



Patrick Peter Schalk (Bachelor of Engineering)

Bestandserfassung, Analyse und Einordnung eines sakralen Baudenkmals

MASTERARBEIT

Zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom-Ingenieur (Dipl. Ing.)
Masterstudium Bauingenieurwissenschaften – Konstruktiver Ingenieurbau

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Univ.-Prof. Dr.iur. Dr.techn. Peter Kautsch
Dipl.-Ing. BSc Baumeister Johann Hafellner

am Institut für Hochbau (IHB)

Graz, Oktober 2019

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre mich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit im Studienschwerpunkt Bauingenieurwesen – Konstruktiver Ingenieurbau zum Thema „Die Freitagsmoschee von Borūjerd, Iran: Bestandserfassung, Analyse und Einordnung eines sakralen Baudenkmals“ selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt, und die in den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Der Plansatz zu der Bestandserfassung wurde eigenmächtig aus der Grundlage der Punktwolke gezeichnet. Die Plansätze der Bestandsanalyse beruhen auf den Bestandsplänen des ersten Kapitels und wurden von mir nach meinen Erfordernissen angepasst und ergänzt. Die Fotografien wurden eigenständig aufgenommen; Abbildungen aus Fachlektüren oder von Dritten wurden als diese kenntlich gemacht.

Graz, der

Patrick Peter Schalk

„Das Endziel aller bildnerischen Tätigkeit ist der Bau! Ihn zu schmücken war einst die vornehmste Aufgabe der bildenden Künste, sie waren unablässige Bestandteile der großen Baukunst.“

(Walter Gropius, Bauhaus-Manifest, Weimar, April 1919)

DANKSAGUNG

Herr Univ.-Prof. Dr.iur. Dr.techn. Peter Kautsch (Technische Universität Graz) ermöglichte mir ein Thema der Kombination des Bauingenieurwesens und der Denkmalpflege am Institut für Hochbau (IHB) zu schreiben. Ich bedanke mich rechthetlich für das Interesse und die Gelegenheit meinen persönlichen Neigungen nachgehen zu können.

Des Weiteren danke ich Herrn Dipl.-Ing. BSc Baumeister Johann Hafellner (Technische Universität Graz) für das stetige Interesse an meiner Masterarbeit. Die gute Zusammenarbeit und die Einwände führten dazu, dass sich die einzelnen Themenstränge meiner Arbeit zu einem Bild zusammenfügten.

Herrn Prof. Dr. Lorenz Korn (Otto-Friedrich-Universität Bamberg) stellte mir die Punktwolke und archivales Bildmaterial zur Verfügung. Mein Dank gilt ihm für die Hinführung zum Thema, die Möglichkeit der Teilnahme an der zweiwöchigen Forschungskampagne in Täbris und die Erweiterung meines Aufenthalts im Iran, um die Freitagsmoschee von Borüjerd und weitere Moscheen begutachten zu können.

Ich danke weiterhin M.A. Ruth Tenschert (Otto-Friedrich-Universität Bamberg) für ihr Interesse und den Zeitaufwand mit dem sie meine Arbeit unterstützt und verfolgt hat. Sie stellte mir ihr Wissen und ihre Erfahrung der denkmalpflegerischen Baupraxis zur Verfügung und half mir damit die Auswertung der Punktwolke bewerkstelligen zu können.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, Claus-Peter Schalk und Susanne Schalk, für ihre Unterstützung und die Zusprache im und über den Iran zu arbeiten. Ihr stetiges Interesse und die aufbauenden Worte waren ein wichtiger Beitrag, der zur Vollendung dieser Arbeit geführt hat. Des Weiteren sind meine Geschwister, Selina Schalk und Niklas Schalk zu nennen, die interessiert den Fortgang meiner Arbeit verfolgten.

Ich danke meiner Freundin Carolin Saadat für ihr offenes Ohr, ihre Kraft mir den Rücken zu stärken und eine stetige Begleiterin meiner Arbeit zu sein. Abschließend möchte ich mich bei ihren Eltern, Kami Saadat und Charlotte Parusel-Saadat, bedanken, die mich bei der Übersetzung der persischen und französischen Texte unterstützten.

KURZFASSUNG

Das **3D terrestrische Laserscanning** ist die Technik der Zukunft. Durch diese kann gewährleistet werden, dass innerhalb kürzester Zeit die Aufnahme von Bauwerken vollumfänglich erzielt werden kann. In der praktischen Denkmalpflege ist diese Methodik bereits fester Bestandteil, jedoch birgt sie das Potential sich im zunehmenden Markt der Bestandsbauten fest zu verankern. Das erste Kapitel behandelt die **Bestandserfassung** der Freitagsmoschee von Borūjerd in der Provinz Lorestan im Iran. Die Bestandsaufnahme der Struktur erfolgte während einer Messkampagne im Jahr 2013 mit modernsten Werkzeugen. Ziel ist die Erstellung von Bestandsplänen und 3D-Modellen an den maßgebenden Schnittlinien aus einer Punktwolke unter Einbindung verschiedener Programme. Die erstellten Bestandspläne bilden die Grundlage der weiteren Bearbeitung. Neben dem Aufzeigen der vorhandenen schriftlichen Quellen und der geographischen Einordnung soll im Nachgang eine kritische Auseinandersetzung in Bezug auf der erstellten Plangrundlage und dem masslichen publizierten Plan erfolgen. Es wird ein Leitfaden erstellt zur Vorbereitung, Durchführung und Nachbearbeitung von zukünftigen Messkampagnen.

Auf Grundlage der Bestandserfassung wird eine Analyse der Modelle sowie der Pläne erfolgen, um die Bauteile (Kuppel, Decken, Wände etc.) im Detail zu erfassen und einzuordnen. Mittels einer **bauforschenden Begutachtung** wird geklärt, welcher Teil der Anlage der älteste und zu welchen weiteren baulichen Einschnitten es gekommen ist. Ziel ist es, Baualterspläne zu erstellen, die in Abgleich mit einer vor Ort angefertigten Steinkartierung und der vorhandenen Literatur stehen. Aus der Vermessung des Kuppelraums wird eine **Verformungsanalyse** erstellt und anhand ihr die Lastabtragung der Innenkuppel nachvollzogen.

Nach der Analyse wird mit Hilfe einer Literaturrecherche das gesamte Objekt kategorisiert, beurteilt und eingeordnet, sodass ein Übersichtsplan der Einzelbereiche des Gebäudes entsteht. Die **Einordnung der vorgefundenen Substanz** wird anhand von Meilensteinen der islamische Sakralarchitektur näher erläutert. Dabei gilt es, den einheitlichen Plan der iranischen Vier-*Iwan*-Moschee zu verstehen und aufzuzeigen, warum es sich bei der Freitagsmoschee von Borūjerd um einen Sonderfall handelt.

ABSTRACT

3D terrestrial laser scanning is the technology of the future. This technology ensures that a complete survey of buildings can be accomplished, within the shortest possible time. Within the practice of the preservation of historical monuments, this method is already a firm component, but it also has the potential to become firmly anchored in the growing market of existing buildings. The first chapter **records the historical monument** of the Friday Mosque of Borūjerd in the province of Lorestan in Iran. The recording of the structure was carried out during a measurement campaign in 2013 using state-of-the-art tools. The aim is to create as-built plans and 3D models at the decisive intersection lines from a point cloud using various programs. The created as-built plans form the basis for further processing. In addition to the presentation of the existing written sources and the geographical classification, a critical analysis of the created plan and the published plan will follow. A guideline will be prepared for the preparation, implementation and post-processing of future measurement campaigns.

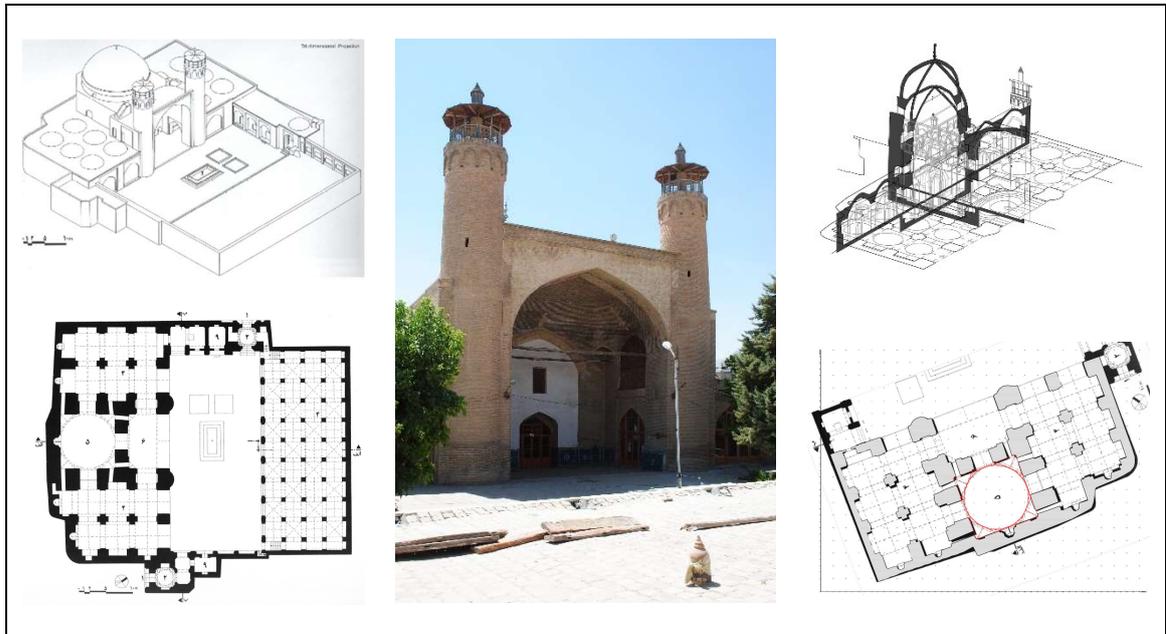
Based on the recorded structure, an analysis of the models and plans will be carried out in order to record and classify the components (cupola, ceilings, walls, etc.) in detail. By means of an **analysis of the existing building**, it is clarified which part of the site is the oldest and which subsequent structural cuts have been made. The aim is to draw up construction age plans which will be compared with a stone mapping made on site and with the existing literature. Based on the survey of the cupola room, a **deformation analysis** is prepared and the load transfer of the inner cupola is reconstructed.

After the analysis, the entire object is categorized, evaluated and classified with the help of a literature research, so that an overview plan of the individual areas of the building is created. The **classification of the found substance** is explained in more detail by means of milestones of Islamic sacral architecture. The aim is to understand the uniform plan of the Iranian Four-*Ivan* Mosque and to show why the Friday Mosque of Borūjerd is a special case.

Inhaltsverzeichnis

I. Bestandserfassung der vorgefundenen Konstruktion.....	1
I.1 Einführung	3
I.1.1 Geographische Einordnung und Bautyp der Moschee.....	4
I.1.2 Bestandsbeschreibung der Anlage	6
I.1.3 Forschungskampagne und Bewertung der Grundlage.....	11
I.2 Absteckung der Planungsgenauigkeit	17
I.2 Herangehensweise der Auswertung	18
I.3 Ergebnisse	24
I.4 Diskussion und Rekapitulation	24
II. Bestandsanalyse.....	29
II.1 Erste bauforschende Befunderhebung	31
II.1.1 Bauphase 1.1 – Seldschuken (Regierungszeit 1038 – 1194 n. Chr.)	31
II.1.2 Bauphase 1.2 – Wiederaufbau	35
II.1.3 Bauphase 2 – Timuriden (Regierungszeit 1370 – 1506 n. Chr.).....	35
II.1.4 Bauphase 3 – Qajaren (Regierungszeit 1796 – 1921 n. Chr.).....	36
II.1.1 Bauphase 4 – Moderne Reparaturen.....	39
II.2 Verformungsanalyse	44
II.2.1 Tragverhalten von Mauerwerk und gemauerten Bögen.....	44
II.2.2 Prinzipalstatik der Kuppel	46
II.2.3 Erkenntnisse aus dem terrestrischen Laserscan	49
II.3 Diskussion und Ausblick	50
III. Einordnung der vorgefundenen Substanz.....	53
III.1 Archäologische Ausgrabung im Jahr 2015.....	55
III.2 Entwicklungslinien der islamischen Monumentalarchitektur	56
III.2.1 Wahl des Bauplatzes.....	57
III.2.2 Entwicklung der ersten Moschee.....	58
III.2.3 Festsetzung der Formensprache.....	60
III.2.4 Kreuzachsensystem und Minarett.....	66
III.2.5 Frühe iranische Moscheen.....	69
III.2.6 Übergreifende Konstruktionsprinzip unter den Seldschuken	73
III.3 Diskussion und Bezug zu Borūjerd	81
IV. Integration und Ausblick.....	85

I. Bestandserfassung der vorgefundenen Konstruktion



Das nachstehende Kapitel behandelt die Bestandserfassung der vorgefundenen Konstruktion. Anfangs soll kurz dargelegt werden, auf welche schriftlichen Quellen sich der Verfasser dieser Masterarbeit stützen konnte, wo die Moschee geographisch einzuordnen ist und welche Erkenntnisse aus den publizierten Unterlagen gezogen werden können. Ziel ist die Erstellung von Bestandsplänen an den maßgebenden Schnittlinien aus einem terrestrischen Laserscan, die auch für eine weitere Bearbeitung die Grundlage bilden können. Die Herangehensweise unter der Verwendung von verschiedenen Programmen soll erläutert werden und im Nachgang soll eine kritische Auseinandersetzung im Bezug der erstellten Plangrundlage und dem maßlichen publizierten Plan erfolgen.

I.1 Einführung

Die Literaturrecherche zu dieser Arbeit ergab im Wesentlichen drei relevante Textquellen, die als Thema die Freitagsmoschee von Borūjerd behandeln. Auf diese soll folglich in der Ausarbeitung zurückgegriffen werden.

Die erste Quelle stammt von dem französischen Architekten und Archäologen **Maxime Siroux** (1907 – 1975), der an mehreren Gebäuden im Iran tätig geworden ist. Neben einem umfassenden Werk über das Straßensystem im Iran und den dazugehörigen Übernachtungsplätzen bzw. Warenumschlagsplätzen (Karawanserei), befasste er sich im Jahre 1945 auch mit der Freitagsmoschee in Borūjerd. Ziel seiner Arbeit war die Baudokumentation der Moschee in Bildern und Plänen und die Bewertung der einzelnen Bauphasen. Seine Zuteilung richtete sich dabei maßgebend an den übersetzten Gedenktafeln und deren zeitlicher Datierung. [1]

Im Zuge zweier Forschungsprojekte im Jahr 1983 und 1984 verfasste der Archäologe **Muhammad Mehrjar** ein Gutachten. Gegenstand war zum einen die zwölfstägige Untersuchung der Hauptkuppel im Jahr 1983, die erhebliche Schädigung durch den Frost-Tau-Wechsel erfahren hatte, und archäologische Ausgrabungen zur Erforschung der Gründungssituation. Im darauffolgenden Jahr kam es zu einer weiteren Kampagne, die vierzig Tage dauerte und vom iranischen Denkmalamt Unterstützung erfuhr. Neben der textlichen, bildlichen und planerischen Dokumentation und der Ausformulierung von Sanierungskonzepten erläutert Mehrjar auch den historischen Hintergrund. Seine Informationen beziehen sich dabei auf zwei alte Buchquellen von einheimischen Heimatforschern, die allerdings aufgrund des geringen Forschungsstandes nicht verifiziert werden können. Mehrjar wurde aufgrund seiner Tätigkeit rund um die Freitagsmoschee auch in ihr im Kellergeschoss durch eine Gedenktafel verewigt. Warum es damals zu seiner umfassenden Begutachtung kam, darüber können nur Vermutungen angestellt werden. Fakt ist aber das die Moschee während des ersten Golfkrieges 1980 bombardiert wurde und das im Jahr 1983 ein Erdbeben die Region betroffen hatte. [2]

Die aktuellsten Planunterlagen konnten der **Monographie** des *Ganjnameh* (zu Deutsch: Schatzbuch) entnommen werden. Im Jahr 2004 wurden mehrere Bände herausgegeben, die sich mit unterschiedlichen baulichen Schwerpunkten befassen; Band 7 behandelt die Freitagsmoscheen und es findet sich ein kurzer Eintrag zu der Baugeschichte von Borūjerd. Die nachfolgende Bestandsbeschreibung soll sich anhand der darin publizierten Planunterlagen richten. [3]

Um einen besseren Überblick geben zu können, sollen in nachstehender Tabelle die einzelnen Herrscherdynastien aufgelistet werden, auf die sich die nachstehende Ausformulierung immer wieder beziehen wird. Sie ist dabei keinesfalls als vollumfängliche Auflistung zu verstehen, da das Gebiet des heutigen Irans über die Geschichte hinweg immer andere Landesgrenzen aufwies und mal von einzelnen bzw. mehreren Dynastien gleichzeitig beherrscht wurde.

Tabelle 1: Wichtige Dynastien und bedeutende Herrscher [4]

Zeit (n. Chr.)	Dynastien	Bedeutende Herrscher
224 – 642	Sassaniden	Ârdeschir I., Shapur I., Bahram V., Chosrau II.
660 – 750	Umayyaden	Muawiya I., Yazid I., Abd al-Malik, Hisham
750 – 1258	Abbasiden	Al-Mansur, Harun al-Rashid, al-Mamun
945 – 1055	Buyiden	Ahmad Muizz ad-Dowla, Khosrau ad-Daula
1038 – 1194	Seldschuken	Toghrul Beg, Alp Arslan, Malik Shah
1256 – 1353	Ilkhaniden	Hulegu, Abaqa, Ghazan, Oljeitu, Abu Said
1370 – 1506	Timuriden	Timur Lenk, Shah Rukh, Babur, Abu Said
1501 – 1722	Safawiden	Ismail I., Tahmasp I., Abbas I., Abbas II.
1796 – 1921	Qajaren	Shahs: Fath Ali, Nasseruddin, Muzaffar ad Din

I.1.1 Geographische Einordnung und Bautyp der Moschee

Auf der Erde gibt es jegliches Vergnügen, das dem Paradies nahekommt. Dies ist allerdings nicht mit einem Frühling in Borüjerd zu vergleichen. (Ghoani 1889) [2]

Borüjerd ist eine Stadt in der Provinz Lorestan im Westen des Iran. Sie ist gleichzeitig Zentrum des gleichnamigen Landkreises und liegt im Zargosgebirge. [5] Es gibt fünfzehn verschiedene Möglichkeiten, wie es geschrieben beziehungsweise ausgesprochen wird; beispielsweise Forudjerd, Blukgerd, Belgagerd. Dabei bedeutet ‚gerd‘ sinngemäß Stadt, Bau oder Grundlage schaffen. Demnach steckt in dem Wort die Stadtgründung an und für sich im Namen und ist laut Dr. Moin ein klarer Hinweis auf menschliche Ansiedlung. [2]



Abbildung 1: Satellitenbild - Iran, www.google.de/maps, Abruf: 15.06.2019



Abbildung 2: Satellitenbild - Borüjerd, www.google.de/maps, Abruf: 15.06.2019

Sie gilt als eine der ältesten erhaltenen Städte im Iran, deren Geschichte bis weit vor die Islamisierung reicht. Schriftliche Dokumente zur Stadtgeschichte sind aus dieser Zeit jedoch nicht vorhanden. Einer Sage nach lautet es, dass bereits zur Meder Zeit 715 bis 550 v. Chr. die ‚grüne Ebene‘ mittels Pferdezucht bewirtschaftet wurde. Weitere Quellen berichten neben der Vegetation über den Anbau von Safran und Obst, über saubere Gewässer und die Fruchtbarkeit der Region. Im Laufe der Geschichte und vor allem unter der Herrschaft der Seldschuken entwickelte sich die Stadt zu einem wichtigen geostrategischen Standort, der oftmals in das Interesse anderer Herrscher fiel. So berichtet eine Sage von Sakaria Ben Mohamad Mahmud Ghazwini aus dem Jahr 1296 vom ‚Wunder der Stadt‘, als eine feindliche Armee diese erobern wollte, allerdings waren die Angreifer am nächsten Morgen versteinert. Die Geschichte ist laut der Einheimischen auch heute noch im Umland zu erfahren; stark durch Witterung geschädigte Steininformationen sollen demnach die

Soldaten der Belagerer sein. [2] Die nächste Blütezeit erlangte Borūjerd unter der Zeit der Qajaren und entwickelte sich zum Zentrum mehrerer Verwaltungsgebiete. Mittlerweile gilt die zweitgrößte Stadt der Provinz als regionales Zentrum für Industrie, Kultur und Tourismus. Das Stadtbild ist geprägt durch zwanzig alte Moscheen, Basare, Brücken und Häuser die vornehmlich in der Seldschuken- und Qajarenregentschaft erbaut wurden. [5]



Abbildung 3: Satellitenbild - Borūjerd, www.google.de/maps, Abruf: 15.06.2019

Abbildung 4: Satellitenbild - Freitagsmoschee, www.google.de/maps, Abruf: 15.06.2019

Die große Freitagsmoschee von Borūjerd ist eines der historisch bedeutenden architektonischen Denkmale im Stadtzentrum. Sie gehört zu einer der ersten Moscheen, die im Iran gebaut wurde und ist eine einzigartige Sehenswürdigkeit in der Provinz Lorestan. Die Moschee ist das Bauwerk des Islams, in dem der gläubige Muslim sein alltägliches Gebet und sein verpflichtendes Freitagsgebet vollzieht. In jeder Stadt bzw. Gemeinde existierte bis ins 10. Jahrhundert nur eine Moschee als „Versammlungsmoschee“ oder „Freitagsmoschee“. Seit der Herrschaft der abbasidischen Kalifen wurde die Vorschrift aufgelockert. Freitagsmoscheen waren vorher nur größeren Orten bzw. Städten vorbehalten, an denen Wochenmarkt abgehalten wurde. Nach dem Markt soll die gesamte Gemeinde am allgemeinen Freitagsgebet zusammenkommen. Die Rolle der Freitagsmoschee war in der islamischen Gesellschaft fest verankert. Neben der Funktion als Gebets- und Lehrstätte, fungierte sie auch Mittelpunkt der gläubigen Gemeinschaft. Sie erfüllte auch politische Zwecke, so diente sie auch als Ort der Rechtssprechung. Der Kalif, als Herrscher einer Dynastie, hatte ursprünglich die Rolle eines obersten Richters inne; er konnte diese Funktion aber auch einen *Imam* (Vorbeter) übertragen. Zusätzlich beinhalteten die Moscheen als Träger des öffentlichen Lebens auch beispielsweise Bibliotheken und Apotheken. [6]

I.1.2 Bestandsbeschreibung der Anlage

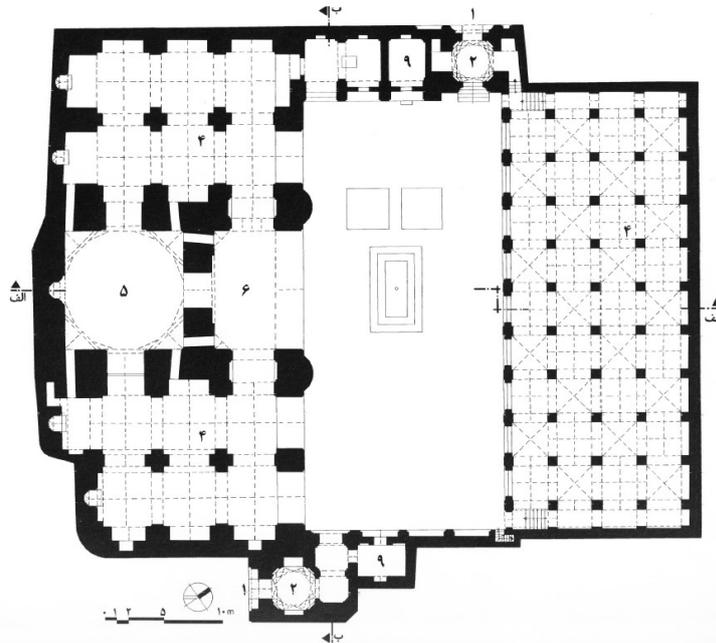


Abbildung 5: Freitagsmoschee von Borūjerd, Grundriss [3]

Anhand der publizierten Planunterlagen des *Ganjnameh* soll die Moschee in Borūjerd im Folgenden vollumfänglich beschrieben und auf wichtige Konstruktionselemente kurz hingewiesen werden. Grundsätzlich ist jedoch zu sagen, dass der Islam nicht an eine bestimmte architektonische Form festgemacht werden kann. Das ist in der europäischen sakralen Architektur anders, in der Stile in den Jahrhunderten fest zu verankern sind. Die Erde gilt, nach einem Wort des Propheten, als Gotteshaus, das Gott den Menschen überlassen hat. „Die Welt als Ganzes ist also ein potentiell Heiligtum, und das Sakrale kann durch Hinwendung zum Zentrum überall vergegenwärtigt werden, sei es im Haus, in der Moschee oder in der freien Landschaft.“ [7, S.26] Das Zentrum steht dabei sinnbildlich für die Kaaba in Mekka. Demnach ist festzuhalten, dass die islamische Architektur keine absolute Unterscheidung zwischen ‚sakralen‘ und ‚profanen‘ Bereichen kennt. Der Grundriss einer typischen iranischen Moschee ist konvergent in Karawansereien und Wohngebäuden zu finden. Dabei dienen allgemein gesprochen die einzelnen Bereiche auch ganz pragmatischen Gründen. Wie diese in Borūjerd zur Gestaltung gekommen sind, soll des Weiteren ebenfalls beleuchtet werden. Jede Moschee erfüllt dabei drei wichtige Zweckmäßigkeiten: die „Abgrenzung nach außen, Ausrichtung nach Mekka und kultische Reinheit.“ [8, S.9]

Die einzelnen Gebäudeteile der Moschee sind um einen **zentralen Innenhof** gruppiert. Er besitzt die Abmessungen von ungefähr 17,00 x 37,00 m und wird bestimmt durch eine in der Mitte liegenden Brunnenanlage und drei große Beete mit Bäumen. Die rituelle Reinheit ist die wichtigste Bedingung für das Gebet. Diese kann im Glauben des Islams durch eine in allen Bewegungen festgelegte Vorgehensweise der Waschung erzielt werden. Neben der pragmatischen Anwendbarkeit der rituellen Reinigung mithilfe der Brunnenanlage symbolisiert sie das fließende Wasser, das in der islamischen Kultur eine besondere Rolle einnimmt. Das Wasser als lebensnotwendiges Element war bereits für die ersten Nomadenstämme von großer Bedeutung. Der bewässerte Garten und die Oase gelten als greifbare Wunschbilder. Das Wasser ist im Koran als Repräsentation des ewigen Lebens fest verankert. [7] Der Waschungsbrunnen im Hof oder ein Waschraum, der an der Moschee angeschlossen ist, ist daher eines der wichtigsten Elemente der islamischen Architektur.

Tabelle 2: Fotodokumentation - Zentraler Innenhof



Abbildung 6: Zentraler Innenhof, Blick nach Norden, Aufnahme von Schabastan Ost (P. Schalk)

Abbildung 7: Zentraler Innenhof, Blick nach Osten, Aufnahme von Minarett West (P. Schalk)

Südlich am Hof schließt sich der wichtigste Teil der Anlage an. Betreten wird der **südliche Bereich** über einen *Iwan* (Eingangportal) flankiert von zwei Minaretten und zwei seitlich anschließenden *Schabastanen* (Gebetshallen) mit der Abmessung von 22,50 x 43,50 m.

Für die damaligen Herrscher galt der *Iwan* in der Profanarchitektur als Symbol der Macht. Der *Iwan* ist ein zum Innenhof zugewandter Aufenthaltsraum. Er wurde für den Empfang von Gästen, den Unterricht der koranischen Wissenschaften oder zum Gebet verwendet. Durch die Dynastie der Seldschuken wurde die Konstruktion des *Iwans* ab dem 11. Jahrhundert weiterverbreitet. [7] Er nimmt von der Formensprache das Motiv einer Gebetsnische auf, auf die nachfolgend näher eingegangen werden soll.

Tritt man ebenerdig durch das Eingangportal gelangt man zu dem Kuppelraum der Moschee. Dieser spielt in der islamischen Auffassung eine wichtige Rolle. Die religiöse Aussage wird durch die Formgebung des umbauten Raums bestimmt. Die Symbolik der Architektur ist damit ein maßgebliches Leitmotiv. Beispielsweise gilt die Kuppel dabei sinnbildlich für das Himmelsgewölbe und für die Einheit zwischen Schöpfer und Kosmos. [8] Die Kuppel erhebt sich von einem quadratischen Grundriss in einen Übergangsbereich, in welchem die Quadratur des Kreises sukzessive angenähert wird; zum Überspannen der Ecken sind Trompen ausgebildet. Das Haupterfordernis einer Gebetsstätte ist die Ausrichtung der *qibla* Wand (südliche Wand) in die Gebetsrichtung Mekka. In ihr eingebettet ist das wohl wichtigste Ausstattungsmerkmal einer Moschee, die sogenannte *mihrab* (Gebetsnische). Ihre Symbolik geht dabei auf einen Lichtvers des Korans zurück. Nach diesem ist Gott das Licht von Himmel und Erde. Gottes Licht kann dabei mit einer Lampe, welche sich in einer Nische befindet, verglichen werden. Der Islam verzichtet auf eine bildliche Darstellung Gottes, allerdings ist die Gebetsnische mit dieser gleichzusetzen. Die *mihrab* ist deshalb meistens an einer entscheidenden Stelle im Raum der Moschee angeordnet. Die Form der Nische ist eine bekannte Darstellung in der islamischen Kunst. Sie ist beispielsweise auf Wandbildern, Reliefsen, Fliesen oder in der Buchmalerei wiederzufinden. Aber auch in der Baukonstruktion ist sie in Form einer Arkade anzutreffen. Sie „fordert den Betrachter zur religiösen Andacht auf“ [8, S.31] Ein zweites elementares Ausstattungsmerkmal ist die rechts von der Gebetsnische aufgestellte *minbar*. Die Kanzel dient als Podest für die Predigt. Es erhebt den Sprecher von der Gemeinde und geht in seiner Ausbildung auf die Frühzeit des Islams zurück. Des Weiteren wurde sie auch von frühen herrschenden Kalifen für politische Zwecke genutzt, um sich als ‚Befehlshaber der Gläubigen‘ von der Gemeinde abgrenzen zu können. [8]

Von dem Kuppelraum gelangt man in westlicher und östlicher Richtung in zwei *Schabastane*, in denen sich zwei Arkaden reihen. Diese folgen mit ihren spitzbogigen Gurten symbolisch der oben beschriebenen Form der Gebetsnische. Die Funktion der zwei Gebetshallen ist die geschlechtliche Trennung der Gläubigen während des Freitagsgebetes; der östliche Teil ist den Männern vorbehalten, die Frauen kommen im westlichen Teil unter. In den *Schabastanen* kann der Einzelne

I. Bestandserfassung der vorgefundenen Konstruktion

sowohl für sich selbst als auch in der Gemeinschaft beten. Jedoch wird das Gebet überwiegend gemeinschaftlich unter Leitung eines *Imams* vollzogen. [7] Von beiden Hallen aus kann über zwei Zugänge in das abgehende Kellergeschoss gelangt werden. Durch eine siebenstufige neu eingestellte Stahlstiege gelangt man in den Raum in welchem eine Betonplatte und zwölf I-Träger Stahlstützen eingestellt sind.

Tabelle 3: Fotodokumentation - Südlicher Bereich



Abbildung 8: Iwan, Blick nach Süden, Aufnahme von Schabastan Nord (P. Schalk)



Abbildung 9: Kuppelraum, Blick nach Südost, Aufnahme aus Kuppelraum (P. Schalk)

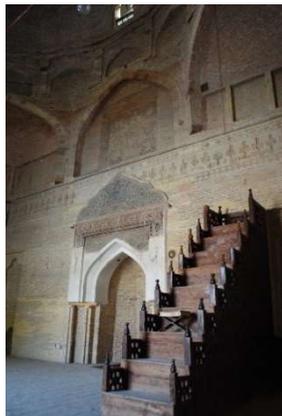


Abbildung 10: mihrab und minbar, Blick nach Südost, Aufnahme aus Kuppelraum (P. Schalk)



Abbildung 11: Schabastan Ost, Blick nach Süden, Aufnahme aus Schabastan Ost (P. Schalk)

Der **westliche Bereich** der Anlage untergliedert sich in einen Eingangsbereich, einen Gebetsraum und einen Waschraum. Betritt man die Moschee steigt man symbolisch über die Schwelle, verlässt somit die ideale Welt und tritt in das Verhältnis mit Gott. [8] Der Eingang ist zusätzlich durch einen oktogonalen Grundriss akzentuiert und hat an seiner Südseite eine kleine Gebetskammer und ein Wasserbecken, die sogenannte *saqqakhaneh*. Diese Stelle geht auf die Sage des Märtyrertods des schiitischen *Imam Abbas* während einer Belagerung Borūjers zurück. Dieser wollte für seine Anhänger aus naheliegenden Gewässern Wasser holen. Auf dem Rückweg wurden ihm von feindlichen sunnitischen Besitzern zuerst beide Hände abgetrennt und nachdem er sich den gefüllten Tonkrug im Lederbeutel um den Hals hing, um zu seinen Gläubigen zu gelangen, wurde er mit Pfeil und Bogen hingerichtet. [2] Die *saqqakhaneh* soll ein Ort der Andacht und Erinnerung bleiben, auch dadurch, dass Durstigen Wasser gespendet werden kann. Der angrenzende Waschraum besitzt einen direkten südlichen Eingang aus dem westlichen *Schabastan* und einen östlichen Eingang vom Innenhof.

Tabelle 4: Fotodokumentation - Westlicher Bereich



Abbildung 12: Eingang West, Blick nach Süden, Aufnahme Masjid-e-Jāmeḥ Gasse (P. Schalk)

Abbildung 13: Detail Kuppel, Aufnahme aus Eingang West (P. Schalk)

Im **nördlichen Bereich** der Anlage schließt sich ein weiterer *Schabastan* an, der nicht ebenerdig betreten werden kann. Über einen westlich gelegenen Treppenabgang gelangt man in einen Tunnel, der seitlich in die Moschee führt. Mündliche Überlieferungen berichten von einer sich darin befindenden Brunnenanlage, aus der mittels Kühen Wasser nach oben transportiert wurde. Der Brunnen konnte vom Verfasser dieser Masterthesis bei seiner vor Ortbesichtigung nicht gefunden werden. Die Arkadenhalle untergliedert sich in dreißig quadratische Stützen von denen in alle vier Richtungen wieder spitzbogige Gurte mit geringer Deckenhöhe anschließen. Sie dient als Wintergebetssaal, in dem das Licht durch neun Oberlichter aus dem zentralen Innenhof einfällt. Besonders hervorzuheben ist die hier zum Einsatz gekommene Belüftungstechnik. In regelmäßigen Abständen ist die Decke durch Schlöte durchbrochen; dadurch kann die warme Luft aus dem Inneren des *Schabastan* zirkulieren.

Tabelle 5: Fotodokumentation - Nördlicher Bereich



Abbildung 14: Nördlicher Bereich, Blick nach Norden, Aufnahme aus Innenhof (P. Schalk)

Abbildung 15: Lüftung, Blick nach Norden, Aufnahme aus Schabastan Nord (P. Schalk)

Im **östlichen Bereich** der Anlage schließt sich ein weiterer Eingang zur Moschee und eine kleine Kammer an. Der Eingang ist wie im westlichen Teil durch einen oktogonalen Grundriss akzentuiert; es befindet sich zusätzlich ein Grab in ihm. Anders als im westlichen Bereich knickt der Zugang zur Moschee nach Westen zum zentralen Innenhof ab.

Tabelle 6: Fotodokumentation - Eingang Ost



Abbildung 16: Eingang Ost, Blick nach Nordost, Aufnahme aus Jafari Street (P. Schalk)

Abbildung 17: Detail Kuppel, Aufnahme aus Eingang Ost (P. Schalk)

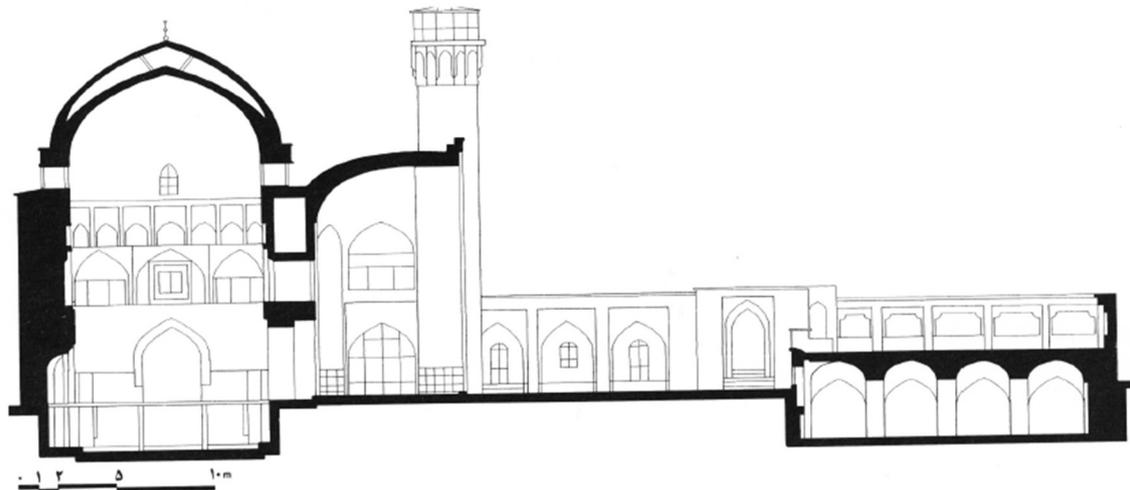


Abbildung 18: Freitagsmoschee von Borūjerd, Längsschnitt [3]

Die Freitagsmoschee von Borūjerd ist in die umliegende **Nachbarbebauung** eingebettet. Nördlich von ihr schließt Wohnbebauung an. Entlang im Westen verläuft die Gasse *Masjid-e-Jāmeḥ* (zu Deutsch: Gasse Freitagsmoschee), an der sich weitere Bebauungen anschließen, die im direkten Zusammenhang mit der Moschee stehen. Früher gab es einmal einen Wasserspeicher, der aber mittlerweile nicht mehr genutzt wird. Auch noch heute gibt es einen rituellen Waschraum mit Hofanlage, der unter anderem mittlerweile auch als öffentliche Sanitäreinrichtung genutzt wird. Die *qibla*-Wand grenzt an die Jafari Street. Von der unteren Außenkubatur der Moschee ist allerdings nichts zu erahnen, da an sie direkt überwiegend Läden angebaut wurden. Von der Jafari Street gelangt man über eine schmale Gasse zum östlichen Eingang der Moschee. Zur Zeit der Begutachtung von Siroux und Mehrjar befand sich an ihr noch ein altes *hamam* (Orientalisches Bad) mit dreieckigem Grundriss, das aber bei der vor Ortbesichtigung 2018 nicht mehr vorhanden war. Es war damals für das Gemeinwesen errichtet worden.

Tabelle 7: Fotodokumentation - Nachbarbebauung



Abbildung 19: Ritueller Waschraum, Blick nach Süden, Aufnahme aus Waschraum (P. Schalk)

Abbildung 20: Nachbarbebauung, Blick nach Norden, Aufnahme aus Jafari Street (P. Schalk)



Abbildung 21: Urspr. Hamam, Blick nach Nordost, Aufnahme von Schabastan Ost (P. Schalk)

Abbildung 22: Eingang Ost, Blick nach Osten, Aufnahme von Schabastan Ost (P. Schalk)

I.1.3 Forschungskampagne und Bewertung der Grundlage

Vom 20.01.2013 – 24.01.2013 wurde eine Forschungsreise zur Freitagsmoschee von Borūjerd unternommen. Ein Forschungsschwerpunkt Herr Prof. Dr. Lorenz Korn, der die Professur für Islamische Kunstgeschichte und Archäologie an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg innehat, ist die islamische Architektur im Iran und in Zentralasien des 10. bis 16. Jahrhunderts. In diesen Zeitraum fällt auch der oben genannte Kuppelraum der Moschee, der im Zuge der Kampagne außerdem mittels eines terrestrischen Laserscans zu Dokumentationszwecken aufgenommen werden sollte.

Die Bestandserfassung wird derzeit signifikant durch die Technologie des 3D-Laser-Scannings verändert. Das Ergebnis des terrestrischen Scanvorgangs ist eine Punktwolke, die innerhalb kurzer Zeit aus Millionen gemessener Punkte generiert wird. Die beträchtliche Datenmenge besitzt dabei nicht nur Vorteile. Ein Nachteil ist, dass in einem rechenintensiven Prozess diejenigen Informationen herausgefiltert werden müssen, die für die weitere Bearbeitung relevant sind. Dafür gibt es bisher noch kein automatisches Verfahren. Nichts desto trotz wird die schnelle technische Entwicklung diese Problematik sicherlich zukünftig bewerkstelligen können. Der wesentliche Vorteil der Punktwolken ist das gewonnene vollständige Abbild des Bestandes, das bei richtiger Durchführung der Vermessung entsteht. Ausschlaggebend ist die erzeugte Punktdichte auf der Oberfläche. Als ausreichend gilt eine Punktdichte von etwa 5,00 mm zur Erstellung von detaillierten Planunterlagen. Die auf dem Markt erhältlichen Systeme erfüllen diese Anforderung. [9] Bei der Messkampagne im Jahr 2013 wurde ein Scanner des Typs **Faro Focus3D** verwendet. Er sendet mit einer bekannten Frequenz einen Laserstrahl zum Messobjekt. Vom Vermessungsgegenstand wird ein Teil des Laserstrahls zum Laserscanner zurück reflektiert. Die Phasenverschiebung zum ausgesendeten Strahl wird vom Messsystem bestimmt. Folglich kann der Weg zum Messobjekt ermittelt werden, da die Lichtgeschwindigkeit eine bekannte Konstante ist ($v = 300.000.000 \text{ m/s}$). [10]

$$s = v * t$$

Laserscanner besitzen den Vorteil, dass unmittelbar eine Vielzahl von Messpunkten präzise erfasst werden können. Der Scanner besitzt einen Motor, der einen Spiegel in drei verschiedene Richtungen im Raum rotieren lässt. Dadurch wird die Distanz durch Senden und Empfangen des Laserstrahls aufgezeichnet. Für das Messen ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass das Messobjekt nicht verdeckt ist und ausreichend zugänglich ist. Ist die direkte Linie des Lasers zum Vermessungsgegenstand durch ein anderes Objekt gestört, entstehen Verschattungen. Dadurch ist es unerlässlich, den Laserscanner wiederholt umzustellen. Die neue Scanposition muss über die zuvor angelegten Passpunkte stationiert werden. Durch das Messrauschen sind die Messergebnisse fehlerbehaftet. Die Abweichungen besitzen reinen Zufallscharakter. Das Ergebnis der Messung kann durch mehrmalige Messung an einer Scanposition optimiert werden. Durch eine anschließende Mittelwertbildung kann dieses noch weiter verbessert werden. [10]

Der Scan der Freitagsmoschee von Borūjerd wurde von zwei ehemaligen Mitarbeitern der Otto-Friedrich-Universität Bamberg ausgeführt. Die nachfolgende Tabelle listet die einzelnen Scans und deren Standort in der Moschee auf. Die Tabelle wurde vom Verfasser dieser Masterarbeit erstellt um einen ersten Überblick über die einzelnen Scanpositionen und deren Vermessungsabsicht zu bekommen.

Tabelle 8: Auflistung der Einzelscans und Verortung

Nr.	Position	Standort	Vermessungsziel / -gegenstand
001	DG Südanlage	Eingangportal 'Iwan': östliches Minarett	äußere Kubatur und Zentraler Hof
002	DG Südanlage	Eingangportal 'Iwan': Zwischen den Minaretten in der Scheitellinie 'Iwan'	äußere Kubatur und Zentraler Hof
003	/ /	/	/
004	DG Südanlage	Eingangportal 'Iwan': westliches Minarett	äußere Kubatur und Zentraler Hof
005	DG Außenanlage	Nachbarbebauung: Westlich an Gasse der Freitagsmoschee	äußere Kubatur
006	DG Außenanlage	Nachbarbebauung: Südwestlich an Jafari Street	äußere Kubatur
007	DG Außenanlage	Nachbarbebauung: Südöstlich an Jafari Street	äußere Kubatur
008	EG Südanlage	Eingangportal 'Iwan': Eingangstür zu Kuppelraum in der Scheitellinie 'Iwan'	Zentraler Hof und Eingang
009	EG Südanlage	Zentraler Innenhof: Brunnenanlage	angrenzende Fassaden zu Innenhof
010	EG Südanlage	Gebetshalle 'Schabastan', Ost: Aufstellung nördlich in Gebetshalle	Innenraum 'Schabastan', Ost
011	EG Südanlage	Gebetshalle 'Schabastan', Ost: Aufstellung südlich in Gebetshalle	Innenraum 'Schabastan', Ost
012	EG Südanlage	Eingang zu Kuppelraum: von östlichem 'Schabastan'	Kuppelinnenraum und 'Schabastan', Ost
013	EG Südanlage	Kuppelraum: vor Gebetsnische 'mihrab'	Kuppelinnenraum und innere Kuppelschale

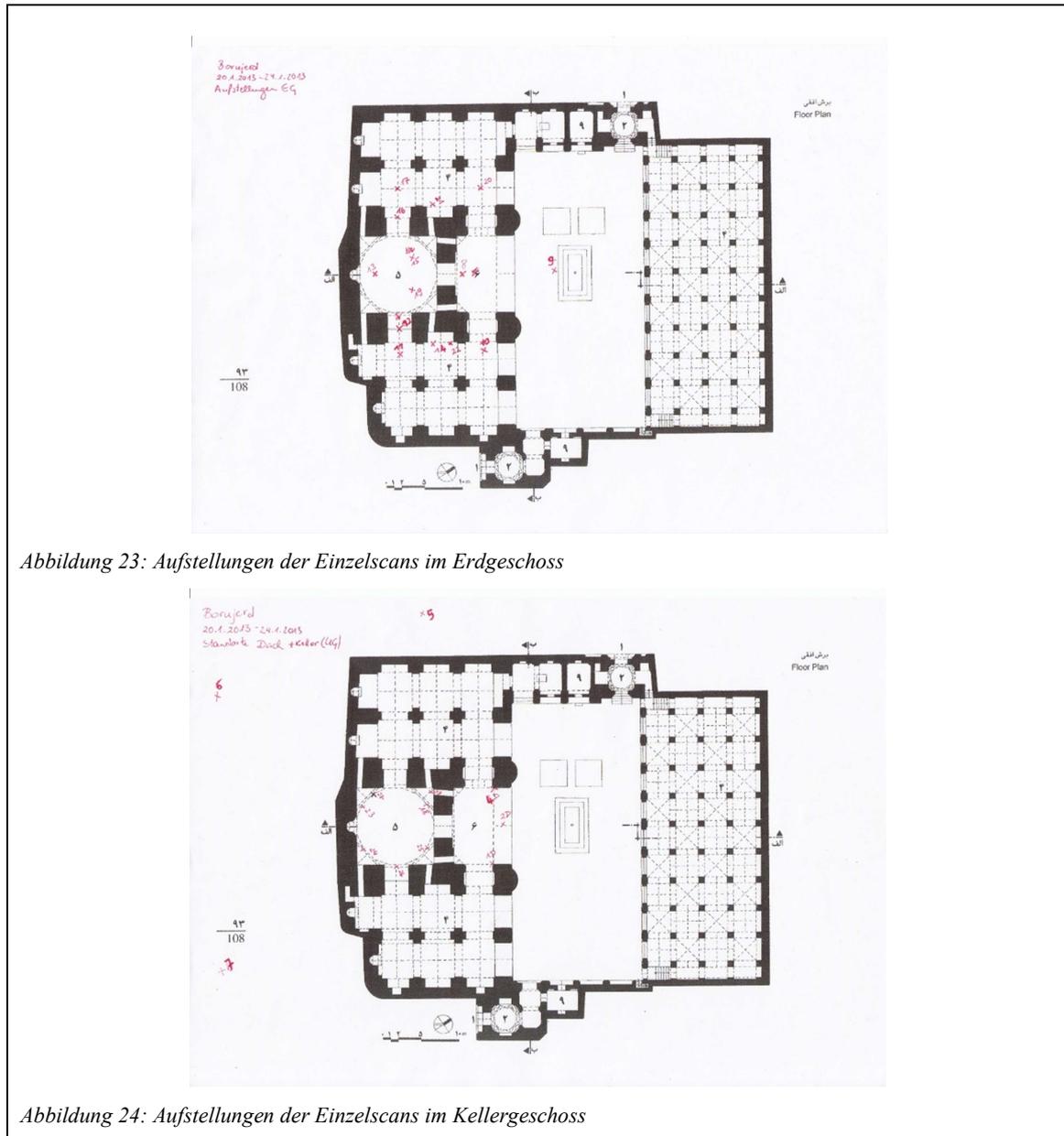
I. Bestandserfassung der vorgefundenen Konstruktion

014	EG	Südanlage	Gebetshalle ' <i>Schabastan</i> ', Ost: Aufstellung zentral in Gebetshalle	Innenraum ' <i>Schabastan</i> ', Ost und Abgang KG
015	EG	Südanlage	Kuppelraum: westlicher Teil	Kuppelinnenraum und innere Kuppelschale
016	EG	Südanlage	Eingang zu Kuppelraum: von westlichem ' <i>Schabastan</i> '	Kuppelinnenraum und ' <i>Schabastan</i> ', West
017	EG	Südanlage	Gebetshalle ' <i>Schabastan</i> ', West: Aufstellung südlich in Gebetshalle	Innenraum ' <i>Schabastan</i> ', West
018	KG	Südanlage	Kuppelraum: Aufstellung, Nordwest an westlichem Abgang	Innenraum unter GOK und Abgang KG
019	EG	Südanlage	Kuppelraum: östlicher Teil	Kuppelinnenraum und innere Kuppelschale
020	EG	Südanlage	Gebetshalle ' <i>Schabastan</i> ', West: Aufstellung nördlich in Gebetshalle	Innenraum ' <i>Schabastan</i> ', West
021	EG	Südanlage	Gebetshalle ' <i>Schabastan</i> ', West: Aufstellung zentral in Gebetshalle	Innenraum ' <i>Schabastan</i> ', West und Abgang KG
022	EG	Südanlage	Gebetshalle ' <i>Schabastan</i> ', Ost: Aufstellung zentral in Gebetshalle	Innenraum ' <i>Schabastan</i> ', Ost
023	KG	Südanlage	Kuppelraum: Aufstellung, Südwest	Innenraum unter GOK
024	KG	Südanlage	Kuppelraum: Aufstellung, Südost	Innenraum unter GOK
025	KG	Südanlage	Kuppelraum: Aufstellung, Nordost	Innenraum unter GOK
026	KG	Südanlage	Kuppelraum: Aufstellung, Ost	Innenraum unter GOK
027	KG	Südanlage	Kuppelraum: Aufstellung, Südwest	Innenraum unter GOK
028	/	/	/	/
029	KG	Südanlage	Kuppelraum: Aufstellung, Nordwest an westlichem Abgang	Innenraum unter GOK und Abgang KG

Insgesamt wurden siebenundzwanzig Einzelscans erstellt. Was mit den Daten der Scanpositionen 003 und 028 geschehen ist, kann nicht gesagt werden. Es wurde die Außenkubatur der Moschee von insgesamt sechs Positionen erfasst, von denen drei auf dem Dach der Moschee und drei auf der umliegenden Bebauung platziert wurden. Im Erdgeschoss wurde die äußere Ansicht des Eingangsportals, der zentrale Kuppelraum und Teile der angrenzenden Gebetshallen vermessen. Abschließend wurde das Kellergeschoss aufgenommen, wobei hier mehrere Scanpositionen aufgestellt wurden, um weniger Verschattungseffekte aufgrund der sich darin befindenden Stahlträgern zu bekommen. Um die daraus entstehenden Punktwolken adäquat mit einander verbinden zu können wurde eine zusätzliche Position 021 eingerichtet, die wiederum den Abgang zum Kellergeschoss als Vermessungsgegenstand hatte. Auf Grundlage dieser Rohdaten konnte im Nachhinein mittels des Programms „Faro Scene 7.1.1.81“ die Punktwolke stationiert werden.

I. Bestandserfassung der vorgefundenen Konstruktion

Tabelle 9: Plan zu den Standorten der Scanpositionen, Mitarbeiter der Universität Bamberg



Zusammenfassend ist zu sagen, dass der hauptsächliche Vermessungsgegenstand der zentrale Kuppelraum in seiner äußeren und inneren Kubatur war. Durch die Reichweite der terrestrischen Laserscan Vermessung wurden alle vier Bereiche der Moschee oberflächlich miterfasst. Bei der weiteren Bearbeitung der Punktwolke ergab sich jedoch, dass die Punktdichte des nördlichen, östlichen und westlichen Bereichs zu gering war, weswegen das Erstellen von Bestandsplänen in diesen Abschnitten nicht möglich war; das Zeichnen dieser wäre rein hypothetischer Natur gewesen.

Tabelle 10: Auszug Recap - Übersicht der Punktwolkendichte der Teilbereiche

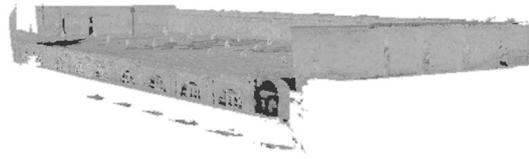


Abbildung 25: Recap - Nördlicher Bereich, Ansicht aus Zentralen Innenhof nach Nordwesten

Aus der bearbeiteten Punktwolke ergibt sich, dass vom nördlichen Bereich die Fassade zum Innenhof, die Dachaufsicht und die umgrenzenden Mauern ersichtlich sind. Die Säulenhalle im Inneren wurden nicht eingemessen; es sind lediglich die reflektierten Strahlen durch die Fenster auf das Bodenniveau zu erkennen. Diese bleiben jedoch rein spekulativ, da bei der Vermessung durch Fenster durch die Lichtbrechung des Glases die Richtung des Laserstrahls verzerrt wird.



Abbildung 26: Recap - Östlicher Bereich, Ansicht aus Zentralen Innenhof nach Südosten

Abbildung 27: Recap - Westlicher Bereich, Ansicht aus Zentralen Innenhof nach Südwesten

Von den östlichen und westlichen Bereichen der Anlage ist ebenfalls nur die Hofansicht und die Außenwand zu erkennen. Die Binnengliederung, der in den Bereichen sich befindenden Räumen, war kein Vermessungsgegenstand. Es können keine fundierten, geschweige denn verformungsgerechte Planunterlagen angefertigt werden.



Abbildung 28: Recap - Südlicher Bereich, Ansicht aus Zentralen Innenhof nach Südwesten

Hauptaugenmerk galt der Vermessung des Kuppelraums. Dieser wurde sowohl in seiner inneren wie äußeren Kubatur eingemessen. Die anschließenden Gebetshallen wurden ebenfalls nur in der angrenzenden Arkadenreihe berücksichtigt.

Aufgrund der Punktdichte wurde in der Bearbeitung dieser Masterthesis zum Ziel gesetzt, verformungsgerechte Grundrisse und Schnitte des südlichen Bereichs der Freitagsmoschee von Borūjerd anzufertigen. Abbildung 29 verdeutlicht die Korrespondenz der einzelnen Scanpositionen zueinander. Jede Position hat seine eigene Farbe und ist mit einer Fahne gekennzeichnet. Wie bereits erwähnt, wurde lediglich die erste Arkadenreihe der *Schabastane* mit eingemessen. Demnach kann die hintere Innenwand der zweite Arkadenreihe nur aus den Streumessungen, aus

den Beobachtungen vor Ort und der fotografischen Dokumentation konstruiert werden. Diese Annahmen sollen in den Bestandsplänen als gestrichelte Linie ausgeführt werden.

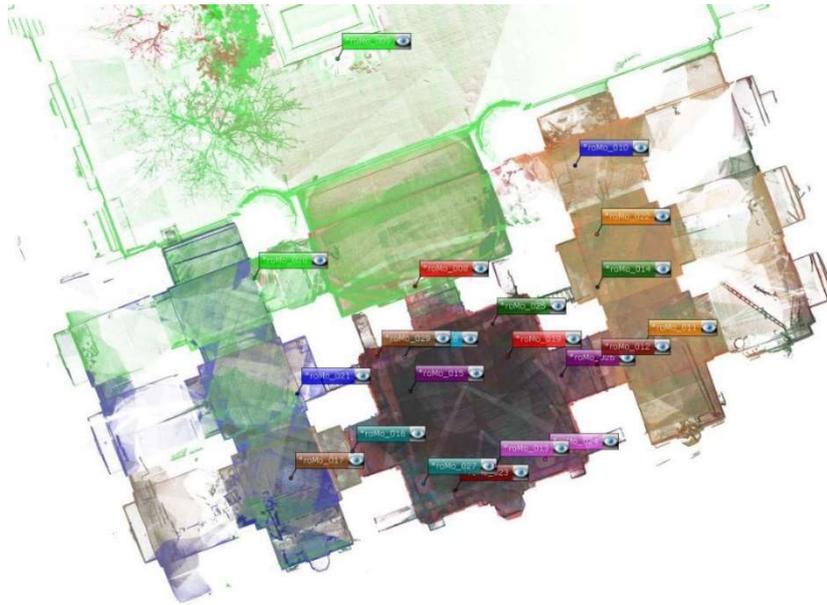


Abbildung 29: Faro Scene - Korrespondenzansicht, Erdgeschoss, Südlicher Bereich



Abbildung 30: Faro Scene - Längsschnitt, Außen- / Innenkuppel

Neben den erläuterten Einschränkungen in der Planausfertigung gab es ebenfalls technische Problemstellungen und Schwierigkeiten bei der Vermessung, die nachfolgend kurz Gegenstand der Ausführung sein sollen. Aus „Faro Scene 7.1.1.81“ konnte entnommen werden, dass die Einzelmessung im Außenbereich auf den Dächern der Nachbarbebauung pro Standort eine Messzeit von einer halben Stunde hatte. Dies führte dazu, dass sich aufgrund des leichten Stativs des Laserscanners auf der umliegenden Bebauung bei der Vermessung der Außenkubatur leicht hin und her bewegte. Folglich kam es zu einer Überlagerung der Punktwolken in einigen Bereichen. Abbildung 30 zeigt den Schnitt durch die Innen- sowie Außenkuppel; gelb hervorgehoben ist der Scan, der sich schalenartig über die eigentliche Punktwolke gelegt hatte. Wie damit im Einzelnen umgegangen wurde, soll in der späteren Ausführung nochmal angesprochen werden. Insgesamt waren die Punktwolken der einzelnen Scanpositionen sehr schlecht zueinander stationiert. Dies kann unter anderem auch daran liegen, dass die eingemessenen Passpunkte durchgängig auf einer Höhe angeordnet wurden, wie dies Abbildung 32 verdeutlichen soll. Üblicherweise ist das Messsystem so auszurichten, dass sich die einzelnen Punktwolken zueinander nicht verdrehen können. Dies setzt eine willkürliche Verteilung der Messpunkte auf verschiedenen Höhen und Abständen voraus. Generell sollten diese pro Scanposition in Form eines Y ausgerichtet sein (Abbildung 31).

Tabelle 11: Messprinzip der Passpunkte und Lokalisation im Querschnitt

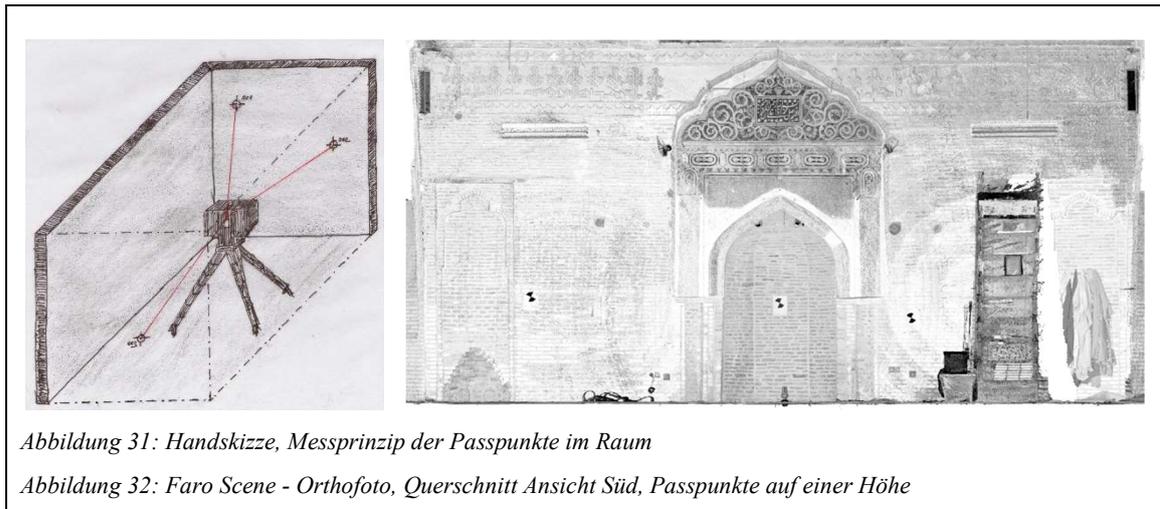


Abbildung 31: Handskizze, Messprinzip der Passpunkte im Raum

Abbildung 32: Faro Scene - Orthofoto, Querschnitt Ansicht Süd, Passpunkte auf einer Höhe

I.2 Absteckung der Planungsgenauigkeit

Für das Planen weiterer Maßnahmen ist es unabdingbar aussagekräftige Bestandspläne für die Erfassung eines Gebäudes zu erstellen. Die Anforderungen an die Bauaufnahme sind Erfassungstiefe und der Zielmaßstab. Danach richtet sich die Methoden und die notwendige Vermessungsgenauigkeit. Die Einteilung von Bestandsplänen in vier Genauigkeitsstufen ist im Bereich der Denkmalpflege weit verbreitet. Nachfolgend wird sich auf die Ausformulierung von Cramer und Breitling bezogen: [9]

„**Genauigkeitsstufe I**, Systemaufmaß im Maßstab 1:100, dient zur einfachen Dokumentation eines Gebäudetyps in Grundrissgliederung, Höhenentwicklung, Form und Außenerscheinung. Die Pläne sollen als Besprechungsgrundlage bei Vorplanungen dienen oder Grundlage für Renovierungsmaßnahmen ohne Eingriffe in die Bausubstanz sein.“ [9, S.54]

Die entstehenden Planunterlagen haben somit eine Maßtoleranz von +/- 10 cm und zeigen nur erhebliche Verformungen und Unregelmäßigkeiten im Grundriss. Sie zeigen zudem vereinfachte Darstellungen der Wand- und Deckenstärken, aber keine Ausstattungsteile und keine Oberflächen. [9]

„**Genauigkeitsstufe II** ist ein annähernd wirklichkeitstretues Aufmaß im Maßstab 1:50 oder 1:100 als Grundlage für einfache Sanierungen ohne weiterführende Umbaumaßnahmen oder als Grundlage für Orts- und Stadtbildanalysen sowie für vorsorgliche Dokumentation auch im Rahmen der klassischen Inventarisierung dienen.“ [9, S.54f]

Die Maßtoleranz liegt bei +/- 5 cm und bildet somit Verformungen kleiner als 10 cm und deutliche Unregelmäßigkeiten im Grundriss ab. Dadurch können wirklichkeitstretue Darstellungen der Wand- bzw. Deckenstärken sowie die wesentlichen Konstruktionsteile und Ausstattungsmerkmale abgebildet werden. [9]

„**Genauigkeitsstufe III** ist ein exaktes und formtretues Aufmaß im Maßstab 1:25/1:20, das auch den Erfordernissen der Bauforschung genügt und die Grundlage für Umbaumaßnahmen bildet. Voraussetzung für das formtretue Aufmaß ist ein dreidimensionales Vermessungssystem, auf das die Detailaufnahme in allen Räumen außerhalb und innerhalb des Gebäudes aufgebaut ist. Die Höhen sind auf Meereshöhe (m ü. NN) zu beziehen. Grundrisspläne, Schnitte und Ansichten müssen über Netzkreuze oder Passpunkte auf- oder aneinander angepasst werden können. Die Aufnahmen und Auftragungen müssen vor Ort erfolgen. Die Darstellungsgenauigkeit muss innerhalb +/- 2,5 cm liegen. In den Plänen wird, soweit erkennbar, folgendes dargestellt: Konstruktion und Struktur der Wände, Spannrichtungen der Deckenbalken im Grundriss, deutlich sichtbare Verformungen wie Deckendurchbiegungen, Fußbodengefälle und Wandneigungen sowie Grundrissabweichungen

vom rechten Winkel, Hinweise auf frühere Bauzustände. Zusätzlich kann die Darstellung von Ausbaudetails wie Türen, Fenstern oder Lamberien durch vereinfachte Konturen vereinbart werden.“ [9, S.55f]

„Genauigkeitsstufe IV ist ein wissenschaftliches Aufmaß im Maßstab 1:25 oder 1:20 mit detaillierter Darstellung aller Befunde. Es wird bei hochwertigen Objekten für komplizierte Restaurierungs- und Umbauplanungen, für die statische Sicherung, bei erheblichen Verformungen und planungsvorbereitender Bauzustandsanalyse sowie für alle Zwecke der wissenschaftlichen Bauforschung bis hin zur Translozierung benötigt. Die Darstellungsgenauigkeit muss zwischen +/- 1-2 cm liegen. Hier ist es unerlässlich, die Oberflächen wie Fußbodenbeläge, Wanddekorationen usf. sowie Baubefunde aller Art – ganz besonders in den Anisichten und Schnitten - mit aufzunehmen.“ [9, S.57]

Die Entscheidung der Genauigkeitsstufe ist eine Festlegung von signifikanter Bedeutung. Laut Cramer und Breitling kann dabei als Faustregel gelten, dass je komplizierter und weitreichender eine Baumaßnahme ist, die Pläne umso genauer sein müssen. Für die Arbeit im Bestand hat sich bewährt Pläne in dem Maßstab mit der doppelten Genauigkeit zu erstellen, wie man ihn für die Neubauplanung verwenden würde. Dieser entspricht einem Maßstab von 1:50. [9]

Für die Freitagsmoschee von Borüjerd wurde sich dafür entschieden eine Mischung zwischen Genauigkeitsstufe II und III zu erstellen. Das wirklichkeitsgetreue Aufmaß soll im Maßstab 1:50 erfolgen, aber auch Details wie die Höhen über dem Meeresspiegel, Netzkreuze oder Passpunkte enthalten. Das Plankonglomerat soll aufeinander abgestimmt werden; Schnitte sind markiert und gekennzeichnet und ermöglichen dem Betrachter einen vollumfänglichen Zugang und somit ein Verständnis für das Gebäude.

I.2 Herangehensweise der Auswertung

Ziel der Masterarbeit ist die Erstellung von verformungsgerechten Bestandsplänen, die den Istzustand der Anlage abbilden und für weitere Begutachtungen als Grundlage herangezogen werden können. Dazu musste die stationierte Punktwolke bearbeitet werden, sodass sie letztendlich in einem Format war, das in gängige Zeichenprogramme eingespielt werden kann. Die nachfolgenden Tabellen sollen einen Überblick über die Herangehensweise geben, die verwendeten Programme vorstellen und ihre Ergebnisse präsentieren.

Tabelle 12: Programmvorstellung - Faro Scene

SCENE – Version 7.1.1.81 – Hersteller: Faro Europe GmbH & Co. KG

Die Software wurde für die Verarbeitung und Verwaltung für Scandaten entwickelt und wird herstellerintern mit den Faro Scannern geliefert. Mit ihr können zusätzlich hochwertige Daten in Vollfarbe generiert werden, wenn die fotogrammetrische Vermessung bei der Scan-Positionierung mit eingebunden ist. Nach der Vorbereitung der Scandaten können diese in verschiedene Punktwolken- und CAD-Formate exportiert werden. [11]

Mit Hilfe von Faro Scene konnte die bereits stationierte Punktwolke weiterbearbeitet werden. Neben der terrestrischen Vermessung wurde zusätzlich eine fotogrammetrische ausgeführt. Dadurch kam es zu einer Punktwolkengröße von knapp 30 GB. Aufgrund eines Einspielungsfehlers, bei dem die einzelnen Positionen vermutlich mehrmals eingelesen wurden, hatte die zusammengesetzte Punktwolke eine Größe von 190 GB. Aufgrund der Datengröße konnte diese nicht adäquat in Zeichenprogramme eingespielt geschweige denn gezeichnet werden. Folglich wurde aus der zusammengesetzten Punktwolke die fotogrammetrische Überlagerung herausgerechnet, sodass nur noch eine maßhaltige Punktwolke in Graustufen vorhanden war. Außerdem wurde die Reichweite der Einzelscanpositionen auf 50,00 m verringert, sodass einzelne Streuwerte nicht mehr in die Datenmenge mit einspielen. Die neue Punktwolke wurde im e57- Dateiformat exportiert und konnte weiterverarbeitet werden.

Neben der Schaffung einer Zeichengrundlage wurden mittels Faro Scene zusätzlich Orthofotos erstellt. Diese wurden ebenfalls als Zeichenhilfe für die Planerstellung im Längs- und Querschnitt verwendet sowie zur Darstellung der Bodenflächen. Um ein Schnittbild zu erzeugen, wurde eine Clippingbox eingefügt mit der die Punktwolke bereichsweise angezeigt werden konnte. In der schlussendlichen Ausführung der Bestandspläne wurden 600 Pixel pro m bei mittlerer Bildqualität, 2-stufiger Transparenz und einer Punktgröße von 4,50 mm gewählt. Die Orthofotos wurden als tif-Datei mit zusätzlicher Textdatei, in denen die Koordinaten aus der Punktwolke vorhanden sind, exportiert. Bei Einladen in „AutoCAD 2019“ kann dieses wieder auf Referenz der Koordinaten eingeladen werden und liegt folglich lagerichtig in dem Programm. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zum einen das Orthofoto auf einen separaten Layer in einem neuen Bezugskoordinatensystem einzuladen ist und dass zum anderen die Textdatei niemals gelöscht wird, da sonst die Referenz des Bildes zum Gesamtprojekt gelöst wird.

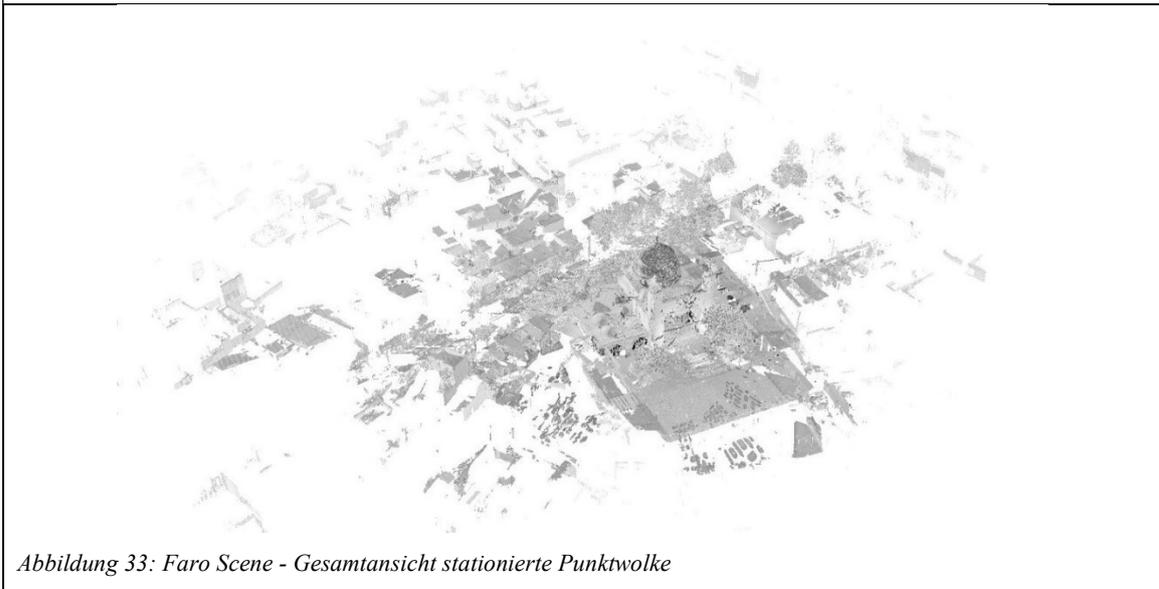


Abbildung 33: Faro Scene - Gesamtansicht stationierte Punktwolke

Tabelle 13: Programmvorstellung - Recap

Recap – Version 5.0.3.58 – Hersteller: Autodesk

Recap ist ein Programm zur Erstellung präziser 3D-Modelle mit Realitätserfassung und gehört zur Autodesk Gruppe. Unter Zuhilfenahme der Werkzeuge können reale Szenarien in ein 3D-Modell oder eine 2D-Zeichnung konvertiert werden, die für die weitere Bearbeitung geeignet sind. Durch die automatische Registrierung der Laserscans können skalierbare Punktwolken generiert werden, die im Programm weiterverarbeitet werden können. [12]

Die exportierte e57-Datei aus Faro Scene konnte in Recap weiterbearbeitet werden. Grundsätzlich wäre die Bearbeitung auch in Scene möglich gewesen, allerdings zeigte sich, dass Recap mit seiner Programmoberfläche wesentlich benutzerfreundlicher war. Die Punktwolke wurde eingeladen, automatisch registriert und Scans, die nicht referenziert werden konnten, gelöscht. Des Weiteren konnten die umliegenden Streupunkte gelöscht werden, sodass am Ende nur noch die Punkte der Moschee im Modell verbleiben. Zudem konnten Bereiche in einer ersten Aufteilung nach den Himmelsrichtungen erstellt werden. Bei näherer Begutachtung der separierten Teile konnte die Punktdichte festgestellt werden und damit die Frage beantwortet werden, welcher Teil ausreichend Grundlage besitzt, um konstruiert zu werden. Der südliche Teil der Anlage wurde in die weiteren kleineren Teilbereiche Kuppelraum, Eingangsportal, *Schabastan* Ost und West segmentiert. Diese konnten wiederum in AutoCAD separat ein- bzw. ausgeblendet werden. Das Exportformat ist eine rcp-Datei, die durch das Add-In „AS-Built“ der Farogruppe in AutoCAD eingeladen werden konnte.

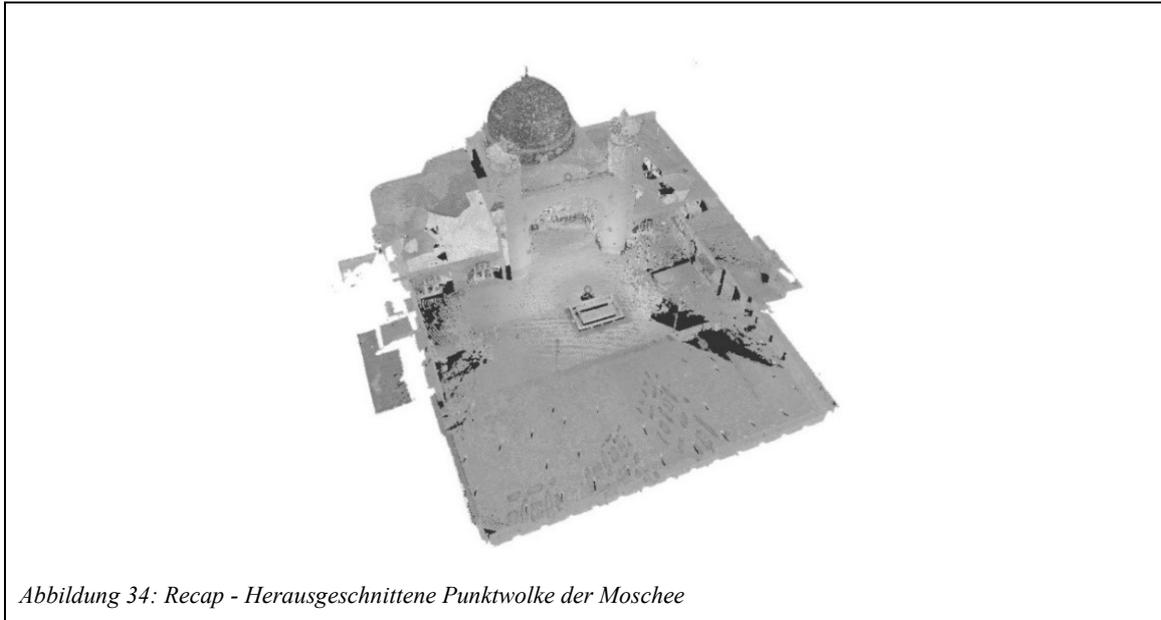


Abbildung 34: Recap - Herausgeschnittene Punktwolke der Moschee

Tabelle 14: Programmvorstellung - Cloud Compare

CloudCompare – Version: 2.10 – Hersteller: GNU General Public License

Ähnlich wie Faro Scene ist CloudCompare eine 3D-Punktwolkenverarbeitungssoftware. Ursprünglich wurde sie für den Vergleich zwischen dichten Punktwolken, wie sie beispielsweise beim Vermessen mittels Laserscan entstehen, und Punktwolken basierend auf Dreiecksnetzen entwickelt. Mittlerweile ist sie zu einer generischen Punktwolkenverarbeitungssoftware erweitert worden, die Algorithmen wie beispielsweise Registrierung, Resampling oder die automatische Segmentierung enthält. Im Vergleich zu den anderen Programmen handelt es sich bei CloudCompare um eine Freeware. [13]

Aufgrund des Herunterstellens der Reichweite der Einzelscans und somit der Verminderung der Datengröße kam es dazu, dass die östliche Außenwand des Kuppelraums auf Dachebene nicht mehr vorhanden war. Deshalb wurde mittels CloudCompare dieser Teilbereich der Moschee herausgeschnitten und als e57-Datei erneut exportiert. Aufgrund seiner Benutzerfreundlichkeit wurde zudem aus CloudCompare die Innenschale der Kuppel herausgeschnitten, aus der des Weiteren ein zusammenhängendes mit Flächen belegtes 3D- Modell generiert werden konnte. Dazu musste es als tst-Datei abgespeichert werden.

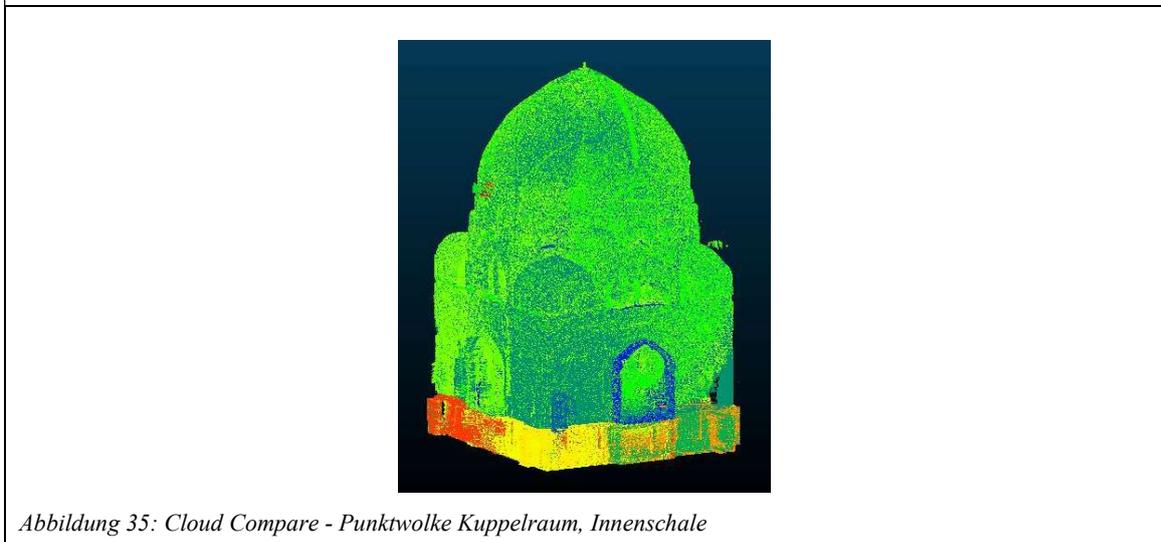


Abbildung 35: Cloud Compare - Punktwolke Kuppelraum, Innenschale

Tabelle 15: Programmvorstellung - Geomagic Wrap

Geomagic Wrap – Version 2017 – Hersteller: Geomagic

Mittels Geomagic Wrap können 3D-Scandaten und importierte Dateien in 3D-Modelle umgewandelt werden. Dabei werden die einzelnen Punkte zum Beispiel mit triangulären Flächen vernetzt. [14]

Dies wurde zum einen für die Innenschale des Kuppelraums vorgenommen. Nach der Vermaschung der Punkte in ein 3D-Modell konnte mit Hilfe der Reparaturwerkzeuge „Löcher füllen, Spitzen entfernen, Glätten und der Mannigfaltigkeit“ eine zusammengesetzte Oberfläche erstellt werden, die aber noch alle Einzelheiten wie beispielsweise Steinformate zeigt. Neben der Innenschale wurde die Außenkuppel auch als 3D-Modell erstellt. Durch die Benutzerfreundlichkeit von Geomagic Wrap konnte ebenfalls der oben beschriebene Fehler (Abbildung 30) der schalenartigen doppelten Anhäufung der Punkte in diesem Bereich herausgenommen und die Außenkubatur der Kuppel geschlossen modelliert werden. Das erstellte Modell wurde als binäres stl-Dateiformat abgespeichert.

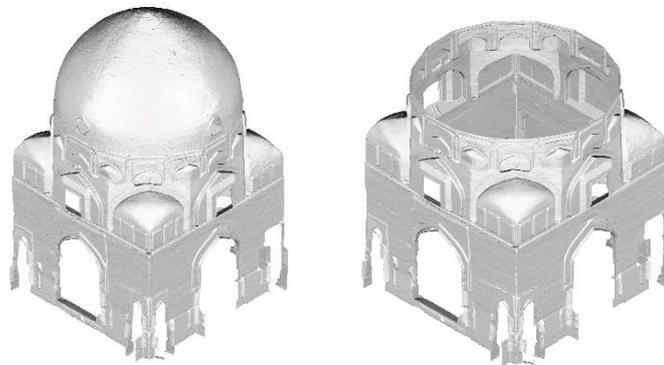


Abbildung 36: Geomagic Wrap – Generiertes und bearbeitest 3D-Modell des Kuppelraums

Abbildung 37: Geomagic Wrap – Innenansicht des Innenraums

Die bisher besprochenen Programme sind zur Bearbeitung der Punktwolke notwendig gewesen. Die nachstehenden wurden zum Erstellen der finalen Bestandsplanunterlagen verwendet.

Tabelle 16: Programmvorstellung - Aspect

Aspect 3D – Version: 13.2 – Hersteller: Actron 3D GmbH

Aspect ist ein firmeninternes Programm der Firma Actron 3D. Das generierte und bearbeitete Modell aus Geomagic Wrap wurde eingespielt und mit Hilfe des Programms konnten im Abstand von 20,00 cm Schnittlinien erzeugt werden, die zum einen in ihrer Höhe die Farbe wechseln und zum anderen als dxf-Elemente in AutoCAD eingeladen werden konnten. Somit konnte die Projektion der wesentlichen Teilbereiche der Innen- und Außenkuppel erstellt werden und in die Zeichnung dreidimensional einfließen.

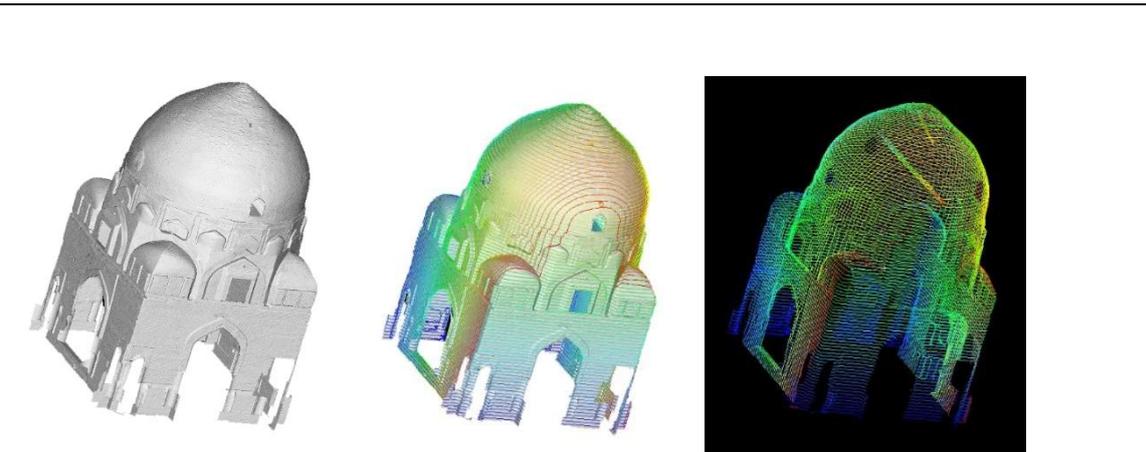


Abbildung 38: Aspect – Eingespieltes 3D-Modell

Abbildung 39: Aspect – Geschnittenes 3D-Modell, vertikale und horizontale Schnittlinien

Abbildung 40: Aspect – Ausgeblendetes 3D-Modell und verbleibende Schnittlinien

Tabelle 17: Programmvorstellung - AutoCAD

AutoCAD – Version: 2019 – Hersteller: Autodesk

Als Zeichenprogramm wurde AutoCAD von Autodesk ausgewählt. Das zusätzliche Add-In „AS-Built“ der Firma Faro ermöglicht die Bearbeitung großer Punktwolkendateien. In einem ersten Schritt wurde die rcp-Datei aus Recap lagereferenziert eingeladen und mittels dem AS-Built Modeler in mehrere Schichten im Abstand von 50,00 cm und einer Dicke von 0,50 cm geschnitten. Die einzelnen generierten Höhenschnitte können in einer Layerstruktur an- bzw. abgewählt und somit auf ihnen gezeichnet werden. Durch die vorherige Unterteilung in Recap auf die einzelnen Bereiche der Anlage konnten der nördliche, östliche und westliche Bereich ständig ausgeschaltet bleiben. Die angefertigten Grundrisse liegen somit auch höhenreferenziert im Weltkoordinatensystem des Modellbereichs. Zum Erstellen der Schnitte wurden die Orthofotos aus Faro Scene in einem neuen Bezugskordinatensystem eingeladen und auf ihnen gezeichnet. Aus der geschnittenen Aspect-Datei konnte der relevante Quer- bzw. Längsschnitt der Innenschale entnommen und in den Schnitt eingebettet werden. Bei der Erstellung der Planunterlagen galt es jedoch sich immer wieder in das Messsystem der Forschungskampagne im Jahr 2013 einzudenken. Durch die Aufstellung des Scanners nur im Erdgeschoss des Kuppelraums kam es durch die Geometrie des Raumes an den Öffnungen im Übergangsbereich zur Kuppel zu Verschattungseffekten. Durch die wiederholte Einsichtnahme in das vom Verfasser erstellte und archivales Bildmaterial konnten diese Stellen konstruiert werden.

Die Grundrisse gliedern sich grundsätzlich in drei verschiedene Ebenen. Die Schnittlinienebene zeigt alle geschnittenen Bauteile, die Ansichtsebene zeigt die sich unter der Schnittlinie

befindlichen Bauteile und die Projektionsebene, die sich über der Schnittlinie befindlichen Konstruktionen, wie Übergangsbereich, Hauptkuppel oder Nebenkuppel. Bei dem Längs- bzw. Querschnitt entfällt die Projektionsebene. Die Ansichtsebene staffelt sich allerdings in drei verschiedene Unterebenen. Es wurde daher ein Layer für die Ansicht der sich hinter der Schnittlinie befindlichen Außenkubatur, ein Layer der an der Schnittlinie grenzenden Bauteile, wie beispielsweise durchschnitene Öffnungen und Portale, und ein Layer der die hintere Wandansicht zeigt angelegt. Im letztendlichen Layout der Planunterlagen sind die verschiedenen Ebenen farblich und in ihrer Strichstärke voneinander abgehoben.

Auf eine durchgängige Bemaßung der Bauteile wurde aufgrund der Übersichtlichkeit im Plan verzichtet. Es ist ein Verzugsmaßstab und Netzkreuze im Rasterabstand von 2,00 x 2,00 m auf jedem Plan vorhanden. Zusätzlich konnten aufgrund der Modellierung im 3D-Bereich Isometrien angefertigt werden, die im Plankopf mit angefügt sind und einen besseren Überblick ermöglichen sollen.

Der Innenraum zwischen Außen- und Innenkuppel war kein Vermessungsgegenstand der Kampagne. Die Höhe der Bauteile wurde konstruiert. Laut Mehrjar besteht die innere Kuppelschale aus drei Backsteinlagen inklusive einer Mörtelfuge von 1,50 bis 2,00 cm. [2] Aus der Steinkartierung des Verfassers ergibt sich für einen seldschukischen Lehmziegel die Abmessung von 4,00 x 9,00 x 19,00 cm. Demnach wurde die Schnittlinie der Innenkuppel in einem Versatz von 31,00 cm konstruiert. Die Außenkuppel besteht aus insgesamt 16 Stahlträgern mit Verstrebrungen zwischen den Feldern. Als Konstruktionsmaß wurde ein I-Profil mit der Höhe von 45,00 cm angenommen.



Abbildung 41: Plan - Iran_Borujerd_Bestandspläne_008_A0_Längsschnitt_1-50

Abbildung 42: Bereich zwischen den Kuppeln, Blick nach Südwest (P. Schalk)

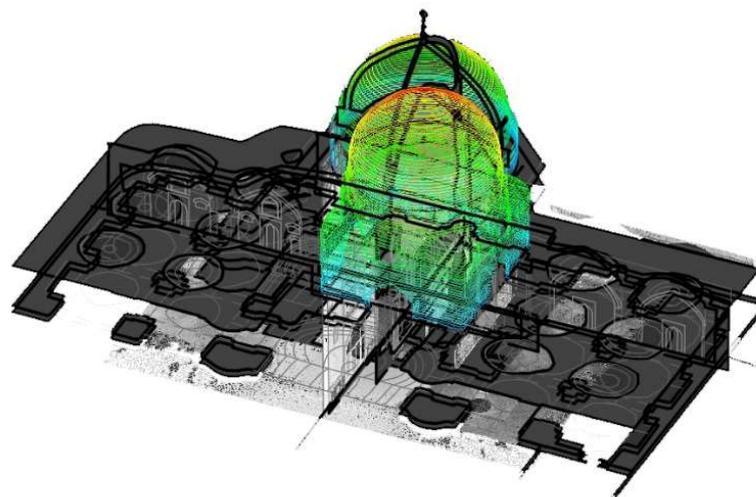


Abbildung 43: AutoCAD – Gesamtmodell: Grundrisse, Schnitte, Orthofotos und Projektionen

I.3 Ergebnisse

Der Masterthesis sind unter „Anhang A: Bestandspläne, verformungsgerecht“ insgesamt sieben Grundrisse und zwei Schnitte beigelegt. Ziel war es zum einen die wesentlichen Grundrisse, Meterriss Kellergeschoss und Meterriss Erdgeschoss, und einen Längs- sowie Querschnitt anzufertigen, sodass diese die Grundlage der Ablesbarkeit der Moschee und für weitere Begutachtungen sein können. Zudem wurden weitere Grundrisse an den maßgeblichen konstruktiven Stellen angefertigt, bei denen sich die Geometrie des Innenraums signifikant ändert. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen im „Kapitel II: Bestandsanalyse“ näher erläutert werden.

I.4 Diskussion und Rekapitulation

Abschließend konnte der ausgefertigte verformungsgerechte Bestandsplan noch mit dem publizierten maßlichen Plan des *Ganjnameh* verglichen werden. Aus nachstehender Abbildung ergibt sich sogar, wie der Plan vermutlich gezeichnet worden ist. Während die Außenkubatur, die Arkadenreihe des östlichen *Iwans* und der östliche Teil noch gut mit den grauen Schnittflächen des Bestandsplans übereinstimmen, ist dies im westlichen Teil des südlichen Bereichs nicht mehr gegeben. Die Vermutung liegt daher nahe, dass der Ausfertiger der Plangrundlage des *Ganjnameh* die östliche Seite tatsächlich ausgemessen und gezeichnet hat, diese dann allerdings an der Mittelachse in nordsüdlicher Richtung der Kuppel einfach spiegelte. Die Quadratur des Kreises im Kuppelbereich weicht sehr zwischen dem Bestandsplan und dem maßhaltigen Plan ab. Es ist daher festzuhalten, dass bei der Vermessung und Planzeichnung von Bestandsgebäuden dieses immer vollumfänglich zu betrachten ist. Eine Betrachtung von Teilbereichen kann die Substanz in seiner Gesamtheit nicht abbilden. Es sollte daher auch niemals davon ausgegangen werden, dass Gebäude komplett symmetrisch errichtet worden sind.

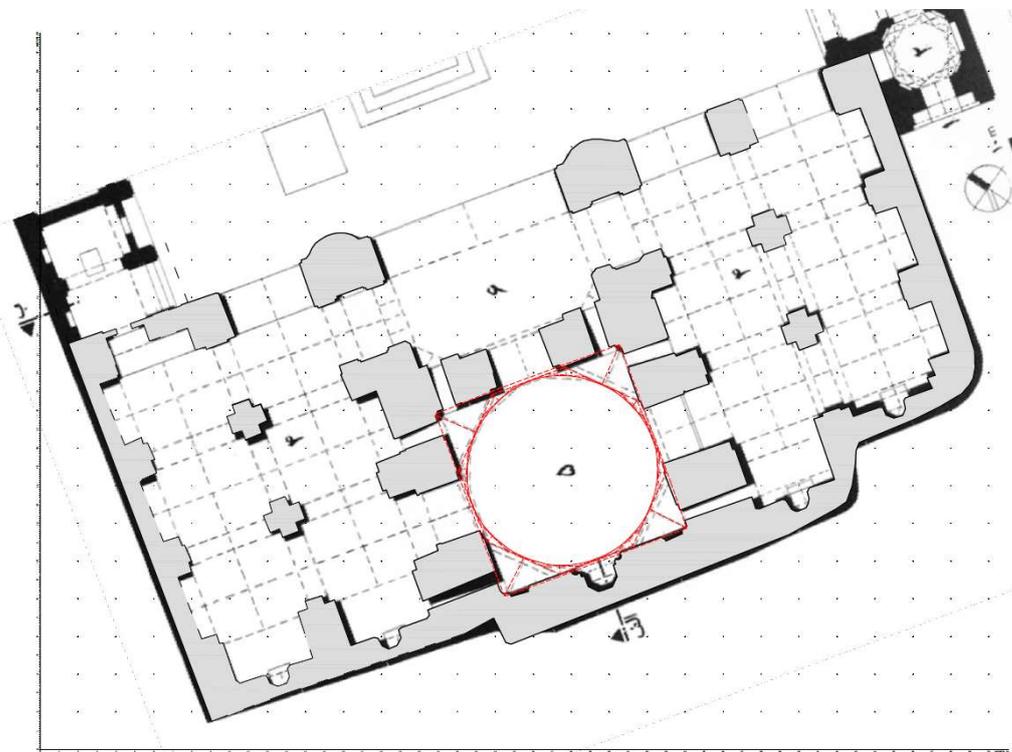


Abbildung 44: Gegenüberstellung - Bestandsplan, verformungsgerecht zu maßlichem Plan

Die eigenen gewonnenen Erkenntnisse zur Ausführung und Nachbearbeitung von gescannten Gebäuden sollen in einem Leitfaden kurz zusammengefasst werden:

Tabelle 18: Vorbereitung, Durchführung und Nachbearbeitung von gescannten Objekten

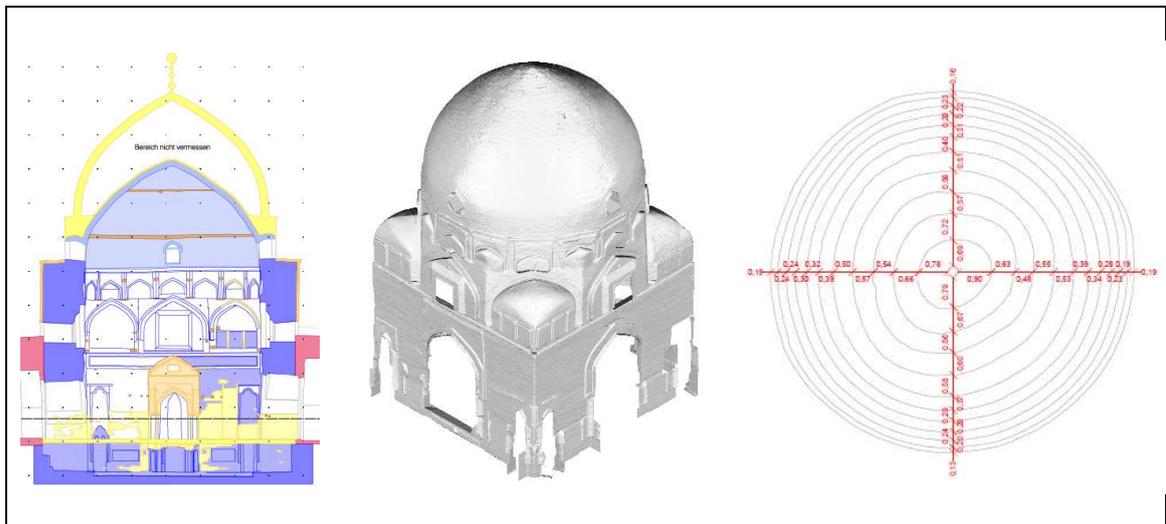
I) Vorbereitung der Messkampagne	
I.1) Vertraut machen mit Gebäude / Vermessungsgegenstand	Bereits im Vorfeld sollte mit den Projektbeteiligten abgesprochen werden, um welche Art von Gebäude es sich handelt und was vollumfänglich zu berücksichtigen ist. Die daraus gewonnenen Kenntnisse können auch bereits in die Planung der einzelnen Scanpositionen mit einfließen. Satellitenbilder geben Aufschluss darüber anhand welcher Festpunkte sich mittels Geokoordinaten stationiert werden kann und, ob es möglich erscheint, eine Ringschleife im Messsystem einzurichten. Vor allem bei Messkampagnen im Ausland ist im Vorherigen zu empfehlen, sich mittels Bildmaterial und eventuellen archivalen Planunterlagen einen ersten Eindruck von dem Gebäude zu verschaffen. Dadurch können bereits im Vorfeld Besonderheiten und mögliche Schattungseffekte in der Anlage lokalisiert und später berücksichtigt werden.
I.2) Absteckung des Vermessungsziel und der Genauigkeitsstufe	Des Weiteren ist es im Vorfeld unabdingbar genau festzulegen, welches Ergebnis mit der Vermessung erreicht werden soll. Beinhaltet das Ziel grundlegend die Darstellung von Planunterlagen, ist zu klären in welcher Genauigkeitsstufe diese ausgeführt werden sollen. Dabei ist zu unterscheiden, ob es sich beispielweise nur um eine maßliche Darstellung handeln soll, oder ob die Pläne später steingenuau zu interpretieren sind. Dazu kann sich ebenfalls mit den beteiligten Personen des Projekts abgesprochen werden, um auf ihre individuellen Anforderungen ausreichend eingehen zu können.
I.3) Vertraut machen mit den zu Verfügung stehenden Gerätschaften	Mit dem Abstecken des Gegenstandes und dem Umfang der Ergebnisse, sollte man sich bereits vor der Messkampagne mit den zur Verfügung stehenden Gerätschaften befassen. Dabei ist auf die einzelnen Handbücher der Hersteller zu verweisen, da es sich bei 3D-Laserscannern um hoch präzise Vermessungsgeräte handelt, bei denen eine grundlegende Kenntnis des Messprinzips sowie in ihrer Handhabung unerlässlich ist. Dabei ist unter anderem der Detaillierungsgrad in Abhängigkeit von der Vermessung im Innenraum bzw. Außenraum zu nennen, die je nach gewünschtem Ergebnis unterschiedlich lange Standzeiten an den einzelnen Positionen benötigen.
II) Durchführung der Messkampagne	
II.1) Vort Ort Besichtigung und Begehung	Unabdingbar ist die Besichtigung vor Ort; jegliche Voruntersuchung und Analyse kann nur in situ verifiziert werden. Bei einer ersten Begehung kann sich davon überzeugt werden, ob bereits alle Besonderheiten des Gebäudes erfasst worden sind und / oder ob neue Problemstellungen aufgeworfen wurden: <ul style="list-style-type: none"> - Gibt es Bereiche, die mit dem Laserscanner nicht erreicht werden können? - Sind die Wände und die Böden soweit freigeräumt, dass die Kubatur des Gebäudes vermessen werden kann? - Wurden die Nachbarn in Kenntnis gesetzt, dass von ihren Gebäuden / Höfen aus eventuell ebenfalls vermessen werden muss? Wurde dies auch von ihnen genehmigt? - usw.
II.2) Planung des Messnetzes und Verzeichnung der Scanpositionen	Anschließend kann das Messnetz geplant werden. Dabei hat es sich in der Praxis bewiesen die Passpunkte in Ordnungen zu hierarchisieren. Dem System liegt zugrunde, dass pro Scanposition Passpunkte neuer Ordnung entstehen; bei der ersten Scanpositionen entstehen Punkte der ersten Ordnung, bei der zweiten Position Punkte der zweiten Ordnung, usw. ... Der erste Standpunkt sollte so gewählt werden, dass möglichst viele Fassaden erreichbar sind und dass durch einen weiten Abstand vom Gebäude auch bereits die Obergeschosse abgedeckt sind. Grundsätzlich gilt dabei vom „Großen ins Kleine“. Durch die erneute

	<p>Stationierung und das Weiterführen des Messnetzes entstehen kleinere Fehler, die sich des Weiteren im Projekt fortschreiben. Sofern die erste Scanposition nach oben beschriebener Weise ausgeführt wurde, kann sich auch im späteren Scanverlauf immer wieder mit Punkten der ersten Ordnung stationiert werden. Dadurch verringert sich der Fehlerwert und das Messnetz ist genauer.</p> <p>Die freie Stationierung sollte am besten mit drei bekannten Punkten mit der höchsten Ordnung erfolgen; mehrere Punkte sorgen für ein genaueres Ergebnis. Die Anordnung der Passpunkte ist dabei im Grundriss in der Form eines Y anzuordnen und nach Möglichkeit auch im Raum. Generell gilt, dass der Abstand der Passpunkte nicht kürzer als die längste beabsichtigte Distanzmessung sein sollte. Es bietet sich zudem eine fotografische und textliche Dokumentation der Passpunkte an.</p> <p>Berücksichtigt man diese Punkte ist es zu empfehlen den Vermessungsgegenstand zu skizzieren und die einzelnen Scanpositionen bei der Ortsbesichtigung zu planen. Je Scanposition sollte sich dabei immer im Vor- und Rückblick Gedanken dazu gemacht werden, ob ausreichend Punkte zur Stationierung vorhanden sind und welche an der Position neu anzuordnen sind, dass in weitere Bereiche der Anlage vorgedrungen werden kann. Besonders zu berücksichtigen sind dabei Stiegenhäuser an denen sich meist nur sukzessive in kleinen Schritten vorgearbeitet werden kann.</p>
	<p>II.3) Ausführung des Scanvorgangs</p> <p>Sofern sich im Vornherein ausreichend Gedanken zur Art und Durchführbarkeit des Messnetzes gemacht wurden, sind im eigentlichen Scanvorgang nur noch die Besonderheiten der Gerätschaften zu berücksichtigen. Der 3D-Scanner ist ausreichend stabil aufzustellen und während des Scanvorgangs sollte der Raum verlassen werden.</p>
	<p>III) Nachbearbeitung der Messkampagne</p>
	<p>III.1) Zusammenführen der Punktwolke</p> <p>Die Nachbearbeitung wurde anhand des Scannertyps Faro Focus3D im voranstehenden Text ausführlich geschildert. Die Zusammenführung der einzelnen Scanpositionen kann mithilfe des Programms „SCENE – Version 7.1.1.81“ der Firma Faro Europe GmbH & Co. KG oder mittels der Freeware „Cloud Compare – Version: 2.10“ des Herstellers GNU General Public License erfolgen. Zur Nachbearbeitung, Bereinigung und Segmentierung eignet sich das Programm „Recap – Version 5.0.3.58“ des Herstellers Autodesk.</p> <p>Es soll abschließend darauf hingewiesen werden, dass es ebenfalls Scannertypen von anderen Firmen gibt, die sich in der Handhabung der Vermessung unterscheiden, bei denen aber dieselben Schritte der Nachbearbeitung ausgeführt werden müssen. Gesondert ist der Scannertyp Riegl VZ-400i der Firma Riegel Laser Measurement System GmbH zu nennen, bei dem bereits während des Scanvorgangs in einem weiteren Schritt die Referenzierung der einzelnen Positionen zueinander stattfinden kann. Dabei kann im Prozess kontrolliert werden, ob die Ausrichtung der Punktwolken zueinander stimmt. Durch seine Neigungssensoren und das gerätinterne GPS-System liegt die Punktwolke bereits lagerichtig.</p>
	<p>III.2) Planausfertigung</p> <p>Die Kompatibilität der erzeugten lagereferenzierten Punktwolken mit „Recap – Version 5.0.3.58“ im rcp-Format mit AutoCAD sorgt für eine gute Bearbeitbarkeit der Planerstellung. Es ist allerdings darauf zu achten, dass die eingeladene Datei eine zumutbare Größe für die Rechenleistung des Computers besitzt. Alternativ können aus der Punktwolke mittels „SCENE – Version 7.1.1.81“ Orthofotos erstellt werden, auf denen gezeichnet werden kann.</p>

Zusammenfassend ist zuzusagen, dass die Auswertung von Punktwolken nicht zu unterschätzen ist. Allein die Datenmenge auf ein Format runterzurechnen mit dem sinnvoll gearbeitet werden kann, kostete einige Zeit. Jedes der oben vorgestellten Programme besitzt zudem sein eigenes Dateiformat; die Schnittstellen zueinander sind in den jeweiligen Produkthandbüchern nicht näher erläutert. Neben den technischen Problemstellungen gab es auch Punkte die direkt die Punktwolke betroffen haben. Wie es zu der nicht optimalen Stationierung der Einzelscans zueinander gekommen ist, wurde bereits weiter oben erläutert. Ein weiterer Punkt, der zu Schwierigkeiten geführt hat, war, dass der Verfasser dieser Masterarbeit nicht selbst den Scan vor Ort vollzogen hat. Es musste sich daher in ein fremdes Scanprojekt eingedacht werden, auf dessen etwaige Verschattungen erst im Laufe des Zeichenprozesses gestoßen wurde.

Generell ist allerdings festzuhalten, dass das terrestrische Laserscanning die Technik der Zukunft sein wird. Die Möglichkeit der hochauflösenden Darstellung und Zeichnung von Bestandsplänen ist bereits in der Denkmalpflege fest verankert. Es wird zudem zukünftig Programme geben, die weniger rechenintensiv automatisch die benötigten Informationen für Planer herausfiltern. Zudem können neue Technologien wie BIM von der Datenerhebung und Modellierung im dreidimensionalen Bereich erheblich profitieren. Neben der technischen Dokumentation und Entwicklung von Sanierungskonzepten, gewinnt das 3D-Scanning, in einer Zeit in der man sich der Bedrohung des menschlichen Kulturerbes immer bewusster wird, immer mehr an Bedeutung. Es besitzt die Möglichkeit Kulturgüter präzise zu erfassen. Die Rekonstruktion von geschichtlichen Stätten, die für den Massentourismus interessant erscheinen, kann vollzogen werden, sodass sich im Einklang mit dem zu schützenden Gut der Besucher geschichtlich interessieren kann.

II. Bestandsanalyse



Dieses Kapitel behandelt die Ergebnisse der Bestandsanalyse, die auf Basis der Bestandspläne gezogen werden können. Dieses befasst sich zum einen mit der Baugeschichte der Moschee, um klarstellen zu können bei welchem Teil es sich um den ältesten der Anlage handelt. Dazu wurden innerhalb eines zweitägigen Aufenthalts am 29. August 2018 und am 30. August 2018 die Freitagsmoschee von Borüjerd besucht und begutachtet. Neben einer umfassenden Fotodokumentation konnten verschiedene Steinformate kartiert werden, die wiederum Aufschluss über die verschiedenen Bauphasen geben konnten. Dies geschah in stetiger Absprache mit Herrn Mohammed Goodarzi, ein Archäologe der lokalen Kulturbehörde. Durch ihn konnte zudem der Zutritt zur Moschee gewährt werden. Zum anderen soll aus der genauen Vermessung des Kuppelraums eine Verformungsanalyse stattfinden. Dazu wird in einem ersten Schritt die Lastabtragung der Innenkuppel nachvollzogen.

II.1 Erste bauforschende Befunderhebung

Die Ergebnisse einer ersten bauforschenden Begutachtung sind dieser Masterthesis im „Anhang B: Baualterspläne“ für den südlichen Bereich beigelegt. In den Grundriss des Erdgeschosses am Meterriss, sowie im Längs- und Querschnitt sind die einzelnen Bauphasen farblich voneinander abgehoben. Die Einteilung der Farbstandards zur Kartierung von Bauphasen erfolgte dabei nach Breitling aus dem Jahr 2001. [15] Auf den Planunterlagen wurde das Farbschema in der Legende vermerkt. In der nachfolgenden Ausformulierung sollen auf die einzelnen Bauphasen eingegangen, sowie mit Bildern Schlüsselstellen aufgezeigt werden. Die Farben weichen im Vergleich zwischen Schnittebene und Ansichtsebene in ihrer Transparenz zueinander ab. Auf der Ansichtsebene wurden außerdem die Erkenntnisse der Steinkartierung mit eingearbeitet.

Grundsätzlich ist vorweg zu nehmen, dass die Freitagsmoschee über die Jahrhunderte enorme bauliche Einschnitte erfahren hat, die letztendlich zu ihrem heutigen Erscheinungsbild maßgeblich beitragen. Dies geschah zum einen aus dem architektonischen Verlangen nach etwas Neuem. Allerdings wurde Borüjerd überwiegend und häufig durch Erdbeben geschädigt, sodass die Moschee einem ständigen Prozess der Restaurierung und des Wiederaufbaus unterlag. In der Ausformulierung wird ebenfalls zu den Berichten von **Maxime Siroux** [1] und **Mohammad Mehrjar** [2] Bezug genommen. Anschließend werden noch einige Einzelbefunde aufgezeigt, die die erläuterten Thesen untermauern bzw. ergänzen.

II.1.1 Bauphase 1.1 – Seldschuken (Regierungszeit 1038 – 1194 n. Chr.)

Der älteste Teil der Freitagsmoschee ist der Kuppelraum mit seiner quadratischen Grundrissfläche, der auf drei Seiten von einem großen und zwei kleineren Portalen durchbrochen ist. [3] Er ist in den Planunterlagen blau hervorgehoben. Maxime Siroux konnte nach einer kurzen Analyse der jetzigen Außenmauern feststellen, dass die ursprüngliche Kuppel freistehend und zu drei Seiten hin zum Hof geöffnet war. [1] Die südliche *qibla*-Wand bildete dabei die Grenze zwischen sakralen und profanen Bereich. Dabei soll das frühe Mauerwerk leicht von dem später mit den *Schabastanen* angeschlossenen zu unterscheiden gewesen sein. Den Bauherren war es wichtig die Monumentalität der Eingangsbereiche zu dem Kuppelraum nicht zu komprimieren, sondern sie in ihrer Aussagekraft noch weiter zu betonen. Siroux geht zudem davon aus, dass sich an die sehr typische aber noch nicht sehr komfortable Anlage weitere imposante Gebäude anschlossen. Seiner Meinung nach muss es sich dabei um überwölbte Terrassengalerien gehandelt haben. Er kommt zu dem Entschluss, durch die Befundnahme eines archaischen Torbogens, der als letztes Überbleibsel der verschwundenen Gebäude zwischen einer qajarischen und vermeintlich safawidischen Struktur erhalten blieb. Dieser blieb Teil des Gebäudes, da er eng in die neuen Gebäude integriert war. [1]

Nach Siroux reiht sich die Freitagsmoschee von Borüjerd aufgrund ihres damaligen Aussehens in eine Liste von primitiven iranischen Moscheen ein. Ihr Standort und ihre Symbolkraft profitierten dabei im Wesentlichen von den nebenstehenden Gebäuden die zur Versorgung mit Wasser errichtet worden waren. Ihre Abweichung der Ausrichtung auf den magnetischen Norden beträgt lediglich 13 Grad. [1]

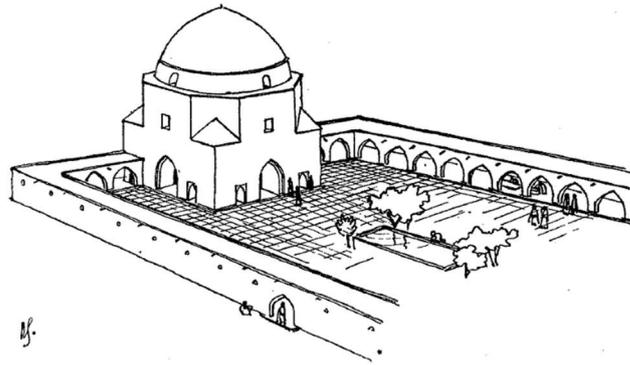


Abbildung 45: Freitagsmoschee von Borūjerd: Erster Zustand nach Maxime Siroux [1]

Wie viele andere iranische Moscheen wurde auch die Freitagsmoschee von Borūjerd mehrere Jahrhunderte lang als ein für sich eigenständiges isoliertes Heiligtum erbaut. Demnach lassen sich einige Vergleichsbeispiele finden, die einen ähnlichen konstruktiven Aufbau aufweisen. Im Gegensatz zu der Moschee von Borūjerd ist allerdings bei den Moscheebauten beispielsweise von Golpayegan, Qazvin, Ardestan und Isfahan nach dem französischen Archäologen André Godard der Bauzeitraum bekannt. Die Moschee von Golpayegan wurde zwischen 1120 und 1134 n. Chr. erbaut, die Moschee von Qazvin zwischen 1122 und 1130 n. Chr. und die Moscheen von Ardestan und Isfahan unter die Regentschaft der seldschukischen Herrschers Malik Shah von 1087 bis 1107 n. Chr. [1] In „Kapitel III: Einordnung der vorgefundenen Substanz“ sollen einige der genannten Beispiele erneut aufgegriffen werden, um anhand dieser die enge Übereinstimmung der Konstruktionen nachvollziehen zu können. Generell ist allerdings zu sagen, dass die dekorative Ausstattung in Borūjerd weniger ausgeprägt ist als in den Referenzbauten. Es wird daher angenommen, dass es sich um einen älteren Bau handeln muss. [1]

Tabelle 19: Befund 001 - Isolierter Kuppelraum und erst späterer Anschluss der Anbauten

Der Kuppelraum stand ursprünglich isoliert auf dem Gelände und die Anbauten der seitlichen Gebetshallen und des Eingangsportal sind erst nachträglich dazu gekommen. Dies lässt sich zum einen an den klaren Baufugen vor Ort und in den Schnitten ablesen, zum anderen erkennt man in den Planunterlagen, dass die Scheitellinien der einzelnen Gurtbögen zueinander verspringen. Der nachfolgende Planausschnitt des Querschnittes zeigt zudem, dass im Übergangsbereich zwischen Kuppelraum und Gebetshalle mehrere kleinere Gurtbögen als Passtücke eingesetzt wurden.

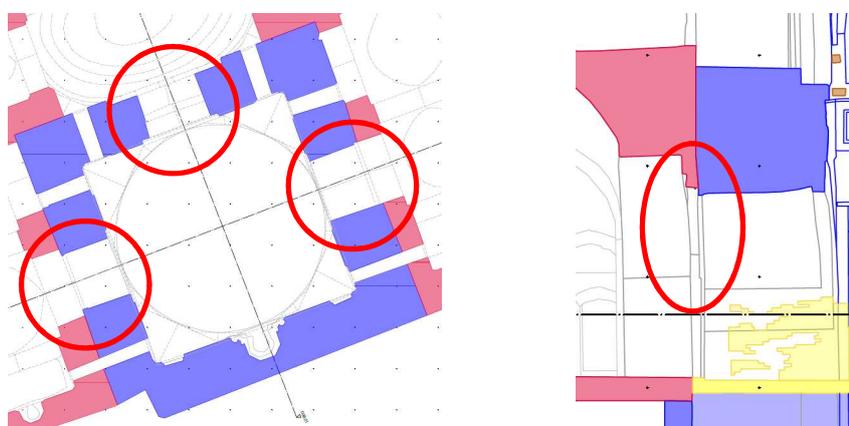


Abbildung 46: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-002.01_A1_Grundriss EG_1-100

Abbildung 47: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-009.01_A2_Querschnitt_1-100

Tabelle 20: Befund 002 - Innengestaltung

Der Kuppelraum war vermutlich in der damaligen Zeit steinsichtig oder dekorativ verputzt. [1] Er besteht in seiner Grundkonstruktion aus gebrannten Lehmziegeln. Es konnte dabei ein Format im Mittel von 4,00 x 9,00 x 19,00 cm festgestellt werden. Die oberflächlich sichtbaren Steine sind überwiegend tatsächlich aus der seldschukischen Dynastie, da das Format zu der damaligen Zeit üblich war. Vor allem lassen sich diese beispielsweise in den zurückgesetzten Friesen der Ecktopen finden. Durch einen Brand wurde die Moschee noch vor der qajarischen Zeit geschädigt, sodass es augenscheinlich bereichsweise zu einem Steinaustausch gekommen ist. Aufgrund des Alters der Steine lassen sich oberflächlich keine Veränderungen mehr erkennen.



Abbildung 48: Quadrat und Übergang zu Oktagon, Blick nach Südosten (P. Schalk)

Abbildung 49: Übergang von Oktagon zu Sechzehneck, Blick nach Südosten (P. Schalk)

Tabelle 21: Befund 003 - Ursprüngliches Niveau

Bereits aus der obenstehenden Bestandsbeschreibung geht hervor, dass das ursprüngliche Bodenniveau der Moschee unter dem jetzigen Gelände liegt. Um die Moschee heute ebenerdig betreten zu können wurde eine Stahlbetonplatte auf Stahlstützen eingezogen. Es ist daher anzunehmen, dass aufgrund mehrerer Schädigungen und Einstürze von Bauteilen der zentrale Innenhof immer wieder überdeckt wurde. Der Boden wurde anschließend wieder verdichtet und darauf die neuen *Iwane* der Moschee zu errichten. Für die Tatsache, dass das Erdgeschoss und das Kellergeschoss einmal zusammenhängende aufgehende Bauteile waren und eine solche Separierung niemals vorhergesehen war, finden sich mehrere Indizien. Zum einen ist das *mihrab* zu nennen, dessen Fluchten der Kanten zwischen den Geschossen aufeinandertreffen und sich vermehrt Umbaumaßnahmen an ihr im Kellergeschoss finden. (Iran_Borujerd_Baualterspläne-009.01_A2_Querschnitt_1-100). Zum anderen gibt es einige Säulen, die über die Trenndecke hinausragen. Abbildung 51 und ein Planausschnitt sollen dies verdeutlichen. Die heutigen schmalen Kellerabgänge sind demnach ursprünglich offen gewesen.



Abbildung 50: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-008.01_A2_Längsschnitt_1-100

Abbildung 51: Kuppelraum inkl. Eintragungen, Blick nach Nordwest (L. Korn)

II. Bestandsanalyse

Tabelle 22: Befund 004 - Vermutlicher Bauablauf

Die Schnittführung der Grundrisse wurde an den maßgeblichen Stellen geführt, an welchem sich signifikant die Geometrie des Kuppelraumes ändert. Während der Plananfertigung des Längs- bzw. Querschnittes konnte festgestellt werden, dass sich auf Höhe der Schnittlinien in der Ansicht eine horizontale Lage von Holzstämmen in der Moschee eingebaut worden ist. Diese sind vermutlich ein Indiz für den Bauablauf und zeigen die Höhen, an denen damals aller Wahrscheinlichkeit nach Gerüstebenen in die Moschee eingezogen worden sind. In den Schnitten der Baualterspläne sind die Holzeinbauteile braun hervorgehoben. Weiter kann rekonstruiert werden, dass an den Fußpunkten der Ecktrompen Lehrgerüste über Eck gestellt wurden, auf denen dann wiederum der Gurtbogen gemauert wurde. Nach Erhärten des Bogens konnten die sich dahinter befindenden schalenartig gemauerten Flächentragwerke an in angelehnt werden. Dabei handelt es sich lediglich um eine vorläufige Hypothese, die eine nähere Betrachtung nach sich ziehen müsste. Dies konnte im Rahmen des Umfangs einer Masterthesis nicht geleistet werden.

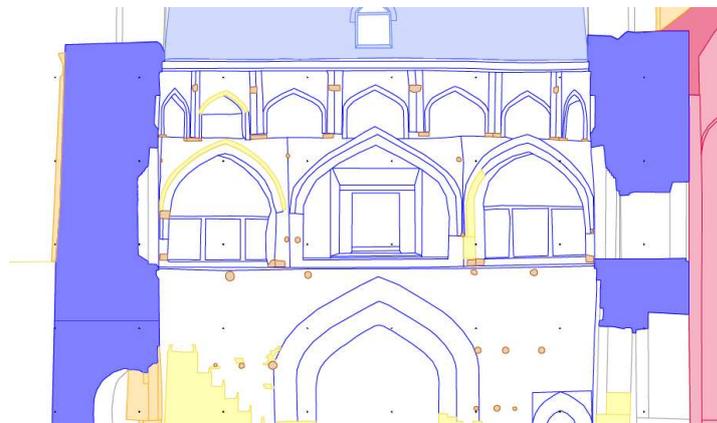


Abbildung 52: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-008.01_A2_Längsschnitt_1-100

Tabelle 23: Befund 005 - Ehemaliges seldschukisches Fundament des Minarets

Ein Punkt ist dem Rekonstruktionsmodell von Siroux noch hinzuzufügen. Im Vergleich zu anderen Moscheen der seldschukischen Regentschaft im Iran war es üblich ein Minarett in direkter Nähe zu errichten. Wo diese Minarette zu lokalisieren sind, kann nicht allgemein festgehalten werden. Allerdings wurde während der in situ Besichtigung ein ehemaliges Fundament südwestlich auf Dachebene am Kuppelraum angeschlossen gesehen. Es kann daher vermutet werden, dass dort ein mögliches seldschukisches Minarett errichtet gewesen war.

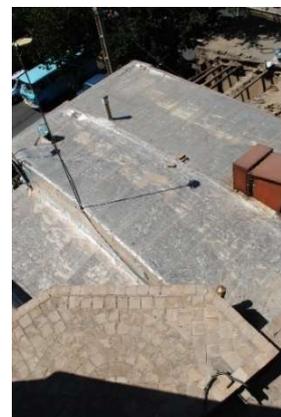
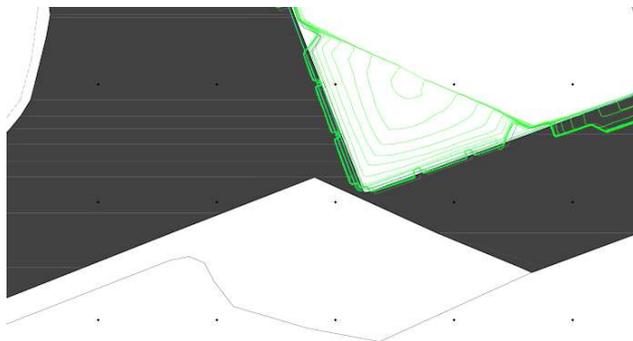


Abbildung 53: Plan - Iran_Borujerd_Bestandspläne_004_A0_Grundriss EG_1-50

Abbildung 54: Ehemaliger Standort Minarett, Blick nach Südwest (P. Schalk)

II.1.2 Bauphase 1.2 – Wiederaufbau

Nicht verifizierten Quellen zufolge soll die ehemalige Kuppel doppelt so groß und wahrscheinlich das älteste Beispiel für eine Struktur im Iran sein. Ursprünglich muss sie einschichtig gewesen sein und wies somit das typische klassische Profil auf. Über die Jahrhunderte erfuhr sie mehrere bauliche Einschnitte. [1]

Tabelle 24: Befund 006 - Wiederaufbau der Kuppel

Neue Erkenntnisse der ortsansässigen Kulturbehörde zur Kuppel ergeben, dass diese kurz nach ihrer Errichtungszeit durch ein Erdbeben so invasiv geschädigt wurde, dass es zum Einsturz kam. Bisher war allerdings unklar in welcher Zeitepoche dies stattgefunden haben soll und wer sie wiederaufgebaut hat. Anhand der Orthofotos der aufgenommenen Punktwolke konnte bestimmt werden, dass es sich bei den Steinformaten um die seldschukischen Ziegel handelt. Schlussendlich kann der Wiederaufbau damit noch keiner entsprechenden Herrscherdynastie zugesprochen werden. Allerdings gibt es für die Bauausführung nur zwei mögliche Szenarien: entweder wurde die Kuppel von späteren seldschukischen Herrschern wiedererrichtet, oder man verwendete in einer späteren Dynastie für den Aufbau die alten Steine der eingestürzten Kuppel.

Der Stoßpunkt zwischen der neuen Außenkuppel (gelb) und der alten Innenkuppel (hellblau) soll nicht suggerieren, dass die ehemalige Kuppel so konstruiert war. Allerdings konnten in der Steinkartierung zu der Freitagsmoschee in Borūjerd in den Gurtbögen über den Oberlichtern der Kuppel noch seldschukische Steinformate festgestellt werden. Inwieweit die neue Konstruktion auf die Alte aufgesetzt ist und wie die Verzahnung zwischen den beiden Baukörpern war, kann abschließend nicht geklärt werden. Wie der Stoßpunkt der beiden Kuppeln ausgeführt wurde muss unklar bleiben. Bei der konstruierten versetzten Linie handelt es sich nur um eine Hypothese, die auf die Aussage von Mehrjar beruht, dass die Innenkuppel aus drei Lagen Lehmziegel mit einer Mörtelfuge von 1,50 bis 2,00 cm besteht.

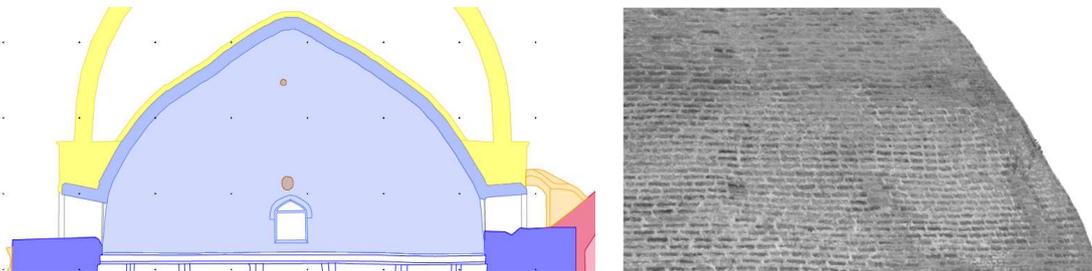


Abbildung 55: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-008.01_A2_Längsschnitt_1-100

Abbildung 56: Ausschnitt – Orthofoto, Längsschnitt

II.1.3 Bauphase 2 – Timuriden (Regierungszeit 1370 – 1506 n. Chr.)

Laut der Ausführung Siroux erfährt die Freitagsmoschee ihre nächste große Blütezeit während der safawidischen Regentschaft in den Jahren 1501 bis 1722 n. Chr. Demnach erhielt die Moschee erhebliche Eingriffe, die ihr Aussehen völlig veränderten. Er schreibt der Bautätigkeit der Safawiden die Herstellung des großen *Iwans* und der seitlich der Kuppel gelegenen *Schabastane* zu. Er begründet seine Annahme dadurch, dass die Architektur der Gebetsräume, durch ihre Größe und durch ihr Gewölbe der Safawidenzeit zuzuschreiben sind. [1]

Es soll nicht widersprochen werden hinsichtlich der Tatsache, dass unter den Safawiden in vielen Teilen des Irans eine Erneuerung des Wohlstandes einherging. Es wird aller Voraussicht nach auch zu Umbaumaßnahmen im *Iwan* und den *Schabastanen* innerhalb der Freitagsmoschee gekommen sein. Der oktogonal akzentuierte westliche Eingangsbereich und der Waschraum zur Gasse *Masjide-Jāmeḥ* stammen aus dieser Zeitperiode; ebenfalls das östlich gelegene *hamam*, welches Siroux nicht näher begutachten konnte. Sie ist überdies noch mit zwei Inschriften in der Moschee belegt,

wobei eine davon durch ein Chronogramm datiert ist. Sie befindet sich eingraviert in einer Tür der Moschee und lautet:

Sultan Mohammed öffnete diese Tür für dieses Heiligtum. Ich dachte über das Jahr seines Datums nach und mein Verstand sagte: Tretet durch diese Tür zum Zeitpunkt des Gebets ein. [1]



Abbildung 57: Universität Bamberg
Bildarchiv – Islamische Welt
(B. Finster)

Der letzte Satz enthält die Datierung 1092, umgerechnet 1714 n. Chr. Sie ist damit Zeugnis dafür, dass die Moschee in dieser Zeitperiode immer noch ein wichtiger Standort der Verehrung gewesen sein muss. Laut Siroux kam es bereits unter Schah Abbas dem Großen Ende des 16. und Anfang des 17. Jahrhunderts zu einer ersten großen Umgestaltung der Innenräume im safawidischen Stil. Diese dekorativen Elemente sollen das Aussehen der Moschee grundlegend verändert haben. [1] Eine Inschrift über dem östlichen Eingangsportal erwähnt diesen namentlich und datiert in das Jahr 1644. Zu dieser Zeit hatte Abbas der Große bereits knapp drei Jahre regiert.

Neben der Innenraumausgestaltung wurden auch die Ausstattungselemente erneuert. Die heute sich noch im Kuppelraum befindende *minbar* stammt laut Mehrjar aus der safawidischen Zeit. [2]

Um auf die Gebetshallen und das Eingangsportal des südlichen Bereiches zurückzukommen, ist allerdings davon auszugehen, dass sie bereits weit vor den Safawiden errichtet wurden. Bei dem Gespräch mit Herrn Goodarzi konnte dieser bestätigen, dass er bei einer archäologischen Ausgrabung neben den seldschukischen Fundamenten auch ilkhanidische gefunden hatte. Deren Regentschaft war in den Jahren 1256 bis 1353 n. Chr. und belegt somit eine immerwährende Bautätigkeit auf dem Gelände. Laut der Monographie des *Ganjnameh* ist davon auszugehen, dass die Konstruktion der *Schabastane* und das Anheben des Bodens des Kuppelraums auf deren Niveau zur selben Zeit stattgefunden haben müssen. Der Fund von vier silbernen Münzen in der westlichen Gebetshalle datieren in die Jahre 1473 und 1475 und unterstreichen die These, dass der *Schabastan* zur Zeit der Timuriden errichtet wurde. [3] In der timuridischen Architektur war es außerdem schon üblich den zentralen Kuppelraum über einen vorgelagerten *Iwan* zu betreten. Inwieweit dieser der Freitagsmoschee von Borūjerd ausgesehen haben könnte, oder ob sich wie in den Gebetshallen noch Teile der alten Konstruktion befinden, ist abschließend nicht genau zu rekonstruieren.

II.1.4 Bauphase 3 – Qajaren (Regierungszeit 1796 – 1921 n. Chr.)

Unter der Regentschaft der Qajaren kam es wohl zu den umfassendsten Baumaßnahmen, die die Moschee vollumfänglich erfassten. Neben dem Bau des östlichen Eingangs, weiteren Anbauten des Waschraums an der Gasse *Masjid-e-Jāme* und dem Neuerrichten der Minarette kam es unter anderem auch zu umfassenden Reparaturmaßnahmen, die den Steinaustausch an den Außenwänden und die Eingangsbereiche der Moschee betrafen. [1]

Tabelle 25: Befund 007 - Steinaustausch an den Außenfassaden

In nachstehendem Planausschnitt ist die Reparaturmaßnahme der Qajaren an der Außenfassade orange hervorgehoben. Inwieweit diese in das bestehende ältere Mauerwerk eingegriffen hat, konnte nicht verifiziert werden. Die Tiefe des veränderten Bauteils wurde hypothetisch angenommen und ist der Vollständigkeit halber in den Planunterlagen mit aufgenommen worden. Vor Ort ließen sich jedoch Unterschiede bezüglich der Farbe und den Formaten der Steine feststellen, die als Indizien für den Umbau betrachtet werden können.

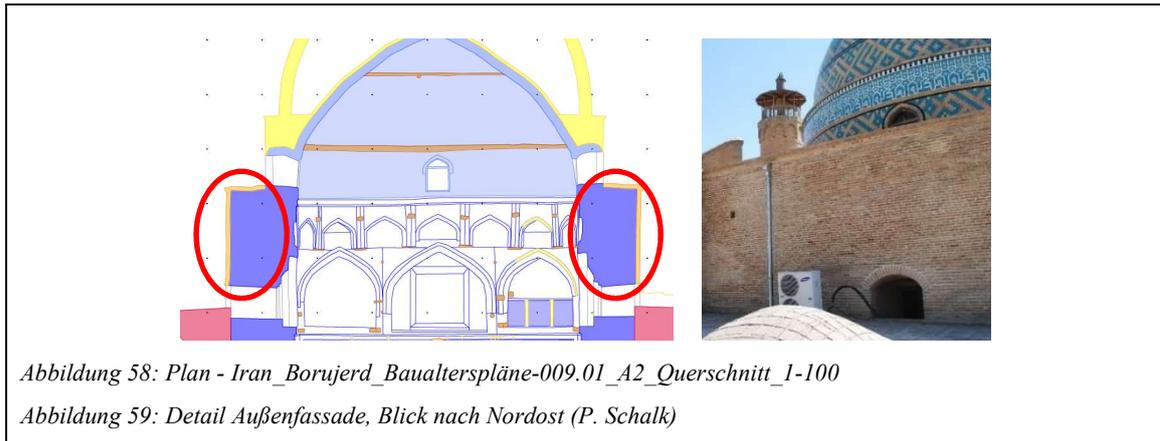


Abbildung 58: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-009.01_A2_Querschnitt_1-100

Abbildung 59: Detail Außenfassade, Blick nach Nordost (P. Schalk)

Die rege Bautätigkeit der Herrscher wurde in einigen Inschriften in der Moschee verewigt und ist damit sehr gut zuzuordnen. So heißt es an der Innenseite des neuerrichteten östlichen Minarets:

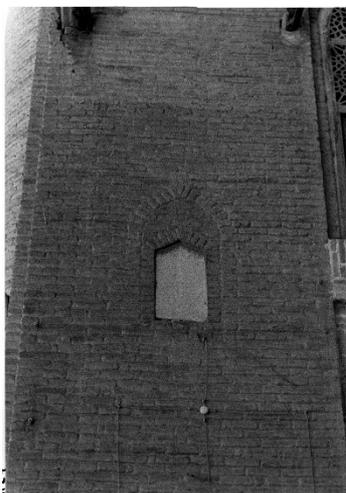


Abbildung 60: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster)

Taghi Khan, bekannt für sein Mitleid und seine Nächstenliebe, dessen Hand eine Quelle der Großzügigkeit ist; er ist die wertvollste Perle des Meeres der Größe, rein des Namens und rein der Essenz; durch seine gute Erziehung verbreitet er den Schatten immer größerer Nächstenliebe über seine Untergebenen; ich werde sagen, dass er die Sonne der Welt ist, aber die Sonne hat nicht seine Majestät und seine Macht. Von Gott gerettet, gelang es ihm, diese Moschee zu reparieren. Er hat die beiden Minarette, die ihr seht, aufgestellt, die den Sternen von Kassiopeia ähnlich sind: Bei ihnen ist die himmlische Sphäre stabil, denn sie sind zu den Säulen dieses grünen Zeltes ("Himmel") geworden. Da sein Königreich frei von Heuchelei ist, möge Gott ihm die Hilfe eines angenehmen Lebens entlocken. Möge er geheiligt werden! Gott ist der Größte! [1]

Das Chronogramm in dieser Inschrift datiert in das Jahr 1831 n. Chr. Gegenüberliegend wurde *Taghi Khan*, der damals zum Gouverneur von Borujerd ernannt wurde [2], am westlichen Minarett mit folgender Inschrift ein Jahr später verewigt:

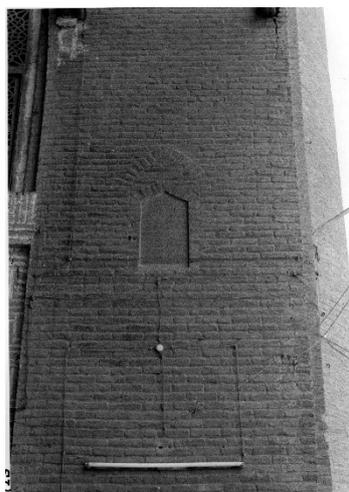


Abbildung 61: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster)

Eine Welt der Großzügigkeit, Taghi Khan, Verteiler der Gerechtigkeit, die der Rücken und Zuflucht des Staates und der Religion ist; sie ist die Sphäre des Schicksals der Paradiese: Die Sonne und der Mond wischen die Teppiche ihrer Tür von vorne ab. Wenn das Auge der alten Himmelskugel mit der hellen Brille der Sonne und des Mondes tausend Jahre alt aussieht, sieht es nicht, ich schwöre dir durch das Leben meiner liebsten Freunde, das Äquivalent zu diesem unvergleichlichen jungen Mann. Er brachte Ordnung in die Regierung, als Ali, Gottes Freund, Ordnung in Mohammeds Religion brachte. Er befahl, die Moschee zu reparieren, und begann mit dem Schreiben an seine Tür: Es ist das Ka'ba seines Sklaven und sein Lösegeld, nach seiner Reparatur baute er zwei Minarette, um Allah zu loben. Ihre Konstruktion ist so solide wie die Versprechen der Liebenden und ihre Reinheit ist ähnlich wie die der Liebenden. Die Höhe des Himmels, neben ihrem, ist wie die Niedrigkeit des Fisches neben dem Mond. Dachte so am Tag seines Aufbaus, ihm ein Hemistichion zu schreiben. Ich bezeuge, dass es keinen Gott außer Gott gibt! [1]

Ironischerweise war die Restaurierungsmaßnahme nach Siroux nicht so solide, sodass er bereits bei seiner Besichtigung erhebliche Risse in der Fassade feststellen konnte. [1] Er beschreibt in seinem Bericht weiter, dass es ebenfalls zu einem enormen Umbau des im westlichen Eingangsbereichs liegenden Waschraum gekommen ist. Belegt wird seine These wiederum durch eine Inschrift aus dem Jahr 1843:

Er ist der Allmächtige! Der geehrte Hadji Ismael, diese Hauptstadt der Tugend, die mit ganzer Seele und von ganzem Herzen die Nachkommen des Propheten liebt, hat ein Gebäude entworfen, das die Schönheit der Moschee bereichert: er hat ein Becken gebaut, und was für ein Becken! Von seiner Reinheit sind Zamzam und Kovsar eifersüchtig. Nachdem er es gebaut hatte, dekorierte er es künstlerisch so, dass sein Wasser wie das Wasser des Lebens ist, das den Geist tröstet und nährt. [1]

Die Reparaturmaßnahmen umfassten auch das Gewölbe des Eingangsportals zwischen den beiden Minaretten. Außerdem wurde der Innenraum der *Schabastane* und einige der Gewölbe neu konzipiert. Die Maxime der Restaurierung war dabei, den Charakter der insgesamt vier Buchten mit seinen gleichmäßigen Elementen beizubehalten. Die damaligen Bauherren wiesen auch den Eindruck der Asymmetrie der Gebetshallen durch geschickt Einzug von Nischen zurück, um über die Tatsache hinwegzutäuschen, dass der östliche Teil des östlichen *Schabastans* eine kürzere Länge aufwies. Die Fassade der *Schabastane* zum Innenhof wurde ebenfalls überarbeitet. [1]

Tabelle 26: Befund 008 - Reparaturmaßnahme an der Kuppel

Die wohl augenscheinlichste Veränderung erfuhr der südliche Bereich an der Kuppel. Durch die Alterung und den Feuchteintrag der Oberfläche der Kuppelhaut musste diese einer größeren Reparatur unterzogen werden. Diese änderte ihre äußere Erscheinung vollumfänglich. Direkt über den vier Kuppelöffnungen wurde die Basis in unterschiedlichen Steinformaten angehoben. Unter Beibehaltung der so entstandenen Brüstung wurde ein schützendes Dach mit konisch spitz zulaufender Silhouette hergestellt. [1]

Die konische Kuppel bestand noch bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts. Danach wurde sie durch eine moderne Konstruktion ersetzt. Es ist an dieser Stelle Siroux zu ergänzen, dass die Umbaumaßnahme auch konstruktive Absichten verfolgte. Wie aus den Bestandsplänen zu entnehmen ist, hat sich die wiederaufgebaute Innenkuppel über die Jahrhunderte stark verformt. Abbildung 63 zeigt einen Planausschnitt der Verformungsanalyse, in welcher die Kuppel im Abstand von 0,40 m geschnitten und bemaßt wurde. Den damaligen Bauherren waren die starken Verformungen vermutlich aufgefallen und sie wollten dem Versagen der Kuppel im Erdbebenfall entgegenwirken. Mithilfe der Aufmauerung der Brüstung konnte der ideale Lauf der Stützlinie verbessert werden, sodass in der Kuppel selbst geringere Biegemomente auftreten. Im Idealfall sollten aus dem Eigengewicht in der Kuppel nur Druckkräfte verlaufen; aufgrund ihrer Verformung war dies aller Voraussicht nicht mehr gegeben.

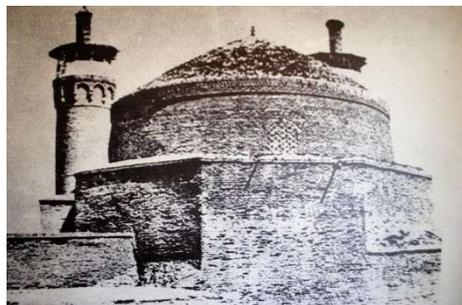
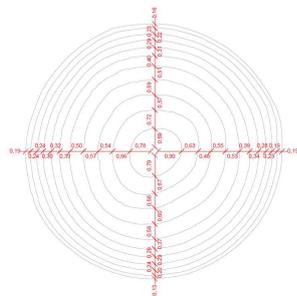


Abbildung 62: Plan - Iran_Borujerd_Verformungsanalyse-002.01_A1_Grundriss EG_1-100

Abbildung 63: Reparaturmaßnahme Kuppel, Photographie aus dem Stadtmuseum von Borujerd

Tabelle 27: Befund 009 - Innenraumausgestaltung

Als Maxime Siroux die Moschee besichtigte fand er eine komplett andere Innengestaltung vor. Er konnte die Oberfläche des Übergangsbereiches nicht nach datierenden dekorativen Elementen untersuchen, da sie unter einer Gipsputzschicht verdeckt war. [1] Der untere Brüstungsbereich und die *mihrab* waren mit blau-grün emaillierten Keramikfliesen gedeckt. Im heutigen Istzustand ist von der Ausstattungphase nur noch die verzierte *mihrab* vorhanden.



Abbildung 64: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster)



Abbildung 65: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster)

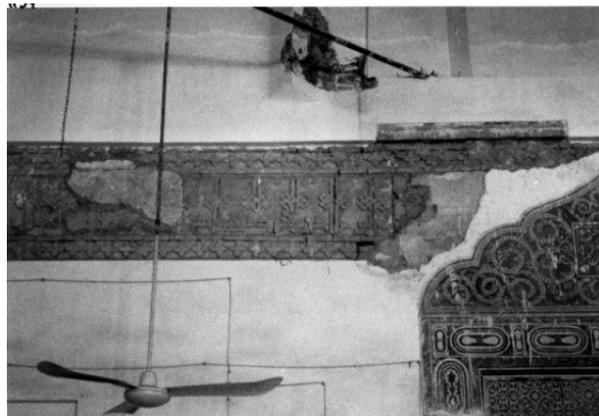


Abbildung 66: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster)



Abbildung 67: mihrab, Blick nach Süden (P. Schalk)

II.1.1 Bauphase 4 – Moderne Reparaturen

Die vorher ausgeführten Bauphasen haben bereits einen Einblick darüber geben können, dass die Moschee in ihrer Form durch ständige Umbau- bzw. Restaurierungsmaßnahmen geprägt war. Die äußere Erscheinungsform der Moschee änderte sich zudem mit den neuen jeweils zeitgenössischen Architektur- und Konstruktionsprinzipien. Auch in der jüngeren Vergangenheit kam es zu Restaurierungen der gut gemeinten Reparaturmaßnahmen der Qajaren. Mehrjar schreibt in seinem Gutachten, dass diese damals weder ausreichend dokumentiert noch in Planunterlagen festgehalten wurden. [2] Im Weiteren sollen einige Befunde erhoben werden, die wesentlich das Erscheinungsbild der Freitagsmoschee änderten.

Tabelle 28: Befund 010 - Kubatur und Dekoration der Außenkuppel

Die wohl weitreichendste Maßnahme die das Erscheinungsbild der Freitagsmoschee verändern sollte, war die Neuerrichtung der Außenkuppel. Die Baukonstruktion dieser besteht aus 16 Stahlträgern, die auf die Innenkuppel verstrebt sind. Die Felder zwischen den Trägern sind im

Mauerwerk ausgefacht. Die Außenhaut wurde mit Mosaikfliesen in Blumenverzierungen gedeckt. Bei der Begutachtung von Mehrjar wurden enorme Schädigungen durch Erosion festgestellt; viele der Fliesen waren großflächig abgeplatzt oder durch die Schwingung von Erdbeben heruntergefallen. Einer seiner Sanierungsvorschläge war eine Absicherung zu den an der *qibla*-Wand liegenden Geschäften einzurichten; solange diese nicht besteht ist ein Sicherheitsabstand von 3,00 m um die Kuppel zu wahren. Zudem kam es zu Rissen in der Außenkuppel durch die im Winter 1983 Wasser eindringen konnte und sich an der Unterseite Eiszapfen ausbildeten. Es gab Versuche die Außenkuppel mit Lehm abzudichten, allerdings ohne Erfolg. Es wurde daher vorgeschlagen, die Kuppel vollumfänglich neu einzudecken und das Mosaik zu versiegeln. Als wichtigste Maßnahme fasste Mehrjar zusammen, dass der Wassereintritt in die Konstruktion durch die Mosaikfliesen verhindert werden muss. [2]

Laut Muhammad Muqaddas besteht die Außenkuppel aus Beton, Stahl und Backstein und weist an ihrem Fuß eine Stärke von 55,00 cm und an ihrem Scheitel eine Stärke von 38,00 cm auf. Die Stärke wurde dabei an einer der Öffnungen gemessen. Nach der Schätzung Muqaddas muss demnach der Unterbau mit einer Last von circa 200 Tonnen zusätzlich belastet sein. Die Höhe der Außenkuppel gibt er mit einer Höhe von 7,10 m von dem Absatz außen am Kuppelfuß an. [16] Wo genau die Abmessungen von Herrn Muqaddas genommen wurden, kann nicht genau nachvollzogen werden. Möglicherweise gibt es Planunterlagen, mit denen die Stahlträgerhöhe verifiziert werden kann. Nach Prüfung der erstellten Planunterlagen konnte eine Höhe von 7,28 m mit einer zusätzlichen Höhe der Spitze von 2,31 m festgestellt werden.

Aus der Fotodokumentation verschiedener Besucher ergab sich, wie sich das Muster der Außenkuppel über die Zeit entwickelte. Frau Babara Finster, ehemalige Professorin der Islamischen Kunstgeschichte an der Universität Bamberg, besuchte Borüjerd und dokumentierte die Freitagsmoschee unter anderem fotografisch. Es ist die Vermutung anzustellen, dass sie den Zustand, den Mehrjar in seinem Gutachten um 1983/84 beschreibt, vorfand. Die Fotografie von Herr Professor Korn im Jahr 2013 zeigt die Kuppel nach der von Mehrjar vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahme. Es ist dabei festzuhalten, dass die Dekoration in ihrer Form grundlegend verändert wurde. Innerhalb von fünf Jahren muss es allerdings zu erneuten Schädigungen des Mosaiks gekommen sein, die so tiefgreifend waren, dass diese erneut neu gedeckt wurde. Die Fotografie des Verfassers aus dem Jahr 2018 zeigt den Istzustand, der die ehemalige Dekoration der Errichtung der Außenkuppel rekonstruiert. Es ist das Weiteren anzumerken, dass die Wahl des Motives der Eindeckung nicht auf Befunden beruht und somit lediglich einen möglichen historischen Zustand zeigt; sie ist ein rein ästhetisches Produkt und wurde möglicherweise an ein bedeutendes Denkmal im Land angelehnt. Bei einem zweiten Aufenthalt des Verfassers dieser Masterarbeit im Jahr 2019 konnte das seit 2005 unter Weltkulturerbe stehende Öldscheitü-Mausoleum in Soltaniye besucht werden. Soltaniye ist ein kleines Dorf nahe der Autobahn die Täbris und Teheran verbindet. Es erlangte aber Anfang des 14. Jahrhunderts hohe kulturelle Bedeutung unter der Herrschaft der Ilkhaniden. Die Kuppel des Mausoleums wurde zwar auch bei einer Restaurierungsmaßnahme neu eingedeckt, jedoch lehnte sie sich an den ursprünglichen Zustand an. Dies konnte anhand von historischen Fotografien nachvollzogen werden.

Neben der Sanierung der Außenkuppel von Borüjerd kam es zudem zu Sanierungsmaßnahmen, die den oktogonalen Umgang der Kuppel betreffen. Es muss vereinzelt zu einem erhöhten Schädigungsgrad gekommen sein, sodass bereichsweise die Umfassung in einer Tiefe von drei Lagen wieder rekonstruiert werden musste. Etwaige Rissbilder wurden mit Kalkmörtel verschlossen. Es hatte sich zudem im südöstlichen Bereich zwischen Außenkuppel und dem oktogonalen Kranz eine Fuge von 12,00 cm gebildet. Die Schubkraft der Kuppel konnte folglich nichtmehr in die Konstruktion eingetragen werden, sodass enorme Einsturzgefahr bestand. Es kam zu Sanierungsmaßnahmen in diesem Bereich. [2]



Abbildung 68: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster)

Abbildung 69: Außenkuppel, Zustand 2013 (L. Korn)



Abbildung 70: Außenkuppel, Zustand 2018 (P. Schalk)

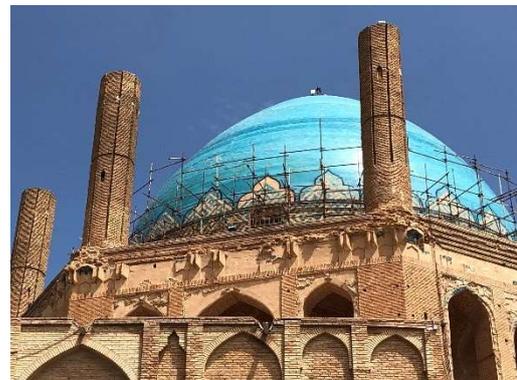


Abbildung 71: Außenkuppel des Öldscheitü-Mausoleums, Zustand 2019 (P. Schalk)

Tabelle 29: Befund 011 - Innenkuppel und Innenraumausgestaltung

Die neueren Gipsschichten im Innenraum der Kuppel wurden zurückgebaut. Es wurden an der Innenkuppel dafür insgesamt sieben Stuckschichten und zwei Lehmschichten abgetragen. Bei der letztendlichen Begutachtung der ursprünglich steinsichtigen Konstruktion des Innenraumes wurden zum einen Details wie eine arabische Inschrift und viele Verzierungen von alten Baustadien sichtbar, des Weiteren kamen Rissbilder in der Kuppel zum Vorschein. Viele der Stuckarbeiten waren in den Farben rot und blau gehalten, zeigten Verzierungen im Blumendekor und andere Aufschriften. [2] Es kann vermutet werden, dass es sich dabei um das Innenraumprogramm der Safawiden gehandelt haben könnte.

Mehrjar schreibt in seinem Gutachten, dass die wiederaufgebaute Innenkuppel in kleineren Formaten im Vergleich zu der Aufsetzung der Brüstung der Qajaren ausgeführt wurde. Seiner Einschätzung nach habe die Kuppel eine höhere Elastizität in der Verbindung, wohingegen die Brüstung die Steifigkeit erhöht. Es wurde zudem vorgeschlagen lose Steine in der inneren Schale zu befestigen und die vorgefundenen Risse mittels Gipsputz zu schließen. Während der Sanierungsmaßnahmen ist eine Abdeckung zum Schutz vor abstürzenden Steinen zu errichten. [2]

Bei der Errichtung der Außenkuppel wurde die Außenhaut der Innenkuppel mit einem Zementgemisch verschlemmt. Dies führte dazu, dass es zu Salzausblühungen in der Kuppel durch Feuchteintritt kam. Bei der in situ Besichtigung 2018 konnten keine neuen Salzausblühungen festgestellt werden. Es ist demnach anzunehmen, dass durch die vierseitige Belüftung

II. Bestandsanalyse

der Innenkuppel ausreichend Durchzug entstanden ist, der für eine vermutliche Trocknung der Innenseite gesorgt haben könnte.



Abbildung 72: Unteransicht Innenkuppel, Salzausblühungen im unteren Bereich (L. Korn)

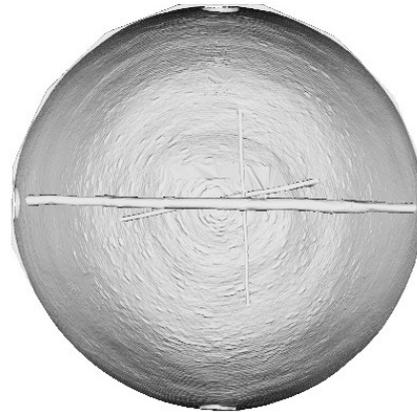


Abbildung 73: Geomagic Wrap – Unteransicht Innenkuppel

Tabelle 30: Befund 012 - Bereichsweiser sukzessiver Steinaustausch

Der begonnene Prozess des Steinaustausches zur Zeit der Qajaren wird bis heute noch fortgesetzt. Dies liegt zum einen an der bereits von Siroux festgestellten mangelhaften Qualität der Ausführung unter den damaligen Bauherren und zum anderen an dem stetigen Frost-Tau-Wechsel, dem die Außenfassade der Moschee ausgesetzt ist. Es ist nochmals zu erwähnen, dass Borūjerd im Zargosgebirge auf einer Höhe von 1670 m liegt; die umliegenden Gebirgskämme sind bis weit in das Frühjahr von Schnee bedeckt. Auch während des zweitägigen Aufenthalts fanden Arbeiten am nördlichen Wintergebetssaal statt. Aus der Steinkartierung in den Baualtersplänen ist zu entnehmen, wo es im Innenraum zum Austausch gekommen ist. Die neueren Steine sind heller als die historische Substanz und heben sich damit bei der Betrachtung klar in der Fassade ab.

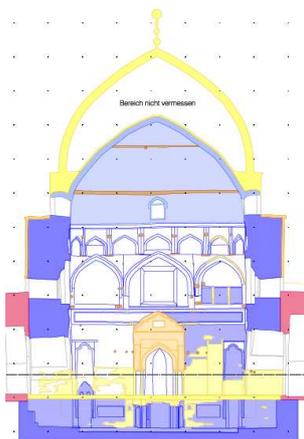


Abbildung 74: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-009.01_A2_Querschnitt_1-100



Abbildung 75: Steinaustausch Wintergebetssaal, Blick nach Nordwest (P. Schalk)

Tabelle 31: Befund 013 - Einzug Betondecke

Der Einzug der Stahlbetondecke zwischen Keller- und heutigem Erdgeschoss sorgte dafür, dass die Moschee wieder ebenerdig betreten werden konnte. Wann dies stattfand konnte leider nicht

herausgefunden werden. Sie liegt auf insgesamt 12 I-Stahlträgern auf. Die ehemaligen seitlichen Zugänge der Moschee dienen nun als Kellerabgang. Die Decke trennt das *mihrab* in zwei verschiedene Ebenen. Der Teil im Untergeschoss, der aller Vermutung nach noch aus seldschukischer Zeit stammt, hat bereits mehrere Überformungen erfahren. Der obere ist mittels eines halben Oktogonal abgefangen.



Abbildung 76: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-009.01_A2_Querschnitt_1-100

Abbildung 77: mihrab im Kellergeschoss, Blick nach Süden (L. Korn)

Tabelle 32: Befund 014 - Rekonstruktion der Minarette und Neueindeckung der Dächer

Die Stadt Borūjerd liegt in einem seismisch stark aktiven Gebiet. Bereits Mehrjar schrieb in seinem Gutachten, dass aufgrund eines Erdbebens im Jahr 1984, das auf der Richter-Skala einen Wert von 4,5 erreicht hatte, es zu Restaurierungsmaßnahmen an den Minaretten kommen muss. [2] Bei einem weiteren Erdbeben im März 2006 kam es zu einer schweren Schädigung des östlichen Minaretts. Die Rekonstruktion beider Minarette ist in Bildmaterial im Stadtmuseum von Borūjerd dokumentiert. Dort ist auch ersichtlich, dass es zu einer umfassenden Neueindeckung der Dächer der *Schabastane* gekommen ist.

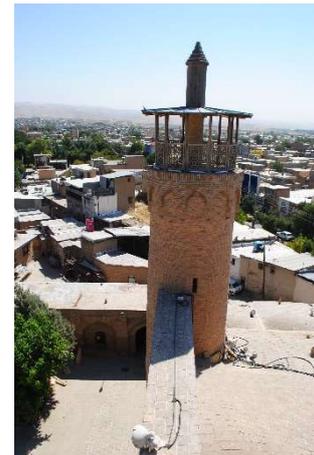
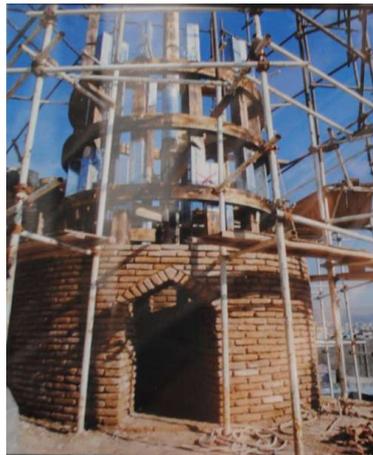


Abbildung 78: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster)

Abbildung 79: Rekonstruktion - Fotografie aus dem Stadtmuseum von Borūjerd

Abbildung 80: Minarett, Ost – Ist-Zustand (P. Schalk)

II.2 Verformungsanalyse

Auf Grundlage der genauen Vermessung und der daraus ermittelten Planunterlagen konnten folglich noch weitere Untersuchungen angestellt werden. Dabei steht die Frage im Vordergrund, wie der älteste Teil des Kuppelraums die Last abträgt und ob es zu starken Verformungen über die Jahrhunderte kam. Dafür soll zunächst die grundlegende Lastabtragung der Kuppel nachvollzogen werden. Des Weiteren wurden Planunterlagen erstellt, die dieser Masterthesis im „Anhang C: Verformungsanalyse“ beigelegt sind. Gegenstand der Betrachtung waren die maßgeblichen Projektionen des Übergangsbereiches, an denen die Moschee grundlegend ihre Symmetrie durch die Quadratur des Kreises ändert. Außerdem wurden durch die Schnitte ein Lot gelegt, von dem wiederum die Innenschale vermessen wurde. Hiermit soll festgestellt werden, ob es aufgrund der auftretenden Schubkräfte zu einer Verformung im Innenraum gekommen ist.

II.2.1 Tragverhalten von Mauerwerk und gemauerten Bögen

Prof. Dr. Holger Falter befasste sich in seiner Dissertation an der Universität Stuttgart mit der Untersuchung von historischen Wölbkonstruktionen. [17] Neben einer baugeschichtlichen Einführung in ihrer Form, Geometrie und Gestaltung unterzog er sie ebenfalls bautechnischen Untersuchungen, um das Tragverhalten der Baumaterialien näher erläutern zu können. Einige Ausschnitte sollen im Folgenden kurz angerissen werden, um die statische Lastabtragung grundlegend veranschaulichen zu können.

Um die Lastabtragung einer Kuppel verstehen zu können, ist der innere Spannungszustand von Mauerwerk näher zu betrachten. Dieser ist maßgeblich abhängig von dem Verhältnis der Steinhöhe zur Fugenhöhe, den Elastizitätsmodulen der eingesetzten Materialien und der Querdehnzahl des Ziegels und des Mörtels. Es ist festzuhalten, dass besonders die Querverformungen der Baustoffe sehr verschieden sind. Bei der Annahme eines unverschieblichen Verbunds an der Berührungsfläche kommt es zu einer Überlagerung des gleichmäßig angenommenen Spannungszustands der äußeren Last mit einem innenren Spannungszustand. Wenn die resultierende Querbeanspruchung größer als die Querdehnung des Ziegels ist, wird der Ziegel vom Mörtel quasi auseinandergesogen. Dadurch entstehen für den Ziegel Querkzugspannungen und er behindert die Querverformung des Mörtels; im Mörtel entstehen Druckspannungen. Damit die Standsicherheit nicht gefährdet ist, müssen die auftretenden Horizontalkräfte im Ziegel und Mörtel im Gleichgewicht sein. [17]

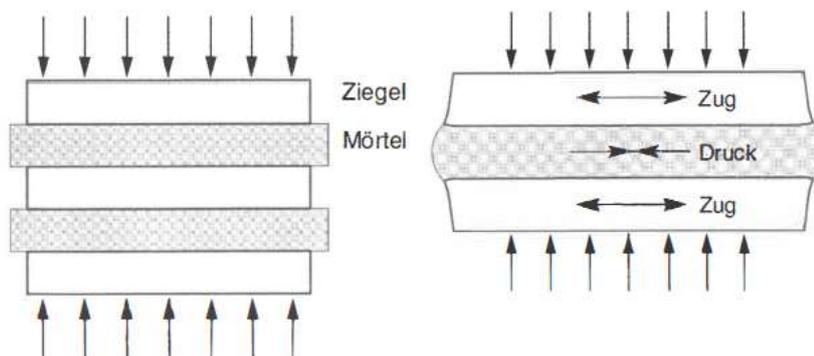


Abbildung 81: Verformung von Ziegel und Mörtel ohne und bei festem Verbund [17]

Um die Entwicklung zur optimalen Bogenform aufzeigen zu können, müssen einige Besonderheiten des historischen Mauerwerks in Betracht gezogen werden. Mauerwerk besitzt nahezu keine Zugfestigkeit und sollte daher bestenfalls auf Druck beansprucht werden. Dies ist in aller Regel allerdings nicht zu bewerkstelligen, da beispielsweise aus der veränderlichen Last von Wind auf eine Mauerkonstruktion dieses auf Zug beansprucht wird. Ein idealer Bogen ist lediglich auf Druck beansprucht. Wenn die Art der Belastung und die Form des Bogens allerdings nicht zusammenpassen, entstehen Bereiche, die auf Zug beansprucht werden. Damit verkleinert sich der zur Verfügung stehende Restquerschnitt der zur Aufnahme der Druckspannungen dient. Die daraus

resultierenden Verformungen können den damaligen Baumeistern nicht verborgen geblieben sein, da sie im Havariefall zum Einsturz der Konstruktion führen können. [17]

Idealerweise ist ein Bogen mit einem Querschnitt der Dicke d nur in seiner Schwerachse belastet. Kommt es allerdings zu einer außermittigen Belastung mit der Exzentrizität e , tritt zusätzlich zu der Normalkraft N ein Biegemoment $M = \pm N * e$ auf. Die Zugspannungen des Moments M bleiben durch die Normalkraft N überdrückt, sofern die Dicke d des Bauteils so ausgelegt wurde, dass die Exzentrizität $e \leq \frac{d}{6}$ bleibt. Die Übertragung der Zugspannungen erfolgt durch den Abbau der übertragbaren Druckspannungen. Zu Rissbildungen und zu klaffenden Fugen kommt es dann, wenn das Biegemoment aus der außermittigen Belastung größer als die abzubauenen Druckspannungen wird. Dies geschieht bei einer Exzentrizität $e > \frac{d}{6}$. [17]

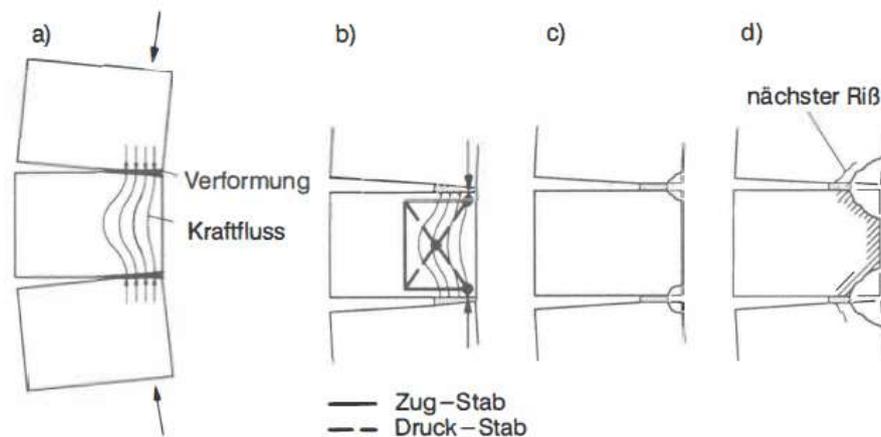


Abbildung 82: Abplatzen der Steinkanten bei stark ausmittiger Belastung [18]

Bei außermittiger Belastung muss die gesamte resultierende Druckkraft über den Restquerschnitt aufgenommen werden, an dem noch eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Ziegel und Mörtel besteht (Abbildung 83, a). Aufgrund von Kantenkräften, die den elastischen Körper belasten, entstehen im Randbereich Drucktrajektorien. Durch die Umlenkung der Trajektorien sind aus Gleichgewichtsgründen Zugkräfte nötig. Diese müssten vom Ziegel aufgenommen werden, was dieser aber aufgrund seiner geringen Zugfestigkeit oftmals nicht kann (Abbildung 83, b). Zuerst kommt es zu vertikalen Rissen, die letztendlich zu einem lokalen Versagen in Form von Abplatzen der Kante führen. Die Druckresultierende verläuft folglich weiter innen im Restquerschnitt. Dem geschwächten Querschnitt steht zur Aufnahme der Zugspannungen eine längere Bruchfuge zur Verfügung (Abbildung 83, c). Bei weiterer Belastung stellt sich dieser Mechanismus wiederum ein. Der Ziegel kann die verminderte Zugspannung nicht aufnehmen und es kommt ein weiteres Mal zu Rissen und zu einem Versagen der Kante. Sofern eine ausreichend dicke Fuge mit weichem Mörtel zwischen den Steinen ausgeführt wurde, kann mit zunehmender Druckspannung der Mörtel plastifizieren. Er wird in den Randbereichen versagen, da er aus der Fuge gedrückt wird. Bei beiden Versagensfällen entstehen Bereiche, in denen keine Zunahme der aufnehmbaren Momente mehr möglich ist. Es bilden sich statische Gelenke (Abbildung 83, d). Bei mehr als drei Gelenken verliert der Bogen sein stabiles Gleichgewicht und stürzt ein. [17]

Gewölbe und Bögen wurden bereits durch die alten Baumeister nach der Stützlinie für ständige Lasten konstruiert. Ihnen liegt das Prinzip eines auf Zug beanspruchten Seils zugrunde, bei dem sich in Abhängigkeit der Dehnsteifigkeit und der Lastverteilung eine eindeutige Seillinie ergibt. Für eine Gleichlast stellt sich beispielsweise die Form einer Parabel ein, während der Lastfall des Eigengewichts die Kettenlinie beschreibt. Die Stützlinie eines Bogens ist die tangentielle Verbindung der Durchstoßungspunkte der Kraftresultierenden in den Querschnitten; sie zeigt somit die Beanspruchung in einem Bogen. Die Bogendicke hat zwar einen untergeordneten Einfluss auf

den Stützlinienverlauf, jedoch geht sie maßgeblich in die Beurteilung in Bezug auf die klaffende Fuge mit ein. Vereinfacht dargestellt kann gesagt werden, dass mehrere verschiedene Stützlinien in einen dickeren Bogen passen. Er ist daher für mehrere unterschiedliche Lastfälle ausgelegt. Bereits den Baumeistern der damaligen Zeit war dieses Phänomen bewusst, sodass keine Gefahr bestand, wenn der Bogen nur ausreichend stark konstruiert wurde. [17] Bei dünneren Bögen ist die Gefahr der Gelenkbildung weitaus größer und somit die Last, die zu einem Einsturz der Konstruktion führt wesentlich geringer.

II.2.2 Prinzipalstatik der Kuppel

Unter Kuppeln versteht man Gewölbe mit regelmäßigen Krümmungen. Ihre Konstruktion wird im Grundriss oftmals über einen Kreis erbaut. Dabei bildet die Idealform eine Halbkuppel, die erst im Zusammenhang mit der römischen Monumentalarchitektur auftaucht. Davor finden sich zwar Gebrauchsformen von Kuppeln, wie beispielsweise das Kraggewölbe bei Wohnhäusern um das Jahr 5000 v. Chr., jedoch kommt die Kuppel lange lediglich bei unterirdischen Grabkonstruktionen vor. [19]

Durch die Hagia Sophia in Istanbul beginnt im römisch griechischen Osten eine neue Idee den Zentralraum zu beherrschen. Das Prinzip der **Pendentifkuppel** gilt als die vollkommene technische und formale Lösung für die Verbindung von Kuppel und Raumkubus. Dabei ist die konstruktive Verbindung der geometrischen Grundrisse des Kreises und des Quadrats zur gemeinsamen Lastabtragung von hoher Bedeutung. Die Schwierigkeit besteht darin, die geometrische Halbkugel mit ihrem ganzen Gewicht und den daraus entstehenden Seitenschub ohne Stützen frei zu überwölben und in den würfelförmigen Kubus einzufügen. Eine Lösung für dieses Problem bietet die Stutzkuppel, bei der das Grundquadrat mit dem Grundkreis umschrieben und die darüber konstruierte Halbkugel längs der Seiten des Quadrats beschnitten wird. Dadurch entsteht eine Kalotte über vier sphärischen Dreiecken, den sogenannten Pendentifs. Bei der Entstehung der Hagia Sophia kommt es zu einer Erweiterung dieses Prinzips. Die Stutzkuppel wird über den Pendentifs abgeschnitten und über dem entstandenen Kreis eine neue Kreiskuppel aufgesetzt. Die Lastabtragung zu den Fundamenten kann über Eckpfeiler, Schildbögen oder massive Wände erfolgen. Durch die Verbindung mit verschiedenen Gebäudetypen als zentrales oder gereihtes Bauteil entsteht das Stützkuppelprinzip. [19]

Tabelle 33: Grundformen der Verschneidung von Halbkuppel zu Raumkubus

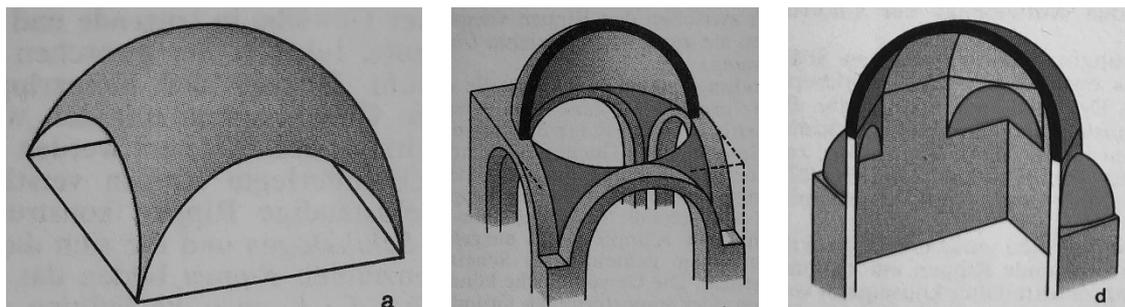


Abbildung 83: Stutzkuppel [19]

Abbildung 84: Pendentifkuppel [19]

Abbildung 85: Kuppel über Trompen [19]

Ähnliche Vorteile bietet die Errichtung einer **Kuppel über Trompen**. Sie gilt als die technisch einfachere Methode im Vergleich zur Pendentifkuppel. Dabei werden trichterförmige horizontale Gewölbenischen über die Ecken des Quadrats gespannt. Sie formen es zu einem Oktagon um, über dem der Grundkreis der Kuppel gemauert ist. [19] Es wird in der Literatur unter anderem als Trichtergewölbe, Trichternische oder Teilgewölbe bezeichnet und kann des Weiteren ungenau als

über Trompen errichtetes Klostergewölbe bezeichnet werden. [20] Das Tragverhalten von Kuppel ist identisch zu dem von Bögen. Das bedeutet, dass der verwendete Mörtel keine Zugfestigkeit verfügt und demnach in Ringrichtung nur Druckkräfte übertragen werden können. Beim Auftreten von Ringzug kommt es zu Rissen in Meridianrichtung. Die Kuppel wird in parallel verlaufende, geneigte Stützen und Streben unterteilt und die räumliche Lastabtragung ist nur noch oberhalb der Bruchfuge möglich. In diesem Bereich herrscht Druck, sodass das Tragverhalten in den geneigten Stützen dem der Bögen entspricht. Die Last muss innerhalb des Mauerquerschnitts verlaufen. Andernfalls kommt es zu Rissen in Ringrichtung, Gelenkbildung und somit zur Gefährdung der Standsicherheit. [17]

Der gemauerten Innenkuppel der Freitagsmoschee von Borūjerd kommt entgegen, dass nur ihr Eigengewicht tragen muss. Verkehrslasten gibt es keine und die Schnee- und Windlasten werden von der Außenkuppel aufgenommen. Laut Falter fallen die veränderlichen Lasten im Vergleich zu dem großen Eigengewicht von Kuppeln nicht weiter ins Gewicht. [17] Die Problematik der Lastabtragung war den Baumeistern der Seldschuken bewusst, sodass sie konstruktiv versuchten, den Schubkräften entgegenzuwirken. Grundsätzlich folgt die Kuppelkonstruktion einer Kuppel über Trompen, die zur Bauzeit bereits bekannt war, jedoch machten sie sich ein System zu eigen, das Tabelle 34 verdeutlichen soll. Sie zeigt das vermaschte 3D-Modell aus „Geomagic Wrap“, geschnitten an den aussagekräftigen Punkten, an denen sich die Geometrie des Kuppelraums maßgeblich ändert. Diese Schnitte sind kohärent zu den Grundrissen aus der Bestandsaufnahme.

Tabelle 34: Verformungsanalyse - Kuppelraum von Borūjerd

 <p>Abbildung 86: 3D-Model, Kuppel, Schnitt bei 898,5634 m</p>	<p>Bei massiven Kuppeln nimmt die Dicke der Kuppelkalotte vom Scheitel bis zum Kämpferpunkt kontinuierlich zu. Dadurch verläuft die Stützfläche der Kuppel flacher und der Öffnungswinkel wird kleiner, sodass der Kuppelschub und damit die Größe der Zugspannungen sich in Ringrichtung vergrößern. [17] Die resultierende Kraft aus dem Eigengewicht muss in die darunterliegende Konstruktion abgeleitet werden. In horizontaler Richtung entstehen Schubkräfte, die über die im Grundriss gesehene Kreisform vollumfänglich anfallen.</p> <p>(Iran_Borujerd_Bestandspläne_006_A1_Grundriss DG_1-50)</p>
 <p>Abbildung 87: 3D-Model, Sechzehneck, Schnitt bei 896,8134 m</p>	<p>Die anfallende Last wird aber anders als bei der reinen Kuppel über Trompen nicht über die in die Ecke gestellten Ecktrompen abgeleitet, sondern in einem ersten Schritt über sechzehn einzelne Trompen. Im Grundriss bildet sich dieses Sechzehneck auch klar aus. Dadurch wird gewährleistet, dass ähnlich eines Stützkuppelprinzips ein erster Teil des Kuppelschubs aufgenommen werden konnte. Die anfallende Ringlast kann sich folglich über eine größere Fläche auf die Unterkonstruktion verteilen.</p> <p>(Iran_Borujerd_Bestandspläne_005_A1_Grundriss DG_1-50)</p>



Abbildung 88: 3D-Model, Oktagon, Schnitt bei 893,5634 m

In einem nächsten Schritt wird die anfallende Last weiter über die über Eck gestellten Trompen abgeleitet. Es ist davon auszugehen, dass die antreffende Schubkraft aus der Kuppel sukzessive über die oben erläuterte Konstruktion abgenommen hat.

Zur Aufnahme der Schubkraft gibt es über die Zeiten hinweg verschiedene Möglichkeiten. Zum einen durch Strebepfeiler oder zum anderen durch die Verdickung der Ringwand, wie dies aus dem Pantheon in Rom bekannt ist. [17]

Es sind aber auch Techniken bekannt, die nach oben zum Scheitel hin die Wichte der verwendeten Zuschläge abnehmen lässt. [17] Inwiefern das in Borūjerd zum Tragen kommen kann, müsste durch Untersuchungsverfahren zur Baustoffzusammensetzung weiter geklärt werden.

In Borūjerd hingegen wurde die antreffende Schubkraft einzig über dem massiven Oktagonförmigen Mauerwerksblock überdrückt, der neben seiner rein statischen Funktion als Auflast auch architektonisch die seldschukischen Kuppeln charakterisiert. Dieser wirkt dabei vergleichsweise wie eine Fiale, die als zusätzliche Auflast an den Strebepfeilern gotischer Kathedralen eingesetzt wurde.

(Iran_Borujerd_Bestandspläne_004_A1_Grundriss DG_1-50)

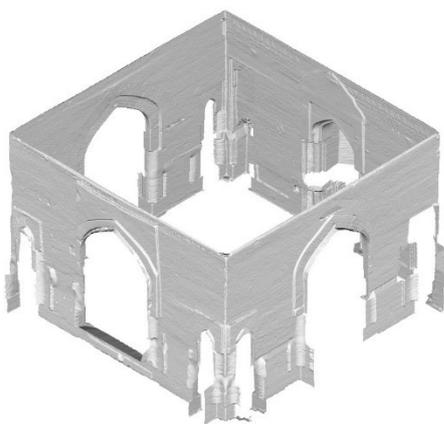


Abbildung 89: 3D-Model, Oktagon, Schnitt bei 890,3134 m

Durch die Quadratur des Kreises, als statisches Prinzip, kann gewährleistet werden, dass anders als bei einer Pendentfokuppel der gesamte Querschnitt des quadratischen Wandaufbaus zur Lastabtragung aktiviert werden kann. Die eingestellten Gurtbögen in der Wandscheibe für die Zugänge in die Moschee folgen statisch gesehen dem Prinzip der gemauerten Bögen. Die Stützlinie verläuft im Kernbereich der Bögen und seine spitz zulaufende Form wirkt sich positiv für die eintretenden Schubkräfte im Vergleich zu Rundbögen aus. An den Kämpferpunkten wurden durch das massive durchgängige Mauerwerk eine Widerlagerkonstruktion geschaffen. Über den Kellerabgängen sind Holzstürze angeordnet.

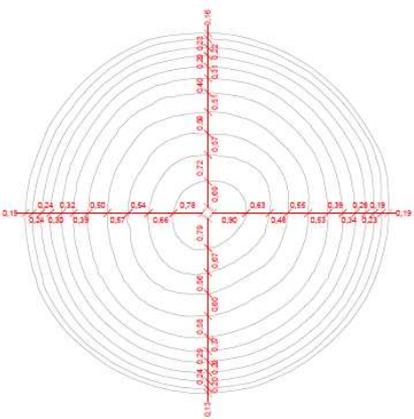
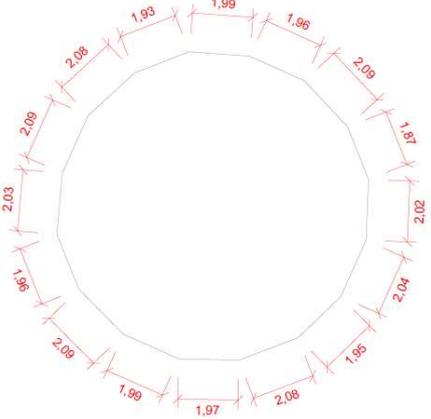
(Iran_Borujerd_Bestandspläne_003_A1_Grundriss DG_1-50)

II.2.3 Erkenntnisse aus dem terrestrischen Laserscan

Die Verformungsanalyse der Freitagsmoschee von Borūjerd wurde an dem Längsschnitt sowie Querschnitt ausgeführt. Dazu wurden in den Schnitten ein senkrecht Lot graphisch von dem Scheitelpunkt der inneren Kuppel gespannt und die Ist-Verformungen an den Innenwänden im Raster von 0,50 m angetragen. Aus dem Querschnitt (Iran_Borujerd_Verformungsanalyse-009.01_A2_Querschnitt_1-100) geht hervor, dass die Abstände nach Osten hin geringer sind, als die nach Westen; im Längsschnitt sind die nach Norden hin geringer (Iran_Borujerd_Verformungsanalyse-008.01_A2_Längsschnitt_1-100). Demnach ist davon auszugehen, dass die Moschee sich zum Gelände hinneigt, sozusagen nach Süden und Osten kippt. Dieser Befund lässt sich auch aus den Projektionen in den Bestandsplänen nachvollziehen (Iran_Borujerd_Bestandspläne_003_A1_Grundriss DG_1-50). Die plausibelste Erklärung ist, dass sich durch die seismologische Schwingung im Erdbebenfall das Gelände bereichsweise unter der Moschee weiter verdichtet hat bzw., dass es vermehrt zu Setzungen im südöstlichen Bereich der Anlage gekommen sein könnte. Nähere Baugrunduntersuchungen können diese These untermauern.

Bei der Verformungsanalyse des Grundrisses (Iran_Borujerd_Verformungsanalyse-002.01_A1_Grundriss EG_1-100) wurden die maßgeblichen Projektionen, an denen sich die Kuppelgeometrie ändert, weiter betrachtet. Diese sind im Plan herausgestellt und maßlich abgegangen worden. Schlussfolgernd ist festzuhalten, dass die Abweichungen der sich gegenüberliegenden Seiten bzw. Trompen nur sehr gering um wenige Zentimeter ausfallen. Man kann von einer bemerkenswert guten Ausführung sprechen, berücksichtigt man die Tatsache, dass sich die Moschee in einem Erdbebengebiet befindet. Vergleicht man dazu die Werte der später wiedererrichteten Kuppel, die in jedem Höhenschnitt im Abstand von 0,40 m eingemessen wurde, weichen diese deutlich voneinander ab. Den Baumeistern war es vermutlich ein Anliegen, die Kuppel stabil zu errichten und ein regelmäßiges Raster für ihre Konstruktion zu legen. Einen möglichen Anhaltspunkt über die Entwicklung der Abstände kann über die Umrechnung der Maßketten in den zur damaligen Zeit benutzten islamischen Fuß erfolgen. Hernández stellte in seiner statistischen Auswertung zu der metrischen und archäologischen Auswertung des Königspalastes Alcázar von Sevilla eine Tabelle zur Verfügung, die die Synthese der Einheiten und des Wertes in Zentimeter der wichtigsten Systeme von Maßeinheiten im Mittelalter in der Umgebung von Sevilla zusammenfasst. Demnach ergibt sich der Islamische Fuß zu 31,43 cm. [21] Nachstehende Tabelle 35 zeigt die einzelnen vermessenen Projektionen, sowie den Mittelwert der Abmessungen und die Umrechnung in den Islamischen Fuß.

Tabelle 35: Umrechnung der wichtigsten Projektionen zu Islamischen Fuß

			
Abbildung 90: Projektion der Kuppel		Abbildung 91: Projektion des Sechzehnecks	
Mittelwert	Umrechnung	Mittelwert	Umrechnung
/	/	2,01 m	6,41 Fuß

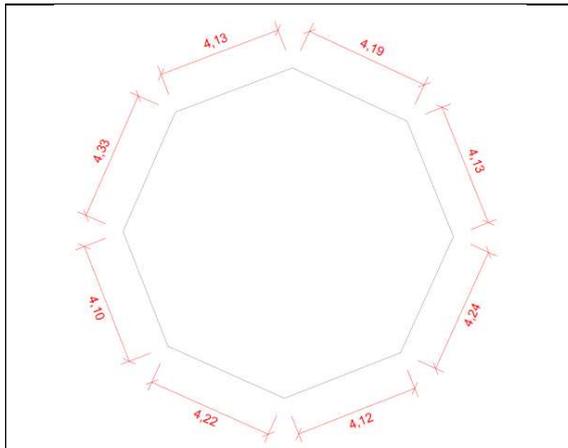


Abbildung 92: Projektion des Oktagons

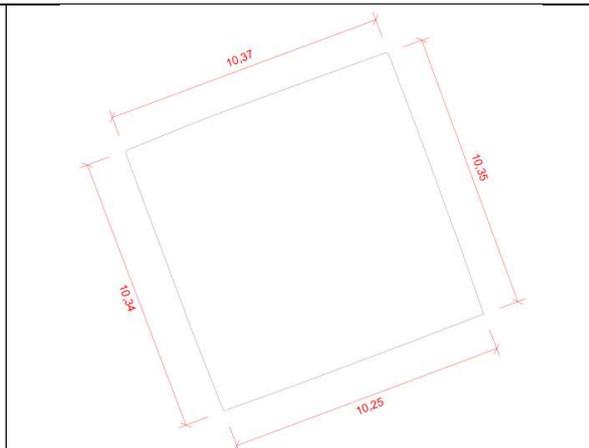


Abbildung 93: Projektion des Quadrats

Mittelwert	Umrechnung	Mittelwert	Umrechnung
4,18 m	13,35 Fuß	10,33 m	32,95 Fuß

Durch weiterführende Analysen diesbezüglich könnte festgestellt werden, ob sich die gezeigten Maße an anderer Stelle in der Moschee wiederfinden. Im Vergleich mit weiteren typologisch ähnlichen Bauten der Seldschuken könnten sich möglicherweise ein Konstruktionsraster herauskristallisieren, das den Baumeistern der Entstehungszeit ein übergeordnetes System unterstellen könnte.

II.3 Diskussion und Ausblick

Das Kapitel hat versucht in zwei Thematiken mögliche Herangehensweisen der weiteren Betrachtung aus der Bestandsaufnahme heraus aufzuzeigen und die Freitagsmoschee von Borüjerd näher zu begutachten. Es ist jedoch abschließend festzuhalten, dass die Betrachtung aus verschiedenen Aspekten im Moment nur sehr oberflächlich vollzogen werden konnte. Zum einen wurde bisher zur der Gesamtanlage wenig veröffentlicht und zum anderen war es nicht das Vermessungsziel - basierend auf dem terrestrischem Laserscanning – die Moschee in all ihren Bereichen zu erfassen.

In der **bauforschenden Begutachtung** wurde sich zum Ziel gesteckt, die einzelnen in der Literatur beschriebenen Bauabschnitte in Baualtersplänen festzuhalten und dem aktuellsten Kenntnisstand anzupassen. Die Berichte von Maxim Siroux und Muhammad Mehrjar erwiesen sich dabei als sehr gute Grundlage. Es ist schlussfolgernd festzuhalten, dass sich viele Punkte überschneiden und sie im Tenor dieselbe Aussagen vertreten. Jedoch konnten durch den Verfasser dieser Masterarbeit - in Absprache mit dem ortsansässigen Archäologen Mohammad Goodarzi - neue Befunde erhoben werden, die bereichsweise die Geschichte der Moschee umdeuten und ergänzen. Die Bau- und Veränderungsgeschichte kann aufgrund der Plangrundlage und dem kurzen zweitägigen Aufenthalt nicht als abschließend verifiziert bezeichnet werden. Sie ist lediglich der Beweis dafür, dass weitere tiefgehendere Untersuchungen anzustreben sind, sofern der Wunsch besteht das Gebäude in seiner Substanz vollumfänglich verstehen zu wollen. Bereits die Auseinandersetzung mit dem südlichen Bereich warf das Bild auf, dass es in der Vergangenheit vermehrt zu baulichen Eingriffen gekommen ist. Zudem stellt der südliche Bereich den ältesten Teil der Anlage dar, der im Vergleich zu den umliegenden *Schabastanen* in seinem Kern von Erdbebenschädigungen weitestgehend verschont geblieben ist. Die umgrenzenden Bauteile, die häufiger von Zerstörung betroffen waren, zeigen in der Abfolge ihrer baugeschichtlichen Befunde vermutlich weitaus mehr bauliche Eingriffe als der südliche *Iwan* mit dem Kuppelraum und den angrenzenden *Schabastanen*. So könnten beispielsweise weitere archäologische Grabungen herausstellen, inwieweit die einzelnen Teile der Anlage fundamentierte sind, welche weiteren, möglicherweise noch nicht festgehalten Bauphasen zu finden sind und wieweit die ursprüngliche Ausdehnung der seldschukischen Moschee

ausgesehen haben könnte. Die angefangene Steinkartierung sollte noch expliziter verfolgt werden, da aus ihr Schlüsse über die Entstehungszeit und klare Baufugen verifiziert werden können. Es hat sich des Weiteren beim Erstellen der Plangrundlage gezeigt, dass durch den Zeichenprozess für sich weitere Indizien gefunden werden konnten. Durch die systematische Auswertung von Bauabschnitten und dem Auswerten von Archivalien könnten aller Voraussicht nach Erkenntnissen gewonnen werden, die das Konstruktionsprinzip der Seldschuken beschreiben.

Die beschriebene **Verformungsanalyse** ist als Teilaspekt der Tragwerksanalyse zu verstehen. Durch das gewonnene Festhalten des Istzustandes des Kuppelraums könnte versucht werden die Verformung mittels statischer Berechnungen zu beschreiben. Unter welchem Lastfall hat sich diese eingestellt und wie ist sie anzunehmen? Dieser Punkt wäre der nächste folgerichtige Schritt, würde allerdings den Rahmen einer Masterarbeit sprengen. Die Grundlage zur statischen Betrachtung wurde gelegt. Das vermaschte Netz aus Geomagic Wrap kann in kleinere Dateigrößen dezimiert werden und als Grundlage zur statischen Berechnung herangezogen werden, um ein statisches Model erzeugen zu können. In einem ersten Schritt könnte überprüft werden, ob sich etwaige Verformungen aus dem Eigengewicht ergeben, oder ob sie sich nicht vielmehr nach der Berücksichtigung des Lastfalles in Erdbebengebieten herausstellen. Es könnte des Weiteren überprüft werden, inwiefern die Schubabtragung der Kuppel über die Konstruktionen der Trompen vonstatten geht. Um ein realitätsnahes 3D-Modell anfertigen zu können, bedarf es Informationen über die Festigkeitskennwerte der Materialien sowie der genauen Gründungssituation. Es müssten Versuche zur Druck- bzw. Zugfestigkeiten der Ziegel und des Mörtels gemacht werden. Zudem müssten die Zusammensetzungen des Mörtels im nasschemischen Verfahren ermittelt werden. Die statische Betrachtung würde mit sich ziehen, dass das Gebäude nicht nur in seinem kunsthistorischen Wert zu verstehen ist, sondern auch in seinem Tragverhalten. Sie kann zugleich als Grundlage herangezogen werden, um gezielt Ertüchtigungsmaßnahmen zu steuern und zu entwerfen, um letztendlich den aktiven Bauerhalt der Freitagsmoschee zu manifestieren und deren Erscheinungsbild und Struktur für Folgegenerationen zu sichern.

III. Einordnung der vorgefundenen Substanz



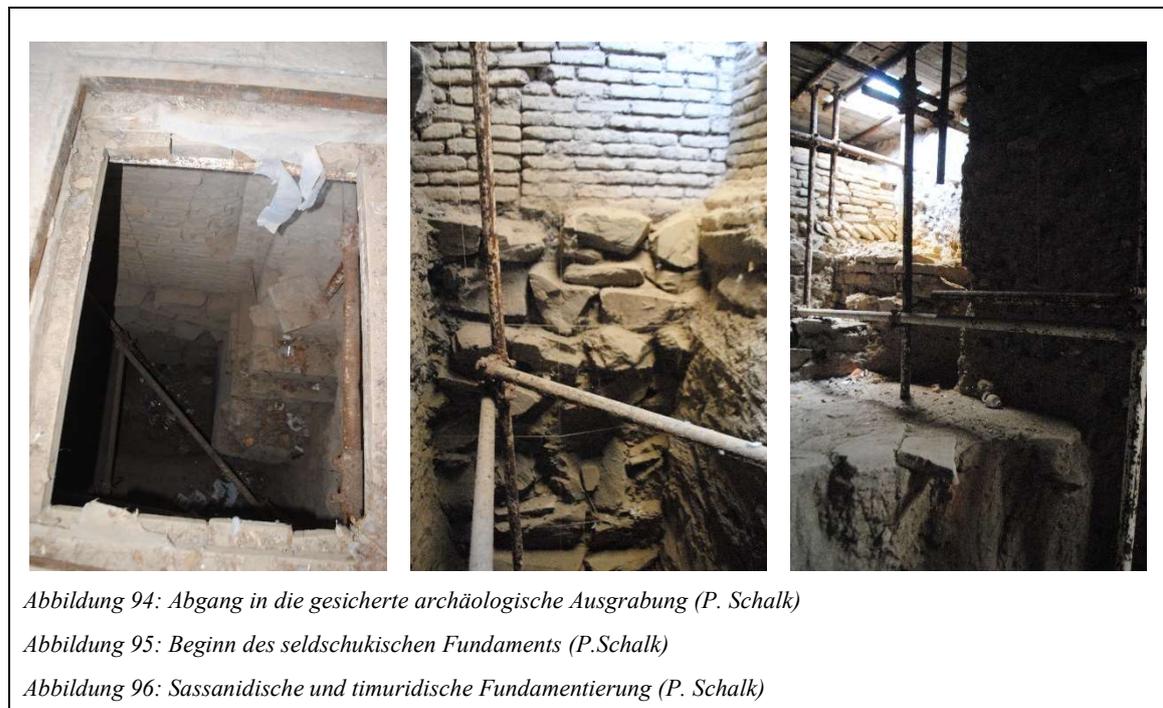
Aufgrund eines vierwöchigen Aufenthalts und Rundreise im Iran im August 2018 konnte der Verfasser dieser Masterthesis vermehrt iranische Moscheen besichtigen. Aus den persönlich gewonnenen Erkenntnissen ergab sich, dass diese im Wesentlichen einem einheitlichen Grundriss entsprechen, der bis heute noch Anwendung sowohl in der Sakral- als auch Profanarchitektur findet. Um einen in sich geschlossenen Innenhof bilden sich an den vier Hofseiten *Iwan*-Bauten aus, die je nach Himmelsrichtung unterschiedliche Funktionen besitzen. Während den einzelnen Bereichen unterschiedliche Wichtigkeiten der spirituellen Aussage beiwohnen, sind diese aber in ihrer baulichen Kubatur relativ ähnlich zueinander.

Bei der in situ Besichtigung der Freitagsmoschee von Borūjerd war der erste Eindruck sehr verzerrt. Der vorgefundene Grundriss passt nicht in das oben Beschriebene Prinzip. Der südliche Bereich wirkt im Vergleich zu den anderen Teilen überdimensioniert, der nördliche Teil liegt halb verdeckt unter der Erde. Die Eingangsbereiche zum Innenhof erfüllen zwar ihre Funktion, sind allerdings nicht mit anderen repräsentativen *Iwanen* von seldschukischen Gebäudekomplexen zu vergleichen. Bereits aus den Baualtersplänen des vorherstehenden Kapitels ergibt sich, dass die Freitagsmoschee mehrere bauliche Einschnitte erfahren hat. Aufgrund der Schädigung durch Erdbeben, den wiederholten Wiederaufbau und die Lage an einer wichtigen Handelsroute ergab sich zudem für die Bausubstanz ein stetiger Wandel mit der damaligen aktuellen Architektursprache. Diese augenscheinliche Theorie konnte auch in Absprache mit einem ansässigen Archäologen vor Ort weiter verifiziert werden. Aus den archäologischen Erkenntnissen und der noch bestehenden aufgehenden Bausubstanz können folglich wichtige Meilensteine der sakralen islamischen Architektur schluss-gefolgert werden.

III.1 Archäologische Ausgrabung im Jahr 2015

Es ergab sich die Möglichkeit die gesicherte archäologische Grabung aus dem Jahr 2015 von Mohammad Goodarzi unter dem Eingang des Süd-*Iwans* zu besichtigen. Dessen Hauptpunkte sollen folglich kurz zusammengefasst werden, da sie die vermutete Veränderungsgeschichte über die Gründungssituation bestätigen.

Tabelle 36: Fotodokumentation der Archäologischen Ausgrabung



Bei der archäologischen Ausgrabung wurde bis zur Tiefe von drei Metern unter dem Eingangsportal des südlichen Teils der Anlage gegraben. In dieser Tiefe fand sich eine Fundamentierung aus Natursteinmauerwerk und ein Bodenaufbau, der bekannt aus der sassanidischen Periode ist. Dies unterstreicht die These, dass die jetzige Moschee ursprünglich auf der Gründung eines Feuertempels errichtet wurde. Dieser *Chahar taq* war vermutlich kleiner als die jetzige Kuppel und soll noch bestanden haben, als bereits nördlich von ihm eine islamische Gebetshalle angeschlossen wurde.

Ab zwei Metern Tiefe beginnt das seldschukische Fundament aus scharfkantig gebrochenem Bruchsteinmauerwerk. Dies unterstreicht die im vorherstehenden Kapitel aufgeworfene These, dass die ursprüngliche Geländeoberkante ehemals auf Höhe des Bodens des jetzigen Kellergeschosses lag. Über die Zeit und durch mehrere Erdbeben eingestürzte Bauteile wurden vor Ort verdichtet und auf ihnen neu errichtet.

Des Weiteren wird dies durch die gefundene Fundamentierung in einem Meter Tiefe bestätigt. Sie gehörte zu einem *Schabastan* und besteht aus sieben Lagen Bruchsteinziegeln. Laut Aussage Herrn Goodarzi wurde die Gebetshalle, die in nördlicher Richtung an die jetzige timuridische anschließt bereits davor, aber definitiv nach den Seldschuken errichtet. Die verwendeten Ziegel sind dabei zweitverwendet und wurden vormals eher für das Errichten von Säulen benutzt. Dieselben Formate lassen sich auch in der alten Freitagsmoschee von Isfahan finden. Dies lässt den Schluss zu, dass nach einem Erdbeben die ehemalige seldschukischen Gebetshallen zerstört und mit dem eingestürzten Material neu errichtet wurden. Die neu errichteten Gebetshallen umgrenzten wiederum den zentralen Innenhof.

III.2 Entwicklungslinien der islamischen Monumentalarchitektur

Die deckungsgleichen Erkenntnisse aus den Baualtersplänen und der archäologischen Befunderhebung bezeugen, dass die Moschee nicht als stilreines Bauwerk zu einer Herrschaftsdynastie zugeschrieben werden kann. Die nachfolgenden Unterkapitel behandeln in einem in sich chronologischen Abriss wesentliche Beispiele, die in der Literatur einschlägig als stilprägend gelten. Es wird daher weiter betrachtet, aus welchen Stilelementen heraus sich die islamische Sakralarchitektur entwickelte und ob man davon noch Spuren in der Freitagsmoschee von Borüjerd ablesen kann. Insbesondere wird folglich ein Augenmerk auf Referenzbauten seldschukischer Architektur geworfen, um anhand derer die seldschukische Konstruktion aufzeigen zu können.

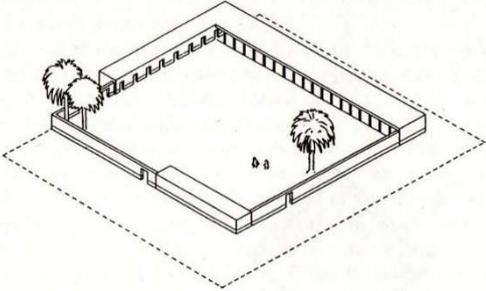
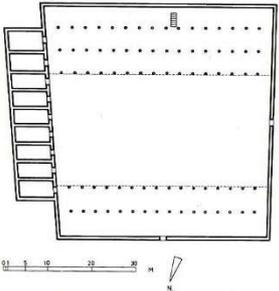
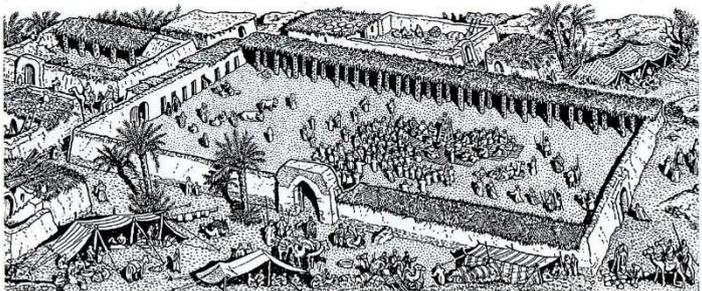
Die nachstehende, im Charakter eines Kataloges gehaltene, Auflistung der einzelnen Bauten wurde vor und nach dem Aufenthalt des Verfassers im Iran angefertigt, um einen ersten Überblick der islamischen Monumentalarchitektur zu gewinnen. Die Einträge werden dabei methodisch in fünf Kategorien näher betrachtet:

- I. Methodik und Herangehensweise:
Es wird benannt, ob sich der Eintrag an die gängige Literatur oder an eine in situ Begehung anlehnt.
- II. Bestandsaufnahme:
Es wird auf die Umgebung und wenn vorhanden auf Grundrisse eingegangen und die einzelnen Besonderheiten aufgezeigt.
- III. Bestandsanalyse:
Auf einzelne Konstruktionen der Moscheen wird spezifisch eingegangen sowie die aufgehende Konstruktion näher beschrieben.
- IV. Zusammenfassung und Schlüsse:
Die gewonnenen Erkenntnisse werden eingeordnet und der Bezug zu der Freitagsmoschee von Borüjerd aufgezeigt.

III.2.1 Wahl des Bauplatzes

Feuertempel (<i>Chahar taq</i>)	
	<p><u>Klassifizierung:</u> Tradition des Kuppelbaus</p>
	<p><u>Ort:</u> Natanz, Iran</p>
	<p><u>Zeit:</u> unbekannt</p>
	<p><u>Funktion:</u> Heiligtum der Zoroastrier</p>
<p><u>Baudynastie:</u> Sassaniden (224 – 642 n. Chr.)</p>	
I. Methodik und Herangehensweise	
<p>In situ Begehung</p>	
II. Bestandsaufnahme	
<p>Natanz entstand in sassanidischer Zeit. Reste eines sassanidischen Feuertempels <i>Chahar taq</i> befinden sich nahe der Hauptsehenswürdigkeit der Stadt, dem 1307 bis 1308 n. Chr. erbautem Mausoleum des Sheikh abd al-Samad.</p>	
III. Bestandsanalyse	
	<p>Der als Pendentfkkuppel konzipierte Pavillon aus Bruchsteinmauerwerk folgt exemplarisch dem statischen Prinzip, wie es im zweiten Kapitel dieser Masterthesis beschrieben wurde. Der <i>Chahar taq</i> ist konserviert und bereichsweise stark restauriert.</p>
<p><i>Abbildung 98: Feuertempel – Chahar taq, Natanz, Kuppelansatz (P. Schalk)</i></p>	
IV. Zusammenfassung und Schlüsse	
<p>Der <i>Chahar taq</i> von Natanz ist hier angeführt, um einen Eindruck zu vermitteln wie der Ursprungsbau in Borūjerd ausgesehen haben könnte. Er ist zudem ein Indiz dafür, dass der Iran auf eine lange Tradition von Kuppelbauten zurückgreifen kann. Es ist an dieser Stelle nochmals anzumerken, dass die Lastabtragung über Trompen laut Siroux bereits zu der Zeit der Sassaniden bekannt war. [1]</p> <p>Bei der Gründung ihrer Städte folgten die Muslime dem Städtebau, wie er ihnen von der arabischen Halbinsel geläufig war. Die Freitagsmoschee bildete den Kern der Stadt bzw. des Lagers. Durch verschiedene Stämme, die um die Freitagsmoschee herum ansiedelten, entstanden neue Stadtviertel mit jeweils eigenen Stammesmoscheen. Wurden von ihnen bestehende Städte erobert, so platzierten sie auf zentralen Plätzen oder auf bestehenden Fundamenten vorheriger Heiligtümer ihre Freitagsmoscheen. Das Zu-eigen-Machen der Baustrukturen anderer Religionen kann als Herrschaftslegitimation der islamischen Eroberer verstanden werden. [6]</p>	

III.2.2 Entwicklung der ersten Moschee

Haus des Propheten Muhammad	
	<p>Klassifizierung: Vorbildfunktion für Sakralbauten</p> <p>Ort: Medina, Saudi-Arabien</p> <p>Zeit: 622 - 750 n. Chr.</p> <p>Funktion: „Gemeindezentrum“</p>
<p><i>Abbildung 99: Haus des Propheten, 3D-Isometrie, Rekonstruktion, Bauzustand um 632 [8]</i></p>	
I. Methodik und Herangehensweise	
<p>Quellstudium: [7], [8] Bauwerk nicht mehr vorhanden, daher basierend auf detailgenauen Überlieferungen, die allerdings erst später schriftlich aufgezeichnet wurden</p>	
II. Bestandsaufnahme	
<p>Umgebung: Beim Eintreffen des Propheten in Medina bestand die Oase aus weit verteilten Siedlungen verschiedener Stämme. Die Entscheidung über den Standort seines Hauses überließ er seinem Kamel. Seine Begleiter banden sein Kamel los und ließen es in Medina frei umherlaufen. Der Ruheplatz, an dem es sich niederlassen würde, sollte der Ort werden, an dem er sein Haus errichten wollte. Das Land um den Standort des Hauses des Propheten besiedelten seine Gefolgsleute. Das Gebiet um das Haus des Propheten verdichtete sich zusehends, sodass schließlich eine Stadt entstand. [7]</p>	
<p>Baugeschichtliche Grundrissstudie: Der Grundriss des Hauses ist ein offener rechteckiger Hof von etwa 54,00 x 54,00 m der von einer Mauer eingefasst war und mehrere Eingänge besaß. Die <i>qibla</i>-Seite des Hofes wurde durch ein Sonnendach aus Palmstämmen und Palmwedeln überspannt. Südöstlich grenzten an den Hof mehrere Wohnkammern an, in denen der Prophet und seine Familie wohnten. [8]</p>	
	
<p><i>Abbildung 100: Haus des Propheten, Grundriss, Rekonstruktion nach schriftlichen Quellen [7]</i></p> <p><i>Abbildung 101: Haus des Propheten, Phantasievolle Rekonstruktion (nach J. L. Leacroft) [7]</i></p>	
<p>Überlieferte Quellen besagen, dass das Schattendach zunächst an der Nordmauer des Hofes anschloss. Später als die Gebetsrichtung <i>qibla</i> nicht mehr wie einst von Muhammad vorgegeben Jerusalem, sondern durch den Einfluss der medinischen Juden zu Mekka wurde, fand die Verlegung des Schattendachs an die Südseite der Hofanlage statt. Hier wird die Funktion des Schattendaches als Schutz der Betenden deutlich. Der Prophet hielt das Gebet an einem erhöhten Standort ab, welcher diesen von den restlichen Betenden abgrenzte. [8]</p>	

III. Bestandsanalyse

Das einstige Material der Umfassungswände der Anlage waren Rohziegel. Unter der Regentschaft des umayyadische Sultan al-Walid gab dieser den Auftrag, das Haus zur Moschee umzubauen. Das geht aus Augenzeugenberichten aus dem Jahr 707 n. Chr. hervor. An der Ostseite des Hauses befanden sich vier einstöckige Bauten. Die Wände, die diese Bauten voneinander abtrennten, bestanden aus lehmverkleisterten Palmblattgeflechten. Später wurden weitere fünf Kammern in Richtung des Innenhofes angebaut. Die tragenden Elemente der Gebetshallen bestanden aus Palmstämmen; die Unterkonstruktion des flachen Daches war aus Matten und Palmblättern konstruiert deren Abdichtung mittels einer Lehmbeschichtung erfolgte. [7]

Neben dem *Chahar taq* von Natanz konnten zusammengestürzte Gebäude begutachtet werden, die in der beschriebenen Bauweise errichtet worden waren. Abbildung 102 und Abbildung 103 sollen die Techniken verdeutlichen, die auch heute noch in ländlichen Regionen des Irans verbreitet sind.



Abbildung 102: Ruine, Lehmwohnhaus, Natanz (P. Schalk)



Abbildung 103: Dachaufbau, Lehmwohnhaus, Natanz (P. Schalk)

IV. Zusammenfassung und Schlüsse

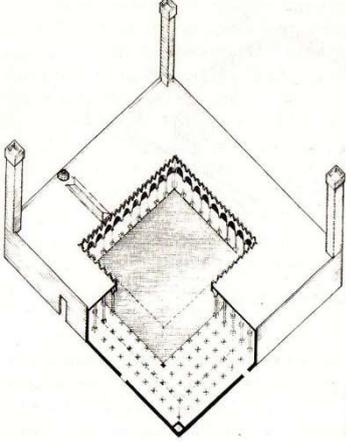
Dem Haus des Propheten Muhammads ist ein Vorbildcharakter zu unterstellen, der die weitere Entwicklung der islamische Sakralarchitektur stark beeinflusste. Neben der rein religiösen Funktion wurde der Hof der Moschee auch für weitere Zwecke benutzt; hier wurden Beratungen abgehalten, man empfing Gesandtschaften, pflegte im Krieg Verwundete und außerdem diente das Anwesen zur Aufbewahrung von Waffen und Vorräten. In seiner Konstruktion war der Bau noch ganz am Zweck eines Gemeindezentrums orientiert. Das Wesen der Versamlungsstätte der Gemeinde wird sich allerdings fest in die Funktion von Folgebauten verankern. [8]

Die einfache zweckdienliche Bauweise der Anlage war dem Propheten Muhammad bewusst und beabsichtigt. Laut einer Überlieferung äußerte sich Muhammed wie folgt: „*Die unnütze Sache, die den Reichtum, eines Gläubigen verschlingt, ist das Bauen.*“ [7. S.54] Demzufolge lässt sich auch die Wahl der nicht dauerhaft beständigen Materialien erklären; die ersten Anhänger der neu aufkommenden Glaubensrichtung waren ursprünglich Nomaden- und Beduinenvölker, deren Lebensumstand nicht sesshaft war. Aus dieser Philosophie heraus lässt sich, zwar nicht vollumfänglich dennoch wertend verstehen, weshalb anfangs keine zeitbeständigen Materialien verwendet wurden.

Die am Hof südlich angrenzende Moschee des Propheten bildete die Referenz für die nachfolgenden Bauten in ihrer Gestaltung und Innenausstattung. Das Konstruktionsprinzip der vertikalen Abstützung mittels Palmstämmen von Dachfeldern sollte folglich zu großen vollständig überdachten Stützen- bzw. Pfeilerhallen führen. Aus ihrer Ausrichtung der *qibla*-Wand ergibt sich die Gesetzmäßigkeit der früheren Moscheen, diese in die Gebetsrichtung nach Medina auszurichten. Die erhöhte Position die der Vorbeter vor seiner Gemeinde einnahm,

mündete in das wichtigste Einrichtungsmerkmal eines islamischen Sakralbaus; die sogenannte *minbar*, welche die Kanzel der Predigt bildet.

III.2.3 Festsetzung der Formensprache

Umayyadenmoschee von Medina (Prophetenmoschee)	
	Klassifizierung: Festsetzung der entwickelten Formensprache
	Ort: Medina, Saudi-Arabien
	Zeit: 707 - 710 n. Chr.
	Funktion: Umbau zur repräsentativen Stätte
	Baudynastie: Umayyaden (660 - 750 n. Chr.)
I. Methodik und Herangehensweise	
Quellstudium: [7], [8], [22] Bauwerk gilt als zweitwichtigster Wallfahrtsort nach Mekka, ursprüngliche Konstruktion hat weitere bauliche Eingriffe erfahren	
II. Bestandsaufnahme	
Umgebung: Die muslimische Monumentalarchitektur findet ihren Anfang in der Zeit des sechsten Umayyadenkalifen al-Walid. Die große Leidenschaft dieses Herrschers war das Bauen. Durch eine Wallfahrt nach Medina bestärkt, fasste er den Entschluss das Haus des Propheten Muhammads mit Hilfe von byzantinischen und koptischen Bauherren von Grund auf zu verändern und umzubauen. [7]	
Baugeschichtliche Grundrissstudie: Die komplette Anlage sollte zu einer Andachtshalle mit einem zentralen Hofraum umgebaut werden. Als Bezugspunkte dienten die Umriss des Hauses. Die Reste der Palmstämme wurden in Säulen eingemauert. Über der ehemaligen Kammer der Lieblingsfrau des Propheten wurde dessen Grabstätte errichtet. Die Gebetsnische <i>mihrab</i> und die Kanzel <i>minbar</i> wurden hier das erste Mal verwirklicht und stehen in direktem Zusammenhang mit dem Propheten. Sie sollen sinnbildlich an den Ort des Propheten erinnern, an dem er einst betete. [7]	
Abbildung 105 zeigt den Grundriss der Moschee; die gestrichelte Linie symbolisiert die ursprüngliche Abmessung des Hauses	

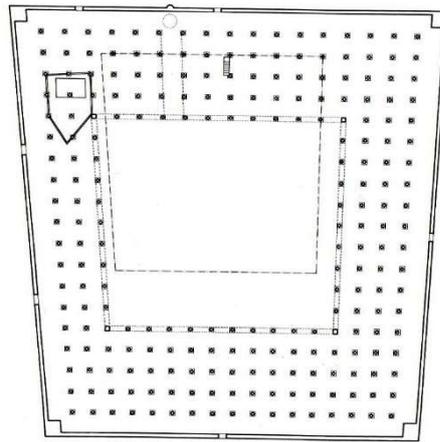


Abbildung 105: Prophetenmoschee, Medina, Grundriss, Rekonstruktion [7]

III. Bestandsanalyse

Beschreibungen islamischer Reisenden und Wallfahrern zufolge, bestand das Bauwerk aus einer Kombination aus arabischen Bausitten und syrischen Bauelementen. Die Säulenhalle, die vormals aus Palmstämmen errichtet wurde, wurde während der Bauausführung durch Steinsäulen ersetzt. Dadurch konnten die einstigen Gestaltungsmerkmale, die rein zweckmäßiger konstruktiver Natur waren, auf die monumentale Steinbauweise übertragen werden. [7]

IV. Zusammenfassung und Schlüsse

Der Neubau der Grabmoschee kennzeichnet den Beginn der Entstehung des monumentalen Sakralraums. Die ursprüngliche Funktion der alten Art des einfachen Versammlungsraumes *masdschid* war nicht mehr leitendes Konstruktionsprinzip, dennoch blieb die Moschee immer ein Treffpunkt im sozialen und geistigen Sinne. [7]

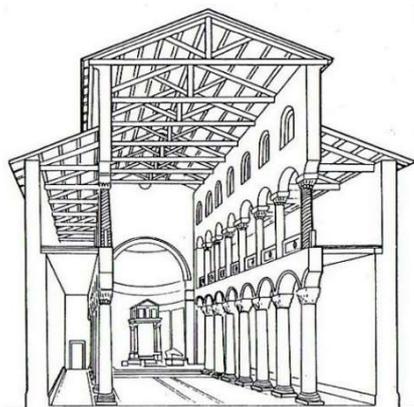


Abbildung 106: Schema einer christlichen Basilika [6]

Die Säulenhalle und ihre Formsprache sollten zum Vorbild der islamischen Monumentalarchitektur werden. Die damaligen syrischen Kirchen wurden von den Muslimen als funktionale Säulenhallen angesehen. Die Transformation der Kirchen in islamische Gebetsstätten geschah meist ganz pragmatisch durch die Abänderung der Gebetsrichtung ins spirituelle Zentrum nach Mekka. Die Aneignung und Umdeutung christlicher Sakralbauten nach der Eroberung wurde zur gängigen Praxis und erfüllte auch einen ökonomischen Aspekt. Die Umbaukosten hielten sich in Grenzen und zudem standen die Kirchen in exponierter Lage. Der Transformationsaspekt kann in zwei möglichen Punkten näher nachvollzogen werden. Zum einen waren die zu Moscheen umgewandelten Kirchen für die Gemeindeglieder gut erreichbar, zum anderen wurde durch sie aber auch der symbolische Wert der Machtübernahme in den Vordergrund gerückt. [22]

Durch die Herrschaftslegitimation fühlten sich die Muslime in ihrer Gemeinschaft gefestigt. Das Gefühl, seinen Geschlagenen überlegen zu sein, stärkte die islamische Identität und die Zusammengehörigkeit. [8]

Umayyadenmoschee von Damaskus



Abbildung 107: Umayyadenmoschee, Damaskus, Hofansicht [7]

Klassifizierung:

Festsetzung der entwickelten Formensprache und Überhöhung

Ort:

Damaskus, Syrien

Zeit:

708 – 715 n. Chr.

Funktion:

Transformation zur Moschee

Baudynastie:

Umayyaden
(660 - 750 n. Chr.)

I. Methodik und Herangehensweise

Quellstudium: [7], [8], [23]

II. Bestandsaufnahme

Umgebung:

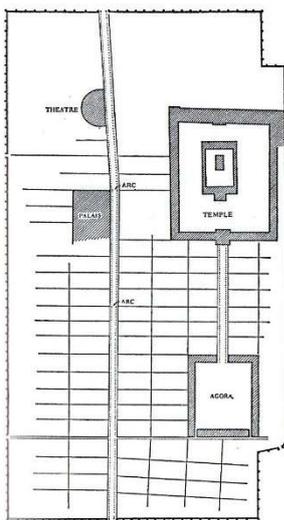


Abbildung 108: Lageplan des antiken Damaskus [6]

Im Zentrum der Altstadt in Damaskus stehen die Umfassungsmauern eines Tempels der Römer, der einst dem Gott Jupiter geweiht war. Im 4. Jahrhundert entstand an dieser Stelle eine christliche Basilika. Die Stadt wurde im Jahr 636 n. Chr. von den Muslimen erobert. 70 Jahre lang wurde dieser religiöse Ort von den Anhängern beider Religionen gemeinsam genutzt. Al-Walid kaufte letztendlich den Christen die Johanniskirche ab, als das Bedürfnis der stark angewachsenen muslimischen Gemeinde nach einem eigenen Versammlungsort immer größer wurde. Mit dem Kauf erhielt er die gesamte Fläche einschließlich der antiken Umfassungsmauern, vier quadratische Ecktürme und eine den Hof umrahmenden Kolonnadenreihe. [7]

Baugeschichtliche Grundrissstudie:

Durch die perfekte Integration der Moschee in die vorhandene Fläche konnte die massive antike Umfassung als Mauern für drei Seiten der neuen Säulenhalle genutzt werden. Die vierte Seite der geschlossenen hypostalen Halle wurde zur Eingangsfront der Moschee umfunktioniert und bildete die neue Fassade. Vor der Eingangsfront erstreckte sich ein gesäumter Hof über die nördliche Hälfte des Platzes. Die lange Seite des Gevierts ist nach Süden und somit genau rechtwinkelig zur *qibla* in Richtung Mekkas ausgerichtet. [7]

Das Bauwerk erfuhr über die Jahrhunderte mehrfach bauliche Einschnitte. Dennoch besteht sein Grundriss weitestgehend auch heute noch. Die Veränderungen waren meist statisch bedingt und erforderlich nach mehrfachen Bränden, die die Anlage heimsuchten. Der Breitbau weist eine Grundrissabmessung von circa 155,00 x 92,00 m auf und verläuft dabei genau auf der Temenosmauer, die ursprünglich den Hof des römischen Tempels umgab. [23]

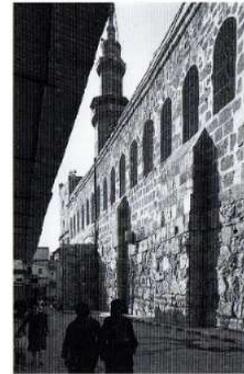
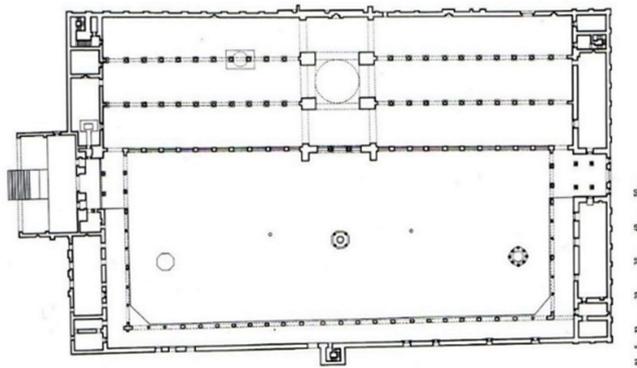


Abbildung 109: Umayyadenmoschee, Damaskus, Grundriss [7]

Abbildung 110: Umayyadenmoschee, Damaskus, Außenansicht, antike Umfassungsmauer [7]

III. Bestandsanalyse

Die Umayyadenmoschee in Damaskus besteht überwiegend aus Quadersteinen und Spolien, das heißt wiederverwendete antike Säulen und Kapitellen. Drei parallel verlaufende Bethallen wurden vor der *qibla*-Wand errichtet, jede davon ist von einem Satteldach gedeckt sind. [23] Die Arkaden zeichnen sich durch den Wechsel zwischen Pfeilern und Säulen mit Blattkapitellen aus. Diese entsprechen der syrisch-byzantinischer Tradition. Die Doppelgeschossigkeit der Arkaden ermöglichte es den Erbauern, das Bauwerk bis zur vollen Höhe der Umfassungsmauer von 15,00 m auszuführen. Wände sind nach einer alten römisch-byzantinischen Tradition mit Marmortafeln verkleidet. Das Mosaik stellt eine Abfolge von Landschaften und Architekturen über einem Fluss dar. In der Umayyadenmoschee von Damaskus ist bereits die Entscheidung gefallen im sakralen Bereich auf bildliche Darstellungen von Menschen und Tieren zu verzichten. Dieser Entschluss wird später auch in der iranischen Moschee zum Tragen kommen. [8] [23]



Abbildung 111: Umayyadenmoschee, Damaskus, Innenansicht mit Arkadenreihe [7]

Die Gebetshalle wird in Richtung der *mihrab* durch ein höheres Querschiff durchbrochen, welche von einer Kuppel überspannt ist. Der zentrale Bereich vor der wichtigsten Gebetsnische wird auf diese Weise baulich herausgehoben. Außerdem wird der Bereich durch den Lichteinfall von den übrigen Teilen der Moschee betont. [23] Zum Hof hin ist die Fassade dieses Querhauses mit einem dreieckigen Giebel abgeschlossen. Er setzt in der Fassade des Betsaals einen klaren Akzent auf die Mittelachse. Mit dieser Betonung erhoben die Baumeister die Moschee von einer Versammlungshalle für das Gemeindewesen zu einem Raum für die Inszenierung der herrschaftlichen Macht.

IV. Zusammenfassung und Schlüsse

Drei Punkte in der Ausstattung von Moscheen setzten sich seit der Umayyadenmoschee in Damaskus fest. Die *mihrab* und die *minbar* waren bereits in der Moschee von Medina wichtige Ausstattungselemente; sie gehören auch heute noch zu unentbehrlichen Bestandteilen der islamischen Monumentalarchitektur. Neu war die Abschränkung um den Platz des Herrschers *maqsura*, die durch die Kuppel repräsentativ überhöht wurde. Durch diesen abgegrenzten Bereich konnte sichergestellt werden, dass der Herrscher während der Freitagspredigt Schutz vor Attentaten fand und allgemein vom Volk distanziert war. [8] Die Kuppel vor dem Haupt-*mihrab* sollte als festes Charakteristikum der iranischen Moschee heranwachsen und durch Transformation der Ecktürme wurden die ersten materiellen Minarette der Geschichte des islamischen Moscheenbaus belegt. [23]

Die erstmals langgestreckte Gestalt und der dadurch geschaffene Raum der Moschee sollte folglich als Leitmotiv für die späteren Stützen- und Pfeilermoscheen dienen. Die Transformation von kirchlichen Schiffen (Abbildung 106) in islamische Arkadenreihen war noch nicht abschließend vollzogen. Allerdings findet die Hallenmoschee als abgeschlossenes Zentrum mit Vorhof und gedeckten Arkaden in Damaskus ihren Ursprung, an den sich Folgebauten anlehnen. [7]

Das Aneignen alter Bauprinzipien und -konstruktionen, um eine eigene Formensprache zu entwickeln, kann an der Umayyademoschee nachvollzogen werden. Es wurden Arbeitsweisen genutzt, welche schon in der byzantinischen Architektur Verwendung fanden und das Ziel der herrschaftlichen Repräsentation hatten. Abschließend ist festzuhalten, dass die Außenseite der Moschee eine untergeordnete Rolle spielt. Die Aufmerksamkeit des Betrachters wird in das Innere der Anlage gelenkt. [8] Die zweckmäßige Einfachheit der Fassade steht dabei wahrscheinlich im Kontext zu der ursprünglichen Funktionsweise, die sich in der Philosophie Muhammads über das Bauen widerspiegelt.

Ibn-Tûlûn-Moschee von Kairo



Abbildung 112: Ibn-Tûlûn-Moschee, Kairo, Hofansicht [7]

Klassifizierung:

Pfeilerhallenmoschee

Ort:

Kairo, Ägypten

Zeit:

879 n. Chr.

Funktion:

Nachahmung der Formensprache aus Samarra

Baudynastie:

Abbasiden
(750 - 1258 n. Chr.)

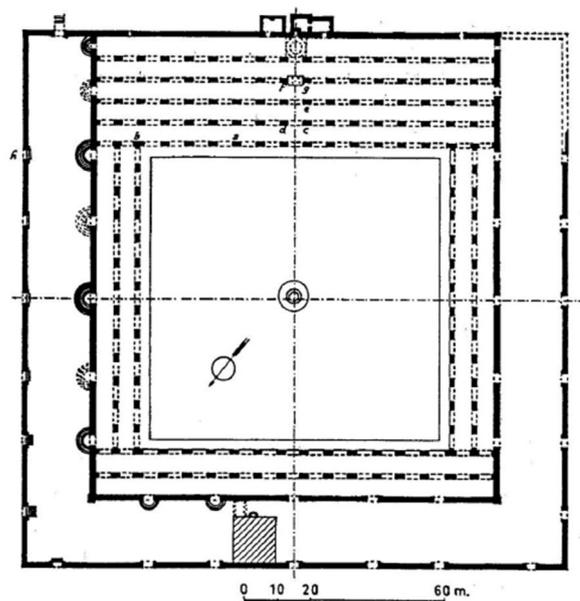
I. Methodik und Herangehensweise

Quellstudium: [8], [23]

II. Bestandsaufnahme

Umgebung:

Der Gouverneur Ibn Tûlûn hatte sich seine Befehlshaber in Samarra zum Vorbild genommen und gab die Erweiterung Ägyptens damaliger Hauptstadt Al-Fustat in Auftrag. Im Zentrum dieser neuen Stadt wurde zwischen 876-879 n. Chr. die Ibn-Tûlûn-Moschee erbaut. [8]

Baugeschichtliche Grundrissstudie:

Der Grundriss der Hofmoschee zeigt das Gebetsraum als Pfeilerhalle konzipiert wurde. Der Hof ist quadratisch angelegt und besitzt die Abmessungen von 92,00 x 162,00 m. Die umrahmende Außenmauer der Moschee dient dem Lärmschutz. Wie auf Abbildung 113 zu erkennen, ist die Moschee an drei Seiten von Vorhöfen umgeben. Der Besucher kann den Innenhof der Moschee über fünf Portale an der Nord-, West – und Südseite betreten. [8]

Abbildung 113: Ibn-Tûlûn-Moschee, Kairo, Grundriss nach Golvin [23]

III. Bestandsanalyse

Die Materialität der gesamten Moschee besteht aus Backsteinen und hölzernen Flachdecken. Die fünf Schiffe des Gebetsraumes und die zweisechiffigen Hallen definieren sich durch die gleichförmigen Arkadenreihen. Als Stützen fungieren starke rechteckige Pfeiler, welche die Spitzbögen tragen. Die Mauermasse ist in den Wandstücken zwischen den Bögen durch kleine spitzbogige Öffnungen durchbrochen. Dieses Detail findet sich an den Außenwänden in leicht abgeänderter Form wieder. [8]

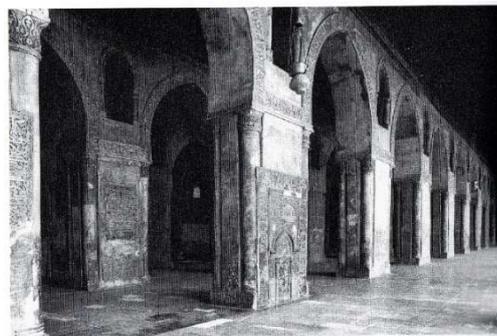


Abbildung 114: Ibn-Tûlûn-Moschee, Kairo, Arkaden [7]

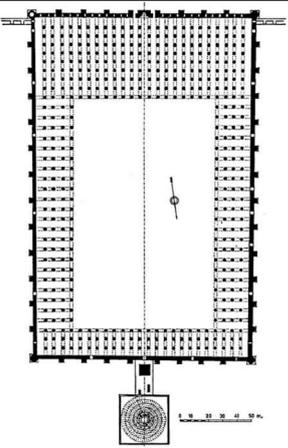
Das zuletzt im 13. Jahrhundert restaurierte Minarett, verjüngt sich nach oben hin und besitzt an der Außenwand eine Treppe, die spiralförmig nach oben führt. Das Minarett steht in seiner Gestalt dabei im direkten Zusammenhang mit denen aus Samarra. [8]

Laut Gaube ist die Ausgestaltung der Kuppel vor dem Haupt-*mihrab* gesondert zu betrachten. Eine Deutungsweise könnte sein, dass sich bereits eine ähnlich bescheidene Kuppel vor dem *mihrab* der Abu-Dulâf Moschee befand. Diese erscheint ihm allerdings un schlüssig, da er die enge Verbindung der beiden Bauwerke sieht und das Ibn-Tûlûn in seiner Formsprache nur nachempfunden hat. Die für ihn wahrscheinlichere Deutungsweise liegt in einem Versuch den *mihrab* später in seiner Achse zu betonen. Demnach muss das Bauelement der Kuppel erst später hinzugefügt worden sein. [23]

IV. Zusammenfassung und Schlüsse

Die Ibn-Tûlûn-Moschee ist ein gutes Beispiel für die „klassische“ Zeit der Abbasiden. Im Kern lassen sich einige Übereinstimmungen zu den Moscheen der späteren Residenzhauptstadt in Samarra feststellen. Korn legt das nahe, dass nicht nur das Konzept der Moscheen übernommen wurde, sondern auch das Ibn Tûlûn die Baumeister und Handwerker von dort mitbrachte. Neben den Gemeinsamkeiten der Minarette, hielten sich die Baumeister auch in der Anlage des Grundrisses, der Form der Pfeiler und Arkaden an die Vorbilder der Hauptstadt. Dies lässt sich auch am Baudekor festmachen, der mit dem Stil in Samarra recht genau übereinstimmt. [8]

III.2.4 Kreuzachsensystem und Minarett

Große Moschee von Samarra	
	<p>Klassifizierung: Pfeilerhallenmoschee</p> <p>Ort: Samarra, Irak</p> <p>Zeit: Vor 852 n. Chr.</p> <p>Funktion: Entwicklung der islamischen Formensprache</p> <p>Baudynastie: Abbasiden (750 - 1258 n. Chr.)</p>
<p>Abbildung 115: Große Moschee, Samarra, Grundriss nach Golvin [23]</p>	
I. Methodik und Herangehensweise	
<p>Quellstudium: [8], [23]</p>	
II. Bestandsaufnahme	
<p>Umgebung: Den Abbasiden gelang es 750 n. Chr., die Umayyaden zu stürzen. Sie verlegten ihr Hauptstadt nach Samarra, in der sie innerhalb der Jahre 836 n. Chr. und 892 n. Chr. eine komplett neue Stadt mit der dazugehörigen Infrastruktur, wie Paläste, Residenzen und Märkte errichteten. Die zwei in Resten vorhandenen Moscheen aus dieser Zeit geben auch noch heute Aufschluss darüber wie die Formensprache der Sakralbauten im 9. Jahrhundert in Irak ausgesehen haben muss. [23]</p> <p>Baugeschichtliche Grundrissstudie: Die „Große Moschee“ wurde vor 825 n. Chr. erbaut und misst in ihren Abmessungen 240,00 x 160,00 m. Die <i>qibla</i> liegt auch in Samarra grob im Süden, dennoch unterscheidet sie sich beispielsweise grundlegend von der Moschee in Damaskus. Während die Umayyadenmoschee in ihrem Grundriss quergestellt ist, handelt es sich bei dem Gebäude in Samarra um einen Langbau. Um den zentralen Innenhof reihen sich im Osten und Westen vierschiffige, im Norden eine dreischiffige und im Süden eine neunschiffige Gebtshalle. Anders wie bei der Moschee in Damaskus, die im Bestand errichtet wurde, wirkt die „Große Moschee“ wie auf einem Raster entworfen. Die <i>mihrab</i>-Achse ist in keiner Weise herausgehoben; nur das nördlich außerhalb der Umfassungsmauer gelegene Minarett markiert den zweiten Endpunkt des Achssystems. [23] Die so entstandene Moschee bildete dabei Platz für 10.000 Betende. [8]</p>	

III. Bestandsanalyse

Während die umliegende einfache Bebauung der Stadt meist aus Stampflehm oder Lehmziegeln bestand, wurde die Moschee mit dauerhafteren Materialien erbaut. 1856 aus gebrannten Ziegeln gemauerte Pfeiler trugen wohl über massive Holzbalken ein Flachdach. Eine genaue Rekonstruktion des Daches lässt der archäologische Befund allerdings nicht zu. [23]

Bei dem vorgefundenen Minarett handelt es sich um eine Besonderheit. Das sich zur Spitze hin verjüngende Bauteil wird anders als üblich nicht im Inneren durch eine Treppe erschlossen. An der Außenseite gelangt man mittels einer umlaufenden Rampe spiralförmig bis an die Spitze. [23]

IV. Zusammenfassung und Schlüsse

Die „Große Moschee“ behielt zwar noch das System der Hof- und Hallenmoschee bei, doch änderte sich die Wahl der Baustoffe grundlegend. Während in Damaskus noch die antiken Säulen vorherrschend waren, wurden diese in Samarra durch massive Pfeiler in Ziegelbauweise ersetzt. [7] Dies kann als die Entwicklung einer eigenen Formensprache angesehen werden, die im Gegensatz zu der Tradition der Umayyaden steht, die die Vereinigung von mehreren alten Stilen zur ihrem Konstruktionsprinzip erhob. [8]

Zwei Tendenzen lassen sich hier klar feststellen, die auch später die Referenz für weitere Moscheebauten bilden sollte. Zum einen die Hierarchisierung des Betsaals und die klare vertikale Betonung der wichtigen Bereiche. Überhöht wird das Achsensystem noch durch das Minarett im Norden der Anlage. Das deutsche Wort entlehnt sich dabei auf das türkische *minare*, das einen Leuchtturm „Ort des Feuers“ bezeichnet. Zur Zeit der frühen Abbasidenkalifen war der Pharos von Alexandria noch in stattlicher Höhe erhalten. Dieser und andere antike Leuchttürme waren wahrscheinlich in ihrem mehrstufigen Aufbau ein Vorbild für die folgenden Minarette. Auch deren Funktion ist mit den Leuchttürmen zu vergleichen. Nachts brennende Signalfeuer galten als praktische Orientierungshilfe für den Reise- und Karawanenverkehr, da sie den Standort einer Moschee lokalisierten. Außerdem unterstrich das Minarett die Legitimation und das Herrschaftsgebiet des Islams. [8]

Abû Dulâf-Moschee von Samarra



Abbildung 116: Abû-Dulâf Moschee, Samarra, Außenansicht (P. Fox) [24]

Klassifizierung:

Pfeilerhallenmoschee

Ort:

Samarra, Irak

Zeit:

859 - 861 n. Chr.

Funktion:

Entwicklung der islamischen Formensprache

Baudynastie:

Abbasiden
(750 - 1258 n. Chr.)

I. Methodik und Herangehensweise

Quellstudium: [23]

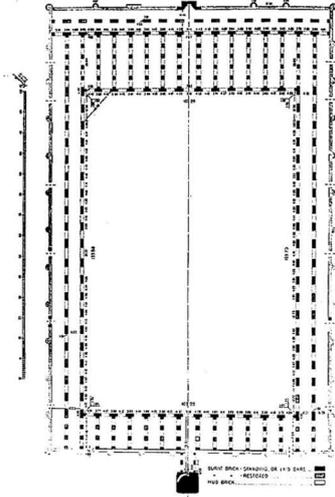
Der Vollständigkeit halber soll hier noch auf die zweite Moschee von Samarra kurz eingegangen werden. Sie verdeutlicht, dass es sich nun um ein feststehendes Konstruktionsprinzip handeln sollte, das übergreifend bei mehreren Anlagen eingesetzt wurde.

II. Bestandsaufnahme

Umgebung:

Ähnlich wie das Gegenstück der „Großen Moschee“ von Samarra wurde auch die etwas später errichtete Abû-Dulâf Moschee neu aufgebaut.

Baugeschichtliche Grundrissstudie:



Die Abû-Dulâf Moschee hat kleinere Abmessungen als die „Große Moschee“ von Samarra. Dennoch lassen sich Gemeinsamkeiten erkennen. Zum einen ist der ebenfalls rechteckige Grundriss mit den Abmessungen von 155,00 x 105,00 zu nennen, zum anderen liegt in der Achse des *mihrabs* im Norden ein Spiralminarett. Der zentrale Innenhof ist von Gebetshallen flankiert. Im Osten und Westen wurden zweischiffige, im Norden ein dreischiffige und im Süden ein siebenschiffige Gebetshallen errichtet. [23]

Abbildung 117: Abû-Dulâf Moschee, Samarra, Grundriss nach Creswell [23]

III. Bestandsanalyse

Im Gegensatz zu den schweren Holzbalken, auf denen das Flachdach der „Großen Moschee“ lagerte, trugen hier Arkaden die aufgehende Dachkonstruktion. Die meisten von ihnen laufen in Nord-Süd-Richtung. Um eine geschlossene Umfassung des Innenhofes erreichen zu können, wurden die Arkaden an der nördlichen und südlichen Hoffassade um 90 Grad gedreht. Außerdem verlaufen vor der *qibla*-Wand ebenfalls zwei ost-westlich gerichtete Arkadenzüge. Das breitere und höhere *mihrab*-Schiff unterstreicht das Kreuzachsensystem. Durch die Überhöhung vor dem *mihrab* unterscheidet sich die Abû-Dulâf Moschee auch von ihrem Vorgänger der „Großen Moschee“ und kann als Weiterentwicklung verstanden werden. [23]



Abbildung 118: Abû-Dulâf Moschee, Samarra, Blick auf Minarett (Mahmoud Bendakir) [24]

IV. Zusammenfassung und Schlüsse

Die beiden Moscheen repräsentieren, trotz kleinerer Unterschiede, einen Moscheentyp, der sich klar von den „syrischen“ abhebt. Bei der Dachkonstruktion griff man auf einfache Flachdächer zurück, die bereits seit dem Bau des Hauses des Propheten sich in die Formensprache einfand. Nichts desto trotz gehen beide Moscheen auf Vorbilder zurück, die wesentlich älter als die Umayyadenmoschee in Damaskus sind. In diesem Zusammenhang wird gerne auf die

erneuerten Moscheen von Barsa und Kufa zurückgegriffen, die nach literarischen Quellen ähnliche Grundrisse hatten. Da Barsa und Kufa ebenso arabische Neugründungen im Irak waren, ist es zu rechtfertigen den Typ von Samarra und seiner Vorgängerbauten als „arabischen“ Moscheentyp zu beschreiben. [23]

III.2.5 Frühe iranische Moscheen

Târik-Hâna in Damghan	
	<p><u>Klassifizierung:</u> Einfache hypostyle Moschee</p>
	<p><u>Ort:</u> Damghan, Iran</p> <p><u>Zeit:</u> Vermutlich vor 750 n. Chr.</p> <p><u>Funktion:</u> Grundtyp und Wegbereiter zu der iranischen Moschee</p> <p><u>Baudynastie:</u> Nicht datierbar</p>
I. Methodik und Herangehensweise	
<p>Quellstudium: [6], [7], [23], [26]</p>	
II. Bestandsaufnahme	
<p><u>Umgebung:</u> Über die Jahrhunderte fand eine allmähliche Islamisierung statt, die dazu führte, dass bereits unter den Umayyaden und den Abbasiden erste sakrale Bautätigkeiten in Damghan begonnen. Sassanidische Stilmerkmale führten zu der unbelegten Vermutung, dass die Târik-Hâna Moschee auf einem zoroastrischen Feuertempel errichtet wurde. [26] Dies würde allerdings der erwähnten Religionspolitik widersprechen; Feuertempel waren in Damghan noch im 9. Jahrhundert und im ganzen Iran noch bis ins 10. Jahrhundert verbreitet. Damghan gehörte nicht zu den bedeutendsten Städten des frühen Mittelalters. Es wird im 10. Jahrhundert als kleine, teils zerstörte Provinzhauptstadt mit schlechten Bädern und unschönem <i>Suq</i> beschrieben. [23]</p> <p>Die Moschee galt laut der Übersetzungsarbeit André Godards als die älteste Moschee im Iran. Diese wurde zwischen die Jahre 750 - 786 n. Chr. datiert, ohne jedoch genaue Belege dafür zu haben. [23] Der Grundriss der Moschee und Details der Konstruktion haben Ähnlichkeit mit frühislamischen umayyadischen Bauten, die in die erste Hälfte des 8. Jahrhunderts zu datieren sind. Barbara Finster schlägt nach einem Vergleich der Formen von Rundbögen und Pfeilern eine Datierung noch in umayyadischer Zeit vor 750 n. Chr. vor. [6] Schlussendliche feststehende Belge sind derzeit noch nicht vorhanden.</p> <p><u>Baugeschichtliche Grundrissstudie:</u> Der längsrechteckige Grundriss der Anlage umschließt eine Grundfläche von circa 50,00 m x 39,00 m. Entlang der Innenseite der Außenmauer laufen an drei Seiten einreihig überdachte Arkaden <i>riwaqs</i>. Vor der <i>qibla</i>-Wand reihen sich im <i>Schabastan</i> drei parallel verlaufende Arkaden. Die Säulenreihen entsprechen dem „arabischen“ Bauplan, bekannt aus den vorher beleuchteten Stützen- und Pfeilerhallen. Die Hierarchisierung der Hauptachse ist außermittig, da das <i>mihrab</i> etwas nach links verschoben ist. In gleicher Entfernung rechts der Mittelachse steht ein massiver <i>minbar</i> aus Lehmziegeln. Die Verschiebung der Achse aus der <i>mihrab</i> lässt</p>	

sich laut Finster mit der Bedeutung der Gleichwertigkeit von *mihrab* und *minbar* erklären. [6] Neben dieser vertikalen Akzentuierung, wie sie bereits aus den Referenzbauten aus Samarra bekannt ist, kommt es hier ebenfalls noch zu einer horizontalen Achse, die durch die seitlichen Eingänge betont wird.

Außerhalb der Umfassungsmauer befindet sich nördlich ein rundes Minarett, das allerdings erst zur Zeit der später herrschenden Seldschuken errichtet wurde. Außerdem lassen sich dort Spuren eines früheren rechteckigen Minaretts finden.

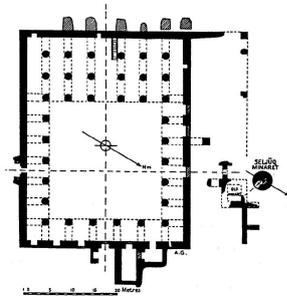


Abbildung 120: Târik-Hâna, Damghan, Grundriss nach Godard [23]

Abbildung 121: Târik-Hâna, Damghan, Hof mit hypostylen Betsaal und Iwan [25]

III. Bestandsanalyse

Die insgesamt 34 Säulen sind mit einem Durchmesser von 1,60 m massig dimensioniert. Sie sind aus hochkant gestellten Lehmziegeln gemauert und können daher mehr Druck aufnehmen. Anstelle von Kapitellen ragen die Arkadenbögen an den Ecken über die Rundpfeiler hinaus. Zur Lastverteilung und wahrscheinlich zu konstruktiver Sicherung im Falle eines Erdbebens übertragen die Arkaden auf Holzplatten ihre Last in die vertikal abtragenden Pfeiler. Anders als die des Betsaals weisen die der *riwaqs* geringere Kubaturen auf. Ihre Bögen verlaufen in einer flachen parabelförmig aussehenden Kurve zu einem Spitzbogen aus. Die Hauptachse des *mihrab* wird mittels eines aus Lehmziegeln gemauerten Tonnengewölbes überspannt. Seine Außenlinie des Mittelschiffes überhebt sich von den kleineren Kuppeln der Gebetsräume und bildet somit die Eingangsfront der akzentuierten vertikalen Achse. [6]



Abbildung 122: Târik-Hâna, Damghan, hypostyler Betsaal mit sassanidischen Bögen [25]

Abbildung 123: Târik-Hâna, Damghan, Stützendetail [25]

Abbildung 124: Târik-Hâna, Damghan, riwaq-Arkaden im Hof [25]

IV. Zusammenfassung und Schlüsse

Die Târik-Hâna weißt durch ihr kreuzförmiges Schema eine Erneuerung der islamischen Monumentalarchitektur auf. Außerdem lässt sich durch das zum Hof angeordnete Tonnengewölbe bereits eine Vorstufe des *Iwans* erkennen, der folglich zu einem Leitmotiv der iranischen Moschee werden sollte. Der *Iwan* ist ein zum Innenhof zugewandter Aufenthaltsraum. Er wurde für den Empfang von Gästen, den Unterricht der koranischen Wissenschaften oder zum Gebet verwendet. Wahrscheinlich ist die Bauform zentralasiatischen

Ursprungs, wurde von den Parthern im 2./1. Jahrhundert v. Chr. in den mittleren Osten eingeführt und schließlich von den Sassaniden übernommen, die den *Iwan* oft als Vorhalle zu einem Kuppelsaal in ihrer Palastarchitektur benutzten. Durch die Dynastie der Seldschuken wurde die Konstruktion des *Iwans* ab dem 11. Jahrhundert weiterverbreitet. Der Einsatz als gehobener Aufenthaltsraum wurde jedoch nicht nur in der islamischen Skalararchitektur eingesetzt, sondern findet auch heute noch seine Anwendung in Profanbauten, Karawanasereinen und Koranschulen. [7]

Masjed-e Pa Menar von Zavareh



Abbildung 125: Masjed-e Pa Menar (P. Schalk)

Klassifizierung:

Pfeilerhallenmoschee

Ort:

Zavareh, Iran

Zeit:

1068 n. Chr.

Funktion:

Umgestaltung abbasidischer Stützenhalle

Baudynastie:

Abbasiden, später Seldschuken (750 - 1258 n. Chr.)

I. Methodik und Herangehensweise

In situ Begehung und Austausch mit Bewohner Zavarehs

II. Bestandsaufnahme

Umgebung:

Zavareh ist ein kleiner sehr ursprünglicher Ort im Nordosten der Provinz Isfahan. Der Austausch mit der einheimischen Bevölkerung ergab, dass Zavareh zur Zeit der Seldschuken ein wichtiges Handelszentrum war und sogar in der sassanidischen Zeit einen Feuertempel besessen haben muss. Die Tatsache, dass sich nahe dem alten Stadtzentrum zwei Moscheen befinden, unterstützt die These der bedeutenden Stellung des Ortes.

Grundrissstudie:

Bei der Ortsbegehung war die Anlage in Teilen nur noch als Ruine vorhanden. Grund dafür war ein starkes Erdbeben, das zum Einsturz des unter Geländeoberkante liegenden westlichen *Schabastan* führte. Wie bei der Târik-Hâna in Damghan muss es sich ursprünglich mal um einen von vier Seiten flankierten zentralen Innenhof gehandelt haben; eine ausgeprägte *Iwan*-Anordnung wird nicht vermutet. Die südliche Ausrichtung der *qibla* wird durch das Vorhandensein sieben kleinerer *mihirabs* unterstrichen. Der Eingang zur ehemaligen Moschee befindet sich ungewöhnlicherweise an der Südseite zwischen *Schabastan* und Minarett. Laut Berichten von Ortsansässigen muss sich vormals an der Stelle eine kleine abbasidische Pfeilerhalle befunden haben, die durch die Seldschuken umgestaltet wurde.

III. Bestandsanalyse

Auffallend ist das seldschukische Minarett, das 1068 n. Chr. nachträglich in die Anlage implementiert wurde und als eines der ältesten im Iran gilt. Es ist von innen durch eine spiralförmige Treppe bestiegbar. Das Minarett besteht aus Lehmziegelsteinen mit einer gearvten Stuckdekorationen. Die Stuckarbeit ist nicht datiert, wird aber auf die ikhanidische Periode geschätzt. [27]



Abbildung 126: Masjed-e Pa Menar, Rekonstruktion westlicher Schabastan (P. Schalk)

Abbildung 127: Masjed-e Pa Menar, Zavareh, Seldschukische Minarett (P. Schalk)

Abbildung 128: Masjed-e Pa Menar, Zavareh, Stuckdekoration (P. Schalk)

Ebenfalls als nachträglich eingefügte Konstruktionen gelten die kleinen Gewölbe über dem Eingang und die Überhöhung des Haupt-*mihrab*s mittels einer Kuppel. Bei der vorgefundenen Kuppel handelt es sich vermutlich um ein einschaliges Lehmziegelmauerwerk. Die Quadratur des Kreises wird mittels acht kleinerer Trompen angenähert, die wiederum die vertikale Last in vier darunterliegende Wände übertragen. Die südliche Seite ist durchstoßen und ermöglicht so den Lichteinfall in den Innenraum. Die Innenseite der Kuppel wurde mittlerweile verputzt; an den vier Bögen der aufgehenden Wände lassen sich noch Fragmente der ehemaligen seldschukischen Stuckdekoration erkennen. Die Haupt-*mihrab* ist von der Fläche transponiert und deren Stuckarbeit ist mittlerweile nur noch in Teilstücken vorhanden.



Abbildung 129: Masjed-e Pa Menar, Zavareh, Kuppel vor Haupt-*mihrab* (P. Schalk)

Abbildung 130: Masjed-e Pa Menar, Zavareh, Haupt-*mihrab* mit Stuckarbeiten (P. Schalk)

IV. Zusammenfassung und Schlüsse

Die Masjed-e Pa Menar von Zavareh weist im Vergleich zu der Târik-Hâna in Damghan eine entscheidende Übereinstimmung auf, die den frühseldschukischen Bauablauf erklären kann. Wie bereits aus den Umayyadenmoscheen von Damaskus bekannt, stützt sich die islamische Bautradition auf das Aneignen bestehender Substanz und der Umgestaltung und Überhöhung dieser. Die Seldschuken kennzeichneten möglicherweise durch den Bau von schlanken Minaretten, die durch ihre Form wesentlich von den massiven der Abbasidenzeit abweichen, ihren Herrschaftsanspruch und gestalteten die angrenzenden *Schabastane* zu ihren Gunsten um. Die Kuppel, die bereits aus preislamischen Bauten bekannt war und in der islamischen Monumentalarchitektur hin und wieder Einzug fand, sollte folglich zu der Leitkonstruktion der seldschukischen Moschee in ihrer Lage und ihrer Konstruktion werden. Wann die Kuppel eingezogen wurde ist nicht vom Verfasser zu benennen; jedoch zeigt sie in ihrer Ausgestaltung ein sehr einfaches System, das bei nachfolgenden Bauten noch stark verbessert wurde.

III.2.6 Übergreifende Konstruktionsprinzip unter den Seldschuken

Freitagsmoschee von Isfahan	
	<p><u>Klassifizierung:</u> Vier-<i>Iwan</i>-Moschee</p>
	<p><u>Ort:</u> Isfahan, Iran</p>
	<p><u>Zeit:</u> Vor 1086 - 1087 n. Chr.</p>
	<p><u>Funktion:</u> Wiegestätte des Konstruktionsprinzip der Seldschuken</p>
<p><u>Baudynastie:</u> Seldschuken (1038 – 1194 n. Chr.)</p>	
I. Methodik und Herangehensweise	
<p>Quellstudium: [6], [28], [29] In situ Begehung</p>	
II. Bestandsaufnahme	
<p><u>Umgebung:</u> Die Moschee ist in einem Markt <i>suq</i> eingebettet und umgeben von Wohnbebauung. Dem Bau liegen viele verschiedene Phasen zugrunde, die durch archäologische Grabungen durch den Italiener Eugenio Galdieri in den 80er Jahren weitestgehend erforscht sind. Die Moschee wurde vermutlich zur Herrschaftslegitimation auf kirchlichen Ruinen errichtet. Die Moschee beschreibt die klassische Vier-<i>Iwan</i>-Moschee. Als Besonderheit ist jedoch hervorzuheben, dass sie zwei Kuppelräume besitzt und eine davon in eine hypostyle Säulenhalle eingefügt wurde (Abbildung 141). Die Hoffassaden sind überwiegend seldschukische Bauten mit safawidischen Dekorationen, es kam aber immer wieder zu baulichen Eingriffen wie Restaurierungen und Veränderungen. [6]</p>	
<p><u>Baugeschichtliche Grundrissstudie:</u> In einer ersten Phase richtete sich die <i>qibla</i>-Wand der Moschee nach Westen, sodass es in der zweiten Phase zu einer grundlegenden Korrektur gekommen sein muss (Abbildung 132). Die Abmessungen des rechteckigen Gebäudes waren im Grundriss 52,00 – 55,00 x 80,00 m. Die Umfassungsmauern sind in Lehmziegeln ausgeführt. Stützen bzw. deren Fundamente wurden bei archäologischen Ausgrabungen keine gefunden. Die <i>mihrab</i> hatte vermutlich einen quadratischen Grundriss und war in die Umfassungsmauer eingeschnitten. Der Fußboden war ursprünglich aus Stampflehm mit Gips, wurde später aber mit Kacheln bedeckt. [6] Nach der Korrektur der Ausrichtung unter den Buyiden besaß die neu geschaffene Moschee der zweiten Phase die Abmessungen von 69,00 x 103,00 m (Abbildung 133). Eine klare Hierarchisierung erhält die Anlage durch die Zentralachse und um die Hofanlage reihten sich <i>riwaqs</i> mit unterschiedlichen Säulenzahlen. Die im Durchmesser 1,00 m breiten Stützen aus Backstein waren im Verband mit breiten Stoßfugen verlegt. Sowohl die Lage der <i>mihrab</i>, der <i>minbar</i> und die Position des Minaretts konnten nicht abschließend geklärt werden. Der Haupteingang lag vermutlich auf der zentralen Achse gegenüber vom <i>mihrab</i> und bildete ein großes Portal aus. Dieses Portal ist heute in Form eines <i>Iwans</i> überbaut. In die seitlichen <i>Schabstane</i> führten aller Voraussicht an der Zentralachse symmetrisch angelegte Eingänge jeweils an der Nord- und Südecke. Die Fassaden wurden aus Lehmziegeln errichtet und mittels</p>	

Blendarkaden gliedert. In diese Arkaden wurde jeweils eine Blendnische eingesetzt. Dabei ist anhand von Befunden in der Nordwestfassade festzuhalten, dass die Blendnischen in ihrer Form und Größe nicht einheitlich waren. Belegt durch Farbreste muss die ursprüngliche Fassade zudem weiß verputzt worden sein. Der Boden des Inneren bestand aus gestampftem und weißgekalktem Lehm. Es ist davon auszugehen, dass die Wände nur weiß gestrichen waren. [6]

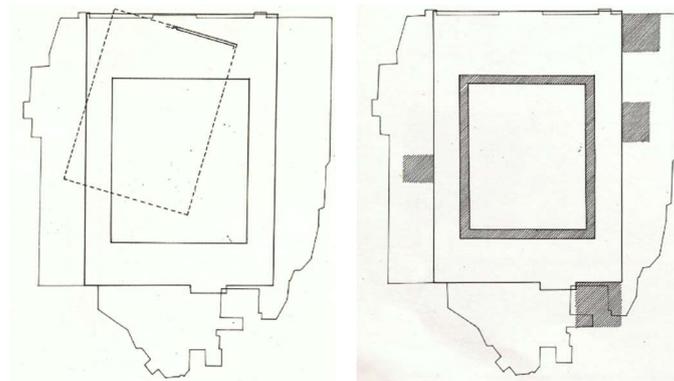


Abbildung 132: Freitagsmoschee, Isfahan, Überblick über alle Bauphasen [28]

Abbildung 133: Freitagsmoschee, Isfahan, Vergrößerung unter den Buyiden [28]

In der dritten Bauphase wurde die Freitagsmoschee von Isfahan an den neuen Zeitgeschmack angepasst. Durch die Verengung des Innenhofes konnte zudem mehr Fläche für die seitlich anschließenden *Schabastane* generiert werden. Der Bau erhielt zudem eine einheitliche Fassade und Pfeiler aus kleinen Backsteinen säumten den Hof. Die einheitliche Ansicht der Hofpfeiler wurde durch dekorative Elemente auf der Oberflächenstruktur kontrastiert. Zudem kam es zu Reparaturmaßnahmen, die zum Austausch von schadhafte Säulen im Inneren der Gebetsräume führte. [6]

Die wohl größten Veränderungen bezüglich des inneren Raums und der Außenkubatur geschahen im 11. und 12. Jahrhundert unter den Seldschuken (Abbildung 134). Die Freitagsmoschee von Isfahan war auch der Wiegepunkt in der Entwicklung der islamischen Sakralarchitektur von einem hypostyl geprägten Grundrisskonzeptes zu einem von vier *Iwanen* durchbrochenen Baukörper. Die neue Axialität lenkte den Mittelpunkt der Anlage in den zentralen Innenhof, in welchem sich der Brunnen befand sinnbildlich als der lebensspendende Quell. Nach einer Ortsbegehung und Auskunft einer örtlichen Führerin wurde eine Kuppel von Nizam-al-Mulk in den südlichen Bereich über der *mihrab* implementiert, gefolgt von einer zweiten von Taj-al-Mulk, die sich in einem neu geschaffenen Innenhof anschloss (Abbildung 135). Die Besonderheit von zwei Kuppelkonstruktionen innerhalb einer Moschee lässt sich auf die Rivalität der beiden Wesire zurückführen. Beginnend von Isfahan aus entwickelte sich die Vier-*Iwan* Struktur zu einem der wichtigsten Leitbilder der iranischen Sakralarchitektur, die sogar heute noch bei Neubauten ihre Anwendung findet. Das in der ersten Periode angeordnete Minarett der Seldschuken hinter der Taj a Mulk Kuppel wurde in einer zweiten Periode durch zwei an der Rückseite des nördlichen *Iwan*s ersetzt.

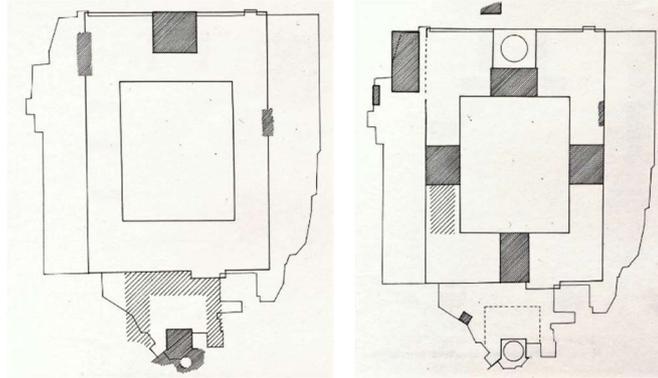


Abbildung 134: Freitagsmoschee, Isfahan, erste Umbauten der Seldschuken [28]

Abbildung 135: Freitagsmoschee, Isfahan, Einzug der Kuppeln, Vier-Iwan-Moschee [28]



Abbildung 136: Freitagsmoschee, Isfahan, Blick von Südwest (P.Schalk)

Isfahan war zurzeit der Seldschuken die Hauptstadt der Dynastie. In den darauffolgenden Jahrhunderten verlor sie zwar diesen Status, dennoch kam es immer wieder zu Umbauten, Ergänzungen und Reparaturen. Der neue Hof wurde unter den Ilkahniden fast vollständig geschlossen, später unter den Timuriden komplett geschlossen und als *Schabastan* umfunktioniert (Abbildung 137). Die Safawiden waren es schlussendlich bei denen es zu einer Umgestaltung der inneren Fassade und den letzten großen Anbauten kam. Das für die Zeit der Safawiden typische *Iwan*-Portal mit den zwei umrahmenden Minaretten wurde beispielsweise am südlichen *Iwan* errichtet und die Hoffassaden mit den blauen Fliesen ausgestaltet (Abbildung 138).

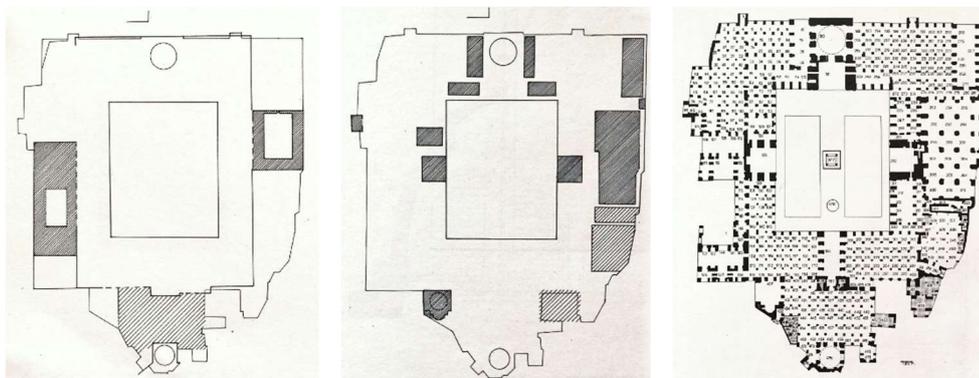


Abbildung 137: Freitagsmoschee, Isfahan, Modifizierungen unter den Ilkahaniden [28]

Abbildung 138: Freitagsmoschee, Isfahan, Umbauten der Safawiden [28]

Abbildung 139: Freitagsmoschee, Isfahan, Ist-Zustand [28]

III. Bestandsanalyse

Mit der Nisam-al-Mulk Kuppel entsteht eine Konstruktion, die für weitere Folgebauten der Seldschuken stilprägend sein sollte. Über das Quadrat im Grundriss erheben sich in der ersten Ebene vier Ecktrompen, die das typische Oktagon an ihren Scheitelpunkten im Grundriss ausbilden. In den Ecktrompen befinden sich sogenannte *muqarnas*. Sie sind aus spitzbogigen Elementen, die in- und übereinander zusammengesetzt sind, um so einen Übergang zwischen Nischen und der Wand bzw. Wänden und der Kuppel zu bilden. Wiederum darüber befinden sich sechzehn einzelne kleine Trompen, die abschließend in ein 32 kantiges Gesims münden, über dem sich die Kuppel erhebt. Sie ist freistehend und wurde in die bestehende Substanz integriert. Im Wettstreit der beiden Wesire erbaute Taj-al-Mulk eine etwas kleinere Kuppel, die allerdings als die filigranere zu bewerten ist. Ihr Aufbau ist dabei ident zu der Nisam-al-Mulk Kuppel.

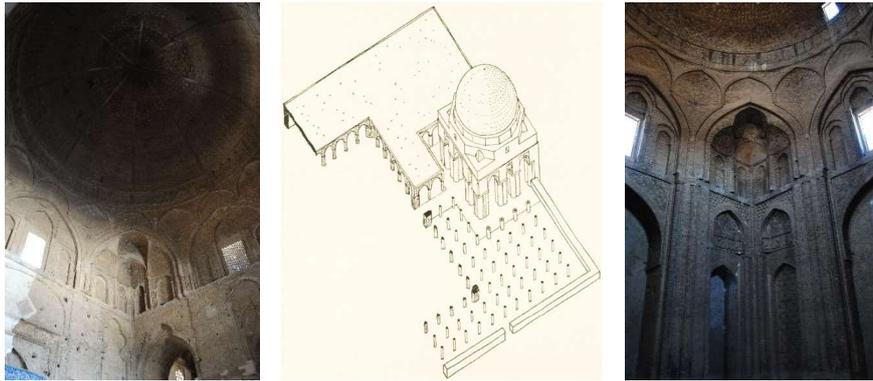


Abbildung 140: Freitagsmoschee, Isfahan, Nizam-al-Mulk Kuppel (P. Schalk)

Abbildung 141: Freitagsmoschee, Isfahan, Isometrie, Nizam-al-Mulk Kuppel [29]

Abbildung 142: Freitagsmoschee, Isfahan, Taj-al-Mulk Kuppel (P. Schalk)

IV. Zusammenfassung und Schlüsse

Die Freitagsmoschee von Isfahan steht sinnbildlich für den Umgang und die Transformation von bestehenden Moscheen zu einem seldschukischen Typ. Dabei zeigt die persische Vier-*Iwan*-Moschee einen völlig neuartigen Ausdruck der Bauauffassung und einem neuen Sinn für „Größe, Pracht, Schönheit“ [30, S.44]. Die Systematisierung des Grundrisses ist spätestens nach den Moscheen aus Samarra bekannt und findet sich nicht nur in der sakralen islamischen Architektur wieder. Das Konzept der unscheinbaren Außenfassade zum sich nach innen hin öffnenden Raumwirkung ist auch bei Karawanasereien, Palästen und Wohnhäusern bekannt (siehe hierzu: [31]). Die Kuppel über Trompen hat es bereits in vorislamischer Zeit gegeben [1]; die Grabmäler und *Chahar taqs* können als Vorbilder verstanden werden, an denen sich die Konstruktion der Seldschuken weiter anlehnte.

Anhand der nachfolgenden Beispiele sollen die Ähnlichkeiten in der Konstruktion der Bauten dieser Herrschaftsdynastie aufgezeigt werden; sie wurden auch vor Ort besichtigt. Es gibt aber noch weitere Bauten, wie beispielsweise die Moscheen von Golpayagan, Qom, Qazvin oder Saveh, die einem ähnlichen Bild folgen (siehe hierzu: [3])

Freitagsmoschee von Zavareh	
	<p><u>Klassifizierung:</u> Vier-<i>Iwan</i>-Moschee</p>
	<p><u>Ort:</u> Zavareh, Iran</p> <p><u>Zeit:</u> 1135 – 1136 n. Chr.</p> <p><u>Funktion:</u> Nachfolgebau der Seldschuken</p> <p><u>Baudynastie:</u> Seldschuken (1038 – 1194 n. Chr.)</p>
I. Methodik und Herangehensweise	
<p>Quellstudium: [3], [4] In situ Begehung</p>	
II. Bestandsaufnahme	
<p><u>Umgebung:</u> Zavareh liegt zwölf Kilometer von Ardestan und gilt als ein sehr ursprünglicher Ort. Neben einem Gebäude für Passionsspiele <i>tekiyeh</i> befindet sich in dem Ort als weitere Sehenswürdigkeit die Freitagsmoschee. [4]</p> <p><u>Baugeschichtliche Grundrissstudie:</u> Die Freitagsmoschee ist die älteste datierte Vier-<i>Iwan</i>-Moschee Irans und wurde von 1135 bis 1136 n. Chr. erbaut. Als besonders nennenswert gilt das feine Stuck-<i>mihrab</i>. [4] Die abgeschlossene Anlage folgt dabei dem typischen Aufbau einer Moschee unter der seldschukischen Architektur. Ihre Abmessungen liegen bei 55,00 x 47,50 m. Um den zentralen Innenhof lehnen sich in den Hauptachsen vier <i>Iwane</i> an, der Mittelpunkt des Achssystem ist im Brunnen des zentralen Innenhofes zu finden. Der südliche Bereich der <i>qibla</i> ist vor dem <i>mihrab</i> durch eine Kuppel überhöht. Am nordwestlichen Eingang zur Moschee findet sich das noch bauzeitlich erhaltene seldschukische, recht massiv wirkende, Minarett mit einem inneren spiralförmigen Treppenaufgang. Jüngste bauliche Ergänzungen sind wie bei der Masjed-e Pa Menar aufgrund von Erdbebenschädigungen aufzuführen. So wurden beispielsweise der westliche und östliche <i>Schabastan</i> dahingehend verändert, dass die zur Umfassungsmauer gelegne Arkadenreihe ausgemauert wurde. Durch das Erdbeben kam es an den Stützen zu Schiefstellungen, die man somit unterfangen wollte.</p>	



Abbildung 144: Freitagmoschee, Zavareh, Stuckmihrab (P. Schalk)

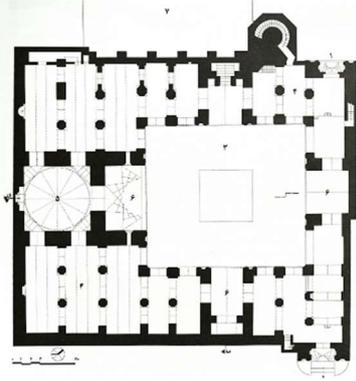


Abbildung 145: Freitagmoschee, Zavareh, Grundriss [3]



Abbildung 146: Freitagmoschee, Zavareh, Schiefstellung und Ergänzung (P. Schalk)

III. Bestandsanalyse der aufgehenden Konstruktion

Die vorgefundene Kuppelkonstruktion entspricht ganz ihrem Vorbild aus Isfahan. Über das Quadrat im Grundriss erheben sich in der ersten Ebene die vier Ecktrompen und des Weiteren die sechzehn einzelnen, kleinen Trompen, die abschließend in ein 32 kantiges Gesims münden, über dem sich die Kuppel erhebt.

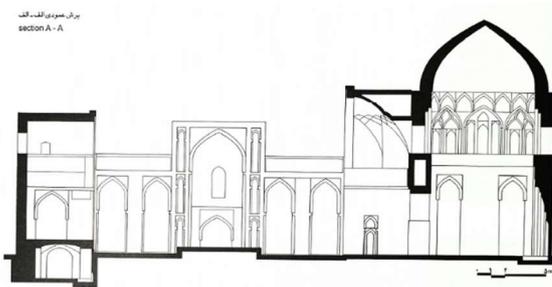


Abbildung 147: Freitagmoschee, Zavareh, Längsschnitt [3]



Abbildung 148: Freitagmoschee, Zavareh, Kuppelraum (P. Schalk)

IV. Zusammenfassung und Schlüsse

Anhand der Freitagmoschee von Zavareh soll aufgezeigt werden, dass der Vier-Iwan-Plan als fester Bestandteil der seldschukischen Architektur anzusehen ist. Die Orientierung am Kreuzachsensystem, die Überhöhung des *mihrab* durch die Kuppel und die Anordnung eines Minaretts sind einige wesentliche Bestandteile des Konstruktionsprinzipes unter den Seldschuken. Überdies wurden die Hoffassaden mit aufwendigen Stuckarbeiten dekoriert, auf die im Weiteren aber nicht mehr vollumfänglich eingegangen werden kann.

Freitagsmoschee von Ardestan

Abbildung 149: Freitagsmoschee, Ardestan, Nördlicher Iwan (P. Schalk)

Klassifizierung:

Vier-*Iwan*-Moschee

Ort:

Ardestan, Iran

Zeit:

11. und 12. Jahrhundert

Funktion:

Nachfolgebau der Seldschuken

Baudynastie:

Seldschuken
(1038 – 1194 n. Chr.)

I. Methodik und Herangehensweise

Quellstudium: [3], [6]

In situ Begehung

II. Bestandsaufnahme**Umgebung:**

Die Stadt Ardestan war als Ausgangspunkt der Karawanenstraße nach Tabas und Qumis bereits in vorislamischer Zeit von großer Bedeutung. Die Moschee befindet außerhalb des Stadtkerns und befindet sich zwischen Gärten und Wohnhäusern. In direkter Nachbarschaft liegt die Ruine einer vermutlich sassanidischen Festung. [6]

Baugeschichtliche Grundrissstudie:

Die einzelnen Baukörper gruppieren sich um einen längsrechteckigen Hof mit den Abmessungen von 20,84 x 25,10 m. Anders als die Freitagsmoscheen von Isfahan und Zavareh existiert bei der längsorientierten Anlage von Ardestan kein geschlossener Plan einer Moschee. Die einzelnen Baukörper des Vier-*Iwan*-Schemas sind nicht durch eine begrenzende Außenmauer gefasst, sondern sie gruppieren sich um den zentralen Innenhof. Dies ist aller Voraussicht nach auf den Vorgängerbau zurückzuführen, von dem noch Rest des Lehmziegelmauerwerks in der Nord- und Nordostecke der Moschee erhalten sind. Aus der ersten baugeschichtlichen nachweisbaren Phase stammen zwei Rundpfeiler im westlichen *riwaq*. Sie bestehen aus Backsteinen und ihr Mauerwerksverband zeichnet sich durch breite Stoßfugen, aber kaum vorhandenen Lagerfugen, aus. Diese Ausführung ist mit Pfeilern der zweiten Bauphase der Freitagsmoschee von Isfahan zu vergleichen. [6]

Der älteste Teil der Anlage ist der südliche *Iwan*. Um das Vier-*Iwan*-Schema zu ergänzen, wurden im 11. und 12. Jahrhundert die weiteren *Iwane* um den Innenhof errichtet. Die Ausrichtung dieser erfolgte dabei symmetrisch um den Mittelpunkt des Hofes. Die Hoffassaden werden des Weiteren durch die hohen umlaufenden Arkaden und den im südlichen Bereich befindlichen Kuppelraum akzentuiert. [6]

Die Struktur der Moschee wurde in den folgenden Zeiten kaum verändert, jedoch kam es zu einer umfassenden Neugestaltung der Hoffassaden und vereinzelt zu Ergänzungen. Weiterhin wurde ein Minarett in der Nordecke der Moschee errichtet. Es befindet sich zwischen dem nördlichen und dem westlichen Teil der Anlage. Das kurze und massiv wirkende Minarett besteht aus kleinformatigen, hochwertig gebrannten Ziegeln. Die Außenhaut des Bauteils ist überwiegend glatt, lediglich der obere Bereich ist durch eine schmale Musterkante verziert. [6]

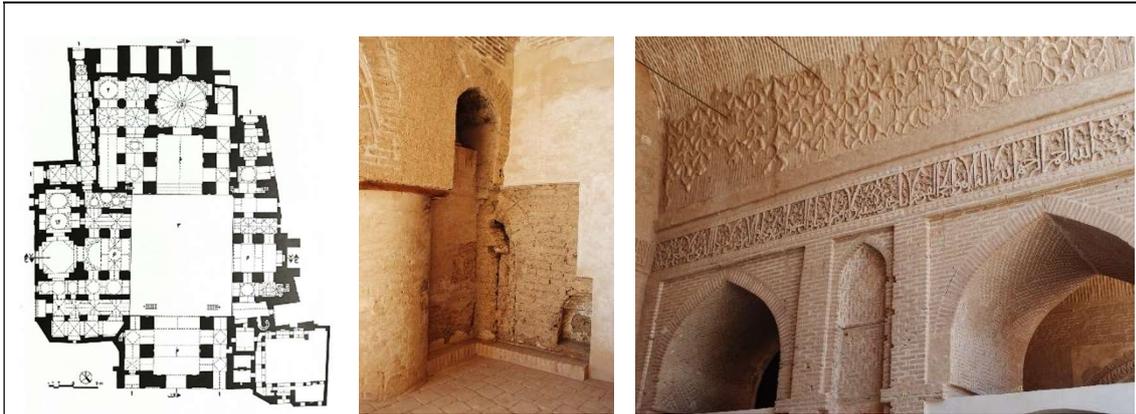


Abbildung 150: Freitagmoschee, Ardestan, Grundriss [3]

Abbildung 151: Freitagmoschee, Ardestan, Lehmziegelmauerwerk, Vorgängerbau (P. Schalk)

Abbildung 152: Freitagmoschee, Ardestan, Gestaltung, südlicher Iwan (P. Schalk)

III. Bestandsanalyse

Es lässt sich bei der südlichen Kuppel in Ardestan desgleichen die starke Analogie zu der Konstruktion in Isfahan erkennen. Besonders hervorzuheben ist, dass die Schublastabtragung über fünf, an der Südseite angeordnete Strebepfeiler zusätzlich unterstützt ist. Diese sind allerdings nicht bauzeitlich zu datieren; zugesetzte Fenster an der Außenfassade bezeugen ein vormals andersartiges Erscheinungsbild.

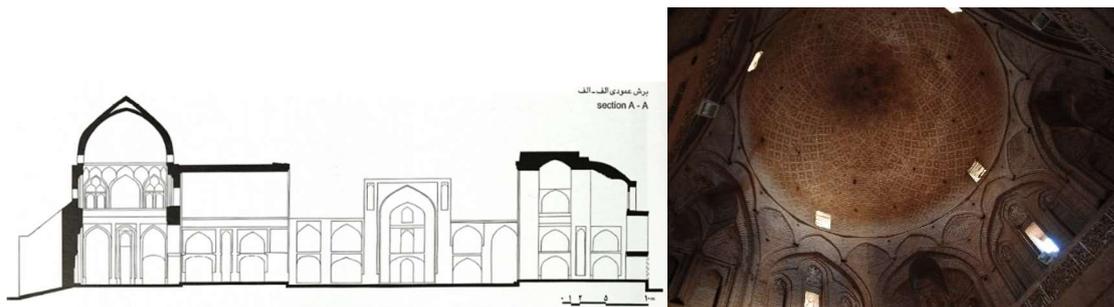


Abbildung 153: Freitagmoschee, Ardestan, Längsschnitt [3]

Abbildung 154: Freitagmoschee, Ardestan, Kuppelraum (P.Schalk)



Abbildung 155: Freitagmoschee, Ardestan, Strebepfeiler (P. Schalk)

Abbildung 156: Freitagmoschee, Ardestan, zugesetztes Fenster (P. Schalk)

Abbildung 157: Freitagmoschee, Ardestan, zugesetztes Fenster (P. Schalk)

IV. Zusammenfassung und Schlüsse

Auch in Ardestan lassen sich die vorher erwähnten Punkte des Konstruktionsprinzips unter den Seldschuken verifizieren. Die Wichtigkeit der Systematisierung des Grundrisses schreckte auch nicht vor vorhandenen älteren Baustrukturen zurück, sondern versuchte sie in den neuen Leitgedanken zu integrieren. Es ist ebenfalls anzumerken, dass Ardestan aufgrund seiner reichen Dekoration besonders sehenswert ist. Dieses in der seldschukischen Dynastie spät entstandene Bauwerk kann als vollkommener Baukörper in seiner Struktur und Ausgestaltung verstanden werden.

III.3 Diskussion und Bezug zu Borüjerd

Der vorangehende Katalog hat zum Ziel einige wesentliche Elemente der islamischen Sakralarchitektur darzustellen. Er ist dabei nicht als vollumfängliche Auflistung der Einflusslinien in die Architektur und Konstruktion zu verstehen, sondern vielmehr ein oberflächlicher Abriss zu wesentlichen Punkten, die im klaren Zusammenhang zu der Freitagsmoschee von Borüjerd stehen. Diese sollen nochmals aufgegriffen werden und an der begutachteten Substanz abschließend eingeordnet werden.

Tabelle 37: Zuordnung der Einflusslinien in Teilbereiche, Freitagsmoschee von Borüjerd

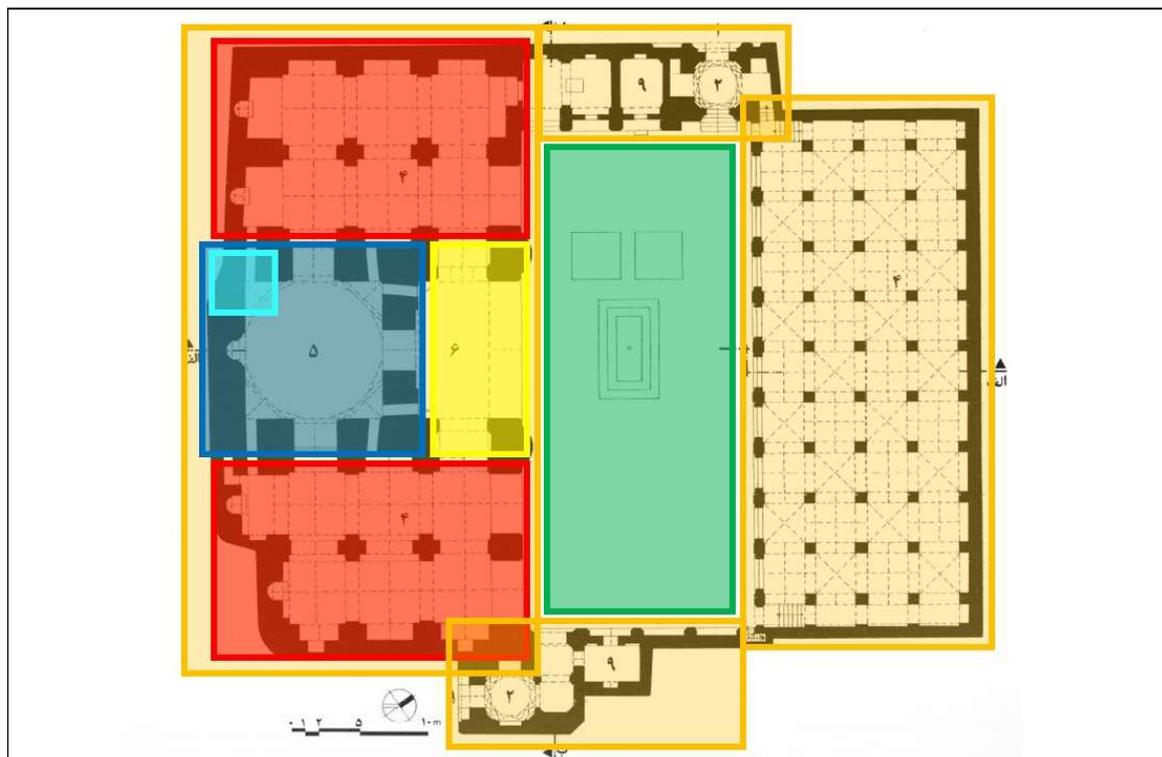


Abbildung 158: Grundriss, Grafische Darstellung der Teilbereiche

I Zentraler Innenhof – Hierarchisierung der Achsen

- Große Moschee von Samarra
Zeit: Vor 852 n. Chr., Baudynastie: Abbasiden (750 - 1258 n. Chr.)
- Abû Dulâf-Moschee von Samarra
Zeit: 859 - 861 n. Chr., Baudynastie: Abbasiden (750 - 1258 n. Chr.)
- Ibn-Tûlûn-Moschee von Kairo
Zeit: 879 n. Chr., Baudynastie: Abbasiden (750 - 1258 n. Chr.)

II	<p>Kuppelraum – Überhöhung der <i>mihrab</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Feuertempel (Chahar taq)</u> Zeit: unbekannt, Baudynastie: Sassaniden (224 – 642 n. Chr.) - <u>Umayyadenmoschee von Damaskus</u> Zeit: 708 – 715 n. Chr., Baudynastie: Umayyaden (660 - 750 n. Chr.) - <u>Freitagmoschee von Isfahan</u> Zeit: Vor 1086 - 1087 n. Chr., Baudynastie: Seldschuken (1038 – 1194 n. Chr.) - <u>Freitagmoschee von Zavareh</u> Zeit: 1135 - 1136 n. Chr., Baudynastie: Seldschuken (1038 – 1194 n. Chr.) - <u>Freitagmoschee von Ardestan</u> Zeit: 11. und 12. Jahrhundert, Baudynastie: Seldschuken (1038 – 1194 n. Chr.)
III	<p>Minarett – Entwicklung eines neuen Ausstattungsmerkmals</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Große Moschee von Samarra</u> Zeit: Vor 852 n. Chr., Baudynastie: Abbasiden (750 - 1258 n. Chr.) - <u>Abû Dulâf-Moschee von Samarra</u> Zeit: 859 - 861 n. Chr., Baudynastie: Abbasiden (750 - 1258 n. Chr.) - <u>Masjed-e Pa Menar von Zavareh</u> Zeit: 1068 n. Chr., Baudynastie: Abbasiden, später Seldschuken (750 – 1258 n. Chr.)
IV	<p>Säulen- / Pfeilerhalle – Leitmotiv des islamischen Monumentalarchitektur</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Haus des Propheten Muhammad</u> Zeit: 622 - 750 n. Chr. - <u>Umayyadenmoschee von Medina (Prophetenmoschee)</u> Zeit: 707 - 710 n. Chr., Baudynastie: Umayyaden (660 - 750 n. Chr.)
V	<p>Vier-Iwan-Moschee – Entwicklung zum iranischen Typ</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Târik-Hâna in Damghan</u> Zeit: Vermutlich vor 750 n. Chr., Baudynastie: Nicht datierbar <p>Seldschukische Vergleichsbauten – mögliche Rekonstruktionsmodelle</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Freitagmoschee von Isfahan</u> Zeit: Vor 1086 - 1087 n. Chr., Baudynastie: Seldschuken (1038 – 1194 n. Chr.) - <u>Freitagmoschee von Zavareh</u> Zeit: 1135 - 1136 n. Chr., Baudynastie: Seldschuken (1038 – 1194 n. Chr.) - <u>Freitagmoschee von Ardestan</u> Zeit: 11. und 12. Jahrhundert, Baudynastie: Seldschuken (1038 – 1194 n. Chr.)
VI	<p>Iwan-Portal mit zwei Minaretten – jüngere Veränderungsgeschichte</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Freitagmoschee von Isfahan</u> Zeit: Vor 1086 - 1087 n. Chr., Baudynastie: Seldschuken (1038 – 1194 n. Chr.)

Den islamischen Eroberern war es durch die einzelnen Dynastien von großer Bedeutung ihre Herrschaft zu legitimieren. So wurde die **Wahl des Bauplatzes** zu einem wichtigen Element, um unter anderem auch die neue Religion zu rechtfertigen. Bei der archäologischen Ausgrabung in Borüjerd im Jahr 2015 wurde durch Mohammad Goodarzi in drei Metern Tiefe die sassanidische Fundamentierung eines ehemaligen Feuertempels gefunden. Die Entdeckung des sassanidischen Fundaments verifiziert somit auch die gängige Meinung in der Literatur. Es ist davon auszugehen, dass sich vormals im Heiligtum der Zoroastrier auch ein überkuppelter Pavillon befunden haben soll. Der Chahar taq aus Natanz kann einen groben Eindruck vermitteln, wie dieser ausgesehen haben könnte. Herr Goodarzi geht davon aus, dass dieser alleinstehend neben der Anlage war. Inwieweit der Feuertempel ausgesehen hat, ist nichtmehr abschließend zu rekonstruieren.

Das Haus des Propheten Muhammad gilt als die erste Moschee. Zu Beginn der islamischen Religion ging es nicht um Pracht und Repräsentation. Vielmehr lag der Gedanke einer Sammlungsstätte im Sinne eines Gemeinwesens der noch jungen Religion zu Grunde. Jedoch entwickelte sich aus dem überdachten Bereich für die betenden Gläubigen die Stützen- bzw. Säulenhalle, die folglich als Hauptbestandteil einer Moschee zitiert wird. Diese **Festsetzung der Formensprache** wurde an einigen Beispielen erläutert. Auch in der Freitagsmoschee von Borūjerd finden sich die Elemente der Arkadenreihen in den *Schabastanen* seitlich des Kuppelraums oder als geschlossener Baukörper im Wintergebetssaal im nördlichen Bereich. Neben der Säulenhalle entwickelten sich auch weitere repräsentative Konstruktionen, wie beispielsweise die Kuppel der Umayyadenmoschee von Damaskus, die zukünftig noch rezipiert werden sollte. Bei der Ibn-Tūlūn-Moschee von Kairo lässt sich bereits das Prinzip erkennen, die Moschee durch einen zentralen Innenhof zum Außenraum hin zu öffnen.

Zu einer weitgreifenden Hierarchisierung der Achsen kam es in der Zeit der Abbasiden in Samarra im heutigen Irak. Die Entwicklung dieses **Kreuzachsensystems** kann als der Beginn der Konzeptionierung des Grundrisses mittels vier *Iwanen* verstanden werden. Im Vergleich zu geschlossenen Säulenhallenmoscheen steht nicht mehr die Ausrichtung zur *mihrab* im Zentrum, sondern dieses ist in die Mitte des zentralen Innenhofes gerückt. Die Moschee als Gebäude ist nicht mehr nur rein spirituelles Zentrum, sondern bietet Platz für Koranschulen und ist Sammlungsort spiritueller Gleichgesinnter. Es kann vermutet werden, dass die Anlage den Geist des Hauses Muhammad als Ort des Gemeinwesens wieder auferleben lässt. Durch die Errichtung des **Minaretts** als „Leuchtturm“ der Gläubigen konnte deren Lage in der Landschaft bereits aus der Ferne erkannt werden. Das Minarett soll sich als weiteres wichtiges Element entwickeln, das die Gläubigen zum Gebet ruft. Das Kreuzachsensystem und die Öffnung zum Außenraum kann in Borūjerd noch durch die Aufteilung in ein Vier-*Iwan*-Konzept nachvollzogen werden. Das ehemals seldschukische Fundament des Minaretts findet sich seitlich neben dem Kuppelraum.

Die **frühen iranischen Moscheen** Tārik-Hāna in Damghan und Masjed-e Pa Menar von Zavareh können als Art Experimentierfeld der Zusammentragung neuer Formen und Konstruktionen verstanden werden. Während in der Tārik-Hāna das kreuzförmige Achssystem zur Anwendung gekommen ist, wurde dieses zusätzlich noch durch einen aus der Palastarchitektur bekannten *Iwan* betont. In der Masjed-e Pa Menar errichteten die Seldschuken ihr erstes Minarett im Iran und überwölbten zusätzlich erste kleinere Räume. Der *Iwan* in Borūjerd geht trotz veränderter Form auf die frühe iranische Moschee zurück. Das seldschukische Minarett von Zavareh kann ein grober Anhaltspunkt für die Form und Höhe des sich ehemals in Borūjerd befundenen geben.

Die Freitagsmoschee von Borūjerd ist aufgrund ihrer weitgreifenden baulichen Eingriffe nichtmehr als rein seldschukische Anlage zu interpretieren. Es lassen sich jedoch im Vergleich mit Referenzbauten Übereinstimmungen finden, dass die Moscheen dieser Zeit einem **übergreifenden Konstruktionsprinzip** unterlagen. Die Freitagsmoschee in Isfahan zeigt maßgeblich, wie sich vorhandene Strukturen zu eigen gemacht und neu interpretiert wurden. Es kann somit herausgestellt werden, dass die islamische Moschee grundlegend einem Transformationsprozess unterlegen ist, sogar dass sich dies in der Bautradition verankerte. Die Freitagsmoscheen von Zavareh und Ardestan sind Beispiele wie sich von der Hauptstadt der Seldschuken Isfahan aus, das Konstruktionsprinzip in der Region weiterverbreitete. Neben den erarbeiteten Beispielen finden sich noch weitere, auf die im Text hingewiesen wurde. Von den seldschukischen Spuren lassen sich in Borūjerd lediglich die Gliederung in einen Vier-*Iwan*-Plan und der Kuppelraum identifizieren. Wie diese vormals ausgesehen hat, ist noch nicht abschließend geklärt. Aus den Grundrissen der Vergleichsbauten lassen sich dennoch Schlüsse über das ursprüngliche Erscheinungsbild ableiten. Der typische Kuppelraum der Seldschuken errichtet sich über einem im Grundriss gesehenen Quadrat und geht folglich in der Höhe in ein Oktagon, Sechzehneck und abschließendes 32 kantiges Gesims über. Das Gesims konnte in Borūjerd nicht mehr lokalisiert werden. Aufgrund des Einsturzes und der späteren Wiedererrichtung wurde vermutlich auf ein solches verzichtet.

Die iranische Moschee ist eine Zusammentragung verschiedener Gestaltungselemente über die Jahrhunderte hinweg. Dennoch hat sich durch die Kumulation ein eigener Bautyp ergeben, der auch heute noch zur Anwendung kommt. Die Tradition der Umbauten, Ertüchtigungen und Reparaturen machten auch in Borūjerd nicht halt, allein auch aus der Tatsache heraus, dass die Region sich in einem starken Erdbebengebiet befindet. Die Herrscherdynastie der Safawiden prägte beispielsweise maßgeblich die Erscheinung des südlichen *Iwans* durch das Anordnen zweier Minarette seitlich des Portals. Eine ähnliche Herangehensweise lässt sich ebenfalls am südlichen *Iwan* der Freitagsmoschee von Isfahan erkennen. Jüngere Modifizierungen wie die neue Dekoration der Außenkuppel sorgen heute für den identitätstiftenden Faktor für die einheimische Bevölkerung.

IV. Integration und Ausblick

Die vorliegende Arbeit befasst sich im ersten Kapitel mit der **Bestandserfassung der Freitagsmoschee von Borūjerd** in der Provinz Lorestan im Iran. Aufgrund des Quellstudiums, Archivalien und den publizierten Planunterlagen konnte eine Bestandsbeschreibung der gesamten Anlage erstellt werden. Im Jahr 2013 fand eine Messkampagne vor Ort statt, deren Vermessungsgegenstand den Kuppelraum der Moschee beinhaltete. Das Hauptaugenmerk des ersten Kapitels ist die Auseinandersetzung mit der Methodik und Herangehensweise, um aus einer zusammengesetzten Punktwolke Bestandspläne an maßgebenden Schnittlinien zu erstellen. Zusammenfassend ist jedoch hervorzuheben, dass eine reine Nachbearbeitung der Punktwolke nicht ausreicht, um das Gebäude vollumfänglich verstehen zu können. Schwierigkeiten bereitete die Tatsache, dass der Verfasser dieser Masterarbeit nicht selbst vor Ort den Scan der Freitagsmoschee durchführen konnte, sondern auf ein fremdes Scanprojekt zurückgreifen und sich in dieses einarbeiten musste. Etwaige Probleme und Verschattungen wurden dadurch erst im Laufe des Zeichenprozesses erkannt.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen der Auswertung der Punktwolke wurde ein Leitfaden für zukünftige Messkampagnen erstellt. Bereits im Vorfeld sollte mit den Projektbeteiligten das Vermessungsziel und der Detaillierungsgrad der Planunterlagen in der gewünschten Genauigkeitsstufe besprochen werden. Ein im Vorhinein stattfindendes Vertrautmachen mit den zur Verfügung stehenden Gerätschaften, die zum Einsatz kommen, vereinfacht die Durchführung des Scans vor Ort. Bei der Planung des Messnetzes ist der Standort der Scanpositionen und die Verteilung der Passpunkte von großer Bedeutung. Dies sollte gut durchdacht sein, um Probleme der Referenzierung der einzelnen Punktwolken und die Anhäufung von Verschattungseffekten zu vermeiden. Die Nachbearbeitung der Punktwolken ist abhängig von dem verwendeten Scannertyp und den firmenspezifischen Programmen. Die Auswertung von Punktwolken ist nicht zu unterschätzen. Allein die Datenmenge auf ein Format runterzurechnen, mit dem sinnvoll gearbeitet werden kann, kostete einige Zeit. Jedes der aufgezeigten Programme besitzt zudem sein eigenes Dateiformat; die Schnittstellen zueinander sind in den jeweiligen Produkthandbüchern nicht näher erläutert.

Die entstandenen verformungsgerechten Bestandspläne sind die Grundlage für die weitere Bearbeitung dieser Arbeit, können aber auch für weitere Maßnahmen an der Freitagsmoschee von Borūjerd herangezogen werden. Die Unabdingbarkeit von verformungsgerechten Bestandsplänen in der Denkmalpflege zeigt sich in der Gegenüberstellung des erstellten Plans des Verfassers mit dem maßlichen publizierten Plan des *Ganjnameh*. Bei der Erstellung des publizierten Plans wurde nur der östliche Teil des südlichen Bereiches betrachtet, der folglich um eine imaginäre Achse gespiegelt wurde. Die festgestellte Verformung der Kuppel weicht stark von der Darstellung des maßlichen Plans ab. Es ist daher festzuhalten, dass bei der Vermessung und Planzeichnung von Bestandsgebäuden dieses immer vollumfänglich zu betrachten ist. Eine Betrachtung von Teilbereichen wird der Substanz in ihrer Gesamtheit nicht gerecht. Es sollte daher auch niemals davon ausgegangen werden, dass Gebäude komplett symmetrisch errichtet worden sind.

Generell ist festzuhalten, dass das **3D terrestrische Laserscanning** die Technik der Zukunft sein wird. Die Möglichkeit der hochauflösenden Darstellung und Zeichnung von Bestandsplänen ist bereits in der Denkmalpflege fest verankert. Es wird zudem zukünftig Programme geben, die weniger rechenintensiv automatisch die benötigten Informationen für Planer herausfiltern. Zudem können neue Technologien wie BIM von der Datenerhebung und Modellierung im dreidimensionalen Bereich erheblich profitieren. Neben der technischen Dokumentation und Entwicklung von Sanierungskonzepten, gewinnt das 3D-Scanning, in einer Zeit in der man sich der Bedrohung des menschlichen Kulturerbes immer bewusster wird, immer mehr an Bedeutung, da Kulturgüter schnell und präzise erfasst werden können.

Das zweite Kapitel behandelt die Bestandsanalyse der Freitagsmoschee auf der Grundlage der verformungsgerechten Bestandspläne. Es ist abschließend festzuhalten, dass die Betrachtung aus verschiedenen Aspekten nur sehr oberflächlich vollzogen werden konnte. Zum einen wurde bisher zu der Gesamtanlage wenig veröffentlicht und zum anderen war es auch nicht das Vermessungsziel die Moschee in all ihren Bereichen bei der Forschungskampagne 2013 zu erfassen.

In der **bauforschenden Begutachtung** wurde sich zum Ziel gesteckt, die einzelnen in der Literatur beschriebenen Bauabschnitte in Baualtersplänen festzuhalten und dem aktuellsten Kenntnisstand

anzupassen. Die Berichte von Maxim Siroux und Muhammad Mehrjar erwiesen sich dabei als sehr gute Grundlage. Es ist schlussfolgernd festzuhalten, dass sich viele Punkte überschneiden und sie im Tenor dieselben Aussagen vertreten. Jedoch konnten durch den Verfasser - in Absprache mit dem ortsansässigen Archäologen Mohammad Goodarzi - neue Befunde erhoben werden, die bereichsweise die Geschichte der Moschee umdeuten und ergänzen. Es hat sich des Weiteren beim Erstellen der Plangrundlage gezeigt, dass durch den Zeichenprozess weitere Indizien gefunden werden konnten, die den Bauablauf und die Systematisierung des Grundrisses betreffen. Zukünftig könnten durch die systematische Auswertung von Bauabschnitten und dem Auswerten von Archivalien aller Voraussicht nach Erkenntnisse gewonnen werden, die das Konstruktionsprinzip der Seldschuken beschreiben. Die Bau- und Veränderungsgeschichte kann aufgrund der Plangrundlage und dem kurzen zweitägigen Aufenthalt des Verfassers nicht als abschließend verifiziert bezeichnet werden. Sie ist lediglich der Beweis dafür, dass weitere tiefgehende Untersuchungen anzustreben sind, sofern der Wunsch besteht die Freitagsmoschee in ihrer Substanz vollumfänglich verstehen zu wollen.

Die angefertigte **Verformungsanalyse** ist als Teilaspekt der Tragwerksanalyse zu verstehen. Die angefertigten Planunterlagen beschreiben die Verformung des Kuppelraums und dokumentieren diesen maßlich. Anhand ihnen konnte das Prinzip der Konstruktion und die Lastabtragung mittels einer Prinzipalstatik nachvollzogen werden. Durch die Dokumentation des Istzustandes des Kuppelraums könnte versucht werden die Verformung mittels statischer Berechnungen zu beschreiben. Dieser Punkt wäre der nächste folgerichtige Schritt, würde allerdings den Rahmen einer Masterarbeit sprengen. Es könnte des Weiteren überprüft werden, inwiefern die Schubabtragung der Kuppel über die Konstruktionen der Trompen vonstattengeht. Um ein realitätsnahes 3D-Modell anfertigen zu können, bedarf es Informationen über die Festigkeitskennwerte der Materialien sowie der genauen Gründungssituation. Es müssten Versuche zur Druck- bzw. Zugfestigkeiten der Ziegel und des Mörtels gemacht werden. Zudem müssten die Zusammensetzungen des Mörtels im nasschemischen Verfahren ermittelt werden.

Das letzte Kapitel befasst sich mit der **Einordnung der vorgefundenen Substanz** in die islamische Sakralarchitektur. Anhand von Meilensteinen der Entwicklung von Moscheen konnten Einflusslinien lokalisiert werden, die die Freitagsmoschee von Borūjerd in ihrem Aussehen prägten. Neben Elementen wie der Wahl des Bauplatzes oder der Entstehung von Konstruktions- sowie Ausstattungselementen war die Hierarchisierung der Achsen, die Entstehung eines Vier-*Iwan*-Plans um den zentralen Innenhof und die Überhöhung des *mihrabs* mittels einer Kuppel die folgenreichsten Einflüsse auf die Moscheen der Seldschuken. Der Vergleich und die Besichtigung von weiteren seldschukischen Sakralbauten in Isfahan, Zavareh und Ardestan bestätigt diese These. Allerdings zeigt sich auch, dass die Freitagsmoschee von Borūjerd einen Sonderfall darstellt. Bereits aus den Baualtersplänen ergibt sich, dass diese mehrere bauliche Einschnitte erfahren hat. Aufgrund der Schädigung durch Erdbeben, den wiederholten Wiederaufbau und die Lage an einer wichtigen Handelsroute ergab sich zudem für die Bausubstanz ein stetiger Wandel mit der damaligen aktuellen Architektursprache. Grundsätzlich ist jedoch zu sagen, dass anders wie in der europäischen sakralen Architektur, der Islam nicht an eine bestimmte architektonische Form gekettet werden kann. Die iranische Moschee ist eine Zusammentragung verschiedener Gestaltungselemente über die Jahrhunderte hinweg. Die Tradition der Umbauten, Ertüchtigungen und Reparaturen machten auch in Borūjerd nicht halt. Nichts desto trotz hat sich durch die Kumulation der Einflüsse der Bautyp der Vier-*Iwan*-Moschee ergeben, der auch heute noch bei sakralen Neubauten im Iran zur Anwendung kommt.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Siroux, M.: La Mosquée Djum'a de Bouroudjird. Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale, Heft 46. Impr. de l'Institut Français d'Archéologie Orientale, Kairo, 1946.
- [2] Mehrjar, M.: Masjid-i Gami'-i Burugird. Atar 10/11 (1364 [=1985]), S. 77–165.
- [3] Hāġġī Qāsimī, K.: Gaṅnāma. Farhang-i ātār-i mi'mārī-i islāmī-i Īrān, Daftar 7, Daftar 8. Gaṅnāma. Dānišgāh-i Šahīd Bihištī Markaz-i Asnād wa Taḥqīqāt-i Dāniškada-i Mi'mārī wa Šahrsāzī, Tihṛān, 2004.
- [4] Kerber, P.: Iran. Das einstige Persien zwischen Tradition und Moderne. Trescher Verlag, Berlin, 2018.
- [5] Borudscherd. <https://www.wikiwand.com/de/Borudscherd> (Abruf: 15.06.2019).
- [6] Finster, B.: Frühe iranische Moscheen. Vom Beginn des Islam bis zur Zeit salġūqischer Herrschaft. Archäologische Mitteilungen aus Iran Ergänzungsband, Heft 19. Reimer, Berlin, 1994.
- [7] Bianca, S.: Hofhaus und Paradiesgarten. Architektur und Lebensformen in der islamischen Welt. Beck, München, 1991.
- [8] Korn, L.: Die Moschee. Architektur und religiöses Leben. Beck'sche Reihe, 2573 : C. H. Beck Wissen. Beck, München, 2012.
- [9] Cramer, J.; Breitling, S.: Architektur im Bestand. Planung, Entwurf, Ausführung. Birkhäuser Verlag, Basel, 2013.
- [10] Huth, O.: Untersuchung und Rekonstruktion von Entwurfs- und Konstruktionsprinzipien an einem spätgotischen Netzgewölbe, Masterarbeit im Masterstudiengang Denkmalpflege - Heritage Conservation an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg, 2011.
- [11] Faro: Faro Scene Programmbeschreibung. <https://www.faro.com/products/construction-bim-cim/faro-scene> (Abruf: 20.06.2019).
- [12] Autodesk: Recap Programmbeschreibung. <https://www.autodesk.de/products/recap/overview> (Abruf: 20.06.2019).
- [13] CloudCompare: CloudCompare Programmbeschreibung. <http://cloudcompare.org/> (Abruf: 20.06.2019).
- [14] 3d Systems: Geomagic Wrap Programmbeschreibung. <https://de.3dsystems.com/software/geomagic-wrap> (Abruf: 20.06.2019).
- [15] Breitling, S.: Farbstandard für Bauphasen (Abruf: 21.06.2019).
- [16] Muqaddas, M.: Bar-rasi-i taḥqīq va-ta'mirat anjam shuda dar Masjid-i Jami'-i Burujird ta akhar-i shish mah-i awwal-i sal 1370. Documentation on the recording and restoration undertaken in the Great Mosque of Borujerd until the first six months of the year 1370 = until September 1991. Tehran, 1993.
- [17] Falter, H.: Untersuchungen historischer Wölbkonstruktionen. Herstellverfahren und Werkstoffe, Stuttgart, Univ., Diss., 1999, 1999.
- [18] Kuppeln aller Zeiten - aller Kulturen. Dt. Verl.-Anst, Stuttgart, 1996.
- [19] Müller, W.; Vogel, G.: Allgemeiner Teil ; Baugeschichte von Mesopotamien bis Byzanz. - (... ; 3020). Dtv, Heft 3020. Dt. Taschenbuch Verl., München, 2013.
- [20] Koepf, H.; Binding, G. (Hrsg.): Bildwörterbuch der Architektur. Mit englischem, französischem, italienischem und spanischem Fachglossar. Kröners Taschenausgabe, Band 194. Alfred Kröner Verlag, Stuttgart, 2016.
- [21] Hernández, A. J.: La metrología histórica como herramienta para la Arqueología de la Arquitectura. La experiencia en los Reales Alcázares de Sevilla. Metric as a Building Archaeology tool. The experience at the Royal Alcazar of Sevilla (2015).
- [22] Arera-Rütenik, T.: Transformation von Moscheen zu Kirchen auf der iberischen Halbinsel. Dissertation, Michael Imhof Verlag GmbH & Co. KG.

- [23] Iran-Spektrum. Iranische Zeitung in deutscher Sprache, Die Iranische Moschee, Heft 4. C. von Urff c/o Druck Ettela'at, Teheran, 1993.
- [24] UNESCO World Heritage Centre: Samarra Archaeological City.
<http://whc.unesco.org/en/list/276>.
- [25] Takeo Kamiya: Masterpieces of islamic architecture. Tarik Khane Mosque, in Damghan, Iran. http://www.ne.jp/asahi/arc/ind/2_meisaku/47_damgan/dam_eng.htm (Abruf: 06.10.2018).
- [26] Tahereh Sarfi: Iran Chamber Society. Damqan a city with 7.000 years history.
<http://www.iranchamber.com/cities/damqan/damqan.php> (Abruf: 06.10.2018).
- [27] Salama, A.: Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research. Masjid-i Pa Minar, Zaware, Iran, 2017.
- [28] Galdieri, E.: Esfahān: Masǧid-i Ğum'a. The Al-i Buyid Period, Research and Restoration Activities 1973-1978 - New Observations 1979-1982, 2 + 3. IsMEO, Roma, 1984.
- [29] Galdieri, E.: Esfahān: Masǧid-i Ğum'a. Photogrags and Preliminary Report, Heft 1. IsMEO, Roma, 1972.
- [30] Vogt-Göknil, U.: Die Moschee. Grundformen sakraler Baukunst. Studio-Paperback. Verlag für Architektur Artemis, Zürich, 1978.
- [31] Siroux, M.: Anciennes voies et monuments routiers de la région d'Ispahān. Suivis de plusieurs autres édifices de cette province: A Tidjen, Vaskand, Qomsār, Ob-Yaneh, Chapour-Ābād, Haftchouyeh, Kāj, Echkarand, Sarecht-Yaderand, Fakhand, Ab-Garm, Vendād-Deh et Ispahān. Institut Français d'Archéologie Orientale (Kairo). Mémoires, T. 82. Inst. Franç. d'Archéol. Orientale, Le Caire, 1971.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Satellitenbild - Iran, www.google.de/maps , Abruf: 15.06.2019	4
Abbildung 2: Satellitenbild - Borūjerd, www.google.de/maps , Abruf: 15.06.2019.....	4
Abbildung 3: Satellitenbild - Borūjerd, www.google.de/maps , Abruf: 15.06.2019.....	5
Abbildung 4: Satellitenbild - Freitagsmoschee, www.google.de/maps , Abruf: 15.06.2019	5
Abbildung 5: Freitagsmoschee von Borūjerd, Grundriss [3].....	6
Abbildung 6: Zentraler Innenhof, Blick nach Norden, Aufnahme von Schabastan Ost (P. Schalk) 7	
Abbildung 7: Zentraler Innenhof, Blick nach Osten, Aufnahme von Minarett West (P. Schalk)....	7
Abbildung 8: Iwan, Blick nach Süden, Aufnahme von Schabastan Nord (P. Schalk)	8
Abbildung 9: Kuppelraum, Blick nach Südost, Aufnahme aus Kuppelraum (P. Schalk)	8
Abbildung 10: mihrab und minbar, Blick nach Südost, Aufnahme aus Kuppelraum (P. Schalk)....	8
Abbildung 11: Schabastan Ost, Blick nach Süden, Aufnahme aus Schabastan Ost (P. Schalk)	8
Abbildung 12: Eingang West, Blick nach Süden, Aufnahme Masjid-e-Jāmeḥ Gasse (P. Schalk) ..	9
Abbildung 13: Detail Kuppel, Aufnahme aus Eingang West (P. Schalk)	9
Abbildung 14: Nördlicher Bereich, Blick nach Norden, Aufnahme aus Innenhof (P. Schalk).....	9
Abbildung 15: Lüftung, Blick nach Norden, Aufnahme aus Schabastan Nord (P. Schalk).....	9
Abbildung 16: Eingang Ost, Blick nach Nordost, Aufnahme aus Jafari Street (P. Schalk).....	10
Abbildung 17: Detail Kuppel, Aufnahme aus Eingang Ost (P. Schalk).....	10
Abbildung 18: Freitagsmoschee von Borūjerd, Längsschnitt [3].....	10
Abbildung 19: Rituelier Waschraum, Blick nach Süden, Aufnahme aus Waschraum (P. Schalk) 11	
Abbildung 20: Nachbarbebauung, Blick nach Norden, Aufnahme aus Jafari Street (P. Schalk)...	11
Abbildung 21: Urspr. Hamam, Blick nach Nordost, Aufnahme von Schabastan Ost (P. Schalk) .	11
Abbildung 22: Eingang Ost, Blick nach Osten, Aufnahme von Schabastan Ost (P. Schalk).....	11
Abbildung 23: Aufstellungen der Einzelscans im Erdgeschoss	14
Abbildung 24: Aufstellungen der Einzelscans im Kellergeschoss	14
Abbildung 25: Recap - Nördlicher Bereich, Ansicht aus Zentralen Innenhof nach Nordwesten... 15	
Abbildung 26: Recap - Östlicher Bereich, Ansicht aus Zentralen Innenhof nach Südosten	15
Abbildung 27: Recap - Westlicher Bereich, Ansicht aus Zentralen Innenhof nach Südwesten....	15
Abbildung 28: Recap - Südlicher Bereich, Ansicht aus Zentralen Innenhof nach Südwesten.....	15
Abbildung 29: Faro Scene - Korrespondenzansicht, Erdgeschoss, Südlicher Bereich	16
Abbildung 30: Faro Scene - Längsschnitt, Außen- / Innenkuppel	16
Abbildung 31: Handskizze, Messprinzip der Passpunkte im Raum.....	17
Abbildung 32: Faro Scene - Orthofoto, Querschnitt Ansicht Süd, Passpunkte auf einer Höhe	17
Abbildung 33: Faro Scene - Gesamtansicht stationierte Punktwolke	19
Abbildung 34: Recap - Herausgeschnittene Punktwolke der Moschee.....	20
Abbildung 35: Cloud Compare - Punktwolke Kuppelraum, Innenschale	20
Abbildung 36: Geomagic Wrap – Generiertes und bearbeitest 3D-Modell des Kuppelraums	21
Abbildung 37: Geomagic Wrap – Innenansicht des Innenraums	21
Abbildung 38: Aspect – Eingespieltes 3D-Modell.....	22
Abbildung 39: Aspect – Geschnittenes 3D-Modell, vertikale und horizontale Schnittlinien	22
Abbildung 40: Aspect – Ausgeblendetes 3D-Modell und verbleibende Schnittlinien.....	22
Abbildung 41: Plan - Iran_Borujerd_Bestandspläne_008_A0_Längsschnitt_1-50	23
Abbildung 42: Bereich zwischen den Kuppeln, Blick nach Südwest (P. Schalk).....	23
Abbildung 43: AutoCAD – Gesamtmodell: Grundrisse, Schnitte, Orthofotos und Projektionen..	23
Abbildung 44: Gegenüberstellung - Bestandsplan, verformungsgerecht zu maßlichem Plan	24
Abbildung 45: Freitagsmoschee von Borūjerd: Erster Zustand nach Maxime Siroux [1]	32
Abbildung 46: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-002.01_A1_Grundriss EG_1-100.....	32
Abbildung 47: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-009.01_A2_Querschnitt_1-100	32
Abbildung 48: Quadrat und Übergang zu Oktagon, Blick nach Südosten (P. Schalk)	33
Abbildung 49: Übergang von Oktagon zu Sechzehneck, Blick nach Südosten (P. Schalk)	33
Abbildung 50: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-008.01_A2_Längsschnitt_1-100	33
Abbildung 51: Kuppelraum inkl. Eintragungen, Blick nach Nordwest (L. Korn)	33
Abbildung 52: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-008.01_A2_Längsschnitt_1-100	34

Abbildung 53: Plan - Iran_Borujerd_Bestandspläne_004_A0_Grundriss EG_1-50	34
Abbildung 54: Ehemaliger Standort Minarett, Blick nach Südwest (P. Schalk)	34
Abbildung 55: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-008.01_A2_Längsschnitt_1-100.....	35
Abbildung 56: Ausschnitt – Orthofoto, Längsschnitt	35
Abbildung 57: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster).....	36
Abbildung 58: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-009.01_A2_Querschnitt_1-100.....	37
Abbildung 59: Detail Außenfassade, Blick nach Nordost (P. Schalk).....	37
Abbildung 60: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster).....	37
Abbildung 61: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster).....	37
Abbildung 62: Plan - Iran_Borujerd_Verformungsanalyse-002.01_A1_Grundriss EG_1-100.....	38
Abbildung 63: Reparaturmaßnahme Kuppel, Photographie aus dem Stadtmuseum von Borūjerd.	38
Abbildung 64: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster).....	39
Abbildung 65: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster).....	39
Abbildung 66: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster).....	39
Abbildung 67: mihrab, Blick nach Süden (P. Schalk)	39
Abbildung 68: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster).....	41
Abbildung 69: Außenkuppel, Zustand 2013 (L. Korn).....	41
Abbildung 70: Außenkuppel, Zustand 2018 (P. Schalk)	41
Abbildung 71: Außenkuppel des Öldscheitü-Mausoleums, Zustand 2019 (P. Schalk).....	41
Abbildung 72: Unteransicht Innenkuppel, Salzausblühungen im unteren Bereich (L. Korn)	42
Abbildung 73: Geomagic Wrap – Unteransicht Innenkuppel.....	42
Abbildung 74: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-009.01_A2_Querschnitt_1-100.....	42
Abbildung 75: Steinaustausch Wintergebetsaal, Blick nach Nordwest (P. Schalk).....	42
Abbildung 76: Plan - Iran_Borujerd_Baualterspläne-009.01_A2_Querschnitt_1-100.....	43
Abbildung 77: mihrab im Kellergeschoss, Blick nach Süden (L. Korn)	43
Abbildung 78: Universität Bamberg Bildarchiv – Islamische Welt (B. Finster).....	43
Abbildung 79: Rekonstruktion - Fotografie aus dem Stadtmuseum von Borūjerd.....	43
Abbildung 80: Minarett, Ost – Ist-Zustand (P. Schalk)	43
Abbildung 81: Verformung von Ziegel und Mörtel ohne und bei festem Verbund [17].....	44
Abbildung 82: Abplatzen der Steinkanten bei stark ausmittiger Belastung [18].....	45
Abbildung 83: Stutzkuppel [19].....	46
Abbildung 84: Pendentifkuppel [19].....	46
Abbildung 85: Kuppel über Trompen [19].....	46
Abbildung 86: 3D-Model, Kuppel, Schnitt bei 898,5634 m.....	47
Abbildung 87: 3D-Model, Sechzehneck, Schnitt bei 896,8134 m.....	47
Abbildung 88: 3D-Model, Oktagon, Schnitt bei 893,5634 m.....	48
Abbildung 89: 3D-Model, Oktagon, Schnitt bei 890,3134 m.....	48
Abbildung 90: Projektion der Kuppel.....	49
Abbildung 91: Projektion des Sechzehnecks	49
Abbildung 92: Projektion des Oktagons	50
Abbildung 93: Projektion des Quadrats	50
Abbildung 94: Abgang in die gesicherte archäologische Ausgrabung (P. Schalk)	55
Abbildung 95: Beginn des seldschukischen Fundaments (P.Schalk)	55
Abbildung 96: Sassanidische und timuridische Fundamentierung (P. Schalk)	55
Abbildung 97: Feuertempel – Chahar taq, Natanz (P. Schalk)	57
Abbildung 98: Feuertempel – Chahar taq, Natanz, Kuppelansatz (P. Schalk)	57
Abbildung 99: Haus des Propheten, 3D-Isometrie, Rekonstruktion, Bauzustand um 632 [8].....	58
Abbildung 100: Haus des Propheten, Grundriss, Rekonstruktion nach schriftlichen Quellen [7].	58
Abbildung 101: Haus des Propheten, Phantasievolle Rekonstruktion (nach J. L. Leacroft) [7]....	58
Abbildung 102: Ruine, Lehmwohnhaus, Natanz (P. Schalk)	59
Abbildung 103: Dachaufbau, Lehmwohnhaus, Natanz (P. Schalk).....	59
Abbildung 104: Prophetenmoschee, Medina, 3D-Isometrie, Bauzustand um 710 [8].....	60
Abbildung 105: Prophetenmoschee, Medina, Grundriss, Rekonstruktion [7].....	61
Abbildung 106: Schema einer christlichen Basilika [6]	61
Abbildung 107: Umayyadenmoschee, Damaskus, Hofansicht [7]	62

Abbildung 108: Lageplan des antiken Damaskus [6].....	62
Abbildung 109: Umayyadenmoschee, Damaskus, Grundriss [7].....	63
Abbildung 110: Umayyadenmoschee, Damaskus, Außenansicht, antike Umfassungsmauer [7] ..	63
Abbildung 111: Umayyadenmoschee, Damaskus, Innenansicht mit Arkadenreihe [7]	63
Abbildung 112: Ibn-Tûlûn-Moschee, Kairo, Hofansicht [7].....	64
Abbildung 113: Ibn-Tûlûn-Moschee, Kairo, Grundriss nach Golvin [23].....	65
Abbildung 114: Ibn-Tûlûn-Moschee, Kairo, Arkaden [7].....	65
Abbildung 115: Große Moschee, Samarra, Grundriss nach Golvin [23]	66
Abbildung 116: Abû-Dulâf Moschee, Samarra, Außenansicht (P. Fox) [24]	67
Abbildung 117: Abû-Dulâf Moschee, Samarra, Grundriss nach Creswell [23].....	68
Abbildung 118: Abû-Dulâf Moschee, Samarra, Blick auf Minarett (Mahmoud Bendakir) [24] ...	68
Abbildung 119: Târik-Hâna, Damghan, Hofansicht [25].....	69
Abbildung 120: Târik-Hâna, Damghan, Grundriss nach Godard [23]	70
Abbildung 121: Târik-Hâna, Damghan, Hof mit hypostylen Betsaal und Iwan [25].....	70
Abbildung 122: Târik-Hâna, Damghan, hypostyler Betsaal mit sassanidischen Bögen [25].....	70
Abbildung 123: Târik-Hâna, Damghan, Stützendetail [25].....	70
Abbildung 124: Târik-Hâna, Damghan, riwaq-Arkaden im Hof [25].....	70
Abbildung 125: Masjed-e Pa Menar (P. Schalk).....	71
Abbildung 126: Masjed-e Pa Menar, Rekonstruktion westlicher Schabastan (P. Schalk).....	72
Abbildung 127: Masjed-e Pa Menar, Zavareh, Seldschukische Minarett (P. Schalk).....	72
Abbildung 128: Masjed-e Pa Menar, Zavareh, Stuckdekoration (P. Schalk).....	72
Abbildung 129: Masjed-e Pa Menar, Zavareh, Kuppel vor Haupt-mihrab (P. Schalk)	72
Abbildung 130: Masjed-e Pa Menar, Zavareh, Haupt-mihrab mit Stuckarbeiten (P. Schalk)	72
Abbildung 131: Freitagsmoschee, Isfahan, Südlicher Iwan (P. Schalk)	73
Abbildung 132: Freitagsmoschee, Isfahan, Überblick über alle Bauphasen [28]	74
Abbildung 133: Freitagsmoschee, Isfahan, Vergrößerung unter den Buyiden [28].....	74
Abbildung 134: Freitagsmoschee, Isfahan, erste Umbauten der Seldschuken [28]	75
Abbildung 135: Freitagsmoschee, Isfahan, Einzug der Kuppeln, Vier-Iwan-Moschee [28]	75
Abbildung 136: Freitagsmoschee, Isfahan, Blick von Südwest (P.Schalk)	75
Abbildung 137: Freitagsmoschee, Isfahan, Modifizierungen unter den Ilkahaniden [28]	75
Abbildung 138: Freitagsmoschee, Isfahan, Umbauten der Safawiden [28]	75
Abbildung 139: Freitagsmoschee, Isfahan, Ist-Zustand [28]	75
Abbildung 140: Freitagsmoschee, Isfahan, Nizam-al-Mulk Kuppel (P. Schalk)	76
Abbildung 141: Freitagsmoschee, Isfahan, Isometrie, Nizam-al-Mulk Kuppel [29].....	76
Abbildung 142: Freitagsmoschee, Isfahan, Taj-al-Mulk Kuppel (P. Schalk)	76
Abbildung 143: Freitagsmoschee, Zavareh, Südlicher Iwan (P. Schalk).....	77
Abbildung 144: Freitagsmoschee, Zavareh, Stuckmihrab (P. Schalk).....	78
Abbildung 145: Freitagsmoschee, Zavareh, Grundriss [3].....	78
Abbildung 146: Freitagsmoschee, Zavareh, Schiefstellung und Ergänzung (P. Schalk)	78
Abbildung 147: Freitagsmoschee, Zavareh, Längsschnitt [3].....	78
Abbildung 148: Freitagsmoschee, Zavareh, Kuppelraum (P. Schalk)	78
Abbildung 149: Freitagsmoschee, Ardestan, Nördlicher Iwan (P. Schalk).....	79
Abbildung 150: Freitagsmoschee, Ardestan, Grundriss [3]	80
Abbildung 151: Freitagsmoschee, Ardestan, Lehmziegelmauerwerk, Vorgängerbau (P. Schalk) 80	
Abbildung 152: Freitagsmoschee, Ardestan, Gestaltung, südlicher Iwan (P. Schalk)	80
Abbildung 153: Freitagsmoschee, Ardestan, Längsschnitt [3].....	80
Abbildung 154: Freitagsmoschee, Ardestan, Kuppelraum (P.Schalk).....	80
Abbildung 155: Freitagsmoschee, Ardestan, Strebepfeiler (P. Schalk)	80
Abbildung 156: Freitagsmoschee, Ardestan, zugesetztes Fenster (P. Schalk).....	80
Abbildung 157: Freitagsmoschee, Ardestan, zugesetztes Fenster (P. Schalk).....	80
Abbildung 158: Grundriss, Grafische Darstellung der Teilbereiche	81

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Wichtige Dynastien und bedeutende Herrscher [4]	4
Tabelle 2: Fotodokumentation - Zentraler Innenhof.....	7
Tabelle 3: Fotodokumentation - Südlicher Bereich	8
Tabelle 4: Fotodokumentation - Westlicher Bereich	9
Tabelle 5: Fotodokumentation - Nördlicher Bereich	9
Tabelle 6: Fotodokumentation - Eingang Ost	10
Tabelle 7: Fotodokumentation - Nachbarbebauung.....	11
Tabelle 8: Auflistung der Einzelscans und Verortung.....	12
Tabelle 9: Plan zu den Standorten der Scanpositionen, Mitarbeiter der Universität Bamberg.....	14
Tabelle 10: Auszug Recap - Übersicht der Punktwolkendichte der Teilbereiche.....	15
Tabelle 11: Messprinzip der Passpunkte und Lokalisation im Querschnitt.....	17
Tabelle 12: Programmvorstellung - Faro Scene.....	18
Tabelle 13: Programmvorstellung - Recap	19
Tabelle 14: Programmvorstellung - Cloud Compare.....	20
Tabelle 15: Programmvorstellung - Geomagic Wrap.....	21
Tabelle 16: Programmvorstellung - Aspect	22
Tabelle 17: Programmvorstellung - AutoCAD.....	22
Tabelle 18: Vorbereitung, Durchführung und Nachbearbeitung von gescannten Objekten	25
Tabelle 19: Befund 001 - Isolierter Kuppelraum und erst späterer Anschluss der Anbauten.....	32
Tabelle 20: Befund 002 - Innengestaltung.....	33
Tabelle 21: Befund 003 - Ursprüngliches Niveau	33
Tabelle 22: Befund 004 - Vermutlicher Bauablauf.....	34
Tabelle 23: Befund 005 - Ehemaliges seldschukisches Fundament des Minarets.....	34
Tabelle 24: Befund 006 - Wiederaufbau der Kuppel.....	35
Tabelle 25: Befund 007 - Steinaustausch an den Außenfassaden.....	36
Tabelle 26: Befund 008 - Reparaturmaßnahme an der Kuppel.....	38
Tabelle 27: Befund 009 - Innenraumausgestaltung	39
Tabelle 28: Befund 010 - Kubatur und Dekoration der Außenkuppel.....	39
Tabelle 29: Befund 011 - Innenkuppel und Innenraumausgestaltung.....	41
Tabelle 30: Befund 012 - Bereichsweiser sukzessiver Steinaustausch.....	42
Tabelle 31: Befund 013 - Einzug Betondecke	42
Tabelle 32: Befund 014 - Rekonstruktion der Minarette und Neueindeckung der Dächer.....	43
Tabelle 33: Grundformen der Verschneidung von Halbkuppel zu Raumkubus	46
Tabelle 34: Verformungsanalyse - Kuppelraum von Borūjerd.....	47
Tabelle 35: Umrechnung der wichtigsten Projektionen zu Islamischen Fuß.....	49
Tabelle 36: Fotodokumentation der Archäologischen Ausgrabung.....	55
Tabelle 37: Zuordnung der Einflusslinien in Teilbereiche, Freitagsmoschee von Borūjerd.....	81

ANHANG

Anhang A: Bestandspläne, verformungsgerecht

- Iran_Borujerd_Bestandspläne_001_A1_Grundriss KG_1-50
- Iran_Borujerd_Bestandspläne_002_A0_Grundriss EG_1-50
- Iran_Borujerd_Bestandspläne_003_A0_Grundriss EG_1-50
- Iran_Borujerd_Bestandspläne_004_A0_Grundriss EG_1-50
- Iran_Borujerd_Bestandspläne_005_A1_Grundriss DG_1-50
- Iran_Borujerd_Bestandspläne_006_A1_Grundriss DG_1-50
- Iran_Borujerd_Bestandspläne_007_A1_Grundriss DG_1-50
- Iran_Borujerd_Bestandspläne_008_A0_Längsschnitt_1-50
- Iran_Borujerd_Bestandspläne_009_A0_Querschnitt_1-50

Anhang B: Baualterspläne

- Iran_Borujerd_Baualterspläne-002.01_A1_Grundriss EG_1-100
- Iran_Borujerd_Baualterspläne-008.01_A2_Längsschnitt_1-100
- Iran_Borujerd_Baualterspläne-009.01_A2_Querschnitt_1-100

Anhang C: Verformungsanalyse

- Iran_Borujerd_Verformungsanalyse-002.01_A1_Grundriss EG_1-100
- Iran_Borujerd_Verformungsanalyse-008.01_A2_Längsschnitt_1-100
- Iran_Borujerd_Verformungsanalyse-009.01_A2_Querschnitt_1-100