß, ziehen Schräg hindurch.¹²

⁶ Kleinert 1979, S. 10 ff., Kleinert 1979, S. 18.

⁷ Kleinert 1979, S. 16.

⁸ Kleinert 1979, S. 17.

⁹ Kleinert 1979, S. 17.

¹⁰ Kleinert 1979, S. 19 ff., 44.

¹¹ Procopius Caesariensis und Paulus Silentarius 1977 Vers. 676 ff.

¹² Procopius Caesariensis und Paulus Silentarius 1977 Vers 616 ff.



Abbildung 5.1: Die Wandgestaltung an der Westwand und an den Hauptpfeilern. Zustand 2002. Bilder: TU Darmstadt.

Diese Pracht ist unschwer als ein Zeichen kaiserlicher Macht zu verstehen, stehen die Steinbrüche doch unter imperialer Verwaltung. Der Zugriff auf solch exklusive Materialien ist in diesem Umfang ein Privileg. Auch die Schenkungen von Säulen etc. haben eine symbolische und politische Dimension.¹³ Ein großer Teil des *prokonnesischen Marmors* scheint in justinianischer Zeit für das kaiserliche Bauprogramm bestimmt gewesen zu sein.¹⁴ Der *rote Porphyry* steht in dieser Zeit wohl ausschließlich dem Kaiser zur Verfügung.¹⁵ So interpretiert Kleinert Paulus Schilderung der Oberflächen im Kontext ihrer Herkunft als Hervorhebung ihrer Kostbarkeit aufgrund der langen Transportwege und als Hinweis auf den wieder ausgedehnten Herrschaftsbereich Justinians.¹⁶ Auch Mielsch sieht in der schon früher wahrzunehmenden Vorliebe für

¹³ Marano 2008, S. 298 f. und Marano 2017, S. 111.

¹⁴ Marano 2017, S. 127 f.

¹⁵ Mielsch 1985, S. 27 f.

¹⁶ Kleinert 1979, S. 4, 18.

weit herbeigeschaffte Sorten eine »imperiale« Note.¹⁷ Als Paulus den Bau beschreibt, ist das Reich in seiner alten Größe wieder hergestellt, während des Baus waren die Rückeroberungen noch im Gange. Allerdings kommt nur der *Giallo antico* aus einem wiedereroberten Gebiet und der prominente schwarz-weiße *Marmor celticum* kommt aus einem Gebiet in den Pyrenäen, das schon lange kein Teil des Reiches mehr war und auch nicht wiedererobert wird.¹⁸

Dass die Transportkosten der entscheidende Faktor für den Preis der einzelnen Marmorarten sind, legt ein relativer Preisvergleich der Sorten im Preisedikt Diokletians nahe.¹⁹ In der Hagia Sophia findet sich der wahrscheinlich günstigere *prokonnesische Marmor* nur am Boden und bei den Brüstungsplatten im Galeriegesschoss. Wo er sonst Verwendung findet, ist er nach Paulus vergoldet gewesen. Nach Justinians Tod fehlt es offenbar an Mitteln, solchen Aufwand zu betreiben. Nach ihm gehen viele Reichsteile wieder verloren, viele der Steinbrüche sind daher wohl nicht mehr zugänglich. Die Hagia Sophia ist jedenfalls der letzte große Bau mit neu geschaffener Marmorausstattung in Byzanz.²⁰

Paulus Schilderung mit der Gegenüberstellung von Farbigkeit und Herkunft der Steinsorten – und damit dem Wert – steht nicht allein, vielmehr knüpft er an eine tradierte rhetorische Form an. Schon unter Kaiser Domitian im 1. Jh. beschreibt Statius die Ausstattung des Bades von Claudius Etruscus in ganz ähnlicher Weise.²¹ Generell scheint man exotische Gesteine billigeren, vor Ort verfügbaren vorgezogen zu haben.²² Paulus knüpft aber nicht nur formal an die römische Tradition an, er bezieht sich auch explizit auf Rom und beschreibt das Verhältnis von Rom zu Konstantinopel als das einer Mutter zu ihrer Tochter (Vers 151 f), wobei die Tochter die Mutter nun freilich übertroffen hat (Vers 166).

Aber nicht nur der den Betrachtern sicherlich bekannte Wert der exotischen Marmorarten ist von Bedeutung. Ein besonderer ästhetischer Reiz geht sowohl von den Farben als auch von den lebhaften und vielgestaltigen Mustern der Steine aus. Diese Musterung bleibt für den Betrachter »vage« oder »reizvoll unbestimmt«.²³ Die Muster lösen Assoziationen aus. Wie Kinder in den Wolken Tiere und Gegenstände erkennen möchten, sucht das Auge nach Bekanntem in den unverständlichen Formen, die für den Betrachter nicht nachvollziehbares Ergebnis geologischer Ablagerungs- und Umformungsprozesse sind. Assoziationen bilden sich, verschwinden aber auch wieder und können durch neue ersetzt werden.²⁴

Die Kunst kann auf diese Weise mit Seherfahrungen spielen. Am drastischsten zeigt sich das vielleicht in einer Reihe von römischen Skulpturen des hängenden Marsyas bei dem die

¹⁷ Mielsch 1985, S. 30.

¹⁸ Kleinert äußert sich nicht zur Herkunft dieses Steins und identifiziert ihn lediglich als »grau« und »hellgeädert«. Kleinert 1979, S. 20.

¹⁹ Mielsch 1985, S. 28 f. Unter Diokletian wurden im Jahr 301 Höchstpreise für alle möglichen Produkte und Leistungen festgelegt.

²⁰ Berger 2010, S. 13.

²¹ Mielsch 1985, S. 30 f.

²² Mielsch 1985, S. 13.

²³ Rosenberg 2016, S. 111.

²⁴ Rosenberg 2016, S. 110.



Abbildung 5.2: Marmordekoration mit mehrfach gespiegelten Platten in der Galerie. Zustand 2004.

Farbe und Musterung des *Pavonazzetto* den gehäuteten Körper imaginieren lassen.²⁵ Paulus vergleicht die Marmorarbeiten mit Gemälden (z. B. Vers 606 f). Wo die Marmorplatten gespiegelt angeordnet sind, wird dieser Reiz durch die Symmetrie noch gesteigert. Die Musterung wird zusätzlich hervorgehoben und das Auge damit beschäftigt, die Symmetrie zu ergründen, wie Rosenberg anhand von Eyetracker-Analysen zeigt.²⁶ Zum Teil vermeint man gar Gesichter zu erkennen, wie in den *Marmor celticum* Platten in den Konchen und fühlt sich an einen Rorschach-Test erinnert. An den Wänden im Galeriegeschoss finden sich darüber hinaus ganze Reihen immer wieder gespiegelter Platten (Abbildung 5.2) und auf den Fußboden im Hauptraum sogar mehrfach gespiegelte Reihen.

In seiner assoziativen Beschreibung der Marmorarten verwendet Paulus auch immer wieder Adjektive, um den Glanz der Oberflächen zu beschreiben.²⁷ In der römischen Literatur heben auch andere Autoren den Glanz der Steinoberfläche hervor.²⁸ Dagegen charakterisiert Mielsch die Oberfläche, die bei der antiken Bearbeitung entsteht, als matt aber nicht spiegelnd glänzend und verweist auf die Lebhaftigkeit der etwas unregelmäßig gearbeiteten Politur.²⁹

²⁵ Mielsch 1985, S. 24.

²⁶ Rosenberg 2016, S. 115.

²⁷ In Vechs Übertragung z. B.: blitzend (Vers 545), erstrahlt (Vers 625), goldglühender Sonnenstrahl (Vers 636), lichtdurchflutet (Vers 640).

²⁸ Bitterer 2013.

²⁹ Mielsch 1985, S. 16 f.

5.2 Rekonstruktion und Modellierung der Marmorausstattung

Die Marmorausstattung der Hagia Sophia umfasst den Boden in allen Innenräumen und die Wände aller Räume ausschließlich des Exonarthex. Die Reflexionseigenschaften der Marmor-materialien und ihre Verteilung im Gebäude sind folglich relevant für die diffuse Lichtverteilung und damit für die Berechnung der Beleuchtungsstärken. Für die Berechnung der Leuchtdichten und der damit verbundenen Wahrnehmung von Helligkeit und Kontrast sind darüber hinaus spiegelnde Reflexionen in den glänzenden Oberflächen von besonderer Bedeutung. Eine möglichst genaue Rekonstruktion und Modellierung dieser Oberflächen ist also notwendig.³⁰ Sie gliedert sich in folgende Schritte:

1. Identifikation der verwendeten Marmorsorten.
2. Zuordnung der Marmorsorten innerhalb der Wandgestaltung.
3. Geometrische Modellierung der Wandflächen gemäß der Materialverteilung.
4. Messung bzw. Aufnahme der Farbe (und damit des Gesamreflexionsgrades), des Streuverhaltens und der Struktur.
5. Herstellung von Materialmodellen für die Oberflächen des geometrischen Modells.
6. Adäquate Parametrisierung der Simulationsumgebung.

5.3 Identifikation der verwendeten Marmorsorten

Mit Paulus lässt sich eine Liste der Materialien erstellen. Bei der Zuordnung helfen neben der Dissertation von Kleinert³¹ die bauhistorischen Anmerkungen von Veh³² und Salzenberg³³. Letzterer auch mit farbigen Darstellungen. Auch Schibille zeigt eine Übersicht der Materialien und ihrer Verwendung im Bau.³⁴ Mielsch erlaubt auf vielen Farbtafeln den Vergleich mit

³⁰ Die im Folgenden geschilderte Vorgehensweise stellt eine Überarbeitung und Erweiterung der Methoden dar, die im Zusammenhang mit dem DFG-Projekt entwickelt wurde. Die Erweiterung umfasst insbesondere die systematische Identifikation und Zuordnung der Materialien, die Dokumentation der Ergebnisse für die einzelnen Materialien und die Überarbeitung fast aller Materialmodelle auf Basis neuerer Aufnahmen. Ursprünglich wurde durchgängig mit gemittelten Farbwerten operiert, sodass bei vielen Materialien die Farbkontraste verloren gegangen sind. Die Glanzeigenschaften wurden auf Basis von Messungen und Vergleichen komplett überarbeitet.

³¹ Kleinert unterlässt eine Gegenüberstellung von Text und Marmorsorten. Sie führt zu Beginn von den folgend herausgearbeiteten elf Sorten nur sieben auf: Porphyry, Verde antico, Serpentino, Giallo Antico, Pavonazzetto, Cipollino Rosso und den Prokonnesos-Marmor. Kleinert 1979, S. 3 f.

³² Procopius Caesariensis und Paulus Silentarius 1977

³³ Salzenberg 1854

³⁴ Schibille 2014a, S. 241 ff.

Proben aus der Sammlung Feliciani im Antikenmuseum Berlin und gibt viele Anmerkungen zur Herkunft der Marmorsorten.³⁵ So ergibt sich die Karte in Tafel 21 und folgende Aufstellung:³⁶:

1. *Marmor celticum* auch Bianco e nero di francia. Schwarz mit weißen Adern. Aus den Pyrenäen bei Aubert.³⁷ Kommt bei der Wandgestaltung zum Einsatz (Vers 637f).
2. *Giallo antico*. Gelblich mit roter Äderung. Aus Tunesien³⁸. Kommt bei der Wandgestaltung zum Einsatz (Vers 636).
3. *Verde antico*. Grün mit dunkleren und hellen Einschlüssen. Aus Thessalien³⁹. Kommt bei der Wandgestaltung zum Einsatz (Vers 642), ferner bei den Säulen der Arkaden unter den Tympanonwänden im Erd- und Galeriegeschoss (Vers 536f, 541f), den Säulen im Mittelteil der Seitenschiffe (Vers 541f) und in ihren westlichen und östlichen Teilen (Vers 575), weiterhin beim Ambo (Vers 255–260).
4. *Porfido serpentino verde* auch *Lapis lacedaemonicus*. Grün mit hellen Einschlüssen. Aus Lakedonien.⁴⁰ Kommt bei der Wandgestaltung zum Einsatz (Vers 628).
5. *Onyx*, wahrscheinlich *Alabastro Onice* oder *Alabastro fiorito*.⁴¹ Gelblich, stark durchscheinend. Aus Ägypten oder Kleinasien.⁴² Kommt bei der Wandgestaltung zum Einsatz (Vers 640) und beim Ambo (Vers 104, 170).
6. *Prokonnesischer Marmor*. Weiß mit unterschiedlich dunkler Äderung. Diese ist teils sehr bewegt aber auch fein und gerade. Aus dem westlichen Marmarameer.⁴³ Kommt bei der Wandgestaltung und am Boden zum Einsatz (Vers 645 und 666), ferner bei Säulen in den Seitenschiffen (Vers 576) und beim Ambo (152).⁴⁴

³⁵ Mielsch 1985.

³⁶ Siehe auch Herrmann und Hoek 2018 und Kiilerich 2012, die jeweils ähnliche Zuordnungen vornehmen.

³⁷ Mielsch 1985, S. 57; Paulus Silentiarius: Keltisches Gebirge.

³⁸ Mielsch 1985, S. 56; Paulus Silentiarius: Libyen.

³⁹ Mielsch 1985, S. 63; Paulus Silentiarius: Thessalien, Molosserland.

⁴⁰ Mielsch 1985, S. 66; Paulus Silentiarius: lakonisch.

⁴¹ Kleinert übergeht die Erwähnung bei Paulus und identifiziert die jeweiligen Flächen als Giallo antico. Salzenberg identifiziert ihn ohne weitere Angaben als »kappadokischer Marmor« (Salzenberg 1854, S. XII). Mielsch stellt die Beziehung zwischen dem Begriff »Onyx« und dem ägyptischen Alabaster in einer Interpretation des oben erwähnten Textes von Statius her (Mielsch 1985, S. 30), erläutert den Zusammenhang aber nicht weiter. Herrmann und Hoek 2018 gehen genauer auf die Frage ein, neigen zur kappadokischen Variante. Paulus spricht beim Ambo von Marmor aus Hierapolis. Beide genannten Sorten passen in Farbe, Transluzenz und Struktur zu den verbauten Teilen.

⁴² Mielsch 1985, S. 37; In Kleinasien gibt heute eine Abbaustätte nahe Akhisar.

⁴³ Mielsch 1985, S. 60; Paulus Silentiarius: prokonnesisch, bosporanisch. Es ist nicht ganz klar, ob es sich um zwei Steinsorten handelt, wie Pülharn vermutet: Procopius Caesariensis und Paulus Silentiarius 1977, S. 494. Am Boden, auf den sich die Textstelle bezieht (Vers 666), finden sich keine deutlichen Unterschiede. Eine Textstelle zum Ambo (Vers 152) nennt einen bosporanischen Marmor, der aber wie der prokonnesische als blau-weiß beschrieben wird.

⁴⁴ Die Kapitelle, Gesimse, À-jour-Arbeiten etc. beschreibt Paulus als vergoldet.

7. *Pavonazzetto*. Gelblich-weiß und rot-violett. Runde helle Einschlüsse. Aus Synnada.⁴⁵ Kommt bei der Wandgestaltung zum Einsatz (Vers 622) und beim Ambo (Vers 265).
8. *Cipollino rosso*, auch *Rosso brecciato*. Auffälliges rot-weißes Wellenmuster. Aus Iasos (Karien).⁴⁶ Kommt bei der Wandgestaltung zum Einsatz (Vers 630), ferner bei einer nicht erhaltenen Schale im Hof (Vers 595) und der ebenfalls verlorenen Wandgestaltung dort (Vers 606), darüberhinaus beim Ambo (Vers 215).
9. *Roter Porphy*. Rotviolett mit hellen Einschlüssen. Aus Ägypten.⁴⁷ Kommt bei der Wandgestaltung zum Einsatz (Vers 642), ferner als Scheibe in den À-jour-Arbeiten der Arkaden (Vers 661) und als Säulen in den Konchen (Vers 376f).
10. *Breccia corallina*. Möglicherweise von der Karaburun Halbinsel.⁴⁸ Kommt bei der Wandgestaltung in den Seitenschiffen zum Einsatz (Vers 632)
11. *Cipollino verde*, auch *Marmor Carystium*. Auffällig grün-weißes Wellenmuster. Aus Karystos.⁴⁹ Kommt bei der Wandgestaltung zum Einsatz (Vers 621).

Mit dieser Liste lassen sich die meisten Marmoroberflächen im Gebäude gut identifizieren. Sie erscheint, was die größeren Marmortafeln angeht, also vollständig. Wo Paulus, wie z. B. bei den Säulen, selbst eine direkte Zuordnung vornimmt, erscheint seine Aussage schlüssig. Das einzige Material, das Paulus beischreibt, was sich im Bau nicht zuordnen lässt, ist der *Portasanta*, den er jassischen Marmor nennt. Er beschreibt ihn explizit bei den Wänden (Vers 630). Das könnte ein Hinweis auf eine nachträgliche Veränderung sein. Schlüssig wäre das im Hauptraum allerdings nur an den Wänden des Altarraums oder der Apsis, wo sich einige gestörte Bereiche befinden. Vielleicht findet er sich dort unter einer Staubschicht innerhalb der kleinteiligen *Opus-sectile*-Arbeiten. In den Seitenschiffen, Galerien und dem Narthex findet sich ebenfalls keine passende Oberfläche. Aber auch ein Irrtum auf Paulus Seite ist letztlich nicht ausgeschlossen.

Umgekehrt ist nicht auszuschließen, dass sich gerade innerhalb der *Opus-sectile*-Arbeiten noch weitere Materialien identifizieren ließen. Manche Oberflächen sind dort so verschmutzt, dass sich Struktur und Farben, besonders ähnliche, in den kleinteiligen Bereichen nicht eindeutig erkennen lassen. Vielleicht bringen die laufenden Renovierungsarbeiten noch einiges zutage.

⁴⁵ Mielsch 1985, S. 59; Paulus Silentiarius: Phrygien. VEH stellt die Beziehung her: Procopius Caesariensis und Paulus Silentiarius 1977, S. 496.

⁴⁶ Mielsch 1985, S. 46; Paulus Silentiarius: jassisch; Pülhorn sieht darin einen *Portasanta*: Procopius Caesariensis und Paulus Silentiarius 1977, S. 494.

⁴⁷ Mielsch 1985, S. 64; Paulus Silentiarius: Nil. Die Steinbrüche in Dschebel Dokhan sind allerdings seit 350 nicht mehr in Betrieb: Kleinert 1979, S. 4. Die Säulen in der Hagia Sophia sind also aller Wahrscheinlichkeit nach Spolien. Hinweise darauf sind die unterschiedlichen Höhen im Aufbau der Arkaden der verschiedenen Konchen (siehe weiter oben) und die Postamente auf denen die Säulen stehen um die Höhe zu erreichen. Wo Porphy an den Wänden verwendet wird sieht man ihn als runde Scheibe oder als vergleichsweise schmale hochkante Platte. Beides kann aus vorhandenen Säulen geschnitten werden.

⁴⁸ Herrmann und Hoek 2018 mit Hinweis auf Fund in: Bruno u. a. 2012. Für Mielsch ist die Herkunft unklar: Mielsch 1985, S. 45; Paulus Silentiarius: lydisch.

⁴⁹ Procopius Caesariensis und Paulus Silentiarius 1977, S. 496; Mielsch 1985, S. 58 Abb. c; Paulus Silentiarius: Karystos. VEH stellt die Beziehung her: Procopius Caesariensis und Paulus Silentiarius 1977, S. 494.

5.4 Zuordnung der Marmorarten innerhalb der Wandgestaltung

Die Marmordekoration der Wände im Hauptraum der Hagia Sophia lässt sich in vier Ordnungen teilen. 1. die Ordnung der Wandflächen der Haupt- und Nebenpfeiler (Tafel 3). Zwischen die Wände dieser Ordnung sind die Arkaden unter der Tympanonwand und in den Konchen gesetzt. 2. Die Ordnung der Westwand mit den monumentalen Türen und der Arkade der Westgalerie (Tafel 5). 3. Die Wände des Altarraums und 4. die Wand der Altarapsis (Tafel 4). Hinzu kommen die Wandaufbauten der Seitenschiffe, der Galerien und des Narthex.⁵⁰

5.4.1 Wandgliederung und Marmormaterialien an den Pfeilern

Alle Wandflächen des Hauptraums werden durch gemeinsame horizontale Elemente zusammengehalten: ein profilierter Sockel aus weißem prokonnesischem Marmor läuft ringsum und wird lediglich in der Apsis durch das Synthronon unterbrochen. Das gleiche gilt für ein Band aus grünem Verde antico und ein dazugehöriger Rundstab. Als Abschluss der Erdgeschosszone läuft ein ursprünglich vergoldetes Kranzgesims ringsum und ist ebenfalls in der Apsis unterbrochen. Als Abschluss der Wandgestaltung unterhalb der mosaizierten Gewölbe und Tympanonwände dient ein weiteres Kranzgesims, das ohne jede Unterbrechung umläuft. An den Wandversprüngen sind die Kranzgesimse verkröpft.

Im Erdgeschoss sind die Wände der Haupt- und Nebenpfeiler durch vier weitere horizontale Bänder aus gelbem Onyx gegliedert, zwischen denen sich drei Zonen mit jeweils symmetrisch hochkant angeordneten Platten befinden. Die untere und obere Zone besteht aus zwei mittig angebrachten, gespiegelten Platten aus Cipollino verde flankiert von Platten aus Pavonazzetto. Wo die Breite der Wand es zulässt sind auch diese gespiegelt. Die Platten aus Cipollino verde wurden offenbar aus lediglich zwei Blöcken geschnitten, einem für die oberen und einen für die unteren Platten.⁵¹ Im Versprung des Hauptpfeilers findet sich eine Platte aus Pavonazzetto. Die Platten sind an den Materialgrenzen durch ursprünglich vergoldete Zahnleisten getrennt. In der mittleren Zone finden sich in den Mitten der Wandstücke Platten aus rotem Porphyrt, die von teils gespiegelt angebrachten Platten aus Marmor celticum umgeben sind. Im Versprung des Hauptpfeilers findet sich eine Platte aus Marmor celticum. Die Platten dieser Zone sind mit aufwendigen À-jour-Arbeiten gerahmt, die selbst von Zahnleisten umgeben sind. Auch diese Rahmung war ursprünglich vergoldet. In den westlichen Nebenpfeilern wird die untere Zone einschließlich der darunter und darüber liegenden Bänder und des Sockels von den Durchbrüchen zu den Seitenschiffen unterbrochen. Diese sind durch stilisierte Bögen aus zwei farbigen Steinen hervorgehoben.

⁵⁰ Der Narthex wurde nicht rekonstruiert und wird im Folgenden nicht beschrieben.

⁵¹ Kleinert 1979, S. 3) Auch bei anderen Platten lässt sich nachvollziehen, dass sie aus den gleichen Blöcken geschnitten wurden, so die Platten aus Marmor celticum.

Im Obergeschoss dieser Wände finden sich zunächst zwei horizontale Bänder aus Pavonazzetto⁵² und Verde antico, die durch einen Rundstab getrennt sind. Etwa in der Mitte findet sich wieder ein Band aus Onyx und ganz oben eines mit kleinteiligem Opus sectile, das Akantusranken zwischen Rautenmustern zeigt. Zwischen den Bändern bilden sich diesmal zwei Zonen mit hochkant angebrachten Platten. Das obere ähnelt der oberen und unteren Zone der Erdgeschossgliederung, nur dass sich in der Mitte hier Platten aus Verde antico befinden. Die untere Zone gleicht der mittleren der Erdgeschossgliederung, als Rahmung dienen jedoch Platten aus Onyx. Da das darüber liegende Band ja ebenfalls aus Onyx ist, grenzen so unterschiedliche Elemente aus dem gleichen Material direkt aneinander, eine Eigentümlichkeit die sonst am Bau nicht wiederholt wird. Die untere Zone und die beiden unteren Bänder werden durch die Durchbrüche in den Pfeilern zu den Nord- und Südgalerien hin unterbrochen. Ein stilisierter Bogen wie im Erdgeschoss findet sich allerdings nicht.

5.4.2 Wandgliederung und Marmormaterialien des Altarraums

Diese Ordnung dehnt sich auf die Wände des Altarraumes aus, die obere Zone besteht hier allerdings aus Feldern mit Opus-sectile-Arbeiten in deren Mitte sich Rauten und Kreise aus Lapis lacedaemonicus sowie Porphyry finden. In der Mitte findet sich hier eine Platte aus rotem Porphyry. Das Erdgeschoss weicht deutlicher ab. Die untere Zone ist nicht erhalten. Darüber sind zwei horizontale Bänder aus grünem Verde antico angeordnet, die eine Zone mit Opus-sectile-Arbeiten einschließen. Diese Zone ist durch Rahmen mit À-jour-Arbeiten in vier Felder geteilt. Zwei auf der Nordseite sichtbare Steinplatten in der Mitte bestehen aus einem hellen Stein, der vermutlich nicht ursprünglich ist, da er sich sonst nirgends findet. Salzenberg rekonstruiert hier zwei rote Porphyryplatten. Aus der Südseite verdeckt heute eine Kalligrafie diesen Bereich. Die Opus-sectile-Felder links und rechts enthalten jeweils eine Porphyryplatte. Oberhalb findet sich eine gleichartig aufgeteilte Zone mit zwei Porphyryplatten in der Mitte und grünlichen Opus-sectile-Feldern mit jeweils einer ovalen Platte aus rotem Porphyry. Unterhalb des Kranzgesimses findet sich ein horizontales Band aus Opus sectile, das hier Kreise und Gefäße zeigt. Zu den angrenzenden schmalen Wandstücken unter der Halbkuppel hin werden beide Zonen durch einen stilisierten Pfeiler aus rotem Porphyry mit einem À-jour-Kapitel getrennt.

5.4.3 Wandgliederung und Marmormaterialien der Apsis

Zwei ähnliche stilisierte Pfeiler mit rotem Porphyry finden sich auf den Versprüngen links und rechts der Apsis. Sie orientieren sich noch an der Geschossunterteilung des Hauptraumes. Das untere Kranzgesims stößt stumpf auf diesen Versprung. Die anschließende Wand der Apsis löst sich von dieser Ordnung. Die Wand ist geprägt von den einzigen Fenstern in der Wandzone des Hauptraumes. Zwei Zonen von jeweils drei Fenstern liegen übereinander. Über diesen liegen Arkaden mit jeweils einem durchlaufenden Band aus Giallo antico, das von

⁵² Schwer zu erkennen. Kleinert identifiziert es als Pavonazzetto: Kleinert 1979, S. 22. Vielleicht folgt sie damit Salzenberg, der es so darstellt.

Zahnleisten gerahmt wird. Die Flächen darüber bestehen aus schwarz-weißem Marmor celticum. In den Zwickeln befinden sich runde Porhyrplatten, die von Zahnleisten eingeschlossen werden. Zwischen den Fenstern finden sich mit À-jour-Arbeiten gerahmte Porhyrplatten, die mit einem weiteren Rahmen aus schwarz-weißem Marmor celticum umgeben sind. Unterhalb der Fenster findet sich jeweils ein durchlaufendes schmales Band mit einer weiteren À-jour-Arbeit. Nach oben wird die Wand durch ein Band mit Opus sectile, hier Rauten und Kreise, und das Kranzgesims abgeschlossen. Die untere Wandzone ist wie bei den Altarraumwänden nicht erhalten. Ursprünglich wurde sie durch das versilberte Synthronon gebildet.

5.4.4 Wandgliederung und Marmormaterialien der Westwand

Eine ebenfalls eigenständige Gestaltung hat die Westwand. Das Erdgeschoss wird von drei monumentalen Türen dominiert, deren mittlere nochmals größer ist. Profile und Architrav der mittleren Tür bestehen aus Bronze, die Türblätter aus dunklem Holz. Die Profile der kleineren Türen bestehen aus Verde antico, die Architrave aus hellem prokonnesischem Marmor. Zwischen ihnen bleiben nur zwei schmale Wandreste. Über dem Sockel und dem Band aus grünem Verde antico finden sich zwei Bänder. Das obere besteht aus gelblich-rötlichem Giallo antico, das untere könnte aus Pavonazzetto oder ebenfalls aus Giallo antico bestehen, die beiden heute vorhandenen Platten zeigen die beiden Materialien. Dazwischen findet sich eine Opus-sectile-Arbeit mit ovalen Platten aus Lapis lacedaemonicus. Der Bereich oberhalb der Türen wird in drei nebeneinanderliegenden Zonen geteilt. Die etwas schmalere über der mittleren Tür zeigt links und rechts zwei Felder mit Opus-sectile-Arbeiten. Grünliche Delphine auf einem Grund aus Giallo antico umgeben zwei runde Platten aus Porhyr. Darüber ein Band aus gelblich-rötlichem Giallo antico und zwei quadratische rote Platten, in die ein grünlicher Ring eingelegt ist. Die Materialien lassen sich nicht eindeutig erkennen. Das über den Platten liegende Band aus Verde antico geht in die Rahmung der Zonen rechts und links davon über. Dazwischen liegt eine Platte aus grünem Verde antico und darüber eine schwarz-weiße gestaltete Opus-sectile-Arbeit, die als einzige ein Bildmotiv zeigt. Die linke und rechte Zone besteht aus vier Feldern, die von Bändern aus Verde antico gerahmt werden. Das innere der oberen Felder besteht aus gelblich-rötlichem Giallo antico das äußere aus Pavonazzetto. Die unteren Felder jeweils aus zwei spiegelbildlich angebrachten Platten aus Onyx. Alle Felder sind durch Zahnleisten getrennt.

Das Obergeschoss der Westwand besteht aus einer großen Arkade mit erweitertem Mitteljoch. Die beiden schmalen Doppel-Säulen bestehen aus grünem Verde antico mit Basen aus prokonnesischem Marmor und À-jour-Kapitellen. Zwischen ihnen sind Brüstungsplatten aus hellem prokonnesischem Marmor mit Rauten und Kreuzen angebracht.⁵³ Insgesamt vier freistehende Säulen aus Verde antico gliedern die Brüstung. Auch sie sind mit À-jour-Kapitellen ausgestattet auf denen sich Leuchter befanden. Sie stehen auf Postamenten aus Verde antico. Die Wandfläche über den Säulen besteht ebenfalls aus Verde antico. In den Zwickeln sind quadratische Onyx-Platten mit Zahnleisten abgesetzt, in die rötliche runde Platten eingelassen

⁵³ Die Brüstungsplatten sind nach Paulus steinern (Vers 396) und nicht wie andere Bauteile aus vergoldetem prokonnesischem Marmor.

sind, deren Material sich schwer erkennen lässt. Eine Zone darüber aus zehn ebenfalls durch Zahnleisten abgesetzte Onyx-Platten ist in der Mitte unterbrochen. In die quadratischen Platten sind dunkle Ringe eingelassen. Unterhalb des Kranzgesimses findet sich das durchlaufende Opus-sectile-Band mit den Akantusranken der Pfeilerwände wieder.

5.4.5 Aufbau der Arkaden unter den Tympanonwänden

Im Hauptraum bleiben noch die Ordnungssysteme der Arkaden. Die großen Arkaden unter den Tympanonwänden bestehen in der Erdgeschosszone aus jeweils vier hohen Säulen aus grünem Verde antico mit Basen aus prokonnesischem Marmor. Die À-jour-Kapitelle waren ursprünglich vergoldet wie die À-jour-Arbeit der Arkaden darüber. Hier umgeben Rankenmotive runde Platten aus rotem Porphyrt in den Zwickeln. Auf den seitlichen Anten sind die Säulen mit einer Platte aus Verde antico und flachen Basen sowie flachen À-jour-Kapitellen wiedergegeben. Auch die Soffitten enthalten À-jour-Ornamente. Das Erdgeschoss endet oben mit dem durchlaufenden Kranzgesims.

Die Arkade zur Galerie darüber besteht aus sechs Säulen aus grünem Verde antico mit Basen und Brüstungsplatten aus hellem prokonnesischem Marmor. Die À-jour-Kapitelle waren wiederum vergoldet, die Wandflächen darüber sind mit Opus sectile gestaltet, das Akantusranken und Vogel motive zeigt, die wiederum rote Porphyrt-Platten in den Zwickeln umspielen. Die Soffitten sind hier von Goldmosaik überzogen, die Anten zeigen eine Platte aus Verde antico ohne angedeutete Basen und Kapitelle. Die Bänder aus Pavonazzetto und Verde antico der Pfeilerwände sind hier um die Ecke gezogen. Oben ist das Goldmosaik der Soffitte weit heruntergezogen. Über den Arkaden läuft ganz oben das Opus-sectile-Band des Hauptraums und schließlich das Kranzgesims durch.

5.4.6 Aufbau der Arkaden in den Konchen

Der Aufbau der Arkaden in den Konchen ist sehr ähnlich. Im Obergeschoss befinden sich ebenfalls sechs Säulen aus grünem Verde antico mit À-jour-Kapitellen, im Erdgeschoss jedoch je zwei Säulen aus rotem Porphyrt mit Postamenten und Basen aus prokonnesischem Marmor und À-jour-Kapitellen. Die Wände mit den À-jour-Arbeiten sind deutlich weiter heruntergezogen. Im Erdgeschoss sind die Anten ähnlich wie unter den Tympanonwänden ausgeführt, oben fehlen sie gänzlich. Hier ist die Ordnung der Galerien an den Nebenpfeilern halbkreisförmig an den schmalen Wandrest herangeführt. Die gegenüberliegende Seite ist heute überall hinter der Verstärkung der Hauptpfeiler verschwunden, wird aber wohl ähnlich ausgesehen haben. Die Wandstücke zum Hauptraum hin sind jedenfalls symmetrisch.

5.4.7 Wandgliederung und Marmor materialien in den Seitenschiffen

In den Seitenschiffen ist der Wandaufbau durch die vielen Vor- und Rücksprünge und durch Fenster und Türen wesentlich uneinheitlicher. Teils ist die Systematik durch offenbar ersetzte

Platten und solche mit einem dunklen Firnis unklar. Teils ist die Marmorstruktur lediglich gemalt, alles Zeichen der späteren Instandsetzungsarbeiten. Es lässt sich aber doch ein Schema erkennen.⁵⁴

Der profilierte Sockel aus prokonnesischem Marmor in den Seitenschiffen ist mit einem Mäander verziert. Darüber befindet sich ein Band aus prokonnesischem Marmor und eines aus Verde antico. Sie sind durch einen Rundstab getrennt. Sonst sind die Materialgrenzen wie im Hauptraum mit Zahnleisten getrennt. Es folgt eine Zone mit Platten aus Verde antico und Pavonazzetto. Darüber ein Band aus Cipollino rosso und wieder eine Zone aus Verde antico und Pavonazzetto. Die Platten der beiden Zonen sind schachbrettartig versetzt.⁵⁵ An den Wandstücken der Pfeiler zwischen den Vorsprüngen findet sich unten gespiegelt angebrachter Cipollino rosso begleitet von Pavonazzetto. Der Cipollino rosso im Band darüber ist an dieser Stelle ebenfalls gespiegelt angebracht. Die Stirnwände der Pfeilervorsprünge zeigen hier Opus-sectile-Arbeiten, begleitet mit Breccia corallina. Im südlichen Seitenschiff sind die Pavonazzetto-Platten wie Pfeiler profiliert.⁵⁶ In der Mitte der Opus-sectile-Arbeiten finden sich Porphyry und Lapis lacedaemonicus. Wo Fenster die obere Zone durchstoßen, befinden sich stilisierte Archivolten. Darüber ein Opus-sectile-Band ähnlich wie in der Obergeschosszone des Hauptraums.⁵⁷ Der Wandaufbau endet mit einer umlaufenden plastisch hervorspringenden À-jour-Arbeit.⁵⁸

5.4.8 Wandgliederung und Marmormaterialien in den Galerien

Auch in den Galerien ist das Schema an vielen Stellen gestört. Große Teile sind verputzt, in vielen Bereichen ist die Marmordekoration gemalt. Zudem sind hier eine Reihe von Wandflächen später mit darstellenden Mosaiken versehen worden. Das Schema ist aber in allen Galerien gleich und so einfach gehalten, dass es sich leicht rekonstruieren lässt. Es unterscheidet sich deutlich vom Erdgeschoss:

Anstatt des Sockels findet sich ein Band aus prokonnesischem Marmor, dessen Struktur hier linear ist und parallel mit dem Band verläuft.⁵⁹ Vom darüber liegenden Band aus Pavonazzetto ist dieses durch einen Rundstab getrennt. Ein Rundstab trennt auch alle anderen horizontalen Zonen voneinander, es gibt nirgends eine vertikale Unterteilung zwischen den Platten, folglich auch keine Zahnleisten. Über dem Band aus Pavonazzetto nehmen Platten aus prokonnesischem Marmor fast die ganze Höhe der Wand ein. Die Platten sind relativ schmal, diagonal gemustert

⁵⁴ Die Wandaufteilung in den Seitenschiffen ist im Modell vereinfacht wiedergegeben.

⁵⁵ An einigen Stellen findet sich statt des Pavonazzetto prokonnesischer Marmor im gleichen Schachbrettartigen Wechsel.

⁵⁶ Sollten das Spolien sein, wäre die Höhe dieser Zone an ihre Maße angepasst worden.

⁵⁷ An vielen Stellen ist dieses Band gemalt, offenbar in neuester Zeit. Es lässt sich nicht ganz klar erkennen, ob die stärker verschmutzten Teile wirklich Opus sectile sind.

⁵⁸ Kleinert erwähnt dieses Element gar nicht.

⁵⁹ Als Besonderheit finden sich an Wanddurchbrüchen zwischen der Westgalerie und der Nord- und Südgalerie stilisierte Säulenbasen in diesem Bereich.

und immer wieder gespiegelt.⁶⁰ Darüber findet sich noch ein Band aus Cipollino rosso und als Abschluss ein Fries, das Blätter und an manchen Stellen Ranken darstellt.⁶¹

5.5 Vergoldete und silberne Bauteile

Wie schon zuvor erwähnt, beschreibt Paulus Teile der Ausstattung als vergoldet oder mit Silber verkleidet. Kleinert beschreibt über die bei Paulus direkt erwähnten Elemente hinaus auch die Zahnleisten und Rahmungen als vergoldet, nicht aber die Gesimse. Bei den Zahnleisten bezieht sie sich auf einen Fund bei Schneider.⁶² Wahrscheinlich waren auch die Kranzgesimse vergoldet. Hier ist der Text bei Paulus aber etwas unklar. In Abschnitt von Vers 647 bis 667 beschreibt Paulus die umlaufenden Elemente des Innenraums und der Seitenschiffe, zunächst das Opus sectile und darauf das in den Seitenschiffen darüber liegende Abschluss-Gesims mit in À-jour-Arbeit ausgeführten Weinranken. Dieses beschreibt er als vergoldet. Daraufhin folgen diese Sätze:

Indessen auch über den hochragenden Säulen und zwar unterhalb der vorspringenden Steinkante umzieht ein kunstvoller Akanthuskranz, geschmeidig wie ein schweifendes Band die Rundung, golden, anmutig, mit zackigen Spitzen. Er umrankt marmorne, kreisförmige, Purpurscheiben gleichende Flächen, welche die entzückende Anmut des Steines ausstrahlen.⁶³

Das kann man auf das Kranzgesims beziehen und sich vor dem zweiten Satz ein *und* denken. Architektonisch würde das einen Sinn ergeben: Alle dreidimensionalen Schmuckelemente der Wände wären vergoldet, vor allem auch beide umlaufende Gesimse.⁶⁴

Silber findet sich ausschließlich an der liturgischen Ausstattung, am Ambo, am Altar⁶⁵, am Ziborium und am Synthronon. Das Material wird von Paulus jeweils explizit erwähnt.

So ergibt sich für die Modellierung:

- Vergoldet modelliert wurden:
 - Zahnleisten
 - Rundstäbe (analog zu den Zahnleisten)

⁶⁰ Kleinert nennt die entstehende, wellenartige Struktur eine »textilartige Oberflächenmusterung«. Kleinert 1979, S. 40.

⁶¹ Auch diesen Abschluss lässt Kleinert unerwähnt. Stilistisch hebt sich diese Zonen von den sonstigen Ornamenten ab, sodass man an ihrer Ursprünglichkeit zweifeln kann.

⁶² Kleinert 1979, S. 8, 19 mit Verweis auf Grabungsbefunde von Schneider 1941, S. 44 Für die Rahmen führt sie keinen Beleg an.

⁶³ In Vehs Übersetzung. Procopius Caesariensis und Paulus Silentarius 1977, S. 341.

⁶⁴ Es gibt vielleicht noch einen weiteren Hinweis, der diese Hypothese stützt: 2015 konnten man Restauratoren dabei beobachten, wie sie rötliche Farbreste am Kranzgesims über den Kolonnaden freilegten. Das könnten Boluspigmente einer Polimentvergoldung sein.

⁶⁵ Der in Silber und Gold ausgeführte Altar ist allerdings durch ein Tuch verdeckt. Stichel 2010, S. 37.

- alle Kapitelle der Säulen und die Antenkapitelle in der Wandverkleidung (Verse 386, 542)⁶⁶
- Rahmen mit À-jour-Arbeiten
- Abschluss-Gesims in den Seitenschiffen
- die À-jour-Arbeiten der Kolonnaden
- die Kranzgesimse
- Kapitelle des Ambo (Beschreibung des Ambo Vers 190)
- der Architrav des Ambo⁶⁷
- Silber modelliert wurden:
 - Chorschranken (Vers 676–690)
 - Ziborium (Vers 725–750)
 - Synthronon (Vers 421–422)
 - die runden Schranken des Ambo (Beschreibung des Ambo Vers 60–65)

5.6 Geometrische Modellierung gemäß der Materialverteilung

An den Marmorwänden lässt sich gut zeigen, dass für die Lichtsimulation das Modellieren der Geometrie auf die Modellierung der optischen Materialeigenschaften abgestimmt werden muss. Da jedem Material seine individuellen Eigenschaften zugeordnet werden soll, ist es notwendig, *materialgerecht* zu modellieren: eine modellierte Fläche ist nur einem Material zugeordnet. Das muss bis ins Detail durchgehalten werden.

Um die Modellierung von Materialeigenschaften zu systematisieren, ist es sinnvoll, drei Maßstäbe auseinanderzuhalten: *Makro*, *Meso* und *Mikro*. Makro-Strukturen werden geometrisch modelliert. Micro-Strukturen werden durch mathematischen Reflexions- und Transmissionsmodelle beschrieben. Auf dem Meso-Maßstab werden Veränderungen der Reflexions- und Transmissionseigenschaften innerhalb eines Materials modelliert. Tabelle 5.1 zeigt eine Übersicht.

Das lässt sich im Simulationsmodell gut am Marmor demonstrieren. Im Listing 5.1 wird eine einfache Fläche im RADIANCE-Geometrieformat modelliert (Makro). Diesem wird im Listing 5.2 ein Reflexionsmodell zugeordnet (Mikro). Im Listing 5.2 wird dieses um ein Modell der Musterung in Form einer Bilddatei erweitert (Meso). Dabei wird unterstellt, dass sich zwar der Reflexionsgrad und die Farbe, nicht aber der Glanz der Marmoroberfläche ändert. Beim Goldmosaik wird sich zeigen, dass Materialmodelle auf dem Meso-Maßstab bedeutend komplexer sein können.

⁶⁶ Kleinert 1979, S. 20, 24.

⁶⁷ Stichel 2010, S. 39.

```
# a simple square plane associated with a material definition
marble_mat polygon simple_plane
0
0
12
    0 0 0
    1 0 0
    1 1 0
    0 1 0
```

Listing 5.1: *plane.rad*

```
# reflection model for a marble material
void plastic marble_reflex
0
0
5 .5 .5 .5 0 0
```

Listing 5.2: *mikro.rad*

```
# marble material with associated reflection model and pattern
marble_reflex colorpict marble_mat
7 red green blue marble_pat.hdr picture.cal pic_u pic_v
0
0
```

Listing 5.3: *meso.rad*

Tabelle 5.1: Maßstäbe und Rekonstruktionsverfahren. Quelle: Noback 2019.

Maßstab	Ungefähre Größe	Rekonstruktion	Eigenschaft	Datenerhebung Messung
Makro	≥ 10 mm	Architektur Umgebung	Geometrie Lichtquellen	Bauaufnahme Quellenauswertung Befundanalyse Laserscans Photogrammetrie
Meso	≤ 10 mm $\geq 0,1$ mm	Oberflächen- gestaltung	Material- und Farbverteilung Oberflächenprofil	Restauratorische Befundanalyse Nahfeldphoto- grammetrie Fotografie Laserscan
Mikro	$\leq 0,1$ mm	Materialauswahl Finish	Reflexions- & Transmissions- eigenschaften	Restauratorische Be- fundanalyse Goniophotometrie Spektroskopie

Man muss folglich schon bei der Modellierung diese Maßstäbe im Auge behalten, um die Materialmodelle möglichst genau zuzuordnen. Das erlaubt auch, diese Materialmodelle später durch genauere Messungen und verbesserte mathematische Modelle zu optimieren. Zugleich manifestiert sich im Modell angesammeltes Wissen über die Materialverteilung und deren Eigenschaften. Durch die vereinheitlichende Systematisierung dieser Informationen grenzt sich das Verfahren von der genauen Dokumentation einer Bauaufnahme ab.

Im Modell ist die Geometrie der Wände folglich entlang der Materialgrenzen definiert worden. Die Marmortafeln werden durch rechteckige ebene Flächen wiedergegeben. Wo eine Fläche aus mehreren Tafeln oder Marmorstücken besteht, wurden diese zusammengefasst. Wo Wandelemente aufgrund einer Krümmung aus mehreren Marmorplatten hergestellt sind, wurde die Aufteilung ignoriert, die im Gebäude variiert. Bei den kleinteiligen Strukturen der Wandgestaltung wie den Opus-sectile-Arbeiten wurde versucht, die Aufteilung anhand der Materialgrenzen der verschiedenen Marmorstücke bis ins Detail durchzuhalten. Gleiches gilt für die dreidimensionalen Strukturen der Zahnleisten, Gesimse, À-jour-Arbeiten und Kapitelle (Abbildung 5.3, Abbildung 5.4). Die feinteilige Geometrie der plastischen Wandglieder soll darüber hinaus eine Wiedergabe des Licht- und Schattenspiels innerhalb dieser Bauelemente ermöglichen.

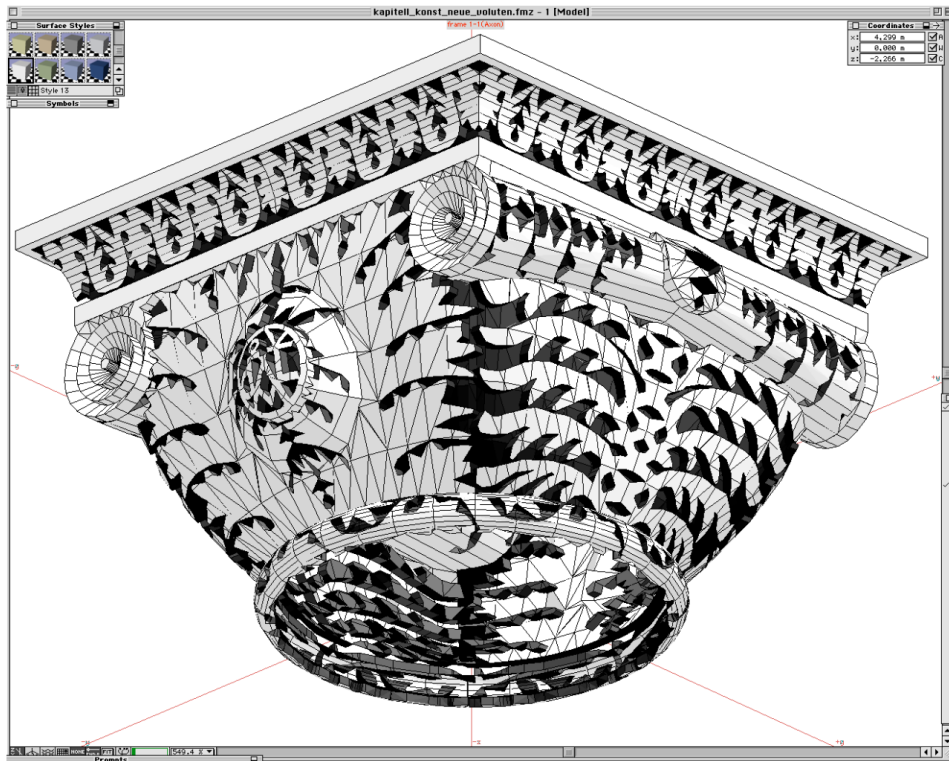


Abbildung 5.3: Detaillierte Modellierung dreidimensionaler Geometrie am Beispiel der Kapitelle in den Arkaden im Erdgeschoss der Konchen. Die Materialien von Vordergrund und Hintergrund sind separiert, um verschiedene Materialien zuweisen zu können. Hier die von Paulus beschriebene Vergoldung und eine mögliche dunkle Farbe im Hintergrund.

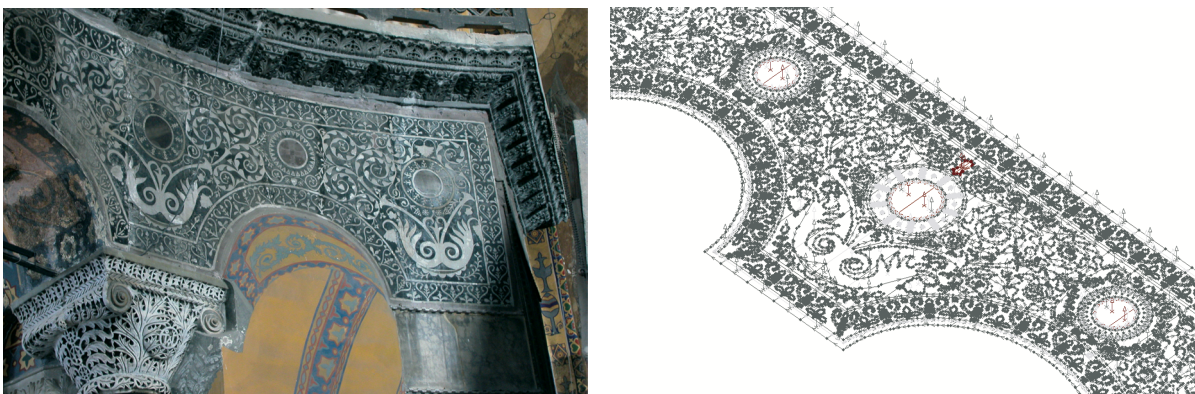


Abbildung 5.4: Detaillierte Modellierung der Oberflächen nach Materialien am Beispiel des Opus sectile. Quelle: Grobe, Hauck und Noback 2010.