

Der Karner St. Michael in Hartberg. Bauanalytische und astronomische Untersuchung

Erwin Reiding er

Kunsthistorische Projektbegleitung: Mario Schwarz

Einleitung

Die vom Verfasser betriebene Wissenschaft wird von ihm als „Bautechnische Archäologie“ bezeichnet. Im Unterschied zu archäologischen Grabungen ist sie zerstörungsfrei und stützt sich in erster Linie auf den geodätisch erfassten Baubestand historischer Objekte, die Gebäude oder Anlagen (z. B. Kirchen oder Gründungsstädte) sein können. Diese Objekte sind die „Dokumente“ dieser Wissenschaft, die sich in „Bauanalyse“ und „Archäoastronomie“ gliedert.

Forschungsziel der Bauanalyse ist die Rekonstruktion des Objekts in seinem historischen Maßsystem, mit den Längeneinheiten Zoll, Fuß und Klafter. Das heutige metrische System dient als Hilffsystem für die „Übersetzung“. Bei den dabei rekonstruierten Achsen kann ihre Richtung von Bedeutung sein, weil sie auf eine allfällige Verknüpfung mit dem Kosmos als Zeitmarken hinweisen (können). Im Christentum bezieht sich eine derartige Verknüpfung auf die aufgehende Sonne, die als Metapher für Christus gilt.

Wenn die rekonstruierte Achse in eine Richtung zeigt, die zwischen den Solstitien (Sonnenwenden) liegt, dann ist die Forschung fortzusetzen. Sie wird im folgenden Schritt der Archäoastronomie, mit dem Forschungsziel auf der Suche nach einem oder mehreren Orientierungstagen, erweitert, die damit Raum und Zeit umfasst.

Die Parameter der astronomischen Untersuchung sind:

- das Azimut (astronomischer Winkel von Nord),
- der aus dem Landschaftsprofil erschlossene natürliche Horizont in der Achse des Objekts und
- der historische Zeitrahmen

Letzterer stellt häufig ein Problem dar, weil es über die Gründung historischer Objekte selten exakte Schriftquellen gibt. Je nach Objekt muss der Zeitrahmen im interdisziplinären Kontext festgelegt werden. Dieser Zeitrahmen ist Grundlage der danach folgenden Untersuchung, die einen neuen naturwissenschaftlichen Forschungsansatz darstellt.

Die gewonnenen Ergebnisse entsprechen naturwissenschaftlichen Befunden und können mehrere Lösungen enthalten, die anschließend interdisziplinär zu dis-

kutieren sind. Wenn man meint, es wäre eine Hypothese, dann eine mit experimenteller Beweisführung durch zahlreiche Beispiele, die auf der Webseite des Verfassers (erwin-reidinger.at) abgerufen werden können. Der bisherige Forschungsbereich erstreckte sich vom Altertum (z. B. Tempel in Jerusalem/957 v. Chr.) bis ins Mittelalter (z. B. Kaiserdom zu Speyer/1027). Darin spiegelt sich die religiöse Haltung der Auftraggeber und Planer wider, die etwa im Mittelalter durch die Einheit von Glauben und Leben gekennzeichnet war.

DER KARNER ST. MICHAEL IN HARTBERG

Forschungsziel war die Rekonstruktion der mittelalterlichen Planung des Hartberger Karners, die „Grundriss und Orientierung“ umfasst. Der Bauplan wurde im historischen Maßsystem erschlossen und die Achse(n) nach einer allfälligen Verknüpfung mit dem Kosmos untersucht. Im Falle einer Orientierung geschah diese nach der aufgehenden Sonne, die als Metapher für Christus gilt und im Bauwerk als Zeitmarke eingeschrieben ist. Wurde nach der aufgehenden Sonne orientiert, dann geschah dies durch Beobachtung des Sonnenaufganges an dem zuvor im Bauprogramm festgelegten Orientierungstag. Diese damalige Vorgangsweise unterscheidet sich damit wesentlich von der heutigen Nachvollziehung, die nur durch Berechnung erfolgen kann.

Im Vergleich zu schriftlichen Quellen ist hier das Bauwerk das Dokument, das mit den Augen des Bauforschers „gelesen“ wird. Die Forschung folgt den Gedanken der Baumeister, die in die mittelalterliche Glaubenswelt eingebunden waren. Um heute diesen Spuren folgen zu können, sind spezifische Ausbildungen in Bautechnik, Bauplanung, Geodäsie und Astronomie erforderlich. Generell handelt es sich bei den Ergebnissen dieser Forschung um die Wiederentdeckung verlorenen Wissens.

Die Untersuchung gliedert sich in die Abschnitte „Bauanalyse“ und „Archäoastronomie“. Grundlage der Bauanalyse ist eine geodätische Erfassung des Baubestandes (Vermessung), aus dem der Grundriss rekonstruiert und die Richtung der Achse(n) bestimmt werden können. Die Höhe des Horizonts, über dem die Sonne in der Achse aufgeht, ist vom Landschaftsrelief abhängig, das genau erfasst werden muss. Für die astronomische Untersuchung ist eine ungefähre Angabe über den Zeitpunkt der Gründung erforderlich, die auch einen größeren Zeitrahmen umfassen kann.

Die Untersuchung des Hartberger Karners war sowohl bei der Rekonstruktion des Bauplanes als auch bei der Bestimmung des Gründungsdatums erfolgreich. Von großer Bedeutung für den Bauablauf war die Feststellung, dass die Errichtung des Karners in zwei Bauphasen mit einer längeren Bauunterbrechung erfolgt sein musste. Ob hier ein Vorgängerbau bis Geländeniveau abgebrochen oder der Bau des Karners auf dieser Ebene unterbrochen wurde, konnte geklärt werden: Letzteres ist zutreffend. Das führte zu den Begriffen „Unterbau“ und „Weiterbau“, deren Schnittstelle etwa auf Ebene Geländeniveau liegt.

Der Unterbau hat seinen Ursprung in der Gründungsorientierung am Ostersonntag 1167; seine Ausführung endet wahrscheinlich bereits 1168 nach teilweiser Fertigstellung des Ossariums auf Geländehöhe. Nach längerer Bauunterbrechung wurde der Weiterbau durch Wiederholung der Gründungsorientierung spätestens am Ostersonntag 1215 neuerlich orientiert. In der Folge wurde der Karner in der architektonischen Formensprache dieser Zeitepoche fertiggestellt. Dabei wurde ein Wechsel in der Maßeinheit vorgenommen, der als absoluter Beweis für zwei Bauphasen gilt, die auf das Wirken unterschiedlicher Bauhütten hinweisen.

Baubestand

Der Karner besteht aus einem Zentralbau mit einer im Osten angefügten Apsis (Abb. 1). Der Zentralbau gliedert sich in ein Untergeschoß (Ossarium) und ein Obergeschoß (Kapelle), die räumlich nicht verbunden sind. Die Apsis hat ein Untergeschoß, das vom Ossarium durch eine Zwischenwand mit engem Einstieg getrennt ist. Die äußere Gestaltung über dem Gelände ist einheitlich.

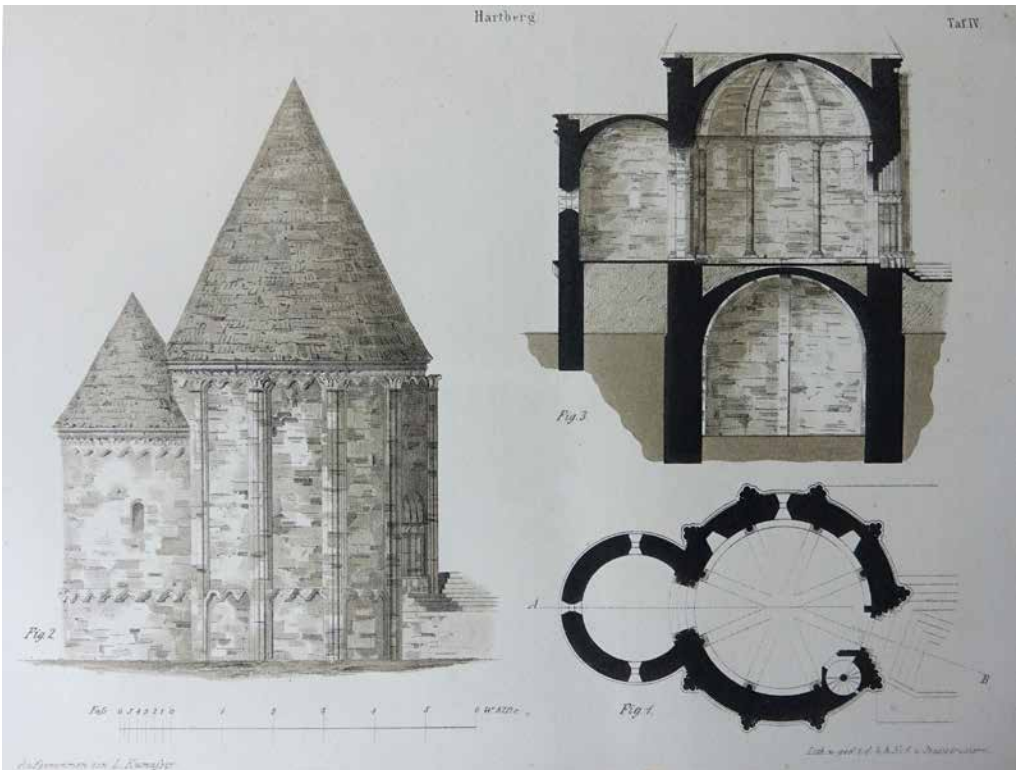


Abb. 1: Karner in Hartberg mit Ansicht, Grundriss und Schnitt aus 1856. Aus: Mittheilungen der Central-Commission zur Erforschung und Erhaltung der Baudenkmale 1856, Band 1, S. 178, Tafel IV.

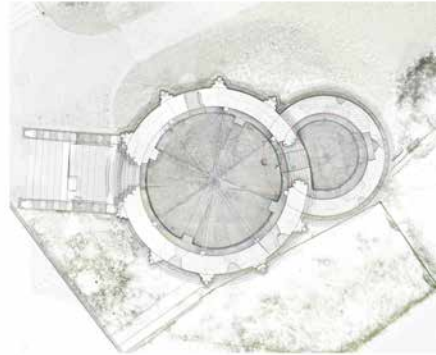
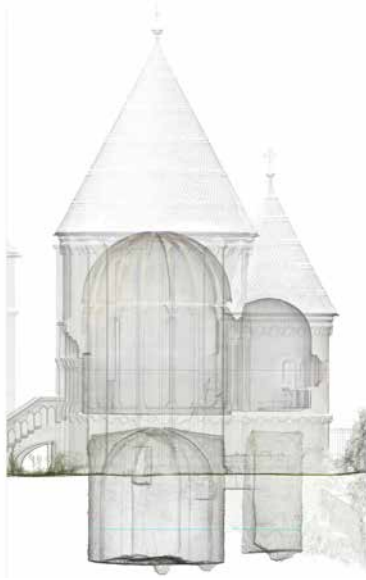


Abb. 2: Karner Hartberg, 3D-Vermessung durch das Institut für Ingenieurgeodäsie an der TU Graz, durchgeführt von P. Bauer und H. Woschitz, 2022.

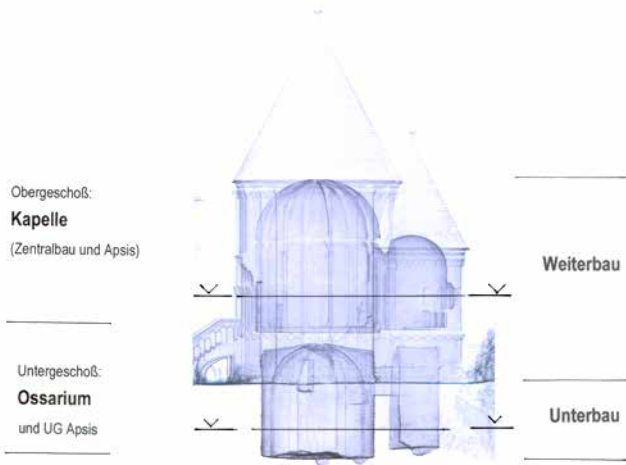


Abb. 3: Karner Hartberg, Begriffe

Der Baubestand wurde durch eine 3D-Vermessung vom Institut für Ingenieurgeodäsie an der TU Graz im Landeskoordinatensystem (GK M34) exakt erfasst und dankenswerter Weise für diese Forschung zur Verfügung gestellt (Abb. 2).¹ Die verwendeten Begriffe sind in Abb. 3 festgehalten.

¹ Peter Bauer hat freundlicher Weise die Koordinaten der Vermessung per E-Mail vom 22. Juni 2024 übermittelt. Am 25. Juli 2024 fand eine Besprechung am Institut für Ingenieurgeodäsie an der TU Graz statt, bei der die weitere Vorgangsweise über die Auswertung besprochen wurde.

Durch den vom Verfasser durchgeführten Lokalaugenschein am 27. August 2024 im Ossarium und in der Kapelle (Abb. 4 bis 11) konnten weitere wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, die für die Rekonstruktion von wesentlicher Bedeutung waren.² Dazu gehörte vor allem die bereits dargelegte Feststellung, dass



Abb. 4: Karner Hartberg, Westansicht mit Eingangsportal und Ostansicht mit Apsis. Quelle linkes Bild: Wikipedia, Karner (Hartberg), Commons: Josef Moser, Dez. 2011.



Abb. 5: Karner Hartberg, Einstieg in das Ossarium von außen und innen. Lichte Weite außen 52 cm und innen 77 cm, Mauerdicke 1.39 m.

² Sepp Fink (Mesner) hat alles dazu Notwendige vorbereitet.

beim Unterbau und Weiterbau verschiedene Maßeinheiten angewendet wurden, die auf eine langfristige Bauunterbrechung hinweisen.

Die Schnittstelle zwischen Unterbau und Weiterbau wird etwa in Höhe Kämpfer (Übergang Wandpfeiler – Bandrippengewölbe) angenommen. Das bedeutet, dass das Schüttgewölbe mit den Bandrippen zum Weiterbau gehören. Ebenso zählt der über dieser Ebene befindliche Oculus zu dieser zweiten Bauphase.

Bauanalyse

Gegenstand der Bauanalyse ist die Rekonstruktion der Planung im historischen Maßsystem sowie die Bestimmung allfälliger Achsen, die im Abschnitt Archäoastronomie hinsichtlich einer Orientierung nach der aufgehenden Sonne untersucht werden. Abb.



Abb. 6: Karner Hartberg, Ossarium, Wandpfeiler mit Gewölbeansatz (Ansicht nach Süden). Wechsel in der Breite beim Übergang Pfeiler zum Gewölbe von 55 cm auf ca. 50 cm (Bandrippen) und im Steinmaterial. Höhe der Änderung ca. 3.1 m über Fußboden, etwa Unterkante Fenster.



Abb. 7: Karner Hartberg, Ossarium, Bandrippen mit Schüttgewölbe und quadratischem Schlussstein. Raumhöhe bis Schlussstein ca. 6.0 m über dem derzeitigen Fußbodenniveau.

12 bildet die Grundlage der Forschung, deren Geometrie vorwiegend durch die Kreise von Zentralbau und Apsis geprägt ist. Durch Kreisinterpolationen konnten ihre



Abb. 8: Karner Hartberg, Ossarium, Ansicht nach Osten, Zwischenwand. Ossarium-Untergeschoß Apsis mit Durchstieg (0.80 x 1.55 m, Wanddicke 1.35 m).



Abb. 9: Karner Hartberg, Untergeschoß der Apsis durch Zwischenwand vom Ossarium getrennt.

jeweiligen Mittelpunkte und Radien ermittelt werden; die Ergebnisse sind in Anlage 1 (Koordinatenverzeichnis) und Anlage 2 (Radien und Durchmesser) ausgewiesen.

Der „Arbeitsplan“ (Abb. 13) ist Grundlage der Detailuntersuchung. Es wurde erkannt, dass sich die Außenkreise von Zentralbau und Apsis im rechten Winkel schnei-



Abb. 10: Kärntner Hartberg, Untergeschoß Apsis, Oculus von außen und innen (Durchmesser Oculus 13 cm, Höhe über Gelände 1.06 m, Werkstein wie Bandrippen). Im unteren Bildteil ist eine Arbeitsfuge („ausgezwickelte“ Schar) erkennbar; unterhalb ist das Mauerwerk verputzt (vgl. Abb. 9) und oberhalb steinsichtig. Die Schalungsbretter des Tonnengewölbes sind zum Teil noch vorhanden (linkes Bild, rechts oben).



Abb. 11: Kärntner Hartberg, Blick vom Zentralraum in die Apsis und zum Gewölbe ($8 \times 45^\circ$). Raumhöhe: Schlussstein 8.17 m, Gewölbe 8.37 m.

den und ihre Außendurchmesser im Verhältnis von 3:2 angelegt wurden. Nach Feststellung der historischen Maßeinheit in Fuß konnten die Radien (Durchmesser) und Mauerdicken der beiden Gebäudeteile mit ihren Ist- und Soll-Werten erfasst werden.

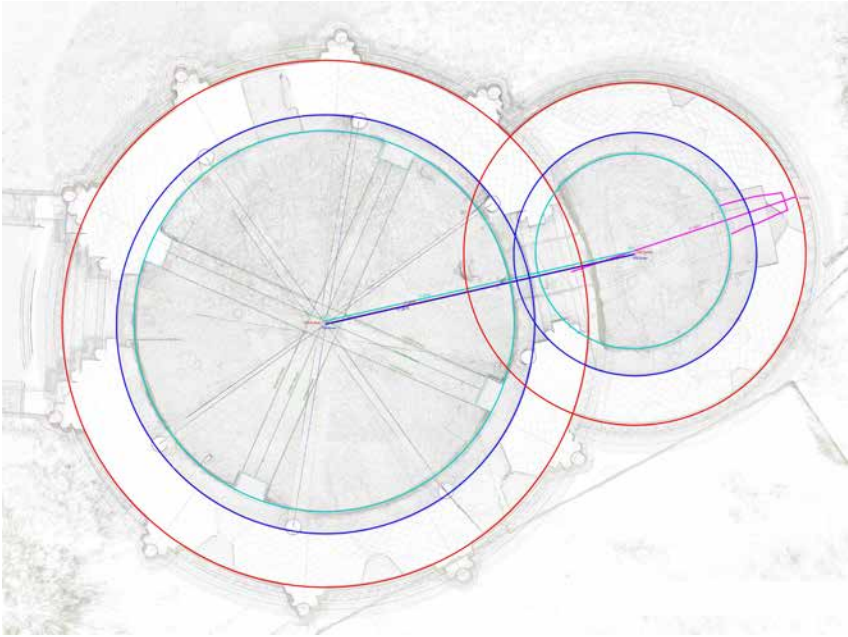


Abb. 12: Kärntner Hartberg, Auswertung der 3D-Vermessung für Unterbau und Weiterbau (Überlagerung). Unterbau Innenkreis und Bandrippen grün; Weiterbau Innenkreis blau; Weiterbau Außenkreis über Sockel rot. Quelle: Peter Bauer, TU Graz.

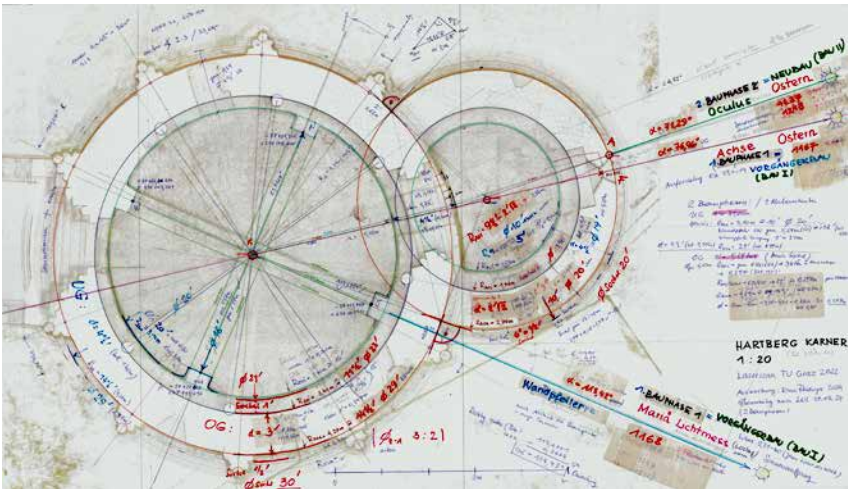


Abb. 13: Kärntner Hartberg, Arbeitsplan für die Untersuchung (Original M 1:20).

hier mit
53% Ein-
gebaut

Es hat sich auch gezeigt, dass der Karner von drei Richtungen durchdrungen ist, die seine Hauptachse (Achse Karner), die Achsen Wandpfeiler für das Bandrippengewölbe und den Oculus betreffen. Alle diese geometrischen Merkmale werden in der Folge in den Abschnitten Unterbau und Weiterbau im Detail beschrieben.

Unterbau

Der Unterbau unterscheidet sich vom Weiterbau im Wesentlichen dadurch, dass er keine Apsis aufweist (Abb. 14). Das Ossarium ist ein geschlossener zylindrischer Raum, der von außen durch eine Einstiegsöffnung mittels Leiter bestiegen werden kann (vgl. Abb. 5). An der Südseite befindet sich ein Fenster (Lüftungsöffnung), das aufgrund der Hanglage direkt mit dem Freien verbunden ist (vgl. Abb. 6).

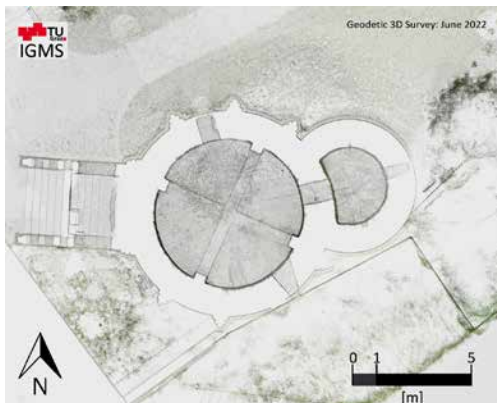
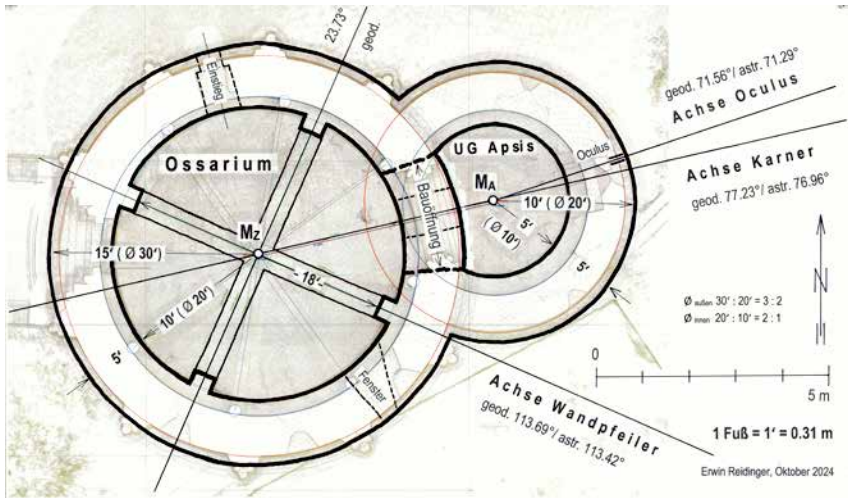


Abb. 14a und 14b: Karner Hartberg, Grundriss Unterbau (Schnittebene vgl. Abb. 3)

Zentralbau: Innenradius 3.10 m, lichte Weite zwischen den Wandpfeilern 5.59 m

Untergeschoß Apsis: Innenradius 1.59 m.

Richtung Achse Karner: 77.23° ($\pm 0.05^\circ$) geodätisch (Anlage 3)

Richtungen Achsen Wandpfeiler: 23.73° bzw. 113.69° ($\pm 0.05^\circ$) geodätisch (Anlage 4)

Die Ostseite ist durch eine hochgelegene Verbindungsöffnung zum Untergeschoß der Apsis gekennzeichnet (vgl. Abb. 8). Dieser Durchstieg hat offensichtlich zwei Funktionen; einerseits zur Kontrolle und andererseits zur Lüftung des Ossariums über das straßenseitige Fenster durch den Oculus ins Freie (vgl. Abb. 6 und 10). Der Unterbau Apsis ist als Substruktion zu betrachten, und der eingeschlossene Raum (vgl. Abb. 9) hat daher keine sakrale Bedeutung wie die darüber liegende Apsis.

Erforschung der Maßeinheit

Historische Maßeinheiten sind Zoll, Fuß und Klafter, die zueinander in Beziehung stehen. 1 Klafter (1 \circ) entspricht 6 Fuß und 1 Fuß (1 f) entspricht 12 Zoll (12 z). Sie waren nicht normiert und sind daher aus dem jeweiligen Bauwerk zu ermitteln. Dabei gilt das heutige Metermaß als „Hilfsmaß“, das Grundlage der Umrechnung ist. Geringfügige Differenzen in den Abmessungen zwischen Planung und Ausführung können auftreten und sind unvermeidbar.

Bei Gebäuden wurde in der Regel mit Fuß geplant und ausgeführt, während bei größeren Anlagen, wie z. B. Gründungsstädten, der Klafter zur Anwendung kam. Die Einheit Zoll wurde bei kurzen Abmessungen verwendet. Ein Fuß entspricht im metrischen System rund 30 cm, was einem Klafter mit einer Länge von etwa 1.80 m gleichkommt.

Die Ermittlung der Maßeinheit erfolgt nach charakteristischen Abmessungen des Bauwerkes, die sich beim Karner in Hartberg vorwiegend auf ihre Radien bzw. Durchmesser (3.10 m bzw. 6.20 m) und zur Kontrolle auf kurze Abmessungen, wie z. B. die lichte Weite des Einstieges (0.77 m), beziehen. Demzufolge ergeben sich für den Zentralbau:

<i>Innenradius Zentralbau:</i>	$3.10 \text{ m} : 10 \text{ Fuß} = 0.31 \text{ m/Fuß}$
<i>lichte Weite gegenüberliegender Wandpfeiler:</i>	$5.59 \text{ m} : 18 \text{ Fuß} = 0.31 \text{ m/Fuß}$
<i>lichte Weite Einstieg (Innenseite):</i>	$0.77 \text{ m} : 2 \frac{1}{2} \text{ Fuß} = 0.31 \text{ m/Fuß}$

Unterbau: 1 Fuß = 1 f = 0.31 m (1 Klafter = 1 \circ = 1.86 m)

Dieser Fuß ist als „attisch-olympischer Fuß“ bekannt, der im Mittelalter häufig zur Anwendung kam. Beispiele aus der Pittener Mark (Waldmark), die damals zur Steiermark gehörte, sind: Pfarrkirchen Muthmannsdorf/1136 und Maiersdorf/1177 sowie die Burgkapellen Starhemberg/1159 und Emmerberg/1165. Der Innendurchmesser des Unterbaus beträgt 20 Fuß. Der Außendurchmesser ergibt sich durch den Zuschlag von $2 \times$ (Wanddicke + Sockel = $4 \frac{1}{2}\text{f} + \frac{1}{2}\text{f} = 5 \text{ Fuß/Soll-Wert}$) mit $20\text{f} + 10\text{f} = 30 \text{ Fuß}$; ein runder Wert, der 5 Klafter entspricht.

Im Untergeschoß Apsis beträgt der Innendurchmesser 10 Fuß (Ist-Wert 3.18m, Soll-Wert 3.20m). Der Außendurchmesser ergibt sich durch Addition der zweifachen Wanddicke mit Sockel (Soll-Wert 5 Fuß) mit dem runden Wert von $10\text{f} + 2 \times 5\text{f} = 20 \text{ Fuß}$. Daraus folgt das bereits erwähnte Längenverhältnis der Außendurchmesser von Zentralbau zu Untergeschoß Apsis mit $30\text{f}:20\text{f}$ bzw. 3:2. Bei den

Innendurchmessern ergibt sich ebenfalls ein ganzzahliges Verhältnis von 20:10 = 1:2. Die ermittelten Abmessungen und Längenverhältnisse dokumentieren eine klare „Planungssprache“.

Die Rekonstruktion hat gezeigt, dass die Mittelpunkte von Zentralbau und Apsis auf der Achse Karner so bestimmt wurden, dass sich die Außenkreise dieser Gebäudeteile im rechten Winkel schneiden. Daraus folgt, dass ihr Abstand konstruiert wurde und deshalb keine Abmessung in runden Fußwerten zu erwarten ist. Der Nachweis darüber erfolgt im Abschnitt Weiterbau, weil dort die Konstruktion wiederholt und die Kreise der Außenwände exakt rekonstruiert werden konnten.

Achsen

Achse Karner (Abb. 14)

Die Achse des Karners ist durch die Verbindungsgerade der Mittelpunkte von Zentralbau und Apsis Untergeschoß definiert (Koordinatenverzeichnis, Anlage 1). Die geodätische Richtung beträgt 77.23° (statistischer Mittelwert); sie ist Grundlage für die astronomische Untersuchung (Berechnung Anlage 3). Ihre Richtung ist durch die Parallellage der Achsen im Unterbau und Weiterbau gut abgesichert.

Achse Wandpfeiler (Abb. 14)

Auffallend ist noch die Anordnung der Wandpfeiler, die das Gewölbe tragen. Ihre Symmetrieachse (Winkelhalbierende) weicht von der Achse des Karners um 8.47° nach Norden ab. Dabei dürfte es sich um eine zweite Orientierung handeln, die ebenfalls einer astronomischen Untersuchung bedarf. Die Richtungen der Achsen betragen 113.69° bzw. 23.73° . Die Abweichungen vom rechten Winkel mit 0.04° sind minimal und lassen den rechten Winkel als Planungswert erkennen, was gleichzeitig eine Kontrolle für die Genauigkeit der Richtungen angesehen werden kann (Berechnung Anlage 4).

Weiterbau

Als Weiterbau wird im Wesentlichen das Kapellengeschoß verstanden, das von außen durch ein umlaufendes Rundbogenfries deutlich erkennbar ist (vgl. Abb. 4). Zu ihm gehören auch die Bandrippen mit dem Schüttgewölbe, die auf den Wandpfeilern des Unterbaus ruhen (vgl. Abb. 3). Von außen betrachtet ist es der sichtbare Teil des Karners über dem Geländeniveau Kirchenplatz.

Aus den Überlagerungen der Grundrisse von Unterbau und Weiterbau (vgl. Abb. 12) geht hervor, dass die Konstruktion des Weiterbaus um ca. 5 cm (etwa zwei Daumenbreiten) nach Süden verschoben ist. Weil diese Verschiebung parallel zur Achse Karner verläuft, hat sie auf ihre Richtung keinen Einfluss (vgl. Berechnung Anlage 3, Achse Karner).

Lediglich gegenüber dem Unterbau ist die Verschiebung bemerkbar, weil der Mauerversatz zwischen unterem und oberem Zylinder, senkrecht auf die Achse Karner gemessen, im Süden ca. 36 cm und im Norden ca. 26 cm beträgt (ent-

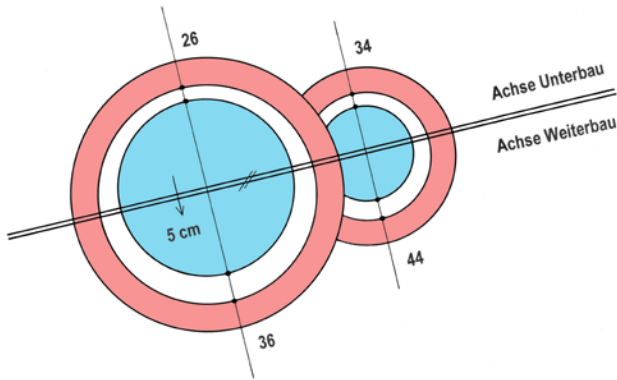


Abb. 15: Karner Hartberg, Festlegung der Achse Weiterbau, Verschiebung gegenüber der Achse Unterbau um 5 cm nach Süden (Kotierung in Zentimeter).

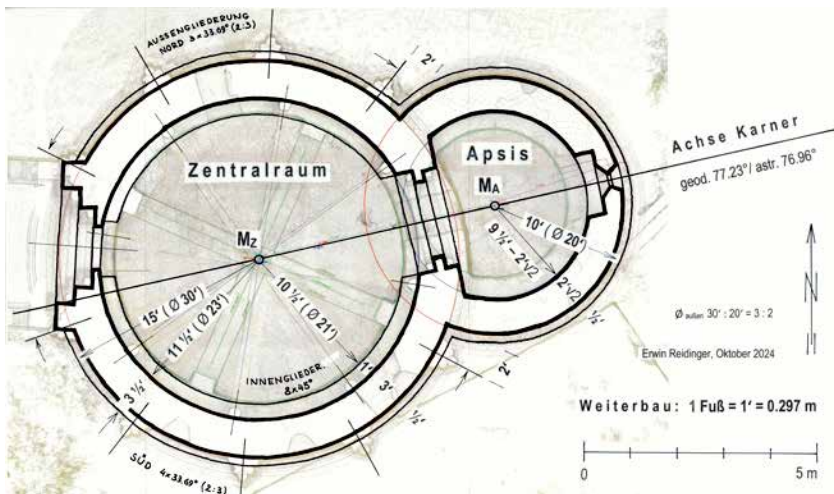


Abb. 16: Karner Hartberg, Weiterbau (Schnittebene, vgl. Abb. 3)

Zentralbau: Radius Wand innen 3.41 m (Ø 6.82 m), Durchmesser Innensockel 6.25m, Radius Wand außen 4.29 m (Ø 8.58 m).

Apsis: Radius Wand innen 1.98 m (Ø 3.96 m), Radius Wand außen 2.79 m (Ø 5.58 m)

Richtung Achse Karner: 77.23° ($\pm 0.05^\circ$) geodätisch (Anlage 3)



spricht im Mittel 31 ± 5 cm, Soll-Wert 1 Fuß). Bei der Apsis ist es mit 44 bzw. 34 cm ähnlich (entspricht 39 ± 5 cm, Soll-Wert 1 Fuß 3 Zoll). Diese Tatsache könnte eine Folge der Nachvollziehung der Achse aus der Gründungszeit gewesen sein, die für die weiteren Betrachtungen keinen Einfluss hat (Abb. 15).

Die Lage der Apsisporthe und jene des Ostfensters ist durch die Achse Karner (als Symmetrieachse) bestimmt (vgl. Abb. 11). Im Unterschied dazu ist der Eingang aus der Achse nach Norden gedreht, was mit dem Zugang vom Kirchenplatz begründet werden könnte. Die Asymmetrie lässt sich einfach durch die gleichen Gestaltungssektoren der äußeren Gliederung (Winkel 2:3, $33,69^\circ$) beschreiben, von denen sich im Norden drei und im Süden vier befinden (Abb. 16). Das Gewölbe über der Kapelle mit den acht Rippen folgt symmetrisch der Achse Karner (vgl. Abb. 11).

Erforschung der Maßeinheit

Wie beim Unterbau werden Radien (Durchmesser) und Mauerdicken für die Erforschung der Maßeinheit herangezogen. Dass es sich dabei um eine andere Maßeinheit als beim Unterbau handeln muss, geht schon aus der Tatsache hervor, dass die Breite des umlaufenden Sockels in der Kapelle mit rund 29 cm (mit Verputz ca. 30 cm) geringer ist als der Fuß des Unterbaus mit 31.0 cm.

Konkret ergeben sich:

<i>Durchmesser Zentralbau Wand innen:</i>	$6.82 \text{ m} : 23 \text{ Fuß} = 0.2965 \text{ m/Fuß}$
<i>Durchmesser Zentralbau Sockelzone innen:</i>	$6.25 \text{ m} : 21 \text{ Fuß} = 0.2976 \text{ m/Fuß}$
<i>Durchmesser Zentralbau Wand außen:</i>	$8.58 \text{ m} : 29 \text{ Fuß} = 0.2959 \text{ m/Fuß}$
<i>Wanddicke ($4.29 - 3.41 = 0.88 \text{ m}$)</i>	$0.88 \text{ m} : 3 \text{ Fuß} = 0.2933 \text{ m/Fuß}$
<i>Durchmesser Apsis Wand außen:</i>	$5.58 \text{ m} : 19 \text{ Fuß} = 0.2937 \text{ m/Fuß}$

Unter Beachtung der längeren Abmessungen beträgt der Fuß nach statistischer Auswertung für den **Weiterbau: 1 Fuß = 1^f = 0.297 m** (1 Klafter = 1^o = 1.782 m) Dieser Fuß entspricht dem „römischen Fuß“ (pes romanus), der ebenfalls im Mittelalter häufig verwendet wurde. Beispiele: Rundkirche in Petronell/1071, Stiftskirche Göttweig/1072, Wiener Neustadt/1192 (Stadt und Dom) sowie die Pfarrkirchen von Fischau/1193 (?), Friedberg/1193 und Lanzenkirchen/1202.

Durch die Bestimmung der Maßeinheit des Weiterbaus ergeben sich, wie beim Unterbau, klare Abmessungen, jedoch mit unterschiedlichem Fuß. Ein deutlicher Hinweis auf eine längere Bauunterbrechung und unterschiedliche Bauhütten bzw. Bauherren.

Für die Rekonstruktion der Planung wird die Breite des Außensockels einheitlich mit dem Soll-Wert von $\frac{1}{2}$ Fuß angesetzt. Daraus folgen für die Außendurchmesser in der Sockelebene beim Zentralbau $29^f + 2 \times \frac{1}{2}^f = 30$ Fuß und die Apsis $19^f + 2 \times \frac{1}{2}^f = 20$ Fuß (Abb. 16).

Hervorzuheben ist der lichte Durchmesser innerhalb des Sockels im Zentralbau mit 21 Fuß. Dabei ist die Zahl 21 wahrscheinlich mit Absicht gewählt worden, weil sie als Produkt von 3×7 dem Symbolgehalt Dreifaltigkeit und Vollkommenheit

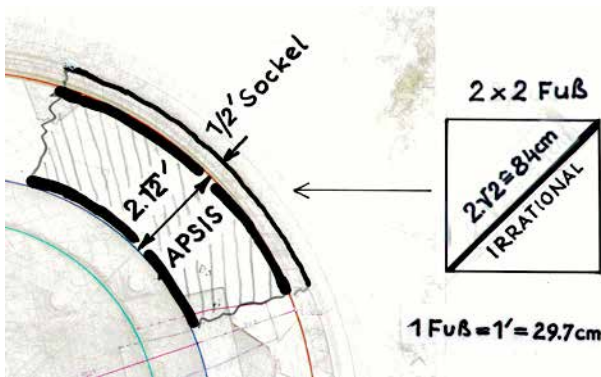


Abb. 17: Karner Hartberg, Wanddicke der Apsis mit $2 \times \sqrt{2}$ Fuß als irrationaler Wert.

entspricht. Als Vergleichsbeispiel dazu wird der Grundriss des Doms zu Wiener Neustadt (Absteckung 1193) mit dem Modul von 21 Fuß angeführt.

Während sich beim Zentralbau mit der Wanddicke von 3 Fuß und jener des Innensockels mit 1 Fuß runde Planungswerte ergeben, ist das bei der Apsis nicht der Fall. Ihre Wanddicke von $2.79 - 1.98 = 0.81$ m und der innere Durchmesser von 3.96 m lassen keine runden Fuß-Werte zu. Deshalb ist für diese Auffälligkeit nach einer Begründung zu suchen.

Durch den Vergleich mit der Mauerdicke des Chors der Muthmannsdorfer Kirche (1136) mit 88 cm, die der Diagonale eines Quadrates mit 2 Fuß Seitenlänge ($2 \times 31 \text{ cm} \times \sqrt{2} = 88 \text{ cm}$) entspricht, dürfte die Lösung gefunden sein.³ Verstärkt wird diese Vermutung noch durch die Mauerdicken der Burgkapelle Emmerberg (1165), die derselben Konstruktion entsprechen.⁴ Bei der Rundkapelle der Burg Starhemberg (1159) ist bei der Mauerdicke der Apsis Ähnliches zu beobachten, allerdings mit der Länge einer Achteckseite, die aus einem Quadrat von 13×13 Fuß konstruiert wurde.⁵

Bei der Anwendung dieser irrationalen Abmessung dürfte es sich um eine beabsichtigte Maßnahme gehandelt haben, die als spirituelle Überhöhung der Einhüllenden der Apsis verstanden werden könnte.

Aufgrund des kürzeren Fußes in Hartberg beträgt der Soll-Wert dieser irrationalen Mauerdicke $2 \times 0.297 \text{ cm} \times \sqrt{2} = 84 \text{ cm}$ (Abb. 17, Ist-Wert 81 cm). Daraus folgt, dass der Innenradius der Apsis ebenfalls einer irrationalen Abmessung entspricht, weil ihr Soll-Wert mit $9 \frac{1}{2} - 2 \times \sqrt{2} = 1.98 \text{ m}$ (Ist-Wert = Soll-Wert) beträgt. Hinsichtlich ihrer spirituellen Bedeutung gilt das Gleiche wie bei der Mauerdicke, die sich hier auf den Innenraum der Apsis als Abbild des Himmlischen Jerusalem bezieht.

³ Erwin REIDINGER, 1136: St. Peter am Moos zu Muthmannsdorf: Eine Symphonie mit dem Kosmos. Luxembourg: Independently published Amazon Media EU S.a.r.l., 2023, 37, 38.

⁴ Erwin REIDINGER, Burgkapellen der Ruinen Starhemberg und Emmerberg: Datierung nach der aufgehenden Sonne. Luxembourg: Independently published Amazon Media EU S.a.r.l., 2023; Teil Emmerberg, 15.

⁵ Ebenda, Teil Starhemberg, 17.

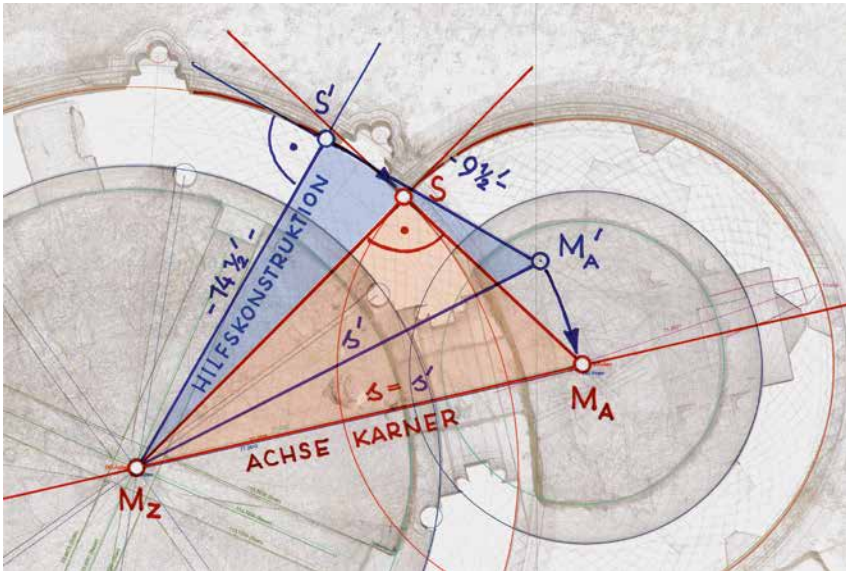


Abb. 18: Karner Hartberg, Nachweis über den Schnitt der Außenkreise im rechten Winkel mittels einer Hilfskonstruktion (blau) und Drehung von $s' = s$ in Achse Karner (rot).

Nachdem nun die Außenradien von Zentralbau und Apsis im aufgehenden Mauerwerk mit $14 \frac{1}{2}$ Fuß und $9 \frac{1}{2}$ Fuß bekannt sind, lässt sich der Nachweis erbringen, dass sich die beiden Kreise im rechten Winkel schneiden (Abb. 18). Durch die Auflösung des rechtwinkligen Dreiecks mit den Katheten (den Radien) ergibt sich der Abstand der Mittelpunkte von Zentralbau und Apsis (die Hypotenuse) mit dem Soll-Wert von 5.15 m (Ist-Wert 5.12m). Entweder wurde diese Abmessung vor Ort konstruiert oder von einem Reißboden übertragen.

Die Konstruktion von Hartberg ist kein Einzelfall, weil sie bereits bei der Rundkapelle der Burg Starhemberg (1159) festgestellt wurde. Die Länge der Katheten ist dort mit 21 bzw. $13 \frac{1}{2}$ Fuß größer (Länge der Hypotenuse 7.79 m).

Achsen

Achse Weiterbau

Beim Weiterbau wurde die Achse Karner, die bei der Gründungsvermessung des Unterbaus festgelegt wurde, übernommen (Anlage 3). Neu ist die Achse Oculus.

Achse Oculus (Abb. 14)

Sie ist die dritte Achse des Karners, die erst im Zuge des Weiterbaus festgelegt wurde. Ihre geodätische Richtung mit 71.55° ist als Verbindungsgerade vom Mittelpunkt Untergeschoß Apsis zur Mitte Oculus definiert (Berechnung Anlage 5).

Ob sie eine astronomische Bedeutung hat, wird im Abschnitt Archäoastronomie untersucht. Auffallend von außen ist jedenfalls, dass der Oculus gegenüber der Mitte des Ostfensters der Apsis um etwa 30 cm nach Norden versetzt ist, was auf eine Besonderheit hinweisen könnte.

Übergangsbereich Unterbau – Weiterbau

Eine nähere Betrachtung ergab, dass sich die zwei unterschiedlichen Maßeinheiten zum Teil im Unterbau und Weiterbau „berühren“. Einerseits betrifft es die Zwischenwand Ossarium/Untergeschoß Apsis und andererseits den Bereich des Einstiegs ins Ossarium.

Aus der Sicht des Baubetriebes war eine offene Verbindung zwischen Ossarium und Untergeschoß Apsis notwendig, um die erdberührten Außenwände und das Gewölbe herstellen zu können. Nach Abschluss dieser Arbeiten war diese Öffnung nicht mehr notwendig und wurde durch die Errichtung der Zwischenwand mit einem kleinen Durchstieg geschlossen (vgl. Abb. 8). Durch diese Maßnahmen wurde ein ringförmiger Unterbau (Fundament) für das Obergeschoß geschaffen.

Durch die Anwendung der bereits bekannten unterschiedlichen Maßeinheiten von Unterbau und Weiterbau kann geschlossen werden, dass die Zwischenwand in ihrer vollen Höhe erst im Zuge des Weiterbaus errichtet wurde. Das ist ein deutlicher Hinweis für eine Bauunterbrechung und nicht für den Abbruch eines Vorgängerbaus, bei dem es keinen Wechsel in der Maßeinheit gegeben hätte.

Eine weitere Verknüpfung der beiden Maßsysteme ist in den lichten Weiten der Einstiegsöffnung in das Ossarium auf Geländeneiveau erkennbar (vgl. Abb. 5

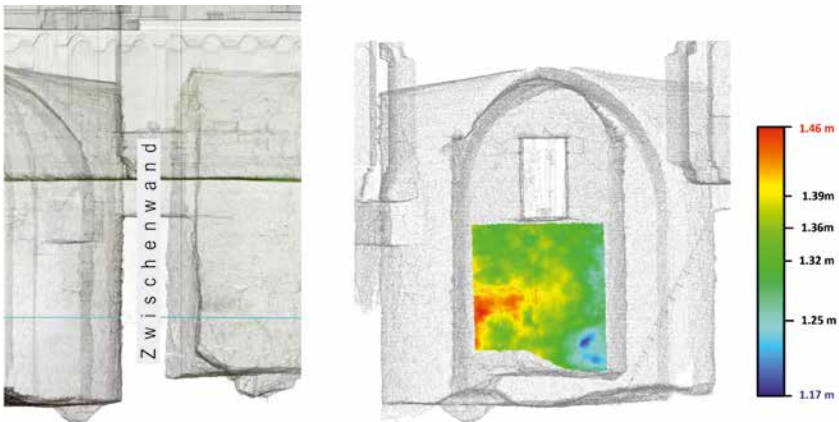


Abb. 19: Kärner Hartberg, Zwischenwand im Lotschnitt und Ansicht vom Ossarium aus gesehen mit flächhafter Analyse der Mauerdicken, die zwischen 1.17 m und 1.46 m ausgewiesen sind. Der größte Anteil (grün) liegt um 1.34 m, die nach der Maßeinheit Weiterbau (1 Fuß = 0.297 m) 4 ½ Fuß entsprechen. Quelle: Peter Bauer (TU Graz)

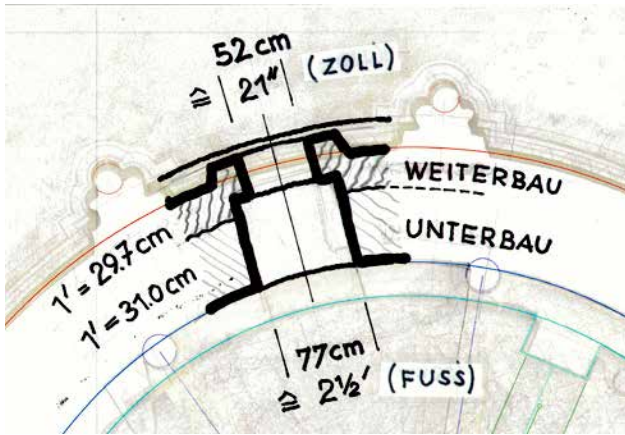


Abb. 20: Karner Hartberg, Einstieg ins Ossarium mit „Verzahnung“ der Maßeinheiten von Unterbau und Weiterbau (einheitliche Außenschale).

und Abb. 20). Die lichte Weite des Einstiegs beträgt im Türgewände 0.52 m und jene der inneren Aufweitung 0.77 m. Das Einstiegsportal gehört zum einheitlich gestalteten Weiterbau mit der Maßeinheit von 1 Fuß = 0.297 m und der innere Teil zum Unterbau mit 1 Fuß = 0.31 m.

Es lässt sich nachvollziehen, dass die äußere Mauerschale an den Bestand des Unterbaus „angearbeitet“ und der innere Bereich vom Unterbau beibehalten wurde. Dafür sprechen auch die Abmessungen, bei denen die 0.52 m im Türgewände mit 21 Zoll zum Weiterbau und die 0.77 m 2 ½ Fuß noch zum Unterbau gehören.

Das aufgehende Mauerwerk des Weiterbaus entspricht einem Quadermauerwerk mit horizontalen Lagerfugen. Dabei war es notwendig, für jede Schar gleiche Quaderhöhen vorzugeben, damit die Rohblöcke optimal ausgenutzt werden konnten. Die vierte Schar über dem Sockel ist dadurch gekennzeichnet, dass sich in ihrer Steinhöhe der Fuß mit 29.7 cm wiederfindet.

Aus den Ergebnissen der Bauanalyse ist erkennbar, dass sich die Konstruktionsregeln vom Unterbau des Hartberger Karners gut mit denen der Sakralbauten in der Pittener Mark um die Mitte des 12. Jahrhunderts vergleichen lassen (Pfarrkirche Muthmannsdorf/1136, Burgkapellen Starhemberg/1159 und Emmerberg/1165). Sie betreffen auch die irrationale Mauerdicke der Apsis und den Schnitt der Außenkreise von Zentralbau und Apsis im rechten Winkel (Rundkapelle Starhemberg).

Ein Vergleich der Maßeinheiten lässt vermuten, dass der 31 cm Fuß zur Zeit der Traungauer (der Otakare) vermehrt Anwendung fand (hier beim Unterbau), während zur Zeit der Babenberger der Fuß mit 29.7 cm (beim Weiterbau) bevorzugt wurde. Nach Maßeinheiten lässt sich nicht datieren. Es kann jedoch, wie in diesem Fall, regional einheitliche Anwendungen gegeben haben, die vom Bauherrn bzw. von Bauhütten vorgegeben wurden. Das könnte auch erklären, warum die babenbergischen Gründungsstädte Wiener Neustadt (1192) und Friedberg (1193) nach gleichem Maßsystem angelegt sind.

Bauabfolge

Durch die festgestellten verschiedenen Maßeinheiten im Rahmen der Bauanalyse ist erkennbar, dass es im Zuge der Errichtung des Karners eine längere Bauunterbrechung gegeben haben muss. Daher die getroffene Gliederung in Unterbau und Weiterbau mit unterschiedlichen Bauhütten.

Die exakte Grenze zwischen diesen Baustufen liegt jedenfalls unter dem Gewölbe im Mauerwerk verborgen. Zum Weiterbau gehört auch die Wand zwischen Ossarium und Untergeschoß Apsis, die erst nach Herstellung der Gewölbe hochgezogen werden konnte (vgl. Abb. 19).

Der Unterbau reichte also bis etwa Geländehöhe, wobei es die Verbindung zwischen Ossarium und Untergeschoß Apsis als erforderliche Bauöffnung zur Zeit der Bauunterbrechung noch gegeben hat. Sie war zum Aufmauern und zur Herstellung des Tonnengewölbes über dem Untergeschoß Apsis eine notwendige Voraussetzung.

Weil die Wand zwischen Ossarium und Untergeschoß Apsis erst nach Herstellung des Tonnengewölbes errichtet werden konnte und ihre Dicke der Maßeinheit Weiterbau entspricht, kann davon ausgegangen werden, dass es keinen Vorgängerbau über dem Unterbau gegeben hat.

Archäoastronomie

Von den Ergebnissen der Bauanalyse sind für die astronomische Untersuchung nur die drei Achsen des Karners von Bedeutung. Sie sind Zeitmarken, die die Grundlage der Datierung allfälliger Orientierungstage bilden.

Heinrich Nissen hat bereits 1910 zur Orientierung von Heiligtümern bemerkt: „Auch bei Kirchenbauten müssen die Festlegung der Achse und die Legung des Grundsteins als getrennte Handlungen angesehen werden. Im Laufe der Zeit ist

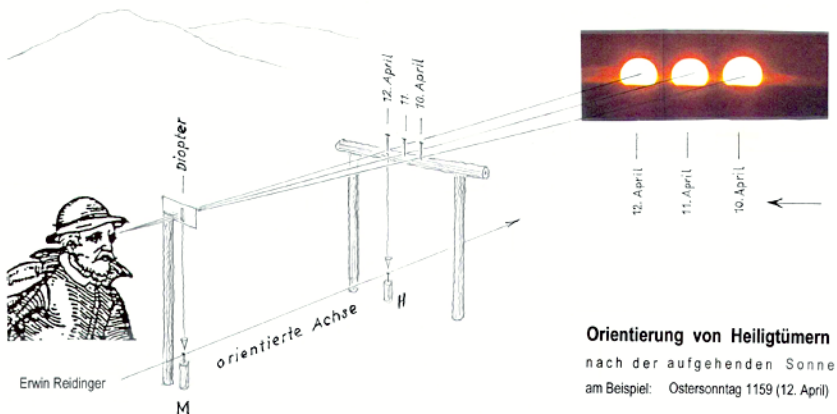


Abb. 21: Orientierung nach der aufgehenden Sonne, Beobachtungsvorgang.

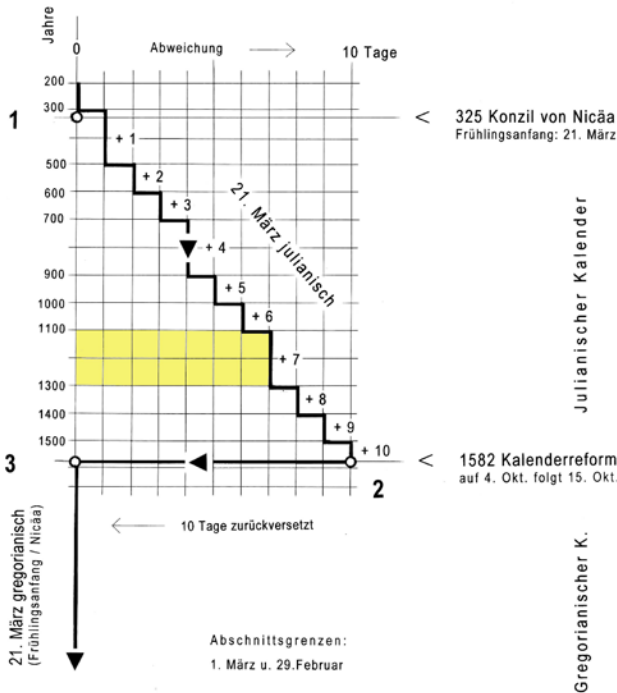


Abb. 22:
 Julianischer Kalender, maßgeblicher Bereich im 12./13. Jahrhundert gelb hervorgehoben (Tagesdifferenz 7 Tage).

jene, die ursprünglich die Hauptsache gewesen war [die Orientierung], in den Hintergrund gedrängt und vergessen worden.“⁶

Der Orientierungsvorgang musste aufgrund exakter astronomischer Rechenergebnisse mit hoher Präzision durch Beobachtung durchgeführt worden sein. Selbst bei bedecktem Himmel konnte die Orientierung nach dem Sonnenaufgang am festgelegten Orientierungstag bestimmt werden. Dafür war es notwendig, Tage vorher die Sonnenaufgangspunkte festzuhalten, um am bedeckten Tag extrapolieren zu können (Abb. 21).

Die Daten der astronomischen Untersuchung beziehen sich auf den damals gültigen Julianischen Kalender, der aufgrund der Schaltregel fehlerhaft war (Abb. 22). Im Untersuchungszeitraum des Hartberger Karners betrug die Abweichung zum astronomischen Frühlingbeginn bereits sieben Tage. Dieser Kalender galt bis 1582, als er durch den heute gültigen Gregorianischen Kalender abgelöst wurde.

Für die astronomische Untersuchung sind die Sonnenaufgänge im Laufe des Jahres von Bedeutung; sie liegen zwischen Sommer- und Wintersonnenwende (Abb. 23). Das Azimut (der Winkel von Nord) dieses nach Osten offenen Himmelssektors (dem Osthimmel) liegt im Untersuchungsgebiet bei ebenem Horizont etwa zwischen den Werten von 54° und 127°, was einen eingeschlossenen Winkel

⁶ Heinrich NISSEN, *Orientation, Studie zur Geschichte der Religionen*, Heft 3 (Berlin 1910), 406.

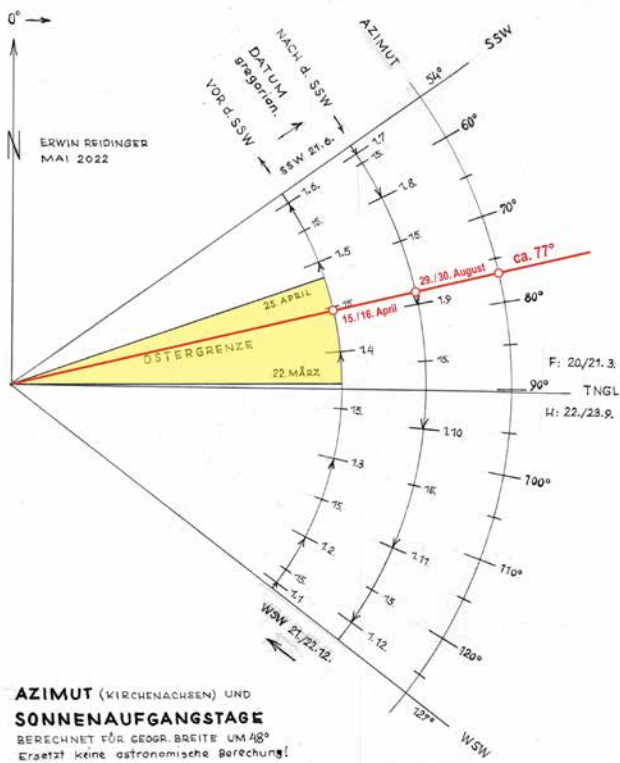


Abb. 23: Gregorianischer Kalender zwischen Winter- und Sommersonnenwende mit den Ostergrenzen (22. März und 25. April). Höhe des natürlichen Horizonts 1°. Umrechnung in den Julianischen Kalender in der Zeit von 1100 bis 1300: – 7 Tage (vgl. Abb. 22).

Ablesebeispiel Orientierungstage für Achse Karner: Azimut 76.96° (ca. 77°) (ohne Jahr!): vor der Sommersonnenwende: gregorianisch ca. 15./16. April = julianisch ca. 8./9. April

nach der Sommersonnenwende: gregorianisch ca. 29./30. August = julianisch ca. 22./23. August.

von ca. 73° ergibt. Es ist der Blick gegen Osten, der der Gebetsrichtung entspricht. Kirchen, deren Achsen außerhalb dieser Grenzwerte liegen, sind nicht mit dem Kosmos verknüpft.

Für jede astronomische Untersuchung ist die geographische Lage des Heiligtums von Bedeutung. Sie wird durch die geographischen Koordinaten des Bauplatzes definiert (Anlage 1). Ebenso ist das umgebende Landschaftsprofil wichtig, weil es für die Höhe des Sonnenaufganges in der Achse des Heiligtums bestimmend ist. Aus diesen Parametern kann geschlossen werden, dass jeder orientierte Sakralbau ein einmaliges in die Landschaft eingebettetes Bauwerk ist.

Je nach Wunsch des Bauherrn wurden als Orientierungstage häufig hohe und höchste Festtage bestimmt. Auch Gedenktage von Heiligen sind zu beobachten, die aber eher selten mit dem jeweiligen Patrozinium zusammenfallen (Beispiel St. Stephan in Wien).

Im Unterschied zur Bauanalyse, die ohne Zeitrahmen auskommt, ist ein solcher für eine astronomische Untersuchung unentbehrlich. Dabei gibt es hier das Problem, dass für die Gründungszeit des Hartberger Karners nur grobe Zeitschätzungen vorliegen.

Zeitrahmen der Untersuchung: 1160 bis 1270

Es gibt mehrere Zeiteinstufungen über die mögliche Gründung des Hartberger Karners, aber keine verlässlichen Angaben. Sie beziehen sich allgemein auf die zweite Hälfte des 12. bis in die Mitte 13. Jahrhunderts. Konkret wird das Gründungsjahr 1167 genannt, das sich auf eine verlorene Bauinschrift bezieht (Abb. 24).⁷ Die Gründung wird mit Pfarrer Ulrich in Verbindung gebracht, der 1163 bis 1201 in Hartberg amtierte.

Als Beispiel einer Zeitangabe wird aus dem DEHIO Steiermark zitiert: „Erb. 2. H. 12 Jh. (überlieferte Dat. 1167 über dem Eingang mit Ergänzungen am Hauptbau ca. M. 13. Jh.). (...) Fresken im Inneren aus der Zeit um 1200 (...)“⁸

Zu den Fresken gibt es von Elga Lanz einen Anhaltspunkt, nach der ihre Herstellung „gegen 1250“ lautet.⁹ Das deckt sich mit der kunsthistorischen Einstufung von Mario Schwarz, der eine Datierung um 1250 bereits als zu spät erachtet.¹⁰

Rudolf Koch kommt aufgrund einer vergleichenden Profilstudie zur Erkenntnis, dass eine Datierung der Sockelprofile um 1167 keinesfalls in Frage kommt, deshalb er einen Datierungsvorschlag um die Mitte des 13. Jahrhunderts macht.

Die jüngste Studie von Christiane Kärcher und Claus Pressl liegt weit außerhalb der bereits angeführten Gründungsdaten. Sie vertreten die Meinung, dass „die

Dem Baucharakter nach stammt dieser Rundbau unzweifelhaft aus der zweiten Hälfte des XII. Jahrhunderts, womit auch eine im Munde der Bürger erhaltene Tradition übereinstimmt, nach welcher in früherer Zeit die Jahreszahl 1167 über dem Eingange der Capelle zu lesen war, eine Tradition, welche freilich nicht sehr glaubwürdig klingt.

Abb. 24: Karner Hartberg, Nachricht über eine „nicht sehr glaubwürdige“ Gründung im Jahre 1167. Quelle: Gustav Heider.

⁷ Gustav HEIDER, *Mitteilungen der K. K. Central-Commission zur Erforschung und Erhaltung der Baudenkmale*, I. Jahrgang, Nr. 4, April 1856, 60.

⁸ DEHIO-Handbuch, *Die Kunstdenkmäler Österreichs, Steiermark (ohne Graz)* (Wien 1982), 163f.

⁹ Elga LANZ, *Die mittelalterlichen Wandmalereien in der Steiermark* (Wien 2002), 152–157.

¹⁰ Mario Schwarz, *kunsthistorische Projektbegleitung*.

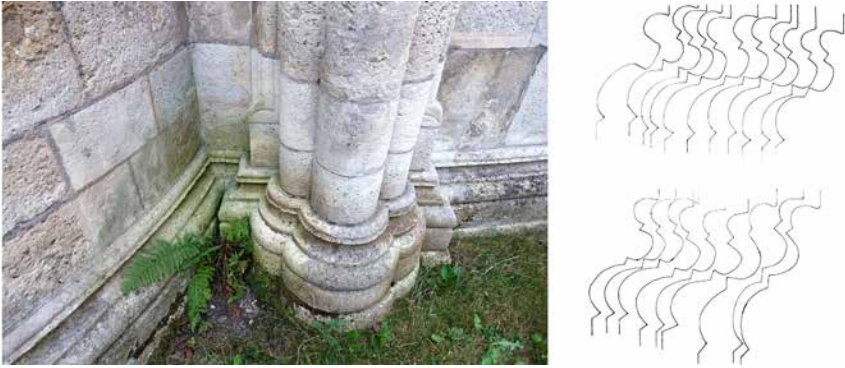


Abb. 25: Karner Hartberg, Basen- und Sockelprofile nach Rudolf Koch, Aufnahme 1982.

Rundkirche in Hartberg (...) heute ziemlich genau in die Zeit um 1270 datiert werden kann (...).¹¹

Nach diesen Ausführungen zeigt sich bereits das Spannungsfeld zur Datierung des Hartberger Karners, das von Unsicherheit und Widersprüchlichkeit geprägt ist. Um alle diese Zeitangaben einzuschließen, wird für die astronomische Untersuchung über das Gründungsdatum des Karners ein Zeitrahmen von 1160 bis 1270 festgelegt. Aufgrund des relativ großen Zeitrahmens von 111 Jahren kann es mehrere Lösungen geben.

Eine Untersuchung über die Datierung nach der aufgehenden Sonne, wie es bei Sakralbauten im Mittelalter üblich war, hat es am Karner in Hartberg noch nicht gegeben. Nach Vorliegen der Ergebnisse besteht die Absicht, diese einer neuerlichen kunst- und bauhistorischen Bewertung zuzuführen, um die richtige Lösung herauszufinden.

Achsen des Karners (vgl. Abb. 14)

Insgesamt ist der Karner dreifach orientiert. Seine Gebäudeachsen beziehen sich auf die bereits getroffene Gliederung in Unterbau und Weiterbau. Für den Unterbau sind es die Achse Karner und Achse Wandpfeiler, die die Bandrippen des Gewölbes tragen. Beim Weiterbau wurde die Achse Oculus festgelegt, die **Wahrscheinlich** wegen der längeren Bauunterbrechung als Wiederholung (Neuorientierung) der Gründungsorientierung angesehen werden kann.

Ähnliches ist beim Umbau der Rundkirche in Petronell zu beobachten, bei der die Apsis abgebrochen und neu orientiert wurde. Die Vermutung einer Neuorien-

¹¹ Christiane KÄRCHER/Claus PRESSL, Die Hartberger Rundkirche – Überlegungen zu einer neuen Deutung und Datierung. In: Steinpeißer (2018), 17–33. Sie nehmen an, dass dieser Rundbau eine Herrschaftskapelle oder ein Memorialbau für eine bedeutende Persönlichkeit und ursprünglich kein Karner gewesen sei.

tierung nach längerer Bauunterbrechung kann aus dem Beispiel des Tullner Karners abgeleitet werden, der ohne Bauunterbrechung errichtet wurde und daher keine neuerliche Orientierung (keinen Oculus) aufweist.¹²

Weil sich die Richtungen im Abschnitt Bauanalyse auf geodätisch Nord mit einem rechtwinkligen Gitternetz (GK M 34) beziehen, sind sie für die astronomische Untersuchung in die geographische/astronomische Orientierung der gekrümmten Erdoberfläche umzurechnen. Dies geschieht durch Berücksichtigung der Meridiankonvergenz, die für Hartberg -0.2664° (Rechenwert -0.27°) beträgt (Tabelle 1).¹³ Aufgrund der Genauigkeit des Festpunktfeldes (GNSS) sind in den Richtungen Abweichungen von $\pm 0.05^\circ$ möglich.¹⁴

Bauphase	Achse	Richtung (geodätisch)	Meridian- konvergenz	Orientierung = Azimut Rechenwert
1	2	3	4	5
Unterbau	Karner	77.26°	-0.27°	76.96° $\pm 0.05^\circ$
	Wandpfeiler	113.69°		113.42° $\pm 0.05^\circ$
Weiterbau	Oculus	71.56°		71.29° (+1.1/-0.8°)

Berechnung Anlagen 3, 4 und 5.

Spalte 5: Genauigkeit Achsen Unterbau $\pm 0.05^\circ$, Achse Oculus, wegen kurzer Seite (+1.1/-0.8°)

Tabelle 1: Karner Hartberg, Orientierung der Achsen Karner, Wandpfeiler und Oculus. Umrechnung der geodätischen Richtungen in die geographischen/astronomischen Orientierungen.

Geländehorizont, natürlicher Horizont



Abb. 26: Karner Hartberg, natürlicher Horizont, Beobachtung 2024/08/27.

¹² Voruntersuchung des Verfassers.

¹³ Berechnung der Meridiankonvergenz nach DV8 – 1975 des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen.

¹⁴ Angabe zur 3D-Vermessung: Peter Bauer/TU Graz. Der Anschluss an das Landeskoordinatensystem erfolgte über GNSS Messungen mit dem APOS Dienst des BEV. GNSS ist der Überbegriff für alle Satellitenpositionsdienste.

Die Stellung der Sonne ist zu jeder Zeit durch die Himmelskoordinaten (Azimut und Höhe) genau definiert, daher ist noch eine Auseinandersetzung mit der Höhe des natürlichen Horizonts erforderlich, über dem die Sonne aufgeht. Der Geländehorizont in den jeweiligen Achsen lässt sich exakt bestimmen, was für den natürlichen Horizont, der durch Bewaldung gebildet wird, nicht der Fall ist.

Nach forsttechnischer Beratung durch Huberta Kroisleitner vom Forstfachreferat der Bezirkshauptmannschaft Hartberg-Fürstenfeld wurde für alle drei Achsen bestätigt, dass für die Höhe des natürlichen Horizonts eine Bewaldung maßgebend ist (war). Die Baumhöhe wird mit ca. 30 bis 35 m angegeben.¹⁵ Nachdem das Kronendach eines Nadelwaldes nicht stetig, sondern „zackig“ ist, wird in der Folge zwischen einem dichten (bis 30 m) und durchscheinenden Teil (30 bis 35 m) des Waldes unterschieden (Abb. 26, Tabelle 2).

Achse	Horizontpunkt Entfernung	Geländehorizont		natürlicher Horizont, Höhe Annahme 30 m Wald
		Höhendifferenz	Höhe	
1	2	3	4	5
Karner	4139 m	70 m	+0.97°	+1.38°
Wandpfeiler	4100 m	49 m	+0.68°	+1.10°
Oculus	4070 m	79 m	+1.12°	+1.55°

Berechnungen Anlagen 3, 4 und 5

Tabelle 2: Karner Hartberg, Höhen des Gelände- und natürlichen Horizonts in den drei Achsen des Karners. Erdkrümmung und Refraktion sind aufgrund der geringen Entfernung vernachlässigt.

Auf der Suche nach den Orientierungsdaten (Tage und Jahr)

Die Suche nach dem Orientierungsdatum des Karners gliedert sich in zwei Schritte. Der erste bezieht sich auf die Ermittlung des Tagesdatums und der zweite auf die Suche nach dem Jahr. Der Nachweis, ob das Jahr 1167 tatsächlich das Jahr der Gründungsorientierung war, ergibt sich im Rahmen dieser Untersuchung von selbst. Wenn es so eine konkrete Jahreszahl gibt, dann könnte sie schon mit einem Wahrheitsgehalt verbunden sein.

Die Lichtgestalt der Sonne, nach der orientiert wurde, kann nach den Ergebnissen der astronomischen Berechnungen zwischen erstem Sonnenstrahl und voller Sonnenscheibe liegen (Abb. 27). Im Hinblick auf die Sonne als Metapher für Christus¹⁶ ist eher davon auszugehen, dass stets die volle Sonnenscheibe gemeint war.

¹⁵ Bezirkshauptmannschaft Hartberg-Fürstenfeld, Stellungnahme des Forstfachreferates (DI Huberta Kroisleitner) vom 10. Sept. 2024, GZ. BHHF-300171/2024-11.

¹⁶ Gotteslob Nr. 235, Katholisches Gesang- und Gebetbuch, Ausgabe für die (Erz-)Diözesen Österreichs (Salzburg 2013). – Im Gotteslob kommt das Wort „Sonne“ 55 Mal vor.

Jesus Christus ist die „Sonne der Gerechtigkeit“ (Mal 3,20) und das „Licht der Welt“ (Joh 8,12). Seine Geburt feiert die Kirche seit dem 4. Jahrhundert am 25. Dezember, in der dunkelsten Zeit des Jahres. Der spätantike Kult des ‚unbesiegbaren Sonnengottes‘ (sol invictus) trug dazu bei, Christus als die wahre Sonne der Gerechtigkeit zu verkünden. Weil er, der Sohn Gottes, das Menschsein angenommen hat, lebt er nicht nur mit uns, sondern führt uns in das göttliche Leben.



Abb. 27: Lichtgestalt der Sonne zwischen 1. Strahl und voller Sonnenscheibe. Quelle: Sonne als Metapher für Christus.¹⁵

Unter Beachtung aller möglichen Einflussfaktoren (Blendung, Absteckung, Vermessung, Horizont), die von der Beobachtung bis zur Nachvollziehung Einfluss haben, entsprechen die Rechenergebnisse Ist-Werten. Diese sind, wenn sie sich von den Soll-Werten (z. B. volle Sonnenscheibe) unterscheiden, zu diskutieren. Alle Abweichungen sind zum scheinbaren Durchmesser der Sonne mit 0.53° in Beziehung zu setzen, wobei in der Höhe noch eine entsprechende Abplattung zu berücksichtigen ist. Die Tagesbahnen benachbarter Jahre sind nicht gleich; sie schwanken im Rhythmus der Schaltjahre und wiederholen sich alle vier Jahre.

Sonnenaufgangstage in den drei Achsen

Für die Bestimmung der Sonnenaufgangstage in den drei Achsen des Karners wird das vom Verfasser erstellte Diagramm herangezogen (Abb. 28). Die Ergebnisse sind Näherungen, die noch in Verbindung mit dem maßgeblichen Orientierungsjahr astronomisch exakt zu berechnen sind.

Achse Karner: $76.96^\circ/+1.38^\circ$, Lösungen um den 8./9. 4. (Ostergrenze) bzw. 26. 8.

Achse Wandpfeiler: $113.42^\circ/+1.10^\circ$, Lösungen um den 2. 2 bzw. 26. 10.

Achse Oculus: $71.29^\circ/+1.55^\circ$. Lösungen um den 17./18. 4. (Ostergrenze) bzw. 13./14. 8.

Orientierungsjahre zu den drei Achsen

Nachdem die Orientierungstage der Achse Karner (um den 8./9. April) und jener in der Achse Oculus (um den 17./18. April) innerhalb der Ostergrenzen (22. März bis 25. April) liegen, wird vorerst angenommen, dass ihre Orientierungstage Ostersonntage waren. Deshalb treten die Lösungen nach der Sommersonnenwende am 26. bzw. 13./14. August in den Hintergrund. Sie werden nicht weiter beachtet, weil in ihnen keine auffallenden Orientierungstage erkennbar sind.

Ostersonntage wurden häufig als Orientierungstage gewählt. Sie sind sowohl bei Chören von Kirchen als auch bei Karnern anzutreffen. Die Karner von Möd-

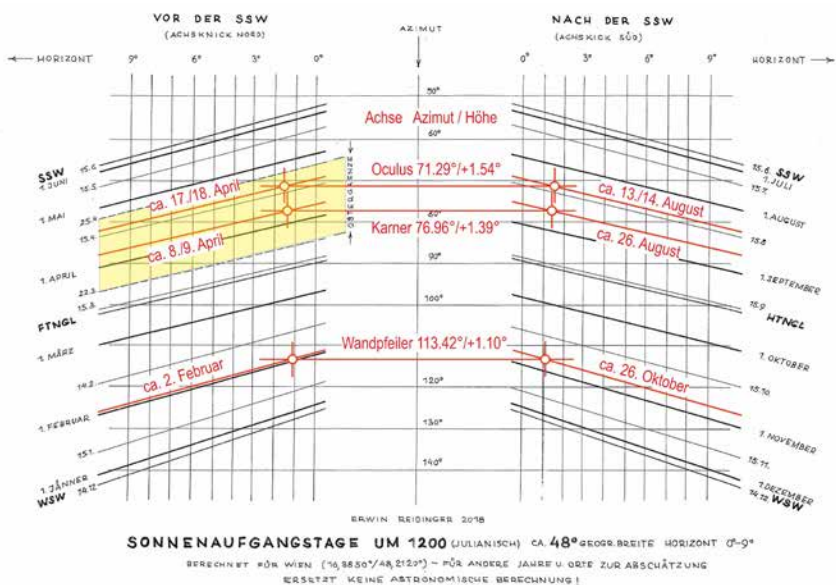


Abb. 28: Karner Hartberg, „Diagramm Reidinger“ zur graphischen Bestimmung der Sonnenaufgangstage mit den Eingangswerten von Azimut (Tabelle 1) und Höhe des natürlichen Horizonts (Tabelle 2) um 1200.

ling¹⁷/1181 und Tulln¹⁸/1140 oder 1145 sind Beispiel dazu. Der Ostersonntag ist aus spiritueller Sicht, wegen der Auferstehung, für den Orientierungstag eines Karners (Beinhaus) prädestiniert.

Beim Orientierungstag Achse Wandpfeiler mit etwa 2. Februar ist klar, dass es sich nur um Mariä Lichtmess handeln kann. Ein Jahr lässt sich dazu allerdings nicht bestimmen, weil es kein bewegliches Fest ist.

Achse Karner: Orientierungstag Ostersonntag 1167 (Zeitraumen von 1160 bis 1270)

Weil in der Voruntersuchung als Orientierungstag „um den 8./9. April“ ermittelt wurde, werden auch die Nachbartage am 7. und 9. April bei der Suche nach jenen Jahren einbezogen, an den diese Tage Ostersonntage sind. Aufgrund des beweglichen Osterfestes reduzieren sich die möglichen Lösungen nach astronomischer Auswertung im Zeitrahmen von 1160 bis 1270 auf vier Jahre, nämlich 1167, 1173, 1235 und 1246 (Tabelle 3, Berechnung Tabelle 4)

¹⁷ Erwin REIDINGER, Mödling – Pfarrkirche St. Othmar: Verknüpfung mit dem Kosmos; Luxembourg: Independently published Amazon Media EU S.a.r.l., 2023, Abschnitt Karner S. 11–21.

¹⁸ Voruntersuchung des Verfassers.

Tagesdatum	Ostersonntag		
	vor 1160	1160 bis 1270	nach 1270
1	2	3	4
7. April	1140	1219, 1230	1303
8. April	1151	1162, 1173, 1235, 1246, 1257, 1268	1319
9. April	1105	1167, 1178, 1189, 1200, 1262	1273

Table 3: Karner Hartberg, Achse Karner, mögliche Orientierungsjahre mit Ostern. Innerhalb des Zeitrahmens von 1160 bis 1270 gibt es für den 7., 8. und 9. April 13 Ostersonntage, von denen es nur in den Jahren 1167, 1173, 1235 und 1246 Sonnenaufgänge in der Achse Karner gibt (**Lösung 1167**).

Ostern J/M/T	MEZ h/m/s	Höhe ±0.04°	Unter- kante	Gelände	Wald 30m	UK/30m ±0.04°	Lichtgestalt der Sonne in Achse Karner (76.96°)
1	2	3	4	5	6	7	8
1167/ 04/09	5/20/42	+1.65°	+1.41°	+0.97°	+1.39°	+0.02°	Sonne sitzt auf
1173/ 04/08	5/20/15	+1.46°	+1.22°			-0.17°	ca. 2/3 sichtbar (71% Ø)
1235/ 04/08	5/20/18	+1.48°	+1.24°			-0.15°	ca. 2/3 sichtbar (69% Ø)
1246/ 04/08	5/20/38	+1.60°	+1.36			-0.03°	Sonne sitzt auf

Zu Spalte 7: 0.01° in der Höhe entspricht am Horizont 0.7m
Scheinbarer Durchmesser der Sonne zufolge Abplattung: horizontal 0.53°, vertikal 0.48°

Table 4: Karner Hartberg, Achse Karner 76.96°, Ostersonntage im Zeitrahmen von 1160 bis 1270, astronomische Berechnung der Sonnenaufgänge, **Lösung: Ostersonntag 1167** (Gründungsorientierung).

Aus den vier möglichen Jahren geht der Ostersonntag 1167 als Lösung hervor; es ist das Jahr der Gründungsorientierung. Aus Abb. 29 ist ersichtlich, dass die volle Sonnenscheibe am natürlichen Horizont aufsitzt; eine ideale Lösung (Ist-Wert = Soll-Wert). Gleichzeitig kann in dieser Lösung eine Bestätigung für das vermeintlich „nicht sehr glaubwürdige“ Gründungsjahr 1167 angesehen werden (vgl. Abb. 24).

Achse Wandpfeiler: Orientierungstag Mariä Lichtmess 1168
(Zeitrahmen von 1160 bis 1270)

Das Jahr der Orientierung Wandpfeiler lässt sich durch den Bauablauf des Karners einordnen. Nach der Gründungsorientierung zu Ostern 1167 konnten in der Bau-saison dieses Jahres die Baugrube ausgehoben und die Vorbereitungen für den Auf-bau des Ossariums getroffen werden. Das erlaubte zu Mariä Lichtmess, am 2. Fe-

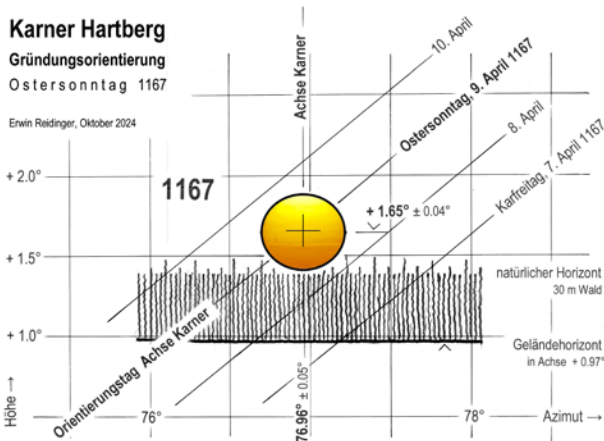


Abb. 29: Karner Hartberg, Achse Karner, Orientierungsdatum am Ostersonntag, 9. April 1167 (Gründungsorientierung). Graphische Darstellung des Ergebnisses der Berechnung (Tabelle 4. Anlage 3).

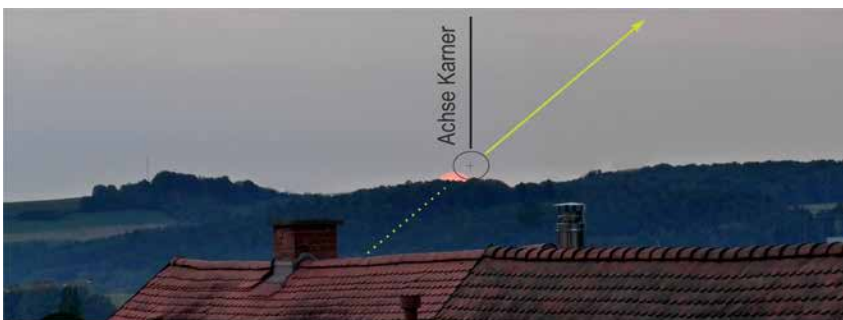


Abb. 30: Karner Hartberg, Beobachtung des Sonnenaufganges in der Achse Karner am 2024/08/27 – 6h 20m 08s/MESZ, Höhe der Sonne +1.36°/Azimut 76.44° noch nicht voll aufgegangen, Oberkante $1.36^\circ + 0.24^\circ = +1.60^\circ$, bereits 0.21° sichtbar (entspricht dem Foto). Bei der am Horizont aufsteigender Sonnenscheibe gibt es eine gute Übereinstimmung mit der Gründungsorientierung in der Achse Karner (vgl. Abb. 29).

bruar 1168, die Orientierung der Achse Wandpfeiler, die deshalb gegenüber der Achse Karner verdreht ist.

Die astronomische Berechnung über die Orientierung der Achse Wandpfeiler, die das Bandrippengewölbe tragen, ist in Anlage 4 wiedergegeben und das Ergebnis in Abb. 31 graphisch dargestellt. Es zeigt, dass der Ist-Wert ausreichend genau mit dem Soll-Wert (Orientierung nach der vollen Sonnenscheibe) übereinstimmt. Die Orientierung erfolgte nach der südlichen Achse (Azimut 113.42°), weil es in der nördlichen Achse (Azimut 23.46°) keinen Sonnenaufgang gibt. Die Symmetrieach-

Karfreitag ein bewegliches Fest ist, zeigt die neue Orientierung, wie beim Karner Hartberg zu Ostern, in eine andere Richtung als die Gründungsorientierung.

Tagesdatum	Ostersonntag		
	vor 1160	1170 bis 1250	nach 1270
1	2	3	4
18. April	1120	1199, 1210	1283
19. April	1153	1215, 1226, 1237, 1248	1299
20. April	1169	1180, 1242	1253
21. April	1112	1185, 1196	1280

Tabelle 5: Karner Hartberg, Achse Oculus, mögliche Orientierungsjahre mit Ostern. Innerhalb des Zeitrahmens von 1170 bis 1250 gibt es für den 18. bis 21. April zehn Ostersonntage, von denen fünf in die Regierungszeit Herzog Leopolds VI. (1194 bis 1230) fallen (1196, 1199, 1210, 1215, 1226). Der Vorschlag von Mario Schwarz lautet: Weiterbau unter Leopold VI., spätestens 1215.

Die Suche nach dem Orientierungstag in der Achse Oculus folgt demselben Schema wie in der Achse Karner. Die Vorgangsweise ist daher durch die Ermittlung aller Ostersonntage, deren Tagesdaten auf den 18. bis 21. April fallen, gekennzeichnet. Der Zeitrahmen der Untersuchung wird von 1160 bis 1270, aufgrund des bereits erschlossenen Gründungsjahres 1167 und der zwischenzeitlich gewonnenen historischen Rahmenbedingungen, auf 1170 bis 1250 eingeschränkt. Alle möglichen Lösungen sind in Anlage 5 astronomisch berechnet und in Abb. 32 graphisch dargestellt.

Die Achse Oculus ist zwar geodätisch exakt erfasst; ihr Azimut von 71.29° ist jedoch kritisch zu betrachten.²³ Ihre Richtung ist durch die Koordinaten des Mittelpunktes Untergeschoß Apsis M_{AUI} und Mitte Oculus A definiert (Koordinaten Anlage 1, Richtung Anlage 5).

Weil die Entfernung dieser Punkte mit 2.94 m (R_{IST}) kurz ist, hat die geringste Abweichung in den Koordinaten, die durch die Ausführung und/oder Vermessung entstanden sein könnten, einen erheblichen Einfluss auf ihre Richtung. So gesehen hat der Ist-Wert nur den Charakter eines Richtwertes, der mit den Abweichungen von $+1.1^\circ/-0.8^\circ$ erweitert wird. Durch diese Maßnahmen sind alle maßgeblichen Sonnenaufgänge zwischen 1170 bis 1250 auf der Suche nach der richtigen Lösung einbezogen (Abb. 32).

²³ Das ist der Unterschied zur Achse Karner (76.96°) und Achse Wandpfeiler (113.42°), deren Azimute durch Kontrollen zweifach abgesichert sind. Bei der Achse Karner ist es die Parallel-lage der Achsen von Unterbau und Weiterbau, bei der Achse Wandpfeiler der rechte Winkel der Gurtbögen. Derartige Kontrollen gibt es bei der Achse Oculus nicht; daher die kritische Betrachtung.

Aus den vielen Möglichkeiten hat Mario Schwarz²⁴ aus kunsthistorischer Sicht das Jahr 1215 als wahrscheinlich späteste Lösung mit folgender Begründung ausgewählt:²⁵

„Von den zahlreichen Vorschlägen zur Datierung der Orientierung des Weiterbaues nach Unterbrechung ist mir 1215 am sympathischsten. Den Karner zu erneuern könnte auf die Initiative des sehr einflussreichen Pfarrers Ulrich von Hartberg zurückgehen, der bis 1201 nachweisbar ist. Ihm gelobte Herzog Leopold V. nach seinem Unfall im Jahr 1194 die Rückgabe des Lösegeldes aus der Gefangennahme des englischen Königs Richard Löwenherz, wie sie der Papst zur Lossprechung seiner Exkommunikation verlangt hatte. Die Lossprechung vollzog der Salzburger Erzbischof Adalbert III. am Sterbelager des Herzogs in Graz. Durchführen musste die Buße nach dem Tode Herzog Leopolds V. dessen Sohn und Nachfolger Leopold VI. Es ist gut möglich, dass zur versprochenen Sühneleistung eine Stiftung zum Neubau (Umbau, Fertigbau) des Karners an der Salzburger Archidiakonatskirche Hartberg erfolgt ist, was im Interesse des Salzburger Erzbischofs lag.

Die Wahl des hl. Ulrich als Patron der Karnerkapelle schien noch auf Pfarrer Ulrich zurückzugehen, der wohl auch in der Wandmalerei der Apsis dargestellt ist. Das auf die Sühnung der Hauptsünden durch den aus der Wurzel Jesse hervorgegangenen Erlöser bezogene ikonographische Programm der Waldmalereien im Inneren der Kapelle weist auf ein Sühneopfer als Stiftungsmotiv hin. Das Programm ist auf Schriften des Scholastikers Hugo von Saint-Victor zurückzuführen, deren Texte sich tatsächlich im Besitz des theologisch hoch gebildeten Pfarrers Ulrich befunden haben.

Die Abflussrinne, die vom Kapellenraum des Karners ins Freie führt, lässt auf die erweiterte Funktion des Baues als Baptisterium schließen, was mit dem Plan der Errichtung eines Bischofssitzes in Hartberg in Zusammenhang stehen könnte. Für diese Vermutung sprächen auch stilkritische Beobachtungen an dem Bau.

Die hervorragende Qualität der Bauausführung, sowohl des Quaderwerks, der Bandrippengewölbe als auch der Kapitellplastik, lassen auf eine hochrangige Bauwerkstatt schließen, deren Stilprogramm allerdings noch ganz unbeeinflusst von den französischen Stileinflüssen war, die mit dem Bau der Capella Speciosa und Kirche und Kreuzgang in Lilienfeld unter Leopold VI. wirksam wurden. Vielmehr ist an Zusammenhänge mit der Bauhütte des Salzburger Domes zu denken, dessen Neubau unter Erzbischof Konrad III. zwischen 1181 und 1216 im Bau war.

Übereinstimmungen erweisen sich in der turmartigen Wirkung des Rundbaues, dessen Gliederungselementen und der Kapitellplastik. Die Verbindung des in Mitteleuropa nördlich der Alpen verbreiteten Bautypus des Karners mit der Form

²⁴ Dr. Mario Schwarz ist Univ.-Prof. für Kunstgeschichte an der Universität Wien. Er ist Experte auf dem Gebiet der mittelalterlichen Baukunst in Österreich. – Mario SCHWARZ, Die Baukunst des 13. Jahrhunderts in Österreich (Wien 2013), 77–80.

²⁵ Die Lösung „spätestens 1215“ ist dadurch ausgezeichnet, dass die Abweichung zwischen Ist- und Soll-Wert mit 0.52° gegenüber den Jahren 1210 mit +0.91°, 1199 mit +1.07° und 1196 mit –0.74°, am kleinsten ist. Die Abweichungen auf die Länge von 2.94 m betragen: 1196/3.6 cm, 1199/5.3 cm, 1210/4.6 cm und 1215/2.6 cm.



Abb. 33: Karner Hartberg, Schalungsbretter des Schüttgewölbes über dem Untergeschoß Apsis.

bes über dem Untergeschoß Apsis herangezogen werden (Abb. 33). Solange keine neuen Erkenntnisse vorliegen, bleibt der Datierungsvorschlag von Mario Schwarz mit „in der Regierungszeit Herzog Leopolds VI. spätestens zu Ostern 1215“ aufrecht.

des Rundbaues als Baptisterium weist auf Einflüsse aus Oberitalien hin, wo Baptisterien als monumentale Zentralbauten bis ins späte Mittelalter beständig Bedeutung behielten.

An der Bauhütte des Salzburger Domes spielten lombardische Einflüsse mit Sicherheit eine wesentliche Rolle.“

Gewissheit über die Datierung besteht erst dann, wenn ein erfolgreiches dendrochronologisches Untersuchungsergebnis vorliegt. Dazu könnten die verbliebenen Schalungsbretter des Gewölbes

Zusammenfassung

Das in der Einführung festgelegte Forschungsziel über die Rekonstruktion der Planung des Hartberger Karners im historischen Maßsystem und der Nachweis über das Jahr seiner Gründung war erfolgreich.

Bauanalyse

Aus der bauanalytischen Untersuchung hat sich im historischen Maßsystem eine klare „Planungssprache“ mit runden Abmessungen ergeben. Eine bedeutende Erkenntnis war, dass bei der Errichtung des Karners zwei unterschiedliche Maßeinheiten zur Anwendung gekommen sind.

Das war der Schlüssel zum Verständnis über den Bauablauf, der auf eine längere Bauunterbrechung von mehreren Jahrzehnten hinweist. Damit ist auch die Antwort auf die Frage gefunden, warum der frühe Baubeginn (1167) und die baukünstlerische Ausführung (spätestens 1215) nicht kompatibel sind.

Aufgrund dieser Bauunterbrechung wurde der Karner in die Bauabschnitte „Unterbau“ und „Weiterbau“ gegliedert. Geometrisch gesehen handelt es sich um zwei Kreise (Zentralbau und Apsis) von unterschiedlichem Durchmesser, die zueinander in einem bestimmten Längenverhältnis (Proportion) stehen und sich im rechten Winkel schneiden.

Der Unterbau betrifft die Wände des Ossariums mit den Wandpfeilern, die etwa bis Geländeneiveau reichen. Er wurde nach der Maßeinheit $1^2 = \text{Fuß} = 31 \text{ cm}$ errichtet, der zu dieser Zeit in der Pittener Mark, die zur Steiermark gehörte, bei Kirchen (Muthmannsdorf und Maiersdorf) sowie bei Burgkapellen (Emmerberg und Starhemberg) zur Anwendung kam. Es dürfte damals die bevorzugte Maßein-

heit der steirischen Traungauer gewesen sein. Der Innendurchmesser des Ossariums entspricht nach dieser Maßeinheit 20 Fuß (6.20 m). Im Osten ist das Untergeschoß Apsis angefügt, das räumlich vom Zentralbau getrennt ist.

Zum Weiterbau gehören die Bandrippen mit dem Schüttgewölbe und dem darauf ruhenden Kapellengeschoß. Er entspricht im Wesentlichen dem äußeren sichtbaren Teil des Karners, der baukünstlerisch einheitlich gestaltet ist. Die ihm zugrunde gelegte Maßeinheit unterscheidet sich von jener des Unterbaus und beträgt: 1 Fuß = 29.7 cm. Dieser Fuß ist auch bei der Gründungsstadt Wiener Neustadt und den Kirchen von Bad Fischau, Friedberg und Lanzenkirchen anzutreffen, die unter der Herrschaft der Babenberger errichtet wurden. Der Innendurchmesser der Kapelle entspricht nach diesem Maßsystem 23 Fuß (6.83 m), was zuzüglich 3 Fuß Wanddicke und $\frac{1}{2}$ Fuß Sockel einen Außendurchmesser von 30 Fuß ergibt, die 5 Klafter entsprechen.

Das Verhältnis der Außendurchmesser von Zentralbau und Apsis mit 30 bzw. 20 Fuß folgt der geometrischen Proportion von 3 : 2. Wanddicke und Innendurchmesser der Apsis entsprechen irrationalen Werten (Produkte von $\sqrt{2}$) und können deshalb, im Unterschied zum Zentralbau, als mystische Überhöhung des Altarraumes verstanden werden. Das kommt nicht nur in Hartberg vor, sondern auch im Chor der Muthmannsdorfer Pfarrkirche aus 1136.

Insgesamt wurden im Karner drei Richtungen festgestellt, die sich auf die Achse Karner (Verbindung der Mittelpunkte von Zentralbau und Apsis), die Ausrichtung der Wandpfeiler im Unterbau und auf jene der Achse Oculus des Weiterbaus beziehen (Abb. 34). Sie sind Grundlage der astronomischen Untersuchung hinsichtlich einer allfälligen Orientierung nach der aufgehenden Sonne.

Archäoastronomie

Durch systematisches Herantasten an zahlreiche mögliche Lösungen ist es gelungen, die Gründungsorientierung des Hartberger Karners naturwissenschaftlich mit dem Sonnenaufgang am Ostersonntag 1167 zu datieren. Die Übereinstimmung mit dem nach der verschollenen Inschrift überlieferten Gründungsjahr 1167 ist erfreulich, war aber keine Vorgabe dieser Untersuchung.

Die Forschung gibt auch einen Einblick über den Bauablauf, der 1167 begann und wahrscheinlich schon nach zwei Bauperioden Ende 1168 aus bisher unbekanntem Gründen eingestellt wurde. Dieser kurze Zeitabschnitt entspricht der Bauphase Unterbau, in dem zwei Orientierungen als Zeitmarken verborgen sind. Die erste betrifft die bereits oben erwähnte Gründungsorientierung (die Achse Karner) am Ostersonntag, dem 9. April 1167, und die zweite jene der Wandpfeiler des Bandrippengewölbes, zu Mariä Lichtmess, am 2. Februar 1168. Einen Vorgängerbau, der abgebrochen worden wäre, hat es nach bauanalytischer Untersuchung nicht gegeben.

Zufolge der dritten Orientierung (Achse Oculus) konnte geschlossen werden, dass der Weiterbau nach kunsthistorischer Bewertung durch Mario Schwarz spätestens zu Ostern 1215 erfolgte. Dabei handelte es sich um die Wiederholung der

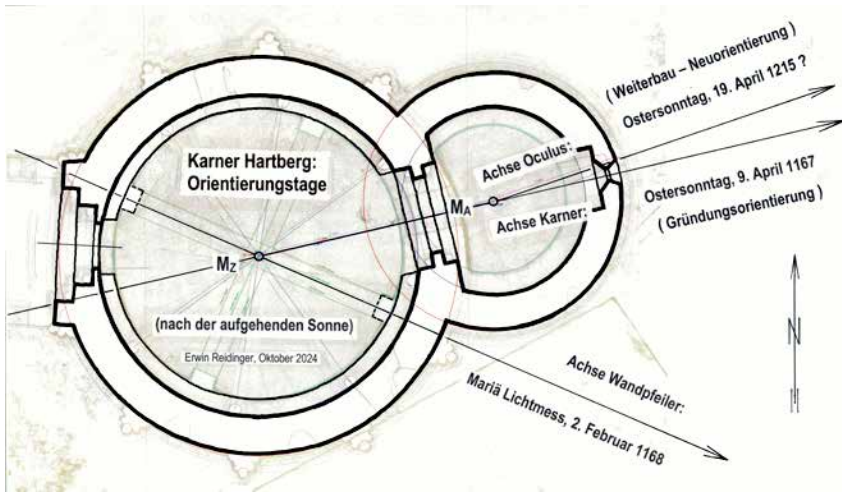


Abb. 34: Karner Hartberg, Orientierungen nach der aufgehenden Sonne für die Achsen der Gründung (Ostern 1167), Wandpfeiler (Mariä Lichtmess 1168) und jene für die Neuorientierung des Weiterbaus (Ostern 1215?).

Gründungsorientierung zu Ostern 1167, um nach längerer Bauunterbrechung den Neubeginn im Bauwerk als Zeitmarke zu verewigen.

Eine konkrete Jahresangabe zum Weiterbau ist aufgrund der Richtung der Achse mit ihrer kurzen Seite nicht möglich. Durch eine erfolgreiche dendrochronologische Untersuchung könnte eine Zuordnung zu einer der möglichen Jahreslösungen nach Tabelle 5 bzw. Abb. 32 getroffen werden, sofern die bereits gewonnen Erkenntnisse weiter vertieft werden sollten.

In der Bauphase Weiterbau wurden Planung und Ausführung dem architektonischen Stil dieser Zeit mit einer anderen Maßeinheit als im Untergeschoß angepasst.

Bauphase	Achse	Orientierungstag	Lichtgestalt der Sonne	1 Fuß [cm]	Nachweis
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Unterbau 1167–1168	Karner	1167 Ostersonntag	Abb. 29	31.0	Anlage 3
	Wandpfeiler	1168 Mariä Lichtmess	Abb. 31		Anlage 4
B a u u n t e r b r e c h u n g (ca. 2 bis 3 Generationen)					
Weiterbau ab 1215?	Oculus	1215 Ostersonntag?	Abb. 32	29.7	Anlage 5

Tabelle 7: Karner Hartberg, Bauphasen und Orientierungstage, Übersicht.

Tabelle 7 und Abb. 35 geben einen Überblick über die Bauphasen Unterbau und Weiterbau sowie die dazugehörigen Orientierungsjahre.

Karner Hartberg – Orientierungstage Unterbau (1167 /1168) und Weiterbau (1215 ?)

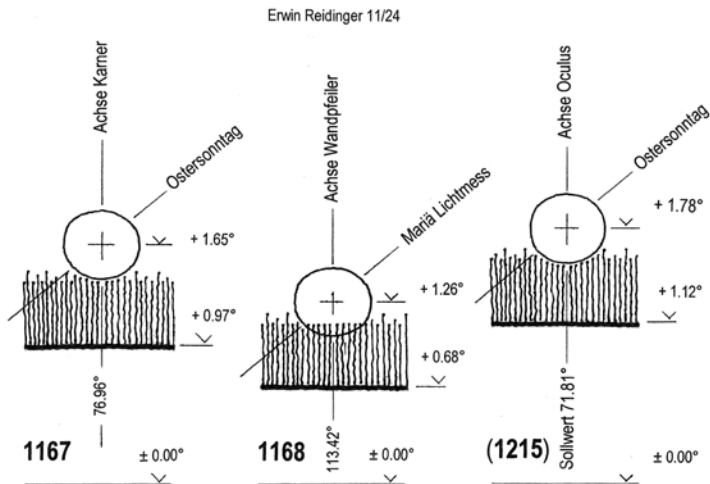



Abb. 35: Karner Hartberg, Gegenüberstellung der Orientierungstage.

Die wesentliche Erkenntnis über die Errichtung des Hartberger Karners lautet: Beginn unter den Traungauern und Fertigstellung zur Zeit der Babenberger.

Astronomische Behelfe:

 Hermann GROTEFEND, Taschenbuch der Zeitrechnung, 13. Auflage (Hannover 1911).

Erwin REIDINGER, Sonnenaufgangsdiagramm zur Abschätzung der Sonnenaufgangstage um 1200, erwin-reidinger.at/Abhandlungen Nr. 41.

Michael PIETSCHNIG/Wolfgang VOLLMANN, astronomisches Rechenprogramm UraniaStar, Release 1.1 (Wien 1995/2023)

Danksagung:

Norbert Allmer (Beratung), Peter Bauer (3D-Vermessung, TU Graz), Sepp Fink (Lokalaugenschein), Michael Grabner und Sebastian Nemestothy (Dendrochronologie), Leopold Grüner (Korrektorat), Rudolf Koch (kunsthistorische Beratungen), Huberta Kroisleitner (forsttechnische Stellungnahme), Peter Neugebauer (geodätische und graphische Unterstützung), Patrick Schicht (Vermittlung der 3D-Vermessung, kunsthistorische Beratung Tullner Karner), Mario Schwarz (kunsthistorische Projektbegleitung), Boris Stummer und Josef Schauer (3D-Vermessung Tullner Karner, Vergleichsobjekt), Ronald Woldron (kunsthistorische Beratungen, Mauerwerk).

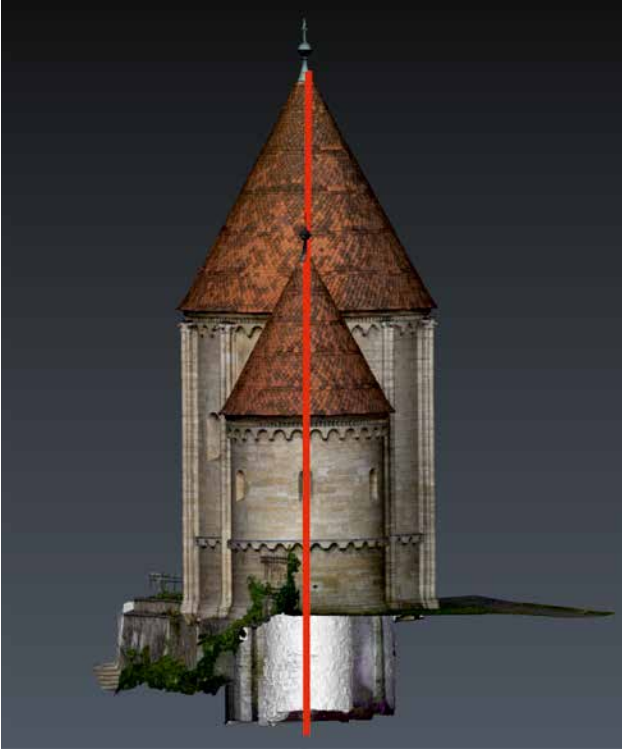


Abb. 36: Karner in Hartberg, 3D-Ansicht (Peter Bauer, TU Graz) P. Bauer und H. Woschitz, 2022. 3D Survey of the historic karner in Hartberg. <https://doi.org/10.3217/tskta-fem71>

ANLAGE 1

Koordinatenverzeichnis

geographisch/astronomisch

Breite: 15.9697°, Länge: 47.2804°, Seehöhe: 357 m
 Meridiankonvergenz: $\gamma = -0.2664^\circ$

geodätisch GK M34

Karner	Gebäude- teil	Punkt	Abkür- zung	Rechtswert (y)	Hochwert (x)
1	2	3	4	5	6
Unter- geschoß	Zentralbau	Mittelpunkt innen	M _{ZUI}	-27 426.336	238 002.241
		Mittelpunkt außen	M _{ZUA}	-27 426.336	238 002.241
	Bandrippen	Richtung 113.6851°	W	-27 428.876	238 003.364
			O	-27 423.784	238 001.130
		Richtung 23.7269°	S	-27 427.468	237 999.696
	N		-27 425.225	238 004,800	
	Apsis	Mittelpunkt innen	M _{AUI}	-27 421. 302	238 003.382
		Oculus	A	-27 418.64	238 004.27
Ober- geschoß	Zentralbau	Mittelpunkt innen	M _{ZOI}	-27 426.314	238 002.192
		Mittelpunkt außen	M _{ZOA}	-27 426.320	238 002.198
	Apsis	Mittelpunkt innen	M _{AOI}	-27421.267	238 003.333
		Mittelpunkt außen	M _{AOA}	-27 421.273	238 003.337
		Ostfenster	F	-27 418.81	238 003.88

Anmerkung: Diese Koordinaten sind Grundlage der geodätischen Berechnungen. Bei den daraus ermittelten Richtungen sind aufgrund der Genauigkeit des Festpunktfeldes Abweichungen von $\pm 0.05^\circ$ möglich.

ANLAGE 2

Radien und Durchmesser

Unterbau (bis ca. 3.10m über FOK)

1 Fuß = 1' = 0.31 m / 1 Zoll = 1" = 0.0258 m

Karner	Gebäude- teil	Radien	Abk.	R _{IST} [m]	R _{SOLL} [Fuß, Zoll]	R _{SOLL} [m]	ΔR [cm]	D _{SOLL} [Fuß]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Unter- geschoß	Zentralbau	Radius innen	R _{ZUI}	3.10	10'	3.10	0	20'
		Radius außen	R _{ZUA}	4.45	14' 6" = 14 ½'	4.49	5	29'
		Wand- pfeiler	LW	2.80	9'	2.79	1	18'
	Apsis	Radius innen	R _{AUI}	1.57	5'	1.55	2	10'
		Radius außen	R _{AUA}	2.94	9' 6" = 9 ½'	2.95	1	19'

Zentralbau und Apsis: Wanddicke UG = 4 ½ Fuß (1.40 m)

Weiterbau (incl. Gewölbe)

1 Fuß = 1' = 0.297 m / 1 Zoll = 1" = 0.0248 m

Karner	Gebäu- deteil	Radien	Abk.	R _{IST} [m]	R _{SOLL} [Fuß, Zoll]	R _{SOLL} [m]	ΔR [cm]	D _{SOLL} [Fuß]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Oberge- schoß	Zentral- bau	Radius innen	R _{ZOI}	3.41	11' 6" = 11 ½'	3.41	0	23'
		Radius außen, Wand	R _{ZOA}	4.29	14' 6" = 14 ½'	4.31	2	29'
		Radius außen, Sockel	R _{ZOS}	–	15'	4.65	–	30'
		Radius Sockelbank	R _{ZOS}	3.12	10' 6" = 10 ½'	3.12	0	21'
	Apsis	Radius innen	R _{AOI}	1.98	9 ½ – 2' x √2	1.98	0	konstr.
		Radius außen, Wand	R _{AOA}	–	9 ½'	2.82	–	19'
		Radius außen, Sockel	R _{AOS}	2.94	10'	2.97	3	20'

Zentralbau: Wanddicke = 3 Fuß (0.89m), Breite Sockelbank = 1 Fuß (0.297m, incl. Verputz), Sockel ½ Fuß

Apsis: Wanddicke = 2' x √2 (soll 0.84 m, ist 0.81 m, Δ = 3 cm), Sockelbreite ½ Fuß (0.15 m, angenommen)

ANLAGE 3

Astronomie Achse Unterbau Azimut 76.96° (±0.05°)

Achse Karner

Achse Karner				
Verbindung der Mittelpunkte Zentralbau-Apsis (Koordinaten siehe Koordinatenverzeichnis)				
Berechnung nach	Richtung	γ	Azimut	Azimut Untergeschoß
Obergeschoß, innen ($M_{ZOI}-M_{AOI}$)	77.2610°	-0.2664	76.9946°	Rechenwert: 76.96°
Obergeschoß, außen ($M_{ZOA}-M_{AOA}$)	77.2826°		77.0162°	
Untergeschoß, innen ($M_{ZUI}-M_{AUI}$)	77.2292°		76.9628°	

γ : Meridiankonvergenz

Gewählt wurde die Achse **Untergeschoßes**, weil sie der Gründungabsteckung entspricht

Geländehorizont – natürlicher Horizont (Wald)

Horizontpunkt: Entfernung 4139 m, Seehöhe 428m,

Koordinaten (-23 388 m/238 951 m)

Karner (Augenhöhe Beobachter):

Seehöhe 358 m, $\Delta H_{\text{Gelände}} = 70$ m, $\Delta H_{30\text{m Wald}} = 100$ m

Höhe: Geländehorizont = +0.97°, natürlicher Horizont = +1.39° (30m Wald)

Astronomische Berechnung und Lichtgestalt der Sonne

Ostersonntage im Zeitrahmen von 1160 bis 1270

Ostern J/M/T	MEZ h/m/s	Höhe ±0.04°	Unter- kante	Ge- lände	Wald 30m	UK/30m ±0.04°	Lichtgestalt der Sonne in Achse Untergeschoß
1	2	3	4	5	6	7	8
1167/04/09	5/20/42	+1.65°	+1.41°	+0.97°	+1.39°	+0.02°	Sonne sitzt auf
1173/04/08	5/20/15	+1.46°	+1.22°			-0.17°	2/3 sichtbar
1235/04/08	5/20/18	+1.48°	+1.24°			-0.15°	2/3 sichtbar
1246/04/08	5/20/38	+1.60°	+1.36°			-0.03°	Sonne sitzt auf

0.01° in der Höhe entspricht am Horizont 0.7m

Scheinbarer Durchmesser der Sonne zufolge Abplattung: horizontal

ANLAGE 4

Astronomie Wandpfeiler Unterbau Azimut 113.42° (±0.05°)

Achsen Wandpfeiler (Bandrippengewölbe)

Achsen Wandpfeiler					
Verbindung der Pfeilermitten (Koordinaten siehe Koordinatenverzeichnis)					
Berechnung nach	Richtung	γ	Azimut	Sonnenaufgang	Azimut
Rippe West–Ost	113.6851°	-0.2664	113.4187°	ja	Rechenwert 113.42°
Rippe Süd–Nord	23.7269°		23.4605°	nein	

γ : Meridiankonvergenz

Geländehorizont – natürlicher Horizont (Wald)

Horizontpunkt: Entfernung 4100 m, Seehöhe 407m,
Koordinaten (-23 673 m/236 350 m)

Kärner (Augenhöhe Beobachter): Seehöhe 358 m, $\Delta H_{\text{Gelände}} = 49$ m, $\Delta H_{\text{30m Wald}} = 79$ m
Höhe: Geländehorizont = +0.68°, natürlicher Horizont = +1.10° (30m Wald)

Astronomische Berechnung und Lichtgestalt der Sonne

Mariä Lichtmess im Zeitrahmen von 1160 bis 1270

(1. Jahr nach Gründungsorientierung)

Mariä Lichtmess J/M/T	MEZ h/m/s	Höhe ±0.04°	Unter- kante	Gelände	Wald 30m	UK/30m ±0.04°	Lichtgestalt der Sonne in Achse Wand- pfeiler West–Ost
1	2	3	4	5	6	7	8
1168/ 02/02	7/24/56	+1.26°	+1.02°	+0.68°	+1.10°	-0.08°	Sonne sitzt ca. auf
1174/ 02/02	7/25/32	+1.47°	+1.23°			+0.13°	ca. 1/4 über Ho- rizont (27%)
1236/ 02/02	7/25/22	+1.45	+1.21°			+0.11°	ca. 1/4 über Ho- rizont (23%)
1247/ 02/02	7/25/44	+1.58°	+1.34°			+0.24°	1/2 über Hori- zont (50%)

0.01° in der Höhe entspricht am Horizont 0.7m

Scheinbarer Durchmesser der Sonne zufolge Abplattung: horizontal 0.53°, vertikal 0.48°

ANLAGE 5

Astronomie Oculus Weiterbau Azimut 71.29° (+1.1°/-0.8°)

Achse Oculus

Achse Oculus			
Verbindung Mittelpunkt Apsis UG innen mit Oculus (Koordinaten siehe Koordinatenverzeichnis)			
Punkte	Richtung	γ	Azimut
$M_{\text{AUI}} - A$	71.5521°	-0.2664°	71.2857 : Rechenwert: 71.29°

γ : Meridiankonvergenz

Geländehorizont – natürlicher Horizont (Wald)

Horizontpunkt: Entfernung 4070m, Seehöhe 437m,
Koordinaten (-23 608 m/238 276 m)

Karner (Augenhöhe Beobachter):

Seehöhe 358 m, $\Delta H_{\text{Gelände}} = 79$ m, $\Delta H_{30\text{m Wald}} = 109$ m

Höhe: Geländehorizont = +1.12°, natürlicher Horizont = +1.54° (30m Wald)

Astronomische Berechnung für die Jahre, in denen die Sonne am Ostersonntag am Horizont aufsteht

Ostersonntag im Zeitrahmen von 1170 bis 1250

Ostern T/M	Jahr J	MEZ h/m/s	Azimut in Höhe +1.78° (Sonne sitzt am Horizont)	Abweichung von Achse Oculus 71.29°		Bauunter- brechung ab 1168 [J]
				Grad	cm	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
18. April	1199	4/59/00	72.36°	1.07°	5.3	31
	1210	4/59/20	72.20°	0.91°	4.6	42
19. April	1215	5/02/58	71.81°	0.52°	2.6	47
	1226	5/02/27	71.65°	0.36°	1.8	58
19. April	1237	5/01/53	71.49°	0.20°	1.0	69
	1248	5/01/19	71.32°	0.03°	0.0	80
20. April	1180	5/00/27	71.09°	0.20°	1.0	12
	1242	5/00/32	71.10°	0.19°	1.0	74
21. April	1185	4/59/07	70.71°	0.58°	2.9	17
	1196	4/58/34	70.55°	0.74°	3.6	28

Wahrscheinlichste Lösung in der Regierungszeit Herzog Leopolds VI. mit spätes-
tens 1215 (Mario Schwarz).

