

# Einführung in AutoCAD für Archäologen

Christoph Rinne

01. Mai 2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Digitalisieren &amp; Konstruieren</b>	<b>1</b>
1.1 Plan . . . . .	1
1.2 Wand bzw. Profil digitalisieren . . . . .	4

## 1 Digitalisieren & Konstruieren

Digitalisieren und Konstruieren trifft es nicht vollständig. Hauptthemen sind die Arbeit mit Layern, Benutzerkoordinatensystemen, externe Referenzen, das Einbinden von Bildern und die Bemaßung von Objekten. Zudem wird bisher Behandeltes wiederholt, vor allem “Drehen” und “Varia”.

Bearbeitet wird das sogenannte **Heiligtum von Son Oms** (Son Vidal Nou, Palma de Mallorca), ehemals 39.545122°N/2.738873°E (direkt unter der Landebahn des Flughafens) und heute transloziert auf ein Rondell im Flughafenzubringer (39.542183°N/2.710539°E). BIC Register: [RI-51-0001448](#). Der Steinbau ist Teil eines umfangreichen Denkmalensembles (Heiligtum, Talaiot, Stufenhügel, Labyrinth und Gräberfeld) in dem in den 1960er Jahren zahlreiche Ausgrabungen stattfanden ([Rosselló Bordoy, 1984, 1965, 1963](#); [Rosselló Bordoy und Ayuso, 1983](#)). Im Zuge der wirtschaftlichen Erschließung wurde dieses Ensemble zerstört, lediglich das Heiligtum konnte versetzt werden und wurde aus diesem Anlass eingehender analysiert und dokumentiert ([Rosselló Bordoy, 1984](#)). Die Nachfolgende Übung nutzt die Daten dieses online verfügbaren Büchleins in der Schriftenreihe [Trabajos del Museo de Mallorca](#).

Ausgehend von dieser Publikation soll ein schlichtes dreidimensionales Modell erstellt werden. Basierend auf dem Grundriss (Abb. 2) werden für die Zeichnungen der Außen- und Innenansichten (Abb. 3, 4) Benutzerkoordinatensysteme eingerichtet, die vier äußeren Profilansichten eingehängt und die einzelnen Steine auf der jeweiligen Ebene (Wand) nachgezeichnet bzw. digitalisiert. Für ein 3D-Modell können diese Polygone nachfolgend noch in Flächen konvertiert und entsprechend der Dicke im Plan extrudiert werden. Da diese Arbeit durch eine Person in den 1,5 h eines Kurses nicht zu bewältigen ist, werden nach dem Einbinden des Planes die Wände in Gruppen bearbeitet und abschließend als externe Referenzen zusammengeführt. Auch dies wird sich über mehr als eine Lerneinheit ziehen. Sofern Ihnen die genannten Abbildungen als Unterlagen nicht zur Verfügung stehen laden Sie sich das frei zugängliche PDF (s.o.) herunter, extrahieren Sie die Bilder und trennen Sie jede Ansichten in eine einzelne Datei (jpg oder tif).

### 1.1 Plan

Das Einbinden des Planes betrifft bereits alle wesentlichen Lernschritte: das Arbeiten mit Layern und das einbinden externer Referenzen. Zudem wird das Drehen, das Skalieren und das Zeichnen wiederholt.

#### 1.1.1 Layer

Layer organisieren die Elemente der Zeichnung. Im Unterschied zu GIS müssen Objektklassen (Punkt, Linie, Polygon) nicht getrennt werden, sondern es werden bevorzugt organisatorische Einheiten gebildet. Für die Archäologie empfiehlt sich z.B. eine Trennung nach Plana und Dokumentationskategorie (Grabungsgrenzen,

Befundgrenzen, Profillinien, Fundeinmessung, Beschriftung, etc.). Die einzelnen Elemente lassen sich dann leicht ein- und ausblenden oder getrennt drucken, getrennt bearbeiten und selektiv exportieren.

Layer haben zahlreiche Eigenschaften, hervorzuheben sind: Name, Farbe, Linientyp und -stärke. Layer lassen sich nach ihren Eigenschaften filtern und so in Gruppen organisieren, eine **stringente Nomenklatur** ist dabei sehr hilfreich. Die Objekte einer Zeichnung erhalten ihre Eigenschaft, also Farbe, Linientyp oder Linienstärke üblicherweise über den Layer, also z.B. alle Grabungsgrenzen sind *a priori* grüne Strichpunktlinien. Um **Objekte auf andere Layer zu schieben** markieren Sie die Objekte und wählen aus dem *drop-down* im Menü den richtigen Layer aus. Wenn kein Objekt markiert ist wechseln Sie über die Auswahl im *drop-down* schnell auf den jeweiligen Layer.

---

#### Anmerkungen

- Der Layer 0 ist Standard, immer vorhanden, kann nicht gelöscht werden und wird gerne als Ablage genutzt. Letzteres ist sinnvoll, aber löschen Sie hier alles vor Abgabe der Datei. Wichtige Objekte gehören nicht auf den Layer 0.
  - Objekte müssen auf einem Layer liegen, automatisch generierte Objekte, z.B. das Ansichtsfenster (Planansicht) im Layout, werden auf den aktuell aktiven Layer oder gerne auch 0 gelegt. Wird dieser Layer gesperrt oder ausgeblendet gilt dies auch für dieses Objekt.
  - Neu angelegte Layer nutzen den aktiven Layer als Vorlage.
- 

Mit **layer** öffnen Sie das Layerfenster und mit `<alt>+<n>` legen Sie einen Layer an. Nennen Sie diesen "Plan\_Bild", wählen Sie als Farbe ein dunkles Grau (Index Nr. 251) und setzen Sie diesen Layer mit `<alt>+<a>` aktuell (grüner Haken). Neben den verständlichen Spalten wie "Ein" und "Sperren" ist "Frieren" eher ungewöhnlich. Frieren unterbindet die dynamische Neuberechnung der hier abgelegten Elemente beim Zoomen. Bei großen und komplexen Zeichnungen, besonders 3D mit Rendereffekten spart dies Rechenleistung. Wenn Sie den Effekt mal erleben wollen zeichnen Sie einen kleinen Kreis auf einem gefrorenen Layer und zoomen hinein. Der Kreis wird dann als Vieleck dargestellt und erst mit *REGEN(erieren)* neu berechnet. Die hinteren Spalten beziehen sich auf den Papierbreich, dazu später beim Thema Layout und Drucken.

Schalten Sie das Layerfenster auf "automatisches Ausblenden" (mittleres Icon am Rand der Fensterleiste). Speichern Sie die Zeichnung in dem Projektordner "04-SonOms".

#### 1.1.2 Externe Referenz einfügen

Externe Referenzen sind ein wichtiges Element um **komplexere Projekte zu gliedern**, Grundlage ist ein gemeinsames Koordinatensystem und auch aufeinander abgestimmte Layernamen. In der Archäologie können Sie so leicht einzelne Schnitte einer Grabung in getrennten Dateien (DWG) unabhängig bearbeiten. Eine übergeordnete Datei kann alle vorhandenen Daten dann als Referenz (Link) integrieren und gemeinsam darstellen. Neben DWG-Referenzen können auch "Fremdformate" wie Bilder referenziert werden, die AutoCAD-Zeichnung beinhaltet dann nur den Pfad zum Bild, den Einfügepunkt, die Rotation und die Skalierung. Für relative Pfadangaben muss die DWG-Zeichnung selbst schon gespeichert, also lokalisiert sein! Damit ist eine **gut organisierte Dateiablage** zwingend erforderlich. Messbilder, die Umzeichnung und alle abhängigen Dateien lege ich gerne in einen Ordner je Messbild.

Mit "Einfügen -> Rasterbildreferenz. ..." wählen Sie zuerst die Planzeichnung (SonOms\_PlanSanctuar.jpg) danach öffnet sich das Fenster der Bildzuordnung. Pfadtyp: relativer Pfad, Einfügepunkt: 0,0,0, Skalierung: 1, Drehung: 0, [OK]. Der Plan hat kein Koordinatensystem, der Einfügepunkt liegt links unten und der Befund befindet sich vollständig im positiven Achsenabschnitt. Der Plan ist genordet, so dass wir keine Rotation vornehmen müssen. Einzig die Skalierung muss angepasst werden. Markieren Sie den Plan und tippen Sie **varia**: Basispunkt: 0,0,0, "B" für Bezug, markieren Sie als Bezugslänge möglichst exakt den abgebildeten Maßstab (mit dem Scrollrad der Maus interaktiv zoomen) und abschließend die neue Länge angeben: 5. Danach mit **zoom, g** auf die neuen Grenzen zoomen (speichern).

Markieren Sie das Bild und rufen Sie die Eigenschaften auf. Verändern Sie die Eigenschaft "Fade" über das Icon am rechten Rand im folgenden Fenster auf 50 (%). Zeichnen Sie eine geschlossene Polylinie (2D) mit ca.

8 Punkten um den Grundriss einschließlich Buchstaben aber ohne Nordpfeil, Maßstab und Text. Markieren Sie das Bild und wählen Sie aus dem Kontextmenü dann “Bild -> Zuschneiden”. Neue Umgrenzung ist die Vorgabe, also <enter>, “w” für “Polylinie Wählen” und die gezeichnete Polylinie auswählen. Mit <strg>+<s> die Zeichnung speichern. Damit sind überflüssige Randbereiche ausgeblendet, nicht weggeschnitten.

Da wir nachfolgend den Maßstab noch kontrollieren wollen, schalten Sie beim Bild die Eigenschaft “Zugeschnittene anzeigen” auf “Nein”. Sie können das Bild nur am Rand oder mit einem Zaun markieren, egal wie Sie vorgehen, Sie erwischen immer nur die Polylinie, die später gezeichnet ja “oben drauf” liegt. Zwei Möglichkeiten:

- Markieren Sie mit einem Zaun von rechts nach links nur knapp über den Rand des Bildes beide Objekte. Wählen Sie im *dorp-down* Menü am oberen Fensterrand statt “Alle (2)” “Pixelbild (1)” und ändern Sie dann direkt “Zugeschnitten ...” auf “Nein”.
- Klicken Sie auf den Rand des Bildes, kontrollieren Sie im Eigenschaftenfenster am oberen Rand ob es sich um die Polylinie handelt und wählen Sie nachfolgend im Kontextmenü bei weiterhin markierter Polylinie “Zeichnungsreihenfolge -> Ganz unten”. Nachfolgend sollte das Bild zuerst markiert werden.

### 1.1.3 Bemaßung

Zur Kontrolle messen wir die Länge des Maßstabes und zur Übung dann noch die Seitenlängen. Natürlich würde man dies unmittelbar nach dem Skalieren tun, nur wollte ich den Absatz der Bildbearbeitung von dem Thema Bemaßung trennen. Die **Messwerkzeuge** finden wir im Menü unter “Extras -> Abfrage”, wählen Sie hier “Abstand” und messen Sie den Maßstab. Anmerkung: Wenn Sie viel Messen müssen können Sie über “Extras -> Werkzeugkästen -> AutoCAD” die Werkzeugleiste “Abfrage” dauerhaft einblenden und an einer Position im Randbereich verankern. Über der Kommandozeile steht etwas unleserlich das Ergebnis, mit <F2> schalte Sie das Protokollfenster ein um 1. besser Lesen zu können und 2. den Text auch kopieren zu können. Die Angaben sollten eigentlich für sich sprechen, dennoch: Abstand ist die Distanz zwischen den markierten Punkten und unter Delta (gr. D wie Differenz) werden die Abstände auf der jeweiligen Achse angezeigt. Schalten Sie für das Bild nun Zugeschnitten wieder auf “Ja”.

Abstand = 4.9850, Winkel in XY-Ebene = 0, Winkel von XY-Ebene = 0  
Delta X = 4.9850, Delta Y = 0.0000, Delta Z = 0.0000

Legen Sie für die Bemaßung des Plans einen neuen Layer an, nennen Sie diesen “Plan\_Bemassung” und belassen Sie die Farbe auf “Weiß” oder “Schwarz”, beides wird im Druck Schwarz. Setzen Sie diesen Layer aktiv. Wählen Sie “Bemaßung -> Ausgerichtet”, klicken Sie auf zwei sinnvolle Punkte zur Bemaßung einer Wand und ziehen Sie den Bemaßungstext angemessen raus. Bemaßungstexte haben einen eigenen Stil den wir nun anpassen, öffnen Sie hierzu mit “Bemaßung -> Bemaßungsstil ...” das Fenster des Bemaßungs-Managers. Unter dem Register “Anpassen” können Sie mit “Globaler Skalierfaktor” alle Elemente der Bemaßung angemessen skalieren, einfach vorab den Faktor für die Schrift schätzen und dann eintragen. Unter dem Reiter “Primäreinheiten” können Sie unter “Genauigkeit” die Anzahl der Nachkommastellen bestimmen. Wählen Sie hier für unser Projekt eine Genauigkeit von “0.00”. Die Bemaßung ist dynamisch, alle Elemente, z.B. die mit kleinen Punkten markierten Messpunkte können angefasst und verschoben werden. Mit **ursprung** können Sie die Bemaßung zerlegen bzw. in statische Elemente umwandeln. Bemaßen Sie mal weitere wichtige Elemente, z.B. die lichte Weite (Innenmaß) oder die Wandstärke. (<strg>+<s> für *save*).

### 1.1.4 Planum, Befundgrenzen und digitale Zeichnung

Digitalisieren der Befundgrenze und Steine 3D oder 2D? Die Antwort ist klar: **2D**. Dafür gibt es mehrere Argumente:

- Unsere Vorlage ist 2D und zeigt idealerweise einen horizontalen Schnitt (Planum) durch den Befund.
- Wir haben keine Höhenunterschiede in den Steinen, die wir darstellen könnten.
- Unsere 2D-Polylinie ist “nur” plan, sie liegt aber dennoch im 3D-Raum, nur eben auf Null.
- Im Vorgriff auf das folgende Koordinatensystem: Verstehen Sie unser Planum als Schnittebene (Papier) mit einer definierten Lage im 3D-Raum.

### 1.1.5 3D oder 2D auf der Grabung?

Wie ist das auf der Ausgrabung wenn ich dort zeichne? Ich sehe dort eigentlich keine Unterschiede zur Handzeichnung was die Messpunkte angeht, auch digital dokumentieren wir auf einer definierten Ebene: dem Planum. Da unser Planum aber selten Plan ist und zudem geneigt sein kann wähle ich auf der Ausgrabung eine 3D-Polylinie. Die Versuchung ist groß, Steine im Planum entlang der oberen Kante zu zeichnen, gerne auch mit Höhen und Tiefen, das ist im Sinn einer Dokumentation der Schnittebene (Planum) aber falsch. Wenn Sie dann große Steine von Planum zu Planum stets oben dokumentieren oder gar aufgesockelte Steine die über dem Planum schweben erneut einzeichnen, stimmt das Ergebnis nicht mit einem Schnittbild überein, es ist dann eine summierte Darstellung aller Befunde. Das schaffen sie digital aber durch einblenden aller Zeichenebenen.

Übrigens sind Baupläne genormt als idealisierter Schnitt auf 1 m Höhe des Raumes gemessen, so dass Fenster und Türen dargestellt sind.

Legen Sie einen neuen Layer an, Name: Plan\_Steine, Farbe: blau (Index Nr. 5). Digitalisieren Sie die Steine mit 2D-Polylinien (pl), dabei sollten Sie den OFang ausschalten, um unbemerktes Fangen zu vermeiden. Denken Sie daran jede Polylinie zu schließen (s). Allerdings impliziert dies leider gemeinsame Kanten von anliegenden Steinen doppelt zu zeichnen, schalten Sie hierfür den OFANG für Endpunkt wieder ein. Und wenn sich Steine überlagern? Der Stein ist sonst doch unvollständig, also falsch gezeichnet. Die pauschale Antwort darf als Gegenfrage formuliert werden: Wo liegt das Planum, wo liegt die Schnitt- und Dokumentationsebene? Sicher gibt es begründbare Ausnahmen, doch sollte Sie sich diese Frage stets als erstes stellen.

## 1.2 Wand bzw. Profil digitalisieren

Nach einem einleitenden Absatz zu Koordinatensystemen wird eine Linie für das Einhängen der Profilzeichnung bzw. Wandansicht gezeichnet. An dieser Linie wird dann ein neues BKS ausgerichtet um 90° noch in eine vertikale Ansicht gedreht und nachfolgend das Bild hieran ausgerichtet.

### 1.2.1 Koordinatensysteme: WKS und BKS

WKS steht für Weltkoordinatensystem und BKS für Benutzerkoordinatensystem (eng. wcs, ucs). Muss man nicht wirklich erklären, die resultierenden Vorteile aber schon. Ihre Grabung liegt irgendwo in der Welt in einem orthogonalen Koordinatensystem, z.B. UTM. (Ja, auch das ist natürlich definiert, also eigentlich ein BKS, aber bitte nicht kleinkariert oder philosophisch werden.). Ausgerichtet auf ihren Schnitt messen Sie vor Ort mit einem Maßband nur lokale Koordinaten. Alles kein Problem in AutoCAD: Wählen Sie “Extras -> Neues BKS -> 3 Punkte”, markieren Sie als Ursprung des lokalen Koordinatensystems die Ecke des Schnittes, bestimme Sie die Richtung der x-Achse und markieren danach irgend einen Punkt im positiven Abschnitt der y-Achse. Es geht noch interaktiver: markieren Sie das Achsensymbol, fassen Sie den Ursprung und verschieben sie diesen auf die Ursprungsecke Ihres Schnittes, fassen Sie dann das Ende einer Achse, z.B. x-Achse, und drehen sie das Symbol auf die richtige Ausrichtung. Alles unter der Prämisse eines exakt rechtwinkligen Schnittes. Im WKS unter dem *view cube* steht nun “unbekannt”. Von nun an gilt für alle Koordinaten (Maus und Befehle) das lokale Koordinatensystem, auch beim Import von Punktlisten. Benennen Sie ein Koordinatensystem, können Sie jederzeit hin und her wechseln. Dies geht in “Extras -> Benanntes BKS”, Doppelklick auf den Namen und umbenennen. Beim Export von Objekten gilt das Weltkoordinatensystem.

Blenden Sie die **Koordinaten in der Statusleiste** (Fußleiste) ein. Klicken Sie dafür auf das Icon für die Anpassung rechts unten (drei horizontale Striche) und wählen Sie Koordinaten. Je nach AutoCAD-Version sehen Sie den View-Cube nicht in der 2D-Ansicht, schalten Sie dann um auf 3D-Drahtkörper (“Ansicht -> Visuelle Stile”). Zeichnen Sie im WKS eine (Profil-)Linie entlang einer Außenmauer (A) auf dem Layer 0, starten Sie auf der linken Seite der späteren Außenansicht. Ändern Sie die Farbe des Layers 0 auf irgend etwas gut sichtbares, z.B. Magenta. Vergleichen Sie für Start- und Endpunkt der Linie die Plan- mit der entsprechenden Profilzeichnung, um korrespondierende und leicht zu identifizierende Steinkanten für die spätere Justierung des Profilbildes zu nutzen. Gehen Sie über “Extras -> Neues BKS -> Objekt” und wählen Sie die Linie aus. Ihr BKS-Symbol sollte mit X/Y an der Linie ausgerichtet sein, der Ursprung (0,0,0) ist die Linke Seite von Außen. Drehen Sie die Ansicht mit den Pfeilen am Orbit in die gewohnte Ansicht, “Oben” im

Orbit sollte normal lesbar sein. Drehen Sie nun mit “Extras -> Neues BKS -> X” das BKS um “90”° um die X-Achse. Drehen Sie die Ansicht mit dem Orbit bis “Oben” richtig zu lesen ist und das BKS-Symbol X/Y wie gewohnt anzeigt. Öffnen Sie mit “Extras -> Benanntes BKS ...” das BKS-Fenster, markieren Sie das aktive (Pfeil) unbenannte BKS und benennen Sie es nach dem Buchstaben im Plan, z.B. A-Wand. Fassen Sie den ViewCube oben an der Kante und kippen Sie den Plan zur Kontrolle in eine leichte Perspektive. Unter dem ViewCube ist ein kleines drop-down mit den BKS, hier können Sie schnell zwischen gespeicherten BKS wechseln.

### 1.2.2 Profilbild einfügen und nachzeichnen

Die weiteren Arbeitsschritte liegen nun auf der Hand. Im neue angelegten BKS das Bild einbinden, drehen, skalieren nach Maßstab und Steinlagen (Abweichung sind zu erwarten), Justieren anhand der Steingrenzen im Plan und abschließend nachzeichnen der Steine mit eine 2D-Polylinie. Erwarten Sie kein perfektes Ergebnis da: 1. die Wände eventuell leicht nach innen geneigt waren, 2. wir keine eindeutigen Bezugspunkte oder Höhenangabe haben und 3. durch die 2D Zeichnung als auch die Reproduktion für den Druck sicher Verzerrungen vorliegen.

Legen Sie neue Layer an, benennen Sie diese analog dem BKS, z.B. A-Wand\_Bild und A-Wand\_Steine mit den selben Farben des Plans (251, 5). Schalten sie die anderen Steinlayer und alles, was Sie verwirrt oder mit OFang die Linien unerwünscht beeinflussen kann unsichtbar.

Wir starten mit dem Profilbild (Layer A-Wand\_Bild aktiv schalten), der Befehl **xref** ruft den Manager für externe Referenzen auf. Wählen Sie links oben im *drop-down* statt “DWG” “Bild zuordnen” aus und wählen Sie das entsprechend Bild aus. Stellen Sie den Pfad auf relativ, den Rest bestimmen wir in der Zeichnung und [OK]. **Wenn der “relative Pfad” eine Fehlermeldung verursacht** wählen Sie abbrechen, speichern Sie die Zeichnung (<strg>+<s>) und versuchen Sie es erneut. Ändert dies nichts wählen Sie “ohne Pfad”, Zeichnung und Bild sollten ja in einem Ordner liegen. **Wenn das Fenster ihre Zeichnung verdeckt** aktivieren Sie das automatische Ausblenden (Pfeil-Icon im Fensterrand). Ziehen Sie das Bild mit der Maus im Bereich der Bezugslinie für das BKS dieser Wand auf. Verändern Sie die Zeichenreihenfolge für Linie und Bild, um erstere zu sehen (“Extras -> Zeichnungsreihenfolge”). Schieben und skalieren Sie das Bild bis es möglichst optimal im Bezug zur Planzeichnung liegt (denken Sie beim Skalieren an **B**(ezug)). Kippen Sie die Zeichnung mit der oberen Kante des *view cube* ein wenig zur visuellen Kontrolle und messen Sie auch die Länge des Maßstabs. Wenn Sie einen Mittelweg gefunden haben digitalisieren Sie die Steine mit einer geschlossenen 2D-Polylinie (pl) auf dem korrespondierenden Layer A-Wand\_Steine.

Wiederholen Sie diese Schritte für alle Wände, außen und innen. In der Übung teilen wir diese Aufgabe in Gruppen auf.

Verteiltes Arbeiten kommt oft vor, in der Archäologie z.B. in den einzelnen Schnitten einer Ausgrabung. In der nächste Übung werden wir die Einzelteile des Heiligtums von Son Oms, also die einzelnen Wände, zusammenführen. Das zentrale Thema ist die Arbeit mit Referenzen. Zudem geht es nochmals um Layer, deren Organisation und Filter.

Rosselló Bordoy, G., 1984. Son Oms: El Santuario Talayotico Su Traslado y Su Reposición, Trabajos Del Museo de Mallorca. Palma de Mallorca.

Rosselló Bordoy, G., 1965. Excavaciones en el conjunto talayótico de Son Oms (Palma de Mallorca, Isla de Mallorca), Excavaciones Arqueológicas en España. Servicio Nacional de Excavaciones Arqueológicas, Madrid.

Rosselló Bordoy, G., 1963. El Túmulo Escalonado de So’n Oms (Palma de Mallorca), Publicaciones Eventuales. Instituto de Arqueología, Universidad de Barcelona,.

Rosselló Bordoy, G., Ayuso, V.M.G., 1983. La Necrópolis Infantil de Cas Santamarier (Son Oms)(Palma de Mallorca). Noticiario arqueológico hispánico 405–447.

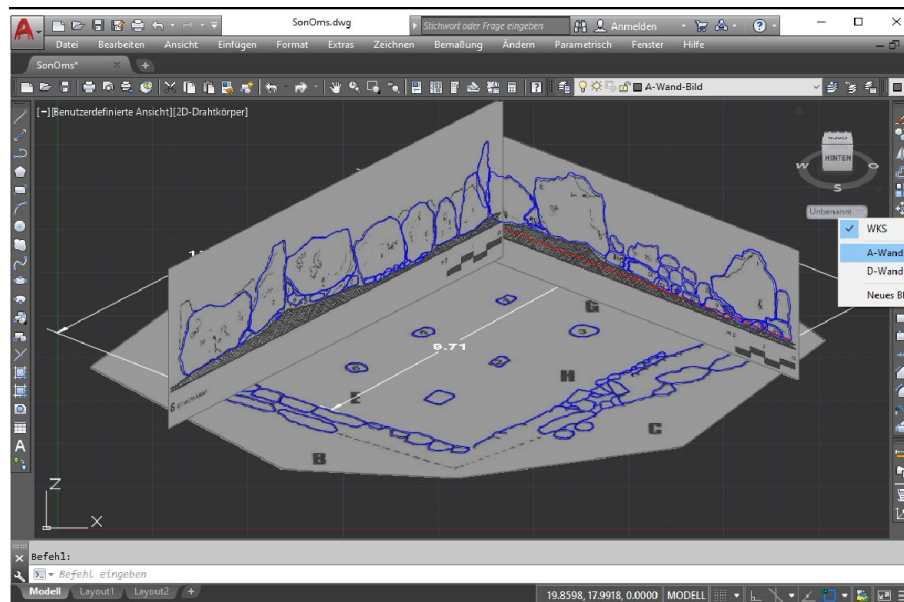


Abbildung 1: Son Oms, Heiligtum. 3D-Ansicht nach dem Zeichnen der Wände A und B.