

# Einführung in AutoCAD für Archäologen

Christoph Rinne

25. April 2023

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Digitalisieren &amp; Konstruieren</b>	<b>1</b>
1.1 Plan . . . . .	1
1.2 Wand bzw. Profil digitalisieren . . . . .	4
<b>Literatur</b>	<b>6</b>

## 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; [earth.google.com](https://earth.google.com)). 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 der Wände (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).

Nutzen Sie für die neue Datei (<strg> + <n>) diesmal die Standardvorlage acadiso.dwt und ändern Sie als erstes die **Einheit auf Meter** (einheit).

### 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 blendet die Layer aus und unterbindet zugleich die dynamische Neuberechnung der hier abgelegten Elemente beim Zoomen. Bei großen und komplexen Zeichnungen, besonders 3D mit Rendereffekten spart dies Rechenleistung. 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). Ist die Maus auf der Leiste wird das Fenster nun automatisch aufgeklappt. Speichern Sie die Zeichnung in dem Ordner der Rasterbilder von SonOms (Projektordner "SonOms"). Dieser Schritt ist für die relative Pfadangabe beim folgenden Xref wichtig.

#### 1.1.2 Externe Referenz einfügen

Externe Referenzen sind ein wichtiges Element, um **komplexere Projekte zu gliedern**, Grundlage ist ein gemeinsames Koordinatensystem und aufeinander abgestimmte Layernamen sind von Vorteil. 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** vorteilhaft. Messbilder, die Umzeichnung und alle abhängigen Dateien lege ich gerne in einen Ordner je Messbild oder bei komplexeren Strukturen in Unterordner.

Mit "Einfügen -> Rasterbildreferenz..." wählen Sie zuerst die Planzeichnung (SonOms\_Plan.jpg) danach öffnet sich das Fenster der Bildzuordnung. Pfadtyp: relativer Pfad, Einfügepunkt: 0,0,0, Skalierung: 1, Drehung: 0, [OK]. Wenn Sie die Haken für "Am Bildschirm bestimmen" belassen, müssen Sie dieses nachfolgend angeben oder die Vorgabe bestätigen. Zoomen Sie auf die Grenzen der Zeichnung (**zoom, g**). 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 scheinbar keine Rotation vornehmen müssen. Einzig die Skalierung muss angepasst werden. Für die Genauigkeit führen wir dennoch eine **Rotation** des Rasterbildes durch. Markieren Sie den Plan und **drehen**, Basispunkt: 0,0,0, Sie könnten den Plan nun frei drehen, tippen Sie **b** für die Angabe einer **Bezugslinie**, markieren Sie möglichst genau den Nordpfeil von Süden nach Norden (zoomen mit dem Scrollrad der Maus) und geben Sie abschließend den Winkel in Grad an: 90. **Die Skalierung** erfolgt ähnlich. Markieren Sie den Plan und

tippen Sie **varia**: Basispunkt: 0,0,0, “B” für Bezug, markieren Sie als Bezugslänge möglichst exakt den abgebildeten Maßstab und geben Sie abschließend die neue Länge: 5. Danach mit **zoom, g** auf die neuen Grenzen zoomen (speichern). Der Basispunkt ist in beiden Fällen der “unverrückbare Nagel in der Wand” und Bezug erlaubt die Änderung bei Kenntnis der Zielgröße.

Kontrollieren Sie das Ergebnis und messen Sie dazu die Maßstabsleiste: “Extras -> Abfrage -> Abstand”. Die Rückgabe, drücken Sie ggf. <F2>, sollte etwa so aussehen:

```
Abstand = 5.0229, Winkel in XY-Ebene = 0, Winkel von XY-Ebene = 0
Delta X = 5.0228, Delta Y = -0.0418, Delta Z = 0.0000
```

Mit <esc> verlassen Sie den aktiven Messbefehl für weitere Messungen.

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 (%). Markieren Sie das Bild und wählen Sie aus dem Kontextmenü dann “Bild -> Zuschneiden”. Neue Umgrenzung ist die Vorgabe, also <enter>, v für Vieleck + <enter>. Zeichnen Sie nun ein Vieleck (Achteck) um den Plan einschließlich der Buchstaben A-D und schließen sie es mit **s**. Damit sind überflüssige Randbereiche ausgeblendet, nicht weggeschnitten. Markieren Sie das Bild, auf der ersten Linie des Schnittpolygons sehen Sie einen blauen Pfeil, dieser wechselt zwischen den Bildteilen. Die Punkte der Schnittgrenze können verschoben werden, der Ausschnitt wird dynamisch verändert. Das Bild wird von nun an über die Schnittmaske markiert (<strg> + <s>peichern).

### 1.1.3 Bemaßung

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 (**bemstil**). Links können Sie eine Vorgabe für die folgenden Bemaßungen wählen, rechts können Sie mit [Ändern] die Einstellungen für den aktiven Stil verändern. Im neuen Fenster im 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>). Der Bemaßungsstil unserer Bemaßung steht bei den Eigenschaften des jeweiligen Objektes.

### 1.1.4 Planum, Befundgrenzen und digitale Zeichnung

Digitalisieren der Befundgrenze und Steine 3D oder 2D? Die Antwort für unsere Zeichnung 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.

Legen Sie einen neuen Layer an, Name: Plan\_Steine, Farbe: z.B 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.

Alle Objekte, Linien und Rasterbild liegen auf z=0 und es kann vorkommen, dass Linien “unter” das Rasterbild geraten. Zwei Lösungen: 1. Sie markieren das Rasterbild und wählen aus dem Kontextmenü “Zeichnungsreihenfolge -> Ganz unten”. 2. Sie verändern den Z-Wert des Rasterbildes in den Eigenschaften auf einen leicht negativen Wert, z.B. -.01.

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.

### 1.1.5 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** (3dp). 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.

## 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. 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 am linken Rand der Außenansicht, also im NO 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 angezeigt wird. 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 dem Maßstab als auch der Steinlagen (Abweichung sind zu erwarten), justieren anhand der Steingrenzen im Plan und abschließend nachzeichnen der Steine mit einer 2D-Polylinie. Erwarten Sie kein perfektes Ergebnis da: 1. die Wände eventuell leicht nach innen geneigt waren, 2. wir keine eindeutigen Bezugspunkte (z.B. Profilmägel) 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.

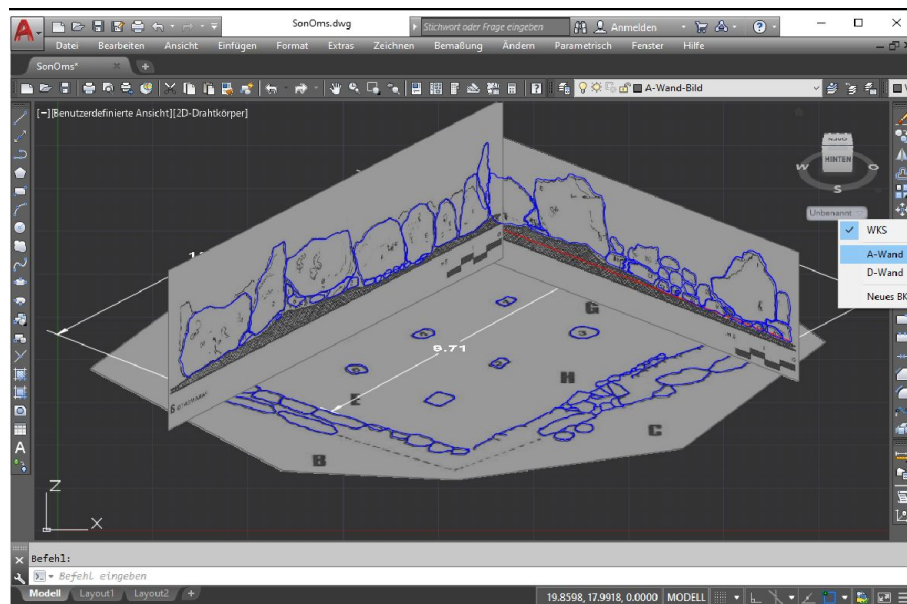


Abbildung 1: Son Oms, Heiligtum. 3D-Ansicht nach dem Zeichnen der Wände A und B.

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.

## Literatur

- 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.