

3D Rekonstruktion der römischen Thermen von Juliomagus

Simon Wenner



Maturaarbeit 2002, Kantonsschule Schaffhausen
Betreut von Herrn Eduard Schwyn

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis	1
2. Einleitung.....	3
3. Römische Badekultur.....	4
4. Architektur und Technik.....	5
4.1. Raumabfolge.....	5
4.2 Technische Vorraussetzungen.....	7
4.2.1. Gussmauerwerk	7
4.2.2. Glas	7
4.2.3. Wasserversorgung	8
4.2.3. Heizung	8
4.3. Ausstattung und Dekoration	9
5. Juliomagus	10
6. Ausgrabung:	11
6.1. Überblick	11
6.2. Datierung	12
6.3. Bauphasen.....	12
7. Hilfsmittel und Techniken.....	16
7.1. 3D Studio Max R4	16
7.1.1. Einleitung	16
7.1.2. Grundlegendes	17
7.1.3. Modelling.....	17
7.1.3.1. Splineextrusion	17
7.1.3.2. Spline Drehverfahren.....	18
7.1.3.3. Boxmodellierung.....	18
7.1.3.3. Vertexmodellierung.....	20
7.1.3.4. Boolesche Funktionen	20
7.1.4. Glättungsgruppen.....	21
7.1.4. Beleuchtung	21
7.1.5. Rendern	22
7.1.6. Texturierung.....	23
7.1.6.1. Materialeditor.....	23
7.1.6.2. Texturkoordinaten.....	24
7.1.9 Kameras.....	25
7.2. Photoshop	25
7.2.1 Grundlegendes	25
7.2.2 Gezeichnete Texturen.....	26
7.2.3 Fototexturen	27
8. Vorgehensweise	29
8.1. Recherche.....	29
8.2. Skizzen	30
8.3. Testszene	31
8.4. Umsetzung in 3D.....	31

8.5. Texturierung.....	33
8.6. Licht, Details und Effekte	34
8.7. Rendern	34
9. Virtueller Rundgang.....	36
9.1 Bilder.....	36
9.2 Video.....	36
10. Fazit.....	36
11. Danksagung	37
12. Literaturverzeichnis:	38
12.1. Archäologie, Thermen:.....	38
12.2. 2D/3D Grafik, Software:	39
13. Glossar	40
13.1. Römer	40
13.2. Grafikdesign	40

2. Einleitung

Der Inhalt dieser Maturaarbeit ist die dreidimensionale Rekonstruktion der römischen Thermen von Juliomagus (Schleitheim) mithilfe eines Computerprogramms für dreidimensionale Darstellungen. Als Grundlage dienten die archäologischen Funde in Schleithem, SH und die allgemeinen Erkenntnisse über römische Thermen. Die bekannten rudimentären Überreste, sowie die teilweise noch ausstehenden archäologischen Grabungserkenntnisse verlangten nach gestalterischem Schliessen der Lücken, unter Einbezug der allgemeinen Erkenntnissen über Thermen. Persönlich fand ich es faszinierend geschichtliches, architektonisches, fotografisches und Computergrafisches gestalterisch miteinander zu verbinden.

Deshalb ist meine Arbeit eingeteilt in archäologische und historische Grundlagen, in die Beschreibung des zu rekonstruierenden Objektes, die Thermen von Juliomagus, in die Erklärung der computertechnischen Hilfsmittel, sowie die Aufzeichnung der Arbeitsschritte bis zur fertig realisierten Rekonstruktion.

Auf der beiliegenden CD ist die komplette 3D Szene, das Video, sowie weitere Bilder der Rekonstruktion, zu finden.

3. Römische Badekultur

In der antiken Welt spielte das Baden eine wichtige Rolle. Die römischen Thermen waren den Mittelpunkt des öffentlichen Lebens. Einen grossen Teil der Freizeit, häufig einen ganzen Tag lang, verbrachte man in diesen Kommunikations- und Vergnügungsstätten. Neben dem Baden konnte man vielen weiteren Tätigkeiten nachgehen. Man diskutierte, las, ass und trank, liess sich massieren oder vom Arzt behandeln. In der antiken Literatur ist häufig die Rede davon. Es wurde stets nackt gebadet. Öffentliche Badeanlagen sind jedoch keine römische Erfindung, sondern griechischen Ursprungs. Die Funktion der Thermen wandelte sich jedoch im Laufe der Zeit. Bei den Griechen stand klar der Sport im Vordergrund, wozu eine grosse Palaestra nötig war. „Palio“ bedeutet ringen. Die Palaestra ist also ein Platz oder Hof zur Ausübung von Sport. Anfänglich Ringen, später kamen weitere Sportarten hinzu, wie z.B. Gewichte stämmen und Ballspiele. Das Baden hatte bei den Griechen nur den Zweck einer Erfrischung nach der sportlichen Betätigung. Bei den Römern stand der Badevorgang selbst im Mittelpunkt. Der Sport diente nur als Zeitvertreib zwischen den Bädern. Die Becken waren bei den Römern nur selten so tief, dass geschwommen werden konnte. Man baute sie so, dass sitzend oder stehend gebadet werden konnte.

Die Thermenanlagen hatten eine festgelegte Raumfolge von kalten, warmen und heissen Zimmern. Man musste sich jedoch nicht zwingend an eine Badabfolge halten. Neben den Bädern konnte man sich auch massieren oder frisieren lassen. In grossen Thermenanlagen gab es meist einen Arzt und eine Bibliothek als weitere Dienstleistungen.

Die öffentlichen Thermenanlagen wurden vom Staat gebaut und dann verpachtet. Sehr wohlhabende Bürger, meist hohe Beamte, stifteten manchmal Thermen, um hohes Ansehen zu erlangen und um ihre Dankbarkeit gegenüber einer Stadt zu zeigen. Das Personal der Thermen, wie die Heizer, die Aufseher und das Reinigungspersonal, bestand zum grössten teil aus Sklaven, so dass nicht all zu grosse Kosten anfielen.

Der Eintrittspreis einer öffentlichen Therme war sehr niedrig oder sogar unentgeltlich. Der Besuch war also praktisch für alle sozialen Schichten erschwinglich. Die Oberschicht besuchte nur selten öffentliche Thermen, da sie private Badeanlagen unterhielt.

Den Frauen waren Badeanlagen ebenfalls zugänglich. In kleineren Thermen war morgens die Anlage für Frauen geöffnet und nachmittags und abends für Männer. Grössere Thermen waren in einen Frauen- und in einen Männerbereich unterteilt, wobei Ersterer stets viel kleiner dimensioniert war. Das Eintrittsgeld war für weibliche Besucher stets höher als für die Männer, bis zu doppelt so hoch. Über den Grund dieses Unterschiedes ist man sich auch in der Fachwelt bis heute nicht schlüssig. Eine Hypothese ist, dass so für die Kinder bezahlt wurde, welche in Begleitung ihrer Mutter die Thermen besuchen.¹

¹ Marga Weber, Antike Badekultur

4. Architektur und Technik

4.1. Raumabfolge

Alle römischen Thermen bestehen immer aus einer bestimmten Abfolge von Baderäumen, welche auf die Nutzung schliessen lässt. Der Besucher legte seine Kleider im Auskleideraum (Apodyterium) ab, dann betrieb er in der Palaestra etwas Sport, um sich aufzuwärmen. Nach dieser Anstrengung begab er sich ins Frigidarium, das Kaltbad. In den dort vorhandenen ungeheizten Becken erfrischte man sich. Dieser Raum ist meist der grösste Bereich einer Thermenanlage. Vom Frigidarium gelangte man ins Tepidarium. In diesem lauwarmen Zimmer konnte man sich an die Temperatur anpassen, bevor man sich ins Warmbad begab. Nur selten befinden sich in Tepidarium Wasserbecken. Falls es kein separates Salbzimmer (Unctorium) gab, wurde das Tepidarium dafür verwendet. Dem Laubad folgte das Warmbad, das so genannte Caldarium. Direkt neben diesem Raum befand sich der Heizungsraum, dadurch erreichte das Caldarium sehr hohe Raumtemperaturen. Die Temperatur des Bodens wird etwa auf 50-60° geschätzt. Aus diesem Grunde trugen die Badenden Holzsandalen. Im Caldarium befanden sich eine oder mehrere Heissbäder mit geringer Tiefe, da sie von unten her beheizt wurden. In sämtlichen Baderäumen gab es eine grosse Anzahl von Bänken und Sitzgelegenheiten, da man zum Teil lange warten musste, bis eines der kleinen Becken frei wurde.

Es gibt manchmal noch weitere für den Badeablauf wichtige Räume, die aber nicht der bisher beschriebenen konstanten Raumabfolge zwingend angeglichen wurden. Falls vorhanden, konnte in einem grossen ungeheizten Schwimmbecken, der Piscina, geschwommen werden. Dieser Raum wurde meist etwas abgesondert vom Badekomplex erstellt. Ein weiterer wichtiger Raum ist das Laconcium. Ein trocken-heisser Raum mit meist runder Form und kegelförmigem Dach. Zu jeder Badeanlage gehörte auch eine Latrine. Dieser Raum grenzte meist an die Palaestra. Die eigentlichen Toilettensitze bestanden aus Steinplatten mit runden Löchern und nach vorne verlaufendem Schlitz. Unter den Sitzen floss ständig Wasser. Vor dem Sitz befand sich, nach einer Abstellfläche für die Füsse, ebenfalls eine kleine Rinne mit fliessendem Wasser. Sie diente zur Säuberung der Körperteile mit der Hand.

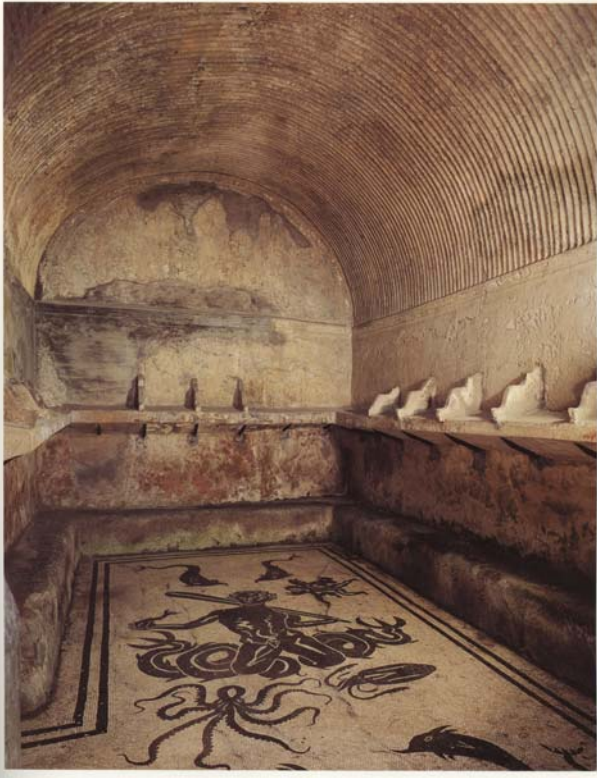


Abb. 1: Pompeji, Haus der Menander. Blick in das Caldarium. Die Ablageflächen dienen der Ablage der Kleider.²

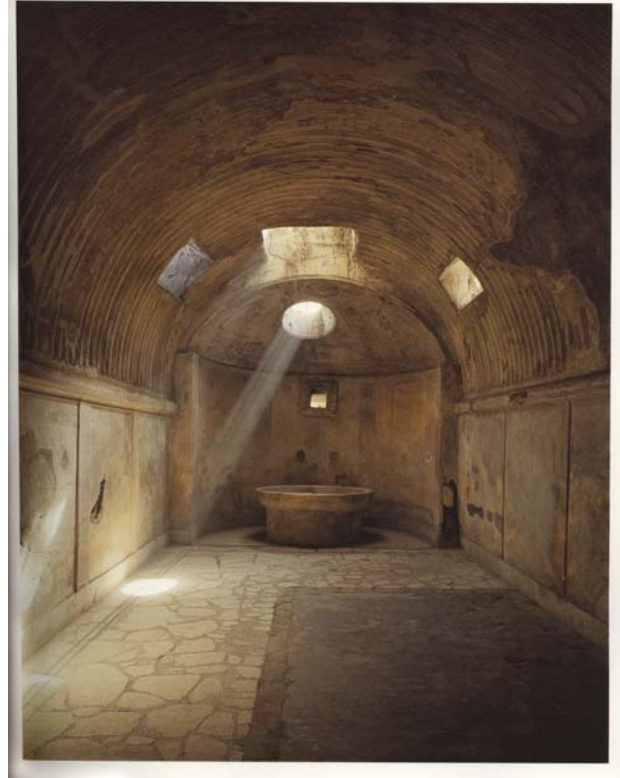


Abb. 2: Pompeji, Forumsthermen, Das Männercaldarium.³

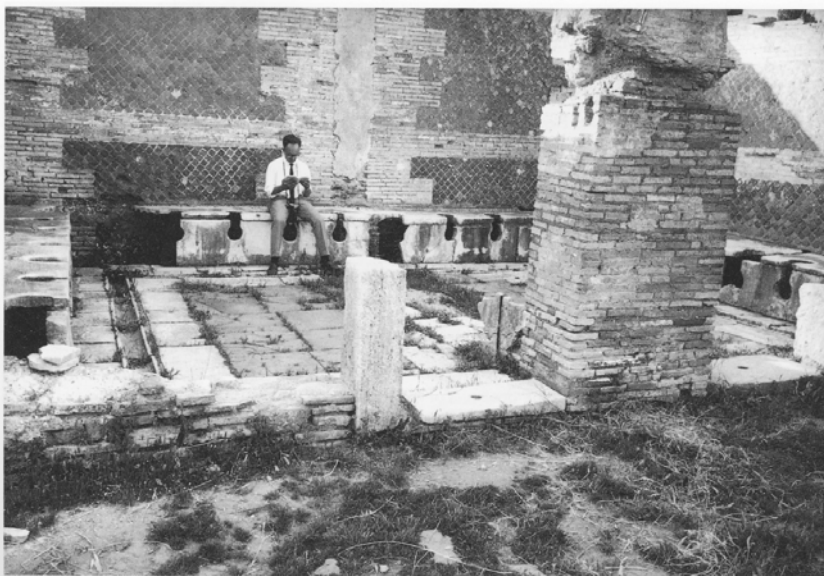


Abb. 3: Öffentliche Forumsthermen in Ostia/Italien; Unter und vor den 20 Sitzplätzen lief eine Dauerspülung.⁴

² Werner Heinz, Römische Thermen, Seite 65

³ Werner Heinz, Römische Thermen, Seite 63

⁴ H.-O. Lamprecht, Opus Caementitium, Seite 123

Für die Anordnung der Baderäume gab es verschiedene Typen. Der Einfachste stellt der Reihentyp dar, wo alle Räume hintereinander platziert sind. Es gibt kreisförmige Anordnungen, bis zu komplexen Verschachtelungen von verschiedenen Typen, wie es bei den Königsthermen der Fall ist.

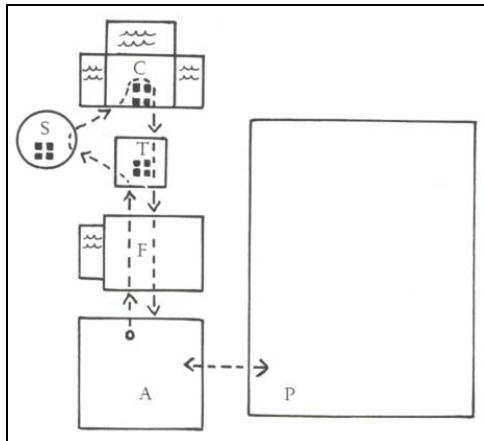


Abb. 4: Schema des Reihentyps mit seitlich angefügtem Sudatorium und Palaestra.⁶

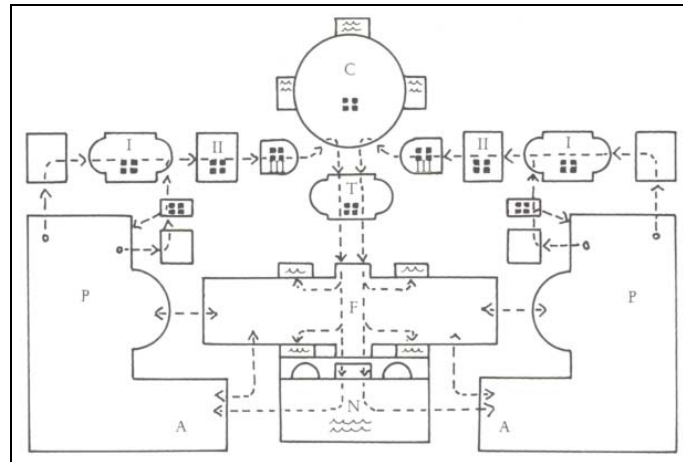


Abb. 5: Schema des „Grossen Kaisertypus“⁵

4.2 Technische Voraussetzungen

4.2.1. Gussmauerwerk

Eine der wichtigsten Erfindungen der Römer ist das Gussmauerwerk. Es handelt sich dabei um eine antike Art des Betons und wurde im 3jh. V. Chr. zum ersten Mal eingesetzt. Hauptsächlich bei Fundamenten und Decken fand sie Verwendung. Diese Technik ermöglichte das freitragende Überspannen von grossen Räumen durch Gewölbe.

Aussen wurde Gussmauerwerk mit Steinen oder Ziegel verkleidet, danach verputzt und evtl. bemalt oder stuckiert. In wohlhabenden Gebieten wurden die Wände mit verschiedenen Marmoren dekoriert, welche oft von weit her importiert wurden.

4.2.2. Glas

In den Thermenanlagen kamen die ersten Glasscheiben zum Einsatz. Erfunden wurde das Glas etwa in der ersten Hälfte des 1. Jh. n. Chr. Zu dieser Zeit waren Glasfenster ein grosser Luxus und waren neben den Thermen nur in grossen Villen anzutreffen. Das Glas wurde entweder direkt oder mit einem Holz- oder Metallrahmen eingemauert. Das Glas war einseitig matt und konnten nur relativ klein hergestellt werden. Grössere Fenster wurden durch mehrere Gläser in Rahmen zusammengefügt, wie bei den heutigen Kassettenfenstern. Um den Wärmeverlust zu minimieren, waren die Thermenfenster doppelt verglast, wie es auch heute zur Wärmeeindämmung üblich ist.

⁵ Marga Weber, Antike Badekultur, Seite 72

⁶ Marga Weber, Antike Badekultur, Seite 71

4.2.3. Wasserversorgung

Die Becken der Thermen wurden kontinuierlich mit Wasser durchströmt, was natürlich enorme Wassermassen erforderte. Für grosse Thermen wurden extra Aquädukte und Zisternen erstellt, um die Wasserversorgung sicher zu stellen. Das Wasser wurde entweder durch Tonwasserleitungen ohne Druck geschleust, oder es kamen Bleileitungen zum Einsatz. Diese erlaubten das Wasser mit Druck zu befördern. Blei ist zwar ein giftiges Metall, aber es kam praktisch nie zu Vergiftungen, da die Rohre sehr schnell verkalkten. Die Römer entwickelten die ersten Regulier- und Absperrvorrichtungen für Wasserersorgungen.

Das Abwasser wurde ebenfalls durch Tonkanäle abgeleitet, meist in das nächste Fliessgewässer.

4.2.3. Heizung

Die warmen und heissen Bereiche einer Therme waren mit einer Bodenheizung versehen. Einer so genannten Hypokaustenheizung. Die Böden der geheizten Zimmer wurden von 0.4 – 1.2m hohen Pfeilern aus Tonziegeln getragen. Auf diesen lagen Abdeckungsplatten aus gebranntem Ton. Geheizt wurde in einem Nebenraum, dem so genannten Praefurnium. Von da aus verteilte sich die warme Luft unten in der Hypokaustanlage und erwärmte die Tonziegel gleichmässig. Danach wurde die Luft durch die Wände nach oben aus dem Gebäude geleitet. Die Wände enthielten eine Reihe von senkrecht übereinander stehenden Hohlziegeln, so genannte Tubuli. Entweder wurden sie in einzelnen Strengen gebaut, dann fungierten sie als Kamine, oder sie wurden dicht an einander gesetzt und dienten als Wandheizung. Die Wirkungsweise der Hypokaustheizung entspricht der einer Strahlenheizung und ist mit einem heutigen Kachelofen oder Bodenheizung zu vergleichen.

Bis genügend Zug entstand, wurde mit Holzkohle gefeuert. Sobald Betriebstemperatur erreicht war, stellte man auf Holzfeuer um. Die ganze Anlage durfte sich nie komplett abkühlen, da es ansonsten zu Rissen im Gebäude kam. Die Thermen hatten einen enorm hohen Brennholzverbrauch, was sicher auch zum Kahlschlag rings um römische Siedlungen beigetragen hat. Die Beheizung stand meist direkt in Verbindung mit Warmwasserzubereitung. Mit der gleichen Feuerstelle wurde ein halbzyklindrisches Gefäss aus Bronze oder Kupferblech erwärmt, welches wie ein heutiger Durchlauferhitzer funktionierte.



Abb. 6: Blick in eine aufgeschnittene Hypokaustanlage.⁷

⁷ Simon Wenner, erstellt in 3D Studio Max 4

4.3. Ausstattung und Dekoration

Die Zimmer in den Thermen waren mit Wandmalerei und Stuckaturen dekoriert. Dabei gibt es verschiedene Stilepochen, grundsätzlich versuchten sie jedoch immer Aufbau und Aussehen einer monumentalen Quadermauer zu imitieren, in Anlehnung an Tempelbauten. Neben monochromen Flächen wurden auch Marmorimitationen erstellt. Neben der Imitation von Quadermauern waren mythologische Themen der Inhalt vieler Wandbemalungen. In den heissen und dampfigen Bereichen waren die Wände nicht bemalt, da die Farbe nicht beständig war.

Die Böden waren mit Mosaiken versehen. Meist nur aus schwarzen und weissen Steinchen, seltener auch farbig. In den Thermen kamen hauptsächlich Motive wie Fische und andere Meerestiere sowie Meeresgötter vor. Weitere verwendete Motive waren Frauen oder Athleten bei ihren Aktivitäten in Thermen. Es ist auch gut möglich, dass ebenfalls Deckenmosaiken vorhanden waren, diese erhielten sich jedoch nicht.

In den grossen protzigen Thermenanlagen wurden noch zusätzlich Statuen als Dekoration eingesetzt.



Abb. 7: Mosaik in den Frauenthermen von Herculaneum⁸

Durch die kleinen Fenster waren die Thermen eher düstere Gebäude. Sie wurde deshalb mit keramischen oder bronzenen Öllampen beleuchtet. Als Öl setzten sie Pflanzenöle ein, meist Olivenöl. Ein Teil der Lampen war im Gebäude fest platziert, der andere Teil waren mobile Lampen, die die Badegäste mitbrachten und herumtrugen.

8

<http://www2.pompeiiisites.org/database/pompei/pompei2.nsf/pagine/2BC86251E8A25510C1256AC000522021?OpenDocument>

5. Juliomagus

Die römische Stadt Juliomagus liegt nahe dem heutigen Dorf Schleitheim. Für den Namen Juliomagus gibt es ein einziges Zeugnis – die Tabula Peutingeriana. Diese römisch Strassenkarte umfasste die ganze damals bekannte Welt von Spanien bis nach China. Alle wichtigen Verkehrsverbindungen und Städte des römischen Reiches sind darin eingezeichnet. Darin erscheint auch die Lage und der Name von Iulioimagus. Aufgrund dieses Wissens wurden 1860 die erste systematische Grabungen vorgenommen, die schlussendlich zur Entdeckung der Stadt führten.

Nach dem heutigen Stand des Wissens umfasste die römische Kleinstadt (Vicus) eine Fläche von 6 Hektaren. Neben unzähligen kleinen Holzbauten fand man einen Tempel, eine Töpferei, eine Villa und die Thermen. Die Stadt wurde im 1. Jh. vor Chr. gegründet und diente zur Erweiterung des römischen Reiches gegen Norden als Truppenstützpunkt an der Grenze zu den Germanen. Nach 260 n. Chr. wird das gesamte Gebiet nördlich des Rheines von den Römern wieder verlassen. Das Schicksal dieses Gebietes ist danach kaum bekannt.

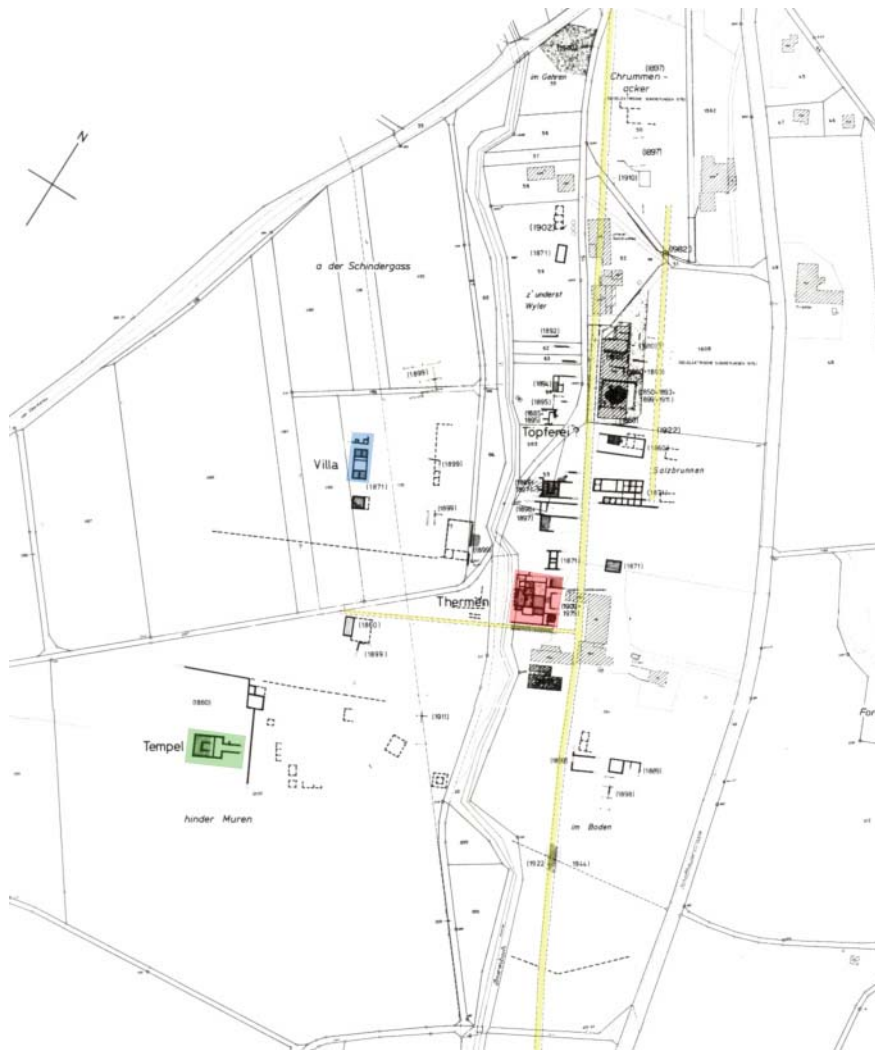


Abb. 8: Übersichtsplan von Juliomagus, rot: Thermen, grün: Tempel, blau Villa, gelb: römische Lokalstrassen.⁹

⁹ Joast Bürgi und Radana Hoppe, Schleitheim-Juliomagus, Kartenausschnitt Seite 9, ergänzt.

6. Ausgrabung:

6.1. Überblick

Die erste Ausgrabung der Thermen wurde 1909 vorgenommen, dabei wurden nur ein paar wenige Zimmer freigelegt. Gleich anschliessend wurde die Fundstelle wieder zugeschüttet.

Im Jahre 1974 wurden, durch den geplanten Bau eines Schweinestalls an der besagten Stelle, die Thermen wiederentdeckt. Die Bauarbeiten mussten zu Gunsten archäologischer Untersuchungen eingestellt werden. Anfangs Februar 1975 begannen die Ausgrabungsarbeiten. Während der Arbeit wurde beschlossen einen Teil des Bades zu erhalten und der Öffentlichkeit permanent zugänglich zu machen. Dies hatte zur Folge, dass die besterhaltenen Elemente geschont wurden. Dadurch konnten jedoch tiefer liegende Schichten nicht untersucht werden. Nach dem Abschluss der Grabungen wurde 1976/77 von der Gesellschaft Pro-Juliomagus ein Schutzbau erstellt um die Mauerreste zu konservieren.

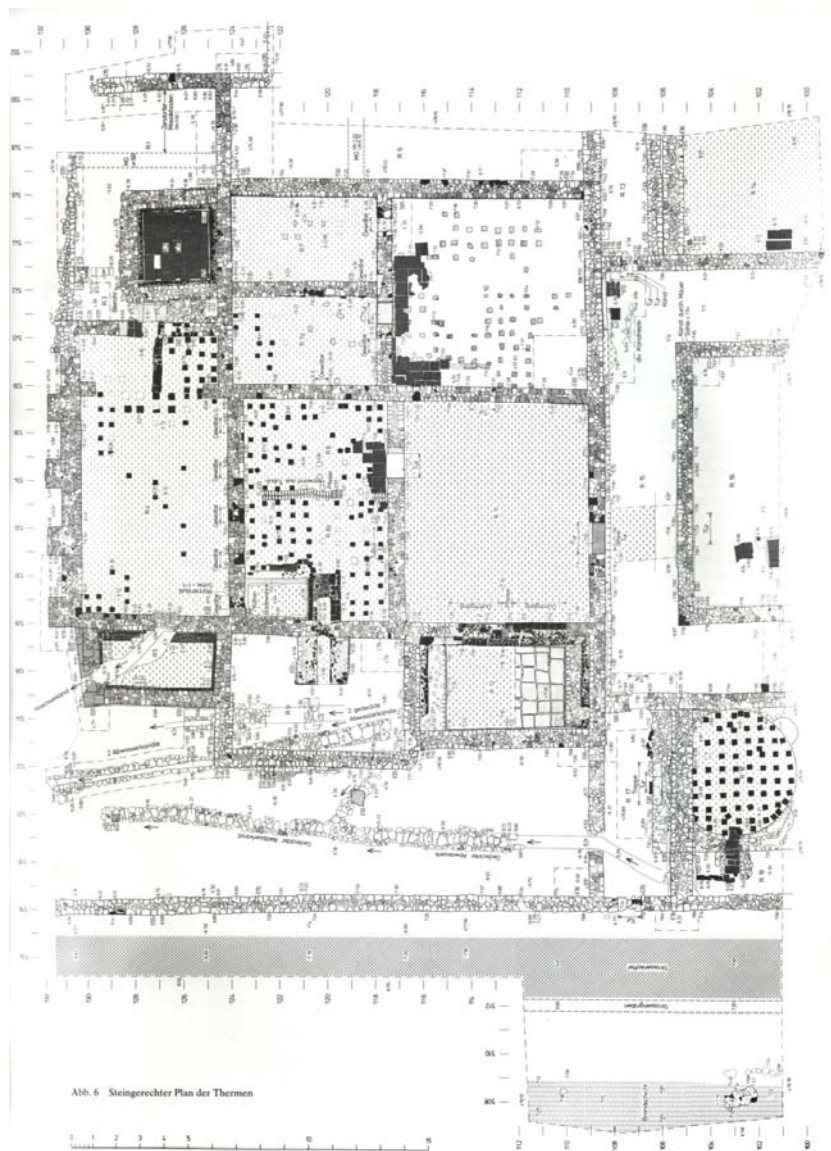


Abb. 9: Steingerechter Plan der Thermen¹⁰

¹⁰ Joast Bürgi und Radana Hoppe, Schleithem-Juliomagus, Seite 11

Das Ausgrabungsgebiet misst 36 auf 31 Meter und erstreckt sich vom Zwerenbach (Karte, Links) aus, welcher zur römischen Zeit praktisch identisch verlaufen haben muss, bis zur von Mauren umschlossenen Palästra des Bades. Dieser wurde als quadratisch vermutet, so dass sie sich bis an die parallel zu Tal verlaufende römische Hauptstrasse erstrecken dürfte. In Süd-östlicher Richtung endet die Ausgrabungsstelle bei der von der Hauptstrasse in Richtung Zwärenbach verlaufenden Nebenstrasse. In Nord-westlicher Richtung ist die Abgrenzung der Badeanlage unklar. Es könnten auch noch weitere Gebäudeteile verborgen sein. Das Ausgrabungsgebiet konnte aus finanziellen und politischen Gründen nicht erweitert werden. Die wichtigsten Elemente der Therme wurden jedoch freigelegt.

Die Umgebung in südlicher Richtung der Therme bestand aus kleinen Holzbauten. Die quer zum Tal verlaufende Lokalstrasse trennt die Thermen von den Holzbauten. Über die weitere Umgebung ist nichts bekannt.

6.2. Datierung

Nach den ältesten Funden wurde die Therme etwa in der zweiten Hälfte des 1. Jahrhunderts nach Christus gebaut. Bis ins erste Drittel des 2. Jahrhunderts wurde sie rege benützt, später nimmt der Besuch ab.

6.3. Bauphasen

Die Geschichte der Thermenanlage von Juliomagus wurde in 5 Bauphasen unterteilt. Legende:

A... Auskleideraum (Apodyterium)

F... Kaltbad (Frigidarium)

T... Laubad (Tepidarium)

C... Heissbad (Caldarium)

L... Schwitzbad (Laconicum)

P... Hof für Erholung und Sport (Palaestra)

H... Heizraum (Praefurnium)

KB... kaltes Badebecken

G... Gang

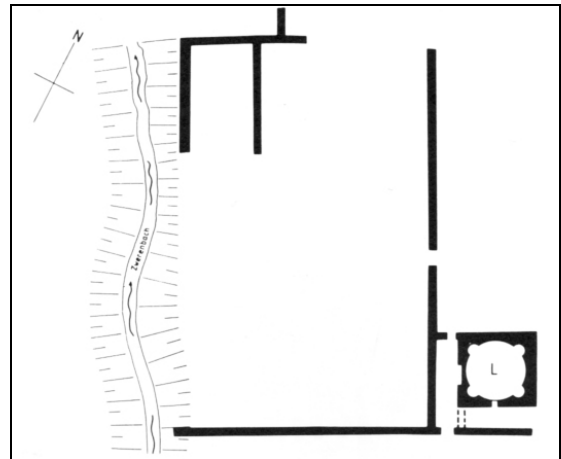


.... Raum mit Hypokaustheizung

Bauphase 1 (60 n. Chr.)

Von der ersten Bauphase ist nur sehr wenig bekannt, da man zu Gunsten der Erhaltung jüngerer Bauphasen auf eine weitere Freilegung verzichtet hat. Es wurde neben dem Schwitzbad nur ein einziger Raum mit einem zerstörten Mosaik aus schwarzen und weissen Steinen ausgegraben. Man weiss, dass das Bad durch eine Brandkatastrophe zerstört worden sein muss.

Abb. 10: Bauphase 1, schematischer Grundriss¹¹



Bauphase 2 (zweite Hälfte des 1. Jhd n. Chr.)

Nach der Brandkatastrophe wurde das Bad neu aufgebaut. Die Fundamente der Bauphase 1 wurden zum Teil übernommen. Der Grundriss entspricht einem Bad des asymmetrischen Reihentyps, das bedeutet die Haupt- und Nebengebäude liegen nicht in einer Achse. Von Süd-Osten her führt ein schmaler Gang in die Badeanlage. Aufgrund seiner geringen Breite konnte er nicht ein Haupteingang sein. Er wurde vermutlich für Personal und die Anlieferung von Brennholz erstellt. In der Palaestra wurde ein Teil eines kleinen Beckens gefunden. Südlich angrenzend an die Palaestra befand sich ein von aussen viereckiges und von innen rundes Schwitzbad. Beheizt wurde es vom Raum 19 aus. An das geräumige Kaltbad (R11) grenzte eine Piscina (R12) (Plantschbecken). Der interessanteste Raum ist das Warmbad (R4) mit einer Apsis in Süd-östlicher Richtung. Darin war eine bleierne Stehwanne platziert.

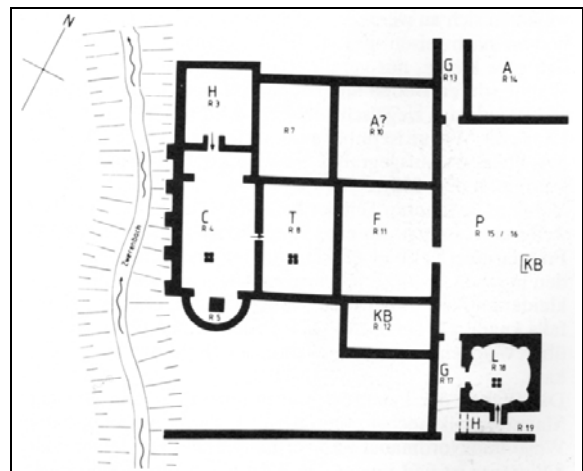


Abb. 11: Bauphase 2, schematischer Grundriss

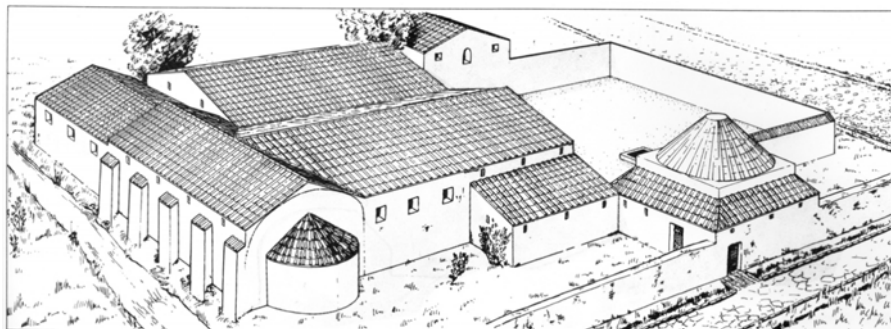


Abb. 12: Bauphase 2, Rekonstruktionsversuch

¹¹ Abbildungen 11–17: Joast Bürgi und Radana Hoppe, Schleithem-Juliomagus, Seiten 12, 13, 20, 24 und 30

Bauphase 3 (100 n.Chr.)

In der dritten Bauphase erreichte die Therme ihren höchsten Ausbaustand. Die Fundamente blieben weitgehend die gleichen, die meisten Zimmer wurden jedoch umgebaut. Die Palästra erhielt einen gedeckten Umgang. Das Schwitzbad wurde durch einen zweiten Umkleideraum ersetzt. Der Aufbau der Anlage macht nun mindestens von aussen her gesehen den Eindruck eines symmetrischen Typs. Im Inneren gibt es nun zwei Linien für den Badebetrieb. Es könnte gut möglich gewesen sein, dass die beiden Badabfolgen zur Trennung von Männern und Frauen diente.

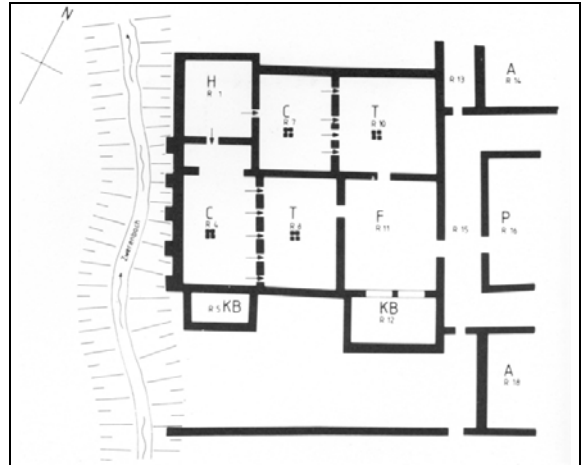


Abb. 13: Bauphase 3, schematischer Grundriss

Bauphase 4 (200 n. Chr.)

In der vierten Bauphase wurde das Bad verkleinert, was vermutlich auf einem Rückgang der Bevölkerung von Juliomagus zurückzuführen ist. Man verzichtet auf einen doppelten Badeablauf. Das grosse Warmbad im Westen wurde abgebrochen. Das ehemalige Laubad wurde mittels einer Leichtbauwand in ein Heiss- und ein Laubad unterteilt. Beheizt wurden die Räume durch den neu erstellten Heizungsraum R9.

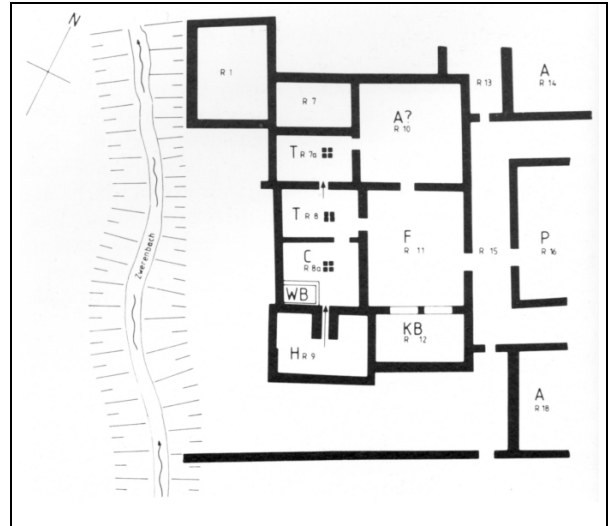


Abb. 14: Bauphase 4, schematischer Grundriss

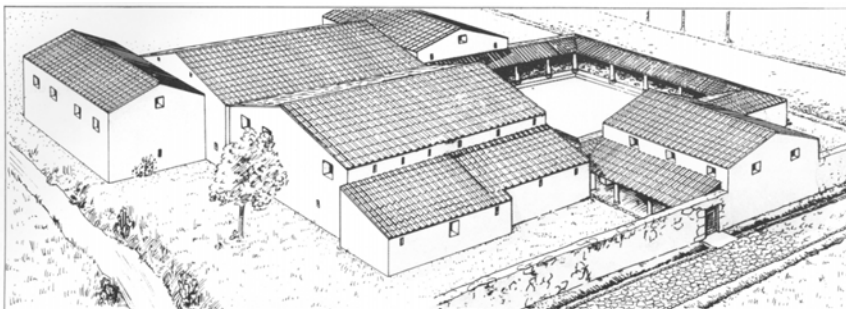


Abb. 15: Bauphase 4, Rekonstruktionsversuch

Bauphase 5 (nach 235 n. Chr.)

Die letzte Bauphase deutet auf Reparaturen hin. Vieles wurde nur nachlässig unterhalten und ist deshalb am zerfallen. Der einzige neue Raum, der hinzukommt, ist ein quadratisches Kaltbecken an der Nord-Westseite (R2).

Abb. 16: Bauphase 5, schematischer Grundriss



7. Hilfsmittel und Techniken

7.1. 3D Studio Max R4



Abb. 17: 3D Studio Max 4 Logo

7.1.1. Einleitung

Die Hauptarbeit der Rekonstruktion wurde im 3D Programm erstellt. Zum Einsatz kam das PC-Programm 3D Studio Max Release 4 (kurz 3DSMax) von Discreet¹², welche die weltweit meist verkaufte professionelle Software zur 3D- Modellierung, Animation und Rendering ist. Seit der Einführung im Jahr 1995 hat 3DSMax mehr als 65 Auszeichnungen erhalten.

Das Softwarepaket ist sehr umfangreich und kann in unzähligen Bereichen eingesetzt werden. Wie z.B. in Film und Fernsehen für Spezialeffekte und Postproduction (z.B. Mission Impossible II, Minority Report), in den Bereichen Design und Visualisazion (Architektur, Produktentwicklung) und im Bereich Gamedesign (z.B. Metal Gear Solid 2, Max Payne, Unreal Tournament 2003).

Die grossen Konkurrenten zu 3D Studio Max sind LightWave¹³ (z.B. Final Fantasy), Maya¹⁴ (z.B. The Matrix, Ice Age, Tekken 3) und AutoCAD¹⁵ (z.B. Visualisierungen in den Bereichen Architektur und Maschinenbau), Letzteres hat jedoch den Schwerpunkt in technischen Anwendungsbereichen und ist deshalb für künstlerische Zwecke weniger geeignet.

Meine Wahl, der 3D Software fiel auf 3DSMax, da ich schon einige Erfahrung im Umgang damit habe. Hauptsächlich dadurch, dass ich in meiner Freizeit bei einigen Spielen und Game-Modifikationen als Grafiker mitarbeite (Aktuelles Projekt: <http://www.nanoage-game.com>). Beim Erstellen von umfangreichen Szenen mit komplexeren Materialien, wie es bei dieser Maturaarbeit der Fall ist, betrat ich jedoch Neuland.

Damit sie sich die Arbeitsweise mit 3DSMax etwas vorstellen können, werde ich in den nachfolgenden Punkten kurz die wichtigsten Funktionen beschreiben. Es wäre ohne weiteres möglich weitere 100 Seiten über die Modifikatoren, Funktionen und

¹² <http://www.discreet.com/products/3dsmax/>

¹³ <http://www.lightwave3d.com/>

¹⁴ <http://www.aliaswavefront.com/>

¹⁵ <http://www.autodesk.ch/>

Techniken zu berichten, aber für Leser, ohne praktischen Bezug zu 3DSMax ist dies wohl nicht sehr von Interesse.

7.1.2. Grundlegendes

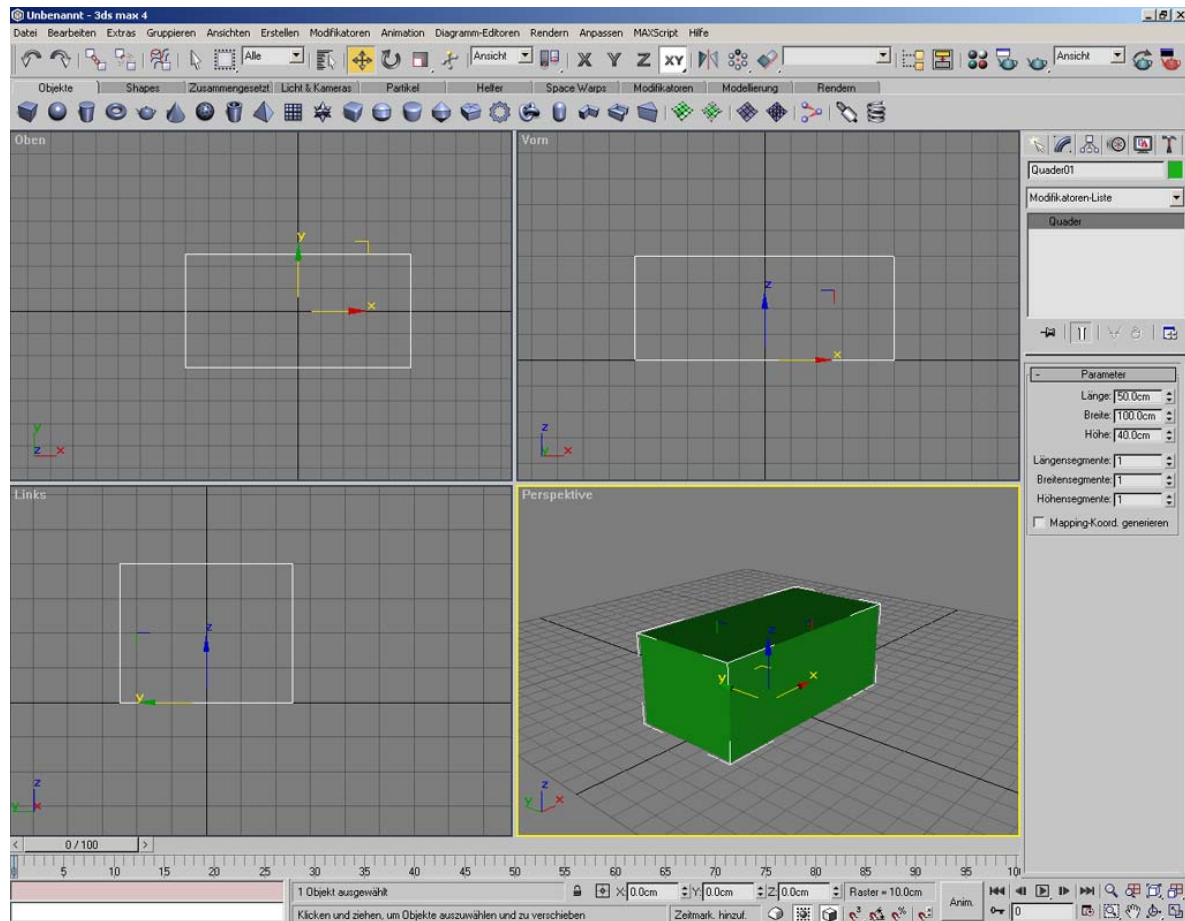


Abb. 18: 3D Studio Max 4 Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche ist in vier Ansichtsfenster eingeteilt. Standardmässig wird darin eine Front-, Auf-, Links- und 3D-Ansicht dargestellt. Der Arbeitsbereich ist durch ein unendlich grosses dreidimensionales Koordinatensystem definiert. In diesen Raum können nun Objekte platziert und editiert werden. Alle Objekte sind definiert durch Punkte (Vertexes) welche zu dritt eine „Fläche“ definieren. Ein Verbund von Flächen bezeichnet man als Polygon. Eine runde Oberfläche, auch wenn sie noch so glatt erscheint, besteht also aus ganz kleinen Dreiecken.

Die Standard Editierungswerkzeuge sind Verschieben, Drehen und Skalieren. Bei der Editierung unterscheidet 3DSMax zwischen zwei Ebenen: Die Objektebene, wie z.B. einem Quader, und die Unterobjektebene, bestehend aus den Punkten, Kanten, Flächen und Polygonen des Quaders.

7.1.3. Modelling

In meiner Arbeit kamen hauptsächlich vier Erstellungstechniken der 3D Objekte zum Einsatz. Splinemodelling, Boxmodelling, Punktmodelling und boolesche Funktionen.

7.1.3.1. Splineextrusion

Bei dieser Technik erstellt man eine geschlossene Spline (zweidimensionaler Pfad). Es können auch Bezierkurven verwendet werden, um gebogene Pfade zu erstellen (Weiterführende Informationen bezüglich Bezierkurven, kann aus der Maturaarbeit von Raphael Winteler entnommen werden). Anschliessend wird die Spline, in Richtung der Flächennormale, drei dimensional verschoben. Dieser Vorgang nennt man Extrusion. Auf diese Weise sind z.B. das Fundament und das Ziegeldach des Bades entstanden. Diese Technik dient meist dazu den Grundkörper eines Objektes zu erstellen, anschliessend werden mit anderen Techniken die Details hinzugefügt.

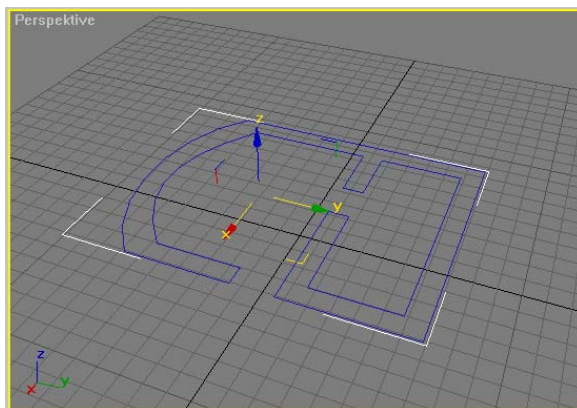


Abb. 19: Geschlossene Spline

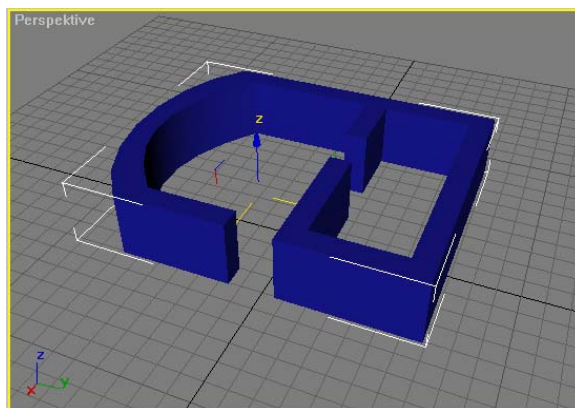


Abb. 20: Extrudierte Spline

7.1.3.2. Spline Drehverfahren

Wie bei der Splineextrusion ist das Ausgangsobjekt ein zweidimensionaler Pfad. Dieser wird um eine frei wählbare Achse gedreht. So entsteht ein dreidimensionales Objekt. Mit dieser Technik würde z.B. die Stehwanne der Therme erstellt.

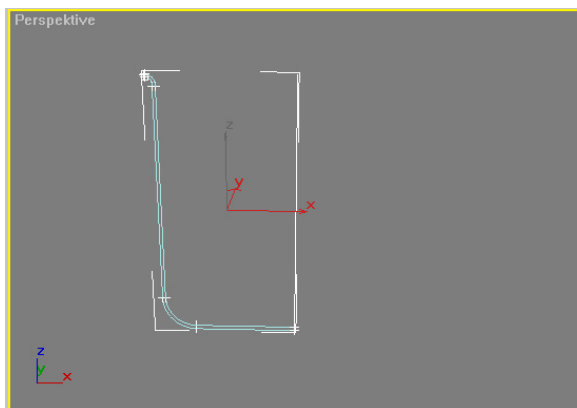


Abb. 21: Spline der Stehwanne.

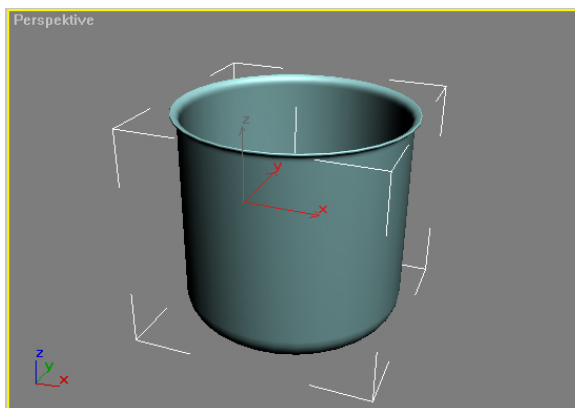


Abb. 22: Enstandenes 3D Objekt nach dem Drehverfahren.

7.1.3.3. Boxmodelling

Diese Technik wird so genannt, da man meist mit einer Box beginnt. Eine andere Bezeichnung für diese Technik ist Subdivisionmodelling. Man erstellt also einen beliebigen Grundkörper. Dieser wird auf Unterobjektebene weiterbearbeitet und Flächen oder Polygone können extrudiert werden. Wie bei der vorher beschriebenen Technik. Durch eine negative Extrusion können Löcher in einen Körper gemacht werden. Man hat weiter die Möglichkeit Flächen und Polygone neu zu unterteilen. Mit dieser Technik, bestehend aus Modifizieren, Unterteilen und Extrudieren, lässt sich

jedes nur erdenkliche Objekt erstellen. Sie eignet sich auch gut dazu, mit anderen Techniken erstellte Objekte, mit Details zu versehen.

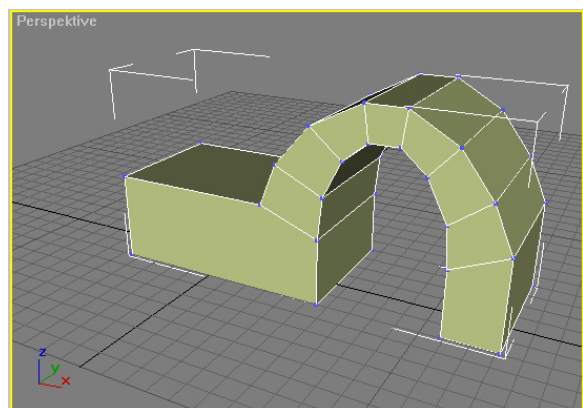
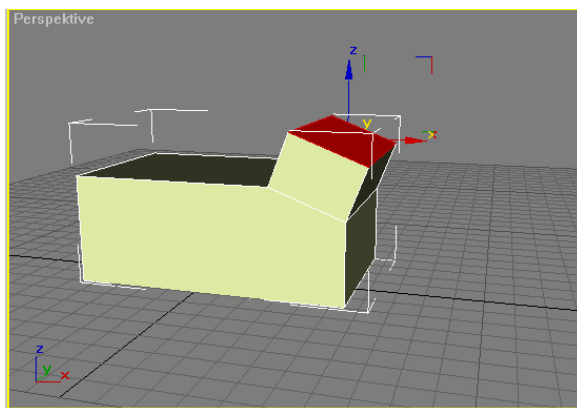
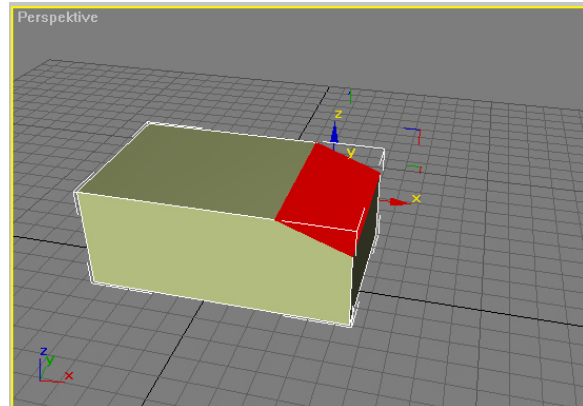
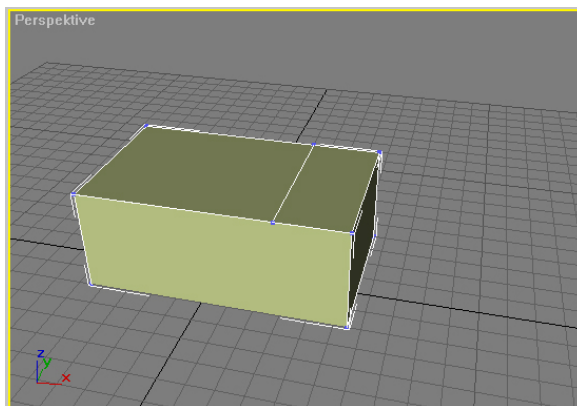


Abb. 23-25: Das obere Polygon der Box wurde unterteilt, dann wurde ein Teil der Punkte verschoben und extrudiert. Durch achtmaliges wiederholtes von Extrudierung, Skalierung und Verschiebung entsteht schlussendlich die Figur wie in Bild 26 dargestellt.

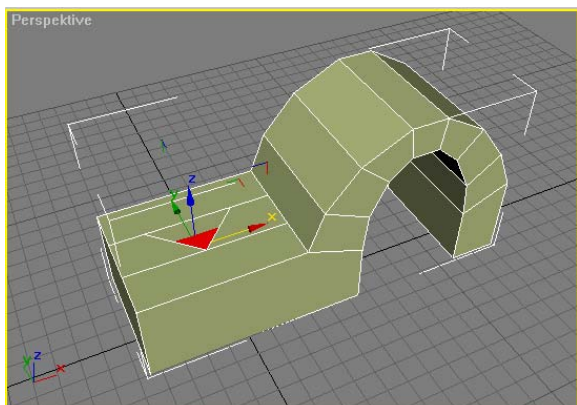


Abb. 26: Beispiel einer negativen Extrusion.

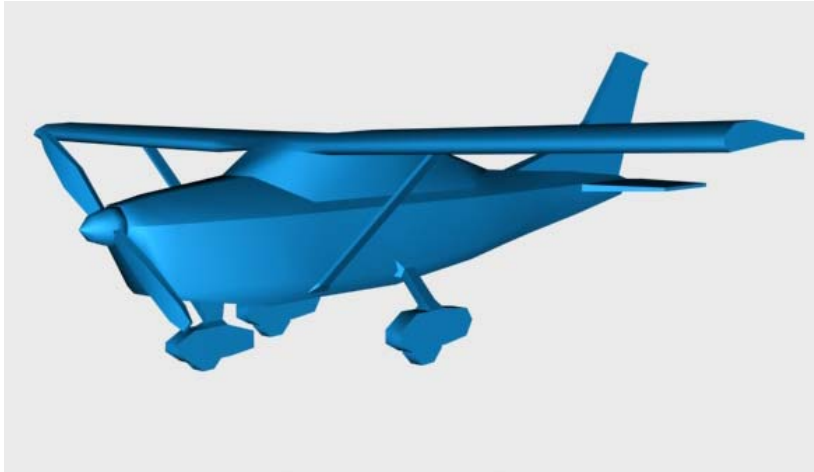


Abb. 27: Beispiel eines von mir erstellten komplexen Extrusionsobjektes (Cessna Sportflugzeug für das Projekt Nanoage)

7.1.3.3. Vertexmodellierung

Unter Vertexmodellierung versteht man direktes modellieren auf Punktebene. Man erstellt Punkte oder Splines (Pfade) und spannt dann zwischen den Punkten die Flächen. Es ist ein sehr aufwändiges Verfahren, man hat aber die präziseste Kontrolle über das erstellte Objekt.

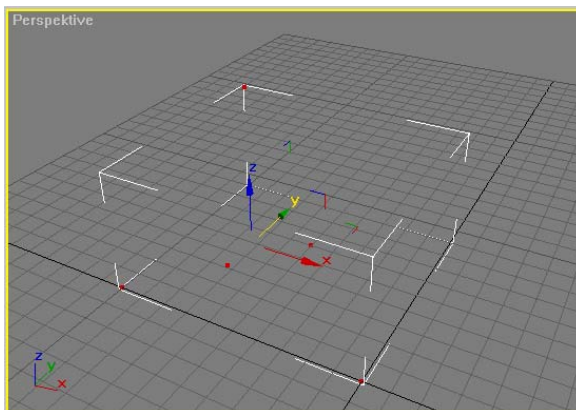


Abb. 28: Einige Punkte im Raum

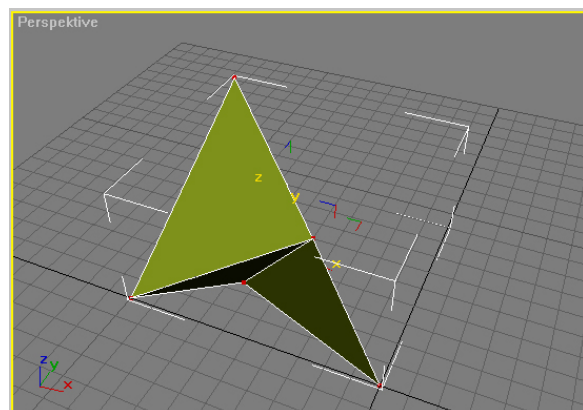


Abb. 29: Verbindung der Punkte durch Flächen

7.1.3.4. Boolesche Funktionen

Mit den booleschen Funktionen lassen sich zwei überschneidende Objekte auf verschiedenen Arten miteinander Verbinden. Sie können vereinigt (addiert) werden, voneinander subtrahiert werden oder die Schnittmenge der beiden erhalten. Diese Funktion kommt beim Erstellen von Gebäuden relativ oft zu Einsatz, da man damit einfach Fenster aus einer Wand ausschneiden (subtrahieren) kann.

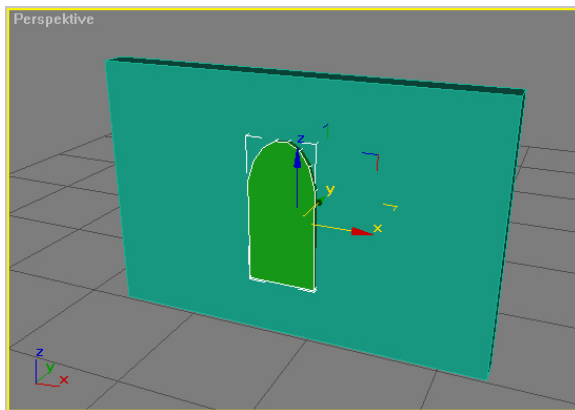


Abb. 30: Zwei Operanden: Wand und Fenster

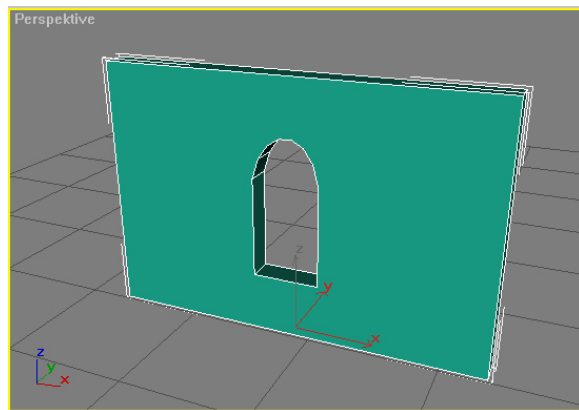


Abb. 31: Das Fenster wurde von der Wand subtrahiert.

7.1.4. Glättungsgruppen

Runde Oberflächen in 3DSMax sind streng geometrisch nicht rund. Sie bestehen ja wie schon oben Beschrieben immer aus Dreiecken. Bestenfalls kann eine Oberfläche annähernd rund sein, wenn man die Dreiecke unendlich klein machen könnte. Dies liesse sich aber von keinem PC in absehbarer Zeit berechnen. In 3DSMax ist dieses Problem mit den so genannten Glättungsgruppen gelöst. Jeder Fläche kann eine Nummer zwischen 1 und 32 zugewiesen werden. Haben zwei nebeneinander liegende Flächen die identischen Glättungsgruppen, wird die dazwischen liegende Kante abgerundet dargestellt. Haben sie verschiedene oder keine Glättungsgruppen ist die Kante sichtbar.

7.1.4. Beleuchtung

In 3DSMax gibt es 3 verschiedenen Lichttypen. Das Punktlicht strahlt aus einem Koordinatenpunkt licht gleichmässig in alle Richtungen. Das Spotlicht strahlt aus einem Punkt einen Lichtkegel aus. Das dritte Licht, das Richtungslicht, strahlt parallele Lichtstrahlen aus. Das Richtungslicht wird meist für die Simulation des Sonnenlichtes eingesetzt, da die Sonnenstrahlen praktisch parallel verlaufen. Bei allen drei Lichtquellen lässt sich Intensität, Reichweite und Lichtfarbe festlegen. Es lässt sich auch bestimmen ob eine Lichtquelle Schatten wirft oder nicht. Eine interessante Lichteinstellung sind negative Lichtquellen. Sie erzeugen kein Licht, sondern verschlucken es, damit können z.B. Ecken abgedunkelt werden. Eine realistische Beleuchtung in 3DSMax zu erstellen ist eine der schwierigsten Aufgaben. In der Natur ist alles mehr oder weniger erhellt, auch wenn keine Lichtquelle direkt auf die Fläche scheint, da das Licht von den Oberflächen der Objekte in der Umgebung reflektiert wird. In 3DSMax ist dies nicht so. Platziert man ein Licht in einer Szene so ist nur das direkt beleuchtete Objekt erhellt alle anderen Oberflächen sind schwarz. Man löst das Problem wie folgt: Man erstellt zwei arten von Lichter. Bei der ersten Gruppe der so genannten Schlüssellichter handelt es sich um die auch in der Realität vorhandenen Lichtquellen. Wie z.B. die Sonne, eine Lampe oder ein Feuer. Mit der zweiten Gruppe, dem so genannten Tiefenlichtern, welche keine Schatten erzeugen, wird das Umgebungslicht, also die Reflektion des Lichtes, simuliert. Meist werden dazu Punktlichter verwendet, da sie sehr gleichmässig erhellen und so vom Betrachter schlecht lokalisiert werden können. In der Fotografie spricht wird es als diffuses Licht bezeichnet. Durch Zusatzprogramme kann 3DSMax auch mit einer automatischen Berechnung des Umgebungslichtes nachgerüstet

werden. Die Berechnungen des Bildes sind dann aber so komplex, dass ein konventioneller PC vollkommen überfordert ist. Aus diesem Grund kamen in meiner Arbeit keine solcher Zusatzprogramme zum Einsatz.

7.1.5. Rendern

Die gemodelte Szene wird im 3DSMax in einer dreidimensionalen Ansicht dargestellt. Durch den Vorgang des Renderns wird aus der 3D-Ansicht ein zweidimensionales Bild errechnet. Durch eine Abfolge von Bildern entsteht ein Video. Die Bearbeitungsansicht zeigt die Szene nur sehr schematisch. Alle Lichteffekte, Schatten, Textureffekte und Spezialeffekte werden durch das Rendern überhaupt erst sichtbar.

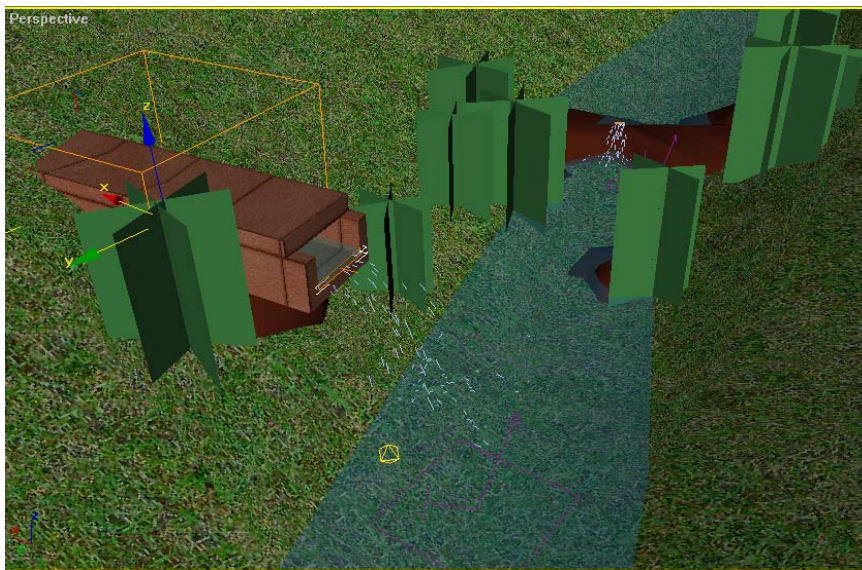


Abb. 32:
Bearbeitungsansicht
in 3DSMax

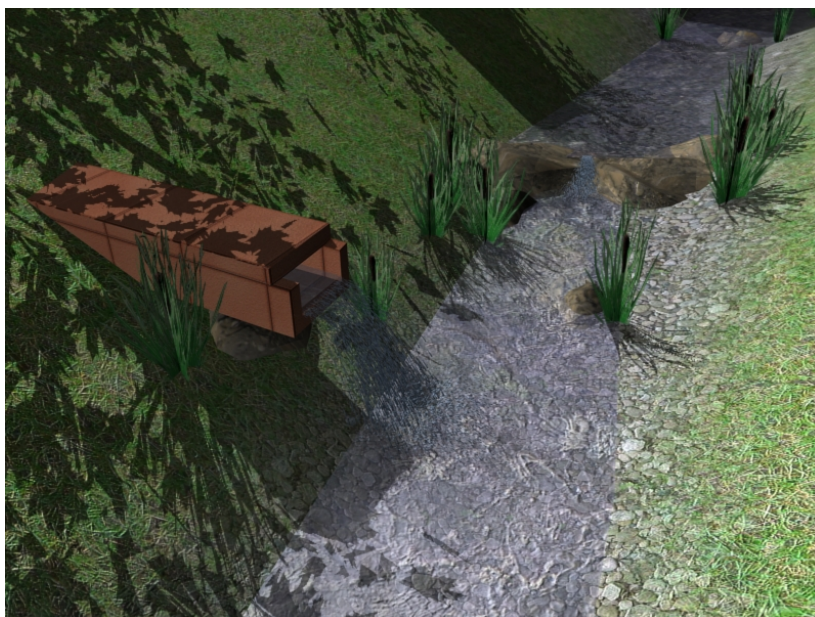


Abb. 33:
Aus Abb. 32
errechnetes 2D Bild

7.1.6. Texturierung

7.1.6.1. Materialeditor

Unter der Texturierung versteht man das Kolorieren der 3D Objekte. Man kann die Objekte Schlichtwegs mit einer Farbe versehen. Um jedoch realistischere Szenen zu erstellen, können Fotos oder gemalte Bilder als Textur eingesetzt werden. (Mehr zur Erstellung der Texturen im Abschnitt 7.2) In meiner Arbeit kommen ausschliesslich Bilder als Texturen zum Einsatz.

Im Materialeditor entstehen aus den Bildern die eigentlichen Materialien, welche dann den Objekten zugewiesen werden können. Im Materialeditor lassen sich Transparenz und Glanz einer Textur bestimmen.

Durch weitere Bilddateien können erweiterte Effekte einer Textur hinzugefügt werden. Zwei davon sind bei meiner Arbeit sehr häufig zum Einsatz gekommen. Die Bumpmap und die Opazitätsmap.



Abb. 34: Textur ohne Bumpmap



Abb. 35: Textur mit 3D Oberflächenstruktur

Eine Bumpmap hat den Zweck einer Textur eine dreidimensionale Struktur zu geben. Es wird ein schwarz weiss Bild erstellt. Die schwarzen Stellen werden beim Rendering nach hinten und weissen weiter nach vorn verschoben. Graue Bereiche definieren Übergangszonen.



Abb. 36: Textur eines Ahorn Blattes

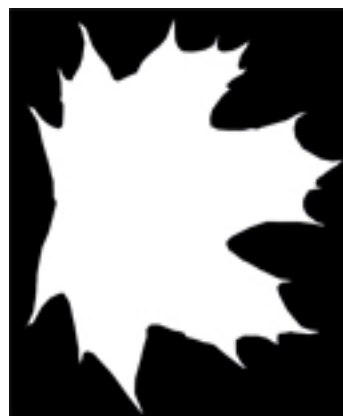


Abb. 37: Die dazugehörige Opazitätsmap

Die Opazitätsmap hat genau das gleiche Prinzip wie die Bumpmap. Nur werden hier durch die Textur sichtbare bzw. unsichtbare Stellen der Farbtextur definiert.

Mit solchen Effektbildern lassen sich auch diverse andere Effekte auf Teilbereiche einer Textur anwenden, wie z.B. Reflektion, Selbstillumination oder Refraktion.

7.1.6.2. Texturkoordinaten

Mit der Kreation eines Materials ist die Arbeit der Texturierung noch nicht getan. Der genaue Standort, die Koordinaten, der Zuweisung auf dem Objekt muss bestimmt werden.

Man kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten diese Zuweisung vornehmen. Bei der Kachelzuweisung wird ein Material verwendet, welches sich nahtlos in alle Richtungen aneinander hängen lässt. Daher der Ausdruck kachelbar (-> Kachel). Der grosse Vorteil dieser Technik ist, dass der Aufwand bei der Texturierung von grossen und komplexen Objekten einfach möglich ist. Der Nachteil besteht darin, dass eine Szene gerne langweilig und unrealistisch wirkt, da sich die Texturelemente immer wieder repetieren.

Bei der direkten Zuweisung wird ein Material erstellt, welches speziell auf das Objekt angepasst ist. Dies erfordert natürlich einen viel grösseren Aufwand, wobei das Resultat um einiges realistischer wirkt.

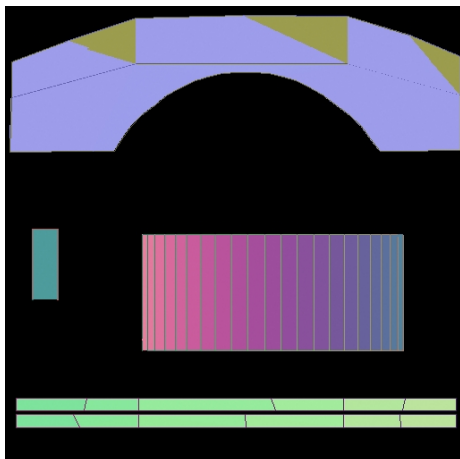


Abb. 38a: Eingefärbte Texturzuweisung

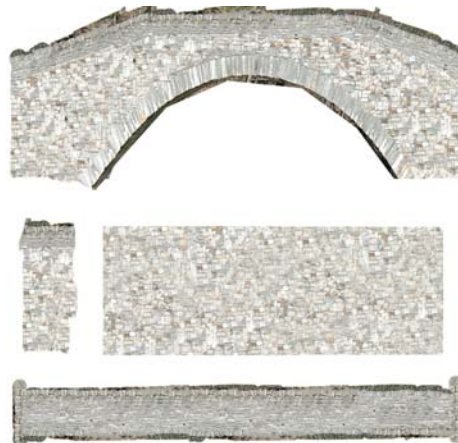


Abb. 38b: Brückentextur



Abb. 39: Objekt mit direkter Texturzuweisung

7.1.9 Kameras

Um bestimmte Ansichten festzuhalten können Kameras in 3DSMax eingesetzt werden. Auf diese Weise können identische Ansichten wiederholt berechnet werden. Kameras lassen sich alle optischen Einstellungen festlegen, die es bei einer realen Kamera auch gibt, wie z.B. die Brennweite.

Das Video entstand mit Hilfe einer animierten Kamera. Zur Definition der Animation wurden zeitliche Schlüsselpositionen definiert, sogenannte Keyframes. Die Bewegung zwischen diesen Positionen wird dann vom Programm übernommen.

Grundsätzlich lässt sich in 3DSMax auf diese Weise alles animieren, dies kam in meiner Arbeit jedoch praktisch nicht zum Einsatz, darum werde ich nun auch nicht weiter darauf eingehen. Neben der Kamera für das Video waren die Partikelemitter für die Wasserfälle und den Rauch die einzigen animierten Objekte.

7.2. Photoshop



Abb. 40: Photoshoplogo

7.2.1 Grundlegendes

Sämtliche Texturen der Szene wurden in der Foto- und Bildbearbeitungssoftware "Photoshop 7" von Adobe¹⁶ erstellt. Es handelt sich dabei um ein Standardwerkzeug, welches jedem Grafiker bekannt ist.

Neben dem konventionellen Zeichnen mit verschiedenen „Instrumenten“ (Pinsel, Stifte, Spray, ect.), gibt es zwei Eigenschaften von Photoshop, welche ich für die Texturen verwendet habe. Es handelt sich dabei um die Hauptfeatures des Programms. Die erste Struktur sind die „Layers“ (= engl. Schichten). Das bedeutet, dass man die Möglichkeit hat, ein Bild in unbegrenzt viele über einander liegende

¹⁶ <http://www.adobe.com/products/photoshop/main.html>

Schichten zu zerlegen. Jeder dieser Schichten lassen sich individuell Darstellungsoptionen zuweisen. Wie z.B. Transparenz oder Überblendungsoptionen (Verhalten gegenüber darunter liegenden Layern). Das Zweite mächtige Instrument von Photoshop sind die so genannten Filter. Durch die Anwendung eines solchen Filters wird das Bild (oder Teile eines Bildes) aufgrund einer mathematischen Funktion modifiziert. Je nach Filter gibt es unterschiedliche Parameter, durch welche die Modifikation gesteuert werden kann. Ein Beispiel ist der Filter „Blur“ (= Unschärfe) oder „Motion“ (verzerrt in einem bestimmten Winkel). Photoshop beinhaltet etwa 100 Filter. Diese lassen sich natürlich auch miteinander kombinieren, was eine riesige Vielfalt an Transformationen erlaubt. Filter sind jedoch nur eine praktische Hilfe. Sie ersetzen jedoch nicht das Zeichnen mit den konventionellen Instrumenten. Es ist also nicht möglich eine Textur nur aus Filtern zu generieren.

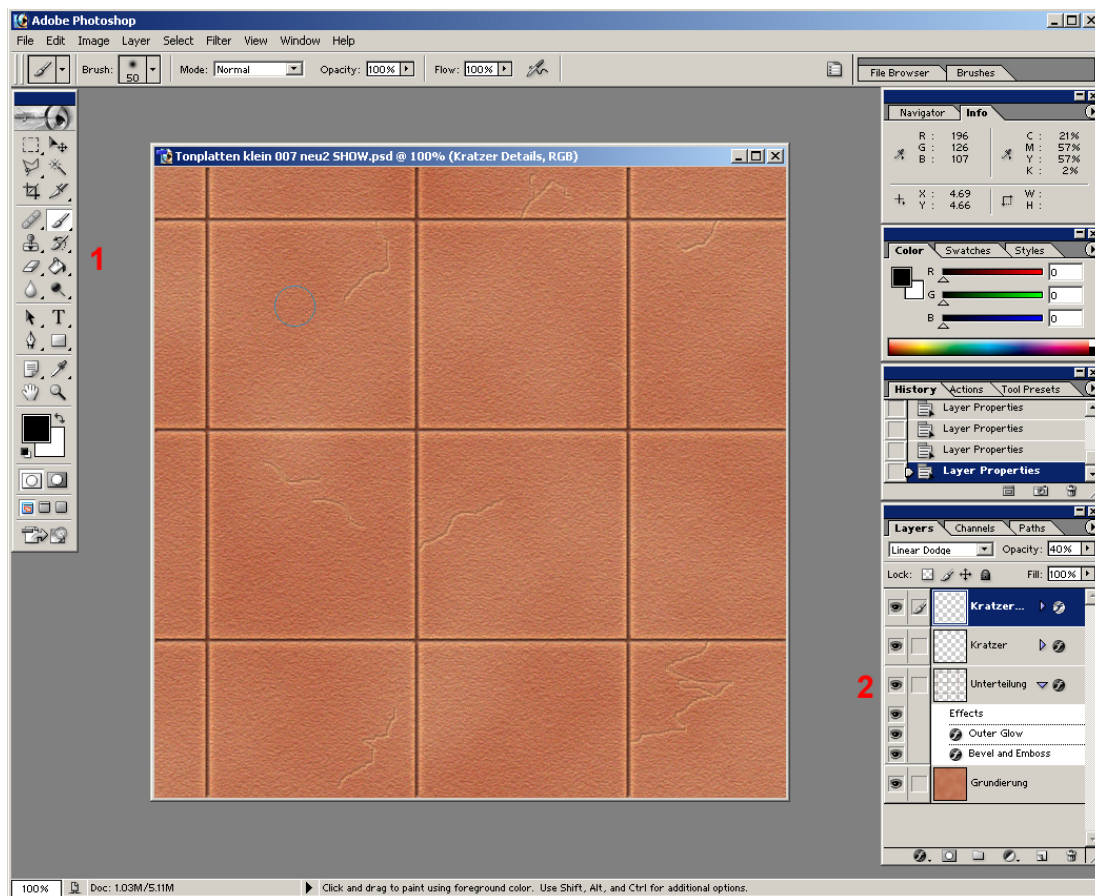


Abb. 41: Benutzeroberfläche von Photoshop 7, „1“ kennzeichnet die Malinstrumente und „2“ die Layerkontrollleiste

7.2.2 Gezeichnete Texturen

Die Texturen der Szene haben zwei verschiedene Ursprünge. Der eine Teil der Texturen wurde mit den oben beschriebenen Elementen erstellt, d.h. mit Zeichenwerkzeugen, Layern und Filtern. Der andere Teil wurde mit Hilfe von Fotos erstellt.

Beispiel einer gezeichneten kachelbaren Textur:



Aufbau der Textur:

Layer 1: Grundierung (Tonfarben) mit Relieffilter

Layer 2: Dunkle Rillen mit Leuchteffekt, 60% Transparenz

Layer 3: Kratzer, verdunkelt darunterliegende Layer, 30% Transparenz

Layer 4: Kratzer, erhellt darunterliegende Layer, 30% Transparenz, um einen Pixel gegenüber Layer 3 verschoben

Abb. 42: gezeichnete Tonplattentextur

7.2.3 Fototexturen

Im folgenden Abschnitt möchte ich die wichtigsten Aspekte des Erstellungsprozesses der Fototexturen erklären. Als erstes schoss ich über 50 weitere Fotos der Thermenanlage und deren Umgebung. Der erste Schritt, welcher zu einer guten Textur führt, ist die Wahl eines geeigneten Fotoausschnittes. In diesem wird als erstes jede perspektivische Verzerrung ausgeglichen, so dass die gewünschte Struktur aus einem 90° Winkel betrachtet wird. In einem zweiten Schritt werden alle Schatten und farbliche Unschönheiten retuschiert. Schlussendlich entsteht ein neutral ausgeleuchtetes Bild. Schatten und Licht entsprechend der Szenen wird ja durch das Rendern in 3DSMax wieder hinzugefügt. Durch geschicktes Fotografieren können Schatten und Verzerrungen meist schon verhindert werden.



Abb. 43: Beispiel einer Kachelbaren Fototextur.

Soll eine Fototextur ebenfalls kachelbar sein, was meist der Fall ist, kommen noch ein paar weitere Arbeitsschritte hinzu. Die Ränder der Textur müssen aufeinander angepasst werden. Dazu wird das Bild um einige Pixel nach links und einige Pixel nach unten verschoben, so dass die Ränder in der Mitte sichtbar sind. Man erkennt, dass die Übergänge keinesfalls aufeinander passen. Nun wird durch Kopieren von Teilen der Textur die Lücke überdeckt. Zum Teil kamen auch normale Maltechniken zum Einsatz. Weiter ist zu beachten, dass bei kachelbaren Texturen auffällige Elemente (z.B. ein weißer Stein in einer roten Tonwand) retuschiert werden müssen. Ansonsten würde sich dieses Element bei der Kachelung auf dem 3D Objekt regelmässig wiederholen, was sehr negativ auffällt. Die Schwierigkeit von Kachel-Texturen ist die Textur so zu gestalten, dass in gekacheltem Zustand die Ausmaße der eigentlichen Textur, vom Betrachter nicht erkannt werden können. Trotzdem sollte die Textur nicht geometrisch, sondern natürlich wirken.



Abb. 44: Foto, welche als Grundlage für die Textur dient.

Abb 45: Der gewünschte Bildausschnitt wurde ausgewählt und die Ränder in die Mitte verschoben. Man erkennt das sie keinesfalls aufeinander passen. Als nächstes werden diese Übergänge bearbeitet, bis eine fertige Textur wie Abb. 43 entsteht.



Am liebsten hätte ich nur Fototexturen in meiner Arbeit verwendet, da sie selbstverständlich einen viel realistischeren Effekt erzielen als gezeichnete Texturen. Leider gibt es von vielen Elementen des Bades keine intakte fotografierbare Realvorbilder mehr. So war ich gezwungen die Kombination von Zeichen- und Fototexturen zu verwenden. Es entstand jedoch auch eine Schwierigkeit, da die

gezeichneten Texturen nie den Detailgrad und die Qualität einer Fototextur erreichen. Die gezeichneten Texturen harmonisierten oft schlecht mit den daneben platzierten Fototexturen in der Szene. Die Lösung ist dann die Fototexturen zu „verstümmeln“, d.h. ihre Auflösung und den Kontrast zu verringern.

8. Vorgehensweise

8.1. Recherche

Als erstes besuchte ich die Ausgrabungsstätte der Thermen in Schleithelm, um mich mit der Ausgrabung vertraut zu machen. Die ganze Anlage wurde von mir fotografisch dokumentiert. Die Fotos dienen später bei der Rekonstruktion als wichtige Hilfen.



Abb. 46: Foto der Ausgrabung,
Hypokaustanlage des
Caldariums

Eine Auswahl weiterer Fotos ist auf
der CD zu finden.

Von Herrn Höhneisen, dem Kantonsarchäologen von Schaffhausen, erhielt ich neben vielen Tipps und Quellenangaben, Kopien der Grabungspläne sowie die Ausgrabungspublikation von Juliomagus.

Danach folgte ein ausführliches Literaturstudium und eine Analyse der Ausgrabung und Grabungspläne. Schlussendlich legte ich mich auf die Rekonstruktion der zweiten Bauphase fest. Sie stellt zusammen mit der dritten Phase den Höhepunkt der Thermen dar und beinhaltet einige interessante Elemente, wie z.B. die Stehwanne. Alle darauf folgenden Phasen stellen mehr oder weniger den Zerfall dar, und sind daher weniger interessant. Die erste Bauphase konnte von anfang an ausgeschlossen werden, da praktisch nichts darüber bekannt ist. Ganz zu Beginn der Arbeit war mein Ziel mehrere Phasen zu rekonstruieren. Diesen Plan musste ich jedoch schnell aufgeben, da der Arbeitsaufwand im Rahmen einer Maturaarbeit schlichtweg nicht bewältigbar gewesen wäre.



Abb. 47: Fragment der Stehwanne¹⁷

8.2. Skizzen

In Folge der theoretischen Erkenntnisse galt es das Wissen über Thermen anzuwenden. Als erstes ergänzte ich den Grundriss des Gebäudes. In Richtung Nord-Osten wurde laut der Grabungsdokumentation eine Quadratische Palaestra mit Seitenlänge von 17.8 Metern vermutet. In den entdeckten Gebäudeteilen fanden sich keine Toiletten. Die Römer hatten jedoch stets Toiletten in den öffentlichen Badeanlagen. Ich vermute diesen Gebäudeteil direkt angrenzend an den Umkleideraum. Dies ist jedoch reine Spekulation. Ohne weiteres wäre auch der Standort angrenzend an das Laconicum denkbar.

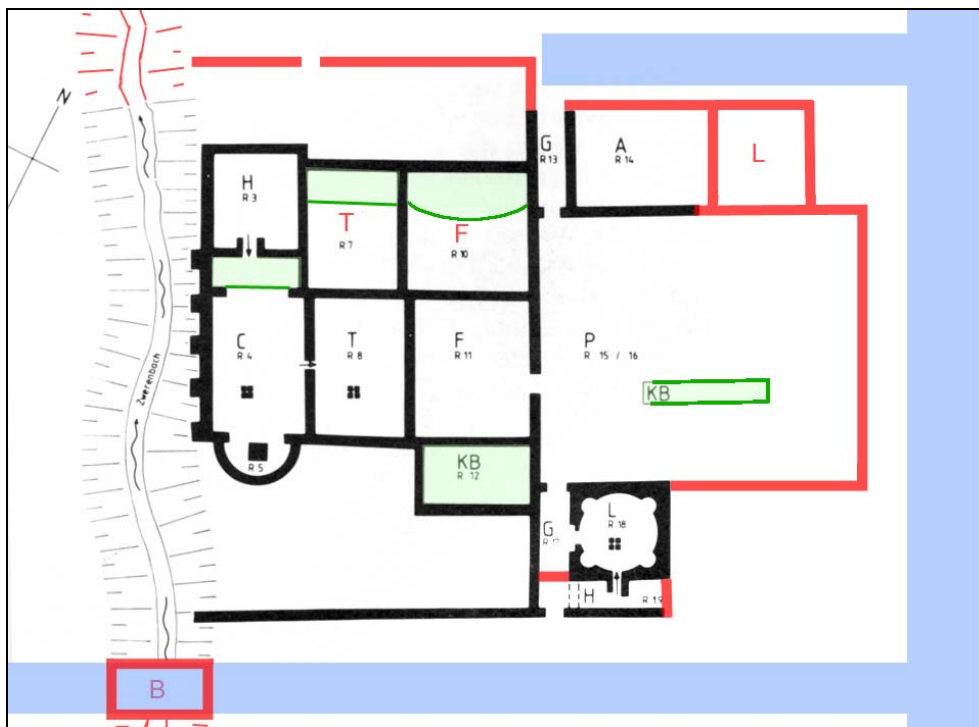


Abb. 48: Ergänzier Grundrissplan. Rot: Ergänzungen, grün: Badebecken, blau: Strassen

¹⁷ Joast Bürgi und Radana Hoppe, Schleithem-Juliomagus, Seite 17

Der unbekannte Raum 7 deute ich als Tepidarium, begründet durch die Nähe zum Praefurnium. In der Bauphase drei hatte er dann ganz sicher diese Funktion. Der zweite unbekannte Raum 10 ist in meinem Rekonstruktionsversuch ein Frigidarium. Begründet durch die grosse Entfernung vom Heizraum und durch Symetrieüberlegungen. Im Nord-Westen der Anlage vermute ich wie auf der gegenüberliegenden Seite eine Mauer, welche das Gelände abgrenzt.

Als Nächstes zeichnete ich 2 Schnitte durch das Gebäude, dabei legte ich Höhe der Zimmer, Böden und Heizungsanlagen fest. Nur die Werte unterhalb des Fussbodenniveaus sind gesichert. In einem weiteren Schritt wurden alle Fassaden skizziert, um so die Platzierung und Art der Fenster festzulegen. Ich orientierte mich bei diesen Daten hauptsächlich an den Thermen von Rom und Pompeji, jene sind noch fast vollkommen erhalten, insbesondere auch die Decken.

Der letzte Schritt umfasste einige Bleistiftskizzen wichtiger Elemente der Badeanlage. Se dienten als zusätzliche Hilfe bei der dreidimensionalen Umsetzung.

8.3. Testszene

Um die Umsetzbarkeit der Arbeit zu testen, erstellte ich, bevor ich mit der eigentlichen 3D Rekonstruktion begann, eine kleine Testszene mit Texturen und Lichtern. Es entstand dabei der Schnitt durch eine Hypokaustanlage. Siehe Abbildung 6 im Kapitel 4.

8.4. Umsetzung in 3D

In ersten Schritt übertrug ich die Koordinaten des Grundrisses in das 3D Programm.

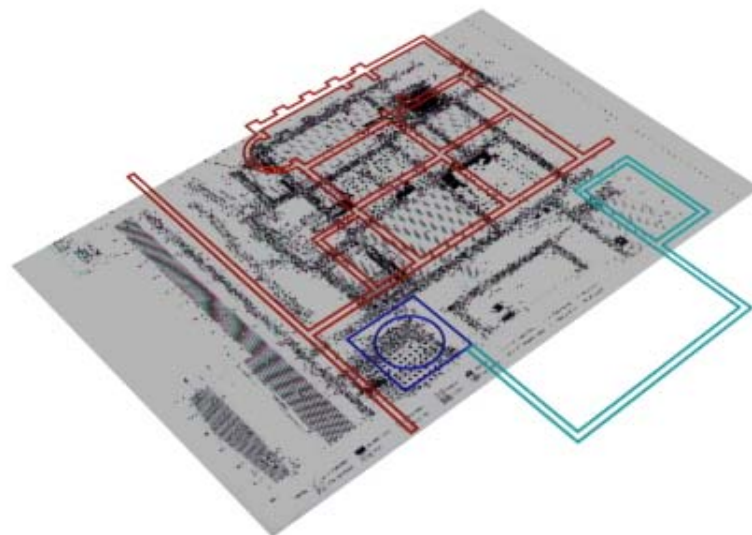
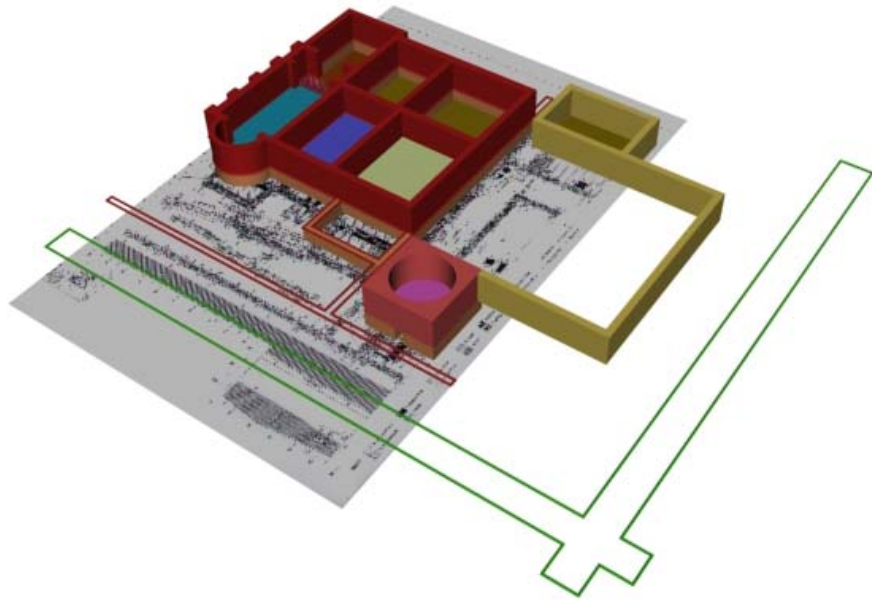


Abb. 49: Die ersten Splines der Szene. Als Orientierungshilfe dient ein eingescannter Plan auf einer Ebene.

Abb. 50: Die Splines wurden Extrudiert und die ersten Böden wurden eingesetzt.



Aus dieser Spline wurde, mittels Extrusion, das Fundament und die Wände des Gebäudes erstellt. Das Gebäude

wurde nun Objekt um Objekt nach oben gebaut. Für die Öffnungen der Fenster und Türen kamen boolesche Subtraktionen zum Einsatz.

Immer wieder stiess ich an die Grenzen der Leistungsfähigkeit des PCs. Als Beispiel sei hier die Darstellung der Dächer aufgeführt. Das Dach ist eine komplexe Struktur, die darum viel Rechenleistung benötigt. Für das Dach hatte ich anfänglich die Ziegel als einzelne Objekte geplant. Für das ganze Dach hätte es so mehrere Tausend Objekte benötigt. Jedoch schon nach mehreren hundert Ziegeln, war mein PC so überlastet, dass ein vernünftiges Arbeiten nicht mehr möglich war. Ich musste mir also eine Alternative suchen. So prüfte ich die Möglichkeit eine Dachseite als einfachere Struktur, als flachen Quader darzustellen, was aber sehr unrealistisch wirkte. Deshalb kam ich schliesslich zu einer Zwischenlösung, die eine Dachseite als Einzelobjekt mit komplizierterer Struktur darstellte. Auch so musste ich bei den weiteren Arbeitsvorgängen in der Ansicht immer wieder möglichst viele Dachstrukturen ausblenden, um die Auslastung der Rechenleistung zu begrenzen.

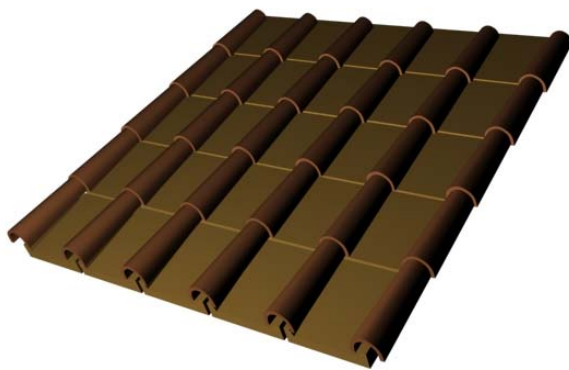


Abb. 51: Detaillierte Dachkonstruktion

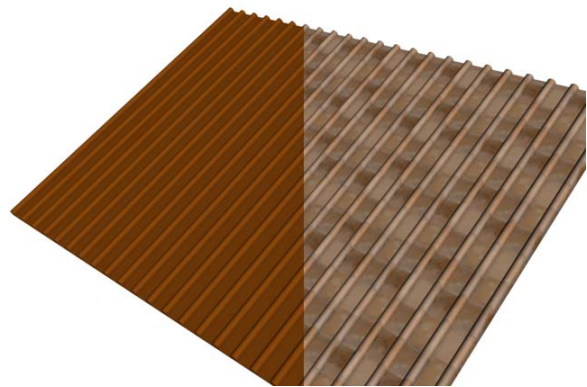


Abb. 52: Die Kompromisslösung, rechts mit Textur

Nach dem Gebäude erstellte ich die Landschaft rundherum. Am Anfang des Projektes plante ich das modellieren einer viel grösseren Umgebung. Ich hätte dann jedoch auch Nachbargebäude wenigstens andeuten müssen, um ein realistisches Bild wiederzugeben. Ich musste schnell einsehen, dass dies im Rahmen dieser Arbeit nicht umsetzbar ist. Ich entschied mich eine Art „Rasenplatte“ der Landschaft zu gestalten. Für den Himmel kam eine Halbkugel zum Einsatz.

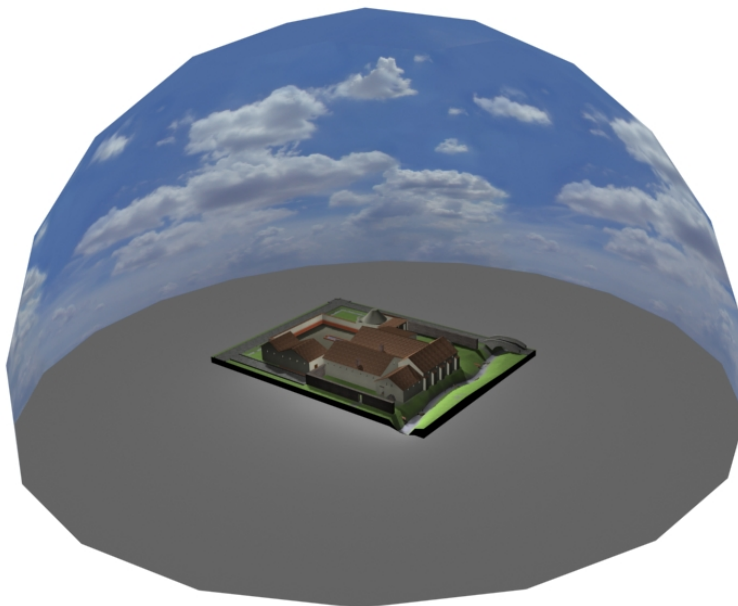


Abb. 53: Aussenansicht der Szene mit Himmelskuppel

8.5. Texturierung

Für die Texturierung erstellte ich als erstes eine grosse Anzahl von Fotos von Materialien und Strukturen an der Ausgrabungsstelle. Als weitere Orientierung dienten die Beschreibungen der Grabungsdokumentation, sowie anderer Thermenfunde. Bewaffnet mit Digitalkamera durchstreifte ich das Feld auf der suche nach geeigneten Strukturen. Texturen für, welche ich keine entsprechende Realvorbilder fand, wurden von mir gezeichnet. Ein paar wenige Texturen stammen aus dem Internet, wie z.B. der Himmel. Insgesamt erstellte ich über 60 Texturen, davon der grösste Teil mit Effektt Texturen (wie z.B. Bumpmap).

In 3DSMax entstanden daraus dann die Materialien, welche ich mittels Texturkoordinaten den Objekten zuwies.

8.6. Licht, Details und Effekte

Nach der Texturierung erstellte ich die Details der Szene, die Holzbeigen und Pflanzen für das Aussengebiet und Bänke und Öllampen für die Innenräume.

Danach erfolgte die Beleuchtung der Szene. Die Sonne erhellt das Aussengebiet. Mit 63 Punktlichtern wird das Umgebungslicht simuliert. Im Innenraum erhellen 28 Öllampen die Räume. Im letzten Schritt kamen noch einige Spezialeffekte hinzu. Für die Wasserfälle und Raucheffekte verwendete ich Partikelemitter.

Ich liess nun ein paar Testbilder berechnen, um den Texturkontrast und Farbton der Texturen zu überprüfen. Durch eine Beleuchtung oder durch Schatten kann sich das Aussehen einer Textur noch sehr stark vom ursprünglichen Aussehen verändern. Deshalb war oftmals eine Nachbearbeitung der Texturen notwendig.

8.7. Rendern

Als letzter Schritt wurden die Kameras platziert und dann die Bilder berechnet.

Alle Bilder wurden auf meinem Heim-PC berechnet. Das System setzt sich wie folgt zusammen (nur für das Rendering relevante Daten sind angegeben):

Prozessor: Pentium 4, 1.8 GHz

Motherboard: Gigabyte GA-8IRXP, 266 fsb

Arbeitsspeicher (RAM): 512 MB DDR

Virtueller Arbeitsspeicher: 1.5 GB

Grafikkarte: Asus GeForce 3 Ti 200 Deluxe

Im Grossen und Ganzen ist es kein schlechtes System für 3D Anwendungen. Der einzige wirkliche Schwachpunkt ist die Grafikkarte. Sie ist für die Darstellung von Computerspielen konzipiert. Mit der Berechnung von 3D Szenen ist sie in vielen Bereichen überfordert und erreicht darum nicht die Bildqualität einer Rendergrafikkarte. Die schwer wiegenden Unschönheiten entstanden im Bereiche der Texturen, wo sie mit meiner Grafikkarte verschwommen oder verzerrt dargestellt werden.

Details der Szene:

	Anzahl:
Vertex (Punkte)	184347
Flächen	355945
Objekte	3650
Materialien	108
Texturen	70
Lichtquellen	93 (davon 29 mit Schattenwurf)
Dateigrösse	13 MB

Mit exakter Schattenberechnung benötigte mein System durchschnittlich etwa 15 Minuten pro berechnetes Bild. Die Renderzeit ist natürlich auch von der Auflösung

des Bildes abhängig und von wie vielen Details und Lichter in der aktuellen Ansicht sichtbar sind.

Für das Video verwendete ich eine animierte Kamera, welche durch die Szenen fliegt. Schon vor der vollständigen Fertigstellung der Rekonstruktion versuchte ich einen Testfilm zu berechnen. Ich animierte eine Kamerafahrt entlang des Bachbettes. Die Animation dauerte 60 Sekunden, pro Sekunde hätten 25 Bilder errechnet werden sollen. Insgesamt hätten dies also 1500 Einzelbilder ergeben. Mit exakter Schattenberechnung zeigte der PC eine Hochrechnung von über 80 Stunden Berechnungszeit auf. Das System lief am Limit seiner Performance und stürzte schon nach wenigen Minuten ab. Mit der Verwendung von Schattenmaps, wo Schatten nur angedeutet werden, konnte ich das Video relativ stabil innerhalb von 10 Stunden berechnen. Das Resultat mit Schattenmaps ist jedoch nicht wirklich zufrieden stellend.



Abb. 54: Darstellung der Schatten durch Schattenmaps.

Mir wurde schnell klar, dass ich mit diesem PC-System allein nicht in der Lage bin Videos zu berechnen. Ich prüfte verschiedene Alternativen. Es gelang mir jedoch nicht in der noch verbleibenden Zeit einen Rendercomputer zu organisieren.

Schlussendlich war es mir jedoch doch noch möglich aus der finalen Szenen ein Video zu berechnen. Reto Troxler stellte mir seinen neuen PC (Pentium 4, 2.5 GHz, 512 MB RAM) zu Verfügung. Zusammen mit meinem Rechner konnte ich im Netzwerk die beiden PCs vereint am Video rechnen lassen. Die Dauer von 44 Sekunden Videoanimation, also 1100 Bilder, wurde in 32 Stunden berechnet. Leider nur mit Schattenmaps. Mit exakter Schattenberechnung hätte es mehrere hundert Stunden gedauert. Der PC-Verbund arbeitete aber auch schon mit Schattenmaps an der Belastbarkeitsgrenze.

Hinweis: Die 3D Szene und sämtliche Texturen der Rekonstruktion sind auf der beiliegenden CD zu finden.

9. Virtueller Rundgang

9.1 Bilder

Einen Teil der finalen Renderbilder befindet sich im Anhang, der andere Teil ist auf der CD zu finden.

Bild 1: Vogelperspektive, Blick aus östlicher Richtung.

Bild 2: Aufsicht auf die Thermenanlage und das Gelände

Bild 3: Frigidarium, Blick in Richtung Piscina

Bild 4: Caldarium, Blick in Richtung Stehwanne

Bild 5: Palaestra, Aufnahme mit extremem Weitwinkelobjektiv

9.2 Video

Das Video zeigt einen Flug um die Thermenanlage. Er sollte auf jedem handelsüblichen Computer ab etwa 400 MHz abspielbar sein und liegt in zwei verschiedenen Versionen vor. Einer DivX¹⁸ Version mit hoher Qualität und in der Quicktime Version mit geringerer Qualität. Für das Abspielen der DivX Variante ist der entsprechende Codec notwendig. Die Installationsdatei für Windows, Linux und Macintosh befindet sich ebenfalls auf der CD.

10. Fazit

Das Ziel einer möglichst geschichtsgetreuen Rekonstruktion ist erreicht.

Ursprünglich waren umfangreiche Videodarstellungen geplant. Es zeigte sich jedoch im verlaufe der Arbeit, dass die notwendigen rechnerische Leistung für ein Projekt dieses Ausmasses mit konventionellen Heimcomputern nicht so einfach zu erreichen ist. Die erarbeitete 3D Rekonstruktion liesse sich unter Verwendung verknüpfter PC-Systeme oder eines Grossrechners zu weiteren animierten Darstellungen verwenden.

Unter erhöhtem zeitlichen Aufwand liesse sich der Detailgrad noch verfeinern, was jedoch wiederum höhere Leistung der Computersysteme erfordert.

Bis in naher Zukunft wird der ganze Inhalt meiner Maturaarbeit online, unter der Adresse <http://www.maturaarbeit.wenner.ch>, erreichbar sein.

¹⁸ <http://www.divx.com>

11. Danksagung

Ich bedanke mich bei folgenden Personen für ihre Hilfeleistung:

- Herrn Eduard Schwyn für die Betreuung meiner Arbeit.
- Herrn M. Höhneisen für die Unterstützung und Tipps, sowie die Pläne von Juliomagus.
- Herrn Tomaso Wenner für seine archäologischen Ausführungen und Informationen.
- Herrn Reto Troxler für den selbstlosen Verzicht seines PCs zu Gunsten meiner Maturaarbeit.
- Herrn Kaspar Helfrich für die zu Verfügungsstellung seines Scanners.
- Herrn Valentino Wenner für seine Bemühungen einen Schelleren PC zu organisieren.
- All denen, die mich während der Entstehungszeit meiner Arbeit begleitet und unterstützt haben, besonders meiner Familie.

12. Literaturverzeichnis:

Alle Internetlinks waren am 16. Dezember 2002 aktuell.

12.1. Archäologie, Thermen:

Marga Weber
Antike Badekultur
ISBN: 3 406 40099 X
1996, C.H. Beck

Tonio Hölscher
Klassische Archäologie – Grundwissen
Bestellnummer: 15751-6
Erste Auflage, 2002
Informationen: www.wbg-darmstadt.de

Jost Bürgi und Radana Hoppe
Schleitheim – Juliomagus, Die römischen Thermen
1985, Verlag Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte Basel

H.-O. Lamprecht
Opus Caementium, Bautechnik der Römer
ISBN: 3-7640-0310
Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf 1993

Werner Heinz
Römische Thermen, Badewesen und Badeluxus
ISBN: 3-7774-3540-6
Raggi-Verlag, Feldmeilen/ Zürich 1983

Caracalla-Thermen: <http://www.das-forum-romanum.de/caracalla.htm>

Thermen von **Pompeji**:
<http://www2.pompeisites.org/database/pompei/pompei2.nsf/home/5FCDC21D897F76EFC12568DC0066F899?opendocument> (Englisch)
<http://www.cueni.ch/pompeji5.html>

Augustaurica: <http://www.baselland.ch/docs/kultur/augustaurica/1/index.htm>

Thermen von **Herkulanum**:
<http://www.antikefan.de/Bilder/Herkulaneum/herkulaneum.html>

Arbeit über **römische Lampen**:

http://www.unc.edu/courses/rometech/public/content/arts_and_crafts/Libba_McElreath/artificial_light_in_rome.html (Englisch)

Archäologischer Park **Xanten**: <http://www.xanten.de>

12.2. 2D/3D Grafik, Software:

3D Studio Max R4

Hersteller: Discreet

<http://www.discreet.com/products/3dsmax/>

Photoshop 7

Hersteller: Adobe

<http://www.adobe.com/products/photoshop/main.html>

Phil Miller

3D Studio Max R3 Insider

ISBN: 3-8272-5680-1

2000, Markt und Technik Verlag

Informationen: www.mut.de

Jon A. Bell

3D Studio Max R3: Professionelle 3D Effekte

ISBN: 3-8266-0609-4

2000, MITP-Verlag

Informationen: www.mitp.de

Tutorials zur Erstellung von **kachelbaren Texturen**:

<http://www.noctua-graphics.de/deutsch/Tutorial/seamless/01.htm>

<http://www.gfxartist.com/features/tutorials/740> (englisch)

Gratis **Texturbibliotheken**:

<http://texturen.brutex.de/body.php4> (englisch)

<http://www.3dcafe.com/asp/textures.asp> (englisch)

<http://textures.forrest.cz/> (englisch)

Wolkentexturen: <http://www.mayang.com/textures/html/Clouds/index.html> (englisch)

Tutorial zur Erstellung einer **Steinwand** mit Photoshop:

http://home.bip.net/mrwize/tutorials/ps_tut/stone_wall/stone_wall.htm (englisch)

Tutorial zur Erstellung von **Rauch** in 3DSMax:

<http://www.maxhelp.com/content/tutorials/billow/billow.htm> (Englisch)

13. Glossar

13.1. Römer

Apsis: Halbrunde oder runde Nische

Apodyterium: Auskleideraum

Frigidarium: Kaltbad

Tepidarium: Laubad

Caldarium: Heissbad

Laconcium: Schwitzbad

Palaestra: Hof für Erholung und Sport

Preafurnium: Heizraum

13.2. Grafikdesign

Pixel: Ein quadratischer Bildpunkt eines digitalen Bildes.

Polygon: Zusammenschluss von vielen Flächen.

Vertex: Ein Punkt im 3D Raum.

Rendern: Berechnung von 2D Bildern oder Videos aus einer 3D Szene.

Spline: zweidimesnsionaler Pfad

Textur: Ein Bild, welches die Struktur und/oder Färbung eines Objektes darstellt.

DivX: Programm zur komprimierung von Videodateien.