

7 Einzelheiten zur Ausführung und Rekonstruktion signifikanter Denkmäler

Die Übersicht über die Gewölbe aus Lehmziegeln in Mittelasien zeigt zwar deren Formenvielfalt, muss aber ergänzt werden durch die Einzelheiten über ihre konstruktive Ausführung, deren Kenntnis für jede Art von Rekonstruktion nötig ist. Bezeichnenderweise sagt VORONINA, dass die Wölbtechnik in gebrannten Ziegeln ungleich eintöniger sei als mit Lehmziegeln⁸⁵⁰. Offenbar verfügten die Baumeister für ihre Lehmziegelgewölbe über eine große Bandbreite von Verfahren, sowohl das Verlegen der Ziegel als auch die Wölbprofile zu variieren. Diese geben sich manchmal als geometrisch konstruiert zu erkennen. Oft aber und vor allem bei der Kombination verschiedener Wölbtechniken erscheinen die Wölbprofile nur an die eine oder andere geometrische Form angenähert. Das ist aber auch dem Umstand geschuldet, dass bei der Mehrzahl der Denkmäler die Scheitelbereiche zerstört und die erhaltene Teile mehr oder weniger verformt sind.

Besondere Schwierigkeiten, die Ausführung genauer zu beschreiben bereitet die Tatsache, dass bei den Grabungen weder Form noch Ausführungstechnik der Gewölbe hinreichend dokumentiert wurden. Selbst bei erhaltenen Kuppeln bleiben gelegentlich die Formen unbestimmt, und Einzelheiten sind nur aus den veröffentlichten Fotografien zu entnehmen.

In diesen Fällen sind Rekonstruktionsversuchen enge Grenzen gesetzt. Soweit sich regionale Eigenarten in der Ausführung zeigen, wird darauf eingegangen. Gelegentlich zeigt das schon die Fachsprache. So bestimmen die bucharischen Baumeister die Tonnen- und Kuppelgewölbe nicht nach der Form, sondern nach der Ausführungsart, ihrer Lage und Funktion in der Struktur des Bauwerks⁸⁵¹. Sie unterscheiden:

- "Überwölbende Gewölbe": überdachende Gewölbe
- "Tragende Gewölbe": zwischen Geschossen eingefügte und gewendelte Gewölbe
- "In die Mauer- bzw. Deckenstärke eingelassene Gewölbe": Entlastungsbögen und -tonnen.

Diese Fachsprache zeigt einerseits, wie schwierig es ist, überlieferte Termini für Gewölbeformen zu nutzen, andererseits aber auch, dass das Tragen einer Last und das Verhalten des Gewölbes unter Last durchaus eine Rolle bei der Auswahl der Gewölbeform spielte.

7.1 Die Tragmauerkonstruktionen

In Mittelasien werden die Tragmauern unabhängig von der Mauertechnik für die Gewölbeschalen erstellt. Die Tragmauern können in Lehmschichten, Lehmblöcken, Lehmziegeln oder in deren Kombinationen ausgeführt sein. Allerdings ist der Tendenz nach zwischen Tragwand, Auflager und Gewölbeform folgender Zusammenhang zu beobachten:

- auf geböschten Tragmauern ruhen gewöhnlich Gewölbe mit halbrundem oder flachelliptischem Wölbprofil (Elcharas, Teşik-Tepe, Balandy 2);
- bei Tragmauern ohne deutliche Böschung ist das Auflager oft beidseitig vorgekragt und das Wölbprofil mit hohem Stich spitzbogig, parabelförmig oder elliptisch (Charoba-Košuk, Klein Kyz-Kala, Babiš-Mulla 2, Čilburdž, Čilchudžra in Ustrušana, Munčak-Tepe, Koj-Krylgan-Kala, Džanbas-Kala, Dalverzin-Tepe, Toprak-Kala, Varachša).

7.2 Ausführungseinzelheiten bei Tonnengewölben

7.2.1 Auflagerausbildungen

Im einfachsten Fall liegt das Auflager horizontal und bündig mit der Tragmauerinnenkante (**Abb. 48/1**). Die Tonnenschale setzt entweder wieder bündig auf ihm an (u. a. Elcharas, Džanbas-Kala, Dalverzin-Tepe, Toprak-Kala, Čilburdž, Džety-asar, Munčak-Tepe, Charoba-Košuk) oder springt 12 bis 20 cm zurück (Babiš-Mulla 2, Balandy 2, Alt-Nisa, Teşik-Tepe, Kala-i Bolo), um die Lehrbögen für das Wölbprofil aufsetzen zu können (**Abb. 48/2**).

Über den Lehmschichten oder -blöcken werden einige Lehmziegel horizontal gelegt und schaffen so eine bessere Fläche für die Wölbziegel der Tonne (Bögen in Balandy 2, in Chalčajan (Haus X-3), in Kafyr-Kala, in Dalverzin-Tepe und Adžina-Tepe) (**Abb. 49/1**).

Zur Verringerung der Spannweite können die Auflager vorgekragt werden (**Abb. 48/3**). Sie bestehen dabei aus zwei bis sieben Lehmziegelschichten. Überwölbt die Tonne einen breiteren Raum, so ruht sie auf um 2 bis 3 Stufen vorgekragten Auflagern (Raum 80 Objekt III und Raum 48 Objekt VI, Alt-Pendžikent; Räume 18, 19 und 21 in Čilchudžra, Ustrušana). Stufenförmig vorgekragt sind auch die Auflager hoher Tonnen über kleinen Gassen in Alt-Pendžikent.

Wenn die Auflager die einfache Weiterführung des Mauerwerks sind, werden die Lehmziegel in regelmäßigem Verband gelegt. Bei rechteckigen Lehmziegeln werden diese mit ihren kurzen Seiten zur Raummitte flach

⁸⁵⁰ ВОРОНИНА 1953а: 22.

⁸⁵¹ РЕМПЕЛЬ 1982: 180-182; die Ausdrücke stammen vom Autor und sind leider ohne einheimischen Termini überliefert.

verlegt, damit die Wölbschale sich auf die breite Lagerfläche stützt. Die Tonne über Raum "C" der Wohnanlage in Afrasiab stützt sich auf ein dekorativ gestaltetes vorgekragtes Auflager über Lehmmauern (**Abb. 50/1; Taf. 137 c, d**).

Zur Verringerung der großen Keilfugen zwischen den Lehmziegeln am Tonnenrücken wird dem Auflager eine Neigung gegeben. Dies wird durch zwei Arten der Ziegelverlegung erreicht:

- 1) Als Stützfläche der Tonne dienen drei flach übereinander gelegte und zurückgestufte Lehmziegelschichten. Die Schräge bildet dabei eine dicke Mörtelschicht (**Abb. 48/4; Taf. 98 b**).
- 2) Die oberen Mauerziegelschichten werden so versetzt, dass darauf eine Reihe von Lehmziegeln schräg zur Maueroberfläche eine geneigte Stützfläche für die Tonne bieten (**Abb. 48/5**). Der Neigungswinkel beträgt bei den zweischaligen Tonnen von Koj-Krylgan-Kala 43° bei der unteren und 19° bei der oberen Schale (**Taf. 24 d**).

Auch die Oberfläche einer Lehmschicht kann schräg angeschnitten werden, damit die Anfängerziegel der Tonnenschale geneigt liegen (**Abb. 49/2**). Dieses Verfahren ist charakteristisch für Gewölbe über Türöffnungen und Nischen mit kleinen Spannweiten (u. a. Čilchudžra in Ustrušana, Zitadelle von Kafyr-Kala) (**Taf. 77 a, 85 a**).

Flach verlegte Lehmziegelschichten können als Auflager mit schräg gestellten Rollschichten wechseln, die eine fischgrätenförmige Verbandsstruktur bilden (Haus 30 Objekt III, Alt-Pendžikent; Munčak-Tepe) (**Abb. 20/3, 7; 50/1**).

Bei Gewölbebauten, die sonst vollständig aus Lehm errichtet werden, können Ziegelschichten mit Lehmschichten wechseln (**Abb. 20/5; 50/2**). So wurden in die Tonnenauflager aus Lehmziegeln in Raum 18 des Objekts XIV, Alt-Pendžikent, Lehmschichten eingefügt.

Wandbündige und vorgekragte Auflager werden bei der Überwölbung von Räumen mittlerer Weite (ca. 3,4 m in Tešik-Tepe) und kompliziertem Grundriss (Balandy 2) verwendet (**Abb. 48/1, 3**).

7.2.2 Ausbildung der Tonnenschalen

Die Mehrheit der Tonnen in Mittelasien wurde mit glatter Schale gemauert (**Abb. 41/1-6**). In den Schalen solcher Tonnen werden mitunter Lichtöffnungen belassen. Im Palast der Zitadelle Toprak-Kala, in Čilchudžra in Ustrušana und im südwestlichen Korridor der Zitadelle Baba-ata⁸⁵² sparte man in den geneigt stehenden Ringschichten einige Ziegel aus. Von einer "Öffnung" in der Radialtonne des Korridors des buddhistischen Tempels in Kala-i Kafirmigan zeugen Funde von Lehmziegeln, die sich in Ringschichten auf dem Boden bei einer Nische mit einer Buddhasstatue erhalten haben. Die Lage der herausgefallenen Ziegel weist auf eine besondere Wölbung über der Öffnung hin⁸⁵³.

7.2.2.1 Ein- und zweischalige sowie aufgegliederte Tonnen

Tonnenschalen werden einschalig, zweischalig und in Abschnitte unterteilt ausgeführt. Bei einschaligen Tonnen treten fünf verschiedene Wölbprofile auf: halbkreisförmige, flach- und hochelliptische, parabelförmige und spitzbogige (**Abb. 51**). Sie lassen sich in Radialschichten, Ringschichten und Flachsichten ausführen, aber auch in deren Kombinationen: Schultern in Kragschichten oder Radialschichten, darüber Ringschichten oder Flachsichten. Außerdem gibt es die modifizierte Wölbtechnik⁸⁵⁴. Wie Tonnen sind auch Bögen über Türen ausführbar.

Mit zwei Schalen werden Tonnen gewölbt, wenn besondere Tragfähigkeit und Stabilität notwendig ist. Bei zweischaligen Tonnen treten halbrunde, flach- und hochelliptische Wölbprofile auf. Die aufeinanderliegenden Schalen werden in der gleichen oder in zwei verschiedenen Wölbtechniken gemauert (**Taf. 24 d**).

Zweischalige Radialbögen überspannen die Eingänge in die Räume 41 und 42 (Spannweite 1,85 m) und in die Räume 1 und 2 (Spannweite 2,2 m) des Klosters Adžina-Tepe⁸⁵⁵. Bei den Ausgrabungen des Raumes 3 der Wohnburg Babiš-Mulla 1 in Chorezmien (4. - 2. Jh. v. Chr.) und des Palastes Aktobe 2 in Čardara (1. - 4. Jh. n. Chr.) (**Abb. 28/1**) wurden Tonnen freigelegt, deren zwei Schalen aus geneigt stehenden Ringschichten bestehen⁸⁵⁶. Dagegen sind die Bogenschalen über den Lichtöffnungen des Gebäudes X-3 in Chalčajan⁸⁵⁷ und über den Türöffnungen in der Rampe des Schlosses Baraktam 1⁸⁵⁸ in Chorezmien sowie im Gebäude III in Alt-Pendžikent⁸⁵⁹ in radialen und modifiziert verlegten Lehmziegelschichten ausgeführt.

⁸⁵² Vgl. ТОЛСТОВ 1952: 33, Abb. 20; ПУЛАТОВ 1975: 22, 24; АГЕЕВА 1962: 122.

⁸⁵³ Ausführlicher darüber siehe im Kat. Nr. 39 Kala-i Kafirmigan, S. 288, insbes. 293ff.

⁸⁵⁴ Siehe im Textteil, Punkt 4.2 Grundformen der Wölbtechnik, S. 109f., Fn. 551 und Punkt 5.3.1 Radialgewölbe in Kufverband, S. 143-145ff.

⁸⁵⁵ ЛИТВИНСКИЙ, ЗЕЙМАЛЬ 1971: 31, 42; LITVINSKY 1984: 704. Die Ausführung letzterer Radialbögen ähneln sehr den Bogen mit einer Spannweite von ca. 2 m über der Türöffnung in den Kuppelbau des manichäischen Komplexes in Chočo. - Vgl. LE COQ 1923: 28.

⁸⁵⁶ ТОЛСТОВ 1962: 161; МАКСИМОВА u. a. 1968: 30 - Leider ist nicht ermittelt, in welche Richtung die Ringschichten in den zwei Schalen der Tonnen geneigt sind.

⁸⁵⁷ ПУГАЧЕНКОВА 1966: 78, 80.

⁸⁵⁸ НЕРАЗИК, ЛАПИРОВ-СКОБЛО 1959a: 92.

⁸⁵⁹ ВОРОНИНА 1953a: 24, Abb. 29.

Bei den Tonnen des Zentralbaus von Koj-Krylgan-Kala (**Taf. 22 c**), des in die Stärke der Wehrmauer eingelassenen Korridors von Ajaz-Kala ⁸⁶⁰ und der Türöffnung des nordwestlichen Turms in der Zitadelle Toprak-Kala ⁸⁶¹ besteht die untere Schale aus geneigt oder senkrecht stehenden Ringschichten, die obere jedoch aus Radialschichten.

Über dem östlichen Korridor des Turms von Alten Nisa (2. Jh. v. Chr.) ist eine zweischalige Tonne entdeckt worden. Welche der Schalen radial gemauert ist, ist allerdings nicht angegeben ⁸⁶².

Bei sehr langen Räumen kann die Tonne in Abschnitte aufgegliedert werden. Das gilt auch für Ringkorridore (**Taf. 18 a, b**). Die Tonne von Tešik-Tepe ist in der Längsachse des Raumes in einzelne, 1,4 m lange Abschnitte unterteilt. Die unteren Teile jedes Abschnittes sind mit vorkragenden Ziegeln, die oberen radial gemauert (**Taf. 58 a-c**) ⁸⁶³.

Bei einer Länge von 14 m errichtete man vor der Überwölbung in der Mitte einen Gurtbogen (**Abb. 27/1; Taf. 125 a**). Solche Gurtbögen wurden in die Tonnenschalen über den Räumen der Kaserne in Varachša eingelassen, ohne mit diesen konstruktiv verbunden zu sein. Sie ragen 6-8 cm in das Innere des Raumes hinein, sind im unteren Teil in auskragenden Radialschichten ausgeführt, im Scheitel in drei flach verlegten Ringschichten ⁸⁶⁴. Das Bogenprofil ähnelt dem Wölbprofil der Tonne über dem Raum. Annähernd halbrunde Gurtbögen unterteilten die Tonnen in den Räumen 2, 3 und 6 des Objekts XXIV in Alt-Pendžikent ⁸⁶⁵.

Gewöhnlich wird der Gurtbogen im Verband mit der Tonnenschale so gemauert, dass er das Gewölbe verstärkt ⁸⁶⁶. Die Baumeister Mittelasiens, die Erfahrung mit dem Bauen in Erdbebengebieten hatten, verbanden die Konstruktion des Gurtbogens bewusst nicht mit der Tonnenschale. Das ermöglichte einem Gewölbe von großer Länge, auf Erdstöße elastischer zu reagieren.

Die Tonne auf dem Ringkorridor von Balandy 2 war wahrscheinlich in Abschnitten gemauert (**Taf. 18 a, b**) ⁸⁶⁷. In der Länge wurde der Korridor durch radial verlaufende Wände mit überwölbten Türöffnungen unterteilt. Jeder Abschnitt wurde gesondert ausgeführt. Die Schultern der Tonnen sind mit vorkragenden Ziegeln, die Scheitel in geneigt stehenden Ringschichten gemauert.

7.2.2.2 Steigende Tonnenschalen

Besondere Aufmerksamkeit ziehen steigende Tonnenschalen auf sich, mit welchen man Treppen und Rampen überwölbt. Man kann sie gleichmäßig (**Abb. 41/2, 5**) oder gestuft (**Abb. 41/3, 6**) in geneigt oder senkrecht stehenden Ringschichten steigen lassen. In Baraktam 1 (**Taf. 71 c, d**), Alt-Pendžikent (Objekt 26) ⁸⁶⁸ und in Kala-i Bolo (Isfara) ⁸⁶⁹ ist ein Ring jeweils nur gering über den anderen erhöht, so dass die Tonne fast unmerklich ansteigt.

Bei den Ausgrabungen der Treppe des turmartigen Gebäudes in Alt-Nisa (2. Jh. v. Chr. - 1. Jh. n. Chr.) wurden die Reste einer halbrunden steigenden Tonne entdeckt ⁸⁷⁰. Ein Teil des Korridors entlang der westlichen Mauer der Zitadelle Baba-ata (6. - 7. Jh. n. Chr.) ist mit einer spitzbogigen Tonne aus steigenden, senkrecht stehenden Ringschichten überwölbt (**Taf. 112 a, b**) ⁸⁷¹. Die Treppen und Podeste der Rampe des Klosters Adžina-Tepe (Mitte 7. Jh. n. Chr.) sind mit einer Tonne überdeckt, deren geneigt stehende Ringschichten sich auf Ecktrompen stützen.

Wenn einzelne Tonnenabschnitte abgesetzt nach oben verschoben werden, entsteht eine gestufte Wölbschale. Über Treppe, Korridor und Türöffnung in Koj-Krylgan-Kala, Baraktam 1 und in Wohnbau 9 nahe bei Alt-Pendžikent ⁸⁷² sind die Tonnenabschnitte radial (**Taf. 25, 74 a, b**), bei der in Klein Kyz-Kala und der westlichen Tonne von Baba-ata in senkrechten Ringschichten (**Taf. 104 e, 108 a, b, 111 a, b**) ⁸⁷³, in Ajrtam aus speziell geformten Ziegeln gewölbt (**Taf. 55**). Das Treppenpodest ist entweder mit einer eigenen Tonne (Baraktam 1), mit einer Halbkuppel (Objekt 26, Alt-Pendžikent) ⁸⁷⁴ oder mit der Tonne des unteren Treppenlaufs überdeckt (Koj-Krylgan-Kala). Letztere stützt die Tonne des oberen Treppenarms (**Taf. 25**).

⁸⁶⁰ ТОЛСТОВ 1948a: 156.

⁸⁶¹ ВОРОНИНА 1953a: 26.

⁸⁶² КРАШЕННИКОВА, ПУГАЧЕНКОВА 1964: 123; ПИЛИПКО 1998 (Manuskript): 123.

⁸⁶³ Siehe den Textteil, Punkt 5.2.2 Nichttragende Lehrbögen und Hilfslehren, S. 137f. Ebenso bestand die Tonne des Raumes 41 in Palast von Ucheidir (8. Jh. n. Chr.) aus sieben voneinander getrennt ausgeführten Abschnitten. - Siehe REUTHER 1984: Taf. VII.

⁸⁶⁴ НИЛЬСЕН 1956: 58-59.

⁸⁶⁵ РАСПОПОВА 1990: 136.

⁸⁶⁶ ЛАХТИН 1911: 2; КОЕПФ 1985 (1974): 190-191 - notiert dort GLÜCK o. J.; GLOSSARIUM 1988: 29, 129, Abb. 30, 200. Laut FISCHER erhält die Tonnenschale auf Gurten eine statisch günstigere steife Verbindung. Er meint, dass mit der Gurtung der Tonne häufig eine dekorative Absicht verfolgt wird: die Weiterführung der Wandgliederung in die Gewölbezone hinein. - FISCHER 1974: 73.

⁸⁶⁷ ВАЙНБЕРГ, ЛЕВИНА 1993a: 36.

⁸⁶⁸ МАРШАК, РАСПОПОВА 2001: 20-21, Abb. 46-49.

⁸⁶⁹ ДАВИДОВИЧ, ЛИТВИНСКИЙ 1955: 73, 89; ДАВИДОВИЧ 1958: 72-103.

⁸⁷⁰ ПИЛИПКО 1998 (Manuskript): 215; 2001: 245.

⁸⁷¹ АГЕЕВА 1962: 122, 125, Abb. 9.

⁸⁷² БОЛЬШАКОВ, НЕГМАТОВ 1958: 184, Abb. 23.

⁸⁷³ Aus senkrecht stehenden Ringschichten bestehen ebenso abgestufte Tonnen über den Treppenanlagen des Hauptpalastes von Ucheidir (775 n. Chr.). Diese waren jedoch in Backstein mit horizontalen Scheitellinien errichtet. - Vgl. BELL 1914: Taf. 16, Abb. 2; REUTHER 1912: 13, Abb. 13.

⁸⁷⁴ МАРШАК, РАСПОПОВА 2001: 20-21, Abb. 46, 47.

Die Tonne über der Türöffnung wird abgestuft, wenn die Verschneidung ihrer Schale mit der Haupttonne des Raumes vermieden werden soll (Koj-Krylgan-Kala, Baraktam 1⁸⁷⁵) (**Taf. 24 a, b; 74 b**).

Die Tonnenabschnitte sind bei der Überwölbung einer Rampe in einem Wohnbau in Alt-Pendžikent (Objekt IX) zueinander geneigt verschoben⁸⁷⁶. Jeder Abschnitt besteht aus vier bis fünf Ringschichten, die jeweils höher ansetzen als die vorangehenden.

Abgestuft steigende Tonnenschalen konnten auch über Korridoren nachgewiesen werden. Zum Beispiel sind über den Eingangskorridoren 1-3 im Schloss Ark-Tepe⁸⁷⁷ drei Abschnitte mit Tonnen aus geneigt stehenden Ringschichten überwölbt; die Tonnen stiegen vom Eingang aus an. Die Tonnenabschnitte über dem Eingangskorridor im Landhaus 9 in Alt-Pendžikent (Objekt VIII)⁸⁷⁸ waren in wechselnder Wölbtechnik gemauert: modifizierte Wölbung - Wölbung aus geneigt stehenden Ringschichten - modifizierte Wölbung.

7.2.3 Wechselseitiges Überschneiden von Tonnenschalen

Wenn möglich, wird das Überschneiden von Tonnenschalen vermieden. Bei hinreichender Auflagerhöhe ist es auch nicht schwierig, die Bogenscheitel von Türen tiefer zu halten. Das ist die Lösung bei Bögen und Tonnen der Kaserne in Varachša (**Taf. 122 b, d**), des Klosters Adžina-Tepe (**Taf. 121**) sowie der Junusabader Burg Ak-Tepe (**Taf. 94 d, e**). Die niedriger angelegten Bögen sind in Radial- und Flachsichten, die Tonne der Räume dagegen in stehenden Ringschichten ausgeführt. Manchmal ist zwischen die Radialtonne und die Ringschichten der Raumtonne eine Schicht aus flach verlegten Lehmziegeln eingefügt.

Ist die Türöffnung nicht entsprechend niedrig zu halten oder treffen, wie bei Korridoren, die Tonnen gleichartiger Räume aufeinander, bemüht man sich, die Schalen einander nur in den unteren Teilen durchdringen zu lassen (**Abb. 44/2, 3**). So ist beispielsweise beim Westgebäude Elcharas die Tonne des quer verlaufenden Korridors (Raum 31) niedriger als die Tonne des Langkorridors (Räume 1 und 34) (**Taf. 30 a, b**). An der Schnittstelle unterstützt die untere Tonnenschale die obere und schneidet nur geringfügig in die obere ein. Dies wird durch die Rekonstruktion der Höhe der unteren Tonne ersichtlich. So müssen auch die Schalen über den rechtwinklig zueinander angelegten Rampenkorridoren im Sockel von Festung 36 ausgesehen haben (**Taf. 153 a, b**), die allerdings an der Schnittstelle nicht erhalten sind.

Häufig bleibt es bei der Überschneidung der Schalen im unteren Drittel. Das geht sicher auf die Erkenntnis zurück, dass die Schale der einschneidenden Tonne im Bereich unter der kritischen Zone der oberen Schale bleibt und somit deren Standfestigkeit nicht schwächt. Diese Art Verschneidung ist in Baraktam 1 (**Taf. 74 a, b**), der Burg 34 in Berkut-Kala sowie in der Zitadelle Mingurjuk (**Taf. 129 b**) anzutreffen. Dokumentiert ist sie auch für die Zitadelle von Varachša, für die Wohnbauten in Alt-Pendžikent⁸⁷⁹, für die Burg auf dem Berg Muğ⁸⁸⁰ u. a. Dabei sind die einschneidenden Tonnen in radialer und modifizierter Wölbtechnik, die Haupttonne des Raumes in geneigt stehenden Ringschichten errichtet.

Mittelasiatische Baumeister bringen es aber auch fertig, sich die Tonnen in voller Höhe überschneiden zu lassen und ein regelrechtes Kreuzgewölbe in Lehmziegeln auszuführen (**Abb. 44/1, 4**). Konstruktiv betrachtet bilden die sich verschneidenden Kappen einzelne, gleichhohe und zusammengesetzte Wölbteile. Dies bezeugt das bis vor kurzem erhaltene Kreuzgewölbe über dem Treppenpodest in Klein Kyz-Kala, Margiana (**Taf. 107 a**), das durch Verschneidung zweier Tonnen mit einer Spannweite von 0,98 m entstand. Sein Wölbprofil ist spitzbogig und wurde vermutlich aus zwei Kreisbogenmittelpunkten konstruiert (**Taf. 104 e**).

Die Kuppelschale über Raum 3 des Wohnbaus in Alt-Pendžikent (Objekt XXIV)⁸⁸¹ ist jedoch eine Überschneidung zweier Tonnen mit einer Spannweite von 3 und 3,2 m. Im letzten Fall wurden die Höhen der Kappen im Scheitel wahrscheinlich aneinander angepaßt, denn die Kappen erhaltener Kreuzgewölbe besitzen gleichhohe Wölbprofile.

Die sich vollständig überschneidenden Tonnen in Gruft 27 in Tompak-asar (**Taf. 64 d, e**)⁸⁸² wurden aus Ring- und Radialschichten gemauert. Die Tonnen über den rechtwinklig zueinander angelegten Korridoren in Babiš-Mulla 2, die jedoch an der Schnittstelle nicht erhalten sind, bestehen aus geneigt stehenden Ringschichten (**Taf. 31, 32**).

7.2.4 Wölbprofile, Verbandstechnik und Spannweiten

Die große Formenvielfalt der Gewölbe aus Lehmziegeln ist das Ergebnis langer Erfahrung mit diversen Ausführungstechniken und ihren möglichen Kombinationen für die unterschiedlichsten Bauaufgaben (**Abb. 51/1-8**). Daraus entwickelten die Baumeister augenscheinlich Regeln, deren Befolgung ihnen eine gewisse Gewähr gab, dass ihre Gewölbe standsicher waren. Diese Regeln stehen hinter der Wahl bestimmter Wölbprofile

⁸⁷⁵ ЛАПЕРОВ-СКОБЛО 1967: 290.

⁸⁷⁶ ВОРОНИНА 1958: 212.

⁸⁷⁷ ГОРБУНОВА 1994: 194-195, Abb. 4.

⁸⁷⁸ ВОРОНИНА 1958: 208, 211.

⁸⁷⁹ ВОРОНИНА 1964: 51-87.

⁸⁸⁰ ВОРОНИНА 1950: 190, Taf. 4.

⁸⁸¹ РАСПОПОВА 1990: 136, Abb. 45. Abgesunkene Gewölbereste mit ausgebildetem Grat wurden auf dem Fußboden nahe bei der östlichen Mauer des Raums 3 freigelegt. - Persönliche Mitteilung von Prof. B. I. MARŠAK (Berlin, 10.09.2002).

⁸⁸² ЛЕВИНА 1996: 68-69, Abb. 42.

und Verbandstechniken im Zusammenhang mit den geforderten Spannweiten, der Lage im Raumgefüge, der zu erwartenden Belastung und der Stabilität der Tragmauern. Da zu Lehmziegelgewölben keine statischen Berechnungen vorliegen, können nur die Konstruktion der Wölbprofile und die Verbandstechnik beschrieben werden - und auch dies nur soweit verlässliche Angaben dazu vorliegen. Dies gilt für Tonnen- (**Tab. 2:** S. 238-250) und Kuppelgewölbe (**Tab. 2:** S. 233-237) gleichermaßen.

7.2.4.1 Dreieckige und polygonale Wölbprofile

Tonnen von im Querschnitt dreieckiger Form aus zwei gegeneinander gelehnten Ziegeln überdecken die Türöffnung in Jassy-Tepe (3000 v. Chr.) (**Taf. 2 d**), die schmalen Räume in Gonur Nord (2540-1460 v. Chr.) (**Taf. 4 a, b**), Gebäude 48 im sog. Palast von Daşly 3 (2500-2200 v. Chr.), Tür- und Lichtöffnungen in Džetyasar (4. - 5. Jh. n. Chr.) und Gjaur-Kala/Merv (4. - 6. Jh. n. Chr.) (**Taf. 65 a, 67 b**) sowie Schießscharten in Durnali (1. - 2. Jh. n. Chr.) (**Taf. 52 b**), Feueröffnungen von Töpferöfen und andere Öffnungen mit geringer Spannweite (**Abb. 51/2**).

Trapezförmige und polygonale Wölbprofile haben Tonnen aus drei oder fünf Ziegeln über den Öffnungen in den Gräbern der Nekropole von Gonur (3. - 2. Jt. v. Chr.), in den Kaminen von Sapalli-Tepe (1700-1500 v. Chr.) und den Öfen von Togolok 1 (Ende 2. Jt. v. Chr.) (**Taf. 13 a, b, 9, 10**). Häufig sind auch trapezförmige Wölbprofile bei Trompen zu beobachten (Junusabader Ak-Tepe, Tirmizak-Tepe, Kuppelbau neben Festung 36 u. a.) (**Abb. 51/3; Taf. 94 c, 136 c, 153 b**).

7.2.4.2 Halbkreis- und segmentförmige Wölbprofile

Bei den ältesten Tonnengewölben und solchen mit geringen Spannweiten ist das Wölbprofil geometrisch schwer zu definieren und vermutlich auch nicht geometrisch konstruiert worden (**Abb. 33/1, 2; 51/4**). Annähernd oder auch rein halbkreisförmige Tonnen sind in Bauten Mittelasiens seit dem 2. Jt. v. Chr. erhalten (z. B. sog. *Kell'i* in Gonur Süd⁸⁸³). Eine Kontinuität in der Verwendung solcher Tonnen kann bis in das 8. - 9. Jh. n. Chr. und länger nachvollzogen werden. Die Spannweite beträgt von 0,74 m (Lichtöffnungen in Bau X-3, Chalčajan⁸⁸⁴, 3. - 2. Jh. v. Chr.) bis 5,6 m (Räume 5 und 6 in Elcharas⁸⁸⁵, 4. - 3. Jh. v. Chr.) (**Taf. 30 b, c**). Zu den halbkreisförmigen gehören auch die segmentförmigen Tonnen und Bögen über den Räumen von Baraktam 1 (Ende 4. - Anfang 5. Jh. n. Chr.) (**Taf. 74 a, b**) und über den Türöffnungen in Čilchudžra in Ustrušana (4. - 6. und 7. - 8. Jh. n. Chr.) (**Taf. 76 a**, rechts). Deren Spannweite beträgt zwischen 1,4 und 3,4 m.

7.2.4.3 Aus mehreren Kurven zusammengesetzte Wölbprofile

Mehrere Architekturhistoriker befassten sich mit den geometrischen Konstruktionen der aus mehreren Kurven zusammengesetzten Wölbprofile. KRJUKOV unterteilte die geometrischen Konstruktionen in solche, die aus einem, zwei, drei und vier Kreisbogenmittelpunkten konstruiert werden (**Abb. 33/3, 4-6, 8**)⁸⁸⁶. VORONINA definierte zwei Gruppen: **1)** konstruiert aus Kreisbogensegmenten mit mehreren Mittelpunkten (**Abb. 33/13**); **2)** Ellipsenkonstruktionen (**Abb. 33/14, 15**)⁸⁸⁷. ZACHIDOV kam beim Studium der Aussagen von MAUER, RATIJA und BULATOV bezüglich der Verwendung der Mittelachse einer Ellipse bei der Konstruktion von Wölbprofilen zu dem Ergebnis, dass trotz aller Nähe die Ellipse in spitzbogigen Wölbprofilen bei der praktischen Bauausführung nicht angewandt wurde. Er vertrat die Idee einer Konstruktion durch Kombination von Kreisbögen unterschiedlicher Radien, jedoch auf der Grundlage eines Netzes dynamischer Quadrate⁸⁸⁸.

Es ist sicher mit einer Vielzahl von geometrischen Konstruktionen zu rechnen. Entscheidend war aber wohl nicht die Zahl der Kreismittelpunkte, sondern die Krümmung - niedrige, mittlere, hohe - und ihre Form - zylindrisch, sphärokonisch oder abgewandelt⁸⁸⁹. Eine Vervollkommnung wurde durch die Kombination verschiedener Konstruktionen erreicht.

Mit Radialen unterschiedlicher Länge und mit zwei bis fünf Kreismittelpunkten konstruiert sind spitzbogige (**Abb. 33/3-12**)⁸⁹⁰, elliptische (**Abb. 33/14, 15**) und parabelförmige Wölbprofile (**Abb. 33/13**).

Ein spitzbogiges Wölbprofil besaßen Bögen mit einer Spannweite von ca. 1,28 m in Babiš-Mulla 2 (4. - 3. Jh. v. Chr.) (**Abb. 51/5**)⁸⁹¹. Ein gedrücktes Spitzbogenprofil haben der Eingangsbogen der Kaserne von Varachša (5. - 6. Jh. n. Chr.) und die Tonnen von Charoba-Košuk (5. - 6. Jh. n. Chr.), Groß Nagim-Kala (6. - 7. Jh. n. Chr.) und

⁸⁸³ НIEBERT 1994: 121, Abb. 7.12-7.13.

⁸⁸⁴ Vgl. ПУГАЧЕНКОВА 1966: 80, Abb. 51.

⁸⁸⁵ Siehe ЛЕВИНА 1991: Abb. 19, 53.

⁸⁸⁶ КРЮКОВ 1962: 119-120, Abb. 1.

⁸⁸⁷ ВОРОНИНА 1949a: 106-109; 1953a: 25-32; 1977: 106-107.

⁸⁸⁸ ЗАХИДОВ 1982: 109-114. Siehe ЗАСЫШКИН 1931; РАТИЯ, ВОРОНИН 1936: 58-59; БУЛАТОВ 1978: 243-261; КРЮКОВ 1995: 53-54, Abb. 11a, b, c.

⁸⁸⁹ РЕМПЕЛЬ 1982: 182-183.

⁸⁹⁰ ВОРОНИНА 1953a: 25-26.

⁸⁹¹ Das Erscheinen des Spitzbogengewölbes bzw. *linga-i tez* - vgl. РЕМПЕЛЬ 1982: 183 - in Mittelasien wird auf das 5. - 7. Jh. n. Chr. datiert (aufgrund von Charoba-Košuk, Groß Nagim-Kala, Klein Kyz-Kala) - vgl. ПУГАЧЕНКОВА 1958a: 126-129, 132-137. In der internationalen Literatur wird seine Verbreitung mit Baudenkmalern Syriens aus dem 6. - 8. Jh. n. Chr. - CRESWELL 1958: 103 - und Bauten in Jordanien vom Beginn des 6. Jh. n. Chr. - WARREN 1991: 59-65 - in Verbindung gebracht. Allerdings ist WARREN zufolge das gespitzte Gewölbe ägyptischen Ursprungs.

Klein Kyz-Kala (6. - 7. Jh. n. Chr.). Die Spannweiten liegen zwischen 0,65-1,7 m (Varachša) und ca. 4 m (Klein Kyz-Kala).

Tonnen mit elliptischen Wölbprofilen sind am zahlreichsten und weisen dieses Profil mit hohem Stich als stehendes (**Abb. 33/15; 51/7**) und mit niedrigem Stich als liegendes Halboval auf (**Abb. 33/14; 51/8**). Beide Formen sind in Bauten aus der ersten Hälfte des 4. Jh. v. Chr. (Koj-Krylgan-Kala) bis in das 8. - 9. Jh. n. Chr. hinein erhalten (u. a. Festung 36, Mingurjuk). Die Spannweiten reichen von ca. 1,2 m (Džanbas-Kala) bis 3,8 m (Toprak-Kala) sowie 4,5 m (Koj-Krylgan-Kala).

Der Parabel angenäherte Wölbprofile sind charakteristisch für die Gewölbebauten Margianas, Chorezmiens und Sogdiens (**Abb. 33/13; 51/6**). Sie erscheinen ab dem 4. - 3. Jh. v. Chr. (Balandy 2, Babiš-Mulla 2) bis ins 5. - 6. Jh. n. Chr. (u. a. Durnali, Čilburdž, Charoba-Košuk, Čilchudžra in Ustrušana).

7.3 Ausführungseinzelheiten bei Kuppelgewölben

Für die Kuppelgewölbe sind die Ausbildungsarten der Auflager in der Formenübersicht beschrieben, weil danach die Kuppelformen unterschieden werden: Kreis- und Ovalekuppel, Trompenkuppel und zusammengesetzte Kuppel⁸⁹². Entsprechend unterscheiden sich Ausführung und Wölbprofile der Kuppelschalen.

7.3.1 Ausbildung der Schalen bei Kreiskuppeln

Über Rundräumen besteht die Kuppelschale üblicherweise in den unteren Teilen aus vorkragenden, darüber aus radial geneigten Ziegelringen (**Taf. 1 d; 81 c**). Ein weiterer Wechsel zu stehenden Ringschichten im Scheitelbereich, wie er in anderen Regionen vorkommt⁸⁹³, ist in Mittelasien nicht belegt. Über Achteckräumen mit 3,8 bis 6,2 m Spannweite sind die Schalen häufig nur in radial geneigten Ringen gemauert. Die Kuppelschale des mittleren Raums in Baba-ata (unterer Bauhorizont) (6. - 7. Jh. n. Chr.) mit einem Durchmesser von 6,2 m war durch vier Ziegelschichten verstärkt (**Taf. 113 a**). Die gurtartigen Rippen spannten sich über die Kuppelschale und wurden vermutlich ohne Verband mit der Schale gemauert.

Werden quadratische oder rechteckige Raumgrundrisse mittels Trompen in den Grundkreis der Kuppel überführt, werden die Schalen zwischen den Trompen wie bei der Übergangszone jeweils bis zum Trompenscheitel in vorkragenden Ziegelschichten ausgeführt (**Abb. 30, 46; Taf. 78 g, 143 b**). In Einzelfällen wurden wechselweise Ringe aus Lehmziegeln und Lehmschichten gemauert (z. B. Kafyr-Kala, Objekt IV in Ak-Bešim) (**Taf. 83 a, b**). Darüber setzen dann die radial geneigten Ziegelringe ein. Am Beispiel solcher Kuppeln lässt sich der Unterschied zwischen der Wölbtechnik der Basis und der Kuppelschale selbst zeigen:

- 1 War die Basis der Kuppel eineinhalb bis zwei Lehmziegel stark, so wurde die Übergangszone im regelmäßigen Verband verlegt;
- 2 Betrug die Stärke der Kuppelbasis einen Ziegel, so wurde die Übergangszone aus als Binder verlegten, auskragenden Lehmziegel errichtet.

Die Trompen wurden innerhalb des Mauerbereichs des Unterbaus gemauert, in die Kuppelschale integriert oder innerhalb der Übergangszone unter der Kuppel gemauert (**Abb. 39**). Für die Trompenausbildung wurden verschiedene Wölbtechniken eingesetzt: über den blockartig verlegten Eckziegeln übereinander vorkragende Flachsichten (**Taf. 98 b, 128 d**), horizontale Kragsschichten (**Taf. 94 c**) oder Ringschichten (**Taf. 137 f**). Die Trompenform war oval bzw. annähernd rund, konisch und spitzbogenförmig.

Kreiskuppeln besitzen meist eine glatte innere und eine abgestufte äußere Schalenfläche. Da sie überwiegend aus radial verlegten Ziegelringen gebildet werden, ist diese Abstufung als Folge der Änderung der Schalenstärke zu betrachten. Diese ist zwar nicht immer belegbar, doch plausibel: bis zu Spannweiten von 2 bis 4 m ist die Schale gewöhnlich einen Lehmziegel stark sowie innen und außen glatt. Bei einem Durchmesser von 5 bis 17 m, ist sie bis zur Widerlagerzone zwei bis zweieinhalb Lehmziegel stark und nimmt stufenförmig nach oben hin ab.

In Mittelasien treten auch zweischalige Kreiskuppeln auf. Diese wurden bisher frühestens aus das 11. Jh. n. Chr. datiert⁸⁹⁴. Dies wird jedoch durch einen Töpferofen in der Gjur-Kala (Alt-Merv) aus dem 3. - 4. Jh. n. Chr. widerlegt, dessen Brennkammer mit einer zweischaligen Kuppel überwölbt war⁸⁹⁵. Die jeweils einen Lehmziegel starken Schalen bestanden aus radialen Ziegelringen. Die zum langsamen Abkühlen des Ofens und gleichmäßigen Brand der Keramik gedachte Außenschale war oberhalb der vierten Ziegelschicht der Kuppelbasis von der Innenschale durch einen Hohlraum getrennt. Der Durchmesser der Innenschale betrug ca. 1,5 m.

Zweischalige Kreiskuppeln waren auch den Baumeistern in Ost-Turkestan bekannt. Die beiden Stupas "A" und "Z" in Chočo sowie die Stupengruppe östlich von der Mauer von Idikutšari aus dem 5. Jh. n. Chr. überwölbt Doppelschalen, deren Konstruktion jedoch nicht beschrieben ist (**Abb. 47**)⁸⁹⁶. Nach den veröffentlichten Zeichnungen ist die Innenschale im Stupa "A" mit einer Spannweite von 3,5 m einen Lehmziegel stark, die Stärke der äußeren Schale beträgt bei einer Spannweite von 4,6 m wahrscheinlich zwei Ziegel. Beide Schalen weisen glatte Schalenflächen auf.

⁸⁹² Siehe den Textteil, Punkt 6.2 Kuppelgewölbe, S. 162ff.

⁸⁹³ HART 1965: 20-21 links 6.

⁸⁹⁴ WILBER 1955: 62; БОРОНИНА 1979: 79.

⁸⁹⁵ АХПАРОВА, УСМАХОВА 1980; УСМАХОВА u. a. 1985: 235, Taf. XCIV.

⁸⁹⁶ GRÜNWEDEL 1909: 110-112, 174, Abb. 99, 107; 1912: 336-338; FISCHER 1974: 101, Abb. 85-87, 93.

7.3.2 Ausbildung der Schalen beim Trompengewölbe

Das Trompengewölbe *balhī* wird gleichzeitig von den vier Ecken des quadratischen bzw. rechteckigen Unterbaus aus in Ringschichten ausgeführt (**Abb. 36/1**)⁸⁹⁷. Die Schale ist einen Lehmziegel stark. Flach verlegte Lehmziegel überwölben die Raumecken, auf die sich weitere Bogensegmente stützen⁸⁹⁸. Beim Wölben nimmt die Zahl der Lehmziegel in den Segmenten zu und es entstehen somit echte Ringschichten. Die miteinander vermörtelten Ringschichten bilden über den Raumecken vier hohle Halbkegel, die über dem Achsenkreuz des Raumes zickzackförmig miteinander verzahnt sind. Die so zwischen den Halbkegeln gebildeten Zonen werden mit zum Scheitel mit immer kürzer werdenden Ringschichten ausgefüllt, die in der Aufsicht ein quadratisches "Auge" bilden (**Taf. 45 b**)⁸⁹⁹. Weil dieser Teil nirgendwo erhalten ist, ist die Ausführung schwer zu bestimmen. Die späteren *balhī*⁹⁰⁰ deuten jedoch auf folgende Lösungen im Scheitel hin:

- ein rechteckiges Auge wird durch entlang der Öffnung verlegte Ziegelschichten vermauert⁹⁰¹;
- ein achteckiges Auge wird durch über Eck verlegte Bogensegmente verlegt, die die rechteckige Öffnung zumauern⁹⁰²;
- bei der Überwölbung eines rechteckigen Raumes werden die Ringschichten zur Mitte hin verzahnt⁹⁰³.

Die *balhī*-Konstruktionen aus geneigt stehenden Ringschichten haben eine glatte (**Abb. 36/1**), die aus nahezu senkrecht stehenden Ringschichten eine gerippte Innenfläche (**Taf. 46 a, b**). Der Fugenversatz zwischen den Lehmziegeln in den Bogensegmenten verläuft regelmäßig oder über drei bis vier Ringschichten verschoben⁹⁰⁴. Die Neigung der Ringschichten zu den Raumecken hin korreliert mit der Spannweite und dem Stich der Kuppel. Die Schale des 8,6-8,8 m weiten Brunnenhauses in Dilberdžin (1. Jh. v. Chr. - 1. Jh. n. Chr.) ist in fast senkrecht stehenden Ringschichten gemauert (**Taf. 45 c-e**). Die Ringschichten erhalten in der Basis des Halbkegels eine Spannweite von ca. 6,2 m. Die spätmittelalterliche von 3,2 bis 4,2 m weite *balhī* wurde freihändig errichtet⁹⁰⁵, wohingegen eine Verwendung von Holzstützen bei früheren Wölbungen größerer Spannweiten zu vermuten ist.

7.3.3 Die Ausbildung der Schalen beim Klostergewölbe

Der einheimische Fachausdruck unterscheidet nicht Klostergewölbe über quadratischen und Muldengewölbe über rechteckigen Grundrissen, vermutlich weil bei beiden die sich in den Ecken verschneidenden Wangen *čār sipar* gleich ausgeführt werden.

Bei senkrecht stehenden Ringschichten wird von den Raumecken aus mit dem Wölben begonnen (**Abb. 25/2**), bei Radialschichten dagegen von den vier Tragmauern des Raumes aus. Die Lehmziegel in den Wangen liegen im letzten Fall in regelmäßigen Verband. Bei senkrecht stehenden Ringschichten verzahnen sie sich fischgrätenförmig.

Die Klostergewölbe über Raum 5 in Groß Kyz-Kala (5,35 x 4,93 m) (**Taf. 103 e**), über Raum 19 in Qal'e-ye Čīgīni (5 x 4,8 m) sowie über den Räumen 3 und 7 des Schlosses Kelte Minar (4 x 4 m; 3,4 x 3,2 m) bestehen aus senkrecht stehenden Ringschichten. Der erhaltene Teil des Gewölbes über Raum 4 in Groß Kyz-Kala (7 x 4,6 m) war jedoch in Radialschichten gemauert (**Taf. 102 b links**). Die Spannweite in Längsrichtung beträgt bei der Kuppel dieses Raumes 7 m, in Querrichtung ist sie nicht bekannt. Bei der Kuppel über Raum 5 misst sie in Längsrichtung 5,35 m und in Querrichtung 4,93 m⁹⁰⁶.

In die Kuppelschalen über den Räumen 4, 5 (ca. 3,6 x 3,6 m) und 6 (3,1 x 2,95 m) des Schlosses Jakkiper sowie ebenso über den Räumen 7 und 83 (ca. 4,8 x 4,8 m) in Rabat-i Šaraf wurden verstärkende Bogenrippen eingelassen, die die Kuppelschale in einzelne Wölbteile gliederten.

Nach den veröffentlichten Abbildungen war das Gewölbe in Jakkiper⁹⁰⁷ durch zwei vollständige, von innen sichtbare Bogenrippen in drei fast gleiche Teile unterteilt. In Rabat-i Šaraf verstärkten sie die Wölbung im Achsenkreuz und gliederten sie somit in vier Teile. An die ganze Bogenrippe der Kuppel in Jakkiper stoßen beidseitig quer zwei Halbbogenrippen, die von den Tragmauern ausgehen. Die Bogenrippen in den Kuppelgewölben des Rabat-i Šaraf bilden ein netzförmiges Skelett und sind mit etwas nach innen auskragenden Ziegeln hervorgehoben. Die Wölbschalen zwischen den Bogenrippen in Jakkiper bestehen aus senkrechten, ein

⁸⁹⁷ Siehe den Textteil, Punkt 6.2.3 Trompengewölbe *balhī*, S. 177ff.

⁸⁹⁸ STRYZOWSKI 1930: 183, Abb. 169, 170; ПИСАРЧИК 1954: 279-280; ЗАСЫПКИН 1961: 150; ВОРОНИНА 1979: 77, Abb. 1; FISCHER 1976, I: 104-106; 1974, II: 98, Abb. 142; BESEVAL 1984, I: 64-65.

⁸⁹⁹ ПИСАРЧИК 1954: 279; ПУГАЧЕНКОВА 1958b: 235; FISCHER 1976, I: 105, Abb. 41.

⁹⁰⁰ Wohnhaus in Šahrījar-Ark, Jakkiper, Talchatan-Baba (Merv); Namazgah (Nisa); Deggaron (Chasāra); Khaf, Turbat-e Shaikh Djam (Hurāsān); Rabat al-Haq (Abbasadan); Nimrud (Sistān) u. a.; ВОРОНИНА 1953b: 112, Abb. 2, 10; ПУГАЧЕНКОВА 1949: 248, Abb. 19b; 1958a: 204-206, 211, 236-237; GODARD 1949, I: 221-223, 233, 288; KLINKOTT 1982: 104ff., Abb. 41, 68; FISCHER 1976, I: 98, 127, Abb. 142, 210; HERRMANN 1999: 56, 215, Abb. 50, 254, 255.

⁹⁰¹ Deh Nemek; Moschee Deggaron, Chasāra; Karavan-seray Daja-Chatyn, Wohnbau im Töpferviertel, Merv. – STRYZOWSKI 1930: 183, Abb. 169; ВОРОНИНА 1953b: 112, Abb. 2, 10; ПРИБИТКОВА 1953: 96, Abb. 6-8, 10; ПУГАЧЕНКОВА 1958a: 206 mit Abb.

⁹⁰² Karavan-seray Daja-Chatyn – ПРИБИТКОВА 1953: 96, Abb. 9; ПУГАЧЕНКОВА 1958a: 235.

⁹⁰³ Siehe Nad-i Ali bei Zaranğ in: REUTHER 1973: Taf. 57, Abb. 3.

⁹⁰⁴ Vgl. z. B. FISCHER 1976, I: 123, Abb. LXIII.

⁹⁰⁵ ПИСАРЧИК 1950: 279-280; ЗАСЫПКИН 1961: 150; FISCHER 1976, I: 104-105.

⁹⁰⁶ HERRMANN 1999: 141-142.

⁹⁰⁷ Nach ПУГАЧЕНКОВА über den Räumen "A", "B" und "Г" – ПУГАЧЕНКОВА 1958a: 209-214; die Ausführung der Kuppelschale ist von ihr so knapp beschrieben, dass der Wölbverband in den Achsen des Kuppelgewölbes nicht zu rekonstruieren ist.

Lehmziegel starken Bogensegmenten, die Bogenrippen vermutlich aus eineinhalb Ziegeln. Die Innenfläche zwischen den Bogenrippen in Rabat-i Šaraf ist mit abgetreppten Ziegeln ausgefüllt. Die Ausführung des Rippenskeletts und der Wölbschalen verlief gleichzeitig.

7.3.4 Die Ausbildung der Schalen beim zusammengesetzten Kuppelgewölbe

Für diese Kuppelform gibt es keinen einheimischen Fachausdruck. Sie ist auch nur einmal im Raum 9 des Schlosses Baraktam 1 in Chorezmien aus dem 4. - 5. Jh. n. Chr. nachgewiesen (**Abb. 25/3; Taf. 74 a, b**). Die als erstes mit Spannweiten von 6,62 bzw. 7,58 m über den Raumachsen errichteten Bögen waren 1,9 m breit, unten eineinhalb und oben einen Ziegel stark. Es ist nicht klar, ob die dazwischen gewölbten Schalenteile aus stehenden Ringschichten oder radial geneigten Ziegelringen bestanden und wie die Ecklösung aussah. Die Höhe der Kuppel beträgt ca. 4,6 m.

7.3.5 Wölbprofile bei Kuppelgewölben

Bei vielen Kuppeln ist der Scheitel eingesunken und verformt oder eingefallen (**Tab. 2**: S. 233-237). Das erschwert das Erfassen der Wölbprofile erheblich und erlaubt nur hypothetische Rekonstruktionen, die von der Krümmung der unteren Schalenteile und von der mutmaßlichen Stichhöhe ausgehen und erhaltene mittelalterliche Kuppeln als Vorbilder heranziehen (**Abb. 51**). Das wurde für die folgenden Denkmäler unternommen: über Raum 30 des buddhistischen *sanghārāma* in Gjur-Kala (4. - 6. Jh. n. Chr., Margiana) (**Taf. 69 a**); Räume 7, 8, 10, 44 und 45 des Klosters Adžina-Tepe (Mitte 7. Jh. n. Chr., Tocharistan) (**Taf. 118 b**); Bauten in Kurla-Karashahr, Bāzāklik, Chočo und Kitšik Hasar Šahri (ohne Datierung, Ost-Turkestan) (**Abb. 47**)⁹⁰⁸; für die Kuppelgewölbe von Munčak-Tepe 2 (6. - 7. Jh. n. Chr., Kabadian)⁹⁰⁹; Bau Lugovoe "A" (7. - 8. Jh. n. Chr., Džety-Su)⁹¹⁰; Raum 9 des Wohnbaus, Objekt VII (1. H. 8. Jh. n. Chr., Alt-Pendžikent) (**Taf. 150 a**); Raum X/26 des buddhistischen Gebetshauses in Kafyr-Kala (Mitte 6. - Mitte 7. Jh. n. Chr.) (**Taf. 84 a**). Verständlicherweise treten im Prinzip an Kuppeln dieselben Wölbprofile auf wie bei den Tonnengewölben⁹¹¹. Nur sind hier aufgrund der doppelten Schalenkrümmung eher flachere Profile möglich.

7.3.5.1 Halbkreisförmige Wölbprofile

Über frühen Rundräumen treten an Kuppeln im Prinzip halbkreisförmige Wölbprofile auf, die unten jedoch überwiegend aus Kragsschichten bestehen und daher innen leicht abgestufte Schalen besitzen. Hierzu zählen die Grüfte in der Oase Geoksjur (Ende 4. - Anfang 3. Jt. v. Chr.) (**Taf. 1 b, d**), vermutlich die Töpferöfen in Gonur (1500-1250 v. Chr.) und Namazga-Tepe (Ende 2. Jt. v. Chr.). Spätere Beispiele für diese Art Wölbung sind der Einraumbau in Šahr-e Zachak (4. - 5. Jh. n. Chr.)⁹¹² und der Stupa "A" in Chočo (Mitte 1. Jt. n. Chr.)⁹¹³. Reste halbkreisförmiger Kuppeln über quadratischen oder in Form eines Kreisviertels gebildeter Grundflächen (**Abb. 51/4**) sind für den nordöstlichen Eckturm der Zitadelle Kafyr-Kala (6. - 7. Jh. n. Chr., Baktrien) (**Taf. 83 a**)⁹¹⁴, die Eckräume des Schlosses Čilchudžra (6. - 7. Jh. n. Chr., Ustrušana) (**Taf. 77 a, b**)⁹¹⁵, sowie im Obergeschoss der Junusabader Burg Ak-Tepe (6. - 7. Jh. n. Chr., Čač) (**Taf. 95 a**)⁹¹⁶ und im Nebenbau der Festung 36 (8. Jh. n. Chr., Chorezmien) (**Taf. 153 b; 156 a, b**)⁹¹⁷ dokumentiert. Das Kuppelgewölbe über dem Turmbau M.X. in Mirān (ohne Datierung, Ost-Turkestan)⁹¹⁸ war den erhaltenen Resten nach zu urteilen halbsphärisch. Eine teilweise erhaltene Kuppel über Raum 29, Objekt VI in Alt-Pendžikent (Mitte 8. Jh. n. Chr.) (**Taf. 148 a**)⁹¹⁹ besaß ebenfalls ein halbkreisförmiges Wölbprofil. Der im Grundriss rechteckige Raum 7 des Gebäudes in Aktobe 2 (1. - 4. Jh. n. Chr., Čardara) (**Abb. 28/2; 39 a**)⁹²⁰ ist mit einer Kuppel mit halbkreisförmigem Wölbprofil überwölbt. Der untere Teil der Schale ist mit Ecktrompen überschnitten.

7.3.5.2 Spitzbogige Wölbprofile

Diese Wölbprofile treten mit hohem und niedrigem Stich auf (**Abb. 51/5**). Ein hohes Spitzbogenprofil besitzt die Kreiskuppel des im Grundriss runden Töpferofens 4 in Džinn-Tepe (1. Jh. v. Chr. - 1. Jh. n. Chr.) (**Taf. 48 b**). Über den achteckigen Mittelräumen in den drei Geschossen der Zitadelle Baba-ata (**Taf. 111 a, 113 a**)⁹²¹ treten Kuppeln mit etwas unterschiedlichen spitzbogigen Wölbprofilen auf. Im Untergeschoß aus dem 6. - 7. Jh. n. Chr.

⁹⁰⁸ LE COQ 1926: Taf. 15, 26; GRÜNWEDEL 1909: Abb. 21-22, 74-76, 104.

⁹⁰⁹ МАНДЕЛЫШТАМ, ПЕВЗНЕР 1958: 290-324, Abb. 25.

⁹¹⁰ БАЙПАКОВ, ГОРЯЧЕВА 1999a: 155-156, Taf. 105, 5-7.

⁹¹¹ Siehe dazu Textteil, Punkt 5.2.3 Die Formgebung der Schalenkrümmung, S. 141f.

⁹¹² FISCHER 1974: Abb. 118, 124.

⁹¹³ GRÜNWEDEL 1912: Abb. 669a-c; FISCHER 1974: Abb. 85-87.

⁹¹⁴ Da zwischen dem unteren und dem oberen Teil der Kuppel hohe Lehmringe eingefügt sind, bezeichne ich hier nur die Kuppelkappe als halbsphärisch. - Vgl. ЛИТВИНСКИЙ, СОЛОВЬЕВ 1985: Abb. 25.

⁹¹⁵ Die Kuppelform der Ecktürme des Schlosses Čilchudžra in Ustrušana ist vollständig rekonstruiert. - Vgl. ПУЛАТОВ 1975: Abb. 17.

⁹¹⁶ ВОРОНИНА 1953a: 22, Abb. 23.

⁹¹⁷ ТОЛСТОВ 1948a: 147, Abb. 85; ВОРОНИНА 1953a: 23, Abb. 24; ШМЕЛНИЗКИ 1989: 186, Abb. 127.

⁹¹⁸ STEIN 1921: 534-535, Abb. 126.

⁹¹⁹ Die Kuppelschale ist rekonstruiert. - Vgl. ВОРОНИНА 1964: Abb. 15.

⁹²⁰ МАКСИМОВА u. a. 1968: Abb. 11.

⁹²¹ Obwohl alle Kreiskuppeln der Zitadelle im Scheitel eine Öffnung besitzen, scheint ihre Wölbform leicht gespitzt zu sein.

liegen in der Kuppelschale Rippen, die das spitzbogige Kuppelprofil aufnehmen. Der Stich beträgt mit 2,5 m weniger als die Hälfte der Spannweite von 6,2 m. Im mittleren Geschoß aus dem 7. - 8. Jh. n. Chr. und im oberen Geschoß aus dem 10. - 11. Jh. n. Chr. besaßen die Kuppeln vermutlich einen Stich, welcher der Hälfte der Spannweite entsprach. Diese Form wird auch als "unterspitzter Bogen" bezeichnet.

Bei den Klostergewölben *čār-sipar* in Groß Kyz-Kala, Kelte-Minar, Jakkiper und Rabat-i Šaraf ist der Stich im Verhältnis zur Spannweite relativ hoch und das Wölbprofil entsprechend steil. Aber seine genaue Form wurde in den einzelnen Fällen nicht ermittelt. Vermutlich bestand sie aus zwei Kreiskurven und war dann spitzbogig.

7.3.5.3 Elliptische Wölbprofile

Wie die spitzbogigen treten auch die elliptischen Wölbprofile mit niedrigem oder hohem Stich als liegende oder stehende Ellipsen auf (**Abb. 51/7, 8**). Besonders häufig sind Kuppeln mit dem Wölbprofil einer liegenden Halbellipse. Erhalten sind solche Kuppeln über den Räumen 9 und 10 Objekt V (5. - 8. Jh. n. Chr.) und Raum 3 des buddhistischen Tempels in Kala-i Kafirnigan (5. - 7. Jh. n. Chr., Baktrien) (**Taf. 98 b, e**)⁹²², über Raum V/20 in Kafyr-Kala (6. - 7. Jh. n. Chr., Baktrien) (**Taf. 81 c**)⁹²³, über Bau 115 (7. - Anfang 8. Jh. n. Chr., Chorezmien) (**Taf. 128 d**)⁹²⁴, über Raum "A" der Wohnanlage in Afrasiab (7. - 8. Jh. n. Chr., Sogdien) (**Taf. 137 a**)⁹²⁵ und über Raum III des buddhistischen Tempels in Ak-Bešim (7. - 8. Jh. n. Chr., Džety-Su) (**Taf. 116 e, f**)⁹²⁶. Dieselbe Form ist über der Zelle des buddhistischen Heiligtums in Dilberdžin (Grabung 6) (2. Jh. v. Chr. - 1. Jh. n. Chr., Baktrien) (**Abb. 45**)⁹²⁷ vollständig rekonstruiert.

Stehende Halbellipsen sind bei der Kreiskuppel über dem runden Mittelraum des Grabbaus Balandy 2 (4. - 2. Jh. v. Chr., Chorezmien) (**Taf. 19 a**) und bei den Bögen des zusammengesetzten Gewölbes über Raum 9 in Baraktam 1, Chorezmien (Ende 4. - Anfang 5. Jh. n. Chr.) (**Taf. 74 a, b**) zu beobachten. Das Profil im Achsenkreuz war aus drei Kreisbogenmittelpunkten konstruiert, wobei die Höhe der Wölbung der halben Großachse der Ellipse entsprach. Die Kuppel über dem nordwestlichen Turm von Berkut-Kala in Chorezmien (8. Jh. n. Chr.)⁹²⁸ besaß einen hohen Stich und ein halbelliptisches Wölbprofil (**Abb. 26/1, 2**).

Für die Kuppel über dem Rundraum von Alt-Nisa (1. Jh. v. Chr. - 2. Jh. n. Chr.) hat INVERNIZZI zunächst ein hohes parabelförmiges Wölbprofil angenommen. In späteren Veröffentlichungen spricht er jedoch von einem elliptischem Profil⁹²⁹. Letzteres stimmt mit meiner schematischen Rekonstruktion des Wölbprofils überein, die auf eine stehende Halbellipse zurückgeht (**Taf. 38 a, 39 d**)⁹³⁰.

7.3.5.4 Parabelförmige Wölbprofile

Der Nachweis eines parabelförmigen Wölbprofils bei Lehmziegelgewölben setzt einen sehr guten Erhaltungszustand und eine genaue Vermessung voraus (**Abb. 51/6**). Ein solches Wölbprofil wurde bei der Kreiskuppel des Schlosses 2 in Jakke-Parsan (3. Jh. n. Chr.) (**Abb. 46**), und bei den Halbkuppeln über den Wandnischen des Gebäudes 50 (7. - 8. Jh. n. Chr.) (**Taf. 127 a, b**) und des Schlosses 8 (undatiert) in Chorezmien nachgewiesen⁹³¹.

7.3.5.5 Zusammengesetzte Wölbprofile

Bei aus unterschiedlichen Wölbteilen bestehenden Gewölben treten komplizierte Wölbprofile auf. Eine Zusammensetzung von Eckwölbungen und oberen Kappen beim Trompengewölbe *balhī* ergibt zwei unterschiedliche Wölbprofile, die über den Raumachsen und -diagonalen verlaufen (**Taf. 45 e**)⁹³². Über dem rechteckigen Unterbau sitzt das diagonale Wölbprofil etwas höher an als das Wölbprofil über den Raumachsen. Wenn ein Raum mit quadratischem Grundriss überwölbt wird, sind die Wölbprofile in den Diagonalen und Achsen von gleicher Höhe.

Nach ZASYPKIN wird das Trompengewölbe fast immer mit überhöhtem Wölbprofil errichtet⁹³³, nach VORONINA schwankt jedoch die Höhe der Wölbung stark. Das *balhī* in Talchatan-Baba ist ein Beispiel für ein niedriges, jenes in Deggaron⁹³⁴ für ein hohes Wölbprofil. In Gewölben, wo die Neigungen der Ringschichten in den

⁹²² ЛИТВИНСКИЙ 1976: 110, Abb. 1; LITVINSKY 1981: Abb. 17.

⁹²³ Nach Rekonstruktion der Ausgräber ist die Kuppelschale halbsphärisch und von hohem Stich. – Siehe ЛИТВИНСКИЙ, СОЛОВЬЕВ 1985: 19, 21, Abb. 26. Jedoch weisen die Kuppelreste auf ein niedriges elliptisches Wölbprofil des Kuppelgewölbes hin. – Vgl. ЛИТВИНСКИЙ, СОЛОВЬЕВ 1985: Abb. 8.

⁹²⁴ НЕРАЗИК 1959b: Abb. 19/I-II; 1966: Abb. 45.

⁹²⁵ ШИШКИН 1940: 64-66, Abb. 2.

⁹²⁶ КЫЗЛАСОВ 1959: Abb. 17/16; ХМЕЛЬНИЦКИЙ 1959: 259-260, Abb. 3; СHМЕЛНИЦКИ 1989: 47, Abb. 21 C.

⁹²⁷ ПУГАЧЕНКОВА 1976a: 132, Abb. 71; veröffentlicht ist die Rekonstruktion der Kuppelschale; der Bau ist ungefähr datiert.

⁹²⁸ ВОРОНИНА 1952: 99, Abb. 9; НЕРАЗИК 1966: Abb. 31, 3-4.

⁹²⁹ Die Rekonstruktionen der Kuppelschale wurden von dem Architekten N. MASTURZO angefertigt und von Prof. A. INVERNIZZI auf der Konferenz zum Gedächtnis von Prof. M. BUSSAGLI in Rom (Herbst, 1999) vorgestellt. Die Zeichnungen hat mir Prof. A. INVERNIZZI Ende August 1999 in Berlin zur Kenntnis gegeben. Vgl. INVERNIZZI 2001: 202.

⁹³⁰ БАЙМАТОВА 2001d (i. Dr.); siehe auch Kat. Nr. 16 Alt-Nisa, Punkt 3.2.5 Die Gewölbeschale und ihre geometrische Form, S. 111f.

⁹³¹ НЕРАЗИК 1989: Abb. 4, 6; 1966: Abb. 44/1-2 und 29/4, 30/4.

⁹³² РЕМПЕЛЬ 1982: 187; BESEVAL 1984, I: 65-66.

⁹³³ ЗАСЫПКИН 1961: 150-152.

⁹³⁴ ВОРОНИНА 1979: 77.

Eckwölbungen und im Scheitel unterschiedlich sind, wird das Wölbprofil in der Übergangszone abgetreppert (**Abb. 25/1**).

Das Wölbprofil des Klostergewölbes *čār-sipar* bestimmen zwei Kreiskurven im Achsenkreuz, die bei rechteckigem Grundriss unterschiedlich und bei quadratischem gleich waren (**Abb. 25/2**). Da der Stich der erhaltenen Kuppelteile in Groß Kyz-Kala, Kelte-Minar, Jakkiper und Rabat-i Šaraf relativ hoch war, ist ein steiles Wölbprofil der Wölbschalen zu vermuten (**Taf. 103 e**). Dabei ist nicht bekannt, ob man im Scheitel des Gewölbes ein flaches Feld wie beim Spiegelgewölbe beließ.