Elemente des solaren Bauens in der antiken Wohnhausarchitektur am Beispiel von Olynth

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

DOKTOR-INGENIEURS

von der Fakultät für Architektur

der

Universität Karlsruhe
(Technische Hochschule)

genehmigte

DISSERTATION

von

Dipl.-Ing. Klaus Reichert
aus Karlsruhe

Tag der mündlichen Prüfung: 11. 12. 2003

Referent: Prof. Dr. Manfred Klinkott
Korreferent: Prof. Dipl. Ing. Andreas Wagner

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Manfred Klinkott vom Institut für Baugeschichte der Universität Karlsruhe bin ich zu tiefsten Dank verpflichtet für seine engagierte Unterstützung, sein freundliches Entgegenkommen und seine Bereitschaft über sein Fach hinaus zu denken. Seine lebendige Hilfe ist mir ein Vorbild.

Prof. Andreas Wagner vom Fachgebiet Bauphysik und technischer Ausbau der Universität Karlsruhe als Koreferent hat durch seine klare Haltung und analytische Vorgehensweise die Arbeit maßgebend geprägt.

Elke Gossauer hat unter der fachlichen Anleitung Klaus Rohlffs am Lehrstuhl für technischen Ausbau der Universität Karlsruhe die Simulationen durchgeführt.

Catherine Kröger und Desislava Dimitrova danke ich für die Unterstützung bei den Datenbanken und Recherchen, sowie Monika Rauenbühler und Monika Gruber für die Korrekturen. Die Mitarbeiter der Deutschen Archäologischen Institute in Athen, Istanbul und Madrid haben mich aktiv unterstützt.

Sehr zu danken habe ich meiner Familie für ihre Unterstützung.

Die Arbeit wurde finanziell unterstützt durch die Graduiertenförderung des Landes Baden-Württemberg. Ich danke der Universität Karlsruhe und dem Land für diese großzügige Zuwendung.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 5

1 Einführung und Abgrenzung 11

1.1 Räumliche Abgrenzung 13

1.2 Zeitliche Abgrenzung 13

1.3 Technikverständnis 14

2 Situationsanalyse Olynth 16

2.1 Geographische und geschichtliche Situation Olynths 17

2.2 Städtebau 19

2.3 Simulation 25

2.4 Das Programm Lesocool 25

2.5 Das Programm Helios 26

2.6 Fragestellungen 27

2.7 Grundlagen der Simulation 27

3 Simulation mit Varianten 51

3.2 Auswertung der Simulations-Ergebnisse 61

4 Zusammenfassung 87

5 Anhang 89

5.1 Bibliographie 89

5.2 Abbildungsverzeichnis und Bildnachweis 110

5.3 Internet-Links zur Simulation 115

5.4 Index 116

Tafeln 120

VORWORT

Die gravierenden Klimaveränderungen und wiederkehrenden Energiekrisen machen es deutlich, dass eine Richtungsänderung im Denken und Handeln von Architekten und Ingenieuren dringend erforderlich ist. So werden für die Erwärmung von Wasser und zur Heizung von Gebäuden jährlich ein Drittel des Weltenergieverbrauches aufgewendet: 2,8 Mrd. Tonnen Heizöl[1]. Die Nutzung von fossilen Brennstoffen zum Heizen, Lüften, Kühlen[2] erscheint vor diesem Hintergrund nicht nur eine Technik der Vergangenheit, sondern auch endlich; zudem entstehen Lärm und giftige Abgase. In Zukunft dürfen fossile Brennstoffe in diesem Umfang für die Klimatisierung von Gebäuden nicht mehr eingesetzt werden.[3] Studien sagen ein Ende der bekannten Erdölvorräte bereits in wenigen Jahrzehnten voraus[4]. Dies bedeutet zwar kein Ende der verfügbaren fossilen Energiequellen, macht aber deutlich, dass unsere aktuelle Art und Weise mit Energie umzugehen, nur noch eine begrenzte Lebensdauer

---

[1] Meyer-Bohe (1996) 27

[2] Ein weiterer Teil wird zur Beleuchtung verbraucht, dieser Aspekt steht aber in dieser Arbeit nicht im Vordergrund, da sie in der Antike nicht den Stellenwert hatte, wie heute.

[3] "Rund die Hälfte der in Europa verbrauchten Energie dient dem Betrieb von Gebäuden, hinzu kommt der für den Verkehr aufgewendete Anteil in Höhe von 25%. [...]
Diese Situation erfordert ein rasches und grundlegendes Umdenken, besonders für die am Bauprozess beteiligten Planer und Institutionen. Ein verantwortlicher Umgang mit der Natur und die Nutzung des unerschöpflichen Energiepotentials der Sonne müssen Grundvorrausetzung für die Gestaltung der gebauten Umwelt werden. [...]
Ein Ziel künftiger Arbeit muss deshalb sein, Stadträume und Gebäude so zu gestalten, dass sowohl Ressourcen geschont, als auch erneuerbare Energien - speziell Solarenergie- möglichst umfassend genutzt werden, [...]." Herzog (Hrsg.) (1996) 1

[4] „Globale Energiereserven sind größer als vermutet. Die weltweiten Energiereserven sind nach Schätzungen von BP so hoch wie nie zuvor[...]. Die Welt sei mit fossilen Energieträgern wohl versorgt, und es sei äußerst unwahrscheinlich, dass es in absehbarer Zeit zu einer Knappheit kommen könnte. Es sei in den vergangenen Jahren eher billiger geworden, neu Öl zu finden und zu fördern. Die gesamten nachgewiesen Weltölreserven übersteigen inzwischen eine Billion Barrel [...] bei dem gegenwärtigen Ölverbrauch genug für 43 Jahre. ‚Das heißt nicht, dass das Öl innerhalb von 43 Jahren ausgeht. Mit Sicherheit werden bis dahin weitere Öl[quellen] nachgewiesen', erwartet BP. Rund zwei Drittel der Reserven liegen im Mittleren Osten. Die Gasreserven seien nicht ganz so hoch, doch wird weltweit auch weniger Gas verbraucht, so dass die Reichweite 65 Jahre beträgt. Ein Drittel der Gasvorräte von rund 140 Billionen Kubikmetern liegt in Russland. Noch reichlicher sind die Kohlereserven, die von [...] ihrem Energiewert her in etwa dem Fünffachen der Ölreserven entsprechen und 200 Jahre reichen." BP Oil Deutschland GmbH, Überseering 2, 22297 Hamburg

hat. Deutlich wird auch, dass der Suche nach Alternativen eine große, ja für Generationen lebenswichtige, Bedeutung zukommt. Es liegt also nahe, nach Wegen zu suchen, die natürlichen Energiequellen, Sonne, Wind und Wasser, in Gebäuden zu nutzen. Ein Ersetzen des Verbrauchs von endlichen Rohstoffen zur Klimatisierung von Häusern durch regenerative Energien bedeutet die Erhaltung von Ressourcen für nachfolgende Generationen, eine massive Verminderung der Luftverschmutzung und eine Reduktion von daraus resultierenden Klimaveränderungen. Das World-Watch Institute kommt zu dem Ergebnis, dass die negativen Trends der vergangenen Jahre die positiven Entwicklungen bei weitem übertreffen.[5]

Wichtige Kennziffern der vergangenen Jahre:

- Die globale Temperatur stieg auf den höchsten Durchschnittswert seit Beginn der Temperaturaufzeichnungen vor 130 Jahren.
- Der $C0^2$ -Ausstoß durch das Verbrennen von fossilen Brennstoffen erreichte 1995 seinen weltweiten Höchststand von 6,1 Milliarden Tonnen.
- Naturkatastrophen durch den Klimawandel kosten immer mehr Geld: die ausgezahlten Versicherungssummen verdreifachten sich seit den 80er Jahren auf 48 Milliarden Dollar.
- Die Weltbevölkerung ist um weitere 87 Millionen Menschen gewachsen.

Da fossile Energiequellen endlich sind, bleibt die Sonne als unendlicher Energielieferant. Täglich liefert sie der Erde ein Vielfaches der Energie, die wir Menschen tatsächlich verbrauchen. Doch die Sonne ist mehr:

"Licht, das heißt Tageslicht, das heißt Sonne, ist die unmittelbare Quelle menschlicher Behaglichkeit. Der Körper ist mit Sensoren und Aktoren darauf eingestellt: Er sieht, er fühlt die Wärme, er gleicht ein Zuviel oder Zuwenig an Wärme mit den Hautschichten aus, er kühlt sich durch Verdunstung oder im Spiel einer leichten

[5] Vital Signs ist eine der umfassendsten Datensammlungen zur ökologischen Entwicklung der Erde. Das Buch wird vom Washingtoner Worldwatch Institute herausgegeben und jährlich aktualisiert. Ökologische Daten der letzten 30 bis 40 Jahre dokumentieren Trends in den Bereichen Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion, Energie und Luftreinhaltung, Verkehr, Wirtschaft, Militär und Soziales. Experten des Instituts kommentieren und analysieren diese Entwicklungen ausführlich.

Brise oder sucht Schutz in einer windstillen Ecke. Licht wiederum hat direkten Einfluß auf die Hormonproduktion und somit auf unsere Laune, Antrieb und Lust. Die Sonne bestrahlt den Körper, gibt ihm Kraft, bräunt ihn - die Sonne bestrahlt, was der Mensch sieht, und wandelt es in eine dynamische Schönheit von Licht und Schatten, Farben und Räumen. Sie läßt Blumen, Wälder, Landschaften entstehen und unsere Nahrungsmittel wachsen. Die Sonne erwärmt die Erde und Luftschichten, erzeugt durch das Spiel der Temperaturdifferenzen Wind, Regen und Schnee. Die Sonne belichtet und erwärmt Räume, Wasser in Kollektoren, Wind und Wellen. Die Strahlung auf Photozellen läßt sich sogar in Kraft umwandeln."[6]

Es stellt sich die Frage, wie diese unerschöpfliche Quelle der Solarenergie effizient genutzt werden kann. Gerade im Bereich der Gebäude ist dieses Problem von großer Bedeutung. Der Energieverbrauch ist hier direkt spürbar in Form von Beleuchtung und Wärme beziehungsweise Kälte, die Benutzer erleben förmlich die Auswirkungen. Gebäude sind, von einigen Ausnahmen abgesehen, in den meisten Fällen langlebige Objekte. Entscheidungen, bei der Planung getroffen, haben somit Auswirkungen über einen langen Zeitraum, der sogar mehrere hundert Jahre andauern kann. Die Langlebigkeit von Gebäuden und die wenig Veränderung zulassenden städtebaulichen Entscheidungen bedingen also von vornherein eine wohldurchdachte Planung.[7] Gebäudetechnik wird im Laufe der Nutzungsdauer modernisiert, doch grundsätzliche Faktoren bestimmen, ob und wie viel Technik eingesetzt werden muss. Eine energetisch sinnvolle Planung bestimmt so von vornherein den "Lebensenergieverbrauch" des Bauwerks stark. Dies hat nicht nur Effekte auf die Umwelt, sondern stellt auch eine wichtige ökonomische Komponente dar, ein Bereich, dem große Wichtigkeit bei der Bauentscheidung zukommt. Zudem haben Architekten meist ihre eigenen Möglichkeiten aus der Hand gegeben durch die totale Abhängigkeit von der Technik als „Klimaproduzenten". Statt sich auf die zeitlos funktionierenden Mittel der Architektur zu besinnen, wird kurzlebige, Energie verschwendende Technik in Strukturen gesetzt, die vielfach ihrer Funktion, Lebens- und Arbeitsraum zu sein, nur beschränkt nachkommen. Mit ihrer Arbeit formen und verändern

[6] Herzog, Thomas (Hrsg.), Solarenergie in Architektur und Stadtplanung. Konferenzband Haus der Kulturen der Welt (1996) 21

[7] Der Architekt Marcel Breuer meinte, dass sich die meisten Architekten zur „richtigen" Ausrichtung von Strassen und Gebäuden ihre eigenen Regeln aufstellen würden.

Architekten die Lebensweise vieler Menschen: zum Guten wie möglicherweise auch zum Schlechten. Die anzustrebende Richtung dürfte klar sein: Eine ganzheitliche Betrachtung und Planung ist notwendig, innovative Lösungen sind gefragt. Als Grundlage können viele Beispiele historisch-traditioneller Architektur, die auf hervorragende Weise die klimatischen Bedingungen erfüllen, herangezogen werden.

Es sind die Erfahrungen vorangegangener Generationen, die unserem heutigen Leben ihre Basis geben und es unterschwellig beeinflussen. Doch erkennen wir diese, uns vorangegangene Zeit in den meisten Fällen nicht an, lehnen sie oft als "rückschrittlich" ab, ja wehren uns gegen den Einfluss der Älteren. In unserer Erinnerung sind ein oder vielleicht zwei Generationen lebendig, für Praktiker ruht das Davorliegende im Nebel der Vergangenheit. Das bedeutet aber auch, dass wir die gemachten Erfahrungen, die Erkenntnisse, die über Generationen gesammelten Ideen, nicht mehr zu unserer augenblicklichen Verfügung haben.

Wenn wir wollen, dass Menschen Nahrung, Wohlstand und Frieden[8] auch weiterhin auf breiter Basis verfügbar haben sollen, müssen wir tief greifend auch an unserer Art zu leben und zu bauen arbeiten. Effizienz und Suffizienz sind viel gebrauchte Schlagworte, aber nicht die einzigen Möglichkeiten. Tun wir nichts, überholt uns die Entwicklung, und die Menschen werden ihre natürliche Lebensgrundlage zerstört haben. Das Fortschreiten der Zeit bringt automatisch ein Fortschreiten der Entwicklung mit sich, die die Menschen bei Nichtbeachtung der Regeln überrollt.

Es gilt also, neue Wege, neue Lösungsansätze zu finden, andere Denkwege einzuschlagen. Die Herangehensweise an ein Problem nach dem Versuch/Erfolg/Scheitern Prinzip ist nicht allzu viel versprechend. Große Veränderungen bauen immer auf Erfahrungen in der Vergangenheit auf, es sind die kleinen Erfolgsschritte, die den Lebensweg vieler Generationen begleitet haben.

Die Solartechnik hat in den letzten Jahren gewaltige Veränderungen erlebt. So kann Strom von der Sonne produziert werden; Wärme für Warmwasser und Heizung liefern Sonnenkollektoren. Mit hohem technischen und finanziellen Aufwand kann ein Gebäude über die Sonne versorgt werden: durch den Einbau von wartungsintensiver Technik, die meist nach Jahren ausgetauscht werden muss. Eine rein aktive

[8] „If you say any one thing about a solar house it's the fact of it's livability. It' s a grand place to live." Lambert Ennis, Professor at Northwestern University, Illinois; Simon (1947) 19f

Solarenergienutzung ist also nicht auf Dauer ausgelegt und wird vom technischen Fortschritt schnell überholt.

Ein langfristiger Ansatz bedeutet die maximierte Nutzung der passiven Solarenergie: denn Bauwerke sind keine Maschinen. Es müssen aber eine Vielzahl von Funktionen, Lebensabläufe und Vorgänge berücksichtigt werden, so dass schnell der Eindruck entsteht, dass ein Gebäude ein rein technisches Gefüge ist.

Eine wichtige Rolle spielen aber noch eine Anzahl weiterer Gesichtspunkte:

- soziale und kulturelle Aspekte
- Komfortansprüche, Lebensglück der Bewohner
- Organisationsformen von Unternehmen,

um nur einige zu nennen. Das Erreichen von angenehmen klimatischen Bedingungen unter Verwendung regenerativer Energiequellen und dem vollen Ausschöpfen aller Möglichkeiten ist für Architekten, Städtebauer, Ingenieure und Auftraggeber eine vordringliche Aufgabe.[9]

Die Erschließung der passiven Solarenergie ist vornehmlich Aufgabe der Architektur. Natürlich ist dies nur ein Aspekt des energieeffizienten Bauens. Aber dieser Bereich steht in direkter Verbindung zum Konzept, dem Entwurf, dem originären Bereich der Architekten. In enger Zusammenarbeit mit Fachplanern und unter Verwendung von Computer gestützten Simulationstechniken können attraktive und ausdrucksstarke Gebäude mit einer maximalen Integration natürlicher Energiequellen zur „Klimatisierung" entstehen. Grundlage ist jedoch die Kenntnis der physiologischen und psychologischen Bedürfnisse der Menschen - und inspirierende Ideen.[10]

---

[9] Mit der Steigerung des geistigen und körperlichen Wohlbefindens der Nutzer eines Baues und der Reduktion des Energieverbrauchs und Emissionsausstoßes bei Gebäuden bietet eine solare Architektur Lösungsansätze für Lebensraum bedrohende Probleme der Welt. Die Notwendigkeit des Handelns ist bei einem Planeten mit endlichen Ressourcen offensichtlich, um den kommenden Generationen eine Chance zu geben.

[10] "Der behutsame Umgang mit Energie ebenso wie der gezielte Einsatz von Umweltenergien - vor allem Solarenergie - wurden in der Sache begründete, von Tagesmoden unabhängige, zentrale Arbeitsthemen des Berufstandes.
Zwei Jahrzehnte später gibt es prominente Gebäude mit architektonisch ambitioniertem Konzept, welche Umweltenergien ganz neu interpretieren, sie intensiv zur Wärmegewinnung, zur Kühlung, zur natürlichen Lüftung, Belichtung, Stromgewinnung nutzen, bei denen Solarenergie gestaltprägend wie auch ästhetisch wirksam wird: Schulen und Hochschulen, Wohnhäuser aller Art und Größe, Büro- und Ausstellungsbauten u.v.a. [...]
Entsprechend vielfältig sind die architektonischen Konzepte und baulichen Lösungen, was zeigt, daß quali-

Um den Blick in die Zukunft wagen zu können, ist der Blick in die Vergangenheit unerlässlich. In dieser Arbeit werden Elemente des solaren Bauens in der traditionellen Architektur untersucht und es soll gezeigt werden, dass bereits die Menschen der Antike Mittel hatten, angenehme klimatische Bedingungen in Häusern ohne Technik zu schaffen, und dass diese Vorbilder mit einfachen Modifikationen als Vorbild für heutige Wohnbauten dienen können.

"The developing approach to ecological planning and low energy building design is one of the most vital areas. Architects, urban designers and planners are faced with a huge new area, partially explored and much forgotten. There are currently few guidelines and even fewer built examples. We have an enormous amount of history to rediscover and a whole methodology to learn.

Significant research and experimentation must be undertaken in order to generate knowledge on which to base a new architecture and new urban design attitudes which aspire to the new eco community of the next decade. "[11]

Arbeit im Internet und Kontakt

Diese Arbeit ist elektronisch publiziert unter
http://www.ubka.uni-karlsruhe.de/cgi-bin/psview?document=2004/architektur/1

Kontakt via E-Mail: info@klausreichert.de

tätsvolle umweltorientierte Planung mit der Auseinandersetzung und Einbindung von spezifischen lokalen Gegebenheiten und Anforderungen viel mehr zu tun hat als mit schematischen, normativen Setzungen, die schnell zu Nivellierung und ästhetischer Verarmung führen können." Herzog, Thomas (Hrsg.) (1996) 14-16

[11] Mike Davies - R. Rogers Partnership in ENEA (1997)

1 EINFÜHRUNG UND ABGRENZUNG

"Unsere Bewunderung für die Antike ist keine Bewunderung des Alten, sondern des Natürlichen."[12]

In der vorliegenden Dissertation betrachte ich Elemente des solaren Bauens in der antiken Wohnhausarchitektur am Beispiel von Olynth. Im Vordergrund stehen die baulichen Gegebenheiten zur weitgehenden Nutzung von regenerativen Energiequellen (Sonne, Wind und Wasser), zur Heizung, Lüftung und Kühlung. Am Beispiel des Pastashauses in Olynth soll diskutiert werden, mit welchen teilweise einfachen baulichen und nicht klimatechnischen Mitteln vorgegangen wurde, um ein angenehmes Raumklima zu erreichen. Dieser Bautypus wurde ausgewählt, weil die prägnante Architektur, beziehungsweise Siedlungsform, die Aufgabe der Klimatisierung ohne "Technik" erfüllt. Die Bauten sind durch amerikanische Ausgrabungen in den dreißiger Jahren gut dokumentiert. Über eine computergestützte Simulation auf Basis der ausführlichen Rekonstruktionen wurde das tatsächliche Maß an Komfort detailliert betrachtet. Diese Methodik ist mittlerweile Teil des Planungsprozesses hauptsächlich bei größeren Büro- und Gewerbebauten. Die Verwendung dieser Methoden für baugeschichtliche Untersuchungen ist nach meinem Wissen neu und stellt ihr ein neues Werkzeug zur Verfügung.

Solararchitektur heute setzt in den meisten Fällen eine Abkehr vom allgemein Üblichen voraus. Gleichzeitig ist es notwendig, für eine erfolgreiche Umsetzung die alten Quellen wieder auszugraben. Dieser scheinbare Widerspruch löst sich schnell auf. Der Versuch, über die eigene Tradition hinaus eine Lösung für die gestellten Probleme zu finden, kann scheitern. Jedoch, im Falle des Erfolges kommen neue Erkenntnisse auf, die das Leben und die Kulturentwicklung positiv beeinflussen können.[13] Die Forschung hat gezeigt, dass die Betrachtung von historischen Bauten sowie traditioneller städtischer, und ländlicher Strukturen eine reiche Quelle der Inspiration sein kann. Die Erfahrungen von Jahrhunderten können gerade in einer Zeit, die durch die Verwendung von fossilen Energiequellen, Maschinen und Infor-

[12] R.W. Emerson

[13] Gespräch mit Hermann Kienast, DAI Athen, 20.06.97

mationsmedien geprägt ist, wertvoll sein. So soll das ausgewählte Beispiel zu weiteren Forschungen und Entwicklungen anregen und zu Lösungen führen, die mit heutigen Mitteln der Architektur zu erreichen sind. Es geht dabei um eine Kombination traditioneller Methoden mit modernsten Forschungsergebnissen und Werkzeugen. Denn das ist das, was die menschliche Entwicklung bestimmt: Aufbauen des Zeitgenössischen auf den Fundamenten der Vergangenheit. Der bekannte Architekt Norman Foster hat sich mit folgenden Worten zur solaren Architektur bekannt[14]:

"Solar architecture combines tradition and technology. Tradition is the expression of the culture of a time and place. Technology is about the making of things. A high level of technology in the context of one place at one point in time may appear to be a low level of technology in the context of another time or place. The challenge is to identify and apply the appropriate level of technology. It is important to remember that technology is a means and not an end in itself. Buildings are generated by people and their needs. Given the present crises of pollution and energy, solar architecture offers the potential for a true(?) vernacular of today, which would offer variety in its sensitive response to different vocations. Solar architecture is not about fashion - it is about survival."[15]

Unter „solarer Architektur" verstehen wir ein Arbeiten mit dem und nicht gegen das Klima. Ein guter Entwurf setzt nicht nur Kenntnisse und Erfüllung der räumlichen Anforderungen voraus, sondern auch der speziellen Bedürfnisse der Menschen. Dazu gehören vor allem: Licht, Wärme, Kühlung, Lüftung und Komfort. Für eine gekonnte Anwendung der passiv solaren Prinzipien ist es für Architekten und Planer notwendig, über das Klima und die klimatischen Notwendigkeiten genau Bescheid zu wissen.[16] Der Lauf der Sonne über das Jahr hinweg verdient ebenso Aufmerksamkeit wie ein eingehendes Verständnis für physikalische Phänomene erforderlich ist. Es muss klar sein, dass es auf Dauer nicht möglich sein wird, sich von der Natur

[14] Die solaren Vorteile und Komponenten der Architektur Fosters sind umstritten. Unbestritten ein Vorteil für die Sache der Solaren Architektur ist aber der Einsatz eines so prominenten und einflussreichen Architekturbüros.

[15] Norman Foster, ENEA (1997)

[16] "Ein Haus ist kein Haus, wenn es nicht warm im Winter, kühl im Sommer und zu jeder Jahreszeit geeignet ist, der Familie den richtigen Raum zu bieten. Keines seiner Probleme ist gelöst, wenn die Lösung nicht gleichzeitig der Nützlichkeit, der Moral und der Ästhetik dient." Adolf Loos zitiert in Meyer-Bohe (1996) 6

und ihren Anforderungen abzuheben. Kenntnisse über das Makroklima[17], Mikroklima[18] und das Innenklima sind unabdingbare Basis des Planens und Bauens.

Im Rahmen der Arbeit wird der Pastashaustyp in Olynth detailliert untersucht. Die Arbeit befasst sich dabei mit

- den Möglichkeiten der solaren Heizung an diesem Bau
- der natürlichen Lüftung und Möglichkeiten der Kühlung
- und insgesamt dem sparsamen Umgang mit den vorhandenen Ressourcen im Bereich des Städtebaus, der Materialien und des Betriebs.

Diese Arbeit bemüht sich um eine Untersuchung der raumklimatischen Verhältnisse in einem Haus. Sie wird eine komplette Erfassung aller Bauten aber nicht leisten können. Jedoch wird ein gut dokumentiertes Beispiel mit neuen Methoden erschlossen. Ausgewählt wurde das Wohngebäude des Pastashauses auch im Hinblick auf seine Vorbildfunktion für die zeitgenössische Architektur und Stadtplanung.[19]

1.1 Räumliche Abgrenzung

Ziel der Betrachtung sind Bauten aus der griechischen Antike. Hier finden sich Wohn- und Siedlungsformen, die eine ideale Basis für die hier vorgenommene Untersuchung ergeben. Der Schwerpunkt liegt, auch aufgrund der Zugänglichkeit von Ausgangsmaterial, auf Olynth, obwohl die Länder des Mittelmeerraumes eine Fülle von Beispielen liefern, die aber zumeist nicht in dieser Vollständigkeit publiziert sind.

1.2 Zeitliche Abgrenzung

Die Arbeit konzentriert sich auf den Zeitraum zwischen 432 und 348 vor Christus, umfasst hauptsächlich die Wachstumsphase der Stadt Olynth mit der Erweiterung

[17] Das Wettergeschehen einer Region in welcher ein Gebäude steht. Es ist abhängig von Längen- und Breitengrad sowie dem allgemeinen Gelände.

[18] Das lokale Wettergeschehen.

[19] "As an architect I believe it is very important to fall in love with the nature of things instead of fighting for form and style." Jörn Utzon Can Feliz (1996)

auf dem Nordhügel ab 432 vor Christus bis zur vollständigen Zerstörung 348 vor Christus.

1.3 Technikverständnis

In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass man die thermisch wirksamen Elemente eines Gebäudes in der Antike auch als Gestaltungselement eingesetzt hat. Sie sind in vielen Fällen deutlich sichtbar, wobei sie sich nicht immer sofort als „technische" Vorrichtungen zu erkennen geben. Für die Betrachtung antiker Architektur, einer Baukunst ohne „technische" Ausrüstung, wird man die Gebäude als Einheit sehen müssen. Die verschiedenen Bauelemente haben ihre eigene, nicht immer im Sinne der Statik und Funktion klar definierte Form. Sie ergeben aber in der Kombination mit den anderen Teilen ein stimmiges Ganzes. In der Gesamtheit können so energetisch-klimatisch sinnvolle Konzeptionen entstehen, die immer im Kontext des Gebäudes zu sehen sind. So stellen Kühlöffnungen oder Windtürme einen grundsätzlichen und nicht austauschbaren Bestandteil des Gebäudes dar, der auch nicht, wie eingebaute Technik, einem beschränkten Lebenszyklus unterliegt.

Solararchitektur, energieeffizientes Bauen, energiebewusstes Bauen, bioklimatische Architektur bedeutet Entwerfen mit dem Klima, ein Vorgang, der über Jahrtausende praktiziert wurde. Diese Faktoren werden und müssen Bestandteil des Denkens und der Planung von Architekten sein. Dabei geht es um die notwendige Verbindung des zu Bauenden mit seiner Umgebung.

"The goal of an 'energy conscious' design is to satisfy the conditions for a bioclimatic thermal comfort by using a minimum of technical equipment that use fossil non renewable energy. [...] We could possibly define it in a schematic way as the whole ensemble of those design solutions that will create a satisfactory level of comfort within a specific building. This should involve a minimum of mechanical equipment needing non renewable energy."[20]

Bauten aus der Antike können somit nach den Kriterien der passiv-solaren und der Niedrigenergie-Bauweise betrachtet werden.[21] Eine solche Bauweise ist keine Stil-

[20] ENEA (1997)

[21] "Eigentlich ist das Niedrigenergiehaus so alt wie die menschliche Behausung selbst. Alle Bauten, die in erster Linie dem Schutz vor Witterung dienten, sind in einem gewissen Sinne als Niedrigenergiehäuser zu be-

richtung und kein „-ismus". Vielmehr ist sie eine Besinnung auf die Verbindung unterschiedlichster Elemente wie Klima, Städtebau, Kultur, zur Verfügung stehenden Materialien und auf die lokale Lebensweise. Die Form folgt nicht allein dem Klima, steht aber mit diesem in enger Verbindung: Vorherrschende klimatische Bedingungen bestimmen nicht die Form, sie beeinflussen sie aber stark.[22]

zeichnen, denn sie versuchten den 'Fremdenergieeinsatz' zu minimieren. In unterschiedlichem Maße sind Vorkehrungen zur Verringerung des Energieverbrauches allen Bauweisen zu eigen. Am deutlichsten hebt sich die Herrschaftsarchitektur von der Niedrigenergiebauweise ab (Kirchen, Kathedralen, Schlösser, Hochhäuser der Banken, etc.)." Humm (1991) 7

[22] siehe hierzu Climatic Dwelling 8

2 SITUATIONSANALYSE OLYNTH

Mit Hilfe dynamischer Gebäudesimulation soll ein bioklimatisch viel versprechender Bautyp der Antike auf sein thermisches Verhalten hin untersucht werden. Es galt herauszufinden, wieweit der klimatische Komfort für die Bewohner beim Typ des Pastashauses ging und inwiefern dieser Bautyp als Vorbild für heutige Bauten geeignet ist. Als Beispiel wurden, wie bereits erwähnt, Häuser am Nordhügel in Olynth gewählt,[23] auch weil sie gut dokumentiert sind und ein Großteil der Überreste ausgegraben ist. Bestehende Rekonstruktionsversuche dienten als Basis. Es wird nicht versucht, eigenständige Rekonstruktionen vorzuschlagen, vielmehr wird der Typ als Vorbild gesehen für Bauweisen unserer Zeit. Aufgrund detaillierter Vorbetrachtungen ist davon auszugehen, dass sowohl die städtebauliche als auch interne Anordnung der Gebäude auch dem Zweck der Verbesserung des klimatischen Komforts der Bewohner galt. Anhand der Simulation können gleichzeitig die zugrunde liegenden Rekonstruktionsversuche abgeprüft werden. Sind diese realistisch? Wo liegen ihre Schwächen? Die Erfahrungen zeigen, dass wertvolle Erkenntnisse aus dieser interdisziplinären Vorgehensweise und neue Blickwinkel entstehen. Es erscheint legitim, diese Technologien in Zukunft auch auf weitere Bauten der Antike anzuwenden, um so mehr über die Struktur der Bauten und die Lebensweise der damaligen Bewohner zu erfahren.

Die Häuser des Nordhanges von Olynth eignen sich hierfür hervorragend:

- Erbaut wurden sie innerhalb kurzer Zeit und entstanden aus einem „Guss".
- Die Nutzung war mit 2-3 Generationen relativ kurz, es wurden also wenige Veränderungen im Laufe der Zeit durch die Bewohner durchgeführt. Baudetails waren trotz der Zerstörung noch auffindbar.
- Die Häuser entstanden als Serientyp wahrscheinlich durch wenige Baumeister.
- Die Bauten wurden für Flüchtlinge errichtet; die Nutzergruppen waren dadurch relativ homogen in ihrer Lebensweise und ihrem Verhalten.

[23] "Thus at Olynthus we have a large group of well planned houses, designed for families of moderate means and a taste for comfort without extravagance." Wycherley (1962) 191

- Auf eine vorhergehende Bebauung oder Struktur musste keine Rücksicht genommen werden. Die Lage auf dem leicht abfallenden Nordhang ist aus sonnenenergietechnischen Aspekten ideal.

Der Stadtteil am Nordhügel war hauptsächlich ein Wohngebiet, jedoch finden sich auch Häuser mit angeschlossener Werkstatt oder Ladenräumen. Nur wenige öffentliche Gebäude, so zum Beispiel das Brunnenhaus, lagen zwischen den Häusern. Zur näheren Betrachtung wird die Insula A vi herangezogen, hier finden wir eine große Variation der Typen. Das vorliegende Prinzip lässt sich hier aber gut ablesen, dieser Bereich ist auch ausgezeichnet dokumentiert, so dass die Aussagen auf einer fundierten Basis stehen.

2.1 Geographische und geschichtliche Situation Olynths

Die Stadt Olynth lag in Nordgriechenland zwischen den Halbinseln Pallene und Sithonia.[24] Sie war umgeben von fruchtbarem Ackerboden und holzreichen Wäldern. Die günstige Lage zum Meer brachte Einnahmen aus der Landwirtschaft, dem Holz- und Edelmetallhandel.[25] Baumaterialien waren reichlich vorhanden, da homogener Kalkstein und Holz in der Nähe gewonnen werden konnten.

Die Stadtentwicklung wurde bestimmt durch zwei Erhebungen: dem Nord- und dem Südhügel. Letzterer weist bereits Siedlungsspuren aus neolithischer Zeit auf. Erneut bewohnt wurde der Ort aber erst wieder ab dem 8. Jahrhundert vor Christus, wobei nach und nach die gesamte Plateaufläche bebaut wurde.[26] Der steil abfallende Abhang grenzte die weitere Entwicklung der Stadt vorerst ein, der Nordhügel blieb als geeignete Erweiterung, eine Fläche, die um ein Vielfaches größer war, als die bestehende Altstadt mit ihrer dichten Bebauung und engen Strassen.[27] War der Südhügel noch durch seine geographische Situation natürlich geschützt, bot die Erhebung im Norden allerdings für die Verteidigung nicht ausreichend steil abfallende

[24] siehe Abbildung 1, 2

[25] siehe Abbildung 3, das Staatsgebiet von Olynth zeigt die gestrichelte Linie

[26] siehe Abbildung 4, 5 Olynth, Nord- und Südhügel

[27] siehe Abbildung 6, 7

Hänge. Wehrmauern mussten gebaut werden. Für den Bauvorgang und die Materialbeschaffung bot der nahe gelegene Fluss Transportmöglichkeiten.

479 vor Christus wurde Olynth von den Persern unterworfen und die Altstadt auf dem Südhügel zerstört. Unter der Herrschaft der Chalkidier hielt sich aber eine kleine Siedlung. Nach dem Erstarken des attisch-delischen Seebundes 454 vor Christus löste sich der Ort von den Persern und begab sich unter die Obhut Athens. Olynth entwickelte sich zur vorherrschenden Stadt der Chalkidike und konnte kleineren Orten der Halbinsel beistehen. Um Platz zu schaffen, insbesondere für Bewohner aus bedrängten Orten der Umgebung, wurde ab dem Jahre 432 vor Christus die Fläche der Altstadt mit der Neuplanung der Nordhügelbebauung um das circa Fünffache vergrößert. 500 Häuser wurden neu errichtet[28]. Bei einer durchschnittlichen Haushaltsgröße von 10 Personen entspräche dies einem Bevölkerungszuwachs von 5.000 Menschen. Durch die mehrfache Aufnahme von Flüchtlingen aus dem peloponnesischen Krieg mussten Erweiterungen auch außerhalb der Befestigung vorgenommen werden. Gefüllt wurden zum Teil auch die bestehenden Restflächen zur Stadtmauer hin. Die Parzellen außerhalb der Befestigung waren größer als die innerhalb der Mauern. Bebaut waren sie vielfach mit Peristylhäusern. Im Jahre 348 vor Christus betrug die Bevölkerung Olynths schätzungsweise 12.000 -15.000 Einwohner. Die Erweiterung der Stadt bedeutete somit eine Vermehrung der Einwohnerzahl mit all den verbundenen Komplikationen, wie Ver- und Entsorgung etc. *"Including slaves, the total population of the city in 348 B.C. may have amounted, therefore, to some twelve or fifteen thousand souls, not including any possible extra-mural population."*[29] Diese Blütezeit dauerte an bis zur vollständigen Zerstörung durch Philip II von Mazedonien im Jahre 348 vor Christus. Die Stadt hat sich von diesem Schlag nicht mehr erholen können, Überreste wurden für andere Bauten abgetragen, so dass heute, neben einzelnen Architekturteilen, nur die Grundmauern vorzufinden sind. Die amerikanischen Ausgrabungen, durchgeführt zwischen 1928 und 1938 sind die Grundlage für die Betrachtungen der Stadt, die in der Baugeschichte einen besonderen Status hat:

„Olynthus […] is the only Hellenic city of the best period of Greek art and architecture, which with a residential section and with a Hippodamian checkerboard

[28] siehe Abbildung 8. Die Abbildung zeigt eine solche Regelmäßigkeit der Blöcke, die sicher so nicht vorhanden war.

[29] Robinson - Graham (1938) 44

city-plan has been uncovered anywhere. It is the forerunner of such Hellenic cities as Priene, Delos, Pergamon, Piraeus, Rhodes, Alexandria, etc."[30]

2.2 Städtebau

Die gesamte notwendige Stadterweiterung auf dem Nordhügel wurde planmäßig durchgeführt, die Bauten nach dem System einer Streifenstadt über den Hügel verteilt. Die Strassen des Stadtteils Nordhügel waren über einen leicht nach Süden und Südosten abfallenden Hang angelegt worden[31]. Interessant ist hier die strenge Ausrichtung der Hauptstrassen von Nord nach Süd mit einer leichten Abweichung von circa 3-4° nach Osten aus der Nordrichtung und den Nebenstrassen von Ost nach West ohne Anpassung an das vorhandene Gelände. Die Ausrichtung zur Sonne, nach Süden, ist eindeutig; die leichte Drehung nach Südwesten lässt vermuten, dass ein Wissen über die ideale Ausrichtung für das beste Einstrahlungsergebnis vorhanden war. Die Ausgräber von Olynth haben die vorgefundenen Insulae systematisch unterteilt: die nord-südlich verlaufenden Hauptstrassen nannten sie „Avenues" und gaben ihnen Buchstaben als Namen und begannen mit dieser Bezeichnung im Westen. Die Zugangsstrassen zu den Gebäuden wurden von Süden her mit römischen Zahlen benannt. Daraus ergaben sich Namen wie A vi als eindeutige Bezeichnungen. Die Einzelhäuser der Insulae bekamen arabische Ziffern: von Osten her wurden die südlichen Bauten mit geraden, die nördlichen mit ungeraden Zahlen versehen. Die Breite der Hauptstrassen betrug zwischen 5 m (Strasse A) und 7 m (Strasse B), teilweise sogar zwischen 3,3 m bis 9,20 m (Strassen C und D). Die Winkel der Häuser zu den „Avenues" waren zumeist rechte Winkel, so dass die Strassen sich stufenartig erweiterten oder verengten. Die rechtwinklig verlaufenden Strassen, die zur Erschließung der einzelnen Häuser dienten, hatten eine gleich bleibende Breite von circa 5 m. Nord-/südlich verlaufende Hauptstrassen erschlossen ost-/westlich verlaufende Zugangsgassen. Die Insulastreifen der Häuser verliefen von Ost nach West und waren nach Süden hin orientiert. Diese Anordnung beruht auf einer Kombination von praktischen Überlegungen bei der Neubesiedelung und der akzeptierten städtebaulichen Theorie der Streifenstadt[32]. In der Kombination von Straßen- und

[30] Robinson (1946) V

[31] siehe Abbildung 9

[32] Robinson - Graham (1938) 35 zeigen diese natürliche Verbindung auf: "Indeed it seems such a natural plan for any new settlement laid out to accommodate a considerable body of people all staking out plots and

Insulaausrichtung mitsamt den Häusern, die dem „Haus des Sokrates" Prinzip folgen[33] [34], finden wir einen klaren Hinweis dafür, dass auch solarthermische Überlegungen eine Rolle bei der Anlage gespielt haben müssen. Dies ist auch in anderen Fällen, besonders deutlich bei der Neuanlage von Priene, vor zu finden[35].

Entlang der Westkante des Hügels erstreckte sich die von den Ausgräbern so bezeichnete Reihe A mit einzelnen Häusern. Das typische Schema des Nordhügels[36] zeigt sich ab hier, dem Bereich zwischen Avenue A und B, und erstreckt sich bis zu Insula D. Die durchschnittliche Insulalänge in A und B beträgt nach Robinson und Graham (1938) 86,34 m, was circa 293 Fuß (attisch-euböisch) entspricht. Die Breite der Insulae misst 120 attisch-euböische Fuß (0,296 m), im Durchschnitt 35,40 m. Dieses Maß ist auch in Priene und Marzabotto zu finden. Als Erklärung für die etwas ungerade Zahl der Insulalänge führen die Autoren an, dass möglicherweise die Avenue B, die Hauptstrasse, auf Kosten der Insula A um 7 Fuß verbreitert wurde. So käme eine Zahl von ursprünglich geplanten 300 Fuß zu Stande. Die Länge der Insula B wurde dann wahrscheinlich dem der Insula A angepasst. Der ideale Plan einer Insula, 300 x 120 Fuß hätte eine Hausbreite von genau 60 Fuß ergeben. Durch die Veränderungen kommen wir auf 58 Fuß inklusive einer Haustrennwand. Die Insulatiefe betrug für jede Einheit 60 Fuß. Die Gasse zwischen der Nord- und Südhälfte hatte eine Breite von fast 1, 5 m (5 Fuß[37]). Durch sie[38] ergeben sich Haustiefen von 58 Fuß inklusive der Wände, und damit ein quadratischer Grundriss. Die Grund-

---

building homes at the same time, that it is likely that the system was actually in use long before among the numerous colonies settled by the Greeks in the great age of colonization. To cities that had grown gradually and on irregular ground, such as Athens, it must have been a striking novelty."

[33] siehe hierzu Seite 31, Haus des Sokrates

[34] "The court is always located in the southern part of the house in order that the northern living rooms […] may face south upon it, and it is usually surrounded, in the case of the houses in the blocks, by rooms on three, or more rarely, on all four sides." Robinson - Graham (1938) 157

[35] Hoepfner - Schwandner vertreten in anderem Zusammenhang die Ansicht der Ausrichtung, betrachten jedoch nicht die Bedeutung des „umgekehrten" Denkansatzes zum „Haus des Sokrates"

[36] siehe Abbildung 9, 10

[37] "Still another possible relative chronological criterion is the foot-standard, which appears to have changed from the short Attic-Euboic foot of 0.295 m. to the longer Attic-Aeginetan of 0.328 m.; on this basis it is possible to argue, though not definitely provable, that certain of the houses, such as the southernmost houses in Series B, the southernmost houses in Row A, B v1, and the House of the Comedian, used the shorter and earlier foot (earlier, because the city plan is based on it), while the houses in Block A vi, the Villa, and others, were built on the later foot-standard." Robinson - Graham (1938) 16-17

[38] siehe Abbildung 10, 11

stücksgröße in Olynth betrug 294 qm im Mittel. Interessant ist zu vermuten, dass die Fortschritte in der Planung, wie zum Beispiel eine spätere Einführung der Abwassergasse, eine Veränderung in der Breite mit sich gebracht haben könnte.[39] Diese Grundeinheit überzieht in unterschiedlicher Reihung den Nordhügel. Ausnahmen bilden lediglich die Randzonen (siehe Abbildung 8: Rekonstruktion des Stadtplanes. Eine solche angedeutete Regelmäßigkeit der Typen war so in Realität sicher nicht vorhanden). Die Strassen waren in den Bereichen, in denen sie laufendem Wasser ausgesetzt waren, vermutlich mit Kieselsteinen gepflastert. Das anfallende Wasser wurde an der Oberfläche so weit als möglich von den Hausmauern abgeleitet, um in Straßenmitte zu versickern. Ein Abwassersystem bestehend aus Tonröhren, war in Teilen vorhanden.

Die Anlage des Stadtteils auf dem Nordhügel und die Bauausführung deuten darauf hin, dass die Gebäude, in einer für Olynth wirtschaftlich guten Zeit, erbaut worden sind. Das bestätigen auch die feinen Mosaike und die Ausstattung einiger Häuser mit Bädern. Der neue Stadtteil war mit einer Verteidigungsmauer abgesichert.

Eine Insula bestand aus zwei Häuserreihen, die nördliche[40] wurde von oben, die südliche von unten her erschlossen. Wie schon erwähnt, verlief zwischen den beiden ungleichen Hälften einer Insulae eine schmale Gasse, die hauptsächlich der Abführung von Wasser und nicht dem Zugang diente.[41] [42] Die Einzelhäuser der beiden Hälften einer Insula unterschieden sich in einigen Bereichen stark. Die klare Zonierung der südlichen Bauten: ein offener Hof- und Andron Bereich, die halboffene Pastashalle, gefolgt von geschlossenen Räumen, ist bei den Nordtypen weniger deutlich. Der Zugang erfolgte hier von Norden her über einen Gang durch den Wohnbereich. Man erreicht an der Pastas vorbei den Hof als Erschließung für den Andron sowie die Treppe ins Obergeschoss[43]. Die Nordbauten hatten auch kaum Ab-

[39] Diesen Gedanken bestätigt auch Robinson - Graham (1938) auf S. 34.

[40] siehe Abbildung 12

[41] "In some blocks, as in A vi, the houses were completely shut off from the alley; in others, as in A v and Avii, the courts of the houses on the north side often ran into the alley, and the house was then cut off from its neighbours by building transverse walls across the alley, with a hole for drainage left in the foundation. The east and west ends of the alleys were closed in similar fashion, so it is certain that they were used only for drainage, and not at all for passage." Robinson - Graham (1938) 36-37

[42] siehe Abbildung 13 Plan der Häuserblöcke

[43] siehe Abbildung 14

stand zu den südlichen Häusern der Insulae, hier schränkte das zweistöckige[44] Haus des südlichen Teils ihre Belichtung etwas ein.[45] Die Distanz der dazwischen liegenden Gasse war nicht zu vergleichen mit der Breite der Erschließungsstrasse vor dem südlichen Teil. Zur trennenden Gasse hin gab es abfallende Dächer, der Abstand der Gasse und der Höhenunterschied haben diese Einschränkung aber sicher relativiert. Dennoch waren die Höfe der südlichen Häuser stärker der Sonne ausgesetzt als die der nördlich gelegenen Häuser, die Strasse und die wahrscheinlich einstöckige Hofmauer ließen ausreichend Sonnenbestrahlung zu. Daneben gab es noch einen Ecktypus aus der nördlichen Reihe, der den Nachteil des Zugangs zum Hof durch den Raum- und Pastasbereich vermied, indem er direkt von den nord/südlich verlaufenden Strassen erschlossen wurde.[46] So blieben bei den längeren Insulae, die sich in der Breite aus 5 Parzellen zusammensetzten, nur jeweils drei Nordbauten, die mit diesem Nachteil auskommen mussten.[47] Ein ähnliches Prinzip findet sich möglicherweise auch in der Neuanlage von Piräus ab 479 vor Christus welche als Vorgänger für Olynth angesehen werden könnte.[48]

Da die Eckhäuser dem Typus des Südhauses[49] folgen - mit dem Unterschied des seitlichen Einganges- und das Prinzip auch bei den Nordbauten ansatzweise verfolgt wurde, kann davon ausgegangen werden, dass dieser als Optimum angesehen wurde.[50] Bei den Ecktypen gibt es eine interessante architektonisch gefasste Eingangssituation, die zur Wahrung der Privatsphäre im Gebäude beitrug, dafür aber auch, im Gegensatz zu den Südtypen, Platz kosten konnte[51]. Über einen Gang oder einen Empfangsraum erreichte man meist direkt den Hof. Dieser Bereich war vereinzelt mit der Mittelgasse verschmolzen und sparte in dieser Lösung sogar Platz. Der Pastasbereich war fast immer zu einem Rudiment verkümmert und diente nicht mehr als Hauptverteiler innerhalb der Wohnung. Die Nutzung als Aufenthaltsraum

[44] Es wird hier die Ansicht übernommen, dass es sich um zwei Stockwerke handelte.

[45] siehe Abbildung 120

[46] siehe Abbildung 12

[47] siehe Abbildung 15

[48] siehe Abbildung 16

[49] siehe Abbildung 17

[50] siehe Abbildung 12 Eckhaus, Reihe

[51] siehe Abbildung 13

wird hier etwas eingeschränkt. Die Nordtypen waren damit eindeutig benachteiligt und die strenge Grundrissabfolge wurde von den Zugängen empfindlich gestört.[52]

Die anfängliche relative Vergleichbarkeit der Grundrisse löst sich selbst in der kurzen Nutzungszeit der Häuser des Nordhügels auf. Benachbarte Häuser werden zusammengelegt, interne Veränderungen vorgenommen. Obwohl sich die Gebäude in ihrem Grundriss in vielen Bereichen sehr ähnlich waren, gab es einige Variationen in Bautyp und Ausführung, die zeigen, dass Mitglieder der Siedlungsgruppe Sonderwünsche hatten. So sind auch Unterschiede im Einkommen der Hausbewohner deutlich zu sehen, zum Beispiel hatten einige der Häuser, die sich zwar im Grundriss ähnelten, keinen Wandputz und nur einen verdichteten Lehmboden (zum Beispiel Haus A vi 2) im Gegensatz zu dem verbreiteten Estrich. Andere Einheiten hatten aufwändige Mosaikböden. Deutlicher zeigt sich dieser Tatbestand aber an den unterschiedlichen Grundrissvariationen. Die meisten Hausbesitzer mussten aus einem „bürgerlich" handwerklich geprägten Bereich kommen, obwohl auch Gebäude mit späterer Unterteilung der Grundrisse zu finden sind, die auf eine Vermietung hinweisen, sowie Anordnungen, die eindeutig große Haushalte Raum gaben. Eine Wohneinheit ist nicht immer beschränkt auf die Standardhausbreite. Fälle der Zusammenlegung mehrerer Hausachsen zeigen, dass hier größere Familien und anspruchsvollere Haushalte angesiedelt waren.

Im Falle Olynths zeigt sich, im Gegensatz zu dem bekannten Prostastyp von Priene, eine aufschlussreiche Tatsache: Die Anordnung der Häuser der Siedlung auf dem Nordhügel entstand durch Teilung eines Größeren in kleine Einheiten und nicht wie in Priene durch die Addition von Bestandteilen. Das Gebiet war straff geordnet in Insula Streifen, diese wiederum in Häuser gleichen Typs, die aus Wohneinheiten bestanden und in drei Bereiche unterteilt waren. Man erhielt so eine Vielzahl gleich anmutender Teile mit ähnlich gewichteten Räumen und vergleichbar großen Häusern. Die einzelnen Räume erhalten dadurch eine größere Eigenständigkeit. Sie werden nicht in einer Enfilade erschlossen, sondern rationell einer wie der andere von der Pastashalle oder dem Hof. Zum Vergleich: In Priene sehen wir dagegen das Übergewicht eines den Grundriss bestimmenden Raumes.[53]

---

[52] Obwohl auch in diesem Zusammenhang die Eingangssituation Qualitäten aufwies (die privaten Bereiche des Hauses wurden wirkungsvoll von den öffentlichen und halböffentlichen Bereichen abgetrennt), ging dies doch meist auf Kosten der klaren Anordnung und der Großzügigkeit des Gebäudes.

[53] Robinson - Graham (1938) 146f

Einem zentral durchgesetzten Plan folgend, entstand also der neue Stadtteil[54]. Grosse Mengen an Material, Transportmitteln und Arbeitskraft wurden für den Bau des neuen Stadtteils benötigt. Dies setzt eine detaillierte Vorbereitung und eine straff ablaufende Logistik für den Bau- und Besiedelungsprozess voraus. Es kann hier davon ausgegangen werden, dass mindestens einzelne Insulae von ein und demselben Bauunternehmer gleichzeitig errichtet wurden, unter Umständen mit Hilfe der späteren Bewohner.[55] Dafür sprechen der rational zonierte Grundriss der Häuser, die Beschränkung auf einige wenige Typen, sowie deren fast 500fache Wiederholung über den Stadtteil, die gemeinsame Bautätigkeit inklusive der Anlage gemeinsamer Haustrennwände, schrittweise Bebauung und die Tatsache, dass in die Trennwand einbindende Wände zweier Häuser an den gleichen Stellen saßen. Die gemeinsamen Geröllfundamente der Adobemauern zeigen, dass die fünf in einer Reihe stehenden Gebäude zusammen als Einheit errichtet wurden. Besonderheiten wie die gemeinsame Nutzung von Haustrennwänden, sprechen ebenso dafür wie auch für eine außerordentlich ökonomische Vorgehensweise. Die sozialen Aspekte sind gleichfalls nicht von der Hand zu weisen: für ein solches Vorgehen ist großes Vertrauen in und eine gute Verständigung mit den jeweiligen Nachbarn notwendig. Der Bauablauf der Reihe A scheint von Süden nach Norden vollzogen worden sein. Dieser Südteil liegt näher an der alten Stadt, er wurde von dort den Nordhügel hinauf erweitert.[56] Der übersichtlich zonierte Grundriss erfüllte nicht nur ein Ordnungsbedürfnis eines rationalen Planers, sondern half auch auf scheinbar selbstverständliche Weise, die Trennwände auszusteifen. Die Variation der Grundrisse lässt den Schluss zu, dass die Bewohner als Besitzer von Anfang an bekannt und involviert waren. Es darf nicht vergessen werden, dass die Flüchtlinge des peloponnesischen Krieges schnell untergebracht werden mussten. Der Nutzaspekt und die Ökonomie machten eine kurze Gesamtbauzeit absolut notwendig. Zugleich war die olynthische Kultur fremden Einflüssen ausgesetzt, was sie sicher verändert, aber auch bereichert hat. Es ist wahrscheinlich[57], dass alle Häuser in einer Reihe dieselbe Anzahl an Stockwerken, gleiche Stockwerkshöhen und ein durchgehendes,

[54] In dieser Arbeit wird nicht auf die gesellschaftlichen Gründe eingegangen, die solche weit reichenden Entscheidungen möglich machen und durchsetzen können.

[55] Auch Robinson (1946) 1 ist dieser Ansicht.

[56] siehe Abbildung 18

[57] Robinson - Graham (1938) 37

gemeinsames Dach hatten, sofern das Gelände nicht erhebliche Höhensprünge notwendig machte.

2.3 Simulation

Der ausgewählte Bau wurde mit dem Computer energietechnisch simuliert.[58] Mit dieser Methode kann selbst bei nicht mehr vorhandenen Gebäuden nachvollzogen werden, wie thermisch leistungsfähig die vorgefundenen Strukturen waren und welches Komfortniveau vorherrschte. Da die Simulation eine Veränderung der vorherrschenden Klimarahmendaten erlaubt, wird es möglich, Varianten zu bilden und diese untereinander zu vergleichen. Mit Hilfe dieser Gebäudesimulation kann so ein Bau auf seine thermische Behaglichkeit hin untersucht werden, und herausgefunden werden, ob ein (unserer heutigen Sicht entsprechendes) angenehmes Raumklima herrschte.

Verwendet wurden die beiden dynamischen Programme Helios und Lesocool (beide basieren auf einem Einzonenmodell), die sich in ihren Funktionen beziehungsweise Aussagen ergänzen. Diese Kombination versprach die besten Ergebnisse, die Verwendung eines Programms, das auf einem Mehrzonenmodell (z. B. TRNSYS) aufbaut, schien nicht angebracht[59]. Insbesondere die mögliche Bandbreite der Ergebnisse aufgrund von fehlenden gesicherten Rekonstruktionen lässt diese Wahl als legitim erscheinen. Die Ergebnisse der Computersimulation lassen Rückschlüsse sowohl auf den thermischen Komfort als auch die Bau- und Lebensweise zu.

2.4 Das Programm Lesocool

Mit Lesocool können die Kühlungsauswirkungen, insbesondere der Nachtauskühlung, durch natürliche Lüftung errechnet werden. Der Luftstrom muss dabei unverzweigt verlaufen. Lesocool berücksichtigt allerdings nicht die Auswirkungen von Wind auf das Raumklima. Mit Lesocool wurden die Sommerfälle, Varianten 1-8 berechnet. Hierbei wurde das Klimaverhalten einzelner Räume im Sommer abgebildet.

[58] Für die Unterstützung bei diesem Kapitel bin ich Elke Gossauer und Klaus Rohlffs sehr dankbar.

[59] Lesocool kann im Gegensatz zu TRNSYS den Luftwechsel errechnen, der sich aufgrund des freien Auftriebes für ein bestehendes Gebäude und seiner thermischen Masse einstellt.

Das Programm berechnet das Kühlungsverhalten von natürlicher oder mechanischer Lüftung auf Basis der Luftwechselrate. Mit Lesocool lässt sich besonders der Nachtauskühlungseffekt berechnen. Dabei wird der Temperaturverlauf über einen Tag (max. 24 h) simuliert, der dann als eingeschwungener Zustand angenommen wird - wie eine Folge gleicher Tage. Es liefert rasch aussagekräftige Parameter, um Überhitzung und die Nutzung von Frischluft zur Kühlung abbilden zu können. [60]

Das Programm berücksichtigt nicht die Ausrichtung zur Sonne und auch nicht die tatsächliche Wandstärke. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass die Wand nur über ihre ersten 10 cm Dicke in diesem Zeitraum überhaupt thermische Wirkung zeigt. Im Sinne der Präzision der Simulation ist dies jedoch keine Einschränkung, da nur ein geringer Anteil der dicken Wände direkt besonnt, sondern von der Pastashalle beschattet wird.

2.5 Das Programm Helios

Mit Helios kann das ganzjährige thermische Verhalten eines Gebäudes simuliert werden. Eine Simulation über einen längeren Zeitraum ist somit möglich. Dabei können die solaren Einstrahlungswerte einbezogen und Energiezugewinne durch Öffnungen und unverschattete Flächen angerechnet werden.

„HELIOS ist ein dynamisches 1-Zonen Gebäudesimulationsprogramm[61]. Damit lässt sich das thermische Verhalten eines Gebäudes, bei Berücksichtigung kurz- und langwelliger Strahlungsvorgänge, Stunde für Stunde berechnen. Mit der neu entwickelten EXCEL Windowsoberfläche HELEX, ist eine einfache Dateneingabe und eine übersichtliche Darstellung der Simulationsergebnisse gewährleistet.

HELIOS-PC eignet sich speziell für:

- *Energiebedarfsberechnung von Gebäuden: Energiebilanz bei unterschiedlichen Wandaufbauten, Lüftungssystemen, Verglasungen, Regelstrategien.*
- *Heiz- und Kühllastberechnung von Räumen.*
- *Passive Solarenergienutzung durch Absorberwände, Fenster, TWD.*
- *Betrachtung zum sommerlichen Komfort[s] bei unterschiedlichen Kühlsystemen“*

[60] http://www.eren.doe.gov/buildings/tools_directory/software/lesocool.htm

[61] Abbildung 19 zeigt die Eingabeoberfläche

2.6 Fragestellungen

Mittels Computersimulation werden für die Bauforschung neue Wege gegangen zur Klärung folgender Fragen:

- Welche klimatischen Bedingungen haben tatsächlich in den ausgewählten Wohnhäusern geherrscht?
- Welche Temperatur im Raum ist zu unterschiedlichen Zeitpunkten erreicht worden?
- War das erreichte Raumklima komfortabel?
- Wie wurde Komfort definiert?[62]
- Wie wirkte sich der große Kamin auf den Raum aus? Welche Klimatisierungswirkung hatte er?
- Waren die Bauten Olynths Standard oder Einzelerscheinungen? Stellten die sie einen überdurchschnittlichen Standard dar oder entsprachen sie der allgemeinen Ausführung des antiken Hauses?
- Wurden die Elemente passiv solarer Architektur absichtlich gewählt, d.h. waren Kenntnisse in diesem Bereich vorhanden?
- Welchen Einfluss hatten die solaren städtebaulichen Aspekte der Siedlung?
- Welche Rückschlüsse für weitere Rekonstruktionsversuche erlauben die Simulationsergebnisse?
- Inwieweit kann das Konzept von Olynth als Vorbild für heutiges Bauen übernommen werden?
- Lässt sich mit einfachen Mitteln der ausgewählte Bau energetisch verbessern?

2.7 Grundlagen der Simulation

Das ausgewählte Gebäude ist von seiner Struktur her einfach, im Sinne der Simulation einzelner Räume kann von einem Einzonenmodell ausgegangen werden. Da die komplexe Bewegung und Auswirkung von Luftströmungen nur sehr vage simuliert werden kann, wird hier mit vorgegebenen Luftwechselraten gearbeitet. In unserer Betrachtung halten sich komplexe Luftströmungen in Grenzen, die Auswirkungen wurden geschätzt.

Limitierende, das Ergebnis relativierende Faktoren sind[63]:

- Aussagen über die ursprüngliche Form der Gebäude und die genaue Verwendung der Materialien bleiben immer vage, da sie in fast allen Fällen bei der Ausgrabung nur bis zu den Grundmauern vorhanden waren.
- Die Grundrisse der Erdgeschosse sind gesichert, nicht jedoch die Geschosshöhe, die Anzahl der Stockwerke und der Grundriss des Obergeschosses. Sicher ist jedoch das Vorhandensein von wenigstens einem Obergeschoss in vielen Häusern, bewiesen durch Treppenantritte im Hof aus Stein.
- Die Größe und Lage der Türen und etwaiger Fenster lassen sich nur indirekt erschließen: bei den Türen im Erdgeschoss über den Grundriss und Rekonstruktionen des Türblattes aufgrund von aufgefundenen Beschlägen, Fenster lassen sich über die Beschläge und Vergleiche mit Darstellungen auf vorgefundenen Vasen rekonstruieren.[64]

Das Nutzerverhalten stellt eine Variable mit großer Bandbreite dar: der Grad der thermischen Belastung der Räume hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Wie lange hat ein (Herd-) Feuer im Raum Wärme erzeugt?
- Wie häufig und wie lange hielten sich Menschen in den Räumen auf?
- Gab es alternative Kochplätze?
- Wie viel Wärme wurde durch weitere Wärmequellen wie Lampen und Kohlebecken eingebracht?
- Schloss man die Gebäudeöffnungen häufig oder waren sie überwiegend geöffnet?

[62] Dies ist sicher eine der schwierigsten Fragestellungen, die hier auch nicht abschließend beantwortet werden kann.

[63] Das Nutzerprofil hat allerdings einen weit größeren Einfluss auf die Ergebnisse als die unsicheren Gebäudeparameter.

[64] siehe Abbildungen 20-22

2.7.1 Allgemeine Baubeschreibung

Die Bauten des Nordhügels in Olynth stellen das wahrscheinlich beste Beispiel des Pastashauses dar.[65] Es ist nach der Schattenhalle, der Pastas benannt, die im Idealfall den Hof mit den verschiedenen Räumen auf der jeweiligen Ebene miteinander verband und als deren primäre Erschließung diente. Das Wort hat mehrere Quellen und kann Unterschiedliches bedeuten: Braut- oder Frauenquartier, offene Pfeilerhalle. Herodot benutzt das Wort, um Bauten mit Säulenhallen zu beschreiben, die er in Ägypten gesehen hat. Xenophon[66] wiederum führt es in seiner Liste der wichtigen Bestandteile eines Hauses und bezeichnet damit eine offene Halle, die den Bewohnern einen besonnten und wettergeschützten Raum zur Verfügung stellen sollte. Er und Vitruv verwenden den Ausdruck in der Bedeutung, wie wir ihn kennen, nämlich als eine Stützenreihe auf der Nordseite eines Hofes, worauf auch die archäologischen Funde hinweisen: ein offener hallenartiger Raum. Waren mehrere Hallen vorhanden, wurde die breiteste als Pastas bezeichnet. Durch seine Größe und Anordnung als verbindendes Element war sie aber auch ein hervorragender Bereich für den Aufenthalt im Freien. Das Leben konnte geschützt vor Sonne, Regen und Schnee unkompliziert stattfinden. Die dahinter liegenden Räume boten Platz für Möbel, die Aufbewahrung von Gegenständen des täglichen Bedarfs und waren geschützter Lebens- und Schlafraum.

Außer in Olynth sind noch an folgenden Orten Pastashäuser bekannt:

- Pella in Mazedonien: mindestens aus dem zweiten Jahrhundert vor Christus oder früher. Es hatte eine Zisterne, ein Untergeschoß und eindeutig ein Obergeschoß. Reste einer Treppe waren im Pastasbereich vorgefunden worden.[67]
- Eretria: ähnlich dem Grundriss der olynthischen Häuser, wahrscheinlich aus der hellenistischen Zeit.[68] Der Zugang in das Haus erfolgte, im Gegensatz zu den Bauten in Olynth, wo die Pastas meist vom Eingang getrennt wurde, durch die Pastashalle. Als Räumlichkeiten sind bekannt: ein später unterteilter Andron

[65] "Prostas, simple pastas, and pastas with peristyle have been taken to be distinguishing marks of different types, but the distinction between them is not really fundamental, as it is between all these types and the kind of house in which we in North-West Europe now live." Wycherley (1962) 197

[66] Xenophon , Memorabilia, III, viii, 9

[67] siehe Abbildung 23

[68] siehe Abbildung 24

mit Mosaikboden, ein Badezimmer mit Terrakotta Badewanne und möglicherweise eine Küche.

- Delos: die Häuser auf Delos (circa 2. Jahrhundert vor Christus) folgten den unregelmäßigen Grundstücken und hatten zumeist ein Peristyl. Vereinzelt finden sich aber Pastashäuser, wenngleich ihre Haupträume nicht nach Süden ausgerichtet sind.[69] Dies ist vermutlich die architektonische Antwort auf das andere, weitaus wärmere Klima, in dem der Sonnenschutz eine höhere Rolle spielte.[70]
- Caulonia (Süditalien): möglicherweise zweites Viertel des vierten Jahrhundert vor Christus

Die Raumaufteilung in Olynth weist Bestandteile eines frühen Typenhauses auf, ist aber durchaus nicht uniform. Die Tatsache, dass Symmetrie der Grundrisse keine Rolle spielte, sondern die Anordnung der Räume dem Nutzaspekt folgte,[71] unterstützt die Annahme des äußerst pragmatischen Vorgehens, das auch die Konstruktion rationalisierte. Nur in einzelnen Bauten zeigen sich Ansätze von Symmetrie. Diese ist in vielerlei Hinsicht ein Luxus, der in den meisten Fällen ein mehr an Fläche und Raum bedeutet. Deutlicher als Ordnungsprinzip ist die Unterteilung der Grundrisse in drei Zonen.[72] Dass die Nutzanforderungen eines „Mittelstandes" und nicht der luxuriöse Repräsentationsbedarf einer Oberschicht im Vordergrund standen, zeigt sich auch in der Verwendung von Pfeilern anstatt teuren Säulen und bei den möglichst einfachen Kapitellen der Stützen.[73]

Die Grundrisse sind erstaunlich klar gegliedert, was ihnen eine gewisse Zeitlosigkeit verleiht. Im südlichen Teil der Insula findet sich der unverfälschte Haupttypus, der hier zur Untersuchung herangezogen wurde. Von Norden nach Süden ergab sich bei diesem Haus folgende dreiteilige Zonierung: der wahrscheinlich zweigeschossige Wohnbereich mit dem Oikos grenzte an eine über die gesamte Hausbreite verlaufende teiloffene Halle, die Pastas.[74] Diese Mittelzone wiederum öffnete sich, be-

[69] siehe Abbildung 25, 26

[70] siehe Abbildung 27

[71] „'Innere Zweckmäßigkeit betrachtet eine strenge Symmetrie weniger und Zweckmässigkeitsrücksichten allein sind maßgebend.!'" Lange (1878) 7

[72] siehe Abbildung 14

[73] siehe Abbildung 28

[74] siehe Abbildung 14

ziehungsweise erschloss eine Vorzone, die aus dem Hof, dem Andron, Vorräumen und evtl. einem zur Gasse hin geöffneten Laden oder Arbeitsraum bestand[75]. Die Räume der Hofzone waren wahrscheinlich nur einstöckig, der Wohnbereich mit dem Oikos hingegen doppelgeschossig. Diese Höhenstaffelung vom Hofbereich zum eigentlichen Wohntrakt entspricht in der Anordnung dem sog. „Haus des Sokrates".[76] Die Hofhausbauweise erfordert ein Umdenken im Unterschied zu freistehenden Gebäuden: dies zeigt sich besonders bei der Ausrichtung. Die wichtigen Räume sind dabei im Norden angeordnet und werden über den davor liegenden Hof belichtet. Diese These steht im Widerspruch zur allgemein in Mittel- und Nordeuropa verbreiteten Meinung, dass die Wohnräume an der Südseite angelegt sein müssten, mit Nebenräumen als Puffer zum Norden hin.[77]

---

[75] siehe Abbildung 29

[76] Entgegen der allgemeinen (mitteleuropäischen) Auffassung (siehe Abbildung 30) war das Haus des Sokrates des südlichen Europas nicht auf der Südseite hoch –eine Ansicht, die sich aus dem freistehenden Haus entwickelte- sondern im Gegenteil auf der Nordseite (siehe Abbildung 31).

[77] "Perhaps even more significant of the general acceptance of this principle of southward orientation is the passage in Aeschylus which implies that this was among the normal characteristics of the civilized dwelling, distinguishing it, as Prometheus says, from the time when men still lived in caves and '...not yet were there houses built-of-bricks and turned-toward-the-sun.' [Aeschylus, Prometheus, 450f; KR] One or two phrases in the above passages call for brief comment. First, the last sentence in the passage from the Memorabilia. This has often been badly misunderstood, but the general meaning is clear if we reverse the way in which it is expressed. The southern part of the house is to be built lower than the northern in order not to cut off the winter sun, whereas the northern part is to be built higher than the southern in order to exclude the cold north winds. The exact meaning is capable of at least two interpretations, both of which must represent ancient practice. According to one interpretation, this may mean simply that the northern part of the house was to consist of two storeys, the southern- or at least the part opposite the opening of the pastas [...] of but one. According to the second, the porticoes and rooms of the ground floor on the north side were to be built considerably higher than those on the other three sides. Actual examples of the second scheme have been found in at least two of the houses at Delos, the Maison du Trident, and the newly discovered Maison des Masques; and Vitruvius describes this arrangement, applying to it the term 'Rhodian Peristyle.' In view of the lack of evidence at Olynthus we have adopted the first, and simpler, solution in our reconstructions [...]; it is not at all impossible, however, that the portico on the north side of the court in the Villa was somewhat higher than those on the other sides, and we have already pointed out the slight evidence which suggests that the north portico of A v 6 was higher than the west portico. The second phrase to speak of, at the end of the quotation from Aristotle, […], is certainly indefinite in the context. Gardner has understood it to mean that the rooms on the north should be built deeper than those on the south, implying that the larger and more important rooms should occupy the north side. This at least gives a satisfactory sense, and it is a fact that the wall dividing the Olynthian house into a northern and a southern half does regularly run nearly a meter south of the exact center of the house." Robinson - Graham (1938) 144-146

Der Treppenaufgang für den doppelstöckigen Teil lag entweder innerhalb der Pastashalle oder führte vom Hof aus aufwärts, was baukonstruktiv sicher einfacher auszuführen war, die wahrscheinlich aus Holz bestehende Treppenkonstruktion aber der Witterung stärker aussetzte. Für das Obergeschoss kann davon ausgegangen werden, dass der Grundriss des Untergeschosses aufgenommen wurde. Ein ähnliches Schema kann heute noch bei Bauten in der Gegend von Olynth vorgefunden werden. Reste von auskragenden Balkonen sind nicht gefunden worden, könnten aber vorhanden gewesen sein, wie Vergleichsbeispiele im antiken Athen zeigen.[78]

In der dreizonigen Grundrissgliederung befinden sich folgende Räume: Im Wohnbereich nahm der „Oikos" (gr. „Haus", „Haushalt") eine zentrale Stellung als Arbeits- und möglicherweise als Aufenthaltsraum ein. Die Anordnung des Oikos war in allen ausgegrabenen Gebäuden gleich: Ein annähernd quadratischer Hauptraum mit einer Feuerstelle in der Mitte bildete den Hauptbereich,[79] an den sich Nebenräume, vereinzelt ein Baderaum[80] und ein im Folgenden „Kaminraum"[81] genannter Raum, anschließen. Im Oikos wurde am Boden gekocht, es ist wahrscheinlich, dass hier immer ein Feuer in der vorgefundenen Feuerstelle[82] wenigstens glimmte. Die Belichtung erfolgte hauptsächlich über die Tür und möglicherweise über eine Fensteröffnung zur Mittelgasse. Die natürliche Lichtstärke des Oikos dürfte auch tagsüber gering gewesen sein.

Der über den Oikos erreichbare Badraum konnte auch eine Wanne[83] besitzen und war wahrscheinlich zum einfachen Wasserablauf[84] an der Außenwand zur Mittelgasse der Insula hin gelegen. Es wurden auch Waschbecken mit einem angeformten Ablauf gefunden, der wahrscheinlich in die Wand zur Gasse eingemauert war. Ein Badezimmer stellt in einem Haus eine Besonderheit in den Häusern der Zeit dar.[85] Vielfach haben öffentliche Bäder die Funktion der privaten übernommen. Insgesamt waren der Haupt- und die Nebenräume des Oikos gut ausgestattet: mit Getreide-

[78] Robinson - Graham (1938) 218f

[79] siehe Abbildung 32

[80] siehe Abbildung 33, 34

[81] siehe Abbildung 35

[82] siehe Abbildung 36, 37

[83] siehe Abbildung 38

[84] siehe Abbildung 39

[85] Robinson, Graham (1938) 202f

mühlen, Mörser, Vorratsgefäßen (Pithoi), Waschbecken, Badewannen, verschiedentlich Zisternen, Herde, Hausaltäre.

Die räumliche Nähe von Bad- und Kaminraum zum Oikos brachte entscheidende Vorteile bei der täglichen Hausarbeit. So war beispielsweise die Erwärmung des Wassers für ein Bad ein langwieriger und aufwendiger Prozess. Durch die Verkürzung von Wegen konnte hier Arbeitszeit gespart werden. Die Küche ist mit ihrem wahrscheinlich kontinuierlich brennenden Herdfeuer der wärmste Raum im Haus. Die erhitzte Luft, die durch den Abzug im Kaminraum abgeleitet wurde, dürfte, neben den Nebenräumen des Oikos auch die daran angrenzenden Räumlichkeiten im Obergeschoß erwärmt haben, bevor sie durch eine abgedeckte Öffnung im Dach entwich.[86] Den Ausgräbern nach zu urteilen hatten die Küchen wahrscheinlich fest eingebaute Möbel für Kochutensilien. An den Oikos waren meist zwei Wohnräume angegliedert. Die Tiefe des Wohnbereiches bei den Südtypen betrug zwischen 4,5 und 5m.

Die Fußböden im Erdgeschoss der Häuser bestanden in den meisten Fällen aus Stampflehm. Einige Räume konnten einen farbigen Estrich haben, der Hof war mit einem Kieselmosaik belegt.[87] Über die Gestaltung der Wände lässt sich nur wenig sagen. Mindestens einer der Räume im Wohnbereich war mit farbigem Stuck versehen, die anderen Wände könnten einen evtl. einfach bemalten Lehmglattstrich erhalten haben.

Wie schon erwähnt, gehen die vorgenommenen Rekonstruktionen davon aus, dass es mindestens in Teilbereichen ein Obergeschoss gab.[88] Dafür sprechen Antrittsstufen für Treppen im Hof. Auch reichten die vorhandenen Räume im Erdgeschoss nicht aus, um alle Bewohner einer antiken Haushaltung aufzunehmen. Die Ausgrabungen haben aber auch gezeigt, dass manche Bauten ohne Obergeschoss auskamen[89], denn es fanden sich hier keine Antrittsstufen von Treppen. Die Bauweise der schweren Adobemauern zeigt, dass die Wände des oberen Geschoßes direkt über den Wänden des Erdgeschoßes lagen. So musste auch die Raumanordnung ähnlich oder gleich gewesen sein: Räume über dem Oikos-/Wohnbereich wurden über eine davor gelagerte Loggia erschlossen. Vom Hof aus erreichte man über eine Treppe

[86] siehe Abbildung 32

[87] siehe Abbildung 40

[88] siehe Abbildung 41

[89] zum Beispiel die Insula A viii

das Obergeschoß. Es ist nicht eindeutig klar, wie im Obergeschoß die Zuordnung der Räume war. Jedoch mussten die vielen Mitglieder eines Haushaltes auch untergebracht werden. Dazu gehörte nicht nur die Familie mit ihren verschiedenen Generationen, sondern unter Umständen auch Sklaven und Angestellte. So ist auch eine Hierarchisierung der Räume denkbar: Räume im Obergeschoß waren Kindern, Verwandten und Hilfskräften zugedacht, Wohnräume[90] im Erdgeschoß den Hausbesitzern vorbehalten.

Der Andron wurde über einen Vorraum vom Hof her erschlossen und lag meist zur Strasse hin. In den meisten Fällen war der Andron so gelegt, dass er über einen Vorraum vom Hof oder noch weniger störend für den Rest der Bewohner, direkt vom Eingang (bei den Nord- und Ecktypen) erreichbar war. Sein Grundriss richtete sich immer nach der Anordnung des Trikliniums. [91] Vasenabbildungen zeigen, dass es neben der Tür auch hochgelegene Fensteröffnungen oder Lüftungsöffnungen gegeben haben muss.[92] Die natürliche Lichtstärke des Andron dürfte auch tagsüber gering gewesen sein: ausgehend von einer Belichtungsstärke von 20.000 Lux zur Mittagszeit im griechischen Sommer ergibt sich eine Innenbeleuchtungsstärke von 43,10 Lux.[93]

Einige Rekonstruktionsvorschläge zeigen Flachdächer.[94] Ich halte dies an einem so regenreichen Ort für unwahrscheinlich. Zudem wird oft gerade über dem Andron ein solches Flachdach dargestellt. Dies muss besonders im Zusammenhang mit der absehbaren Undichtigkeit eines solchen Daches angezweifelt werden, ist doch der Andron der Repräsentationsraum des Hauses. Wahrscheinlicher ist hier die Verwendung einer Ziegel-gedeckten Konstruktion, der evtl. weitere Nutzungen wie Lagerung zukamen. Diese konnte als Pult- oder auch als Satteldach ausgeführt gewesen sein, in Olynth wurden neben anderen auch Firstziegel vorgefunden.[95] Die Idee der Doppelgeschossigkeit des Andron ist nicht nachweisbar.

---

[90] Es wird davon ausgegangen, dass es keine strenge Unterteilung in Wohn- und Schlafräume gab, wie wir es heute kennen, mit der Ausnahme des Androns.

[91] siehe Abbildung 42

[92] siehe Abbildung 22

[93] Im Vergleich ist das ein europäischer Kellerraum, Heilmeyer, Hoepfner [Hrsg.] (1990) 14-17

[94] siehe Abbildung 43-45

[95] siehe Abbildung 46

Aufgrund der zonalen Einteilung der Grundrisse konnte mit dem Verschieben des Andron leicht auf die unterschiedliche Lage als Nord-, Eck- oder Südtypus reagiert werden. In dieser Vielfalt der Möglichkeiten liegt eine Stärke des Grundkonzeptes. Obwohl die Bauten in der überwiegenden Zahl dem Prinzip folgen, gibt es eine Vielzahl von „persönlichen Anpassungen". Vorstellbar ist, dass auf diese Art und Weise ohne nennenswerte Änderungen des Konzepts auf die Anforderungen der verschiedenen Auftraggeber problemlos eingegangen werden konnte, ohne das Gesamtkonzept und dadurch auch die übersichtliche und rationale Realisierung der Bauten zu gefährden. Mit Umbauten wurden in einzelnen Fällen die Grundrisse weiter variiert und erweitert. Im Großen und Ganzen sind jedoch die Häuser verhältnismäßig wenig über den Nutzungszeitraum von drei Generationen verändert worden. Interessanterweise sind Vorgänger des Haustyps am Ort nicht dokumentiert.

2.7.2 Spezifische Beschreibung des in der Simulation untersuchten Hauses

Die Simulation bezieht sich auf die Rekonstruktion des Hauses A vi 6[96] der amerikanischen Ausgräber. Es ist gut erhalten und stellt einen Südtyp in beispielhafter Ausformung und Zustand dar. Zum besseren Verständnis wird ergänzend das Haus A vi 5 aus dem nördlichen Bereich für diese Beschreibung herangezogen.[97] Es ist in einem etwas besseren Erhaltungszustand als A vi 6 und macht interessante Baudetails deutlicher. Die erste Ausgrabung 1928-31 auf dem Nordhügel brachte mit der Insula A vi die Reste von zehn Häusern ans Tageslicht. Ihre Ausführungsqualität war auf einem hohen Niveau und wird als die besterhaltene angesehen. Alle zehn Wohngebäude haben einen regelmäßigen Grundriss und ähnliche Abmessungen. Die meisten liegen im Vergleich zu späteren Häusern in der Bauqualität über dem Durchschnitt: fünf haben feste Böden im Andron, drei haben Badezimmer und die meisten hatten Estriche. Spuren dieses Belags wurden auch in den Höfen gefunden. Ebenfalls vorhanden waren vielfache Reste von Wandputz,[98] was darauf hindeutet, dass viele Räume damit ausgestattet waren. Darüber hinaus gibt es sechs Mosaike, Überreste von Treppen fanden sich in wenigstens fünf der Häuser dieser Insula.[99] Die Ausgra-

[96] siehe Abbildung 47, hier wird der Bau im Kontext gezeigt

[97] siehe Abbildung 48

[98] siehe Abbildung 49

[99] Robinson - Graham (1938) 98ff

bungen haben gezeigt, dass wahrscheinlich immer alle fünf Häuser einer Reihe die gleiche Stockwerksanzahl hatten.[100]

Die circa 45 cm dicken Lehmziegelwände des Erdgeschosses[101] ruhten auf einem niedrigen einfachen, circa 55 cm breiten Steinsockel, der als Spritzschutz bis zu 60 cm hoch war und so das Mauerwerk vor Feuchtigkeit schützte.[102] Dieser Feldsteinsockel, gebunden mit einem Lehmmörtel, gründete sowohl auf dem darunter liegenden Fels als auch auf verdichtetem Boden. Im Hausinneren wurden Lehmziegelwände zum Teil direkt auf den Boden gesetzt, da hier ein Spritzschutz nicht mehr notwendig war. Die verwendeten Lehmziegel[103] waren gestrichen und luftgetrocknet, zwischen 39 cm und 49 cm lang, 17-19 cm breit und 8cm - 10 cm hoch. Ein stabiler Vermauerungsverband sicherte die Standfestigkeit der Wand. Im Inneren und möglicherweise im Obergeschoss wurden nicht tragende Wände auch einsteinig ausgeführt und waren circa 23 cm dick[104]. Armierungen in Form von horizontal eingelegten Hölzern, sind im aufgehenden Mauerwerk vereinzelt gefunden worden*: „In der holzreichen Chalkidike wird diese Ausfachung dennoch durchweg vorgekommen sein, da bei zweistöckiger Bauweise in einem Erdbebengebiet kaum eine andere Technik möglich gewesen ist.“*[105] Setzungsrisse im Mauerwerk konnten so vermieden werden.

Ein Lehmputz wird die Mauern außen vor Feuchtigkeit geschützt haben. Innenräume waren zum Teil mit einem Kalkputz versehen. Zu Wandfarben der Räume kann im Zusammenhang mit Olynth nur sehr wenig gesagt werden. Einzelne wenige Muster, zum Beispiel in Form eines Vogels, sind erhalten. Allgemeine Aussagen gehen davon aus, dass sie eher dunkel gehalten waren. Im Sockelbereich dominierten schwarz oder gelb, in der Mitte rot und der Fries war schwarz oder weiß. [106]

---

[100] Robinson - Graham (1938) 215-219

[101] zum Bau solcher Wände siehe Abbildung 50

[102] siehe Abbildung 51

[103] "Die Sage nennt -nach Plinius VII, 56, 194 etc.- Gellius, den Sohn des Cälus, als Erfinder des Hausbaues aus Lehm, indem er das Vorbild der Nester bauenden Schwalben zu Hilfe nahm. Weiter soll Kinyrus, des Agriopas Sohn, der erste gewesen sein, welcher Dachziegel fabriziert hat; schließlich werden die Brüder Euryalos und Hyperbios als die ersten atheniensischen Ziegelbäcker angeführt, aus deren Material die Menschen Häuser erbauten, weil sie vorher noch in Höhlen gewohnt hätten." Lange (1878) 17

[104] Hoepfner - Schwandner (1994) 64

[105] ebenda

[106] Lange (1878) 54

Böden bestanden in den meisten Fällen aus gestampftem Lehm, die leicht zu reparieren, jedoch nicht wasserfest waren. In den Bereichen, die der Witterung ausgesetzt war, wurden etwa Kiesel und Feldsteine oder Felsplatten in Lehm verlegt, beziehungsweise ein wasserfester Estrich verwendet.[107] Später kamen Mosaikböden im Andron und vereinzelt im Hofbereich dazu.

Geht man bei den Dächern von einem Satteldach aus, dann ergeben sich ungleich große Dachflächen: die Mittelpfette wird auf der Wand zwischen den Räumen und der Pastashalle aufgelegt worden sein. Die den Hof flankierenden Bauteile hatten möglicherweise Pultdächer, die in der Spiegelung mit den Nachbarbauten optisch zu einem Satteldach zusammenkamen. Von einer Flachdachkonstruktion gehe ich, wie schon erwähnt, nicht aus. Die Gegend ist zu regenreich und unter diesen Dächern liegen wichtige Räume wie der Andron, Läden, Werkstätten mit etwaigen Lagerflächen, als dass eine solch potentiell undichte Konstruktion gewählt worden wäre. Vorhandene Ziegel waren halbrundförmig ausgeführt, bei einer Breite von 18-22 cm und einer Länge von 95 cm in der Mönch- und Nonne- Form in Lehmmörtel mit Schilf verlegt. Öffnungs- und Traufziegel mit einer Rinne leiten das Regenwasser ab.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Konstruktion der Häuser auf billigen und einfach zu beschaffenden Baumaterialien beruhte, die größtenteils direkt vor Ort vorhanden waren. So wurden hohe Beschaffungs- und Transportkosten vermieden und eine kontinuierliche Versorgung der voranschreitenden Baustellen mit Material gesichert.

Belichtung der Räume

Die Belichtung der Räume erfolgte in den meisten Fällen über die Türen. Im Andron wird es mindestens eine weitere, fensterartige Öffnung gegeben haben, die dann meistens zur besseren Belichtung und Belüftung zur Strasse hin angeordnet war. Spuren von steinernen und hölzernen Türschwellen belegen das Vorhandensein von Wandöffnungen wahrscheinlich mit Türen, außerdem fand man Bronzebeschläge als Nachweis für Türen und Fenster mit Doppelläden.[108] Diese verschlossen die Fens-

[107] "The characteristic paving, used in nearly 50% of the houses, was cobblestones, a surfacing recommended both by its durability and by its comparative cheapness. Three houses, A 5, A vi 5, and A vi 6 have cement-floored courts, and the walls of at least the first two were faced with plaster." Robinson - Graham (1938) 157

[108] siehe Abbildung 52, weitere Öffnungsarten Abbildungen 53, 20-22

teröffnungen von innen. Türen hatten meist zwei Flügel. Ihre normale Höhe wird mit 2,5 m angenommen[109]. Die Deckenhöhe des Erdgeschosses könnte zwischen 3 m und 4 m betragen haben.[110] Eingänge zu den Häusern waren zwischen 90 und 140 cm breit, Tore mit zwei Flügeln bis zu 2,2 m.[111] Im Zusammenhang mit den hölzernen Treppen, deren steinerne Antrittsstufen häufig in situ gefunden wurden, ergaben sich Steigungswinkel von bis zu 45° und mehr bei Lauflängen von 2,5 m bis 3,5 m.[112]

Die Wasserversorgung erfolgte über öffentliche Brunnen und das Sammeln von Regenwasser in großen Pithoi, die in den Höfen standen. Zisternen waren nur selten in den Häusern vorhanden. Es wurden Reste eines öffentlichen Leitungssystems ausgegraben, das offene Schöpfbrunnen aus einer Quelle wahrscheinlich weiter nördlich speiste. Das Abwasser versickerte im Entwässerungskanal, überschüssiges lief zur Strasse ab. Eine Art Filter verhinderte, dass er mit Schlamm und größeren Gegenständen verstopft wurde.[113]

Detailbetrachtung Wohnzone mit Oikos

Die klare Zonierung des Grundrisses[114] beinhaltet von Norden nach Süden: die Wohnzone mit dem Oikos (Raum e), seine Nebenbereiche, die angrenzende Nasszelle/Bad (c), der Kaminraum (d) und die übrigen Wohnräume (a, b). Davor die Pastas Zone mit ihrer Funktion als gedeckter Freiraum und Erschließung und anschließend die halböffentliche Zone mit dem Andron, Nebenräumen (Werkstatt/Laden) und dem Hof. Zur Strasse hin schloss eine Mauer das Haus ab.

Die Wohnzone diente dem täglichen Aufenthalt und der Hausarbeit und setzte sich aus den Wohnräumen (a, b) und dem Oikos (e) mit seinen Nebenräumen zusammen. Dieser Oikos stellt in der Entwicklung der griechischen Häuser einen weiteren Fort-

[109] Hoepfner - Schwandner (1994) 66

[110] Die Höhe des Erdgeschoßes ermitteln Robinson - Graham (1938) 276/77 einfach aus der Lauflänge und der Steigung und nehmen dabei an, dass es keine nennenswerten Unterschiede zwischen der Treppensteigung aus bekannten Beispielen in Delos und Olynth gibt. So kommen sie auf eine Steigung von 37°. Für A vi 5 ergibt sich bei einer Lauflänge von 4,50 m eine Höhe von 3,65 m plus dem Antritt (Kalkstein) von 0,28 m eine Stockwerkshöhe von circa 3,90 m. (Lauflänge 1,34 und 3,03 m, Treppe im Hof).

[111] siehe Abbildungen 54, 55

[112] Abbildung 56 zeigt einen Rekonstruktionsversuch, der Hofsituation mit der anschließenden Pastashalle.

[113] Robinson - Graham (1938) 98ff

[114] Die folgende Beschreibung bezieht sich jeweils auf Abbildung 47

schritt dar: ein Raum war ganz eindeutig den Anforderungen des Haushalts vorbehalten. Der Fußboden des Oikos lag circa 20 cm tiefer als die Pastashalle. Etwas außermittig war ein Herd aus Kalksteinblöcken angeordnet. Das Zubereiten von Speisen konnte alternativ auch im Hof, stattgefunden haben, Belege eines weiteren festen Herdes im Freien existieren für das untersuchte Haus jedoch nicht. Der Kaminraum/Rauchfang (d) war von dem Oikos abgetrennt. [115] Die trennende Wand bestand wahrscheinlich aus einer Art Fachwerkkonstruktion mit senkrechten Holzstützen. Einzelne Gefache waren teilweise für den leichten Rauchabzug geöffnet.[116] Er hatte mehrere Nutzen und diente möglicherweise als Grill, wahrscheinlich zur Aufbewahrung von Speisen, als Rauchfang und im oberen Bereich als Räucherkammer. Mit einer Fläche von 6 qm ist der Kaminraum ausreichend groß. Über ihn wurde der entstehende Rauch des Herdes nach draußen abgeführt. Es wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass die im Oikos entstandene Wärme über den Kaminraum in das ansonsten kalte Obergeschoss geleitet werden sollte.[117] Eine zusätzliche Raumheizung konnte über transportable Kohlebecken erreicht werden, die auch am Ort gefunden wurden.[118] [119] Der Kaminraum (d) wirft durch seine Anordnung verschiedene Fragen auf. Er kommt von der Art her nach meinem Wissen nur in Olynth vor, und innerhalb der Bebauung des Nordhügels zeigen sich verschiedene Ausformungen. Es wird angenommen,[120] dass dieser Nebenraum zum Oikos große Ausmaße selbst im Obergeschoss hatte. Die Öffnung nach oben und der damit verbundene Rauchabzug bleibt eine offene Frage. Die Ausgräber gehen davon aus, dass der Raum nach oben in seiner vollen Größe offen war. Sie deuten allerdings an, dass die Fläche mit einer der Dachneigung parallel verlaufenden Abdeckung, die rundherum verlaufende Schlitze als Rauchabzug lies, versehen war. Andere Rekonstruktionsmodelle sehen über Dach aufgehende Kamine vor.[121] Ich meine, dass Lüftungsziegel[122] im Dach den Rauchabzug besorgt haben könnten.[123] Es ist nicht auszu-

[115] Grundrisse anderer Häuser zeigen hier auch einen Zugang von der Pastashalle aus.

[116] siehe Abbildung 32

[117] siehe Abbildung 57

[118] Abbildungen 58, 59 zeigen Tonöfen

[119] siehe Abbildung 60, 61

[120] u. a. Hoepfner - Schwandner (1994)

[121] siehe Abbildung 43, 44

[122] siehe Abbildung 62, 63

[123] Abbildung 64, 65 zeigen römische Lüftungsziegel

schließen, dass mehrere dieser Ziegel nebeneinander angeordnet wurden, um so den Querschnitt der Öffnung insgesamt zu vergrößern. So konnte eine etwaige fertigungstechnische Größenbeschränkung ausgeglichen werden. Es wäre zu vermuten, dass der Raum sich nach oben verjüngt haben musste, um als Kamin eine Zugwirkung entwickeln zu können. Ich gehe aber davon aus, dass entstandener Rauch einfach nach oben abzog, um dann durch die Dachöffnungen ins Freie zu gelangen, wie dies bei einfachen Häusern üblich war. Obwohl ich diesen Raum schon so bezeichnet habe, stellt er meines Erachtens nach eine Zwischenstufe auf dem Weg vom einfachen Rauchloch zum Kamin dar. In Acquarossa in Italien finden wir eine Lösung für eine Rauchöffnung über Dach, die bei einfachen Bauernhäusern verwendet wurde. Die Öffnung, eine gelenkig befestigte Tonplatte, konnte mit einem Stab geschlossen werden.[124]

Die Wandkonstruktion zwischen dem Oikos und dem Kaminraum unterschied sich von dem in dem Rest des Hauses verwendeten Aufbau: sie entsprach am ehesten einer Holzfachwerkkonstruktion. Vertikale Holzständer mit Ausfachungen aus Feldsteinen mit Lehmpackung in unterschiedlicher Höhe ermöglichten, im Gegensatz zu einer massiven Wand, die Ausführung großer Öffnungen in dieser Trennung zwischen Oikos und dem Kaminraum.[125] Lange Rauchöffnungen unter der Decke waren so in einem statisch normalerweise heiklen Bereich möglich. Diese Wand scheint aus normalen statischen Gründen (die Spannweite der Deckenträger ist im Oikos nicht größer als in den anderen Räumen) zum Abtragen der Deckenkräfte nicht notwendig zu sein. Geht man davon aus, dass im Bereich (d) keine Decke vorhanden war und eine darüber liegende Mauer und Dachkonstruktion eine Auflage brauchte, zeigt sich der Sinn einer solchen stabilen Konstruktion.

Das Bad (c) war, wie bereits erwähnt, mit einer Wanne ausgestattet und lag direkt an der Gasse, die mitten durch die Insula schnitt.[126] So konnte, wie auch aus dem Oikos, anfallendes Abwasser einfach durch eine Öffnung in der Wand nach außen abgeleitet werden.

Im Wohnraum (a) fanden sich gelbe Putzspuren, man kann davon ausgehen, dass auch (b) verputzte Wände hatte. Das Fußbodenniveau von (a) lag circa 5-10 cm ü-

[124] siehe Abbildung 66

[125] Hoepfner - Schwandner (1994) 60

[126] siehe Abbildung 39

ber seinem Vorraum (f). Der Fußboden des Raums (b) lag circa 20cm über dem Niveau der Pastas.

Pastas Zone

Vor dem Wohnbereich liegt die Pastas Zone, die unterteilt ist in die offene Pastas (g), den westlich anschließenden Vorraum (f) und den geschlossenen Nebenraum (h) auf der anderen Seite. Die Pastas war eine zum Hof offene Halle, die der Erschließung der Wohnräume und des Oikos diente.[127] Als vor Witterung geschütztem und nach Süden orientiertem Bereich bot sie reichhaltige Aufenthaltsmöglichkeiten für Arbeiten und Entspannung. Der Raum (f) scheint zu späterer Zeit mit einer provisorischen evtl. halboffenen Wand abgetrennt worden zu sein und lag circa 10 cm höher als der angrenzende offene Bereich der Pastashalle. Spuren einer Schwelle sind vorhanden. Dieser Raum war dunkelrot verputzt. Östlich der Pastas befand sich Raum (h), der wahrscheinlich von Anfang an geschlossen war. Ein schmaler, tiefer Restraum, evtl. als Holzlager oder sogar eine sehr schmale Treppe, schließt sich nach Süden hin an.

Überreste von Pfeilern oder Pfeilerbasen wurden im untersuchten Haus nicht mehr gefunden. Im nachbarlichen Haus A vi5 sind zwei Pfeiler und zwei Wandvorlagen bei kleineren Öffnungsmaßen verwendet worden. Bei A vi6 kann von drei Pfeilern und mindestens einer Wandvorlage ausgegangen werden, da der Durchgang zum Hof größer ist als in A vi5. Die Auflagesituation auf der Ostseite ist durch die Anordnung der Wände der Nebenräume unklar.[128] Die Pfeiler konnten aus Stein bestanden haben, waren evtl. aber auch Holzstützen. *"Columns are rarely found in the Olynthian courts, and then only in conjunction with pillars."*[129] Dies spricht weiter für die Tatsache, dass es sich um die Häuser einer arbeitenden Mittelschicht handelte, also keine wohlhabenden Inhaber. Auch die Größe der Höfe spricht dafür: sie maßen zwischen 14 qm und 36 qm und ergaben zwischen 7% und 20% der Gesamtfläche.

[127] siehe Abbildung 67

[128] Robinson - Graham (1938) S. 107 gehen von fünf Pfeilern aus. Zum Vergleich Haus A vii4 Abbildung 68.

[129] Robinson - Graham (1938) 161-166

Hofzone

Im windgeschützten Hofbereich (k) war auf der westlichen Seite der Andron (j) mit einem Vorraum (i) angeordnet. Er war mit einem Mosaik ausgestattet, das möglicherweise aus einem späteren Umbaustadium stammt. Im Bereich der Triklinien war der Fußboden an der Wand entlang erhöht. Eine Rinne verlief quer durch den Raum zur Strasse hin. Hier konnte das Wasser, das zur Reinigung des Andron verwendet wurde, direkt nach außen ablaufen. Der Festraum, in dem es sicher manchmal hoch her ging, konnte so auf sehr einfache und effiziente Weise gereinigt werden. Der Andron hat keine direkte Verbindung zum Hof, sondern wird über einen Vorraum (i) erschlossen.

Im Hof wurden großflächige Spuren eines wasserbeständigen Estrichs ausgegraben. Es kann davon ausgegangen werden, dass dieser die gesamte Fläche bedeckte. Auf der östlichen Seite grenzten zwei annähernd quadratische Räume (l, m) an, die durch eine Tür miteinander verbunden waren. Es ist möglich, dass (m) einen Zugang zur Strasse hatte und eine Nutzung als Laden und Werkstatt bestand. Raum (l) wird vom Hof her erschlossen. Ob der Hof des Hauses A vi 6 einen Altar wie in A vi5 beherbergte, ist nicht nachweisbar.[130] Ansätze und die Basis für das Podest der Treppe waren in situ.[131]

Eine Mauer trennte den Hof von der Strasse. Der Zugang zum Haus wird durch eine Pforte in der Wand evtl. auch über einen kleinen Bau gewährleistet gewesen sein,[132] Fundamentspuren sind vereinzelt zu sehen. Die Türen waren bündig mit der Außenwand eingelassen. Vasenzeichnungen zeigen ein geneigtes Dach über dem Eingang, das sich am Türstock abstützt. Manche Häuser (auch A vi 5) besaßen ein so genanntes Prothyron. Die Tür war nun circa 2 m in das Bauwerk hinein zurück gesetzt, so dass sich ein vom Obergeschoß geschützter Warteplatz ergab.

Obergeschoss

Das Obergeschoss[133] musste mit einer Art Dielenboden ausgestattet gewesen sein, der mit einem Lehmestrich versehen gewesen sein könnte. Die Spannweite der De-

[130] Die Abbildung 56 zeigt eine Rekonstruktion des Hofes des Haus A vi5.

[131] siehe Abbildung 47, 48

[132] siehe Abbildung 55

[133] siehe Abbildung 69

cken betrug bis zu 4,75 m, Spuren von Decken- beziehungsweise Dachbalken mit einem Querschnitt von 26/10 cm wurden gefunden. Bei diesen verhältnismäßig geringen Abmessungen musste die Balkenlage relativ eng gewesen sein. Ich gehe von einer einfachen unverkleideten Untersicht aus.

Die Größe der Räume im Obergeschoss entsprachen aus statischen Gründen dem der darunter liegenden Bereiche (siehe „Raummaße und Öffnungen", S.48). Die Rekonstruktionen sehen die Lage an einem offenen Gang, einem Äquivalent zur Pastashalle im Erdgeschoss vor. Ebenso gehen sie von dem Vorhandensein von Fensteröffnungen nach Norden hin aus.

2.7.3 Nutzerverhalten

Das Nutzerverhalten ist schwer abschätzbar, zu wenig ist dokumentiert.
Es stellen sich folgende Fragen:

- Wie viele Menschen waren zu welcher Tageszeit anwesend?
- In welchen Räumen haben sie sich überwiegend aufgehalten?
- Wie wurden die einzelnen Räume tatsächlich genutzt?
- Wann wurde gekocht und gegessen?
- Wie viel Holz wurde verfeuert und brannte das Feuer über längere Zeit?

Dieser Bereich des antiken Lebens ist leider noch zu wenig erforscht und wird sich vielleicht erst klären lassen, wenn mehr Wohnhausareale auch an anderen Orten ausgegraben wurden.[134]

[134] Es erfolgte eine Anpassung des Hauses an das jeweilige jahreszeitliche Klima. Nach Lange 1878, wurde z.B. die Öffnung des Atriums/Impluviums in seinem Querschnitt durch Segel im Sommer verändert, um die Sonneneinstrahlung zu minimieren. So entstand auch eine wohltuende Minimierung des vorherrschenden Lichts (Ovid. Met. X., 595). Im Winter wurde das Oberlicht teilweise mit Brettern zugedeckt (es musste noch Raum für einen Rauchabzug bleiben). „Allerdings wissen wir, dass derselbe vom Herde aus sehr häufig seinen Ausweg durch das 'vestibulum' und das 'ostium' nahm, so dass durch den aus der Hausthüre ausströmenden Rauch mancher blinder Feuerlärm verursacht wurde. Das Schliessen der Luftöffnung im Dache während des Winters geht aus folgender Stelle, die Becker im Gallus S. 212 (3. von Prof. Dr. W. Rein verbesserte und vermehrte Auflage) mittheilt, hervor. Structuram loci alicujus ex tabulis factam, quae aestate tollerentur et hieme ponerentur, aedium esse ait Labeo etc." Lange (1878) 91
"Man nahm die Sonne zur Hülfe und legte die Räume, in welchen man sich während des Winters aufhielt, so, dass sie stets von der Sonne beschienen wurden. Wo dies aber nicht ausreichte, war man genöthigt, sich nur in dem Raum aufzuhalten, wo der Herd -focus- stand. [...] Der Herd tritt in der ersten Zeit als Bezeichnung

"We would naturally like to form a clear picture of the setting in which the Greek spent his private life, but though here and there we get unobstructed and illuminating glimpses it would still be an understatement to say that there are large gaps in our knowledge. [...] Even Olynthus does not quite give us the evidence we should most like to have, of a residential district in Athens or one of the other ancient cities of Greece in its best days. The Olynthian house-type may have been widespread in Greece, but the uniform rectangular blocks and parallel streets belong to a new era."[135]

Der größte Teil der Gesellschaft stützte sich auf die Agrarwirtschaft, arbeitete auf dem Land oder war mit dem Handel von bäuerlichen Erzeugnissen beschäftigt. Sie kann *„damit als der wichtigste Sektor der antiken Wirtschaft angesehen werden […]. Der Reichtum der Oberschicht*[136] *bestand vor allem im Landbesitz, die großen Einkommen wurden in der Landwirtschaft und dem Handel damit erzielt, und die Steuern brachte in den hellenistischen Königreichen wie auch später im Imperium Romanum vornehmlich die Landbevölkerung auf."*[137]

---

für das Haus, für die Familie überhaupt auf und erst später machte ihm der weitere Begriff 'atrium' den Rang streitig, resp. lief ihm den Rang ab. Mit der Zeit aber kamen eherne Kohlebecken in Gebrauch, so dass diese tragbaren Wärmequellen schon eher einen ausgedehnteren Gebrauch anderer Räume ermöglichten." Lange (1878) 126

[135] Wycherley (1962) 175f

[136] siehe Abbildungen 70 und 26: die Rekonstruktion einer Villa in Olynth

[137] „Die Grundlagen der antiken Landwirtschaft waren während des Neolithikums im vorderasiatischen Raum geschaffen worden; Getreideanbau und Tierhaltung, die für jungsteinzeitliche Siedlungen im Vorderen Orient belegt sind, waren aus dem Osten nach Griechenland und in den unteren Donauraum gelangt. In mykenischer Zeit wurden in Griechenland Gerste, Weizen und Wein angebaut und außerdem Ölbäume gepflanzt; die Haltung von Schafen und anderen Tieren war bereits weit verbreitet. Vom Beginn der Antike bis zum Zerfall des römischen Reiches hat die kleinbäuerliche Subsistenzwirtschaft eine große soziale und ökonomische Bedeutung besessen; in der archaischen Zeit haben die Bauern vorwiegend für den eigenen Bedarf produziert; sie waren auf die Erzeugnisse des städtischen Handwerks kaum angewiesen, denn Geräte und Werkzeuge wurden von der kleinbäuerlichen Familie selbst - oder mit Hilfe eines Handwerkers - hergestellt. Die Frauen schroteten oder mahlten das Getreide, außerdem verarbeiteten sie die Rohwolle zu Tuch. Nur wenige Teile von Keramikgeschirr erwarb der Kleinbauer durch Kauf oder Tausch; dementsprechend brauchte er auch nur eine kleine Menge an eigenen Produkten zu verkaufen. Die kleinbäuerliche Wirtschaft war zunächst nur in geringem Ausmaß in den städtischen Markt integriert. Das Kleinbauerntum wurde in der Antike nie verdrängt; es blieb in jenen Regionen existent, die keine guten Transportwege besaßen oder in denen städtische Verbraucherzentren fehlten, Zu einer Transformation der archaischen Agrarstruktur kam es in Teilen der griechischen Welt während des 6. und 5.Jh. v. Chr, in Mittelitalien während des 3. und 2.Jh. v. Chr; dieser Prozeß hängt

Ich gehe davon aus, dass die Nutzung der Räume in den Häusern abhängig von der Jahreszeit war. So werden die Bewohner ihre Lebens- und Arbeitsschwerpunkte je nach Wetterlage auch in unterschiedliche Räume, die Pastas und den Hof verlegt haben.[138]

---

eng mit dem Bevölkerungszuwachs und der Urbanisation, dem Entstehen neuer Städte und dem Anwachsen der alten Städte zusammen. Es war notwendig geworden, größere Bevölkerungszentren mit landwirtschaftlichen Produkten zu versorgen. Unter dieser Voraussetzung entwickelte sich eine marktorientierte Gutswirtschaft, die Überschüsse erzeugte. Auf den meist stadtnahen oder zumindest verkehrsgünstig gelegenen Gütern, die teilweise auf den Anbau bestimmter Pflanzen (Wein, Olivenbäume) spezialisiert waren, bestanden erste Ansätze zu einer Arbeitskooperation und Arbeitsteilung. Als Arbeitskräfte wurden Sklaven eingesetzt, in den Erntezeiten zusätzlich freie Kleinbauern oder Tagelöhner. Bereits in der späten römischen Republik wurden einzelne Ländereien parzelliert und an besitzlose Bauern […] verpachtet; weite Verbreitung fand der Colonat jedoch erst in der Zeit des Principats. In den verschiedenen Regionen des Imperium Romanum, so etwa in Nordafrika, in Gallien oder Kleinasien, blieben vorrömische Abhängigkeitsformen bestehen; die Bauern waren hier halbfrei, sie konnten in vielen Fällen das von ihnen bewirtschaftete Land nicht verlassen und waren abgabepflichtig. Die wichtigsten Grundnahrungsmittel in den antiken Gesellschaften waren Getreide, Olivenöl und Wein; um den Kalorienbedarf eines Erwachsenen zu decken, wurden monatlich etwa 20-26kg Getreide (Weizen) benötigt, und der Ölverbrauch in griechischen Städten wird auf 20 Liter pro Person im Jahr geschätzt; dabei ist zu berücksichtigen, daß Öl auch als Brennstoff für die Beleuchtung diente. Ergänzt wurde die pflanzliche Nahrung durch Milchprodukte (Käse) und in Küstenregionen durch Fisch; Fleisch wurde nur selten und in relativ geringen Mengen verzehrt, Die Viehzucht lieferte neben Fleisch noch Häute und Wolle, den in der Antike wichtigsten Rohstoff zur Textilherstellung. Die griechischen und römischen Städte wurden mit den Grundnahrungsmitteln von den Bauernhöfen und Gütern des Umlandes versorgt. Es gibt allerdings eine Reihe von Ausnahmen: Athen war im 5./4.Jh. v, Chr ebenso wie viele Poleis im Ägäisraum auf Getreideimporte aus dem Bosporanischen Reich (an der Nordküste des Schwarzen Meeres) oder aus Ägypten angewiesen; ähnliches gilt auch für die Hauptstädte des Imperium Romanum, Rom und Konstantinopel." Schneider (1992) 52f

[138] "Das reichere Bauernhaus dagegen hat am anderen Ende eine Exedra und seitlich von ihr je ein Schlafzimmer. Darüber im zweiten Geschoss liegen ebenfalls drei Räume, die zu Wirtschaftszwecken, besonders als Weinniederlage, benutzt werden. Seitlich über den Viehställen dagegen befinden sich die Zimmer, die sich je nach der Anordnung der Viehställe wohl auch an der Eingangsseite herumziehen. Ihre Benutzung wird zwar nicht direkt angegeben, aber dass sie theils ebenfalls zu wirtschaftlichen Zwecken, theils als Schlafzimmer für das Gesinde dienten, liegt auf der Hand. [...] Wenn der Rauch des Herdes für die Weinniederlage in den Zimmern über der Exedra nutzbar gemacht werden sollte, so kann man daraus schliessen, das der Herd in den reicheren Bauernhäusern mehr nach dem hinteren Ende der Halle als nach der Mitte gestanden hat. […] Das pergamenische Bauernhaus wird also von Galen in zwei Gattungen eingetheilt, das ärmere und das reichere. Jenes besteht aus einem einfachen großen Raum mit dem Herd in der Mitte und den Viehställen auf der rechten und linken oder auch nur auf einer von beiden Seiten. Vor dem Herd, nach der Thür zu, stehen Ofenbänke. Der Hauptraum dient zugleich als Küche und Wohnraum. Da ausser ihm keine besonderen Zimmer erwähnt werden, darf man voraussetzen, daß er auch zu gleicher Zeit Schlafraum für die Insassen war, die sich in ihm zur Seite des Feuers ihr einfaches Lager bereiteten." Lange (1885) 32

2.7.4 Basisdaten und Annahmen

Wetterdaten, Klima

Olynth liegt auf derselben geographischen Höhe wie New York. Im Rahmen der Simulation wurde auf Klimadaten[139] zurückgegriffen, die möglichst vergleichbar waren. Verfügbar waren Daten aus der heutigen Zeit aus Larissa,[140] das ein ähnliches Klima aufweist.

Standort	Larissa	Olynth
Höhe über Meer	74 m	76 m
Geographische Breite	39,38° N	40,5°N
Geografische Länge	22,25° O	23,5° O
Klimaregion	IV 1, Ackerland	
Lage	frei	
Zeitzone	GMT-2	
Jahresmitteltemperatur	15,5°C angenommen als Bodentemperatur	

Das Klima in Nordafrika und im Mittelmeerraum war wahrscheinlich vor 2000 Jahren feuchter als es heute ist, genaue Daten im heutigen Sinne liegen natürlich nicht vor.[141] Große Wälder überzogen weite Gebiete, die heute Ackerland oder karg und verwüstet sind, und trugen zu einem komfortablen Klima positiv bei. Die Eichen-, Oliven-, Zwergpalmen-, Zypressen- und Kieferbestände fielen großteils dem unersättlichen Holzbedarf der Römer zum Opfer. Es kann davon ausgegangen werden, dass besonders in den Sommermonaten mehr Regen fiel als heute und die Übergangszeiten ausgeprägter waren. Die heute vorkommenden Pflanzen entsprechen im Großen und Ganzen den damals vorhandenen, jedoch zeigte sich eine Entwicklung zu einem Bewuchs, der mehr Trockenheit überstehen konnte. Die Lufttempe-

[139] siehe Abbildung 71

[140] siehe Abbildung 72, 73

[141] Es liegen sehr subjektive zeitgenössische Beschreibungen vor, die das antike Klima als „angenehm" bezeichnen. Wissenschaftlich ist diese Aussage allerdings nicht greifbar.

raturen waren sicher etwas niedriger wegen der geringeren Einstrahlungswerte. Aufgrund der höheren Luftfeuchtigkeit wurden diese aber als wärmer empfunden. Eine Abkühlung durch Verdunstung erfolgte langsamer als bei dem heute vorherrschenden trockenen Klima. Mit dem verwendeten Lehm als Baumaterial wurde ein gewisser Feuchtigkeitsausgleich in den Häusern sichergestellt. Die Winter waren vermutlich milder. Baum bestandene, Wasser durchflossene grün-schattige Landstriche Griechenlands geben auch heute noch einen Eindruck der Zustände und lassen das Klima als sehr angenehm erscheinen.

Werte für Lehm

Absorptionsgrad	60 % der auftreffenden Strahlung werden absorbiert
Vergleichswert weiße Wand	10 %
Spezifisches Gewicht von luftgetrockneten Lehmziegeln	1650 kg/m^3 (schwerer Strohlehm)
Zuschlagstoffe	Tonscherben, Stroh, Sand
Spezifische Wärmekapazität	0,22 kcal/kgK
Brandklasse	A-1
Schalldämmmaß R'w	57dB bei Rohdichte 1400 kg/m3 und 35 cm Wandstärke
Wasserdampfdurchlässigkeit	Rohdichte 1400 kg/m^3, Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ=3/5
	Rohdichte 2000 kg/m^3, Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ=5/10[142]
Wärmeleitfähigkeit Strohlehm	Circa 0,65 W/mK (Primärenergiegehalt circa 25 kWh/m^3)
Wärmeleitfähigkeit Mauerziegel	0,68 W/mK (Primärenergiegehalt circa 1200 kWh/m^3)

[142] vergleichbar mit dem Wert von Ziegeln

Wärmeeindringungskoeffizient	B= 1036 Ws0,5/m^2K

Heizwerte

Holz weist bei 15 % Feuchte einen Heizwert von 15,5 MJ/kg (=4,3 kWh/kg) auf. Es hat einen theoretischen Luftbedarf von 4,1 m^3/kg bei einem CO_2 Anteil von 20,2 %. So wird davon ausgegangen, dass offene Kamine etwa 3.500 - 4.500 W/m^2 Kaminöffnung produzieren. Die Luftgeschwindigkeit beträgt etwa 0,2 m/s bei einem Verbrauch von 4-5 kg Holz pro Stunde bei einem Wirkungsgrad von 20-30 %. Die Heizwirkung des Kamins im OG beruht dabei hauptsächlich auf Strahlungswärme.

In Olynth wurden Dachziegel mit ovaler Öffnung von 47 cm auf 22 cm gefunden. Ein Mindestquerschnitt für einen gemauerten Kamin würde 13,5/13,5 cm mit einer Höhe von mindestens 4 m betragen. Für den Durchflusskoeffizienten des Schornsteins wurde cd 0,4 anstatt cd 0,6 angenommen.

Ein Mensch hat eine Wärmeabgabe von 150 Watt bei leichter Kleidung und leichter Arbeit.[143]

Raummaße und Öffnungen

Raum Obergeschoss	B x T x H: 6,2 m x 4,4 m x 2,8 m
Tür (Süden)	B x H: 1,2 m x 2,2 m
Fenster (Norden)	B x H: 0,5 m x 1,0 m
Oikos Erdgeschoss[144]	B x T x H: 8,4 m x 4,4 m x 3,5 m, Volumen 130 m^3
Tür (Süden)	B x H: 1,4m x 2,5 m
Fenster (Norden)	B x H: 0,5 m x 1,0 m, Brüstungshöhe 1,6 m
Raum Erdgeschoss[145]	B x T x H: 3,8 m x 4,4 m x 3,5 m
Tür (Süden)	B x H: 1,2 m x 2, 5 m
Kein Fenster	

[143] siehe Abbildung 74

[144] c, d, e in Abbildung 58

Konstruktion

Winkel der Dachflächen: 12° und 14°

Konstruktion ohne Dämmung	**Dicke in cm**	**Material**	**k-Wert (W/m²K)**
Wand[146]	46	Außenputz, Lehmziegel, getrocknet, Innenputz	1,05
Wand	23	Lehmziegel, getrocknet, Innenputz	1,71
Dach	10	Lehm, Stroh, Ziegel	2,92
Zwischendecke	15	Lehm, Stroh, Äste	2,13
Boden	15	Stampflehm, Estrich	3,52
Fenster-/Türläden	5	Holz	2,15
Konstruktion mit Dämmung	**Dicke in cm**	**Material**	**k-Wert (W/m²K)**
Wand	46	Außenputz 20 cm Steinwolle Dämmung, Lehmziegel, Innenputz	0,15
Wand	23		0,16
Dach	10	Lehm, Stroh, Ziegel, Steinwolle 20 cm	0,17
Zwischendecke	15	Lehm, Stroh, Äste, Holzwolle Platten, Estrich	1,03
Boden	15	Stampflehme, Holzwolle Platten, Estrich	1,17
Fenster		Zweischeiben-Isolierverglasung	1,0

[145] b in Abbildung 58

[146] siehe Abbildung 75

Tür	Holz, Holzwolle Platten, Holz	1,27

Absorptionskoeffizient Lehm:
Winter: 60 %, Sommer: 10 % (Verschattung durch Pastas).

Parameter Helios

TI	Raumlufttemperatur
Q TR	Summe der Transmissionsverluste
Q AIRC	Luftwechselverluste
QS	Strahlungsgewinn Fenster
H Qint	Interne Lasten
H	Heizlast/Kühllast
TL	Außenlufttemperatur

3 SIMULATION MIT VARIANTEN

Die betrachteten Bauten sind Teil der ersten Wachstumsphase und ähneln einander sehr.[147] Zur Darstellung der jeweiligen Verhältnisse wurden je ein Sommer- und ein Winterfall angenommen. Dabei werden die jeweils signifikantesten Tage/Wochen ausgewählt und für die Simulation herangezogen. Bei den Berechnungen mit Helios wurden drei Räume im Sommer und am kältesten Tag im Winter, dem 6. Januar betrachtet:

- ein Raum im Obergeschoss des Nordteils
- Oikos im Erdgeschoss[148]
- Raum neben Oikos[149]

3.1.1 Oikos (c, d, e)

Varianten 1/2: ohne interne Lasten

Berechnet wird das Gebäudeverhalten des Oikos mit Kaminraum am 21. Juni, einem normalen Sommertag. In einem ersten Schritt wird von einem geschlossenen Gebäude ohne Nutzer und interne Lasten ausgegangen, um eine Ausgangsbasis zu haben. Die Varianten 2 und 3 fußen auf verschiedenen Nutzerprofilen und Lüftungsstrategien.

Ein Vergleich der Fühltemperaturen[150] für Varianten 1 und 2 zeigt die Abbildung 76. Es ergeben sich folgende Werte:

Temperaturverlauf Oikos ohne interne Lasten, 21. Juni

	Variante 1	Variante 2
Raum	Oikos	Oikos

[147] siehe Abbildung 41 eine Rekonstruktion eines Gebäudeblocks

[148] c, d, e in Abbildung 47

[149] b in Abbildung 47. Die Situation des Oikos und des Kaminraums wird in Abbildung 32 deutlich gemacht.

[150] Raumlufttemperatur und Wandtemperatur (1/2*(Ti+Tw))

Interne Lasten (Feuer etc.)	keine	keine
Nutzer	ohne	ohne
Lüftung	Fugenlüftung	Fenster und Tür offen
Minimaltemperatur zwischen 5 und 6 h[151]	27,9°C	26,6°C
Maximaltemperatur um 17 h30	28,5°C	29,7°C
Temperaturschwankung	0,6 K	3 K
Maximaler Wärmeeintrag[152]	200 W	1.200 W
Luftwechsel[153]	0,9/h	8,4/h
Angenommene Außentemperaturen zwischen 23,8°C (um 4 h) und 33,8°C (um 16 h, Temperaturunterschied circa 10 K)		

Es zeigt sich, dass die Fühltemperatur erheblich geringeren Schwankungen als die Außentemperatur unterworfen ist. Variante 2 nutzt die Verbindung zur tieferen Außenlufttemperatur am frühen Morgen und bringt durch den höheren Luftwechsel eine kühlere Innentemperatur. Die Wand nimmt nur sehr langsam die Temperatur der Luft an. Im Laufe des Tages bringt die erwärmte Außentemperatur jedoch eine stärkere Erwärmung mit sich als bei Variante 1. Das Gebäude reagiert mit einer Verzögerung von etwa 1h auf die äußeren Temperatur Veränderungen.[154] Würden das Fenster und die Tür spätestens ab 11h bis 23h geschlossen bleiben in Variante 2, ergäben sich vergleichbare Höchsttemperaturen wie bei Variante 1. Würde der Raum bereits ab 9 h geschlossen, läge die Fühltemperatur von Variante 2 noch unter der von Variante 1. Dies ist wohlgemerkt eine eher theoretische Annahme, da diese Rechnung ohne interne Lasten ist, und es bedeuten würde, dass der Raum

[151] siehe Abbildung 76

[152] siehe Abbildung 77

[153] siehe Abbildung 78

[154] siehe Abbildung 77

nicht betreten werden konnte (ein Öffnen der Türen bringt eine Veränderung in den Rahmenbedingungen) und dunkel wäre. Ein solches Vorgehen wäre für einen Schlafraum akzeptabel, der tagsüber nicht in Benutzung ist.

Varianten 3/4: Oikos mit Nutzerprofil

Bei dieser Variante wird zur vorhergehenden noch die Nutzung der Räume durch Menschen berücksichtigt. Weitere interne Lasten, wie Feuer sind nicht eingerechnet. Es wird angenommen, dass die Wärmeabgabe (Konvektion und Strahlung) von Menschen im Mittel 50 W bei 28°C Außentemperatur beträgt.[155] Abbildung 79 zeigt die Annahme, dass sich zu unterschiedlichen Tages- und Nachtzeiten verschieden viele Menschen im Oikos aufgehalten haben um Hausarbeiten zu verrichten, zu kochen, zu essen. Somit wird ein relativ hoher Wärmeeintrag von bis zu 400 W über den Tag hinweg von Menschen eingebracht, noch ohne Feuer, die Fühltemperatur erhöht sich entsprechend. Es ergeben sich Temperaturen, die heute unkomfortabel erscheinen, aber durch entsprechendes Nutzerverhalten (kein Aufenthalt zu den Spitzenzeiten, weniger Menschen) anders ausgesehen haben könnten. Die Fenster werden sicher geöffnet worden sein, da die Außentemperaturen häufig unter den Innentemperaturen lagen. Zudem macht die Notwendigkeit von „frischer" Luft es notwendig, die Luftwechselrate zu erhöhen, Fenster und Tür zu öffnen.

Temperaturverlauf Oikos mit Nutzerprofil, 21. Juni

	Variante 3	Variante 4
Raum	Oikos	Oikos
Interne Lasten (Feuer etc.)	keine	keine
Nutzer	ja	ja
Lüftung	Fugenlüftung	Fenster und Tür offen
Minimaltemperatur zwischen 5 und 6 h[156]	31,1°C	27°C

[155] Recknagel, Sprenger Schramek (1997) 48, siehe Abbildung 74

[156] siehe Abbildung 80, 81

Maximaltemperatur[157]	32,1°C um 20 h	30,1°C um 17 h
Temperaturschwankung	1 K	3,1 K
Maximaler Wärmeeintrag[158]	500 W	1.400 W
Luftwechsel bis zu[159]	1,5/h	10,7/h
Angenommene Außentemperaturen zwischen 23,8°C (um 4 h) und 33,8°C (um 16 h, Temperaturunterschied circa 10 K)		

Variante 5: Oikos mit Lüftungsstrategie

Die Variante 5 kombiniert die Vorteile der vorher genannten Anordnungen zu einer Lüftungsstrategie. Dabei helfen natürlich die aussagekräftigen Ergebnisse der Simulationsberechnung, jedoch kann davon ausgegangen werden, dass diese Vorgehensweise einfach aufgrund von Beobachtungen erreicht werden konnte.

Abbildung 82 zeigt alle vier bisher genannten Varianten im Vergleich. Um den Raum nicht mehr aufzuheizen, sollten die Öffnungen zwischen circa 10 und 21 h täglich weitgehend verschlossen bleiben. Werden nun, um Temperaturspitzen zu vermeiden, die Öffnungen in den Zeiten mit minimalem Luftwechsel tagsüber geschlossen, die Auskühlungsmöglichkeiten der Nacht genutzt, ergibt sich eine weitere Variante, die verbesserte Ergebnisse zeigt.[160] Hierbei wird von einem Öffnungsgrad von 3% ausgegangen (Kaminraum, Undichtigkeiten, Öffnen von Türen beim Betreten). Das Diagramm zeigt einen verbesserten Verlauf der Fühltemperatur, besonders nachts. In der Zeit zwischen circa 10 h und 21 h ist die Wärmeübertragung infolge des Luftaustausches quasi nicht vorhanden.[161] Nicht oder nur spärlich vorhanden war aber auch das Tageslicht. Mögliche Lichtquellen sind der oder die Opaion Ziegel des Kaminraums, der, hochgelegen, eine gute Lichtquelle trotz des geringen Querschnitts darstellte, sowie die Fugen der Türen und Fenster. Von Lampen wird in diesem Fall

[157] siehe Abbildung 80

[158] siehe Abbildung 83

[159] siehe Abbildung 84

[160] siehe Abbildung 81

[161] siehe Abbildung 85, 86

der Simulation nicht ausgegangen[162] ebenso wie von einem Feuer, das in Variante 8 zum Tragen kommt.

Temperaturverlauf Oikos mit Nutzerprofil, 21. Juni

	Variante 5
Raum	Oikos
Interne Lasten (Feuer etc.)	keine
Nutzer	ja
Lüftung	Fenster und Tür tags teilweise geschlossen, nachts geöffnet
Minimaltemperatur zwischen 5 und 6 h[163]	26,2°C
Maximaltemperatur[164]	28,1°C um 19 h
Temperaturschwankung[165]	0,9 K
Maximaler Wärmeeintrag[166]	1.000 W
Luftwechsel bis zu[167]	12,7/h um 4 h, 0,9/h tags, Durchschnitt 3,9/h
Angenommene Außentemperaturen zwischen 23,8°C (um 4 h) und 33,8°C (um 16 h, Temperaturunterschied circa 10 K)	

Tagsüber ist die Temperatur in einem Bereich, den wir auch heute in Mitteleuropa bei angemessener Kleidung noch als komfortabel ansehen. Besonders mit leichter Kleidung ist das Klima angenehm zu nennen. Mit der dynamischen Handhabe der zur Verfügung stehenden Mittel zur Steuerung der Klimatisierung werden die besten

[162] Variante 1-7 gehen nur von Menschen als internen Lasten aus

[163] siehe Abbildung 81

[164] siehe Abbildung 81

[165] siehe Abbildung 80

[166] siehe Abbildung 85

[167] siehe Abbildung 86

Ergebnisse erzielt. Die Simulationsergebnisse von Helios für den Sommer ergänzen die Ergebnisse aus Lesocool.[168] Die Abbildung 90 zeigt zudem den Verlauf über eine Woche hinweg (14.-20. Juni), Abbildung 89 den Temperaturverlauf am 20./21. Juni im Oikos.

Varianten 6/7: Oikos mit Lüftungsstrategie, unterschiedliche Kaminkonstellationen

Der Kaminraum mit seiner Öffnung im Dach stellt eine Besonderheit der Bauten von Olynth dar. Der Erhaltungszustand der Bauten (Grundmauern) macht eine genaue Bestimmung des Kamins unmöglich, wir stützen uns in den Simulationen auf die Rekonstruktionen und Annahmen der Ausgräber. Die genaue Anordnung und Größe gerade im Obergeschoß, sowie die Höhe des Kamins sind nicht nachweisbar. Auch ist die Öffnungsgröße nur vermutbar.[169] Möglich ist allerdings auch, dass nicht nur ein Stück, sondern eine Reihe von Ziegeln den Kaminraum überdeckte. Es lässt sich jedoch mittels Simulation sagen, welche Auswirkungen unterschiedliche Lüftungskonstellationen haben können. Variante 6 basiert auf dem Lüftungskonzept von Variante 5, hat aber einen 1m höheren Kamin, was die Zugwirkung erhöhen sollte. Bei der Variante 7 werden die Auswirkungen auf den thermischen Komfort für den Fall gezeigt, dass der Kamin nicht vorhanden wäre. Der Temperaturverlauf unterscheidet sich nur gering.[170] Im Sommer trug der Kamin aufgrund der geringen Temperaturdifferenzen zwischen Innen und Außen kaum zur Lüftung bei. Im Umkehrschluss hat er sogar den Innenraum erwärmt, indem hier warme Luft über das Dach in das Haus gepresst wurde. Wäre das Fenster nach Norden nicht vorhanden, ergäben sich gegen Abend hin eine leichte Erhöhung von 1K gegenüber Variante 5.

Die Aussagen von Variante 5-7 lassen sich auch über den Oikos hinaus auf andere Räume des Hauses übernehmen. Zwar sind die Größenverhältnisse nicht immer gleich, es stimmen aber die äußeren Bedingungen überein (Anordnung Tür, Fenster, Verschattung durch Pastas). Geht man zudem von einer weniger intensiven Nutzung

[168] Das Profil entspricht in etwa dem, was für Lesocool in Variante 5 angenommen wurde, geringfügige Differenzen im Ergebnis beruhen auf den verschiedenen Eingabemöglichkeiten der Software (Lesocool: Eingabe über Öffnungsquerschnitte, Helios: über die Luftwechselrate aus dem Lesocool Ergebnis).

[169] siehe Abbildung 62

[170] siehe Abbildung 87

durch Menschen über den Tag hinweg aus, dann erscheinen die Ergebnisse sogar komfortabel.

Variante 8: Oikos mit Herdfeuer

Es kann davon ausgegangen werden, dass im Oikos das Herdfeuer mindestens den ganzen Tag glimmte, gerade um das einfache Entfachen zu ermöglichen. Zu bestimmten Zeiten wird es zum Kochen gebrannt und dabei auch den Raum erleuchtet haben. In diesem Zusammenhang ist der Wärmeeintrag durch das Feuer ausschlaggebend für den thermischen Komfort innerhalb des Raumes. Dieser muss je nach Tätigkeit unterschiedlich hoch gewesen sein. Es wird von einem Grundwärmeeintrag von 1.000 Wh ausgegangen. Durch das Kochen geht die Simulation von einem moderaten Eintrag von 4.000 Wh aus[171].

Abbildung 88 zeigt die Auswirkungen des Wärmeeintrages durch das Feuer auf die Fühltemperatur. Eine maximale Temperatur von 34°C zur Mittagszeit kann unter mitteleuropäischen Gesichtspunkten nicht als komfortabel bezeichnet werden, ebenso wie die Tatsache, dass die Minimaltemperatur auch in der Nacht nicht unter 26°C fällt. Ein gewisser thermischer Ausgleich könnte hier eine Verschiebung des Kochvorgangs in den frühen Morgen hinein gebracht haben. Die allgemeinen Temperaturen sind noch niedriger, der Innentemperaturverlauf wird früher angehoben.[172]

Winterfall[173]

Der Winterfall erfordert eine Definition der Mindesttemperaturen, die als behaglich bzw. akzeptabel empfunden werden. Bei der Verwendung von funktionaler Kleidung und ausreichender Bewegung, gehe ich hier von einem, im Vergleich zu unserer Zeit nach unten erweiterten Behaglichkeitsbereich, von13°C als Grenzwert aus.[174]Durch die allgemeine Nutzung, das Kochen und das permanente Glimmen des Feuers wird dieser Wert auch erreicht. Die Heizlast ist in Abbildung 92 graphisch

[171] 1kg Holz erzeugt 4,3 kWh

[172] Es könnte auch im Hof gekocht worden sein, siehe S. 62

[173] siehe Abbildung 100 - 102

[174] Dieser Wert liegt im unteren Bereich der heute akzeptierten unteren Temperaturen.

dargestellt („Variante 2").[175] Es zeigt sich, dass die Stunden, in denen eine hohe Energiezufuhr notwendig ist (> 2.500 W), minimal sind. Offensichtlich ist die hohe Zahl der Stunden, in denen von einer geringen Energiezufuhr ausgegangen werden kann (durch Glimmen des Feuers).

Die Grenztemperatur von 13°C setzte voraus, dass an mindestens 80 Tagen geheizt werden musste,[176] wobei nur in wenigen Fällen mehr als 2.500 Watt aufgewendet werden mussten. Naturgemäß liegt der höchste Energiebedarf in den kältesten Monaten Dezember bis Februar.[177] Dieser ist zwischen 500 und 920 kWh anzusetzen. Im Januar müssten dafür 214 kg Holz (7 kg/Tag) verbrannt werden, um den 130 m^3 großen Raum auf 13°C zu erwärmen. April bis Oktober muss nicht geheizt werden, der Wärmeeintrag durch das Kochen[178] ist bei weitem ausreichend, um die Grenztemperatur zu erreichen.

Im Sinne einer Lüftungs- und Wärmestrategie hat die Simulation ergeben, dass die Öffnungen geschlossen bleiben sollten, wenn die Außentemperatur unter 7°C liegt, da dann die Lüftungswärmeverluste die solaren Gewinne (durchschnittlich 150 kWh) übersteigen.

3.1.2 Raum Obergeschoss

Sommerfall[179]

Für die Simulation wurde der Absorptionsgrad der Südfassade für den Sommer auf 10% angesetzt, da das Dach über dem Gang die Fassade im Sommer verschattet. Der Unterschied wird im Vergleich mit einem Eckbau deutlich: durch die zusätzliche Besonnung entweder von Osten oder Westen ergibt die Simulation eine um 0,5 K höhere Lufttemperatur als bei den mittleren Häusern.[180] Die Höchsttemperatur stellt sich am 11. Juli, dem heißesten Tag, mit 39°C ein (Luftwechsel tags: 1/h,

[175] Die gezeigte Variante 1 bezieht sich auf die Annahme einer Glastür und einer erhöhten Luftwechselrate, dieser Fall wird hier nicht besprochen.

[176] siehe Abbildung 91

[177] siehe Abbildung 93

[178] Ein Herd dieser Größe braucht circa 4-5 kg Holz pro Stunde

[179] siehe Abbildung 103, 104

[180] siehe Abbildung 94

von 22 h bis 6 h: 4/h). Nachts ist es um 12°C kälter.[181] Durch die Trägheit der Konstruktion ergibt sich eine Verschiebung des höchsten Temperaturwertes. Die Speicherungsfähigkeit der Wände und des Bodens ist die Ursache. Die Häufigkeitsverteilung der Außen- und der davon abhängigen Innentemperaturen im Juni/Juli zeigt Abbildung 95.

Winterfall[182]

Für den Winter (zwischen 1. Oktober und 30. April) zeigt die Simulation dass die Innentemperaturen (ohne zusätzliche Heizung) hauptsächlich zwischen 5°C und circa 20°C beträgt.[183] Der Schwerpunkt liegt dabei um 9°C, die Raumlufttemperatur sinkt nicht unter 0°C ab (Luftwechsel: 1/h, erhöhte Wärmeabgabe der Menschen von 100 W). Da die Innentemperaturen besonders nachts empfindlich tief waren, stellt sich nach der Simulation die Frage nach Alternativen. Es wurden folgende Varianten betrachtet:

- 2: Erhöhung des Wärmedurchgangskoeffizienten: Verbreiterung der Wand auf 46 cm
- 3: Luftwechsel 2/h bei einer Wandstärke von 23 cm

Abbildung 99 zeigt im Vergleich Komfort-Vorteile der Variante 2, besonders bei Eckräumen mit ihrem erhöhten Außenwandanteil. Es wird auch deutlich, dass der erhöhte Luftwechsel bei geringen Außentemperaturen eindeutig Komforteinbußen bringt. Nachteilig dürfte sich auch das Dach mit seiner schlechten Dämmung (k-Wert: 2,9 W/m^2K) auswirken.

Die vorherrschenden Innentemperaturen können immer noch nicht als komfortabel, besonders nicht nach heutigen Gesichtspunkten, betrachtet werden. Der Einsatz von Kohlebecken wird wahrscheinlich gewesen sein. Eine weitere, jedoch ungleich schwieriger abschätzbare Variante, ist der Kaminraum, der mit seinem Abzug bis über das Obergeschoss hinaufreichte. Geht man davon aus, dass hier nachts ein

[181] Diese Werte basieren auf der Annahme, dass die Tür nicht komplett geöffnet ist und so die Luftwechselrate geringer ist als im Oikos.

[182] siehe Abbildung 105, 106

[183] siehe Abbildung 96

Feuer brannte, wenigstens glimmte, könnte hier ein für den Komfort hilfreicher Wärmeeintrag erfolgt sein.

3.1.3 Raum (b)/Erdgeschoss

Sommerfall

Von der Nutzung her ist dieser Raum nicht eindeutig definiert. Er wird im täglichen Gebrauch gewesen sein, möglicherweise wurde hier auch gegessen. Ich gehe von einer zeitweisen Nutzung tagsüber aus. Dieser rege Gebrauch führte dazu, dass über die Tür der Luftwechsel tags erheblich höher war als im Obergeschoß. In der Simulation wird von 2/h über den gesamten Tag hinweg und von 8/h nachts ausgegangen. Ein Fenster ist nicht eingerechnet, die Annahme erfolgte ausschließlich über den Luftwechsel der Tür.[184]

Bei Differenzen der Außentemperatur zwischen 10 K und 16 K beträgt die der Innentemperatur nur circa 5 K. Es ist bis zu 8 K kühler als außen. Abbildung 98 zeigt diese Abhängigkeiten über den Zeitraum vom 14.- 20. Juni. Die Raumlufttemperatur hat Maximalwerte zwischen komfortablen 23°C und 28°C. Bei maximalen Außentemperaturen von 41°C und Windstille kann dieser Wert auf 31°C steigen.

Winterfall[185]

Die im Winter vorherrschenden Temperaturwerte bewegen sich allesamt in einem Bereich, der mit der entsprechenden Kleidung, Bewegung und Gewöhnung noch als zumutbar betrachtet werden kann.[186] Die Innentemperatur liegt immer über der Außentemperatur und selbst bei einer außergewöhnlich kalten Nacht von -4°C wird die Temperatur im Inneren nur unwesentlich beeinflusst und beträgt noch 8°C. Hier zeigt sich einer der Vorzüge der guten Wärmeisolation der Lehmziegelwände (k-Wert 1,05) in Kombination mit einer kontinuierlichen Nutzung (Wärmeeintrag: Personen mit 100 Watt), dem danebenliegenden Oikos und einem Luftwechsel (1/h).

---

[184] In diesen Berechnungen sind Einstrahlungsgewinne nicht berücksichtigt. Die Verschattung durch die Pastashalle und vorspringende Gebäudeteile spielt hier eine große Rolle, zudem wird davon ausgegangen, dass die Bewohner die Tür zum höheren Komfort geschlossen gehalten haben.

[185] siehe Abbildung 110

[186] siehe Abbildung 108: die Häufigkeitsverteilung zeigt einen Schwerpunkt der Temperaturverteilung von Oktober bis April zwischen 11 und 16°C

Die Simulation hat gezeigt, dass es an manchen Tagen sinnvoll ist, über die Mittagszeit (12 h-14 h) die Tür zu öffnen, um durch den Einstrahlungsgewinn des Sonnenscheins die Innentemperatur zu erhöhen (der Energieeintrag liegt dann über dem Verlust durch den erhöhten Luftwechsel). Abbildung 109 zeigt die Temperaturverteilung im Januar. Die Innentemperatur folgt den Veränderungen der Außentemperatur, jedoch werden die Spitzen gekappt, und es stellt sich ein gleichmäßiger Verlauf ein.

3.2 Auswertung der Simulations-Ergebnisse

Die Bauten Olynths wurden zum ersten Mal unter Einbeziehung des Raumkomforts und der gewählten Methodik, der thermischen Computersimulation, betrachtet. Diese wurde an drei Räumen exemplarisch durchgeführt. So entstanden Ergebnisse, die bisherige Aussagen entscheidend ergänzen. Dazu gehören:

- Die Annahme von „kühlen Höfen" und „wärmenden Loggien" wurde kritisch reflektiert und mit Zahlen aus der Simulation verbunden.
- Die Komfortansprüche der damaligen Bewohner bekommen eine Dimension.
- Der erreichte klimatische Komfort war stark abhängig von der Lebensweise und dem Verhalten der Bewohner unabhängig von der Bauweise und den verwendeten Materialien.

Die Arbeit hat, aufbauend auf bestehenden Ergebnissen der Ausgräber Olynths, mittels neuer baugeschichtlicher Methoden der thermischen Computersimulation zusätzliche Erkenntnisse gebracht von der Bedeutung der Bauten Olynths für die Baugeschichte und für unsere heutige Situation. Mit der Nutzung der thermischen Computersimulation wurde ein neues, bis dato für die Bauforschung unbekanntes Werkzeug erschlossen und ein interdisziplinärer Forschungsbereich eröffnet. Für ein Ergebnis nach rein ingenieurmäßigen Gesichtspunkten ist die Datenbasis zu gering. Da es bei einer solchen baugeschichtlichen Untersuchung aber mehr auf die Qualität als auf die punktgenaue Bestimmung von Zahlen ankommt, betrachte ich die erreichten Ergebnisse als aussagekräftig.[187]

[187] Die Simulation wird als Hilfsmittel herangezogen, um Wahrscheinlichkeiten abzuschätzen.

Die Bauten von Olynth haben bis zu einem gewissen Punkt durch ihre Bauweise einen klimatischen Komfort erzeugt. Dies geschieht jedoch weit subtiler, als allgemein beschrieben: so kommt dem Hof und der Pastashalle eine geringere Bedeutung für das Klima zu als bisher angenommen. Der Einfluss der Sonnenstrahlung auf die Räume im Winter und der Schutz vor Hitze im Sommer ist zwar teilweise gegeben. Die Auswertung der Simulation zeigt aber, dass diese Maßnahmen nur beschränkt wirksam sind und ein klimatisierender Effekt sich nur aus der Summe verschiedenster Faktoren im Zusammenhang mit einer klaren Klimastrategie der Bewohner einstellen konnte. Die Betrachtung der Klimadaten verschiedener Orte in Griechenland zeigt auch eindeutig, dass es erhebliche Unterschiede zwischen einzelnen Standorten gibt und dass das antike Klima nicht so homogen war, wie es in manchen Betrachtungen ohne weitere Erläuterung angenommen wird. So werden häufig Bauten miteinander verglichen, die klimatisch völlig unterschiedlichen Bedingungen unterlagen. Die pauschale Auffassung, dass Wohnräume in Olynth, im Sommer „angenehm kühl" und im Winter „warm" waren, muss revidiert und detaillierter aufgefasst werden.

Für die vorgenommene Simulation wurden die Rekonstruktionen und Annahmen der Ausgräber Olynths als Grundlage verwendet. Neben Antworten auf gestellte Fragen entstanden weitere. Die historischen Unwägbarkeiten lassen Detailfragen der Rekonstruktion offen. Ebenso ist das genaue Nutzerverhalten unbekannt, die Profile basieren auf Annahmen: die genaue Anzahl der Personen, die Lebensweise, das Lüftungsverhalten sind gleichfalls unbekannte Größen, die aber einen Einfluss auf die Ergebnisse haben. So sind auch die Simulationsergebnisse in gewisser Weise spekulativ[188]. Jedoch lassen sie gerade dennoch aufschlussreiche Rückschlüsse auf die Bebauung des Hanges und die Nutzung der Räume zu. Vorteilhaft ist, dass die kurze Nutzungsdauer nur wenige bauliche Veränderungen mit sich brachte. Die Bewohner haben zwar ihre Spuren hinterlassen, Veränderungen erfolgten aber nicht so drastisch wie bei Bauten in anderen Städten, die über Jahrhunderte hinweg besiedelt waren. So kann von einem homogenen Bauzustand ausgegangen werden. Es sind zwar einige Umbauten an den Häusern des Nordhügels in Olynth nachweisbar, sie scheinen aber die ursprüngliche Substanz im Wesentlichen unangetastet gelassen zu haben. Mit der Simulation konnte auch gezeigt werden, dass durch entspre-

[188] Über die Bildung von Varianten lässt sich das Ausmaß verschiedener Parameter abprüfen und so das Ergebnis eingrenzen.

chende Nutzungskonzepte das Raumklima komfortable gestaltet werden konnte. Dies zeigt sich an einem Beispiel: auf der Basis der vorgenommenen Simulation lässt sich sagen, dass an den heißesten Tagen unmöglich im Oikos permanent ein Feuer gebrannt haben kann, die angefallenen Temperaturen wären zu hoch und für die Nutzer zu unkomfortabel gewesen. Wahrscheinlich wurde deshalb an diesen Tagen im Freien gekocht, obwohl die Ausgrabungen bei dem untersuchten Haus keine Spuren einer weiteren Feuerstelle im Hof ergeben haben. Möglicherweise kam ein transportabler Herd aus Ton zum Einsatz. Denkbar wäre auch, dass weniger gekocht wurde und von den Morgenzeiten an das Essen nur noch warm gehalten wurde, wie es auch heute in Griechenland noch üblich ist. Die Annahme, dass bei der Landbevölkerung außer Haus, auf der Strasse oder bei der Arbeit gegessen wurde, ist auch zu erwägen und in die Überlegungen einzubeziehen.

Im Folgenden soll einzeln auf die eingangs gestellten Fragen eingegangen werden.

Tatsächliche klimatische Bedingungen in den Häusern

Welche klimatischen Bedingungen haben tatsächlich in den ausgewählten Wohnhäusern geherrscht? War das erreichte Raumklima komfortabel?

Das regenreichere Klima war rauer als das in anderen Teilen Griechenlands. Es musste also reagiert werden auf die besonderen Anforderungen: hierzu gehörten Regen, kalte Tage und längere Übergangszeiten[189]. Ein direkter Vergleich mit anderen Teilen Griechenlands ist nur mit Einschränkungen möglich.

Die Simulation hat gezeigt, dass ein angenehmes Raumklima zu bestimmten Zeiten erreicht werden konnte. Sie hat aber auch gezeigt, dass Pauschalaussagen in diesem Zusammenhang nicht mehr haltbar sind[190]. In vorliegenden Fall lässt sich sagen, dass die kältesten Tage den Einsatz einer Zusatzheizung notwendig machten. Um an diesen Tagen wärmen zu können, wurde wahrscheinlich der unbewegliche Herd durch transportable Heizmöglichkeiten ergänzt, um auch die anderen Räume erwärmen zu können. Kohlebecken waren in der Antike üblich und kamen auch in kunstvoller Ausführung vor. Sie konnten leicht von Raum zu Raum getragen werden.

[189] siehe S. 46 Klimadaten

[190] Hier ist es nochmals wichtig zu wiederholen, dass mit den Bauten Olynths gezeigt wurde, dass in allen Häusern ein Grad an thermischem Komfort erreicht werden konnte.

Doch blieb stets die Gefahr einer Kohlemonoxidvergiftung.[191] Ihre Heizkraft wird als gut bezeichnet, wie auch Winckelmann, der einen solchen Einsatz selbst noch miterlebte, bestätigte.[192] Feststehende Öfen gab es nicht im Altertum, jedoch haben vor allem Funde in Pompeji gezeigt, dass es tragbare ofenartige Gerätschaften gab.[193] An kühlen Tagen lieferten das Herdfeuer im Oikos und die Nutzung der Räume durch die Menschen eine Grunderwärmung. Auf eine Zusatzheizung zur Erreichung eines komfortablen Klimas konnte verzichtet werden.[194] Die Simulation zeigt, dass sich auch in den warmen Monaten eine Verbesserung der Umstände durch eine gezielte Klimastrategie erreichen lässt. Lastspitzen an den heißesten Tagen konnten jedoch nicht vermieden werden. Gerade an diesen Tagen waren die Räume des untersuchten Hauses unangenehm warm. Wiederum in den Übergangszeiten zeigen sich die klimatischen Vorzüge der gewählten Architektur. Diese Aussage steht immer im Zusammenhang mit der üblichen Kleidung, den Lebensgewohnheiten und der Auffassung von Komfort.

Im Vordergrund der Maßnahmen bei den Häusern Olynths steht die Steigerung des Komforts durch Verschattung und Lüftung, sowie der weitestmöglichen Verteilung erzeugter Wärme an kalten Tagen. Es geht im Sommer primär darum, vor der Sonne zu schützen und entstehende Wärme sinnvoll abzulüften. Zur Steigerung des Komforts im Winter wurden Maßnahmen ergriffen, möglichst viel der anfallenden Wärme auch entfernter von der Quelle, dem Feuer im Oikos, zu nutzen[195]. Im Winter bot die Pastashalle immer noch einen leicht temperierten, witterungsgeschützten Außenbereich, der für leichte Arbeiten im Freien nutzbar war. Die Hauptwärme-

---

[191] mehr hierzu bei Neuburger (1987) 255f

[192] 'Das in Pompeji in dem Tempidarium der Forumsbäder aufgefundene, an dem Orte seiner ehemaligen Verwendung stehende bronzene Kohlebecken von 2,33 m x 0,8 m = 1,88 qm Brennfläche ist allein schon hinreichend , um eine größere Kirche, wie z.B. die Egidienkirche in Nürnberg, in welcher mehr als 2000 Zuhörer Platz haben, mit Sicherheit bei größter Winterkälte zu beheizen.'
Neuburger (1987) 251-256

[193] Ein mit einer Feuertür versehener Metallzylinder, der auf drei Löwenfüßen stand, konnte auch zur Erwärmung von Wasser mittels eines eingebauten Kupfergefäßes verwendet werden.

[194] Brennmaterialien des Altertums waren Holz, Holzkohle, Steinkohle, eine Art Presskohle und Torf. Die wichtigste Rolle im häuslichen Bereich spielten Holz und Holzkohle, Steinkohle und Torf wurde im Mittelmeerraum nicht verwendet. Der massive Holzbedarf vor allem für die Heizung von Thermen und den Schiffsbau brachte die Verkarstung großer Teile des Mittelmeerraumes mit sich, da abgeholzt, aber nicht wieder aufgeforstet wurde.

[195] Hier spielt der durchgehende Kaminraum als Ergänzung zum Oikos die entscheidende Rolle. Diese Form ist mir aus weiteren Bauten nicht bekannt und scheint eine Eigenheit der Bauten von Olynth gewesen zu sein.

quelle war das Herdfeuer im Oikos. Das Kochen war primär an einen Raum gebunden, konnte aber auch im Freien stattfinden. Zusätzliches Heizen (einhergehend mit dem Beleuchten) einzelner Räume konnte je nach Komfortansprüchen und finanziellen Möglichkeiten, wie schon erwähnt, mit tragbaren Kohlebecken vorgenommen werden. Diese Becken konnten besonders in kleinen Häusern auch zum Zubereiten von Speisen verwendet werden. Das Klima im windgeschützten und klimamoderierten Hof mit seinem angrenzenden Pastasbereich profitierte von der Sonneneinstrahlung. Die Pastashalle verschattete, zusammen mit den anderen niedrigen um den Hof gruppierten Gebäudeteilen, im Sommer die Haupträume bei hoch stehender Sonne. Die passiv-solare Energieerzeugung in den Wohnräumen ist vernachlässigbar: die Lüftungsverluste durch Türen und Fenster, die Konstruktion des Daches, überwiegen die geringen anfallenden solaren Gewinne[196]. Unzureichende Dämmstoffe trugen ihren Teil bei, die Wärme nicht im Gebäude zu halten. Ohne Glas lassen sich nennenswerte passiv-solare Wärmegewinne nicht realisieren.

Die Konzeption und Anordnung der Liegeflächen im Andron könnte auch aus einem klimatischen Komfortbedürfnis heraus entstanden sein: durch die schwere Bauweise der Liegefläche werden die massiven Eigenschaften des Fußbodens sozusagen nach oben verlängert. Untersuchungen an ägyptischen Bauten haben ergeben, dass sich die günstigste Aufenthaltszone nicht direkt am Boden, sondern in einem Bereich von etwa einem Meter darüber befindet.[197] Eine natürliche Kühlung im Sommer ist einfacher zu realisieren, da Energie vernichtet werden muss beziehungsweise durch Schutzmassnahmen wie zum Beispiel einer Schattenhalle oder Sonnensegel der Energiegewinn reduziert werden kann. Solare Wärmeerzeugung, Heizen, ist ungleich schwieriger, da Energie erzeugt werden muss.[198]

Der thermische Komfort wird sicher durch längere Hitzeperioden mit Temperaturen, die über die Annahmen der Simulation hinausgehen, gelitten haben. Die wahrscheinlich spärliche Möblierung brachte es mit sich, dass das Leben im Haus in Bo-

[196] Solare und interne Gewinne dienen immer zur Verlustdeckung. In Bauten ohne ausreichenden Glasflächen stellt sich jedoch ein einfaches Problem. Bei geöffneten Türen, die aus Holz bestanden, konnte Sonnenlicht, gefiltert durch die Pastas, in die Räume eindringen. Jedoch drang damit gleichzeitig kalte Luft ein. Bei geschlossenen Türen wurde diese Luft zwar ausgesperrt, es war dadurch auch keine passiv-solare Nutzung möglich.

[197] ebenda 161

[198] Wärmen war mit der Verbrennung von Holz oder Kohle in der Antike möglich. Dies geschah unter Einsatz einer großen Menge von Heizmaterial. Möglichkeiten der solaren Erwärmung hielten sich dabei in Grenzen.

dennähe stattgefunden haben musste. Hier dürfte die Kühle des Stampflehmbodens im Sommer vorteilhaft gewirkt haben.[199] Ein wichtiger Faktor für die Steigerung des thermischen Komforts in den Häusern von Olynth war sicher das Versprengen von Wasser auf dem Boden im Sommer. Neben Reinigungszwecken dürfte dies auch der Nutzung von Verdunstungskühlung gegolten haben.[200] Eine Absenkung der Temperatur im Hof von circa 1°C an heißen Tagen scheint möglich, verbrauchte aber auch knappes Wasser. Die Einhaltung einer Lüftungsstrategie für das Nachtauskühlen konnte jedoch vergleichbar höhere Komfortverbesserungen im Sommer bringen.

Die Innentemperatur steht immer in mehr oder weniger direkter Abhängigkeit von der Außentemperatur, solange keine Energie hinzugefügt (oder weggenommen) wird. Sie ist zudem stark abhängig von der Lüftungsstrategie, der Nutzung und natürlich von internen Lasten. Die vermutlich unzureichende Abdichtung gegen Wind verursachte permanente Lüftungswärmeverluste an kalten Tagen. An warmen Tagen wurde dadurch ein bestimmter grundsätzlicher Luftwechsel generiert, der zur Aufheizung der Innenräume beitrug. Das Fehlen von (noch nicht verfügbarem) Glas in den Tür- und Fensteröffnungen ließ keinen Gedanken an die Realisierung von nennenswerten solaren Zugewinnen in der kalten Zeit zu, da die Lüftungsverluste durch Öffnen der Türen und Fenster (um die Sonne einzulassen) die Zugewinne weit überstiegen. Die Nutzung der Öffnungen als Lichtquelle an kalten Tagen schied damit aus, Lampen mussten zum Einsatz kommen, sollte nicht durch die Öffnung der Fenster und der Tür Kälte in die Räume gelangen. Die angenommenen hohen Räume stellen einen großen Vorteil für den thermischen Komfort im Sommer dar. Mit den jeweiligen großen Umhüllungsflächen wird der Temperaturgradient gestreckt, sodass im Sommer ein Mensch nicht in den warmen Bereich der an der Decke sich ansammelnden warmen Luft kommt. Die angenommene Deckenhöhe von 3 m - 3,5 m übersteigt dabei die circa 2,70 m, die nach unseren Erfahrungen ausreichend wären[201]. Ein kühlender Effekt der Maßnahmen lässt sich im Sommer nachweisen. Die Auswertungen der Untersuchungen zeigen Temperaturen im Erdgeschoss unter 30°C an „normalen" Tagen und bei der Annahme, dass im Freien gekocht wurde. Es zeigt

[199] "Dies, wie etwa die Tatsache dass der Fußboden, anders als die vier Hauswände und das Dach, eine gleichsam unendliche Dicke besitzt und im permanenten Schatten liegt, läßt Sitzen, Liegen etc. auf ihm als angenehm erscheinen." Endruweit (1994) 149

[200] Eine Reduktion von 11K ist möglich bei einer Luftfeuchtigkeit von 40% und 35°C Lufttemperatur. Recknagel, Sprenger Schramek (1997) 206

[201] Aus eigenen Erfahrungen im mediterranen Klima hat sich dieser Wert von 2,70-3m entwickelt.

sich, dass die Fühltemperatur erheblich geringeren Schwankungen als die Außentemperatur unterworfen ist.

Der Hof und die angrenzende Pastas, dürften besonders durch ihren windgeschützten Charakter einen komfortableren Aufenthalt im Freien gesichert haben. Durch die Abschirmung der offenen und halboffenen Räume vom Wind war hier eine weitere Veränderung der allgemeinen Außentemperaturen möglich. Im Winter ist der Wärmeeffekt für die Innenräume nicht gegeben. Die Erwärmung des Innenraumes durch die Sonne im Winter muss als gering angenommen werden. Eine Nutzung solarer Einstrahlung für die Innenräume wäre nur bei geöffneter Tür als Hauptlichtquelle möglich. Da durch das Öffnen der Tür aber der Luftwechsel drastisch erhöht wird, müssen etwaige geringe Gewinne sofort zunichte gemacht und ins Gegenteil verkehrt werden: ein Wärmeverlust entsteht. Bei geschlossener Tür ist der Luftwechsel gering, er ist kontrollierbar über den Grad der Öffnung.

Die Nutzung der Möglichkeiten wird zuerst intuitiv durch die Bewohner erfolgt sein: bei Bedarf wurden die Türen und Fenster geöffnet. Dies geschah sicher in den meisten Fällen zuerst ohne Plan, den Anforderungen des täglichen Lebens entsprechend. Durch ein überlegtes Verhalten konnte mit Hilfe einer Strategie jedoch der Komfort auf einfache und natürliche Weise gesteigert werden. Es muss dabei von einer gemischten Komfortstrategie ausgegangen werden. Erreicht werden konnte dies durch gezielte Lüftung/Kühlung in den Sommermonaten und die Verbesserung des Wärmekomforts in kalten Tagen. Durch die Anwendung dieser Gegebenheiten konnten die thermischen Vorteile der massiven Baustoffe ausgenutzt werden. Der Erfolg stellte sich in den kalten Tagen durch eine Reduktion der Zufuhr zusätzlicher Wärmequellen ein, was sich im geringeren Brennstoffverbrauch (Holz beziehungsweise Kohle) zeigte, und an den heißen Tagen durch die Reduktion von Wärmespitzen durch das Vermeiden von warmer Außenluft im Rauminneren. Im Sommer spielt die Verschattung der Räume und ihrer Außenwände durch die Vorbauten und Pastashalle, die effiziente Nachtauskühlung (ab Mitternacht bis morgens Lüften, danach mussten die Öffnungen möglichst geschlossen bleiben) sowie die Temperaturreduzierung eine wichtige Rolle. Waren die Nächte nicht wesentlich kühler als der Tag, erfolgte diese Temperaturabsenkung kaum. Über geringe interne Lasten wie Feuer und Lampen, geringfügige Nutzung durch Personen konnte die Temperatur unter der Außentemperatur gehalten werden. Hilfreich waren hier leichte, fließende Kleidung, und nachts leichte Decken. So zeigt es sich angebracht, dass die Türen und Öffnungen zu bestimmten Tageszeiten im Sommer weitgehend geschlos-

sen blieben, um ein Eintreten der sommerlichen Hitze in den Innenraum zu verhindern[202]. Umgekehrt wieder mussten zu bestimmten Zeiten, besonders über die Nacht und am frühen Morgen Tür, Fenster und im Falle des Oikos der Abzug des Kaminraumes geöffnet sein, um den Nachtauskühlungseffekt zu maximieren. Offene Türen zu einem Raum waren bei dem Hofhaus kein Sicherheitsproblem, da der Hof wiederum zum öffentlichen Straßenraum abgeschlossen war. Bei anhaltenden Hitzeperioden erhöhten sich die Innentemperaturen durch den Wärmeeintrag von außen, die Nutzung der Räume durch die Bewohner und –im Oikos- durch das Herdfeuer. Es muss davon ausgegangen werden, dass im Sommer auch im Freien oder am frühen Morgen nur moderat gekocht wurde. Ansonsten erreichten auch hier die Innentemperaturen zumindest im Oikos an einigen heißen Tagen einen Grad, den man heute als unkomfortabel bezeichnet würde.

Ein besonderer Vorteil für die Lüftung und damit für die Nachtauskühlung ist der Kaminraum. Über seine mögliche Querlüftungsleistung konnte die Auskühlung nachts relativ einfach und wahrscheinlich zugfrei erfolgen. Entstehende Wärme entwich in den hohen Bereich und nahm damit die Lastspitze ab. Im Winter hätte ein hoher Raum dafür gesorgt, dass sich die anliegenden Räume im Oberschoss durch die aufsteigende Wärme des Oikos mit erwärmt hätten.

Die Konstruktion des Hauses zeigt ihre klimatischen Vorteile am deutlichsten in den Zeiten, die weder besonders heiß noch besonders kalt waren. Hier konnte komfortabel gewohnt und gearbeitet werden. An den heißen Tagen im Sommer versagen die Maßnahmen ganz, der Wärmeeintrag durch das permanente Herdfeuer wäre einfach zu hoch gewesen. An den kältesten Tagen im Winter muss für einen hohen Grad an zusätzlicher Wärme gesorgt werden[203]. In dieser Zeit erforderten eventuell andere Kochgewohnheiten oder Nahrungsmittel eine intensivere Nutzung des Herdes im Vergleich zum Sommer. Es wird davon ausgegangen, dass die Wahrnehmung der Temperaturen und die Schmerzschwelle eine andere war und auf sie durch eine jahreszeitliche Anpassung des Lebenswandels reagiert wurde. Eine solche Anpassung könnte gewesen sein: das Zubereiten von Speisen, die länger auf dem Feuer stehen mussten, das Zusammenkommen der Bewohner zur Arbeit oder bei dem

[202] Damit wurde in Kauf genommen, dass die Räume im Inneren eher dunkel waren. Das Verschließen von Fenstern im Sommer und ein Leben in dämmrigen Räumen wird aber auch heute noch im Mittelmeerraum als angebracht empfunden.

[203] Dies geschah im Oikos durch Kochen und durch zusätzliches Feuer im Herd oder im Kaminraum, in den anderen Räumen wahrscheinlich durch Kohlebecken und warme Kleidung

Aufenthalt in einem Raum, verstärkte Nutzung von warmen Kleidungsstücken, verminderte Nutzung bestimmter Räume. Ein zusätzlicher Holzverbrauch für den Heizwärmebedarf war immer gegeben, jedoch konnte er über den normalen Kochgebrauch besonders im Oikos minimiert werden. Zur Vermeidung von einem zusätzlichen Wärmeeintrag im Oikos konnte im Sommer draußen beziehungsweise in der Pastashalle gekocht werden. So ließen sich Lebensgewohnheiten an die Jahreszeiten anpassen.

Die Betrachtung des Oikos ohne unterlegtes Nutzerprofil und angewendeter Lüftungsstrategie zeigt, dass die Fühltemperatur erheblich geringeren Schwankungen als die der Außentemperatur unterworfen ist. Das Gebäude federt also grundsätzlich die extremen Schwankungen aufgrund der Trägheit seiner Baumasse ab. Bei Einbeziehung eines unkontrollierten Luftwechsels in die Betrachtung erhält man tiefere Innentemperaturen in den Morgenstunden auf Grund der kühlen früh morgendlichen Nachttemperaturen. Die Konstruktion des Hauses kann langsam diese Temperatur der Luft annehmen, der Austausch erfolgt über die glatte Wand-, Decken und Bodenoberfläche. Im Laufe des Tages würde sich der Innenraum stärker aufheizen als bei angenommenen geschlossenen Fenstern. Die Phasenverschiebung beträgt circa 1 h. Würde im Rahmen einer Klimastrategie die Fenster und Tür ab 9 h geschlossen bleiben, dann ergäben sich niedrigere Innentemperaturen.

Bei zusätzlich unterlegtem Nutzerprofil werden Wärmelasten durch den Aufenthalt von Menschen und Feuer eingebracht. Bewohnt muss der Raum zumindest hell genug sein, um Arbeiten verrichten zu können, und es müssen hygienische Luftverhältnisse herrschen. Da Leben auch Bewegung bedeutet, werden Menschen immer in unterschiedlicher Anzahl sich in den Räumen aufgehalten und diese natürlich auch betreten und verlassen haben. Die Folgerung ist in einer Zeit ohne Fensterglas: die Wandöffnungen standen auf, wenn Menschen sich tags im Raum aufhielten. Die Tür wurde durch das Kommen und Gehen geöffnet und geschlossen, so wie es der Tagesablauf mit seinen Verrichtungen erlaubte. Bei dem in der Simulation angenommenen Profil ergeben sich Temperaturen von bis zu 30°C am späten Nachmittag bis in den Abend, die nach unseren heutigen mitteleuropäischen Verhältnissen im Sommer als zu warm empfunden werden, die aber bei entsprechender Kleidung (und natürlich Gewöhnung) durchaus für Südeuropa üblich sind (und als angenehm empfunden werden können).

Legt man eine ideale Lüftungsstrategie zugrunde, ergeben sich Temperaturen, die, auch nach unseren heutigen Vorstellungen, in einem noch erträglichen Komfortbe-

reich liegen. Dieser Lüftungsstrategie liegt zugrunde, dass die Öffnungen dann vornehmlich geschlossen bleiben, wenn es thermisch ungünstig wäre, und in den Momenten geöffnet werden, die es erlauben, die Innenraumtemperaturen zu senken. Hier steht die Auskühlungsmöglichkeit der Nacht (genauer der Zeit nach Mitternacht und die frühen Morgenstunden) im Vordergrund. Nur in dieser Zeit kann die Innentemperatur heruntergekühlt werden, die Fühltemperatur ist dann in dem Bereich von 26 bis 28°C. Auch in dieser Rechnung sind nur Menschen als Nutzer und noch kein Feuer als weitere interne Last einbezogen.

Es zeigt sich jedoch, dass nur an 80 Tagen geheizt werden musste, für die überwiegende Zeit des Jahres war dies für das Erreichen von erträglichen Temperaturen, bei der Annahme von mindestens 13°C[204], nicht notwendig. Die Heizwirkung durch Sonneneinstrahlung wird reduziert durch die davor stehende Pastashalle.[205] Die Vorteile der Halle zeigen sich neben der repräsentativen Ausstrahlung in der Nutzung des täglichen Lebens mit der Steigerung der visuellen Behaglichkeit und dem schrittweise Übergang von Außen nach Innen.

Ganz anders sieht die Betrachtung aus, wenn der Herd als interne Last mit einbezogen wird. In diesem Zusammenhang spielt natürlich die Nutzungszeit und die Intensität sowie die Jahreszeit eine Rolle. So wird der Herd den ganzen Tag mindestens geglimmt haben, um ein erneutes Anfeuern zu erleichtern oder um Speisen warm zu halten. Zu Zeiten wird das Feuer stärker gebrannt haben, denn nur so kann es zum Kochen verwendet worden sein. Wir haben also eine gleichmäßig verteilte Grundlast und zeitlich begrenzte Lastspitzen. An kalten Tagen war ein solcher Wärmeeintrag notwendig, um die Raumtemperatur über den angenommenen Grenzwert von 13°C anzuheben. Jedoch an den heißen Tagen führte intensives Kochen zu Temperaturen, die nicht als komfortabel bezeichnet werden können.

---

[204] „Thermische Qualität (Behaglichkeit) ist gegeben, wenn die wesentlichen Kenngrößen Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit innerhalb bestimmter Komfortbereiche bleiben:

• Lufttemperatur: Winter 18-22°C, Sommer 22-25°C

• Oberflächentemperatur annähernd gleich der Lufttemperatur

• 35-65 % relative Luftfeuchte bei Normaltemperaturen 18-22°, bei Temperaturen bis 26° ≤ 55 % (DIN 1946-2), wobei absolute Feuchten > 12 g/kg (Schwülegrenze) grundsätzlich zu vermeiden sind

• Luftgeschwindigkeit < 0,15 m/s

Diese Parameter können variieren je nach Aktivitätsgrad, Bekleidung, Alter, Geschlecht, Aufenthaltsdauer und Anzahl der anwesenden Personen." http://www.argetq.at/zertifikat/TQKriterienkatalog_3.pdf S. 211

[205] Heilmeyer, Hoepfner (Hrsg.) (1990) 14-17

Von der Nutzung her ist der Raum (b) im Erdgeschoss nicht eindeutig definiert. Er wird im täglichen Gebrauch als Wohnraum gewesen sein. So können wir von einer zeitweisen Nutzung tagsüber ausgehen. Dieser Gebrauch führt dazu, dass über die Tür der Luftwechsel tags erheblich höher war als bei dem Raum im Obergeschoß, der wahrscheinlich weniger in Benutzung war. Die im Winter vorherrschenden Temperaturwerte bewegen sich allesamt in einem Bereich, der, mit entsprechender Kleidung, Bewegung und Gewöhnung, als zumutbar betrachtet werden kann. Die Innentemperatur des Raumes liegt immer über der Außentemperatur und selbst bei einer außergewöhnlich kalten Nacht wird die Temperatur im Inneren nur unwesentlich beeinflusst und beträgt noch 8°C[206]. Hier zeigt sich einer der Vorzüge der guten Wärmeisolation durch die Lehmziegelwände in Kombination mit einer kontinuierlichen Nutzung, dem danebenliegenden Oikos und einem geringen Luftwechsel. Die Simulation hat gezeigt, dass es an manchen Tagen sinnvoll ist, über die Mittagszeit die Tür zu öffnen, um durch den Einstrahlungsgewinn des Sonnenscheins die Innentemperatur zu erhöhen. In diesem Zeitraum liegt der Energieeintrag dann über dem Verlust durch den erhöhten Luftwechsel.

Die Trägheit der Konstruktion lässt im Sommer eine Verschiebung des höchsten Temperaturwertes zu. Bei den Häusern im Eckbereich ergeben sich höhere Temperaturen im „Raum Obergeschoss" als in den Mittelbauten. Im Winterfall zeigt die Simulation, dass die Innentemperaturen im Obergeschoß ohne zusätzliche Heizung zwischen 5° und 20°C betragen. Die Raumlufttemperatur sinkt nicht unter 0°C und unterliegt starken Schwankungen. Besonders nachts stellen sich tiefe Temperaturen ein. Die vorherrschenden Innentemperaturen können selbst in den Varianten nicht als komfortabel, besonders nicht nach heutigen Gesichtspunkten, betrachtet werden. Der Einsatz von Kohlebecken an den kältesten Tagen wird also wahrscheinlich gewesen sein. Eine weitere, jedoch ungleich schwieriger abschätzbare Variante ist der Kaminraum, der nach den Rekonstruktionen bis in das Obergeschoss durchging. Geht man davon aus, dass hier nachts ein Feuer brannte, wenigstens glimmte, könnte hier ein für den Komfort hilfreicher Wärmeeintrag erfolgt sein. Dies würde das Kohlebecken überflüssig gemacht haben. Nimmt man diese Variante an, dann erscheint auch der durchgehende Kaminraum in einem anderen Licht: er ist im Winter für Erwärmung der angrenzenden Räume im Obergeschoß notwendig.

[206] Die Innentemperatur folgt den Veränderungen der Außentemperatur, jedoch werden die Spitzen gekappt und es stellt sich ein gleichmäßiger Temperaturverlauf ein.

Im Sommer erhitzte sich der in der Simulation betrachtete Raum im Obergeschoss relativ stark, Temperaturen über 30°C tagsüber waren leicht möglich. Eine Abkühlung nachts erfolgte schnell, schon allein wegen der schlechten Wärmedämmung des Daches. Geht man davon aus, dass diese Räume nicht für den Aufenthalt tagsüber, sondern für das Schlafen gedacht waren, dann kann dennoch von einer komfortablen Temperatur zur Nutzungszeit ausgegangen werden[207]. In Kombination mit leichter Kleidung und Decken wird sich das Raumklima als ausreichend bezeichnen lassen.

Wie wurde Komfort definiert?

Über die Jahrhunderte, besonders in den letzten 50 Jahren unserer Zeit, sind die Komfortansprüche deutlich gewachsen und haben sich auch seit der Antike sehr verändert[208]. Mit immer weniger Kleidung verlangen wir im Winter immer höhere Temperaturen in unseren Häusern und Arbeitsorten[209]. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass das grundsätzliche physiologische Empfinden[210] ähnlich war, obwohl der Begriff des thermischen Komforts in heißen Regionen *„in den Bereich höherer und auch niedrigerer Temperaturen erweitern kann.“*[211] Von zeitgenössischen Aussagen, leider ohne genaue geographische Angaben, wissen wir von dem Problem „kalter Häuser" im Winter. Extreme Tage, sowohl heiße wie auch kalte, wurden in der Betrachtung weniger beachtet, da sie nur vereinzelt vorkommen und ihre Anzahl sich von Jahr zu Jahr veränderte. Sie stellen immer ein Problem dar, auch bei der Planung von heutigen klimatechnischen Anlagen[212]. Häufig wird dabei in Kauf genommen, dass an diesen Tagen das Komfort Niveau eben niedriger ist.

---

[207] siehe Abbildung 103/104

[208] Ich gehe von einer physiologisch optimalen Temperatur für Menschen mit sitzender Tätigkeit und leichter Kleidung von 22-24°C aus. Bei körperlicher Tätigkeit sinkt die optimale Temperatur entsprechend. Eine behagliche Temperatur kann sich auch bei 16-18°C einstellen. Diese Bandbreite hängt von der subjektiven Wahrnehmung einzelner ab und ist stark abhängig von der Kleidung, Luftströmungen, umgebenden Oberflächen.

[209] Dies kehrt sich für den Sommer um.

[210] siehe Abbildung 119

[211] Endruweit (1988) 190

[212] DIN 1946/2 (Raumlufttechnik; Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln)) und Arbeitsstättenrichtlinie Lüftung

Komfort ist ein relativer Begriff. Die Ansprüche und Anforderungen sind generell geprägt von unserem Klima, unserer Lebensweise, den historischen Umständen, der Kleidung, den finanziellen Möglichkeiten, der Verfügbarkeit von Rohstoffen und der aktuellen wirtschaftlichen und politischen Lage. Das Empfinden des thermischen Komforts eines Menschen ist darüber hinaus sehr individuell geprägt. Aus dieser komplexen Mischung ergibt sich ein lokaler Begriff von angenehmen Bedingungen, der statistisch abgesichert ist. In der Auseinandersetzung mit dem Komfortbegriff kommt man nicht umhin, scheinbare Allgemeinplätze aufzuführen. Zu leicht geht man bei der Betrachtung der antiken Verhältnisse in Griechenland von der Lebensweise und den Anforderungen eines zeitgenössischen Mitteleuropäers aus. So empfindet man zum Beispiel an einem Sandstrand solche klimatischen Bedingungen als komfortabel, die für konzentrierte Arbeit unter gleichen Bedingungen inakzeptabel wären.[213] Man empfindet ein Raumklima dann als angenehm, wenn sich die Zusammensetzung der umgebenden Luft in einer bestimmten Bandbreite bewegt: Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Fremdstoffe wie Stäube, Gerüche. Je näher sich diese der reinen Außenluft annähert –ohne störende Stoffe- desto angenehmer wird sie empfunden. Temperatur und Luftfeuchtigkeit gehören zu den wichtigsten Faktoren für den Feuchtigkeits- und Wärmehaushalt des Körpers und beeinflussen die körperliche Empfindlichkeit entscheidend. [214]

Der Grad des körperlichen Komforts hängt von den folgenden Punkten ab:

- der körperlichen Bewegung
- der Kleidung[215] [216]

---

[213] "The problem of man living in an arid zone is principally one of behavioural and physiological control of body temperature. The environmental conditions are perceived by the individual as a sensation of comfort or discomfort. Behavioural control of the body's microenvironment is the simplest method for human temperature regulation. Appropriate clothing, habitual activity, work schedule and work output -all involve a conscious behavioural action leading to prevention of undesirable deviations from normal body temperature. Furthermore, a wide range of thermal challenges can be met by technological means. Man can live on the hottest areas of earth by utilizing cooling devices and man-made artificial environmental conditions. Adjustment to living with mechanical devices is not necessarily dependent on activation of physiological heat dissipating mechanisms." Golany (Hrsg.) (1980) 235-248

[214] Krusche (1982) 248

[215] „In den heute üblichen kleinen, gleichmäßig klimatisierten Häusern und Wohnungen ist eine individuelle Anpassung vorwiegend durch die Kleidung als Pufferzone zwischen Hautklima und Raumklima zu erreichen. Mit einer Wolljacke bekleidet, kann man zum Beispiel die Raumtemperatur um 2 bis 5°C senken. [...] Behaglichkeit stellt sich jeweils ein, wenn das Wärmegefälle des Körpers zur Umgebung genau der notwendigen Erwärmung entspricht. Je nach Erregungs-, Anspannungs- oder Ruhezustand wird ein spezifisches Raumklima

- der Lufttemperatur
- der Luftbewegung und -Geschwindigkeit
- der Luftfeuchtigkeit
- der Temperatur der Oberflächen und Objekte in der Umgebung des Menschen
- der Gewohnheit, Erziehung, Veranlagung.

Die Temperaturabgabe des Körpers erfolgt durch:

- Konvektion: Abgabe an die umgebende Luft (abhängig von der Lufttemperatur und -geschwindigkeit)
- Strahlung: Abgabe durch Abstrahlung an Oberflächen
- Verdunstung/Schwitzen: Abgabe von Wärmeenergie durch Verdunstung von körpereigenem Wasser auf der Haut, (abhängig von der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit)[217].

Die zeitgenössische physiologische Komfort-Zone bei leichter Kleidung und leichter körperlicher Tätigkeit liegt bei einer Umgebungstemperatur zwischen 18°C und 22°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 30 % und 75 % sowie einem Wassergehalt kleiner 11,5g/kg trockener Luft. Höhere Luftgeschwindigkeiten als 0,2 m/sec werden als unangenehm empfunden. Für die Lebensfunktionen ist ein gleichmäßiger Temperaturverlauf sinnvoll, plötzliche Änderungen können den Organismus auch belasten.[218] Der menschliche Körper kann sehr schnell auf unterschiedlichste klimatische Bedingungen reagieren. Unterscheidet sich die Umgebungstemperatur stark von der inneren Temperatur, reagiert der Körper durch Wärmeabgabe beziehungsweise erhöhte Wärmeproduktion. Seine Kerntemperatur

bevorzugt. Hinzu kommen individuelle Eigenheiten aus Veranlagung, Erziehung und Gewohnheit." Krusche (1982) 251

[216] Die Bekleidung spielt im Komfortverhalten des Menschen eine große Rolle. Mit ihr kann er sich an die vielfältigen Wetterzustände anpassen. Mit den unterschiedlichen Bedingungen im Wechsel der Jahreszeiten gehen die vielfältigsten Anforderungen auf sie über. Nur mit ihr ist in vielen Fällen der Mensch in der Lage, sich im Freien aufzuhalten. Wenige Orte, zum Beispiel Inseln im Pazifik, haben ein Klima, das es den Menschen zulässt über das Jahr hinweg ohne Bekleidung zu leben.

[217] Vernachlässigbar: Konduktion: direkte Abgabe an feste Objekte durch Berührung (abhängig von der Temperatur des Objekts).

[218] Golany (1992) 125

hält er dabei nahezu konstant. Ist der Temperaturunterschied zu groß, friert oder schwitzt der Mensch, die Situation wird unangenehm[219]. Extreme Temperaturen können tödlich sein, zudem reagiert der Körper unterschiedlich. Große Hitze ist lebensgefährlich, eher kann Kälte, bis zu einem gewissen Grade, vom Menschen ohne Schäden hingenommen werden.

Ganz sicher ist zu sagen, dass die Komfortansprüche einem Wandel unterliegen. Das folgende Zitat aus dem Jahre 1758 zeigt dies deutlich: Die Grundeinstellung zum Wohnen[220] ist eher karg, zurückhaltend, aber die essentiellen Dinge (Luft , auch Aussicht) und deren physische und psychische Auswirkungen auf den Menschen werden in den Vordergrund gestellt.

"Von der Bequemlichkeit der Gebäude. Die Gebäude sind zur Bewohnung bestimmt, es gehöret nur so viel Bequemlichkeit dazu, daß sie können bewohnt werden. Drey Stücke machen die Bequemlichkeit einer Wohnung aus: Die Lage, die Eintheilung, und die freyen Aus- und Eingänge.
Entweder ist die Lage frey, oder sie ist eingeschlossen. Wenn sie frey ist, muß man einen Ort der gute Luft und eine schöne Aussicht hat, erwehlen. Die Gesundheit leidet allezeit von einer ungesunden Luft. Eine verdrießliche Aussicht unterhält oder gebiehret die Schwermuth. Es ist demnach von einer sehr großen Wichtigkeit, wenn man frey wählen kann, sich zu einer Lage zu entschliessen, welche die gefundene Eigenschaft der Luft mit den Annehmlichkeiten der Aussicht vereiniget. [...] Ein ziemlich erhöhter Ort, der höher liegt als die Ebene, um welchen es weder Moräste, noch stille Wasser giebt, welcher durch die Ungränzung eines Waldes oder einiger Gebürge, sicher für den Winden ist; der einem schönen Flusse, ohne etwas von seinen Ergiessungen zu befürchten zu haben, nahe ist: ein solcher Ort wird uns eine außerordentlich gesunde Wohnung geben.
Wenn uns anders daselbst eine fruchtbare Ebene perspektivisch vor Augen lieget, wo die Gegenstände verändert wären, und die sich ohne einer allzu großen Weite durch Hügel von einer mittelmäßigen Höhe annehmlich endigte, so würde man da-

[219] "Die einfachste Art, mit einem feindseligen Klima fertig zu werden, ist es, nicht da zu sein, wenn es zu heiß oder zu kalt wird." Heschong (1984) 15

[220] "Das Wort Wohnen entstammt dem altgotischen 'wunian', was soviel wie 'zufrieden sein' bedeutet." Meyer-Bohe (1996) 18

selbst die Vortheile einer zur Ergötzung der Einbildung, ganz bequemen Aussicht geniessen."[221]

Vorherrschend ist eine fast paradiesisch anmutende, romantische Sicht: das Beste annehmen, erhoffen und auch für umsetzbar halten, das Ideal denken und wollen und erreichen wollen:

"Die Wohnstätte soll mit einwandfreier Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung verbunden sein; Licht und Luft sollen möglichst zu allen Räumen ausreichenden Zutritt haben, die Wohnung soll auch im Innern licht, leicht lüftbar und ohne zu große Kosten zu erwärmen sein. - Auch die Klein- und Kleinstwohnung soll die Möglichkeit zur Unterbringung von Kindern geben. - Endlich soll die Wohnung nicht nur Unterschlupf, sondern eine Erholungsstätte für den Berufstätigen sein, insbesondere für den Industrie- und gewerblichen Arbeiter."[222]

Ganz verkürzt lässt es sich auf folgenden Punkt bringen:

"Light clothing, low air velocity, and low humidity are to be considered today as basic needs."[223]

Es muss davon ausgegangen werden, dass diese Komfortansprüche im Mittelmeerraum der Antike von den heutigen weit abwichen. Die Ergebnisse der Simulation zeigen das Maß an Komfort, das die Bewohner des antiken Olynths bereit waren zu akzeptieren. Eine große Rolle in der Bewertung des Komforts spielt die Sonneneinstrahlung in die Pastas- und Hofzone, deren Auswirkungen auf die Gesundheit nicht vergessen werden darf. So sei hier die körpereigene Produktion von Vitamin D durch Sonnenstrahlung auf die Haut erwähnt. Direkt feststellbar sind auch Abhängigkeiten der Psyche des Menschen vom Wetter: Sonnenschein wirkt sich neben der Wärme aufmunternd aus, lange andauernde oder permanente schlechte Bedingungen in Gebäuden, Häusern und Wohnungen lassen Menschen körperlich und seelisch erkranken.

[221] Laugier (1758) 115

[222] Definition der heutigen Anforderungen: Lexikon der Baukunst 719

[223] ENEA (1997)

Waren die Bauten Olynths Standard oder Einzelerscheinungen?

Stellten die ausgewählten Bauten Olynths einen überdurchschnittlichen Standard dar oder entsprachen sie der allgemeinen Ausführung des antiken Hauses?

Die Bauten auf dem Nordhügel Olynths waren sicher etwas Besonderes in der antiken Siedlungsarchitektur. Dies forderte schon die geographische Lage der neu gegründeten Stadt. Festgestellt werden kann aber, dass die Wohngebäude im Rahmen der Möglichkeiten, die Grundstück und Material geboten haben, ein Optimum erreicht hatten. Die Planung einer Stadt mit Typenhäusern in diesem Umfang setzte grundlegendes Wissen, eine intensive Planung und Vorbereitung und einen hohen Organisationsgrad voraus. In Olynth erstaunt der Umfang und Komplexität des Bauvorhabens. Der Nordhügel war zwar topographisch als Erweiterungszone der Stadt nahe liegend und bot auch einen gewissen Schutz vor einem Angriff. Jedoch bot vor allem sein nach Süd-Westen abfallendes Gelände gute Voraussetzungen im Sinne der passiv-solaren Architektur.

Nach Betrachtung der Rekonstruktionen und der Simulationsergebnisse gehe ich davon aus, dass Kenntnisse in diesem Bereich bereits in der Antike vorhanden waren und zumindest in Olynth bewusst eingesetzt wurden. Die planmäßige großflächige Anwendung in Olynth, aber auch später in Fällen wie Priene deutet darauf hin.

Von Sokrates angedachte Grundlagen zur Orientierung von Gebäuden sind durch Xenophon überliefert und sprechen dafür, dass man sich durchaus in der griechischen Welt mit diesem Thema auseinandergesetzt hatte:

„'Muss man nicht beim Bau eines Hauses darauf achten, dass es angenehm und praktisch zu bewohnen ist?' Wir stimmten ihm zu. ‚Und angenehm bedeutet kühl im Sommer, aber warm im Winter.' Nach unserer Zustimmung fuhr er fort. ‚In diesen Häusern, die nach Süden orientiert sind, scheint die Wintersonne in die Pastas, während sie schattenspendend im Sommer gegen die hoch über den Dächern stehende Sonne schützt. Um dieses Ergebnis zu erreichen, muss der Teil des Hauses, der nach Süden gerichtet ist, höher gebaut sein so dass die Wintersonne eindringen kann und der nach Norden orientierte Teil sollte niedriger sein, so dass er von den kalten Winden geschützt ist.'"[224]

„'Welcher Teil des Hauses nach Süden auf die Pastas zeigen sollte, wird deutlich, als Isomachus, wie er seiner Braut ihr Heim zeigt, verdeutlicht, dass ‚die Wohn-

[224] Zitat aus Xenophon, Memorabilia, III, vii, 8f, Robinson - Graham (1938) 144 (übersetzt)

räume […] waren ausgezeichnet so für die Bewohner angeordnet, dass sie warm im Winter und kühl im Sommer waren.'"[225]

Es finden sich eine Reihe von weiteren Stellen, die darauf hindeuten, dass das Erreichen eines komfortablen Raum- und Lebensklimas durch passiv solare Vorkehrungen bereits in der Antike Thema war. So schreibt Aristoteles über die Orientierung von Bauten:

"Und für die Erhaltung und das Wohlbefinden [der Hausgenossen und ihrer Götter] muss das Haus im Sommer gut gelüftet und sonnig im Winter sein. Damit ein Haus so sein kann, muss es zum Norden hin geschützt sein."[226]

Das so genannte Haus des Sokrates[227] ist für uns ein wichtiger Hinweis. Es wird immer wieder zitiert und in wechselnden Rekonstruktionen gezeigt. Nicht ganz zu unrecht, zeigt es doch die grundsätzlichen Bestandteile klimagerechten Bauens[228]. Das Haus des Sokrates ist zu einem festen Begriff geworden. Die heutigen Interpretationen unterscheiden jedoch nur selten zwischen einem Hofhaus, von dem Sokrates aufgrund seines kulturellen Umfeldes gesprochen haben muss, und einem freistehenden Haus. In diesem Fall drehen sich die Anforderungen um. Der Originaltext des Xenophon wird immer wieder in verschiedenen Übersetzungen zitiert und mit Abbildungen versehen. Zur Orientierung von Wohnräumen und zur Erläuterung des "Sokrates-Haus" Prinzips haben Robinson und Graham, als Ausgräber Olynths folgende These aufgestellt[229]: da die Vorstellung vom Haus des Sokrates in den meisten Fällen "westlich" geprägt ist und von einem freistehenden Haus ausgeht, entstehen Missverständnisse: so auch dieses, dass die Haupträume im Süden des Hauses liegen sollten. Geht man aber von einem in der Antike üblichen Hofhaus aus, dreht sich die Bedeutung um: die Haupträume liegen im Norden und öffnen sich zum Hof nach Süden hin. Der südliche Teil des Hauses ist dabei weniger wichtigen

[225] Übersetzung aus Xenophon, Oeconomicus, IX, 4, ebenda

[226] Übersetzung aus Aristoteles, Economics, I, vi, 7 (1345a), ebenda

[227] siehe Abbildungen 30, 31

[228] Das wären: Weites Öffnen der Südseite zur Sonne, Verringerung der Nordfassade, massive Speicher, die von der Sonne von außen aber auch von innen erwärmt werden können, gezielte Anordnung von Dachüberständen (Sonnenschutz) zum Einlass der flach stehenden und wärme spendenden Wintersonne, Ausschluss der hoch stehenden sengenden Sommersonne, Terrasse als zeitweise genutzte Erweiterung, flexibles, den Jahreszeiten folgendes Wohnen.

[229] Robinson - Graham (1938) 144-146

Räumlichkeiten vorbehalten, die nach Norden orientiert und als Gebäudeteil niedriger sind, um dem nördlichen Teil nicht die wichtige Besonnung zu nehmen. Ein höherer Nordteil konnte gleichzeitig den Hof vor Wind schützen.

Städtebauliche und passiv solare Aspekte

Welchen Einfluss hatten die solaren städtebaulichen Aspekte der Siedlung? Wurden die Elemente passiv solarer Architektur absichtlich gewählt, d.h. waren Kenntnisse in diesem Bereich vorhanden?

Bei der passiven Solarnutzung ist die Verwendung von technischen Einbauten zur Klimatisierung minimiert beziehungsweise auf Null reduziert. Die Sonnenenergie wird durch den Baukörper genutzt, das Haus wirkt als Kollektor.[230] Zusätzliche Heizenergiequellen, etwa in Form von Holz, Öl, Strom, werden nur minimal benötigt.

Es ist davon auszugehen, dass mit der städtebaulichen Anordnung des Nordhügels die Probleme der Verdichtung gelöst und Ansätze der Komfortverbesserung durch passive Maßnahmen angestrebt wurden. Die akzeptierten Grundsätze für die passivsolare Architektur waren bereits in der Antike bekannt: [231] Die städtebauliche Ordnung sah eine Verteilung der Grundstücke auf dem leicht abfallenden Südhang des Nordhügels vor. Die Gebäudeausrichtung war nach Süden vorgesehen. Die Ausrichtung der Erschließungsstraßen erfolgte von Osten nach Westen, während die Hauptstrassen von Nord nach Süd verliefen. Der Landschaftsverbrauch wurde aufgrund der Notsituation durch die rasche Aufnahme von Flüchtlingen mit verdichtetem Bauen minimiert und so die natürliche Flächenbegrenzung des Nordhügels ideal ausgenutzt. Man geht von einer strikten, lokalen, aber gut durchdachten Baugesetzgebung aus, die Planung und Bauablauf geregelt hat. Es ist möglich, dass selbst der eigentliche Entwurfsvorgang eng mit der lokalen Obrigkeit abgestimmt wurde und es somit gewährleistet war, dass alle Aspekte zielgerecht umgesetzt werden konnten. Im baulichen Bereich war ein Standardtyp mit vielfach möglichen Anpassungen vorgesehen. Dieser sah einen Hof vor, um den sich mindestens zweiseitig Räume gruppierten und der zur Erschließungsstrasse wahrscheinlich mit einer Mauer abgegrenzt wurde. Die Ausrichtung erfolgte nach Süden, die Nachbarbebauung dient auch der Beschattung. In diesem Zusammenhang sind die Häuser der zweiten

[230] Reusch (1982) 11

[231] teilweise nach Reusch (1982) 26

Gebäudereihe leicht benachteiligt[232]. Jedoch konnte so auch ein Windschutz erreicht werden. Die gewählte Anordnung sichert die Privatsphäre der Bewohner auf natürliche Art und Weise und steigert den Grad an persönlicher Sicherheit. Das kombinierte Modell der zentralen Planung und Ausführung, einhergehend mit einer größeren individuellen Gestaltung der Gebäude, trug mit zur Umsetzung bei. Der geschlossene Grundriss bietet ein gutes Verhältnis von Bauvolumen zur Oberfläche: die rationalisierte Hausform erlaubt so geringe Energieverluste und minimiert die Aufnahme von zusätzlicher Energie. Eine Zonierung der Grundrisse ist vorhanden: geschützte Außenbereiche, Übergangszonen und Innenräume. Die privaten Frei- beziehungsweise Grünflächen im Hof sind Wind beruhigt, alle Gebäudeöffnungen liegen innerhalb dieser Wind beruhigten Zonen. Die Pastas dient als Sonnenschutz, ist Klima moderierter Raum und bietet eine Wetter geschützte Erschließung der Räume. In einer Übergangszeit, an warmen Tagen, war der Pastasbereich durch die solaren Zugewinne sicher ein komfortabler Aufenthaltsbereich für leichte Arbeiten. Im Sommer wirkten die Hofbauten und die Pastashalle als Sonnenschutz.

Geeignete Baustoffe mit hoher Speicherfähigkeit wurden verwendet. In den Hof und die Pastashalle einfallende Sonnenenergie wurde von den teilweise gepflasterten Böden gespeichert (die im Sommer mit Wasser besprengt werden konnten). Die ausgewählten Materialien waren lokal vorhanden, die eingesetzte Herstellungs-/Transportenergie dadurch verringert. Ich gehe davon aus, dass eine geschickte Nutzung von Farben an den Außenwänden der Sammlung oder Abwehr von Sonnenenergie gedient haben wird. Bei einer solchen Maßnahme mussten allerdings die Vor- und Nachteile gut abgewogen werden, ist doch die Änderung der Wandfarbe eine komplexe Aufgabe. Für den überwiegenden Sommerfall werden helle Töne zum Einsatz gekommen sein; stand das Wärmen im Vordergrund, wären die Wände dunkel gehalten.

Die nutzungsorientierte Ausrichtung der Räume erbrachte eine Orientierung der Konzeption nach den Himmelsrichtungen. Dies geschah durch die entsprechende Größe der Öffnungen und einer Raumverteilung nach ihren Funktionen. Der Hauptbereich zum Norden hin ist zweistöckig (Schutz vor Wind), der südliche einstöckig, so dass der Hauptteil des Hauses nicht verschattet wird. Über den Innenhof werden die Einzelräume belichtet und belüftet. Hierbei spielen die Türöffnungen die Hauptrolle. Zur kontinuierlichen Lüftung des Oikosraumes wurde außerdem der

[232] siehe Abbildung 121

Kaminraum herangezogen. Thermische Pufferzonen werden durch die Pastashalle und den Hof gebildet. Die Räume bieten ausreichend Querlüftungsmöglichkeiten, u. a. im Oikos und dem Kaminraum mit dem Abzug über das Dach. Elemente wie Vorbauten/-dächer dienen dem Witterungs- und Sonnenschutz: Holzläden vermindern einen Energieverlust durch die Öffnungen bei Nacht.

Rückschlüsse für Rekonstruktionsversuche

Welche Rückschlüsse für weitere Rekonstruktionsversuche erlauben die Simulationsergebnisse?

Olynth wurde nach der Einnahme durch Phillip II. niedergebrannt. Die Nutzung der Überreste als Steinbruch und Ersatzteillager für andere Bauten ließ von den Bauten der Stadt nicht mehr viel übrig. Da die Wände in den meisten Fällen aus Lehmziegeln bestanden, sind auch diese nicht mehr vorhanden. Die Ausgräber fanden die Kalksteinfundamentstreifen, die den Lehmziegelwänden als Sockel dienten. Mit diesem Fundbestand kam es zu zeichnerischen und modellierten Rekonstruktionsversuchen, die in den Publikationen immer wieder abgebildet sind.

Grundsätzlich schließt meines Erachtens das regenreiche Klima Olynths die Verwendung von Flachdächern bei den Bauten aus. Es gab keine Möglichkeit, flache Dächer über Wohnräumen dauerhaft dicht zu bekommen. Alle Rekonstruktionsversuche, die Flachdächer und Dachterrassen ansetzen, sollten aus diesem Grund mit Vorsicht betrachtet werden. Die amerikanischen Ausgräber, die aufgrund ihrer Zeit vor Ort mit den klimatischen Verhältnissen vertraut gewesen sein dürften, haben von vornherein auf diese Tatsache reagiert und in ihren Rekonstruktionen Pult- und Satteldächer verwendet. Dies ist auch im Zusammenhang mit den vorgefundenen Ziegelresten wahrscheinlich.

Die amerikanischen Ausgräber gehen von einem großen Kaminraum aus, der im Erdgeschoß beginnt und über das Obergeschoß offen zum Dach als Kamin für den Oikos diente. Mir erscheint es unwahrscheinlich, dass die Öffnung in ihrer vollen Größe über Dach offen gewesen sein sollte. Ich denke eher, dass im Dach ein oder mehrere Ziegel mit Löchern als Rauchöffnung gedient haben könnten. Möglich wäre auch eine größere Abdeckklappe oder eine erhöhte Dachfläche. Die Öffnung musste ausreichend groß gewesen sein, damit der Rauch frei abziehen konnte, einen Kamineffekt gab es in diesem Fall nicht, dazu war der Querschnitt zu groß. Geht man aber davon aus, dass das Feuer in der Mitte des Oikos seinen Rauch über die große Ka-

minöffnung entließ, dann durfte an dieser Stelle gar kein enger Querschnitt vorgesehen sein. Es hätte der Sog nicht ausgereicht, den Rauch von der Feuerstelle in der Mitte des Oikos abzuziehen. Dieser sammelte sich an der Decke des Oikos und fand dann über den Kamin seinen Weg nach oben ins Freie. Gleichzeitig musste eine solch große Öffnung zum Schutz vor Regen wenigstens teilweise überdeckt werden. Geht man allerdings von einem gut funktionierenden Kamin aus, hätte er mit einem entsprechenden geringen Querschnitt und Höhe über Dach ausgestattet sein müssen, siehe hierzu Variante 6/7.

Für das Kochen im Freien gibt es keinen archäologischen Beleg im Sinne einer ausgegrabenen festen Feuerstelle. Denkbar ist aber immerhin eine mobile Einheit, die zum Kochen, Erwärmen oder Warmhalten gedacht gewesen sein könnte und die im Hof oder auch in der Pastashalle benutzt worden wäre. Diese hätte keine baulichen Spuren hinterlassen, ein fester Boden reicht für einen sicheren Stand. Für die Erforschung der Lebensweise wird man von einer jahreszeitlich abhängigen Nutzung der Räume und des Hofes ausgehen müssen. Je nach Jahreszeit und den damit verbundenen Temperaturbedingungen werden Räume mehr oder weniger intensiv genutzt worden sein. Eine Konzentration des Lebens auf geheizte Räume, wie den Oikos, wird an kalten Tagen sicher üblich gewesen sein.

Energetische Verbesserung der Bauten

Die angewandten passiven Prinzipien in Olynth brachten ein gutes Maß an Komfortverbesserungen und erfüllten sicher die Anforderungen ihrer Bewohner. Die Anwendung einer durchdachten Strategie im Zusammenhang mit jahreszeitlich abhängiger Nutzung von Räumen ist sicher üblich gewesen. Das hat die Simulation gezeigt. Es muss hier aber deutlich gemacht werden, dass erst die vielfältigen Möglichkeiten großer Luxusbauten wie bei Palästen zum Beispiel, große Komfortverbesserungen, besonders im Bereich der Kühlung, zuließen. Große Baumassen, die Integration hauptsächlich von Gärten, Höfen und Brunnen, boten eine Reihe von Möglichkeiten. Auch das Heizen ist in größeren Bauten komfortabler möglich. So finden sich in späterer Zeit leistungsfähige Heizmethoden (allerdings eher in nördlichen Gebieten) wie die Fußboden- und Wandheizungen der Römer. Durch das Fehlen von Glas können solare Gewinne nicht ausreichend realisiert werden. Die Nutzung der winterlichen solar-thermischen Energie zum Heizen ist so lange in der Antike nicht möglich, wie nicht ausreichend klare und große Glasscheiben breit verfügbar waren.

Folgende energetische Verbesserungen an dem Konzept der Bauten von Olynth wären möglich gewesen:

- Die Reduzierung der Lüftungsverluste im Winter und die Reduktion von unangenehmer Zugwirkung. Dies kann erreicht werden durch die Dichtung der Fenster-, Tür und der Dachelemente.
- Die Verbesserung der Wärmedämmung besonders im Dachbereich: gerade im Obergeschoßraum ist die Wärmedämmung vermutlich nur unzureichend ausgelegt. Sicher kann die Dachkonstruktion nicht rekonstruiert werden, eine Bauweise mit auf Latten gelegten Ziegeln zeigt jedoch keine gesteigerten Ansätze der Wärmedämmung, sondern war eher zugig und offen.[233]
- Heute können Glasflächen beziehungsweise Schiebetüren für die nach Süden hin orientierten Räumen zur Gewinnung von Wärme an kalten Tagen herangezogen werden[234]. In diesem Zusammenhang sollten nicht nur die Tür-, beziehungsweise Fensteröffnungen verglast werden, sondern auch die Pastas und die im Obergeschoss darüber liegende Loggia. In diesem Fall müssten dann selbstverständlich Öffnungs- und Lüftungsmöglichkeiten vorhanden sein. Für den sommerlichen Sonnenschutz könnten Segel eingesetzt werden. Diese Verbesserung ist zur Bauzeit der Siedlung natürlich nicht möglich. Glasscheiben größeren Formats sind erst später und dann auch nur zu hohen Kosten verfügbar. Im Sinne einer heutigen Nutzung des „Prinzips Olynth" wäre das aber die entscheidende, und auch übliche, Verbesserung.
- Der Ausbau von Verschattungselementen bei Verwendung von Glasfenstern im Bereich der Pastashalle. Würde bereits die Pastas mit zusätzlichen Verschattungselementen versehen, entstünden im Sommer angenehme Aufenthaltsbereiche im Freien und eine komplette Verdunkelung der angrenzenden Räume könnte bei entsprechender Auslegung des Sonnenschutzes vermieden werden, so dass ein weiterer Wärmeeintrag durch Beleuchtung vermieden werden könnte.
- Die Verbesserung der Ablüftung im Oikos: über das Herdfeuer wird eine große Menge Wärme erzeugt, die an kalten Tagen angenehm gewirkt haben mag, im Sommer aber bei voller Nutzung einen zu großen Wärmeüberschuss erzeugt und den Aufenthalt unkomfortabel gemacht haben wird. Durch eine Verbesserung

[233] siehe Abbildungen 112-115

[234] Siehe Abbildung 111

der Abluft könnte dieses Problem sicher gelöst werden.[235] Dies spricht auch für das Konzept des Kaminraumes, dessen Abluftqualitäten aber von seiner Öffnungsgröße abhängt.

Vorbild für heutige Bauten

Inwieweit kann das Konzept von Olynth als Vorbild für heutiges Bauen übernommen werden? Lässt sich mit einfachen Mitteln der Bau energetisch verbessern?

Neben der historischen Betrachtung der Bauten von Olynth sollte ihr Baukonzept auch auf die heutige Verwendung geprüft werden. Die Frage war, inwieweit das Gebäude den heutigen Anforderungen an thermischen Komfort entspricht und welche Maßnahmen notwendig wären, um den Typ für heutige Anforderungen nutzbar zu machen.

Erkenntnisse für das zeitgenössische Bauen können aus den untersuchten Gebäuden gewonnen werden. Auf der Basis der Simulation sind auch Ableitungen möglich, die heutige Baumaterialien, Standards und Ansprüche berücksichtigen. Gerade die Häuser von Olynth bergen als Vorbild einiges Potential für verdichteten Wohnungsbau. Ihre Grundrisse können leicht an die heutigen Wohnbedürfnisse angepasst werden und bieten Möglichkeiten einer Erweiterung durch viele Elemente wie Glashäuser, Veranden, Wintergärten (Pastas) und Anbauten (im Hofbereich und auf dem Andron). So wäre es möglich, lebenswerte Verhältnisse in Gebäuden und Städten zu schaffen. Mit dem Einsatz von Glas und modernen Dämmstoffen (Wind- und Wärmedämmung), könnten bereits gute Ergebnisse erzielt werden. Die Pastashalle würde als ventilierter und sonnengeschützter Glasbau die witterungsgeschützte Erschließungszone darstellen.

Der Bautyp weist folgende Vorteile für rationales Bauen auf:

- Eine rationelle Baumethodik durch Generalplanung und Projektsteuerung.
- Eine optimale Bodennutzung durch verdichtetes Bauen.
- Die Ver- und Entsorgung von Wasser, Abwasser, Abfall sind einfach zu realisieren.
- Gute Nutzung der topographischen Verhältnisse.
- Die Nutzung lokal vorhandener Baumaterialien.

[235] siehe Abbildungen 116-118

- Ein wandelbares Grundkonzept, das sich leicht an individuelle Bedürfnisse anpassen lässt, ohne das Gesamte zu kompromittieren.
- Weitere Wandlungsmöglichkeiten über die Lebensdauer des Gebäudes hinweg.
- Eine gesicherte Privatsphäre trotz geringer bebauter Bodenfläche.

Die Verknappung von Bauland in unserer Zeit besonders in den Ballungsräumen, hohe Bodenpreise und ökologische Aspekte haben eine Entwicklung der Verdichtung im Städtebau hervorgerufen: auf immer kleineren Parzellen werden Einzelhäuser, Doppelhäuser, Hausgruppen und Reihenhäuser errichtet. Durch das Zusammenrücken werden Gärten und Freiflächen zu Resträumen mit geringem praktischem Nutzen und hohen energetischen Verlusten, die Privatsphäre und Abgrenzung zum Nachbarn sind minimal. Die Abstände zwischen den Häusern machen zusätzliche Investitionen in Infrastruktur- und Verkehrsmaßnahmen notwendig. Das Konzept des freistehenden Hauses mit Umland ist hier an seine Grenzen gestoßen. Selbst in der einfachen Reihung der Baukörper entstehen oft nichts sagende und nur sehr eingeschränkt nutzbare Restflächen vor und hinter den Häusern. Die Umkehr, das Umstülpen des freistehenden Hauses in sein „Negativ", nämlich des Freiraum umschließenden Hauses bringt hier erst den Fortschritt. Durch einen Hof, der von dem Baukörper umschlossen ist, entstehen nutzbare Freiflächen mit abgeschirmter Privatsphäre. Die Gebäude können ohne Restflächen verdichtet gebaut werden, selbst eine Addition in der Höhe ist möglich. Wertvoller Boden wird intensiv genutzt.

Notwendig für das Erreichen eines komfortablen Klimas ist auch eine ausgefeilte Lüftungsstrategie. Die komplexen Anforderungen an heutige Gebäude und deren Nutzung, sowie die klimatischen Verhältnisse machen die Verwendung von aktiven Elementen heute unabdingbar. In der Antike war das jedoch anders und es musste, wie im Falle von Olynth, ohne Technik und mechanische Hilfen ausgekommen werden. Die Verbesserungen in der Glastechnologie, der Wärmedämmung, der effizienten Winddichtigkeit, aber auch der Einsatz von elektrischen Lüftern im Zusammenhang mit der Wärmerückgewinnung sind bautechnische Verbesserungen des Bautyps von Olynth in der heutigen Zeit.

Der Komfort und damit auch die architektonische Qualität eines Wohngebäudes lassen sich durch die konsequente Wahl klimagerechter und energiebewusster Maßnahmen stark erhöhen. Die Einheit von Konstruktion, Form und Inhalt ist wichtig. So verleiht die Nutzung der natürlichen/regenerativen Energie der Architektur

mehr Bedeutung und einen akzentuierten Ausdruck. Gestalten mit Wind, Wasser, Sonne kann die Architektur bereichern und kann dem Bau eine eigene Ästhetik und eine komfortable Qualität geben. Klimagerechtes Bauen ist gleichzeitig auch ein Bekenntnis zum Ort mit seinen Anforderungen. Indem auf die vorhandenen lokalen Klimaverhältnisse eingegangen wird, entsteht ein Gebäude, das in seiner Art und so nur an dieser Stelle, in dieser Region oder einer anderen mit gleichen Gegebenheiten entstehen konnte.

3.2.1 Weitere Fragen

Die durch die Arbeit aufgeworfenen Fragen reichen in andere Felder hinein, eine weitere interdisziplinäre Bearbeitung wäre hier sinnvoll. Die thermische Computer Simulation kann dem Bauforscher zusätzliche Ergebnisse zur Betrachtung liefern.

- Inwieweit waren die Räume der Häuser saisonal unterschiedlich genutzt? Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die Wärmebelastung im Oikos unter Umständen sehr hoch sein konnte.
- War der Kaminraum tatsächlich weit in das Obergeschoss hochgezogen? Könnte er einen horizontalen Abschluss noch im Erdgeschoss Bereich mit einem anschließenden Rauchabzug oder Kamin gehabt haben?
- Entwicklungsgeschichtlich wäre es interessant zu betrachten, wie sich Neuerungen ausgewirkt und der Bautyp entwickelt hätte, wenn die gesamte Stadt nicht zerstört worden wäre und damit alles Leben abgeschlossen wurde. Hätten sich die Häuser über Nachbargebäude ausgebreitet?
- Es zeigt sich, dass die Auffassungen von Komfort sehr weit auseinander gehen können. Dabei spielt die subjektive physische Wahrnehmung von Wärme und Kälte eine wichtige Rolle. Heutige, mitteleuropäische Anforderungen, die Zentralheizungen und die hierzulande übliche Kleidung hervorgebracht haben und wiederum von diesen anhängen, können schwerlich als alleiniger Maßstab für die Bewertung des Komforts herangezogen werden. Die Aussage, ob ein Raum komfortabel ist, kann nur im Zusammenhang mit dem allgemein herrschenden landesüblichen Klima, der Kleidung und dem Komfortanspruch der Menschen betrachtet werden. Dafür liefern Simulationsberechnungen ausreichend Arbeitsgrundlagen.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Mittels thermischer Gebäudesimulation wurde das Raumklima im exemplarisch ausgewählten Haus Avi6 der Nordhügelbebauung Olynths detailliert betrachtet. Die Arbeit hat, aufbauend auf bestehenden Ergebnissen der Ausgräber Olynths, mittels neuer Methoden zusätzliche Erkenntnisse gebracht über die Bedeutung der Bauten Olynths für die Baugeschichte und für unser heutiges Bauwesen. Mit der Nutzung der thermischen Computersimulation wurde ein neues, bis dato für die Bauforschung unbekanntes Werkzeug erschlossen und ein interdisziplinärer Forschungsbereich eröffnet.

Simulation

Die thermische Computersimulation wurde an drei Räumen eines Hauses des Nordhügels Olynths exemplarisch durchgeführt. Dabei wurden die allgemeinen Annahmen von „kühlen Höfen" und „wärmenden Loggien" kritisch reflektiert und mit Zahlen aus der Simulation verbunden. Durch die Ergebnisse erhielten die Komfortansprüche der damaligen Bewohner eine Dimension ohne diese jedoch abschließend klären zu können. Es bleibt zu sagen, dass der erreichte klimatische Komfort stark abhängig war von der Lebensweise und dem Verhalten der Bewohner, dies unabhängig von der Bauweise und den verwendeten Materialien.

Die Bauten von Olynth haben bis zu einem gewissen Punkt durch ihre Bauweise einen klimatischen Komfort erzeugt. Dies geschieht jedoch weit subtiler, als allgemein beschrieben: so kommt dem Hof und der Pastashalle eine geringere Bedeutung für das Klima zu, als bisher angenommen. Der Einfluss der Sonnenstrahlung auf die Räume im Winter und der Schutz vor Hitze im Sommer sind zwar teilweise gegeben. Die Auswertung der Simulation zeigt aber, dass diese Maßnahmen nur beschränkt wirksam sind und ein klimatisierender Effekt sich nur aus der Summe verschiedener Faktoren im Zusammenhang mit einer klaren Klimastrategie der Bewohner einstellen konnte.

Die historischen Unwägbarkeiten lassen Detailfragen der Rekonstruktion offen. Ebenso ist das genaue Nutzerverhalten unbekannt, die Profile der Simulation basieren auf Annahmen: die genaue Anzahl der Personen, die Lebensweise, das Lüf-

tungsverhalten sind gleichfalls unbekannte Größen, die aber einen Einfluss auf die Ergebnisse haben.

Energetische Verbesserung der Bauten

Die angewandten passiven Prinzipien in Olynth brachten ein gutes Maß an Komfortverbesserungen. Von der Anwendung einer durchdachten Strategie im Zusammenhang mit jahreszeitlich abhängiger Nutzung von Räumen gehe ich aus.

Verbesserungen des Baukonzepts zur Steigerung des Komforts wären gewesen: bessere Dichtung der Fenster- Tür und der Dachelemente, Verbesserung der Wärmedämmung besonders im Dachbereich, dem Ausbau von Verschattungselementen im Pastasbereich, sowie die Benutzung von Glas in den Tür- und Fensterelementen und dem Pastasbereich. Durch das Fehlen von Glas können solare Gewinne nicht ausreichend realisiert werden. Die Nutzung der winterlichen solar-thermischen Energie zum Heizen ist so lange in der Antike nicht möglich, wie nicht ausreichend klare und große Glasscheiben verfügbar waren.

Vorbild für heutige Bauten

Die Übertragbarkeit des Bautyps und des städtebaulichen Konzepts auf heutige Verhältnisse ist mit nur wenigen Änderungen realisierbar. Das wandelbare städtebauliche Konzept kann gut auf unterschiedliche topographische Verhältnisse und individuelle Bedürfnisse reagieren. Die Grundrisse können leicht an die heutigen Wohnbedürfnisse angepasst werden und bieten Möglichkeiten einer Erweiterung durch Elemente wie Glashäuser, Veranden, Wintergärten (Pastas) und Anbauten (im Hofbereich und auf dem Andron). Mit dem Einsatz von Glas und modernen Dämmstoffen (Wind- und Wärmedämmung), könnten bereits substantielle Verbesserungen erzielt werden. Die Pastashalle würde als ventilierter und sonnengeschützter Glasbau die witterungsgeschützte Erschließungszone darstellen. Der Bautyp weist die Vorteile für rationales Bauen auf: eine rationelle Baumethodik durch Generalplanung und Projektsteuerung, optimale Bodennutzung durch verdichtetes Bauen.

5 ANHANG

5.1 Bibliographie[236]

Abrams, Donald W., Low-Energy Cooling. A Guide to the Practical Application of Passive Cooling and Cooling Energy Conservation Measures (1986)

Achard, Patrick (Hrsg.), European Passive Solar Handbook. Basic Principles and Concepts for Passive Solar Architecture. Preliminary Edition (1986)

Ackermann, Kurt, Grundlagen für das Enwerfen und Konstruieren (1983)

Ahrens, Donna - Ellison, Tom - Sterling, Ray, Erdbedeckte Häuser: Grundlagen, Beispiele, Energiedaten (1983)

AIA Research Corporation (Hrsg.), Regional Guidelines for Building Passive Energy Conserving Homes (1978)

Orlando, Sandor (Hrsg.), L'Architettura di Leon Battista Alberti nel commento di Pellegrino Tibaldi (1988)

Alves, Ronald - Miligan, Charles, Living with Energy (1978)

Andersson, E.B., Fountains and the Roman Dwelling. Casa del Torello in Pompeji (1990)

Arnold, Dieter, Building in Egypt. Pharaonic Stone Masonry (1991)

Aronin, Jeffrey Ellis, Climate and Architecture (1953)

Arpert, Klaus P., Experimentelle Untersuchungen des Einflusses eines variablen Luftwechsels auf Schadstoffkonzentration, Energieverbrauch und Behaglichkeit in einer Versuchswohnung (1992)

Orum-Nielsen, Jorn, At Home - in Community - On Earth. The Sigificance of Tradition in Contemporary Housing (1996)

Atelier 5 - Gfeller-Corthésy, Roland, Siedlungen und städtebauliche Projekte (1994)

Atkinson, William, The Orientation of Buildings, or Planning for Sunlight (1912)

Audring, Gerd (Hrsg.), Xenophon, Ökonomische Schriften (1992)

Baatz, Dietwulf., Heizversuch an einer rekonstruierten Kanalheizung in der Saalburg (1979)

Badawy, Alexander, A History of Egyptian Architecture. The First Intermediate Period, the Middle Kingdom, and the Second Intermediate Period (1966)

Baduel, Pierre Robert (Hrsg.), Figures de l' Orientalisme en Architecture. no. 73/74 (1997)

Baker, Nick, Energy and Environment in Non-Domestic Buildings (1994)

[236] Die Literaturangaben sind alphabetisch nach Autoren aufgeführt, außer den Publikationen, die ohne Angabe von Autoren von verschiedenen Organisationen erstellt wurden. Zitate aus elektronischen Medien wie CD ROM werden ohne Seitenzahlen gemacht, da eine solche Zuordnung nicht möglich ist und die eingebauten Suchmöglichkeiten ein rasches Auffinden der jeweiligen Textstelle leicht machen.

Baldwin, James - Brand, Stewart, Soft Tech (1978)

Bammer, Anton, Wohnen im Vergänglichen. Traditionelle Bauformen in der Türkei und Griechenland (1982)

Banham, Reyner, Theory and Design in the First Machine Age (1960)

Barker, Philip, Techniques of Archaeological Excavation. 3. Auflage (1993)

Beattie, Donald A. [Hrsg.], History and overview of solar heat technologies (1997)

Beazley, Elisabeth - Harverson, Michael, Living with the Dessert. Working Buildings of the Iranian Plateau (1982)

Beckert, Johannes - Mechel, Fridolin P. - Lamprecht, Heinz-Otto (Hrsg.), Gesundes Wohnen. Wechselbeziehungen zwischen Mensch und gebauter Umwelt. Ein Kompendium (1986)

Behling, Sophia+Stephan, Sol Power. The Evolution of Solar Architecture (1996)

Behringer, Anton - Rek, Franz, Das Maurerbuch. Ein Fachbuch für Geselle, Polier und Meister. Ein Buch der Praxis für Baumeister, Architekten und Lehrer. 9. erweiterte Auflage (1959)

Benevolo, Leonardo, Die Geschichte der Stadt. 3. Auflage (1986)

Berger, Joseph, Moderne und antike Heizungs- und Ventilationsmethoden (1870)

Beschaouch, Azedine - Hanoune, Roger - Thebert, Yvon, Les Ruines de Bulla Regia (1977)

Betancourt, Philip P., The Aeolic Style in Architecture. A Survey of its Development in Palestine, the Halikarnassos Peninsula, and Greece, 1000-500 B.C (1977)

Beyer, Andreas - Schütte, Ulrich (Hrsg.), Palladio: Die vier Bücher zur Architektur. Nach der Ausgabe Venedig 1570: I Quattro Libri Dell' Architettura, 2. Auflage (1984)

Beyer, Wolfgang, Besonnung von Bauwerken. Berechnungs- und Untersuchungsverfahren (1970)

Bianca, Stefano, Hofhaus und Paradiesgarten. Architektur und Lebensformen in der islamischen Welt (1991)

Bieber, Margarete, Griechische Kleidung (1928)

Billington, Neville S., A historical review of the art of heating and ventilating (1959)

Bischoff, Michael, Rechenmodell zur Untersuchung verschiedener Heizsysteme hinsichtlich Strahlungsklima und thermischer Behaglichkeit (1988)

Blagden, Charles, Experiments and observations in a heated room (1775)

Blandy, Thomas - Lamoureux, Denis, All Through the House. A Guide to Home Weatherization (1980)

Blondel, Jacques-Francois, Cours d' Architecture. Reproduction intégrale de l' Ouvrage du temps (1913)

Boeswillwald, Emile - Ballu, Albert - Cagnat, René, Timgad, une Cité Africaine sous l' Empire Romain (1905)

Boethius, Axel, The Golden House of Nero. Some Aspects of Roman Architecture (1960)

Böhme, Gerd, Klimasimulation für Gewächshäuser (1993)

Borchardt, L., Norm für das altägyptische Herrenhaus (o.Ä.) (1894)

Botermann, Helga, Wer baute das neue Priene. Zur Interpretation der Inschriften von Priene Nr. 1 und 156 (1994)

Bourges Bernard (Hrsg.), Climatic Data Handbook for Europe (1992)

Boyd, Andrew, Chinese Architecture and Town Planning (1962)

Brand, Cornelius, Ökologisch Bauen-gesund Wohnen. Konzepte, Materialien, Beispiele (1994)

Brand, Stewart, How Buildings Learn. What Happens After They're Built (1994)

Brändle, Kurt - Christensen, Sören - Rentschler, Peter, Energiebewußtes Bauen. Entscheidungshilfen: Gebäudeplanung, Technischer Ausbau, Wirtschaftlichkeit (1979)

Brändli, M. u.a., The Interaction of Thermal Infrared Radiation and Air-borne Humidity in Interior Spaces, in Intern. Journal of Heat and Mass Transfer, 38, 17 (1995)

Braun, Hugh, Historical Architecture. The Development of Structure and Design (1953)

Brodersen, Kai (Hrsg.), Antike Stätten am Mittelmeer (1999)

Brödner, Erika, Die römischen Thermen und das antike Badewesen. Eine kulturhistorische Betrachtung (1983)

Brödner, Erika, Heizung und Klimatisierung in großen römischen Bauten.Technikgeschichte 47 (1980)

Brödner, Erika, Wohnen in der Antike (1989)

Brunskill, Ronald W., Illustrated Handbook of Vernacular Architecture. 2. Auflage (1978)

Buchwald, Reinhard - Kleinstück, Hans (Hrsg.) Aischylos, Der gefesselte Prometheus (1959)

Bulla, Gisela, Typologische Darstellung griechischer Innenhofhäuser (1972)

Burckhardt, Titus, Die maurische Kultur in Spanien (1970)

Burich, Nancy J., Alexander the Great. A Bibliography (1970)

Burkhalter, Marianne – Sumi, Christian u.a., Construction, Intention, Detail (1994)

Burmeister, Harald, The Quantitative Representation of Climatic Data Relevant to Buildings: Climate Surfaces. [Mikrofiche-Ausg.] (o.J.)

Buschan, Georg, Illustrierte Völkerkunde (1910)

Butti, Ken - Perlin, John, A Golden Threat. 2500 Years of Solar Architecture and Technology (1980)

Butti, Ken - Perlin, John, The History of Terrestrial Uses of Solar Energy (1981)

Camerloher, A. von, Wie sollen isolierte Gebäude in Rücksicht auf Licht orientiert und Ortschaften in nämlicher Rücksicht angelegt werden (1828)

Camesasca, Ettore (Hrsg.), Geschichte des Hauses (1986)

Camesasca, Ettore (Hrsg.), History of the House (1971)

Campagno, Andrea, Intelligente Glasfassaden (1995)

Cancrin, Franz L. von, Einzelne Bauschriften erster Teil. welcher von dem Bau der Pottaschesiedereien, Bierbrauereien, Teiche, Röhrbrunnen und Fruchtmagazine handelt (1791)

Cancrin, Franz L. von, Vollständige Abhandlung von den Öfen im russischen Reiche. und ihrem besseren Bau, so daß sie mehrere Wärme geben, und doch wenigeren Brand erfordern als die jetzt gewöhnlichen in der Art (1805)

Cantacuzino, Sherban, European Domestic Architecture (1969)

Capelle, Wilhelm (Hrsg.), Hippokrates von der Umwelt. Fünf auserlesene Schriften (1991)

Carcopino, Jérôme, Rom. Leben und Kultur in der Kaiserzeit (1977)

Carlson, Per-Olof - Nylund, Per-Olof - Mwamila, Burton L., Passive Indoor-Climate Regulation for Buildings in Hot Climate (1985)

Carroll-Spillecke, Maureen, Kepos: der antike griechische Garten (1989)

Castagnoli, Ferdinando, Orthogonal Town Planning in Antiquity (1971)

Castellano, Aldo, Alte Bauernhäuser in Italien (1986)

Chamonard, Exploration archéologique de Délos, VIII, Le quartier du théâtre. Etude sur l'habitation délienne à l'epoque hellénistique (1922)

Chand I. - Krishak N., Studies of Air Motion in a Room Having a Door Opening into a Lounge (1971)

Chand, I., Effect of Verandah on Room Air Motion (1973)

Chandra S., A Handbook for designing ventilated buildings, in FSEC-CR-93-83, Florida Solar Energy Center, Cape Canaveral (o.J.)

Ching, Francis D.K., Die Kunst der Architekturgestaltung als Zusammenklang von Form, Raum und Ordnung (1996)

Ching, Francis, A Visual Dictionary of Architecture (1995)

Choisy, Auguste, Histoire de l' Architecture. Band 1 und 2 (1976)

Clarke, John R., The Houses of Roman Italy, 100 B.C.-A.D.250. Ritual, Space and Decoration (1991)

Clarke, Robin, Building for Self-Sufficiency. Tools, Materials, Building, Heat Insulation, Solar Energy, Wind Power, Water&Plumbing, Waste&Compost, Methane, Transport, Food (1977)

Cofaigh, Eoin O. -Olley, John A. - Lewis, J. Owen (Hrsg.), The Climatic Dwelling. An introduction to climate-responsive residential architecture (1996)

Coles, Anne - Jackson, Peter, A Windtower House in Dubai (1975)

Cornoldi Adriano - Los Sergio, Energia e Habitat (1980)

Coulton, John James, Greek Architects at Work. Problems of Structure and Design (1977)

Coulton, John James, The Architectural Development of the Greek Stoa (1976)

Council on Environmental Quality (Hrsg.), The Global 2000 Report to the President (1980)

Coutalides, Reto, Ökologische Submissionsunterlagen nach BKP (1996)

Cowan, Henry J., An Historical Outline of Architectural Science (1966)

Craft, Mark A., Winter Greens. Solar Greenhouses for Cold Climates (1983)

Creswell, Keppel Archibald Cameron, A Bibliography of the Muslim Architecture (o.J.)

Crosbie, Michael J., Green Architecture. A Guide to Sustainable Design (1994)

Danby, Miles, Grammar of Architectural Design. With Special Reference to the Tropics (1963)

Daniels, Klaus, Sonnenenergie. Beispiele praktischer Nutzung , Bericht über eine Studienreise 1975 (1976)

Daniels, Klaus, Technologie des ökologischen Bauens. Grundlagen und Maßnahmen, Beispiele und Ideen (1995)

Davey, Norman, History of Building Materials (1961)

D'Aviler, A.C., Anhang zu der ausführlichen Anleitung der ganzen Civil-Baukunst. des J.Bar. de Vignola (1759)

D'Aviler, A.C., Ausführliche Anleitung zu der ganzen Civil Baukunst (1699)

Davis, Albert J. - Schubert, R.P, Alternative Natural Energy Sources in Building Design (1981)

Davoli, Pietromaria., Architettura senza impianti. Aspetti bioclimatici dell'architettura preindustriale (1993)

Day, Christopher, Bauen mit Gefühl. Architektur im Einklang mit Mensch und Natur (1995)

De Albentiis, EmidioTorelli, Mario (Hrsg.), La Casa Dei Romani (1990)

De Angelis D'Ossat, Guglielmo, Civiltà Romana. Tecnica costruttiva e impianti delle terme (1943)

De Solla Price, Derek, Gears from the Greeks. The Antikythera Mechanism - a Calendar Computer from circa 80 B.C (1975)

Degbomont, Jean-Marie, Le Chauffage par Hypocause dans l' Habitat Privé. De la place St.-Lambert à Liège à L' Aula Palatina de Trèves (1984)

Den Ouden, C. - Steemers, Theo C. (Hrsg.), Building 2000 Volume 1. Schools, Laboratories and Universities, Sports and Educational Centres (1992)

Den Ouden, C. - Steemers, Theo C. (Hrsg.), Building 2000 Volume 2. Office Buildings, Public Buildings, Hotels and Holiday Complexes (1992)

Dennis, Lisl und Landt, Living in Morocco (1992)

Dennis, Michael, Court and Garden. From the French Hotel to the City of Modern Architecture (1986)

Diderot, Denis, Encyclopédie. Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers (1986)

Dinglinger, Georg, F., Die beste Art, Korn-Magazine und Fruchtböden anzulegen (1768)

Dollinger, Poröse Tongefässe zum Abkühlen von Trinkwasser (1913)

Doswald, Fritz, Planen und Bauen in heissen Zonen (1977)

Düker, Theo (Hrsg.), Bauen mit Sonne und Pflanzen (1983)

Duly, Colin, The Houses of Mankind (1979)

Durm, Josef, Handbuch der Architektur (1905)

Yar Shater, Eshan (Hrsg.), Encyclopaedia Iranicirca Bd. II, Fasc. 4 (1985)

Edwards, Brian (Hrsg.), Towards Sustainable Architecture. European Directives & Building Design (1996)

Egli, Ernst, Geschichte des Städtebaus.-Die alte Welt Bd. 1 (1959)

Ehrhardt, Hartmut, Samothrake. Heiligtümer in ihrer Landschaft und Geschichte als Zeugen antiken Geisteslebens (1985)

Eichler, Friedrich, Bauphysikalisches Entwerfen (1962)

Elliot, Cecil D., Technics and Architecture. The Development of Materials and Systems for Building (1992)

Emery, Walter B., Ägypten. Geschichte und Kultur der Frühzeit 3200-2800 v. Chr (1964)

Endruweit, Albrecht, Städtischer Wohnungsbau in Ägypten. Klimagerechte Lehmarchitektur in Amarna (1994)

ERDA (Hrsg.), Solar Energy- A Bibliography. Band 1 und 2. TID-3351- R1P1/TID-3351-R1P2 (1976)

Erhorn, Hans - Reiß, Johann - Szerman, Michael, International Symposium Energy Efficient Buildings, 1993. Design, Performance and Operation (1993)

Etzion, Yair, A Bio-Climatic Approach to Desert Architecture (o.J.)

Evans, Martin, Housing, Climate and Comfort (1980)

Faegre, Torvald, Tents. Architecture of the Nomads (1979)

Fanchiotti A. - Bowen A. - Clark E. – Labs, K. (Hrsg.), Large Scale Underground Cooling System in Italian 16th Century Palladian Villa. Proceedings of Passive Cooling Conference (1981)

Fanchiotti A., Un sistema naturale di raffreddamento delle ville palladiane e "covoli" (1982)

Fanderlik, Elemente der Lüftung und Heizung (1898)

Fant, Ake - Klingborg, Arne, Leben in Architektur (1985)

Farmer, John, Green Shift. Towards a Green Sensibility in Architecture (1996)

Faskel, Bernd, Die Alten bauten besser. Energiesparen durch klimabewußte Architektur (1982)

Fasold - Sonntag, Bauphysikalische Entwurfslehre (1972)

Fathy, Hassan, Architecture and Environment (o.J.)

Fathy, Hassan, Natural Energy and Vernacular Architecture. Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates (1986)

Faust, B.C., Zur Sonne nach Mittag sollten alle Häuser der Menschen ausgerichtet seyn (1824)

Faventini, M. Ceti, De Diversis Architectionicae (o.J.)

Fazio, Mario, Historische Stadtzentren Italiens (1980)

Fechner, Carl - u.a., Solar Architektur für Europa (1996)

Feist, Wolfgang - Klien, Jobst - Hess. Ministerium d. Innern, Das Niedrigenergiehaus. Energiesparen im Wohnungsbau der Zukunft (1990)

Feist, Wolfgang, Thermische Gebäudesimulation. krtische Prüfung unterschiedlicher Modellansätze (1994)

Fiedermutz-Laun, Annemarie - Gruner, Dorothee - Haberland, Eike - u.a., Aus Erde geformt. Lehmbauten in West- und Nordafrika (1990)

Filarete (Antonio di Piero Averlino), Treatise on Architecture. Bd. 1 und 2 (1966)

Fitch, James M., American Building 2. The environmental forces that shape it (1972)

Fitchen, John, Mit Leiter, Strick und Winde. Bauen vor dem Maschinenzeitalter (1988)

Fleury, Philippe, La Mécanique de Vitruve (1993)

Forbes, Robert James - Dijksterhuis, Eduard Jan, A History of Science and Technology. 2 Bände (1963)

Forbes, Robert James, Studies in Ancient Technology VI (1958)

Förtsch, Reinhard - Fittschen, Klaus - Zanker, Paul (Hrsg.), Archäologischer Kommentar zu den Villenbriefen des jüngeren Plinius (1993)

Franck, Carl L., The Villas of Frascati. 1550-1750 (1966)

Frantz, Jürgen - Hanke, Sigrid - Krampen, Martin - u.a., Naturerlebnis Wintergarten. Mit bewährten und neuen Planungs- und Bepflanzungsbeispielen (1993)

Freymuth, Hanns, Beleuchtung und Klima in Räumen für Kinder (1971)

Fusch, G., Über Hypokausten-Heizungen und mittelalterliche Heizungsanlagen (1910)

Gallo, Cettina - Potenziani, Stefano, ENEA Architecture and Energy (1997)

Garbrecht, Günther, Meisterwerke antiker Hydrotechnik (1995)

Gardens of the Arid Middle East (o.J.)

Gardi, René, Auch im Lehmhaus läßt sichs leben. [über traditionelles Bauen u. Wohnen in Westafrika] (o.J.)

Gayle, Iaian - Bryant, Richard, Living Museums (1993)

Gebers, Betty - Roller, Gerhard, Umweltschutz durch Bebauungspläne-ein praktischer Leitfaden (1995)

Gerkan, Armin von, Griechische Städteanlagen. Untersuchungen zur Entwicklung des Städtebaus im Altertum (1924)

Gerner, Manfred, Architekturen im Himalaya (1987)

Giuliani, Cairoli F., L'edilizia nell' antichità. 2. Auflage (1991)

Givoni, Baruch, Man, Climate and Architecture. 2. Aufl (1981)

Glässel, Johannes, Städtische Sonnenräume. Konzepte für klimagerechtes Bauen in nördlichen Breiten (1985)

Golany, Gideon S (Hrsg.), Desert Planning. International Lessons (1982)

Golany, Gideon S (Hrsg.), Housing in Arid Lands. Design and Planning (1980)

Golany, Gideon S., Chinese Earth-Sheltered Dwellings. Indigenous Lessons for Modern Urban Design (1992)

Golany, Gideon S., Earth-sheltered dwellings in Tunesia. Ancient lessons for modern design (1988)

Goldmann, Nicolai, Vollständige Anweisung zu der Civil-Baukunst (1708)

Goldmann, Nicolaum, Vollständige Anweisung zu der Civil Bau-Kunst (1696)

Golfinger, Myron, Villages in the Sun. Mediterranean Community Architecture (1993)

Goulding, John R. - u.a., Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook (1992)

Gradus, Yehuda (Hrsg.), Desert Development. Man and Technology in Sparselands (1985)

Graefe, Rainer (Hrsg.), Zur Geschichte des Konstruierens (1989)

Graefe, Rainer, Die Vela über den römischen Theatern, Amphitheatern und über ähnlichen Anlagen (1976)

Grandjean, E., Wohnphysiologie-Grundlagen gesunden Wohnens (1973)

Grape-Albers, Heide, Spätantike Bilder aus der Welt des Arztes. Medizinische Bilderhandschriften der Spätantike und ihre mittelalterliche Überlieferung (1977)

Grasnick, Martin (Hrsg.) - unter Mitarb. v. Martin Hofrichter, Die Architektur der Neuzeit (1982)

Gregory, J. - Allinson, C., IT Power, Photovoltaics in Buildings: Technical Information Pack (1996)

Greiff, Rainer – Werner, Peter (Hrsg.), Ökologischer Mietwohnungsbau-Konzepte für eine umweltverträgliche Baupraxis (1991)

Gresens, Fred, Die Entwicklung von Niedrigenergie-Gebäuden auf Grundlage von dynamischen Gebäudesimulationen unter besonderer Berücksichtigung der Gebäudegeometrie (1994)

Gros, Pierre, L' Architecture Romaine du début du IIIe siècle av. J.-C. à la fin du Haut-Empire. 1. Les monuments publics (1996)

Grunau, Edvard, Lebenserwartung von Baustoffen (1980)

Gudea, Nicolae, Verzeichnis der Römerbäder und Bauwerke mit Hypokaust-Heizanlagen in Dakien (o.J.)

Guedes, Pedro (Hrsg.), Encyclopedia of Architectural Technology (1979)

Guhl, Ernst - Koner, Wilhelm, Das Leben der Griechen und Römer. Nach antiken Bildwerken dargestellt. 4.Auflage (1876)

Guides Bleus: Gassiot-Talabot, Gérald (Hrsg.), Tunisie. Les Guides Bleus (1977)

Guidoni, Enrico, Architektur der primitiven Kulturen (1976)

Gupta, Vinod, Thermal Efficiency of Building Clusters. An Index for non Air-Conditioned Buildings in Hot Climates (o.J.)

Guthrie, Pat, The Architect's Portable Handbook. First Step Rules of Thumb for Building Design (1995)

Haefele, Gottfried, Baustoffe und Ökologie. Bewertungskriterien für Architekten und Bauherren (1996)

Hafer, Hannelore - Böhmer, Egon, Glasarchitektur. Bewohnte Glashäuser und Glasanbauten (1988)

Bansal. Narenda K., Passive Building Design. Handbook of Natural Climatic Control (1994)

Hanke Boucard, S.(Hrsg.), Schweizer Energiefachbuch (o.J.)

Hänsel, Sylvaine - Karge, Henrik (Hrsg.), Spanische Kunstgeschichte: eine Einführung. Band 1: von der Spätantike bis zur frühen Neuzeit (1991)

Hardenberg, Graf von, Considerations of houses adapted to local climate, A case study of Iranian Houses in Yazd and Esfahan. The impact of climate on planning and building (1980)

Hastings, Robert (Hrsg.), Solar Low Energy Houses of IEA Task 13 (1995)

Hastings, Robert, Passive Solar Commercial and Institutional Buildings. A Sourcebook of Examples and Design Insights (1994)

Hauser, Gerd, Kenngrößen für das thermische Verhalten von Gebäuden im Sommer Kongreßbericht XXI Internationaler Kongreß für technische Gebäudeausrüstung Berlin 1980 (o.J.)

Hauser, Gerd, Bauliche Maßnahmen zur Verminderung hoher Raumlufttemperaturen (1978)

Hauser, Gerd, Beeinflussung des Innenklimas durch Außenwände und durch Wintergärten (1987)

Hauser, Gerd, Das thermische Einschwingverhalten großer Bauten auf ein hochsommerliches Temperaturniveau (1978)

Hauser, Gerd, Forschung zur Energiebilanz und Luftqualität eines Bürogebäudes nach den Prinzipien der Grünen Solararchitektur (GSA) (o.J.)

Häuser-Schäublin, Brigitta, Bauen und Wohnen (1987)

Hawkes, Dean - Owers, Janet - Rickaby, Peter - Steadman, Philip (Hrgs.), Energy and Urban Built Form (o.J.)

Hawkes, Dean - Owers, Janet (Hrsg.), The Architecture of Energy (1982)

Hawkes, Dean, The Environmental Tradition. Studies in the Architecture of Environment (1996)

Hebgen, H., Wärmespeicherung in Wohnhäusern (1975)

Heilmeyer, Wolf-Dieter - Hoepfner, Wolfram (Hrsg.), Licht und Architektur (1990)

Heinrich, Ernst, Schilf und Lehm. Ein Beitrag zur Baugeschichte der Sumerer (1934)

Heisel, Joachim P., Antike Bauzeichnungen (1993)

Helfritz, H., Chicago der Wüste (1932)

Herbig, Reinhard, Das Fenster in der Architektur des Altertums. Baugeschichtliche Studien (1925)

Herdeg, Klaus, Formal Structure in Islamic Architecture of Iran and Turkistan (1990)

Herrlich, C., Anleitung zum Bau des rußischen Stubenofens. nebst Bemerkungen über die Mittel welche in Rußland angewendet werden, um sich in Gebäuden gegen die Einwirkungen der Kälte zu verwahren (1821)

Herzog, Thomas - Natterer, Julius - Tobey, Reinhold - u.a., Gebäudehüllen aus Glas und Holz. Maßnahmen zur energiebewußten Erweiterung von Wohnhäusern (1984)

Herzog, Thomas (Hrsg.), Solarenergie in Architektur und Stadtplanung. Konferenzband Haus der Kulturen der Welt (1996)

Heschong, Lisa, Thermal Delight in Architecture (1979)

Heschong, Lisa, Wetter ist auch innen. Thermisches Wohlbefinden und Architektur (1984)

Hess, Rudolf, Glass as Structural Material (o.J.)

Hill, Donald, A History of Engineering in Classical and Medieval Times (1984)

Hillmann, Gustav - Nagel, J. - Schreck, H., Klimagerechte und energiesparende Architektur (1981)

Hillmann, Gustav, Der südorientierte Wintergarten. Aufenthaltsraum und passiv-hybrides Sonnenenergiegewinnelement (1991)

Himmelmann, Nikolaus, Utopische Vergangenheit. Archäologie und moderne Kultur (1976)

Hix, John, The Glasshouse (1996)

Hoepfner, Wolfram - Schwandner, Ernst-Ludwig, Haus und Stadt im klassischen Griechenland. 2. stark überarbeitete Auflage (1994)

Hoepfner, Wolfram (Hrsg.), Geschichte des Wohnens (1999) I

Hoffjann, Theo, Klimaökologie in der Stadtplanung. Ökologische Orientierung der Bauleitplanung.. (1994)

Holan, Jerri, Norwegian Wood. A Tradition of Building (1990)

Holmes, Burton H., Materials and Methods in Architecture. A Compendium of Technical Articles selected from Progressive Architecture (1954)

Holthusen, Lance T (Hrsg.), The Potential of Earth-Sheltered and Underground Space. Today's Resource for Tomorrow's Space and Energy Viability (1981)

Howell, Derek, Your Solar Energy Home. Including Wind and Methane Applications (1979)

Huber - Müller - Oberländer, Das Niedrigenergiehaus. ein Handbuch mit Planungsregeln zum Passivhaus (1996)

Hulstrum, Roland L (Hrsg.), Solar Ressources (1989)

Humm, Othmar - Toggweiler, P., Photovoltaik und Architektur (1993)

Humm, Othmar, Niedrig Energie Häuser. Theorie und Praxis. 2. Auflage (1991)

Hunn, Bruce D. (Hrsg.), Fundamentals of Building Energy Dynamics (1996)

Hüser, Heribert, Wärmetechnische Messungen an einer Hypokaustenheizung in der Saalburg, in SJ 36, (1979)

Hüttmann, Matthias - Heinz Wraneschitz, Solarenergie gewinnen und optimal nutzen (o.J.)

Icomos (Hrsg.), Les Jardins De l' Islam (1973)

IDZ (Hrsg.), Energien gestalten. Design, Architektur, Zukunftsforschung, Naturwissenschaften (1990)

Inalli, Mustafa u.a., A computational model of a domestic solar heating system with underground spherical thermal storage (1997)

Institut IB GmbH Hannover (Hrsg.), Photovoltaik in Gebäuden-Ideenwettbewerb. architektonische,bautechnische und funktionale Integration (1994)

Ivanov, I., Die Heizung in der römischen Architektur Mösiens und Thrakiens (1.-4. Jh.) (1983)

IWU (Hrsg.), Energiesparpotential im Gebäudebestand. Hauptband plus Anhang (1990)

IWU (Hrsg.), Niedrigenergiehaus (1986)

Izard, Jean-Louis, Architecture d'Eté. Construire pour le comfort d'été (1993)

Izilzikowitz, K.G. - Sörensen, P., The House in East and Southeast Asia. Anthropological and Architectural Aspects (1982)

Jahresbericht Augst, Heizung in römischer Architektur. Berichte zum 3. Augster Symposium 1980 - Ausgrabungen im Jahre 1977 -Römerhaus und Museum 1977 - Konservierungen und Ruinendienst 1977 (1983)

Jarmul, Seymour, The Architect's Guide to Energy Conservation. Realistic Energy Planning for Buildings (o.J.)

Jones, Robert W., The Sunspace Primer (1984)

Jugel, Johann G., Anleitung zu der vollkommenen Baukunst (1744)

Junker, Rolf - Ruhnau, Wolfgang - Timm, Jörn, Ökologie und Wohnumfeldverbesserung. Hinweise und Anregungen für die Planung - (1984)

Kabisch, Wolfgang (Hrsg.), Vor und hinter der Fassade. Aspekte der Gestaltung unserer Umwelt durch Architektur und Stadtplanung (1985)

Kasdorff, Reinhold, Haus und Hauswesen im alten Arabien. Bis zur Zeit des Chalifen Othman (1913)

Kasten, Helmut (Hrsg.), Plinius. Epistulae, Briefe. 6. Aufl (1990)

Keferstein, Johann C., Anfangsgründe der bürgerlichen Baukunst für Landleute. oder Anleitung wie die Landbewohner neue verbesserte Gebäude mit feuersichern Dächern, ingleichen neue Dörfer, Wasserleitungen und holzersparende Back- und Stubenofen ohne Zuziehung eines Baumeisters entwerfen, zeichnen, Anschläge dazu machen und erbauen können (1776)

Kempf, Hans-Christian, Die Anpassung der Bauernhaus-Typen des Schwarzwaldes an das Klima ihrer Verbreitungsgebiete (1973)

Kennedy, Robert Woods, The House. and The Art of its Design (1953)

Kent, Susan (Hrsg.), Domestic Architecture and the Use of Space. An Interdisciplinary Crosscultural Study (1990)

Kerschberger, Alfred, Solares Bauen mit transparenter Wärmedämmung. Systeme, Wirtschaftlichkeit, Perspektiven (1996)

Khammash, Ammar, Notes on Village Architecture in Jourdan (1986)

Kiraly, Joseph, Architektur mit der Sonne. 1x1 der passiven Sonnenheizsysteme, Haustypologien und Energiebilanzen (1996)

Kisa, Anton, Das Glas im Altertum. 2. Teil (1908)

Kiss, Miklos G., Energiekonzepte in der Bauplanung. Thesen, Arbeitsmethoden, Beispiele (Rechenwerte, Formeln, Problemlösungen) (1983)

Klinkott, Manfred, Islamische Baukunst in Afghanistan-Sistan. Mit einem geschichtlichen Überblick von Alexander dem Grossen bis zur Zeit der Safawiden-Dynastie (1982)

Klotz, Heinrich, Von der Urhütte zum Wolkenkratzer. Geschichte der gebauten Umwelt (1991)

Knapp, Ronald G., China's Traditional and Rural Architecture. A Cultural Geography of the Common House (1986)

Knauer, Elfriede, Windtowers in Pompeiian Wallpaintings (1992)

Knell, Heiner, Vitruvs Architekturtheorie. Versuch einer Interpretattion (1985)

Knowles, Ralph L., Energy and Form (1974)

Knowles, Ralph L., Sun Rhythm Form (1981)

Koenigs, Tom (Hrsg.) Minus 50 % Wasser möglich! (1995)

Koenigs, Wolf, persönlicher Brief v. 19.6.98

Kolb, Bernhard, Sonnenklar, solar. Die neue Generation von Solarhäusern (1990)

Kolb, Bernhard, Wintergärten und Glasanbauten im Detail. Projektbeispiele, Material, Konstruktionsdetails, Kosten (1994)

Kollesch, Jutta – Nickel, Diethard (Hrsg.), Antike Heilkunst, Über Luft,- Wasser- und Ortsverhältnisse, Kap. 1 (1979)

Koltun, Mark, Sonne und Menschheit (1985)

König, Holger, Wärme und Kühle-Hitze und Kälte. Die Kunst, ein gutes Raumklima herzustellen (1995)

Konya, Allan, Design Primer for Hot Climates (1980)

Kostof, Spiro, The City Assembled. The Elements of Urban Form Through History (1992)

Kreider, Jan F. - Kreith, Frank (Hrsg.), Solar Energy Handbook (1981)

Krell, Otto, Altrömische Heizungen. Reprint: Editions Rodopi Amsterdam 1970 (1901)

Kretzschmer, Fritz, Der Betriebsversuch an einem Hypokaustum der Saalburg (1953)

Krier, Leon, Rekonstruktion der Villen des Plinius (o.J.)

Krusche, Per u.a., Ökologisches Bauen (1982)

Küffnern, Friedrich, Neu-erfundene Baukunst. zu lebendigen Baumgebäuden (1716)

La Vine, Lance - Fagerson, Mary - Roe, Sharon, Five Degrees of Conservation. A Graphic Analysis of Energy Alternatives for a Northern Climate (1982)

Lambrini, Papaioannou (Hrsg.), Architecture Traditionnelle des Pays Balkaniques (o.J.)

Lancaster, Clay, Architectural Follies in America (1960)

Landau, Rom - Swaan, Wim, Morocco. Centres of Art and Civilization (1967)

Lander, Helmut, Lehmarchitektur in Spanien und Afrika (1980)

Lange, Konrad, Haus und Halle. Studien zur Geschichte des antiken Wohnhauses und der Basilika (1885)

Lange, Walther, Das antike griechisch-römische Wohnhaus. Ein Handbuch für Kunstfreunde (1878)

Langenegger, Felix, Die Baukunst des Iraq. Bautechnik, Baukonstruktion und Aussehen der Baugegenstände unter teilweiser Bezugnahme auf die Baukunst der Vergangenheit des Landes sowie auf die gesamte Baukunst des Islam (1911)

Laugierm, Père, Bau-Kunst. mit einem Wörterbuche (1758)

Lebens, Ralph M. (Hrsg.), Passive Solar Architecture in Europe. The Results of the 'First European Passive Solar Competition - 1980' (1980)

Lehrman, Jonas, Earthly Paradise. Garden and Courtyard in Islam (1980)

Lewcock, Ronald, Traditional Architecture in Kuwait and the Northern Gulf (1978)

Lewis, Owen (Hrsg.), Directory of Sustainable & Energy Efficient Building (1996)

Lignum (Hrsg.), Ökologisch bauen mit Holz. Raumplanung und Architektur, Material und Entwurf, Konstruktion, Wärmeverhalten und Raumklima (1988)

Lindenlaub, Marie-Luise, Deutschsprachige Dissertationen zur Archäologie des Mittelmeerraums 1945-77 (1979)

Lippmann, von, Zur Geschichte der Kältemischungen (1906)

Littler, John - Thomas, Randall, Design with Energy. The Conservation and Use of Energy in Buildings (1984)

LOG ID (Hrsg.), Solararchitektur in der Stadt. Schrift zum Symposium 1982 (1984)

LOG ID (Hrsg.), Grüne Archen. In Harmonie mit Pflanzen leben - Das Modell der Gruppe LOG ID (1981)

Lohr, Alex - u.a., Energie- und umweltbewußtes Bauen mit der Sonne. Ein Informationspaket (1991)

Lorch, Walter, Die 9 energiesparenden Heizungstechniken im Wohnungsbau (o.J.)

Los, Sergio, Multi-Scale Architecture (o.J.)

Loudon, John C., Remarks on the Construction of Hot-Houses (1817)

Loudon, John C., Encyclopedia of Cottage, Farm, and Villa Architecture (1846)

Luckhard, Fritz, Das Privathaus im ptolemäischen und römischen Ägypten (1914)

Luschan, Poröse Tontöpfe usw. (1913)

Lyttelton, Margaret, Baroque Architecture in Classical Antiquity (1974)

Maier, Karl Heinrich (Hrsg.), Der Energieberater. Handbuch für wirtschaftliche und umweltgerechte Energienutzung (1996)

Manderscheid, Hubertus, Bibliographie zum römischen Badewesen. unter besonderer Berücksichtigung der öffentlichen Thermen (1988)

Manderscheid, Hubertus, Römische Thermen. Aspekte von Architektur, Technik und Ausstattung (o.J.)

Mark, Robert (Hrsg.), Architectural Technology up to the Scientific Revolution. The art and structure of large-scale buildings (1993)

Mark, Robert, Light, Wind and Structure. The Mystery of Master builders (1990)

Markham, Sydney Frank, Climate and the Energy of Nations (1942)

Marko, Armin - u.v.a., Thermische Solarenergienutzung in Gebäuden. Begleitbuch zum Seminar (1994)

Markus, Thomas A. - Morris, Edwin N., Buildings, Climate and Energy (1980)

Markus, Thomas A., Buildings and Power. Freedom and Control in the Origin of the Modern Building Types (1993)

Martin, Roland, L' Urbanisme dans la Grèce Antique. seconde édition augmentée (1985)

Martin, Roland, L'Urbanisme dans la Grèce Antique. 2. erweiterte Auflage (1974)

Mathoy, Klaus, Ökologische Sonnenhäuser. Bauen im Einklang mit der Natur (1994)

Matus, Vladimir, Design for Northern Climates. Cold-Climate Planning and Environmental Design (1988)

McAvin, Margaret, Site Planning for Energy Conservation. Bibliography (1981)

McClelland, Stephen, Intelligent Buildings. An IFS Executive Briefing (1988)

McKay, Alexander G., Römische Häuser, Villen und Paläste. Deutsche Ausgabe bearbeitet und erweitert von Rudolf Fellmann (1975)

Meinel, Aden B. - Meinel, Marjorie P., Applied Solar Energy. An Introduction. 2nd Printing (1977)

Meirion-Jones, Qwyn I., The Vernacular Architecture of Brittany. An Essay of Historical Geography (1982)

Mekkawi, Mod, Bibliography on Traditional Architecture in Africa (1979)

Menen, Aubrey, Cities in the Sand (1972)

Mercer, Eric, English Vernacular Houses. A Study of Traditional Farmhouses and Cottages (1975)

Merritt Ierley, Open House (1999)

Meyer-Bohe, Walter, Energiesparhäuser. Eine neue Generation von Gebäuden (1996)

Mielsch, Harald, Die römische Villa. Architektur und Lebensform (1987)

Mignot, Claude, Architektur des 19. Jahrhunderts (1983)

Milizia, Franzesco, Grundsätze der bürgerlichen Baukunst. 2. Teil (1785)

Milizia, Franzesco, Grundsätze der bürgerlichen Baukunst. Dritter Theil (1824)

Minke, Gernot - Witter, Gottfried, Häuser mit grünem Pelz. Ein Handbuch zur Hausbegrünung (1983)

Moholy-Nagy, Sibyl, Native Genius in Anonymous Architecture (1957)

Moore, Charles W. - Lidz, Jane, Water and Architecture (1994)

Moore, Fuller, Environmental control systems heating, cooling, lighting (1993)

Morgan, William, Prehistoric Architecture in the Eastern United States (1980)

Mouchot, Augustin, Die Sonnenwärme und ihre industriellen Anwendungen. Neuausgabe des Werkes von 1869 (1987)

Moynihan, Elizabeth B., Paradise as Garden. In Persia and Mughal India (1979)

Müfid, Arif, Stockwerksbau der Griechen und Römer (1932)

Mühr, Bernhard, Klimadiagramme (2000)

Muralidhar Rao, Derebail, Shilpa Shastra. Architekturlehrbücher der Hindus (1996)

Musgrove, John (Hrsg.), Sir Banister Fletcher`s: A History of Architecture. Nineteenth Edition (1975)

Nabokov, Peter - Easton, Robert, Native American Architecture (1989)

Naumann, Rudolf, Architektur Kleinasiens. von ihren Anfängen bis zum Ende der hethitischen Zeit (1971)

Neuburger, Albert, Die Technik des Altertums. Reprint der Originalausgabe (4. Auflage) von 1929 (1987)

Neuerburg, Norman, L' Architettura Delle Fontane E Dei Ninfei Nell' Italia Antica (1967)

Neufert, Ernst, Bau-Entwurfslehre (1936)

Niche, Wolfgang, Glashäuser im Geschosswohnungsbau. Benutzerfreundliche Planung bei Neu- und Altbauten (1988)

Nikolic, Vladimir, Bau und Energie. Bauliche Maßnahmen zur verstärkten Sonnenenergienutzung im Wohnungsbau (1983)

Noack, Ferdinand - Justi, Ludwig (Hrsg.), Die Baukunst des Altertums (1910)

Noack, Ferdinand, Lehmann-Hartleben, K., Baugeschichtliche Untersuchungen am Stadtrand von Pompeji (1936)

Nohl, Hermann, Index Vitruvianus (1876)

Normann, Alexander von, Architekturtoreutik in der Antike (1996)

Nowicka, Maria - Majewski, Kazimierz, Les Maisons a Tour dans le Monde Grec (1975)

Nowicka, Maria, La Maison privée dans l'égypte Ptolémaique (o.J.)

NTIS (Hrsg.), Solar Energy Bibliography (1979)

Oelmann, Franz (Hrsg.), Haus und Hof im Altertum. Untersuchungen zur Geschichte des antiken Wohnbaus (1927)

Off, Frank, Numerische Kopplung von Stroemung, Strahlung und Gebaeudethermik. [Mikrofiche-Ausg.] (1180)

Ohlwein, Klaus, Das Sonnenhaus von nebenan. Passive Nutzung der Sonnenenergie in unseren Breiten (1986)

Ohlwein, Klaus, Energiebewußte Eigenheimplanung. Planungs- und Konstruktionshilfen Neue Energie- und Heiztechniken (1979)

Ohlwein, Klaus, Energiebewußte Eigenheimplanung. Planungs- und Konstruktionshilfen, neue Energie- und Heiztechniken (1988)

Olgyay, Victor, Design with Climate (1963)

Oliver, Paul - Davis, Ian - Bentley, Ian, Dunroamin. The Suburban Semi and its Enemies (1981)

Oliver, Paul, Dwellings. The House across the World (1987)

Olivieira Fernandes, O. de - Yannas, Simos (Hrsg.), Plea 1988 Energy and buildings for temperate climates : a Mediterranean regional approach : proceedings of the sixth International PLEA Conference, Porto, Portugal, 27-31 July 1988 (1988)

Opolovnikov, Alexander, Opolovnikova, Yelena, The Wooden Architecture of Russia. Houses, Fortifications and Churches (1989)

Östenberg, Carl Eric, Case Etrusche di Acquarossa (1975)

Oswalt, Philipp (Hrsg.), Wohltemperierte Architektur. Neue Techniken des energiesparenden Bauens (1995)

Otto, Frei, Alte Baumeister. Was konnten die alten Baumeister erfunden haben? (1994)

Owens, Edwin J., The City in the Greek and Roman World (1991)

Palladius, Rutilius T., De Re Rustica (1876)

Palz, Wolfgang, Atlas über die Sonneneinstrahlung Europas (1984)

Pannell, John P., An Illustrated History of Civil Engineering (1964)

Panzhausen, Erich - Höglund, Ingemar, Energy Conservation by Improving Building Envelopes and Havac Equipment in Buildings (1988)

Paribeni, R., Contributi Archeologici al Lessico Latino, II. Heliocaminus (1925)

Paulus, C., Neue Theologie, Homöopathie, Sonnenbau und Landes-Verschönerung (1837)

Pauty, Edmond, Les Palais et les Maisons d' Epoque Muselmane, au Caire (1933)

Pearson, David, Earth to Spirit. In Search of Natural Architecture (1994)

Pearson, David, The Natural House Book (1989)

Pelo, Marylin, Old fashioned Energy (1979)

Petronotis, Arg., Zum Problem der Bauzeichnungen bei den Griechen (1972)

Petzold, Volker, Energie aus Sonne, Wasser, Wind und Eis. Alles über Wärmedämmung, Wärmepumpen, Sonnendächer u.a. Systeme (o.J.)

Philips Heribert - Giebel M., Caecilius Secundus Plinius. Sämtliche Briefe Lateinisch/Deutsch (1998)

Pillement, Georges, La Tunisie Inconnue. Itinéraires Archéologiques (o.J.)

Pistohl, Handbuch der Gebäudetechnik. Band 2 (1996)

Platz, Gustav A., Die Baukunst der neuesten Zeit (1927)

Plommer, Hugh, Vitruvius and Later Roman Building Manuals (1973)

Plommer, Hugh, Ancient and Classical Architecture (1956)

Pope, Charles, Solar Heat. Its practical applications (1903)

Radig, Werner, Frühformen der Hausentwicklung in Deutschland (1958)

Radt, Wolfgang, Landscape and Greek urban planning. Exemplified by Pergamon and Priene - City and nature. Changing relations in time and space (o.J.)

Ragette, Friedrich, Architecture in Libanon (1980)

Rainer, Roland (Hrsg.), Anonymes Bauen im Iran (1977)

Rainer, Roland, Energiekrise, Wohnungswesen und Stadtplanung (1979)

Ranft, Fred, Ökologische Modernisierung von Wohnsiedlungen. Grundlagen, Konzepte, Beispiele (1994)

Rapoport, Amos, House Form and Culture (1969)

Rasmussen, Steen E., Experiencing Architecture (1959)

Recknagel, Sprenger Schramek, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik (1997)

Renfrew, Colin - Zubrow, Ezra B (Hrsg.), The Ancient Mind. Elements of Cognitive Archaeology (1994)

Reusch, Heinz, Geschichte der Nutzung der Solarenergie. Versuch einer Darstellung der geschichtlichen Entwicklung der passiven und aktiven Nutzung der Solarenergie und des daraus resultierenden Einflusses auf das Bauwesen der Gegenwart (1982)

Reuther, Oscar - Gurlitt, Cornelius, Das Wohnhaus in Bagdad und anderen Städten des Irak (1910)

Reutti, Fridolin, Die römische Villa (1990)

Revault, Jacques - Maury, Bernard, Palais et Maisons du Caire. Du XIV. au XVII. Siècle, Bd. I (1975)

Revault, Jacques - Maury, Bernard, Palais et Maisons du Caire. Du XIV. au XVIII. Siècle, Bd. III (1979)

Rhodes, Robin Francis, Architecture and Meaning on the Atheanian Acropolis (1995)

Rickman, Geoffrey, Roman Graineries and Store Buildings (1971)

Rivium, Gualtherum H., Bawkunst. der Architektur aller fürnemlichsten / Nothwendigsten / angehörigen Mathematischen und Mechanischen Künsten / eigentlicher Bericht / und verständliche Underrichtung / zu rechtem Verstand der Lehr Vitruvij / in Drey fürnemme Bücher abgetheilet (1614)

Roaf, Susan, Windcatchers of Yazd (1989)

Robinson, David M., Excavations at Olynthos. Part II: Architecture and sculpture (1930)

Robinson, David M., Excavations at Olynthus. Part IV: The Terra-Cotta of Olynthus Found in 1928 (1931)

Robinson, David M. - Graham, J.Walter, Excavations at Olynthos. Part VIII: The Hellenic House (1938)

Robinson, David M., Excavations at Olynthos. Part XII: Domestic and Public Architecture (1946)

Robson, Robert, The Mason's, Bricklayer's, Plasterer's and Decorator's Guide (1867)

Romberg, Johann A., Der Rathgeber bei dem Bau und Reparatur der Wohngebäude. Ein Handbuch für Hausbesitzer und die es werden wollen (1845)

Ron, Ilan, Passive Elements in Danish Architecture. The Effect of the Climate (1988)

Rose, Wulf-Dietrich, Wohngifte. Handbuch zur kritischen Auswahl der Materialien für gesundes Bauen und Einrichten (1984)

Rosengarten, A., Architektonische Stylarten. Eine kurze, allgemeinfassliche Darstellung der charakteristischen Verschiedenheiten der architektonischen Stylarten - zur richtigen Verwendung in Kunst und Handwerk - für Architekten, Maler, Bildhauer … (1874)

Rosenthal, Ruth - Toy, Maggie (Hrsg.), Building Sights (1995)

Rosso, Joseph del, Untersuchungen über die Baukunst der Ägypter. und über das, was die Griechen von dieser Nation wahrscheinlich angenommen haben (1801)

Roth, Alfred, Die Neue Architektur (1948)

Rudofsky, Bernard, Architecture without Architects. A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture (1965)

Rudofsky, Bernard, The Prodigious Builders. notes toward a natural history of architecture with special regard to those species that are traditionally neglected or downright ignored (1977)

Ruske, Wolfgang (Hrsg.), Glas. Planen und Bauen mit natürlichen Baustoffen (1988)

Rybczynski, Witold, Wohnen. Über den Verlust der Behaglichkeit (1987)

Sabady, Pierre, Biologischer Sonnenhausbau. Die Kunst, naturgerecht und energiesparend zu bauen - ein Handbuch für Fachmann und Bauher (o.J.)

Sabady, Pierre, Haus und Sonnenkraft (1976)

Sack, Dorothée, Damaskus. Entwicklung und Struktur einer orientalisch-islamischen Stadt (1989)

Sackur - u.a., Sechs Bücher vom Bauen. 6 Bände (1922)

Sackur, Walter, Vitruv und die Poliorketiker. Vitruv und die christliche Antike. Bautechnisches aus der Literatur des Altertums (1925)

Saglio, M. Edmond [Hrsg.] u.a., Dictionnaire des Antiquités Grecques et Romaines. Deuxième Partie (R-S) (1912)

Salzmann, Dieter, Aus Holz und anderen Stoffen kombinierte Wandbauweisen im alten Orient und Europa. Versuch der Darstellung einer altertümlichen Bauform (1962)

Scamozzi, Vincenzo, L' Idea Della Architettura Universale di Vincenzo Scamozzi (1678)

Scharabi, Mohamed, Der Bazar. das traditionelle Stadtzentrum im Nahen Osten und seine Handelseinrichtungen (1985)

Schaur, Eda (Hrsg.), Building with Intelligence. Aspects of a different building culture (1995)

Schede, Martin, Die Ruinen von Priene. 2. Auflage (1964)

Scheidegger, Fritz (Hrsg.), Aus der Geschichte der Bautechnik. Band 1: Grundlagen (1990)

Schempp, Dieter u.a. (Hrsg.), Solares Bauen (1992)

Schillberg, Klaus, Naturbaustoff Lehm. Moderne Lehmbautechniken in der praxis-Bauen und Sanieren mit Naturmaterialien (1996)

Schmidt-Brümmer, Horst, Alternative Architektur. Lehmbauten, Hausboote, Recycling Architektur, Hausbegrünung, Altbausanierung (1983)

Schneider, Ulrich u.a., Lehmbau. Konstruktion, Baustoffe und Bauverfahren, Prüfungen und Normen, Rechenwerte (1996)

Schneider, Helmuth, Einführung in die antike Technikgeschichte (1992)

Schoenauer, Norbert, 6000 Years of Housing. Vol. 2: The Oriental Urban House (1981)

Schoenauer, Norbert, 6000 Years of Housing. Vol. 3: The Occidental Urban House (1981)

Schoenauer, Norbert, 6000 Years of Housing. Volume 1 The Pre-Urban House (1981)

Schofield, P.H., The Theory of Proportion in Architecture (1958)

Schütz, Alfred R., Der Typus des hellenistisch-ägyptischen Hauses. im Anschluß an Baubeschreibungen griechischer Papyrusurkunden (1936)

Schwandner, Ernst-Ludwig, Technische und ökonomische Probleme des Wohnungsbaus im klassischen Griechenland, in: Wohnungsbau im Altertum. Diskussion zur Archäologischen Bauforschung 3, 105-113 (1978)

Segal, Arthur, Stadtplanung im Altertum (1979)

Semper, Gottfried, Die vier Elemente der Baukunst (1851)

Lewcock, Ronald u.a., Sana. An Arabian Islamic City (1983)

Serlio, Sebastiano, The five books of architecture. Sebastiano Serlio, Facsim. of ed. published: London : Printed for Robert Peake, 1611 (1982)

Sherratt, Alan F.C., Air Conditioning and Energy Conservation (1980)

Sierra, Alfonso de, Vivienda Marroqui. Notas para una Teoria (1960)

Sifre, V. - Aranda, F. - Blanca, V., Thermal Performance of Vernacular Excavated Living Space in the Mediterranean Zone (Valencia, Spain). Architectural Cryteria derived from its analysis (o.J.)

Simon, Maron J. (Hrsg.), Your Solar House (1947)

Singh, Madanjeet (Hrsg.), Die Sonne. Das Gestirn in der Kulturgeschichte (1994)

Sinos, Stefan, Die vorklassischen Hausformen in der Ägäis, Bd. 1+2 (1968)

Smith, Thomas Gordon, Classical Architecture. Rule and Invention (1988)

Società Archeologica Comense (Hrsg.), Plinio, i suoi luoghi, il suo tempo. edizione a cura della Società Archeologica Comense (1984)

Sodini, Jean-Pierre - Tate, Georges, Maisons d'époque romaine et byzantine (IIe-VIe siècles) du massif calcaire de Syrie du Nord. Étude Typologique (o.J.)

Soeder, Hans, Urformen der abendländischen Baukunst in Italien und dem Alpenraum (1964)

Sprague de Camp, Lyon, The Ancient Engineers (1960)

Spuler, Christof, Opaion und Laterne. Zur Frage der Beleuchtung antiker und frühchristlicher Bauten durch ein Opaion und zur Entstehung der Kuppellaterne (1973)

Stadt Hamburg, Energetische Empfehlungen zur Siedlungs- und Gebäudeplanung 1995 (1995)

Steckner, Cornelius (Hrsg.), Archäologie und neue Technologien (1988)

Steemers, Theo C. - Palz, Wolfgang (Hrsg.), 1989 2nd European Conference on Architecture. Science and Technology at the Service of Architecture (1989)

Steingruber, Johann David, Architektonisches Alphabet (1777)

Stierlin, Henri, Architektur des Islam. vom Atlantik bis zum Ganges (1979)

Suckow, Lorenz J., Erste Gründe der bürgerlichen Baukunst in einem Zusammenhange. Faksimile der "vierten veränderten und vermehrten Auflage" von 1798, Jena (1979)

Szabo, Albert - Barfield, Thomas J., Afghanistan. An atlas of indigenous domestic architecture (1991)

Szokolay, Steven V., Solar Energy and Building. 2nd edition (1977)

Tafuri, Manfredo - Dal Co, F., Architektur der Gegenwart/Weltgeschichte der Architektur (1977)

Taylor, Jane, Jordanien. Biblische Stätten im Luftbild (1990)

Taylor, John, Bauen mit gesundem Menschenverstand. Naturnahe und unkomplizierte Architekturdetails. Bewährte Lösungen aus allen Epochen und Kulturen als Anregung für das Bauen von heute (1985)

Tchalenko, Georges., Villages Antiques de la Syrie du Nord. Le Massif du Bélus à l'Epoque Romaine Bd. 1 und 2 (1953)

Thatcher, Edwin D., The Open Rooms of the Terme del Foro at Ostia (1956)

The Building Research Advisory Board (Hrsg.), Housing and Building in Hot-Humid and Hot-Dry Climates (1953)

The Empire (the New Kingdom). Bd. 3. From the Eighteenth Dynasty to the End of the Twentieth Dynasty 1580-1085 BC (1968)

The Underground Space Center, University of Minnesota, Earth Sheltered Housing Design. Guidelines, Examples and References (1979)

Thilo, Thomas, Klassische chinesische Baukunst. Strukturprinzipien und soziale Kunfktion (1977)

Thurbon, Colin, Mirror to Damascus (1967)

Tietze, Christian, Priene- Rekonstruktion einer antiken Stadtplanung (1988)

Tölle-Kastenbein, Renate, Antike Wasserkultur (1990)

Tomm, Arwed, Ökologisch Planen und Bauen (1994)

Treberspurg, Martin, Neues Bauen mit der Sonne (1994)

Tresidder, Jane - Cliff, Stafford, Wohnen unter Glas. Faszinierende Gewächshäuser, Wintergärten und Veranden von gestern und heute (1991)

Twarowski, Mieczyslaw, Sonne und Architektur (1962)

Uhde, Constantin (Hrsg.), Der Steinbau. In natürlichem Stein, die geschichtliche Entwicklung der Gesimse in der verschiedenen Baustilen (1904)

Uhde, Constantin (Hrsg.), Die Konstruktion und die Kunstformen der Architektur. Ihre Entstehung und geschichtliche Entwicklung bei den verschiedenen Völkern (1902)

Unger, Jochem, Alternative Energietechnik (1993)

VDI (Hrsg.), Technik im Niedrigenergiehaus (1996)

Veltheim-Lottum, Ludolf, Kleine Weltgeschichte des städtischen Wohnhauses (1952)

Verduchi, Patrizia., Le terme con cosiddetto Heliocaminus (1975)

Viollet-le-Duc, Eugène, Dictionnaire raisonné de l' Architecture (1854-69)

Vitruvius, Marcus, [De architectura] Zehn Bücher über Architektur / übersetzt und erläutert von Jakob Prestel (1959)

Vochs, Lukas, Wirkliche Baupraktik der bürgerlichen Baukunst (1780)

Vogt, Bettina, Wohnhäuser in Österreich zu römischer Zeit (1965)

Volkoff, Oleg V., 1000 Jahre Kairo. Die Geschichte einer verzauberten Stadt (1984)

Wachberger, Hedy und Michael, Mit der Sonne bauen. Anwendung passiver Solarenergie (1983)

Wade, Alex, A Design and Construction Handbook for Energy-Saving Houses (1980)

Walk, R. - Hauser, G., Sonnenenergienutzung durch passive (bauliche) Mittel. Statusbericht des BMFT Band I (1983)

Walker, Lester, American Shelter (1981)

Walter-Karydi, ElenaSchuller, Wolfgang (Hrsg.), Die Nobilitierung des Wohnhauses. Lebensform und Architektur im spätklassischen Griechenland (1994)

Ward-Perkins, J.B. - Collins, George R. (Hrsg.), Cities of Ancient Greece and Italy. Planning in classical Antiquity (1974)

Warren, John - Fethi Ihsan, Traditional Houses in Baghdad (1982)

Waterson, Roxana, The Living House. An Anthropology of Architecture in South-East Asia (1990)

Watson, Donald - Labs, Kenneth, Climatic Design. Energy Efficient Building Design Principles and Practices (1983)

Watson, Donald (Hrsg.), Time Saver Standards: Architectural Design Data (1997)

Watson, Donald, Energy Conservation through Building Design (1979)

Webel, Richard K., Guide to the Villas of Italy (1930)

Weber, Rudolf, Webers Taschenlexikon. 2. Erneuerbare Energie (1986)

Weeber, Karl-Wilhem., Altag im Alten Rom: Landleben. ein Lexikon (2000)

Weichardt, Heinz, Grüne Solararchitektur. Wohnen und Energiesparen mit Pflanzen (1981)

Weik, Helmut (Hrsg.), Sonnenenergie in der Baupraxis. Solar-Architektur und Solar-Technik - Grundlagen und Anwendungen (1991)

Wharton, Edith, Italian Villas and their Gardens (1904)

White, Kenneth D.Scullard, H.H (Hrsg.), Greek and Roman Technology (1984)

Wichmann, Hans (Hrsg.), Architektur der Vergänglichkeit. Lehmbauten der Dritten Welt (1983)

Wiegand, Theodor - Schrader, Hans, Priene. Ergebnisse der Ausgrabungen und Untersuchungen in den Jahren 1895-1898 (1904)

Wiegand, Theodor (Hrsg.) u.a., Baalbek. II: Ergebnisse der Ausgrabungen und Untersuchungen in den Jahren 1898 bis 1905 (1923)

Wienands, Rudolf, Die Lehmarchitektur der Pueblos. Eine Lektion in ökologischem Bauen (1983)

Wilber, Donald N., Persian Gardens & Garden Pavilions (1962)

Winters, Nathan B., Architecture is Elementary. Visual Thinking through Architectural Concepts (1986)

Wittwer, Christoph (Hrsg.), Solarenergienutzung in Gebäuden. Band I Grundlagen (1997)

Wright, David - Andrejko, Dennis A., Passive Solar Architecture: Logic and Beauty. 35 Outstanding Houses Across the United States (1982)

Wright, David, Natural Solar Cooling (1980)

Wright, David, Sonne, Natur, Architektur. Anleitung zum energiebewußten Bauen (1980)

Wright, Frank Llyod, Das natürliche Haus (1954)

Wuppertal-Institut - Planungsbüro Schmitz (Hrsg.), Energiegerechtes Bauen und Modernisieren (1996)

Wutt, Karl, Pashai. Landschaft, Menschen, Architektur (1981)

Wycherley, Richard E., How the Greeks built Cities. Second Edition (1962)

Xenophon, Memorabilia III (o.J.)

Yanda, Bill - Fisher, Rick, Energie und Nahrung aus dem Solargewächshaus. Praktische Anleitung für Selbstbau und Nutzung: praktische Anleitung für Selbstbau und Nutzung: praktische Anleitung für Selbstbau und Nutzung: praktische Anleitung für Selbstbau und Nutzung (1983)

Yannas, Simos (Hrsg.), Passive and Low Energy Architecture. Proceedings of the Second International PLEA Conference, Crete, 1983 (1983)

Yannas, Simos, Solar Energy and Housing Design. Volume 1: Principles, objectives, guidelines (1994)

Yannas, Simos, Solar Energy and Housing Design. Volume 2: Examples (1994)

Ziegler, Konrat - Sontheimer, Walther (Hrsg.), Der kleine Pauly. Lexikon der Antike. Bände 1-5 (1964)

Zwiener, G., Ökologisches Baustoff-Lexikon. Daten, Sachzusammenhänge, Regelwerke (1994)

5.2 Abbildungsverzeichnis und Bildnachweis

1	DLR www.dlr.de
2	Butti - Perlin (1980) 2
3	Hoepfner - Schwandner (1994) 27
4	Hoepfner - Schwandner (1994) 30
5	Hoepfner - Schwandner (1994) 31
6	Robinson - Graham (1938) Tafel 2
7	Robinson - Graham (1938) Tafel 1
8	Hoepfner - Schwandner (1994) 35
9	Butti - Perlin (1980) 6
10	Robinson - Graham (1938) Tafel 35-1
11	Robinson - Graham (1938) Tafel 25-2
12	Hoepfner - Schwandner (1994) 49
13	Robinson - Graham (1938) Tafel 94
14	Hoepfner - Schwandner (1994) 48
15	Hoepfner - Schwandner (1994) 45
16	Hoepfner - Schwandner (1994) 17
17	Hoepfner - Schwandner (1994) 44
18	Robinson - Graham (1946) Tafel 271
19	Simulation
20	Hoepfner - Schwandner (1994) 316
21	Hoepfner - Schwandner (1994) 316
22	Hoepfner - Schwandner (1994) 316
23	Robinson - Graham (1938) 149

24	Robinson - Graham (1938) 150
25	Robinson - Graham (1938) 151
26	Martin (1956) 22
27	Heilmeyer - Hoepfner (Hrsg.) (1990)
28	Robinson - Graham (1938) Tafel 63
29	Hoepfner - Schwandner (1994) 58
30	Ohlwein (1979) 8
31	Hoepfner - Schwandner (1994) 319
32	Robinson - Graham (1938) 191
33	Robinson - Graham (1938) Tafel 49-1
34	Robinson - Graham (1938) Tafel 49-2
35	Robinson - Graham (1938) 196
36	Robinson - Graham (1938) 186
37	Robinson - Graham (1938) Tafel 52-1
38	Robinson - Graham (1938) Tafel 53-1
39	Robinson - Graham (1938) Tafel 69-2
40	Robinson - Graham (1938) Tafel 24-1
41	Robinson - Graham (1938) 99
42	Hoepfner - Schwandner (1994) 48
43	Hoepfner - Schwandner (1994) 55
44	Hoepfner - Schwandner (1994) 56
45	Hoepfner - Schwandner (1994) 57
46	Wiegand - Schrader (1904)
47	Robinson - Graham (1938) Tafel 97
48	Robinson - Graham (1938) Tafel 98

49	Robinson - Graham (1946) Tafel 114-1
50	Davoli (1993) 32
51	Robinson - Graham (1946) Tafel 114-2
52	Robinson - Graham (1938) 266
53	Wiegand - Schrader (1904)
54	Robinson - Graham (1938) Tafel 69-1
55	Robinson - Graham (1938) 154
56	Robinson - Graham (1938) Tafel 73
57	http://www.perseus.tufts.edu/cgi-bin/image?lookup=Perseus:image:2002.01.0001
58	Wiegand - Schrader (1904)
59	Wiegand - Schrader (1904)
60	Robinson - Graham (1938) Tafel 52-1
61	Robinson - Graham (1946) Tafel 4-1
62	Hoepfner - Schwandner (1994) 61
63	Wiegand - Schrader (1904)
64	Spuler - (1973) 20
65	Spuler (1973) 20
66	Östenberg (1975) 105
67	Hoepfner - Schwandner (1994) 47
68	Robinson - Graham (1938) Tafel 100
69	Robinson - Graham (1938) 41
70	Butti - Perlin (1980) 7
71	Egli (1959) 107
72	http://www.klimadiagramme.de/Europa/larissa.html

73	http://www.klimadiagramme.de/Europa/larissa.html
74	Baubiologie 1/95 2
75	Robinson - Graham (1946) Tafel 12-2
76	Simulation
77	Simulation
78	Simulation
79	Simulation
80	Simulation
81	Simulation
82	Simulation
83	Simulation
84	Simulation
85	Simulation
86	Simulation
87	Simulation
88	Simulation
89	Simulation
90	Simulation
91	Simulation
92	Simulation
93	Simulation
94	Simulation
95	Simulation
96	Simulation
97	Simulation

98	Simulation
99	Simulation
100	Simulation
101	Simulation
102	Simulation
103	Simulation
104	Simulation
105	Simulation
106	Simulation
107	Simulation
108	Simulation
109	Simulation
110	Simulation
111	Simulation
112	Simulation
113	Simulation
114	Simulation
115	Simulation
116	Simulation
117	Simulation
118	Simulation
119	Taylor 1985 43
120	selbst

5.3 Internet-Links zur Simulation

Name	URL
Übersicht zu Lesocool	http://www.eren.doe.gov/buildings/tools_directory/software/lesocool.htm
Entwicklung von Lesocool	http://lesowww.epfl.ch/
Helios Kurzbeschreibung	http://www.softguide.de/prog_y/py_0237.htm
Helios Detailbeschreibung	http://www.econzept.com/soft/helios/kurz/body.htm
Klima	www.klimadiagramme.de
Satelittenbilder	http://www.caf.dlr.de/caf/satellitendaten/datenzugriff, www.dlr.de
Aktuelle Temperatur-daten	http://cdiac.esd.ornl.gov/ghcn/ghcn.html
Strahlungshaushalt	http://eosweb.larc.nasa.gov
Behaglichkeit	http://www.klimaschutz-agentur-wiesbaden.org/ksaw/Bauphysikalische_Grundlagen.pdf
Wetter	www.wetterzentrale.de/topkarten/fsbeoeu.html
	http//imkhp7.physik.uni-karlsruhe.de/ZUDIS/is-world.html
	http://eosweb.larc.nasa.gov/HPDOCS/pub_papers_2000.html
	http://eosweb.larc.nasa.gov/PRODOCS/ceres/table_ceres.html
	http://www.usatoday.com/weather/science/climate/globalclimate2000.htm

5.4 Index

Absorptionsgrad 47, 58
Abzug 33, 68, 81
Acquarossa 40, 103, 186
Ägäis 122
Andron 21, 29, 31, 34, 35, 37, 38, 42, 65, 84, 88, 142, 162, 163
Antike 1, 11, 13, 14, 16, 44, 63, 72, 76, 77, 78, 79, 82, 85, 88
Architekten 7, 9, 12, 14
Aristoteles 78
Athen 11, 18, 32, 45
Aufenthaltsraum 22, 32
Ausrichtung zur Sonne 19, 26
Außentemperatur 52, 53, 58, 60, 66, 67, 69, 71, 201, 202, 207, 208, 215, 224
Badezimmer 30, 32, 35
Bauelemente 14
Bautyp 16, 23, 84, 86, 88
Bedürfnisse 9, 12, 85
Belichtung 22, 37
Block 17, 20
Blocktiefe 20
C02 -Ausstoß 6
Caulonia 30
Chalkidike 18, 36
Computer 9, 11, 25, 86
Dachterrassen 81
Dachziegel 36, 48, 182, 183
Dämmung 49, 59, 232, 233
Delos 19, 30, 31, 38, 145, 146
Ecktyp 132
Edelmetallhandel 17
Effizienz 8
Einzonenmodell 27
Energie 5, 6, 7, 14, 65, 66, 80, 82, 85, 88
Energiekrisen 5
Energiequellen 5, 6, 9, 11, 79
Energieverbrauch 7
Enfilade 23
Entwerfen 14
Erdölvorräte 5
Eretria 29, 144
Fenster 26, 28, 37, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 60, 65, 66, 67, 68, 69, 83, 88, 97, 140, 172, 173, 196, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 212, 213, 222, 231, 236, 237
Flachdach 34, 163
Form 7, 14, 15, 28, 36, 37, 85
Fugenlüftung 52, 53, 196, 197, 198, 200, 202, 203, 204
Fühltemperatur 52, 53, 54, 57, 67, 69, 70
Fühltemperaturen 51, 196, 201, 202, 207, 208
Funktion 7, 14, 32, 62, 87
Gebäudesimulation 16, 25
Gestaltungselement 14
Grundriss 20, 23, 24, 28, 29, 32, 34, 35, 80
Grundstück 77
Haus Avi5 35, 41
Haus des Schauspielers 155

Haus des Sokrates 20, 31, 78, 150, 151
Häuser 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 29, 30, 33, 35, 36, 38, 39, 41, 42, 79, 86
Haustür 140
Heizen 5, 65, 82, 88
Heizlast 50, 57, 212, 233, 234
Helios 25, 26, 50, 51, 56, 115, 139
Herd 28, 39, 43, 45, 58, 63, 68, 70
Hof 22, 23, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 42, 45, 62, 63, 65, 68, 78, 79, 80, 81, 82, 85, 87, 102, 160, 165, 174, 176
Holz 17, 32, 43, 48, 49, 50, 57, 58, 64, 67
Ingenieure 9
Innentemperatur 52, 60, 66, 70, 71, 227
Insulae 23, 24, 35, 40
Kalkstein 17, 81
Kamin 27, 40, 56, 81, 82
Kaminraum 32, 38, 39, 40, 51, 54, 56, 59, 68, 71, 81, 86
Kapitel 25
Kleinasien 45, 122
Klima 12, 14, 15, 30, 43, 46, 47, 55, 62, 63, 73, 75, 81, 86
Klimadiagramm 192, 193
Klimatisierung 5, 9, 11, 55, 79
Klimaveränderungen 5, 6
Klimawandel 6
Kohlebecken 28, 39, 44, 59, 63, 64, 65, 68, 71
Komfort 11, 12, 16, 25, 27, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 71, 72, 73, 74, 76, 84, 87
Kühlen 5
Kühlung 11, 12, 13, 26, 65, 67
Landwirtschaft 6, 17, 44
Langlebigkeit 7
Larissa 46
Lebenszyklus 14
Lehm 36, 37, 47, 49, 50, 97, 105
Lehmboden 23
Lehmmörtel 36
Lehmputz 36
Lesocool 25, 26, 56, 115
Licht 6, 7, 12, 71, 76
Loggia 33
Lösungen 8, 12
Lüften 5, 67
Luftfeuchtigkeit 47, 66, 73, 74
Lüftung 11, 12, 13, 25, 26, 52, 53, 55, 56, 64, 67, 68
Luftwechsel 52, 54, 55, 58, 59, 60, 66, 67, 71, 219, 232, 233, 234, 235, 236, 237
Luftwechselrate 26, 53, 56, 58, 59, 212, 213, 222, 231
Maison des Comédiens 147
Marzabotto 20
Meer 17, 46
Mehrzonenmodell 25
Mittelgasse 22, 32, 131, 159
Mittelmeerraum 46, 64, 76
Monatsbilanz 213, 235
Naturkatastrophen 6
Nordafrika 46
Nordgriechenland 17

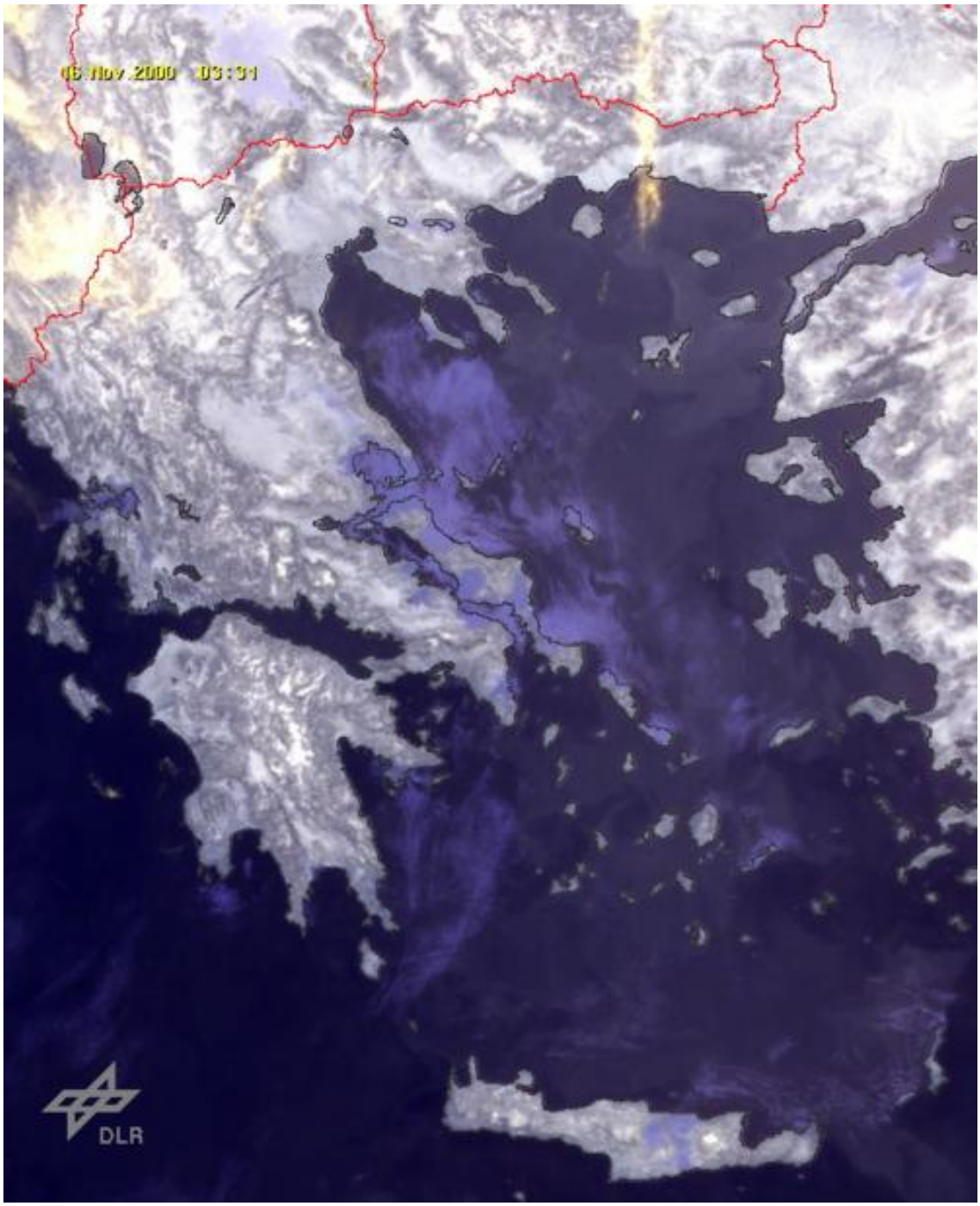
Nordhügel 14, 16, 17, 19, 21, 23, 35, 77, 126, 128, 134, 163
Nutzerprofil 53, 55, 69, 199, 200, 202, 203, 204
Ofen 180, 181
Oikos 30, 32, 33, 38, 40, 41, 48, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 63, 64, 65, 68, 69, 71, 81, 82, 83, 86, 147, 152, 153, 154, 157, 158, 160, 209, 210, 211, 212, 213, 220, 221, 222, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237
Olynth 11, 13, 16, 17, 19, 21, 22, 27, 29, 32, 34, 36, 38, 39, 46, 48, 56, 62, 66, 77, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 123
Olynthos 104
Olynthus 16, 17, 18, 31, 44, 46
Opaion 54
Pallene 17
Pastas 30, 50, 56, 67, 80, 83
Pastashauses 11, 13, 16
Pastashaustyp 13
Pella 29, 143
Philip II 18
Piräus 22, 136
Planung 7, 14, 21, 72, 77, 79
Plinius 36
Pompeji 64, 89, 102, 185
Priene 19, 20, 23, 77, 90, 103, 105, 107, 108
Prostas 29
Prostastyp 23
Prothyron 42
Raumklima 25, 27, 63, 73
Raumlufttemperatur 50, 51, 59, 60, 71
Raumtemperatur 70, 73, 214
Ressourcen 5, 6, 9, 13
Rohstoffen 6, 73
Satelittenbild 121
Simulation 11, 16, 25, 26, 27, 35, 46, 51, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 69, 71, 76, 84, 86, 87, 115
Simulationstechniken 9
Sithonia 17
Solararchitektur 11, 14
Solarenergie 5, 9
Solarenergienutzung 9, 26
Solartechnik 8
Stadt 17, 18, 21, 77, 81, 86
Städtebauer 9
Stadtentwicklung 17
Stadtplanung 13
Stilrichtung 15
Südhügel 17, 18, 127, 138
Südtyp 35, 165
Suffizienz 8
Technik 5, 7, 8, 10, 11, 36, 85
Temperaturverlauf 26, 51, 53, 55, 56, 74, 209, 210, 214, 217, 218
Tonofen 178, 179
Trägheit 59, 69, 71
Treppe 21, 29, 33, 38, 41, 42
Triklinien 34
TRNSYS 25
Tür 32, 42, 48, 50, 52, 53, 55, 56, 59, 60, 61, 66, 67, 68, 69, 71, 83, 88, 141, 175, 196, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 212, 213, 222, 231, 234, 235, 238
Umwelt 5, 7
Verschattung 50, 56, 60, 65, 67, 83

Wärme 6, 7, 8, 12, 28, 64, 67, 68, 76, 83, 86
Wärmeeintrag 52, 53, 54, 55, 57, 58, 60, 68, 69, 70, 71, 83
Wasser 5, 7, 11, 18, 21, 42, 64, 66, 74, 75, 80, 84, 86
Wasserversorgung 38, 76
Werkstatt 17, 42
Wiegand 108
Winckelmann 64
Winterfall 51, 71, 211, 212, 213, 216, 220, 221, 222, 225, 226, 227, 228, 229, 230
Wohlbefindens 9
Wohnen 75, 78
Worldwatch Institute 6
Xenophon 29, 77, 78
Zisterne 29

TAFELN

Tafel 1

Satelittenbild Griechenland



Quelle: DLR www.dlr.de

Tafel 2

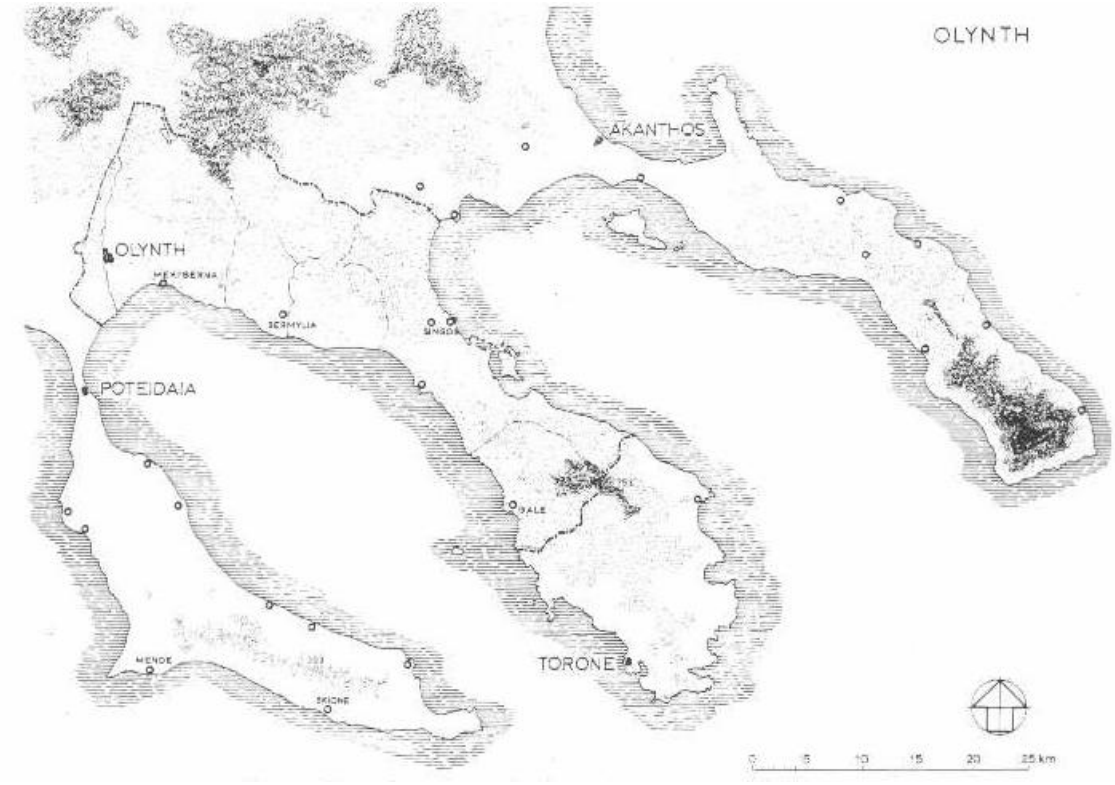
Karte der Ägäis in der hellenistischen Zeit

Das antike Griechenland und Kleinasien

Quelle: Butti - Perlin (1980) 2

Tafel 3

Umgebung von Olynth mit Küstenverlauf



Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 27

Tafel 4

Neustadt mit planmäßiger Erweiterung nach 432 vor Christus

Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 30

Tafel 5

Olynth: Erweiterung der Neustadt innerhalb und vor den Mauern

Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 31

Tafel 6

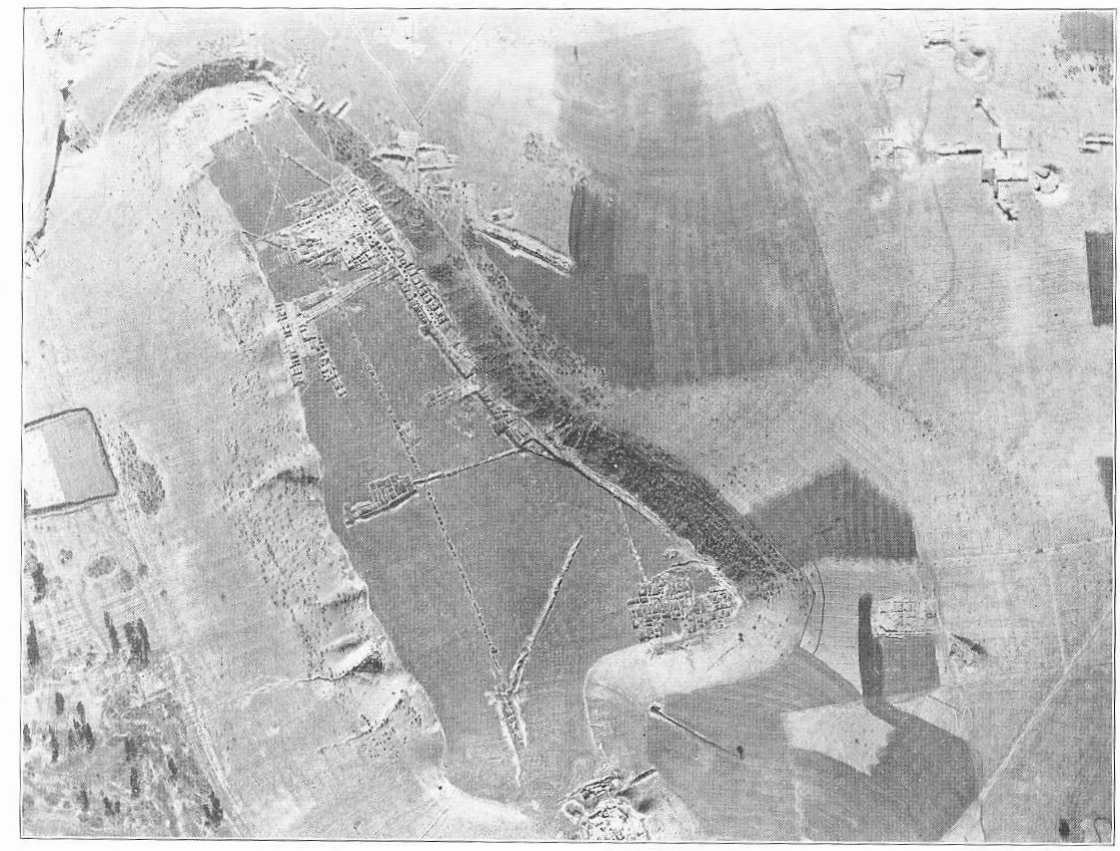
Luftaufnahme Nordhügel Olynth, genordet

Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 2

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 7

Luftaufnahme Südhügel Olynth, genordet

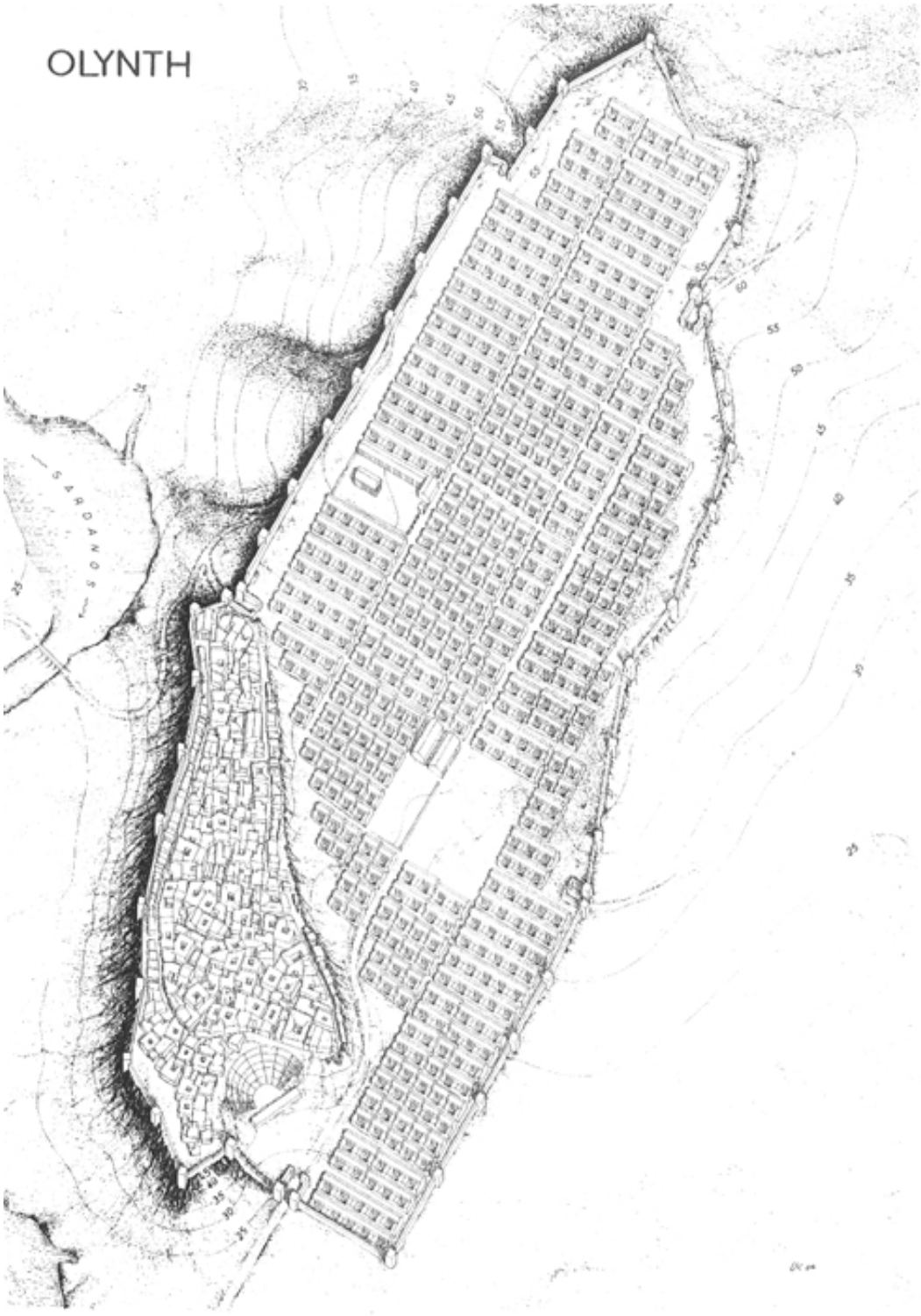


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 1

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 8

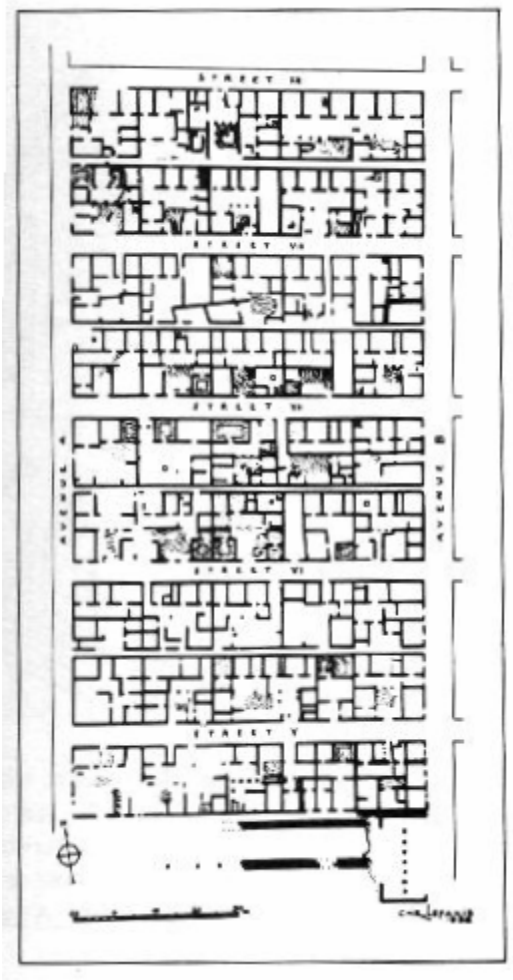
Rekonstruktion der Neustadt auf dem Nordhügel



Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 35

Tafel 9

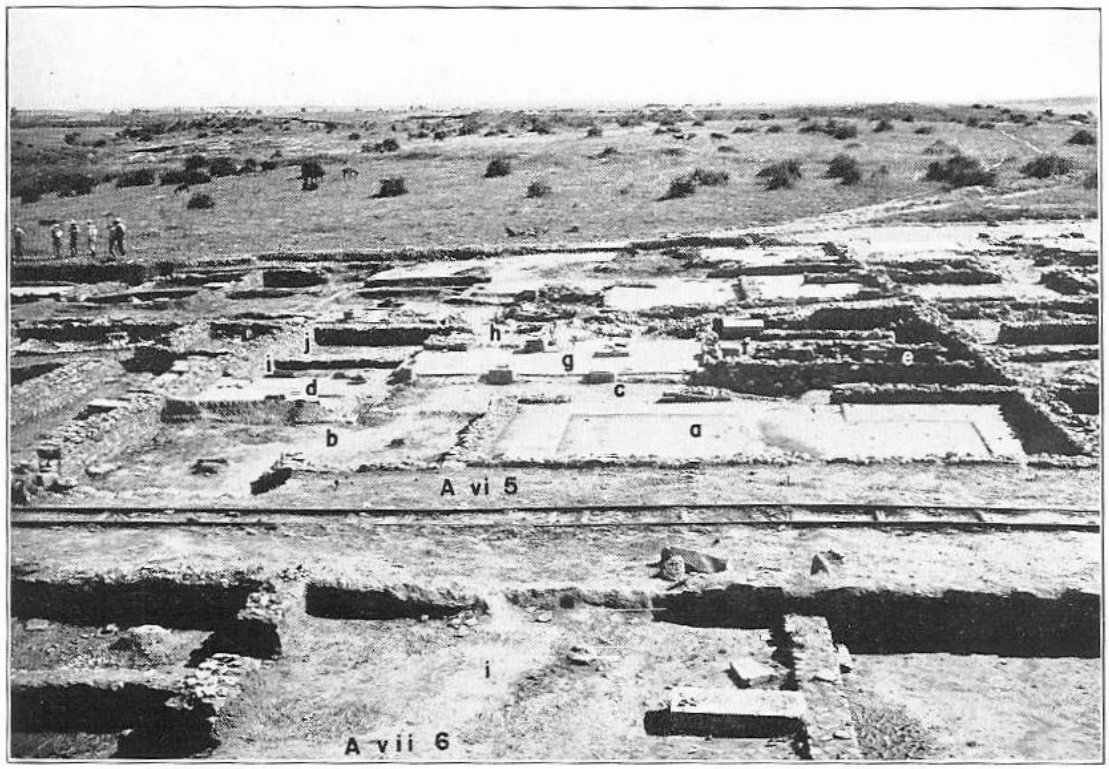
Olynth, Insulae der Nordhügelerweiterung



Quelle: Butti - Perlin (1980) 6

Tafel 10

Freigelegte Fundamente der Häuser A vi 5 und 6 von Norden

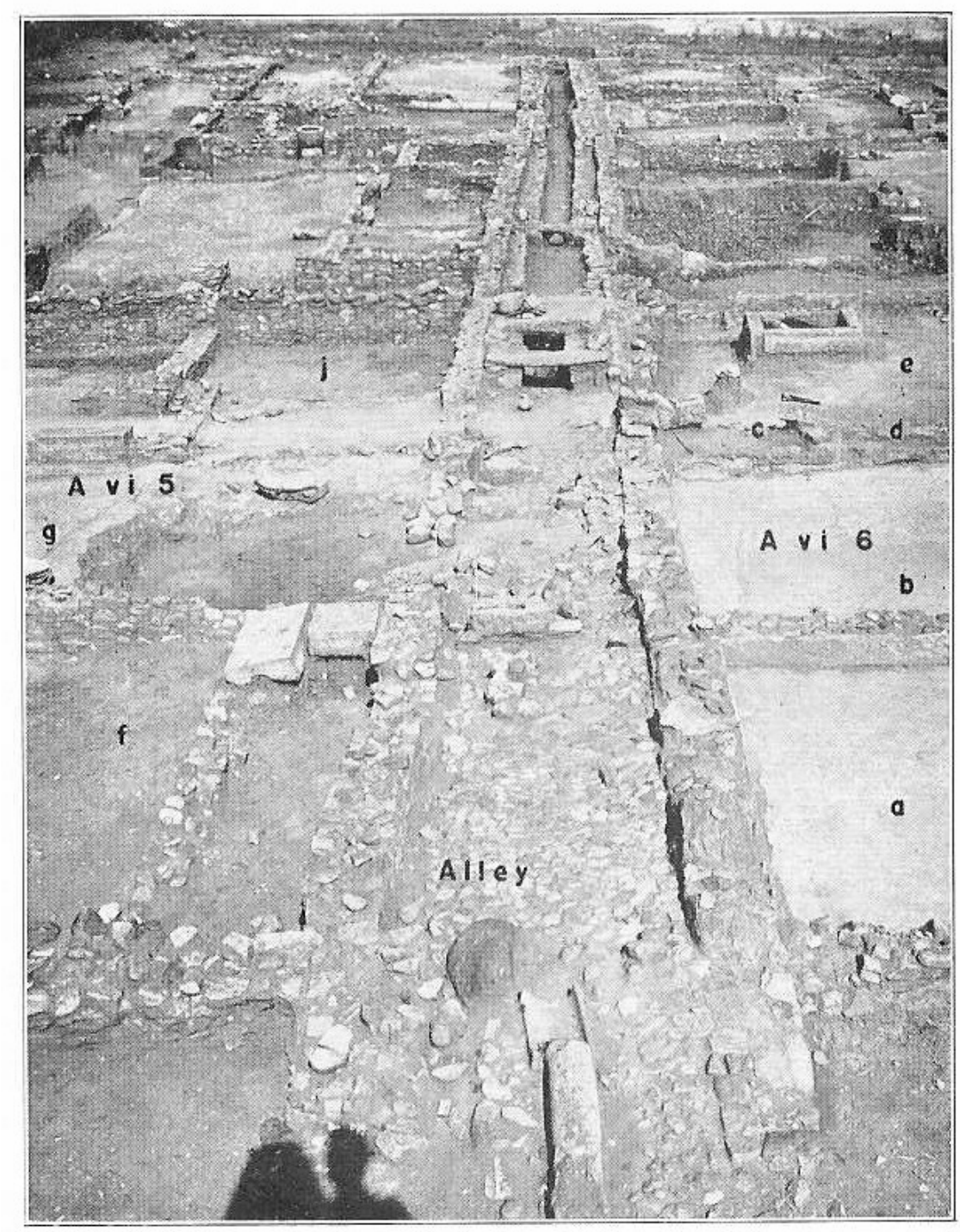


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 35-1

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 11

Grundmauern von den Häusern A vi5 und A vi6 mit ihrer Mittelgasse, von Westen

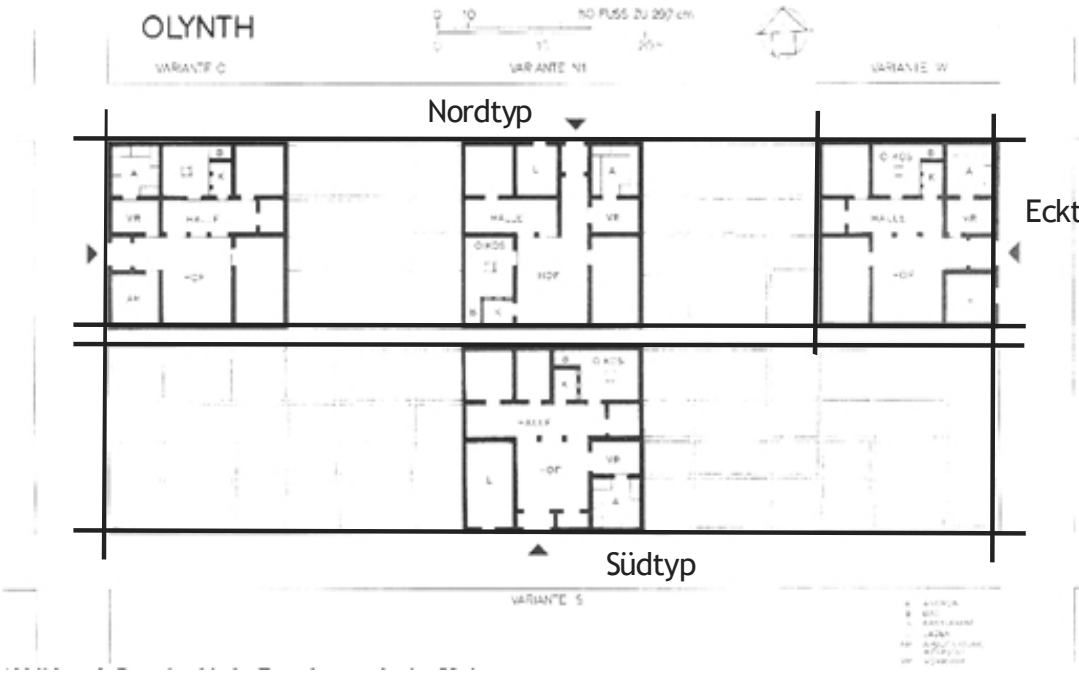


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 25-2

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 12

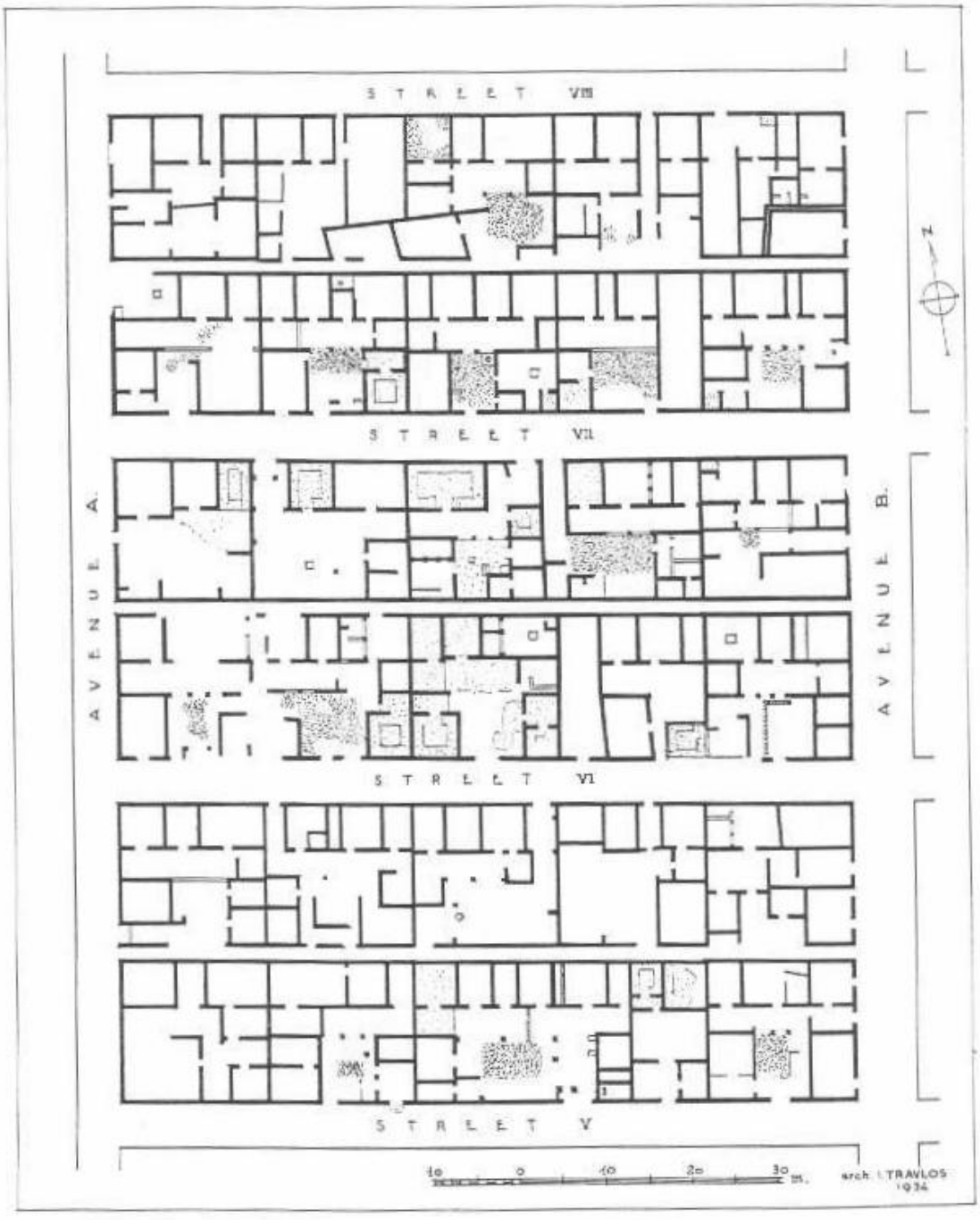
Nord-, Süd- und Ecktyp, exemplarisch



Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 49

Tafel 13

Olynth, Plan der Insulae



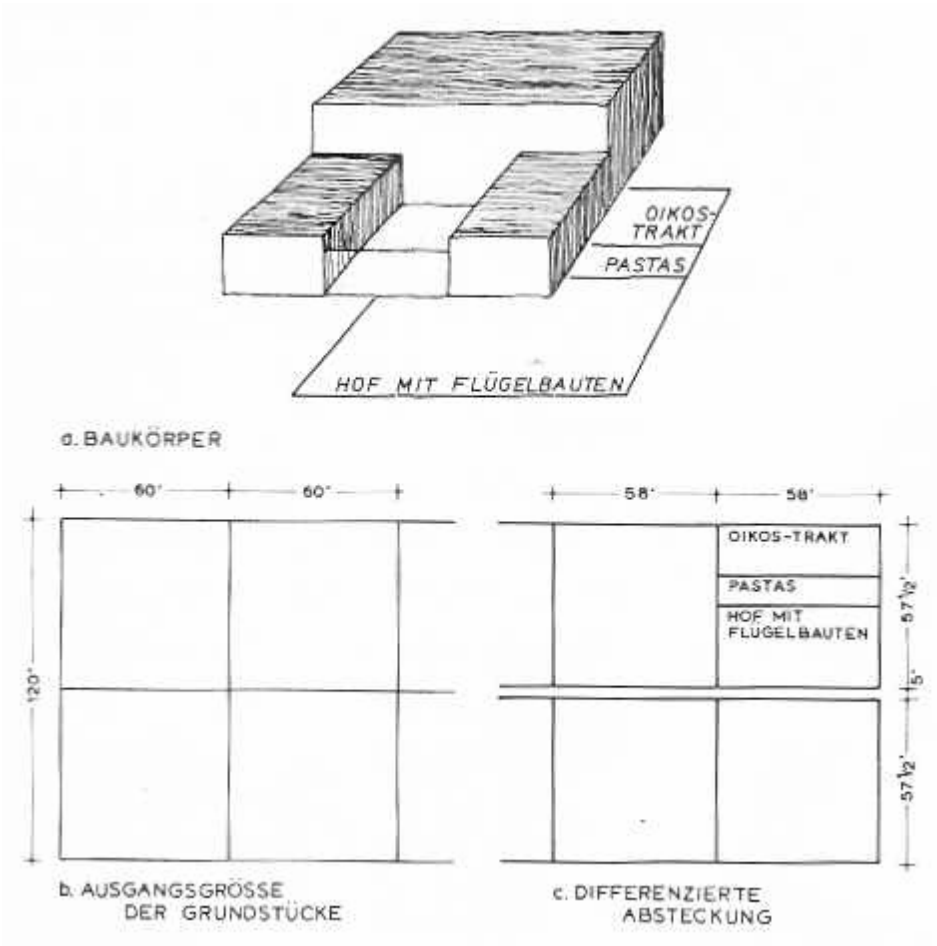
Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 94

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 14

Schema der Bebauung, Nordhügel

^



Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 48

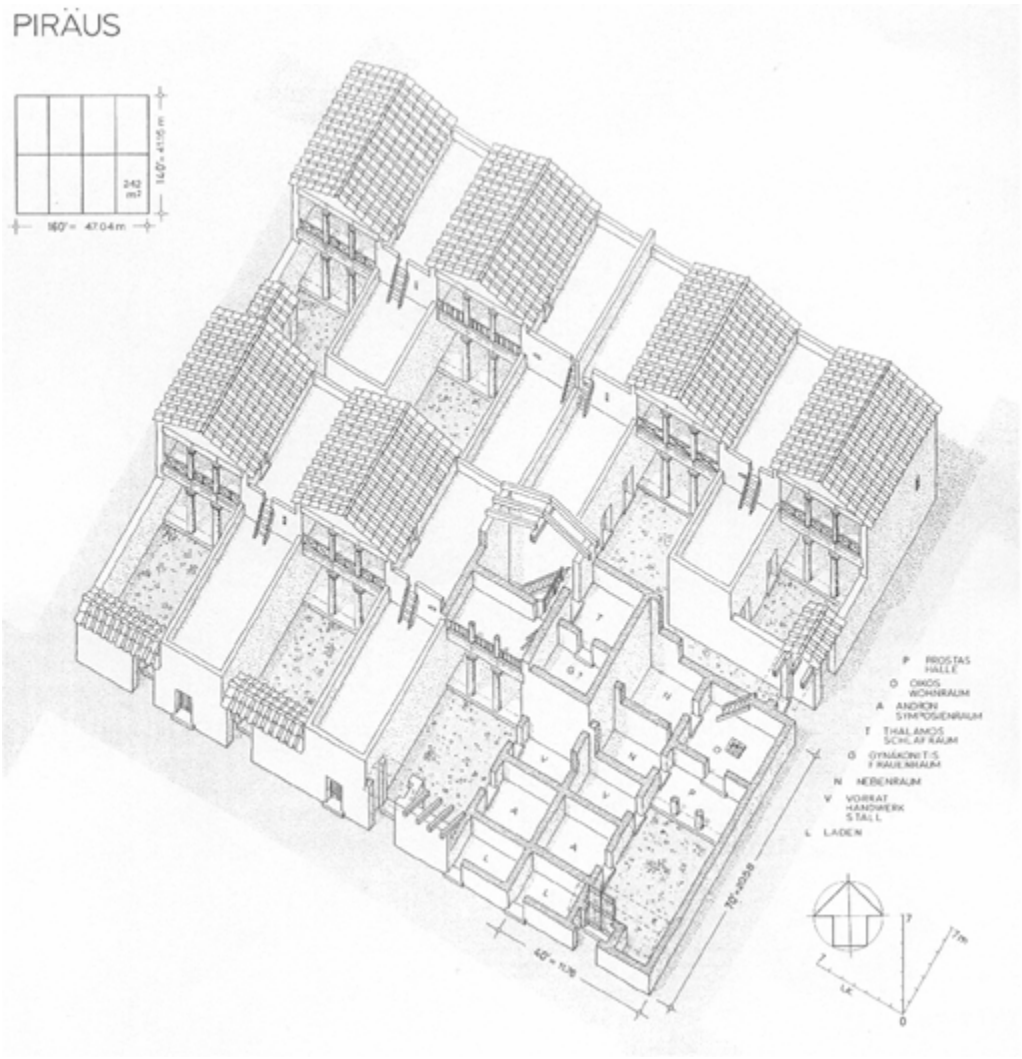
Tafel 15

Insula A vi Häuser 3, 5, 7, Nordteil

Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 45

Tafel 16

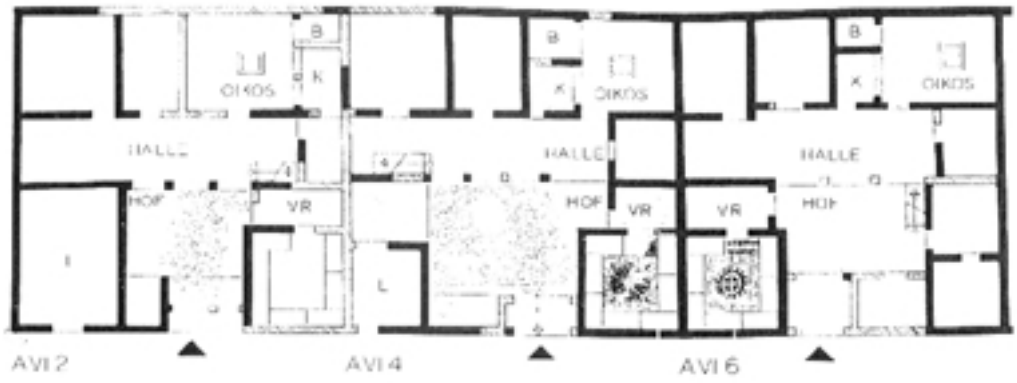
Piräus Rekonstruktion Insula



Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 17

Tafel 17

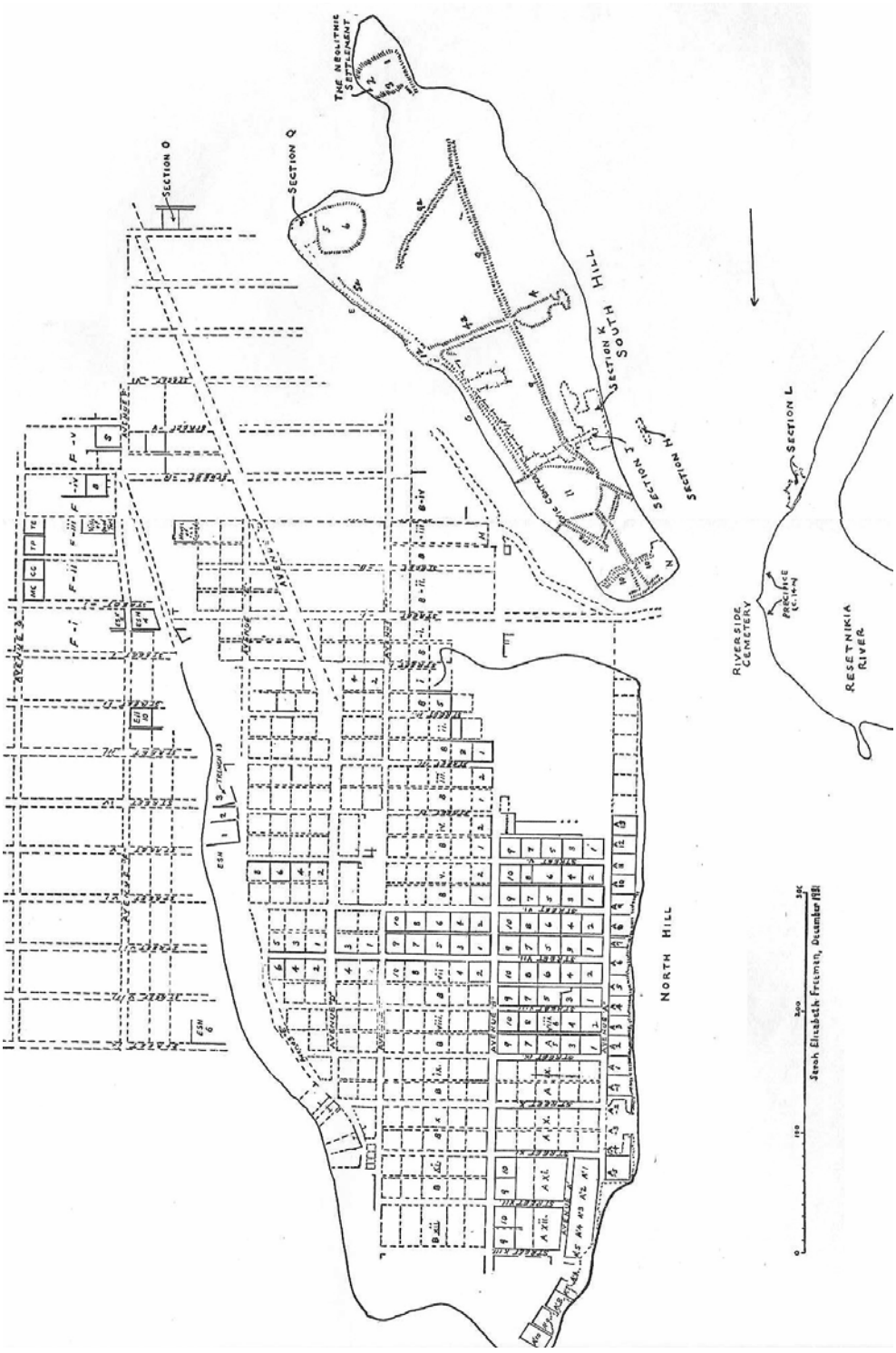
Insula A vi Häuser 2, 4, 6



Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 44

Tafel 18

Straßenverlauf Nord- und Südhügel Olynth inkl. Erweiterungen

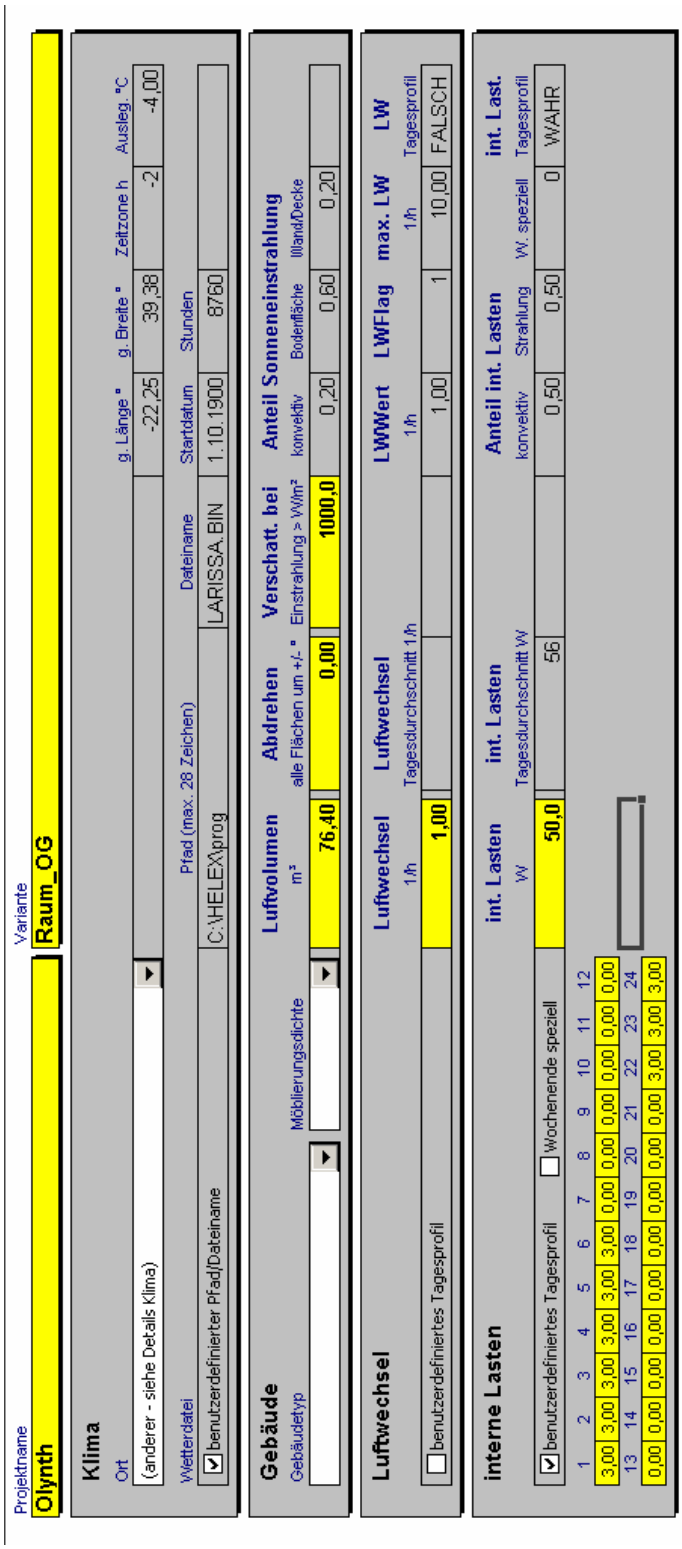


Quelle: Robinson - Graham (1946) Tafel 271

© 1946 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 19

Eingabeoberfläche Helex für Helios, Schlafraum im Obergeschoss



Quelle: Simulation

Tafel 20

Vasendarstellung mit Haustür und Fenster

Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 316

Tafel 21

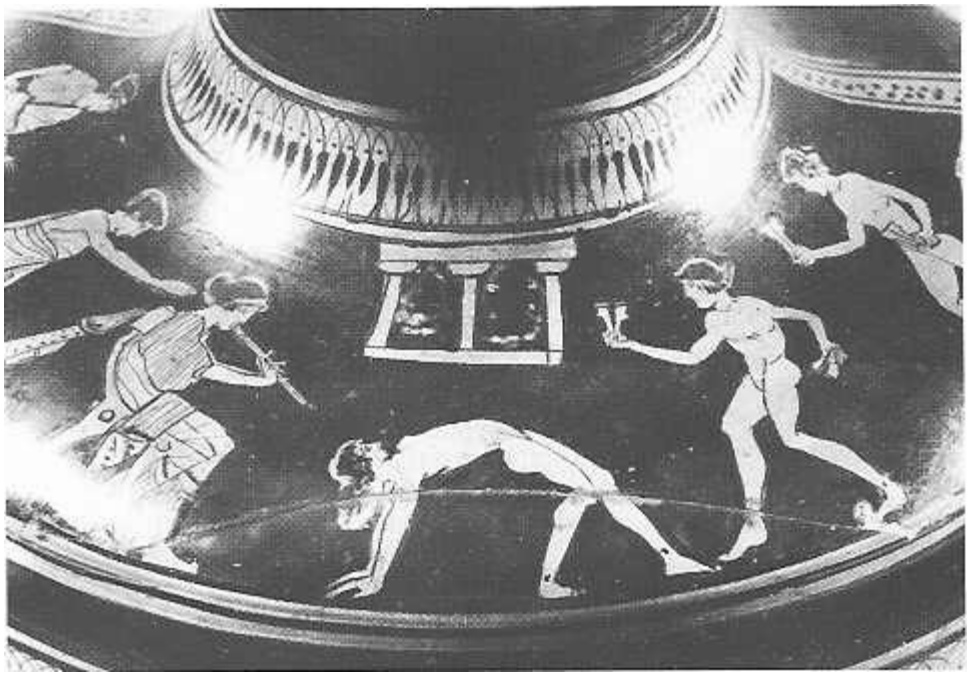
Vasendarstellung mit Tür

Das Oberteil der Tür läßt sich extra öffnen.

Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 316

Tafel 22

Vasendarstellung Doppelfenster 5. Jahrhundert vor Christus

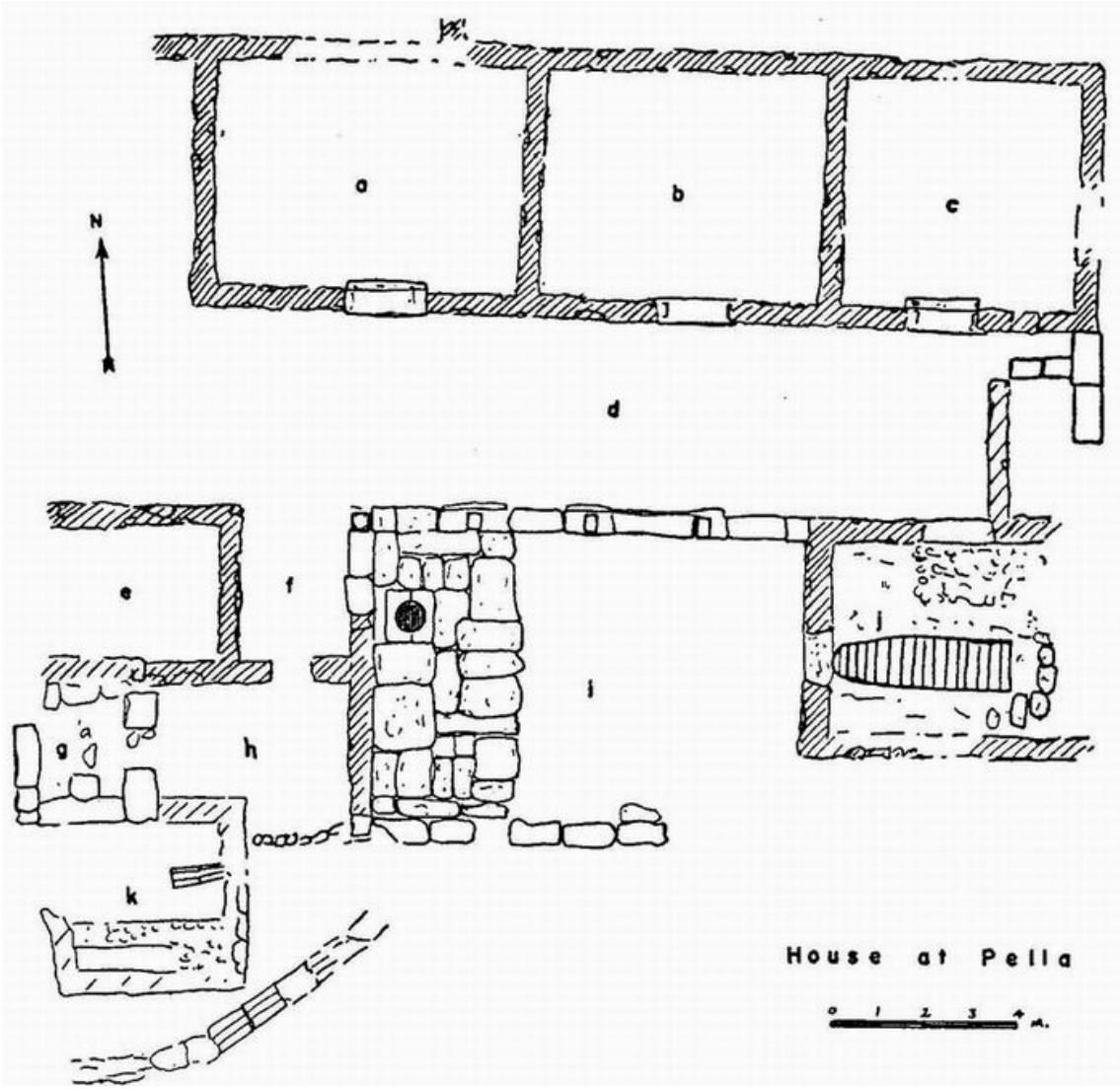


Wahrscheinlich Abbildung eines Androns.

Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 316

Tafel 23

Plan eines Hauses in Pella



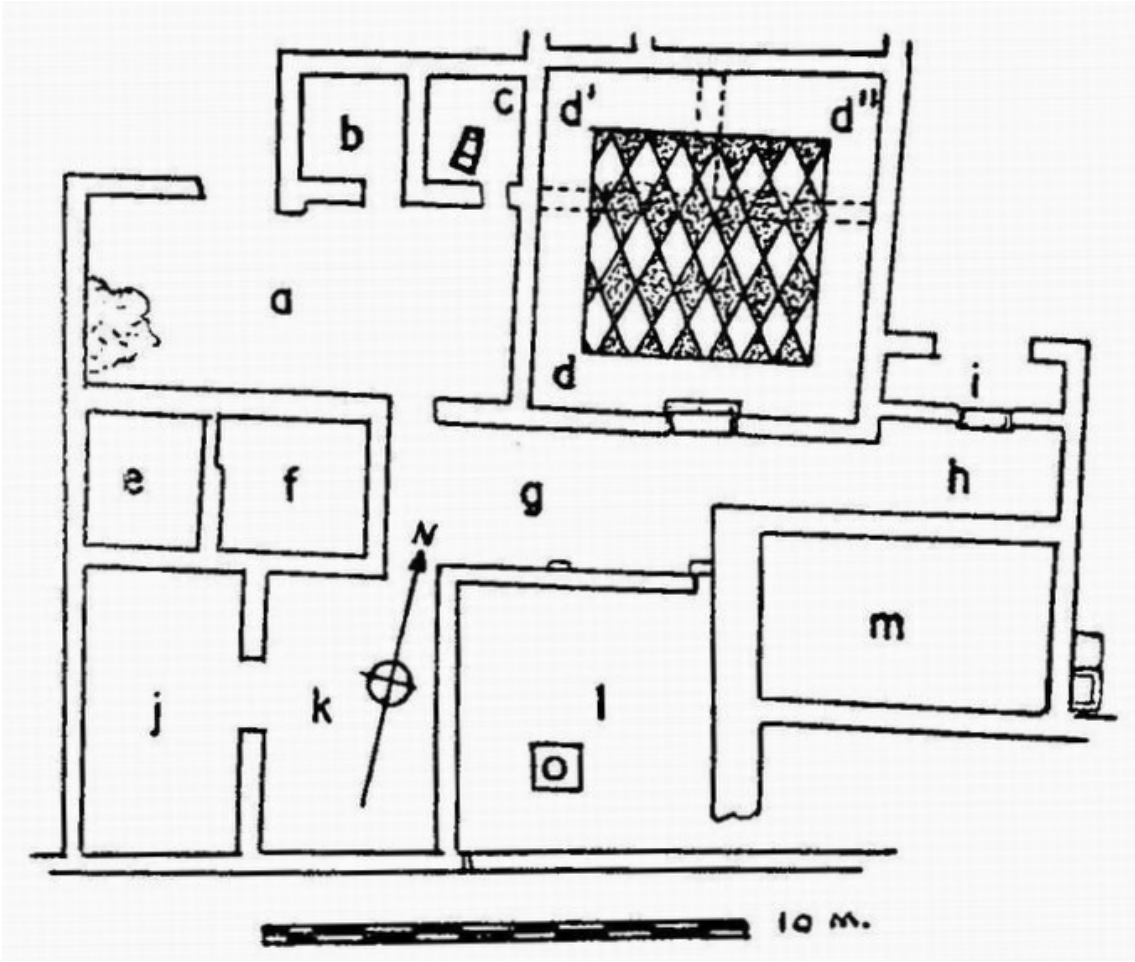
M 1:200

Quelle: Robinson - Graham (1938) 149

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 24

Plan eines Hauses in Eretria



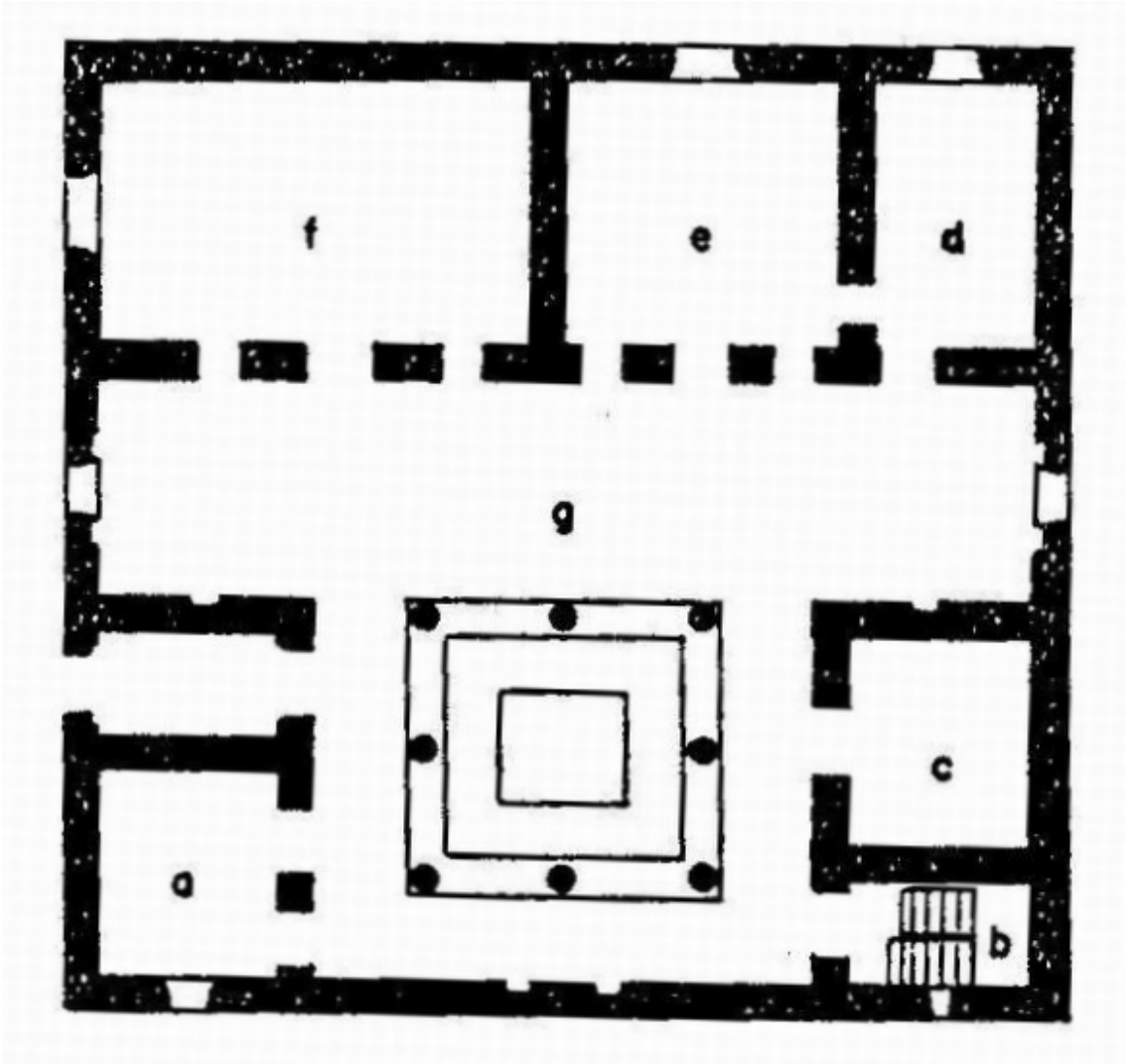
Maßstab 1:300

Quelle: Robinson - Graham (1938) 150

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 25

Maison de la Colline, Delos



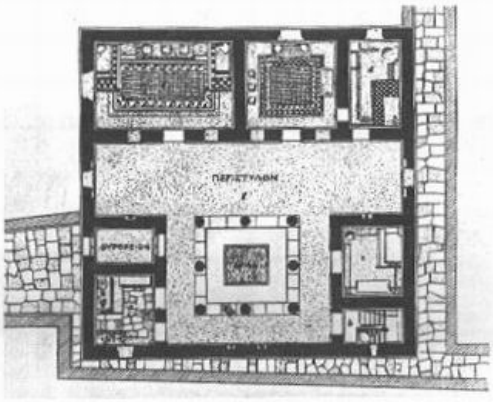
Dieser Pastas-Peristyl Typ ist einer der wenigen, von der Topographie der Insel unbeeinflußten Bauten auf Delos.

Quelle: Robinson - Graham (1938) 151

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 26

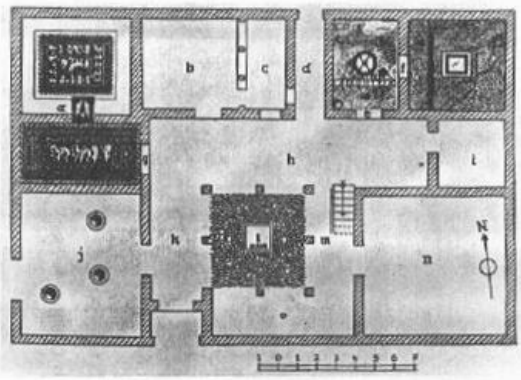
Grundriss und Schnitt Maison de la Colline, Delos und Villa de la Bonne Fortune, Olynth



1 - Maison de Délos : plan

2 - Maison de Délos : coupe

3 - Olynthe : villa de la Bonne Fortune

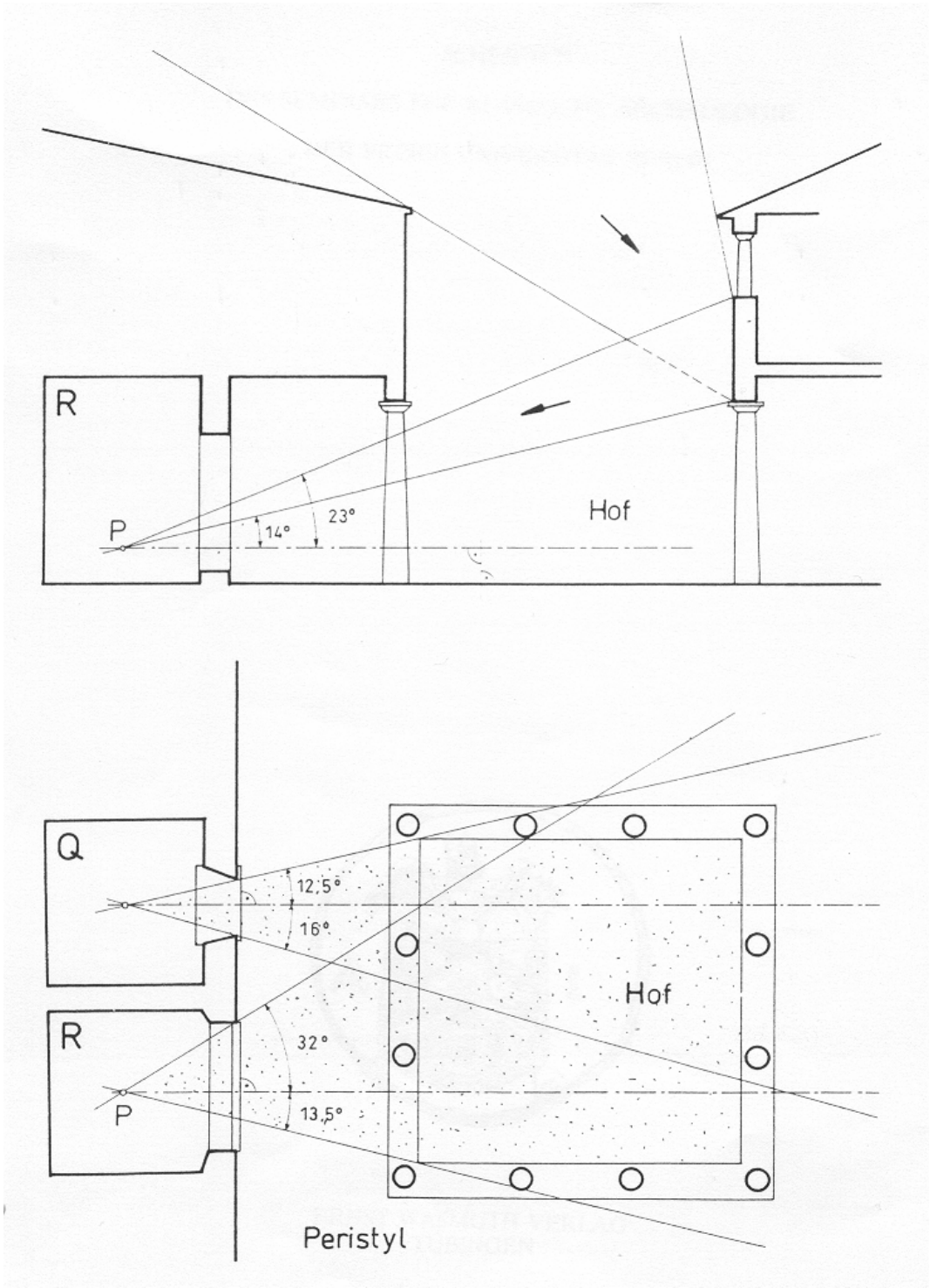


4 - Olynthe : plan de la villa de la Bonne Fortune

Quelle: Martin (1956) 22

Tafel 27

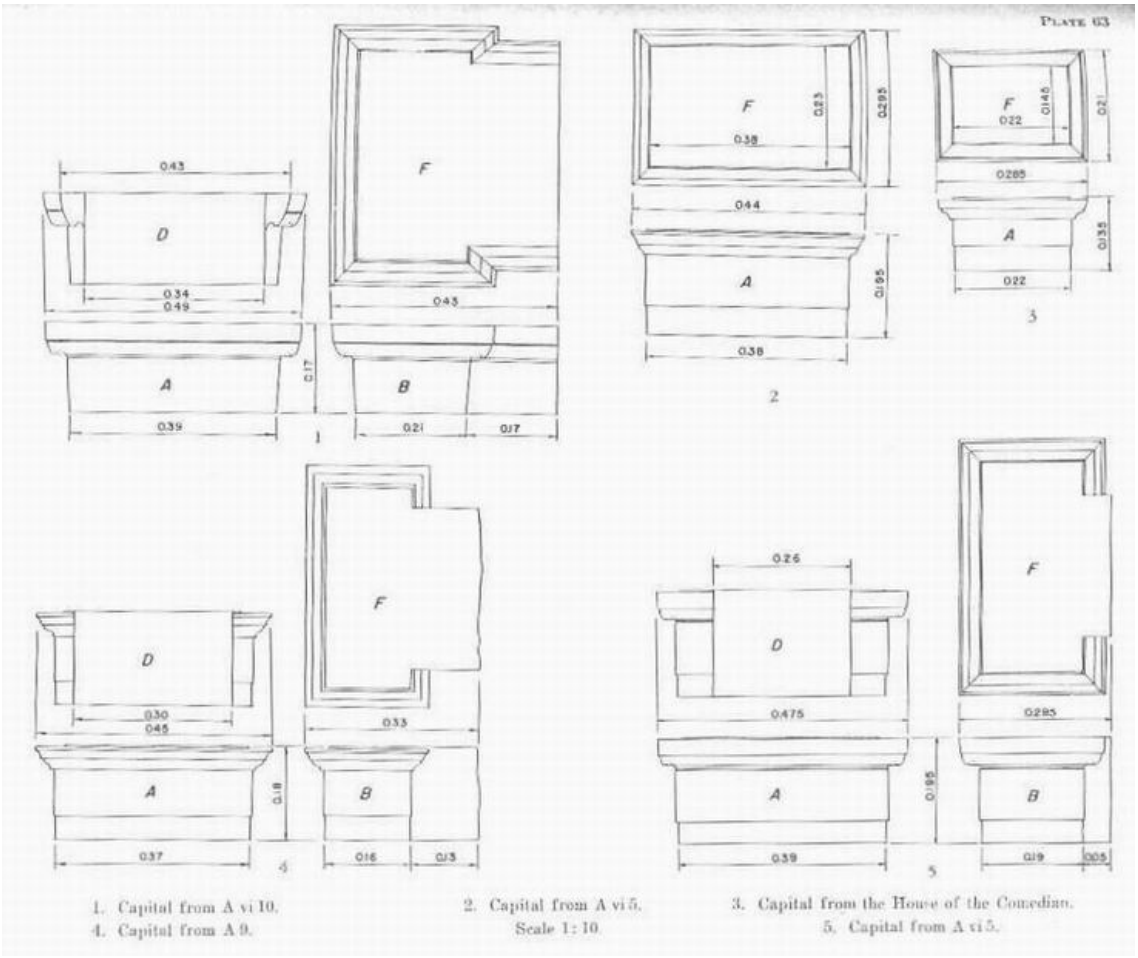
Einfall des reflektierten Lichts im Oikos: Maison des Comédiens



Quelle: Heilmeyer, Hoepfner (Hrsg.) (1990)

Tafel 28

In Olynth gefundene Kapitelle



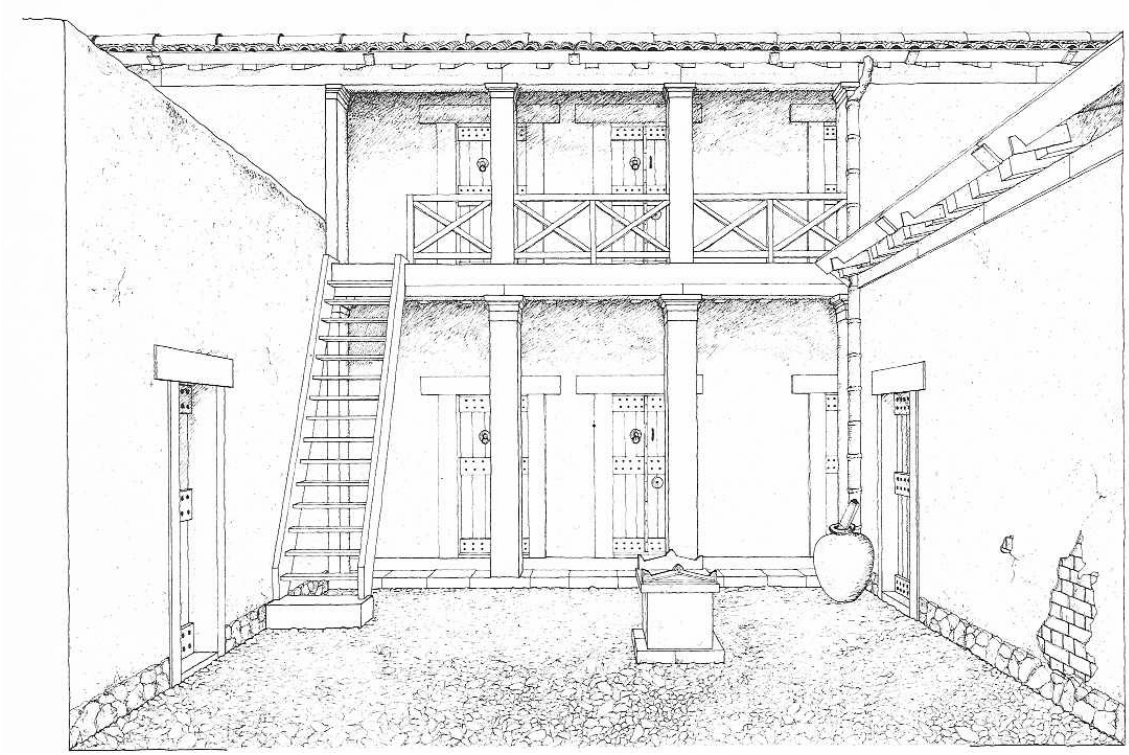
1. Capital from A vi 10.
2. Capital from A vi 5.
3. Capital from the House of the Comedian.
4. Capital from A 9.
Scale 1: 10.
5. Capital from A vi 5.

Quelle: Robinson - Graham (1938) 63

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 29

Rekonstruktion Pastashof, Olynth



Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 58

Tafel 30

Sogenanntes Haus des Sokrates nach mitteleuropäischer Sicht

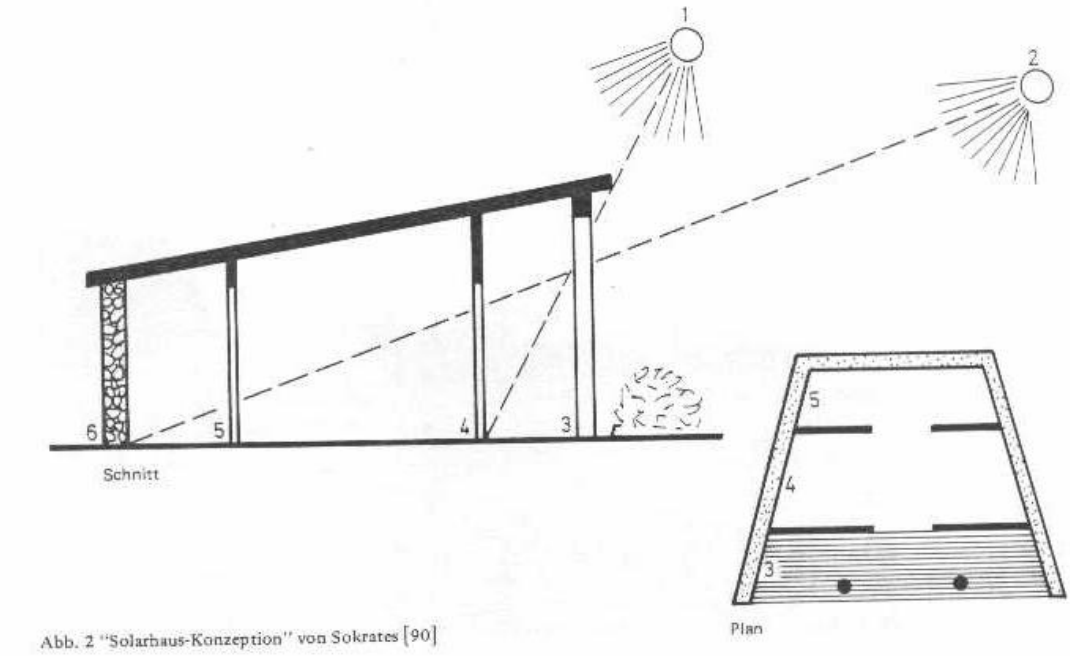


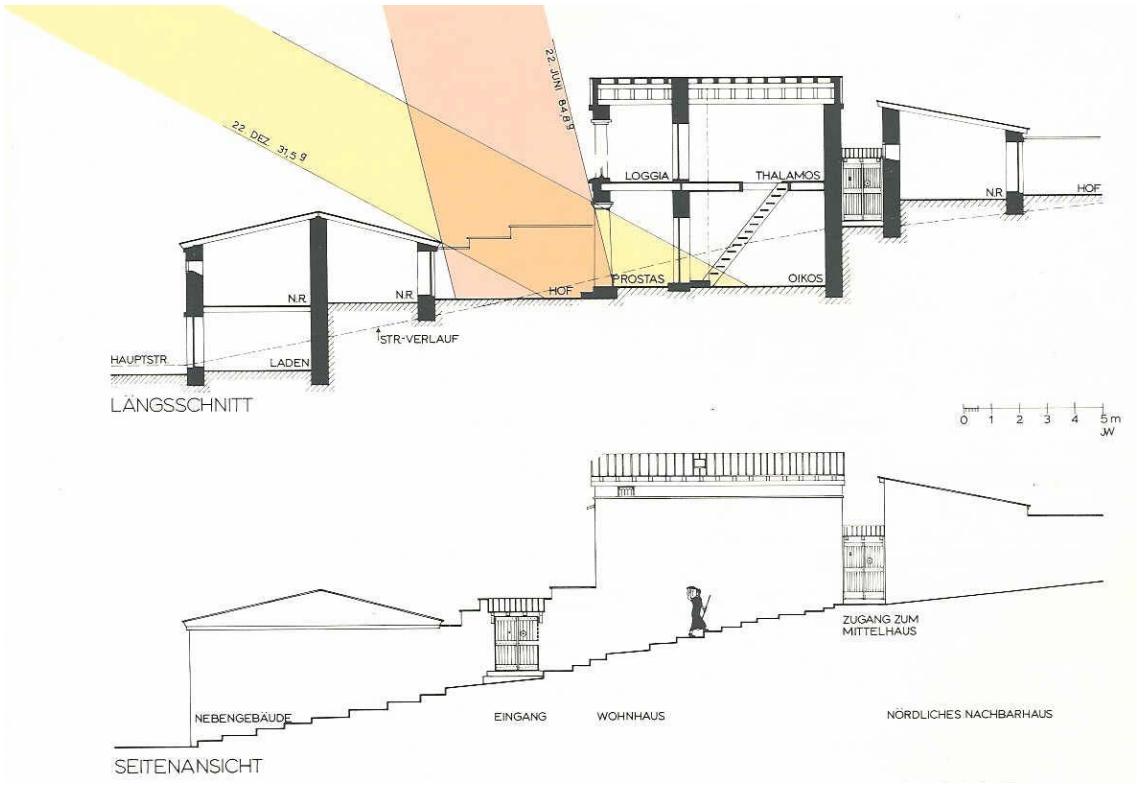
Abb. 2 "Solarhaus-Konzeption" von Sokrates [90]

Im Schema aus nordeuropäischer Sicht. So war es sicher nicht gedacht, da Hofhäuser üblich waren.

Quelle: Ohlwein (1979) 8

Tafel 31

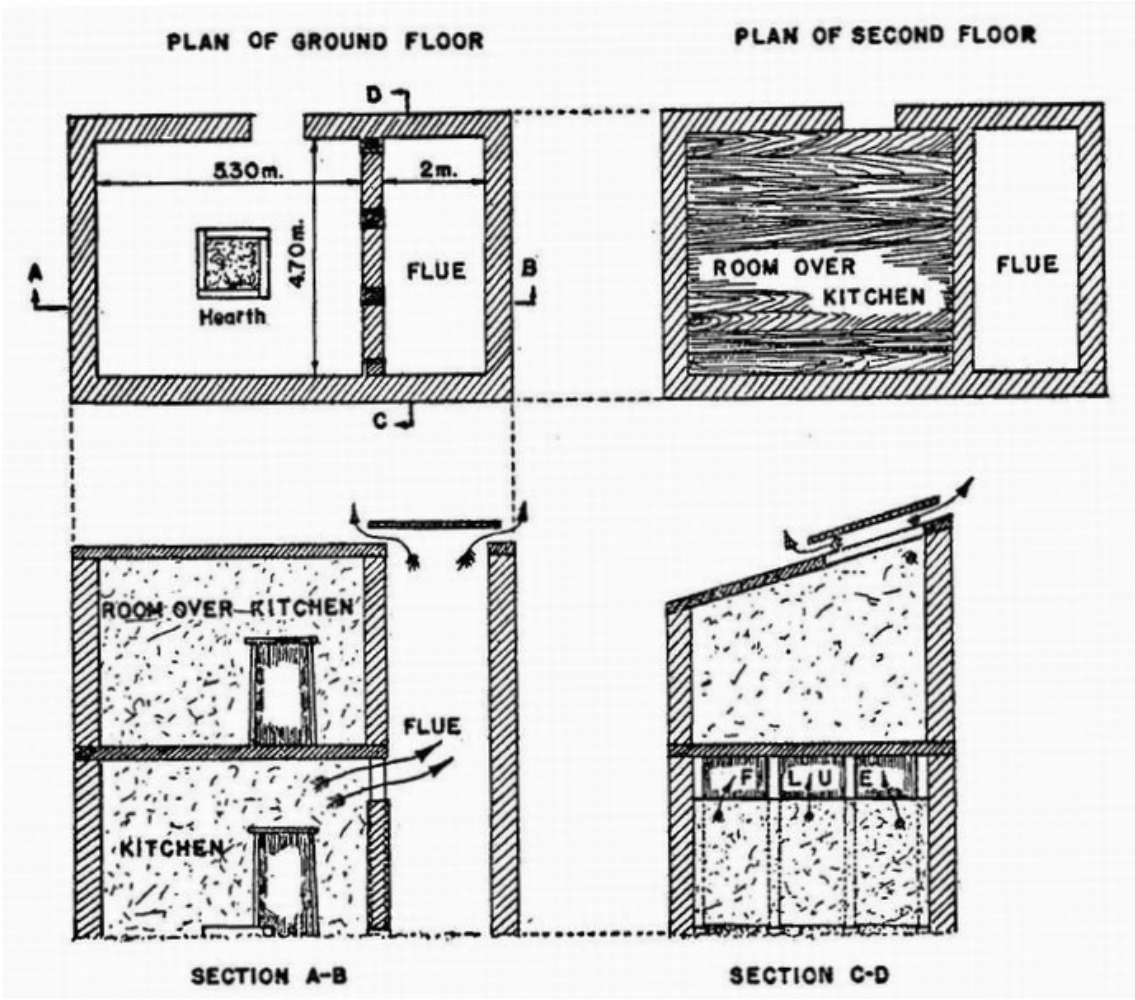
Sogenanntes Haus des Sokrates nach antiker Sicht am Beispiel eines Hauses in Priene



Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 319

Tafel 32

Rekonstruktion Oikos mit Nebenräumen

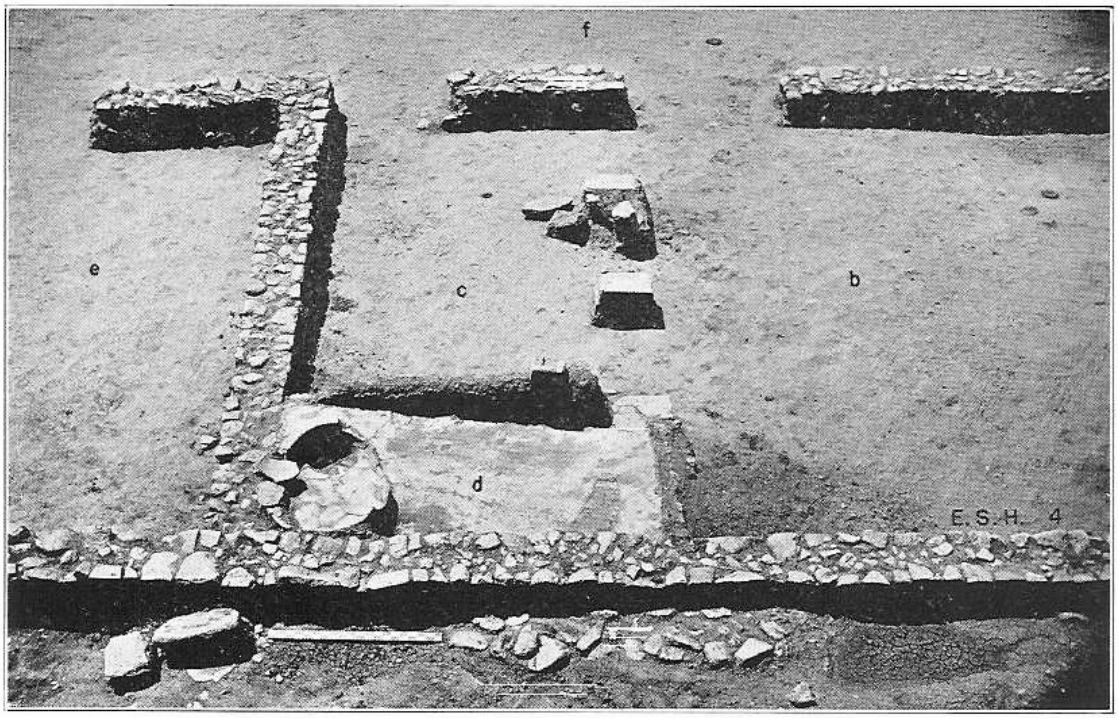


Quelle: Robinson - Graham (1938) 191

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 33

Oikos (b) mit abgetrenntem Bade- (d) und Kaminraum (c)

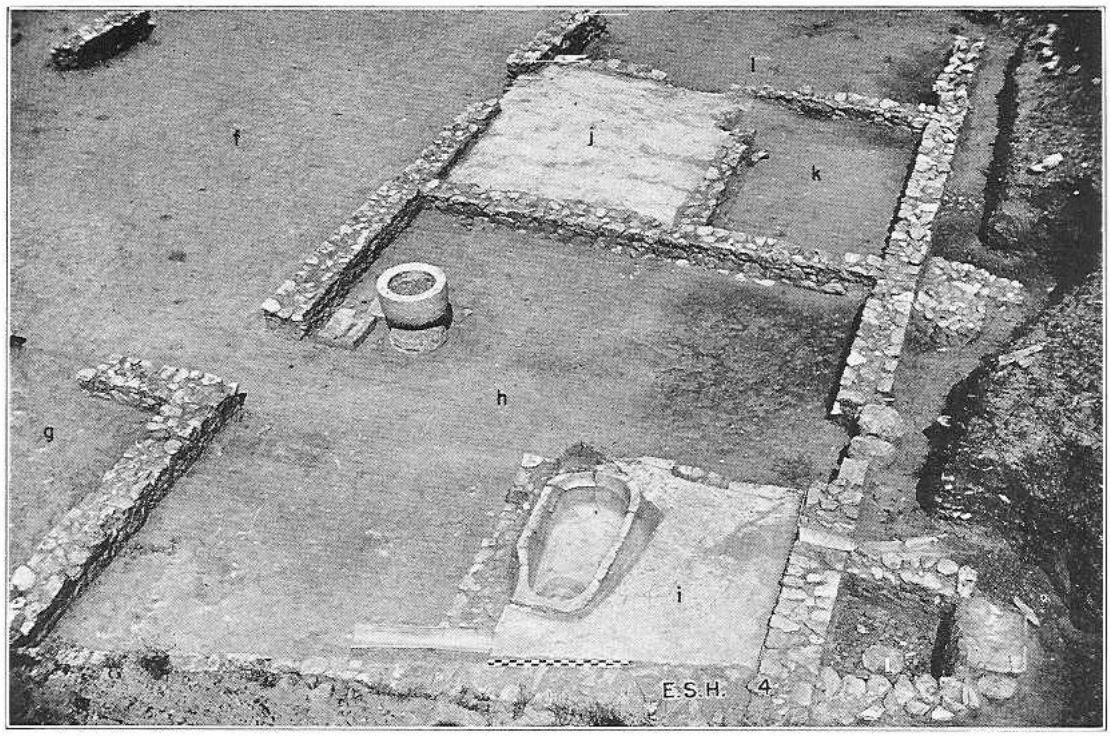


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 49-1

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 34

Oikos mit abgetrenntem Baderaum

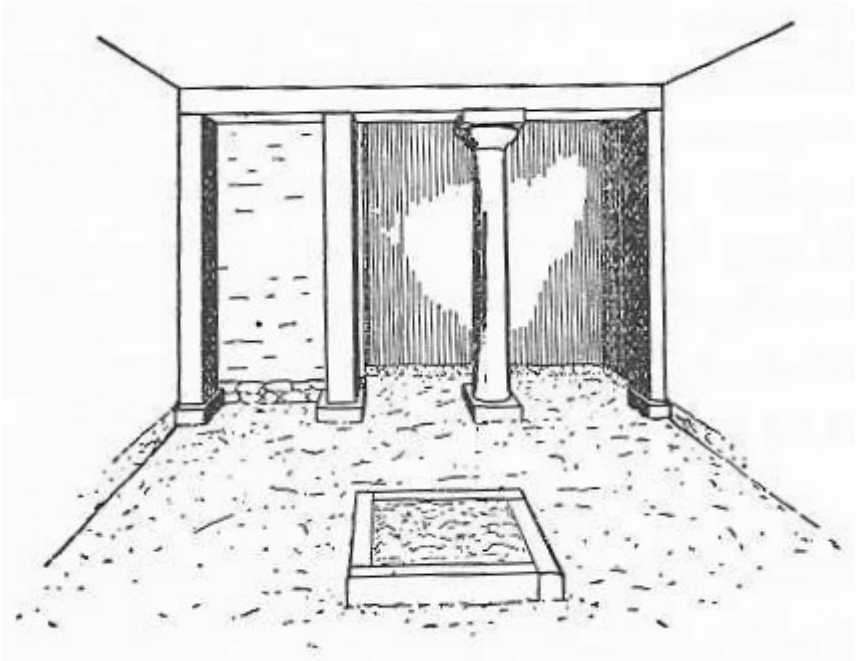


Quelle: Robinson – Graham (1938) Tafel 49-2

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 35

Rekonstruktion Kaminraum, Haus des Schauspielers

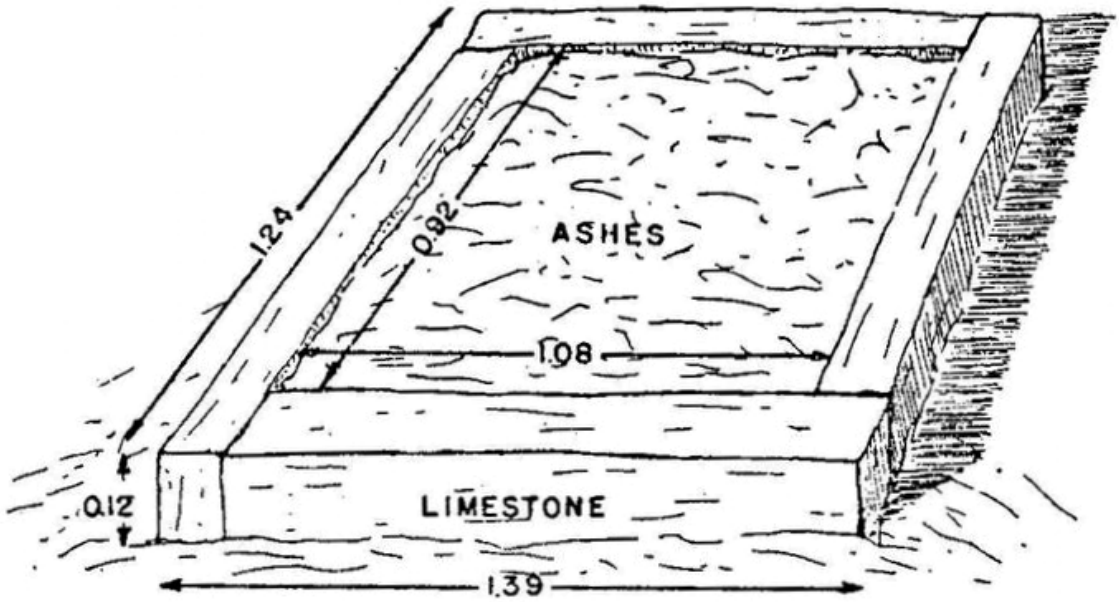


Quelle: Robinson - Graham (1938) 196

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 36

Skizze eines Herdes, Olynth



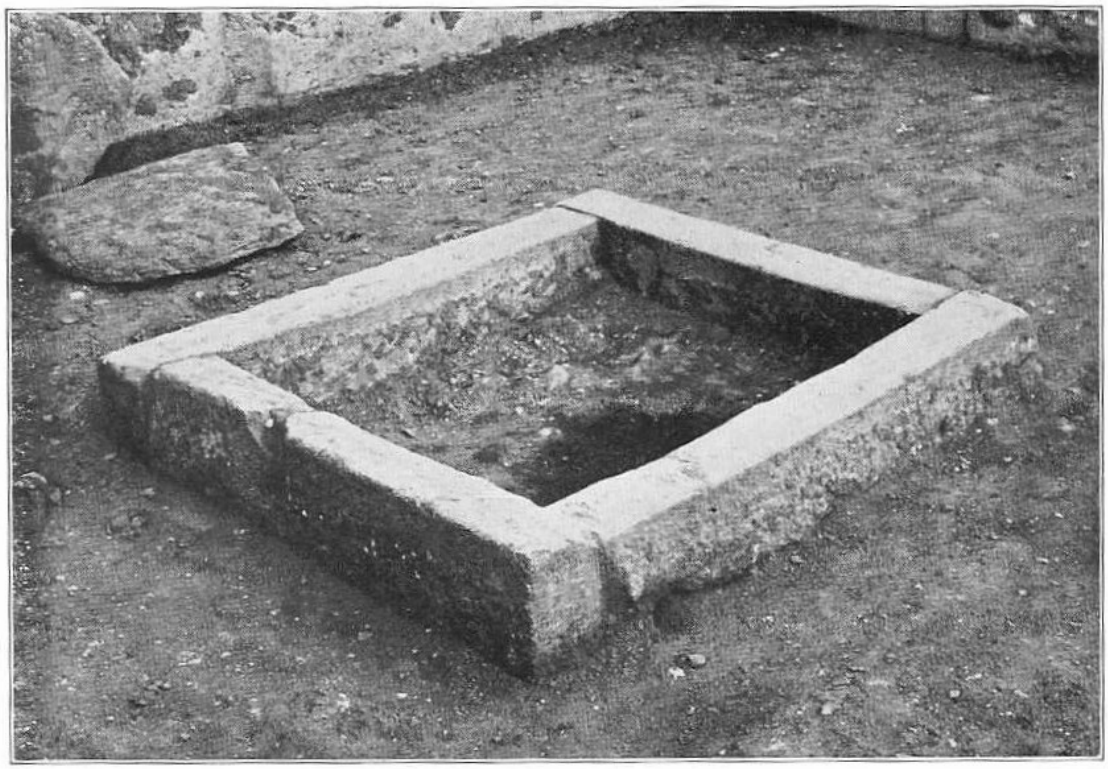
Diese Skizze zeigt die durchschnittliche Form und Größe eines Herdes/Feuerstelle in Olynth.

Quelle: Robinson - Graham (1938) 186

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 37

Herd im Oikos A vi 10



Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 52-1

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 38

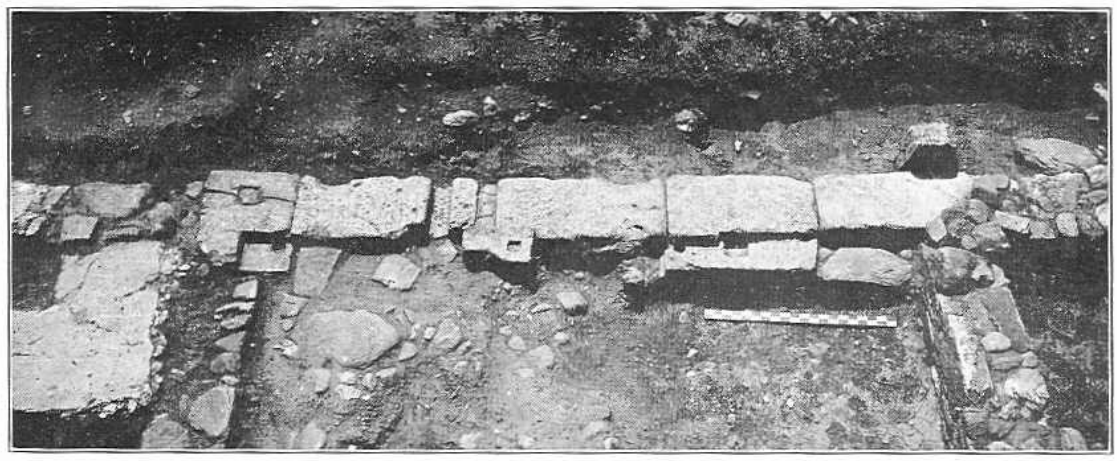
Wanne im Nebenraum eines Oikos

Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 53-1

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 39

Olynth, Wasserabfluss zur Mittelgasse

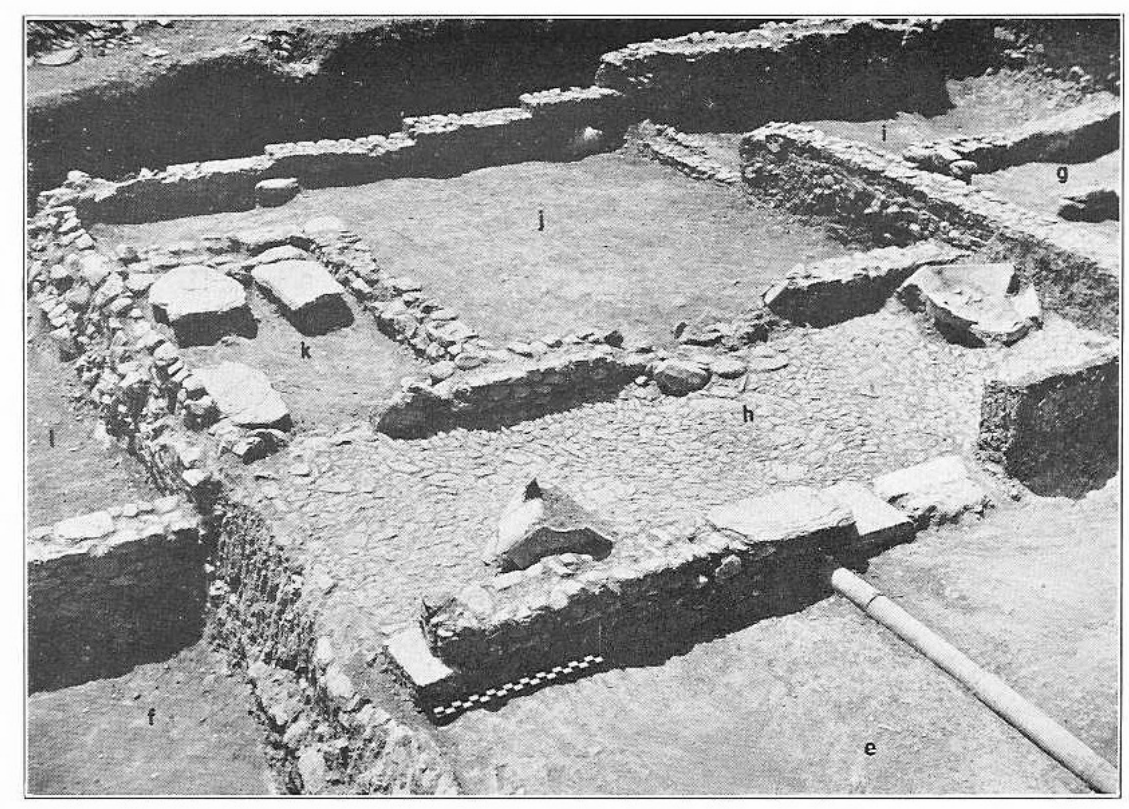


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 69-2

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 40

Haus A iv 9 mit Hof (h), Oikos (j, k)

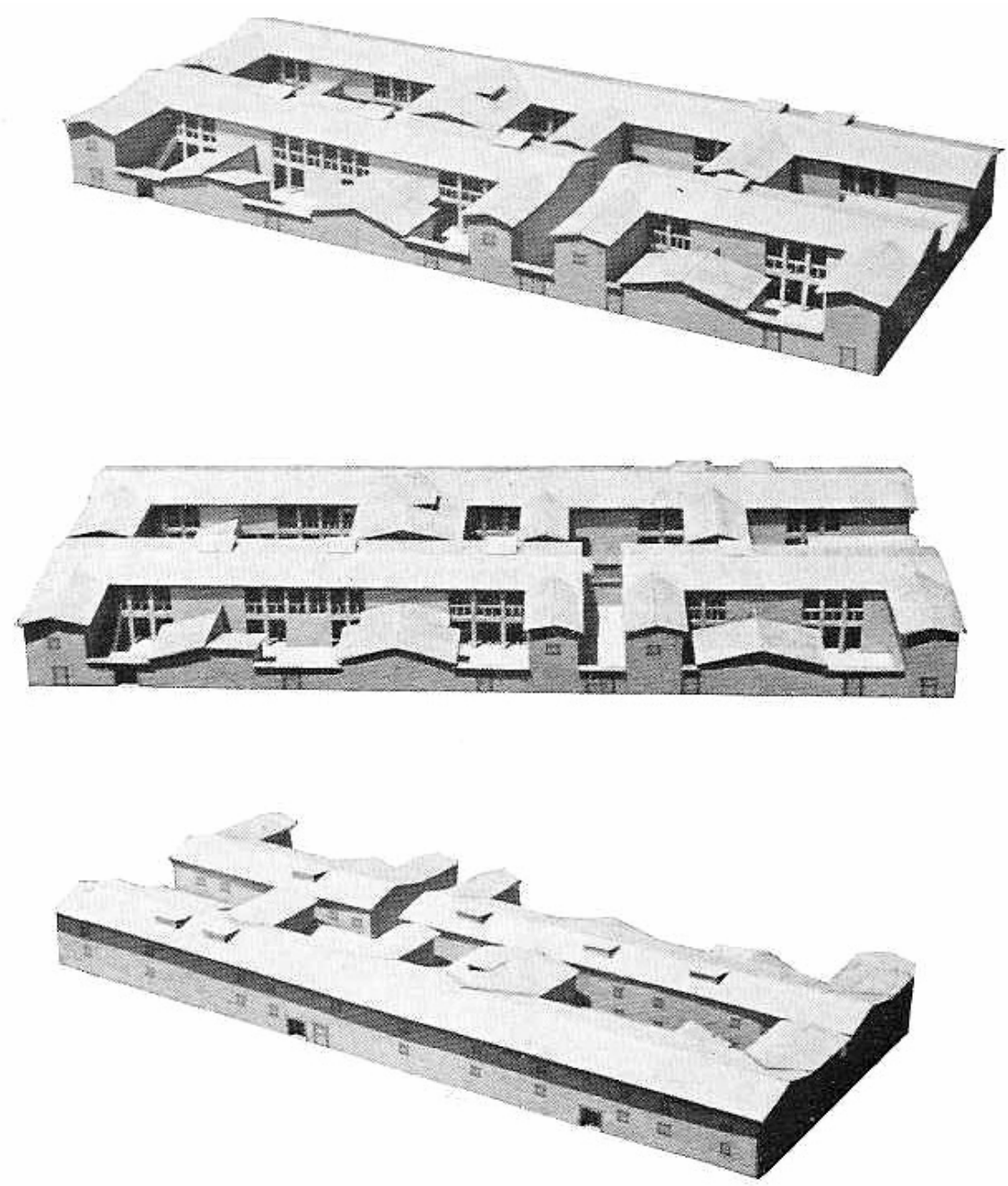


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 24-1

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 41

Drei Ansichten des Modells der Insula A vi in Olynth



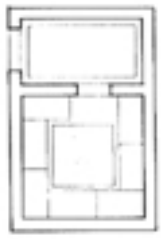
Oben: Ansicht von Südosten, Mitte: aus Süden, Unten: Nordwest, das Originalmodel ist im Maßstab 1:200.

Quelle: Robinson - Graham (1938) 99

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 42

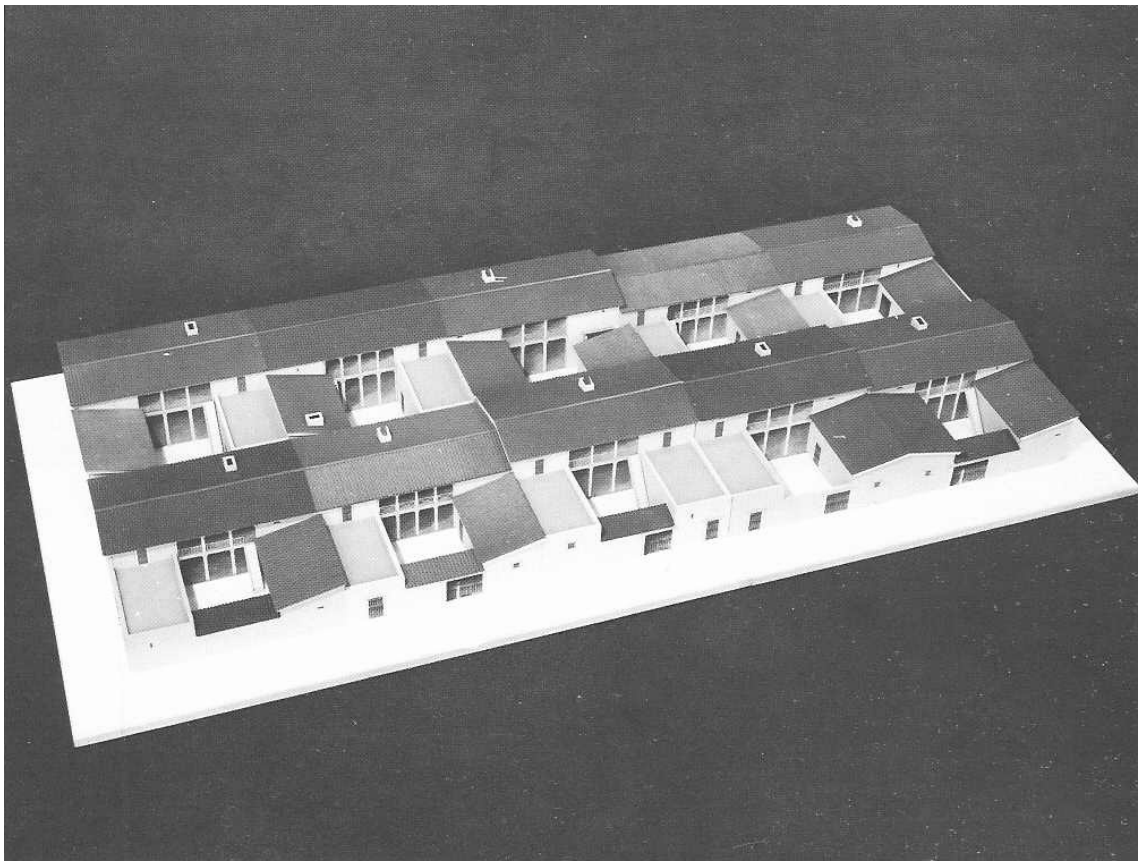
Andron mit Vorraum



Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 48

Tafel 43

Modell Rekonstruktion einer Nordhügel Insula

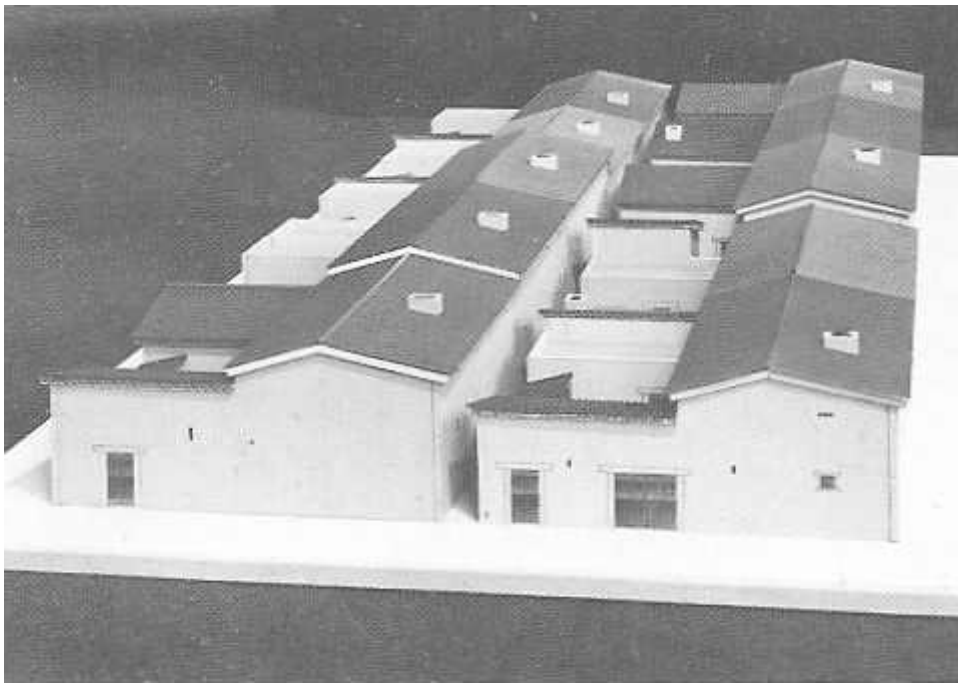


Das Flachdach über dem wichtigsten Raum, dem Andron, erscheint unwahrscheinlich, bezogen auf die Regenhäufigkeit. Diese hier suggerierte Einheitlichkeit der einzelnen Bauten ist archäologisch nicht belegt.

Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 55

Tafel 44

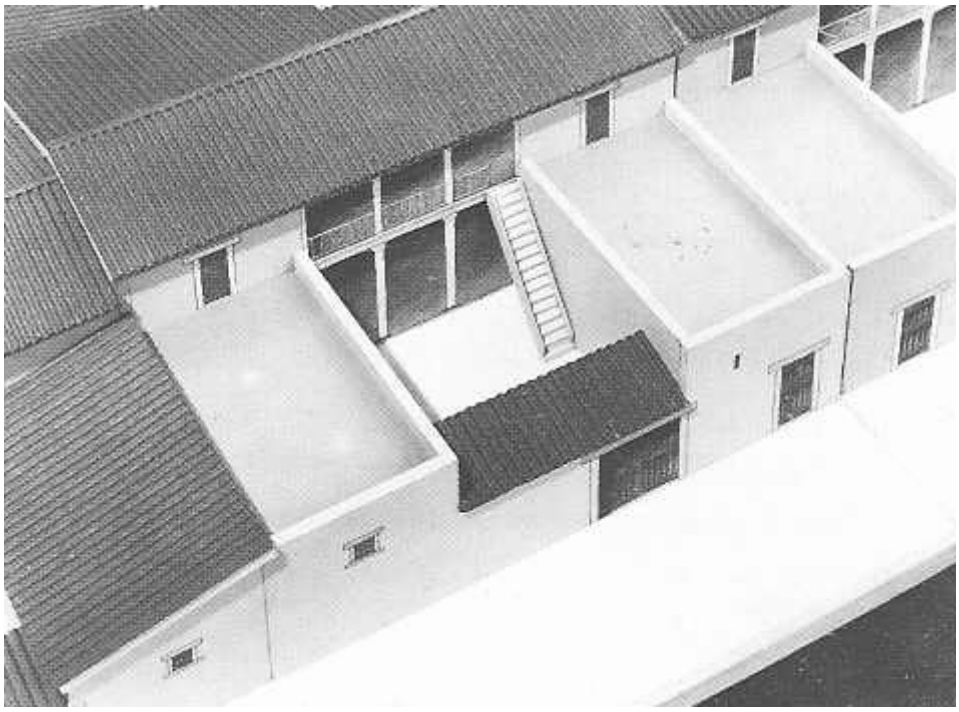
Rekonstruktion Block Olynth mit Kaminen



Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 56

Tafel 45

Modell, Südtyp, Hof



Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 57

Tafel 46

Flach- und Hohlziegel

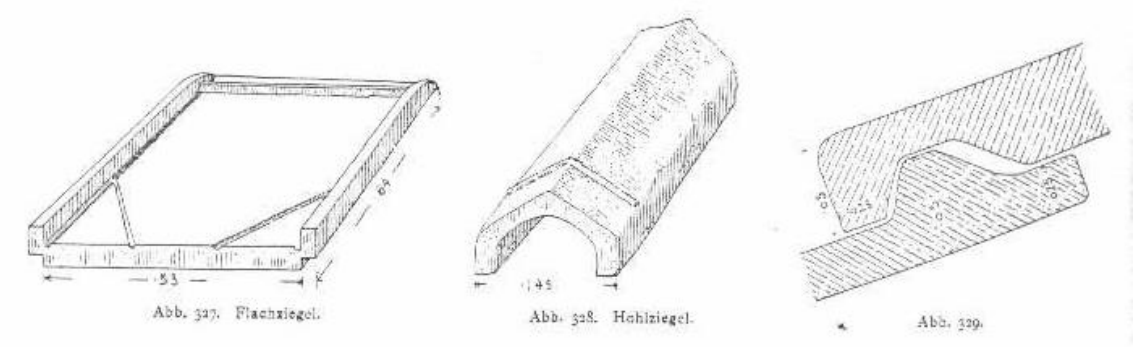


Abb. 327. Flachziegel.

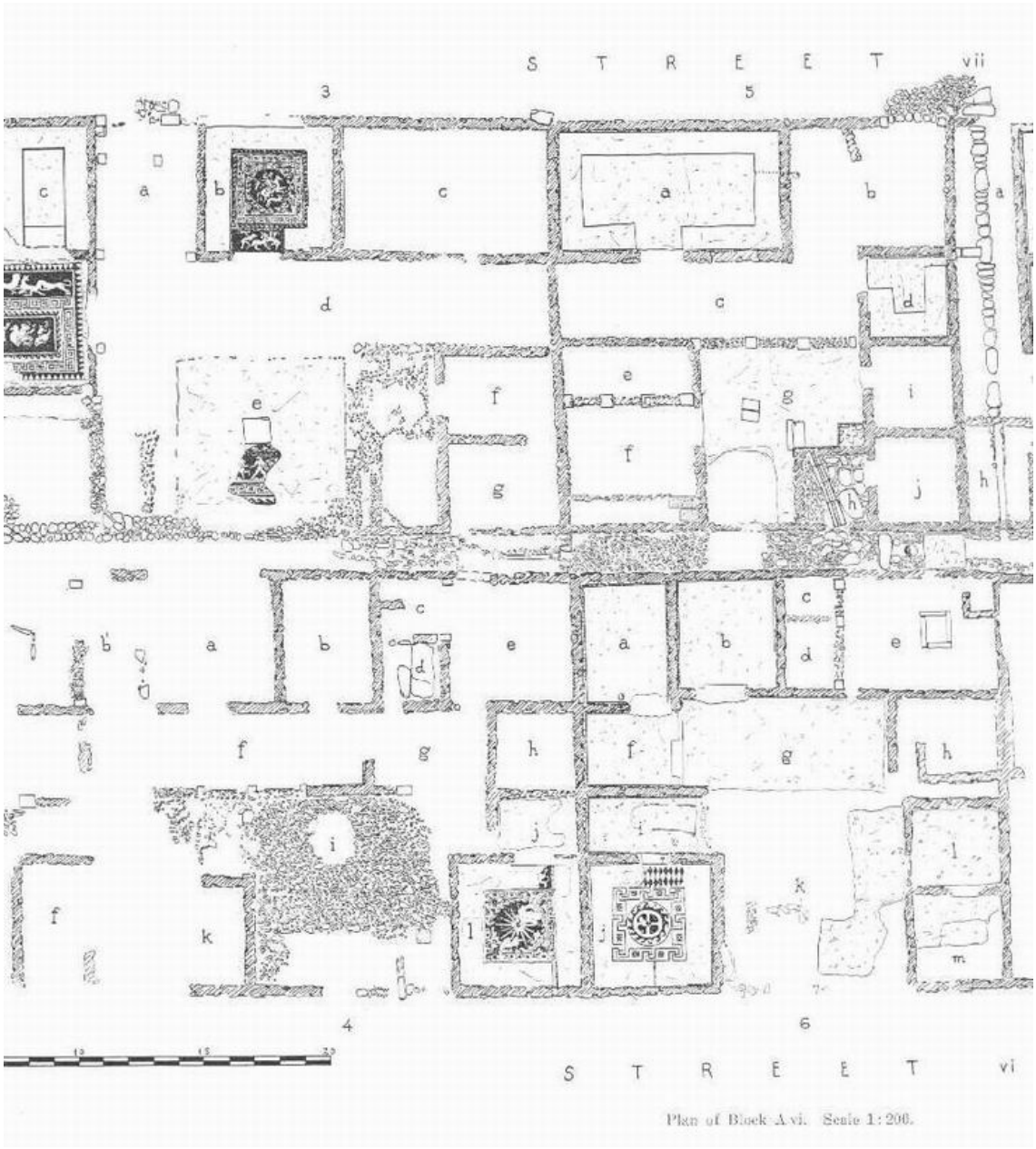
Abb. 328. Hohlziegel.

Abb. 329.

Quelle: Wiegand - Schrader (1904)

Tafel 47

Grundriss Häuser A vi 3 - 6



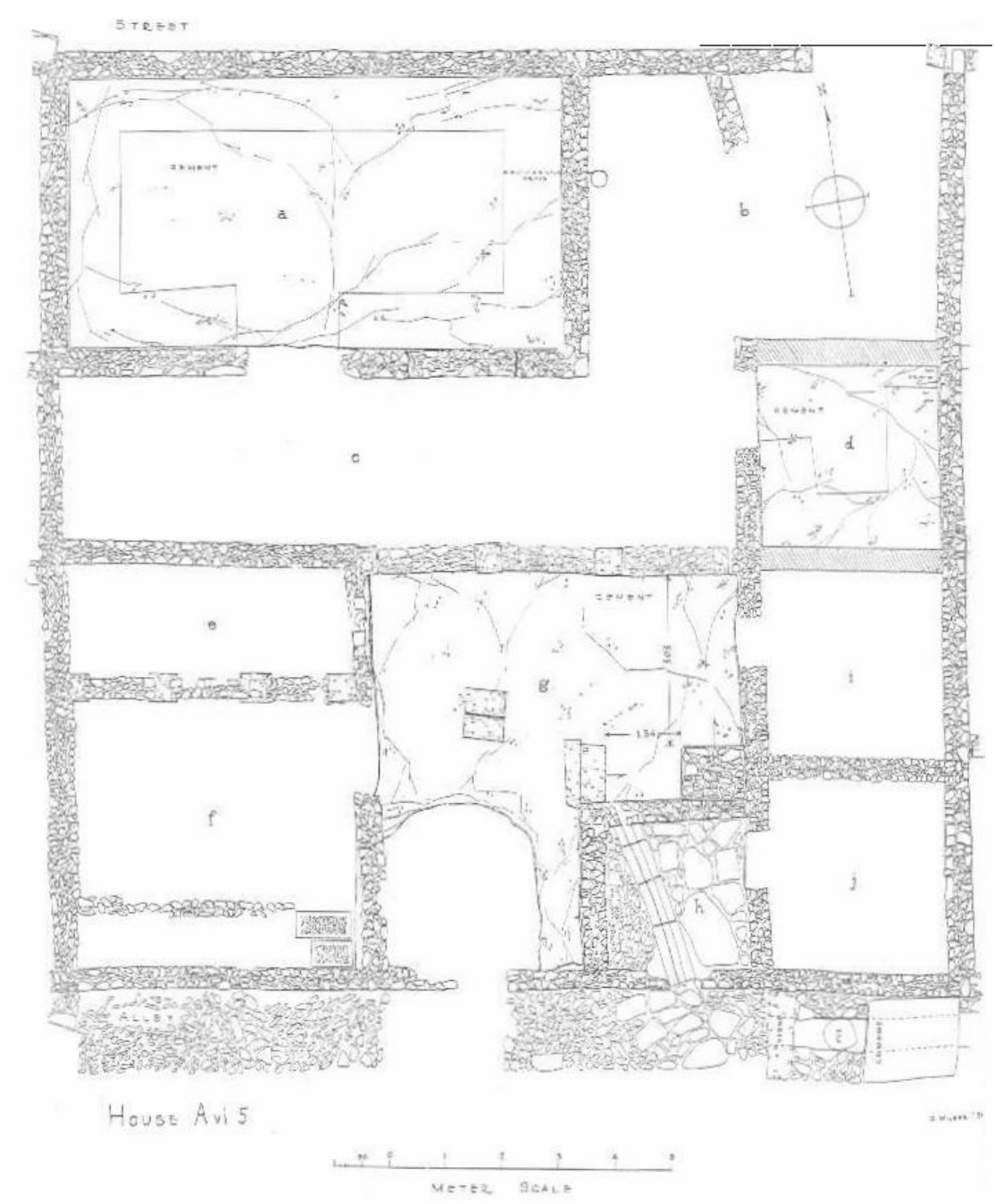
Linke Hälfte: A vi 3 und 4, rechte Hälfte: A vi 5 und 6

Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 97

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 48

Grundriss Haus A vi 5

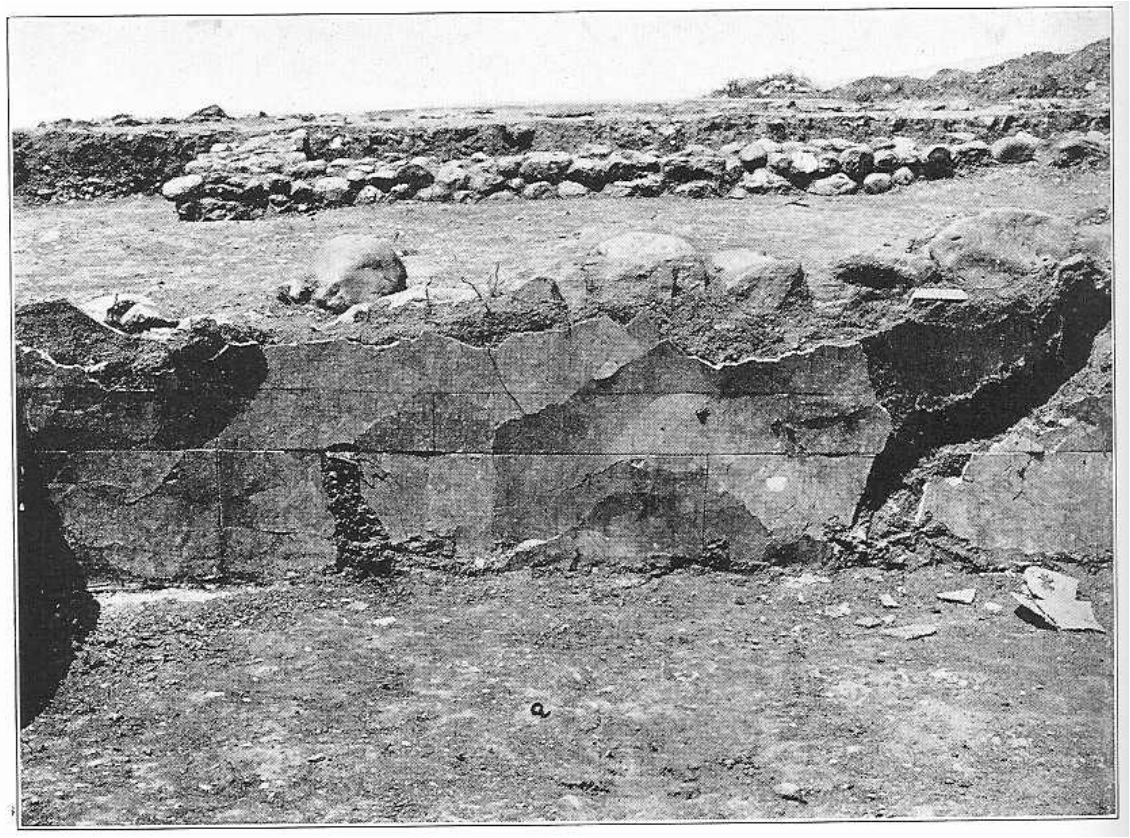


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 98

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 49

Photo Maueraufbau Olynth



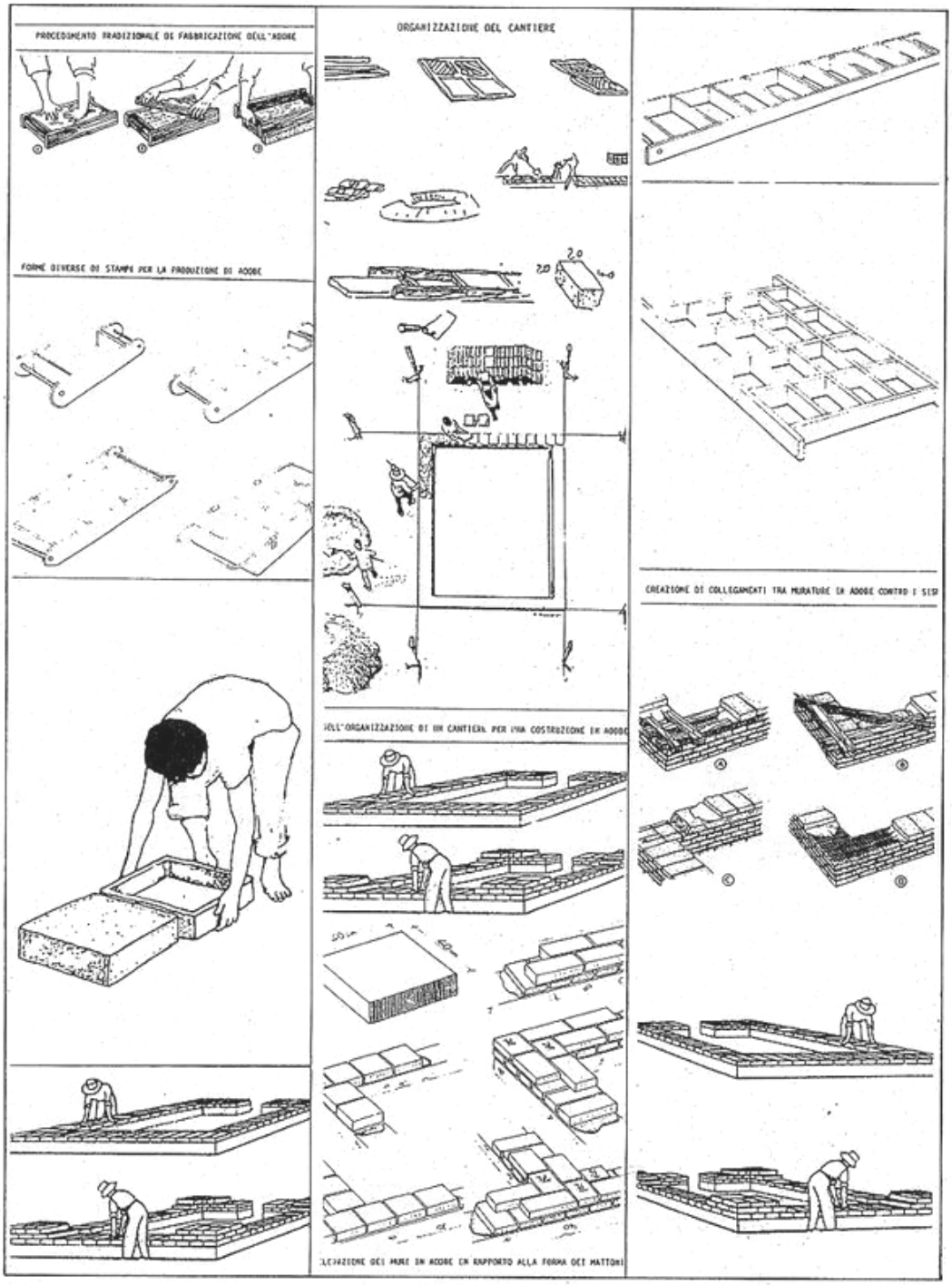
Kalksteinsockel, Lehmziegel, Putz

Quelle: Robinson - Graham (1946) Tafel 114-1

© 1946 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 50

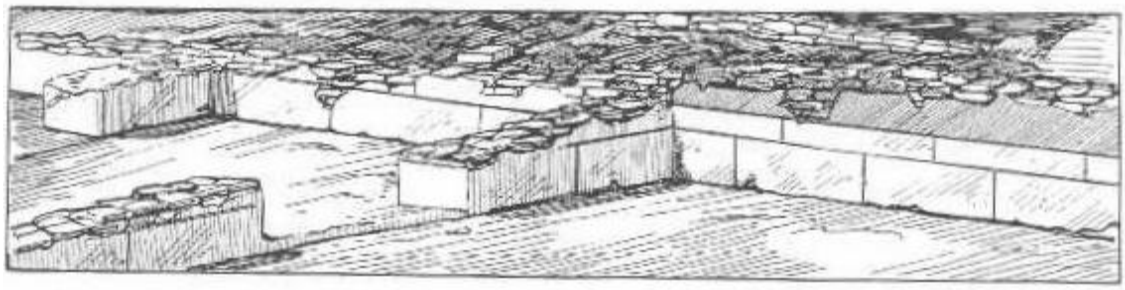
Schema Erstellung Lehmmauer



Quelle: Davoli (1993) 32

Tafel 51

Prinzip Maueraufbau Olynth



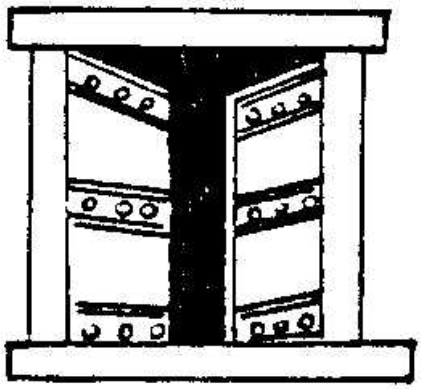
Kalksteinsockel, Lehmziegel

Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 114-2

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 52

Antikes Fenster



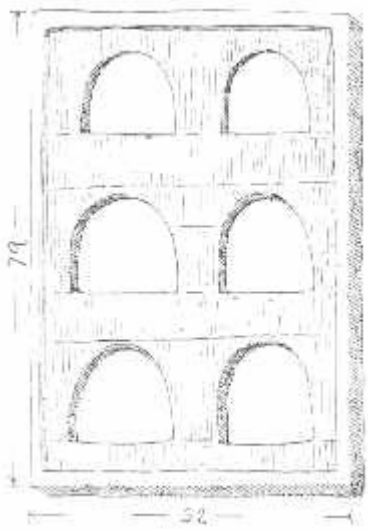
Zwei nach innen aufklappende Holzflügel verschlossen die Öffnung, nach einer athenischen Vasendarstellung.

Quelle: Robinson - Graham (1938) 266

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 53

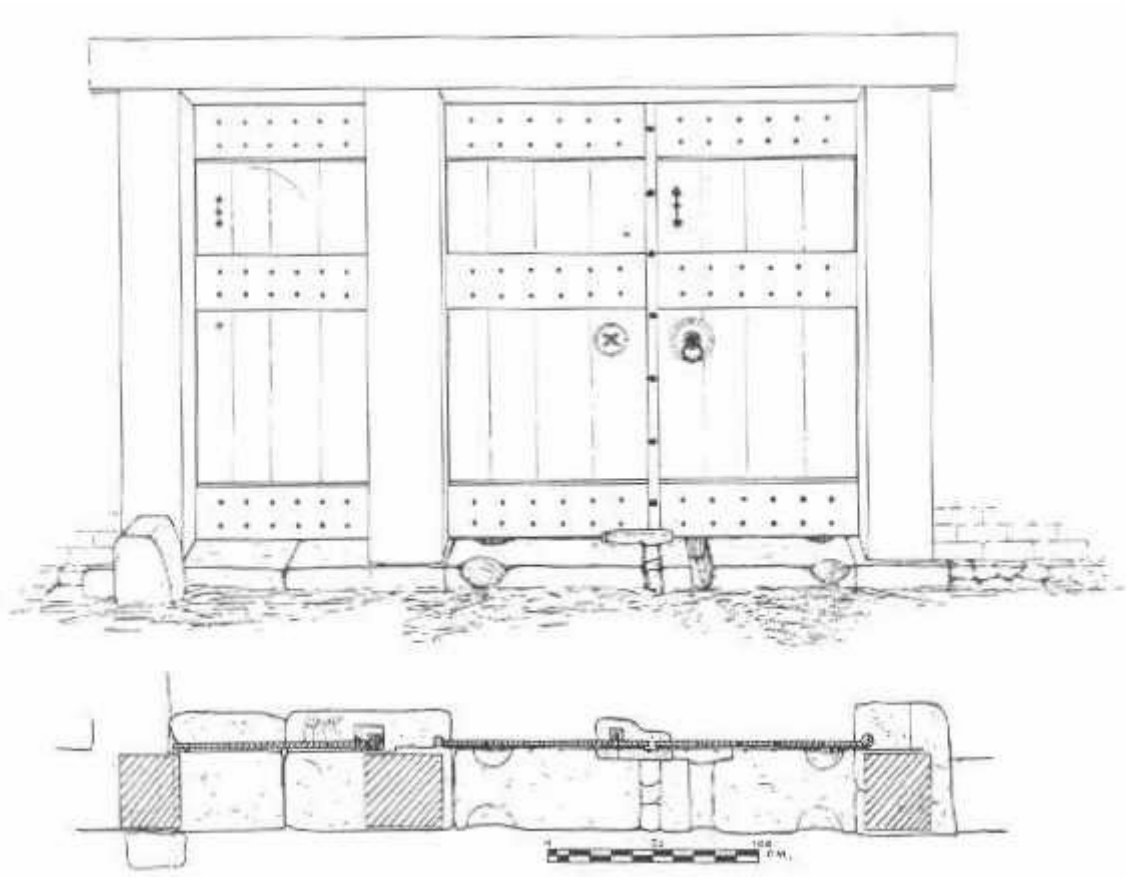
Fenster, Terrakotta



Quelle: Wiegand - Schrader (1904)

Tafel 54

Ansicht eines Tors zum Hof (Haus A xi 10)

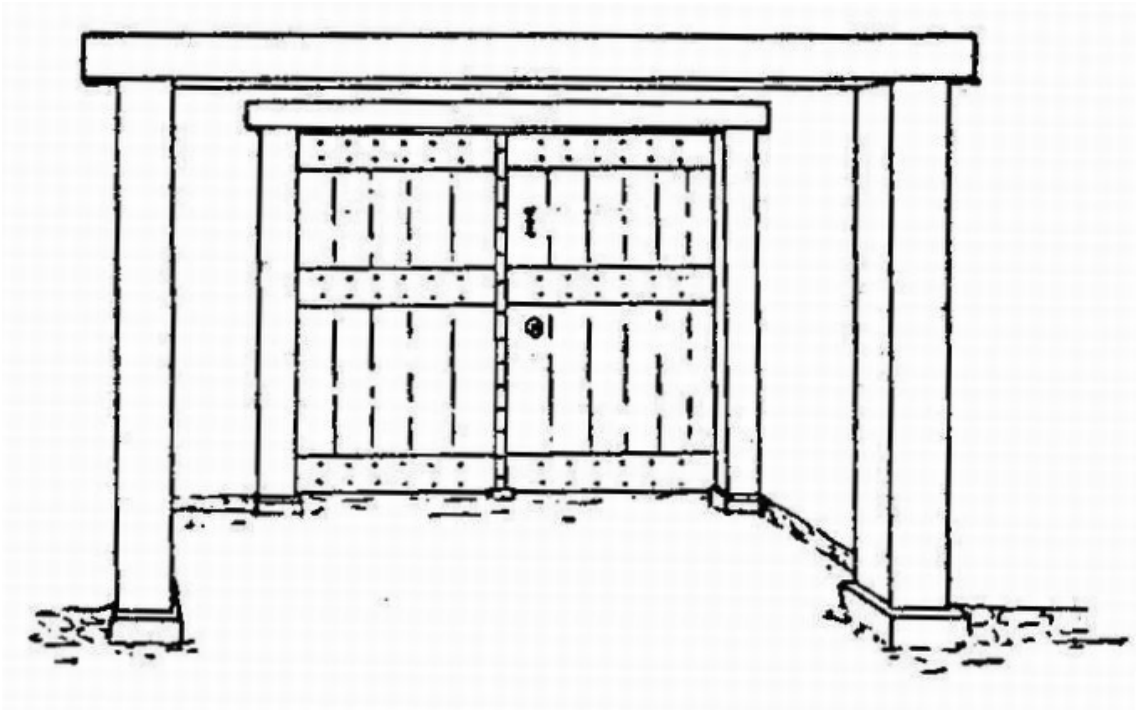


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 69-1

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 55

Hauseingang mit zurückgesetzter doppelflügeliger Tür

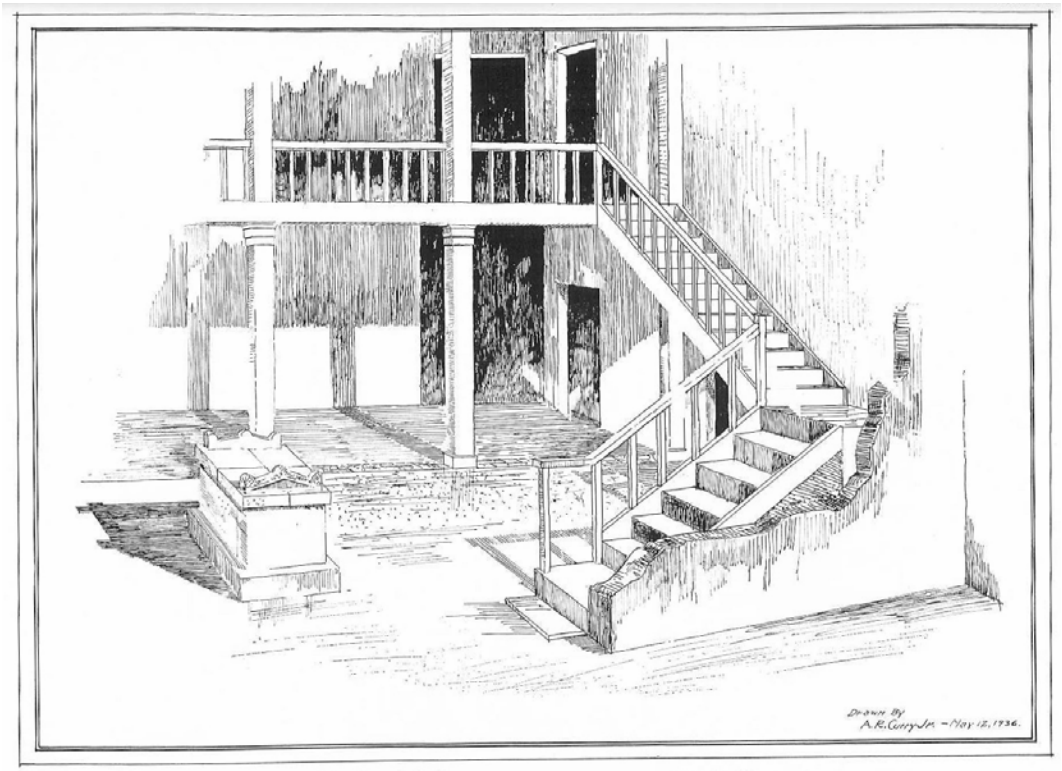


Quelle: Robinson - Graham (1938) 154

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 56

Rekonstruktion vom Hof des Hauses A vi 5 mit dem Treppenaufgang zum Obergeschoß

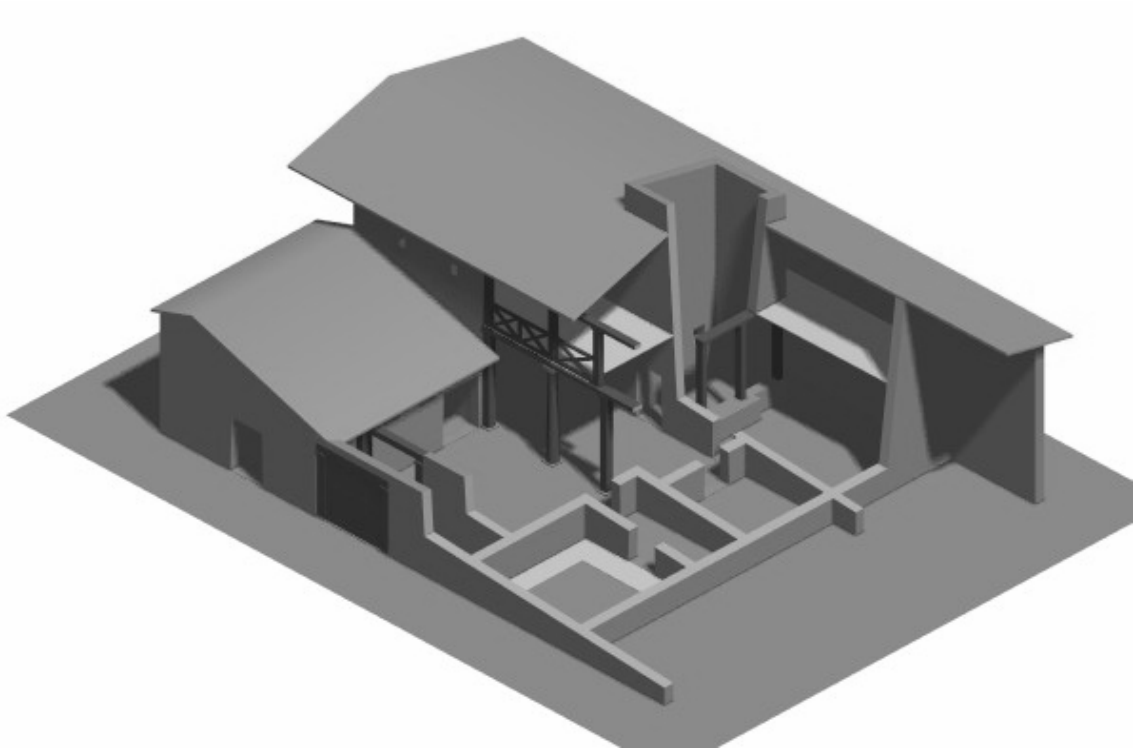


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 73

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 57

Rekonstruktion A vii 4 mit durchgehendem Kaminraum



Quelle: http://www.perseus.tufts.edu/cgi-bin/image?lookup=Perseus:image:2002.01.0001

Tafel 58

Tonofen

Quelle: Wiegand - Schrader (1904)

Tafel 59

Tonofen

Quelle: Wiegand - Schrader (1904)

Tafel 60

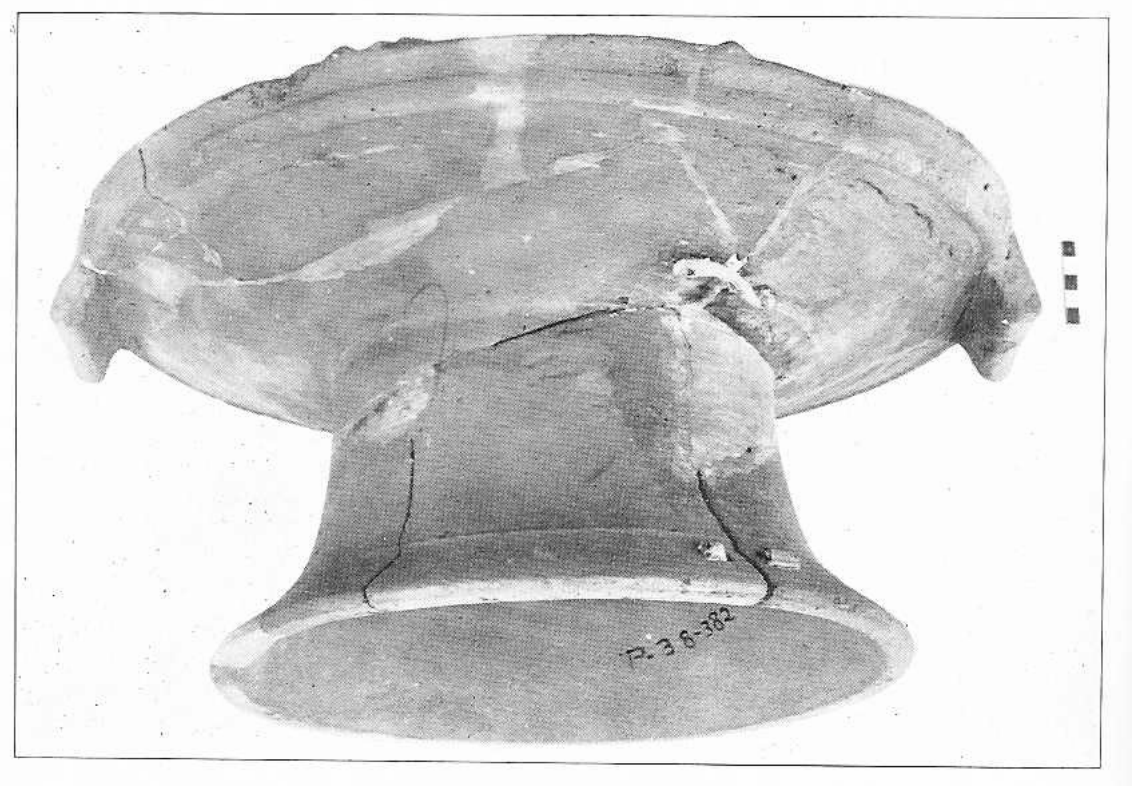
Tragbarer Bronze Ofen A xi 10

Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 52-1

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 61

Tonschale als Ofen

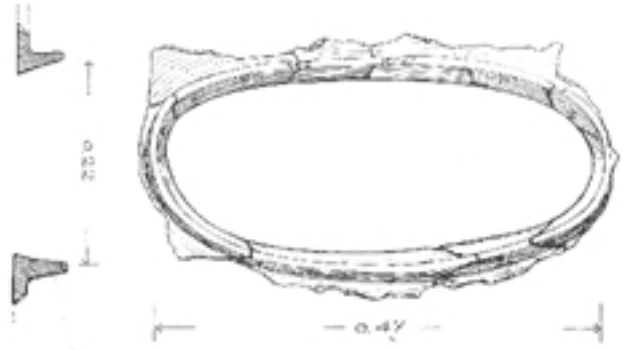


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 4-1

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 62

Dachziegel aus Haus A viii 8



Eine mögliche Überdeckung für den Rauabzug.

Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 61

Tafel 63

Dachziegel, Beispiele

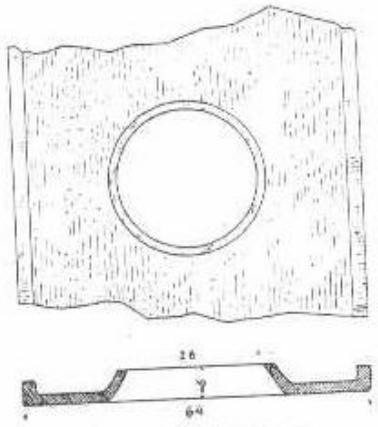


Abb. 330. Ziegel mit Luke.

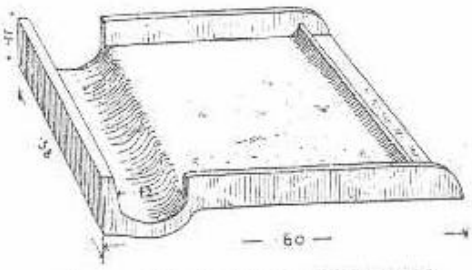
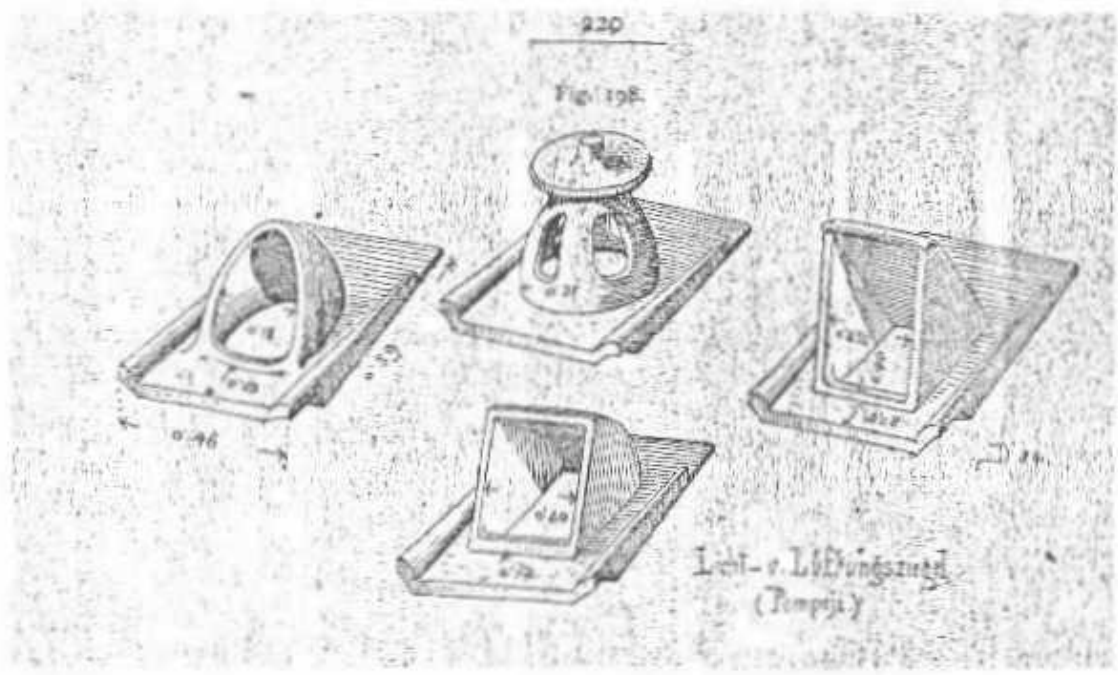


Abb. 331. Flachziegel vom unteren Dachrand.

Quelle: Wiegand - Schrader (1904)

Tafel 64

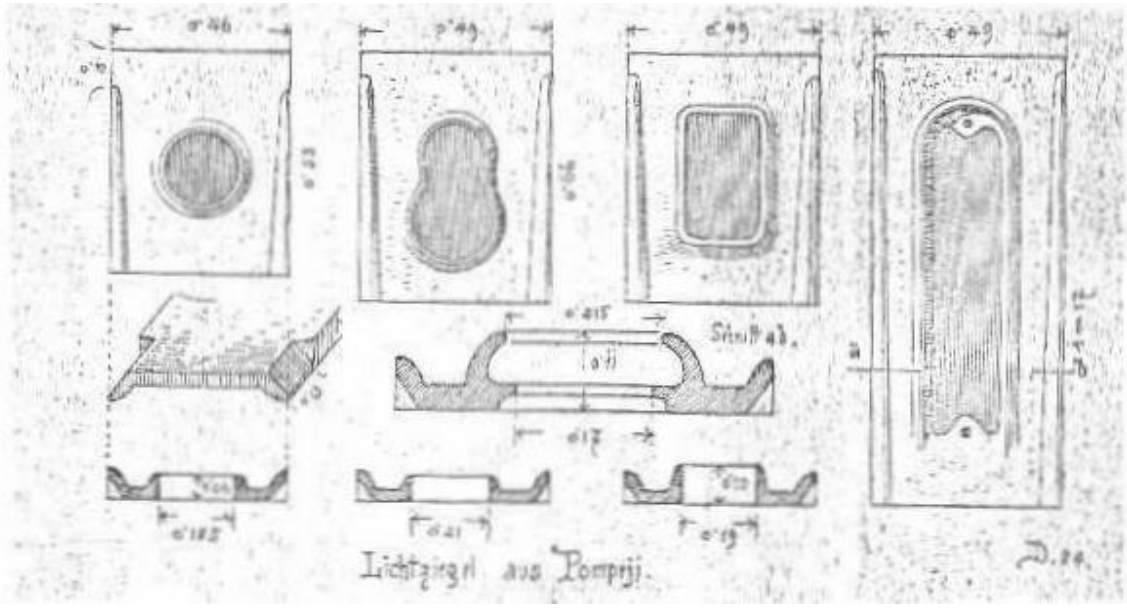
Römische Licht- und Lüftungsziegel



Quelle: Spuler (1973) 20

Tafel 65

Lichtziegel aus Pompeji, Ansichten und Schnitte

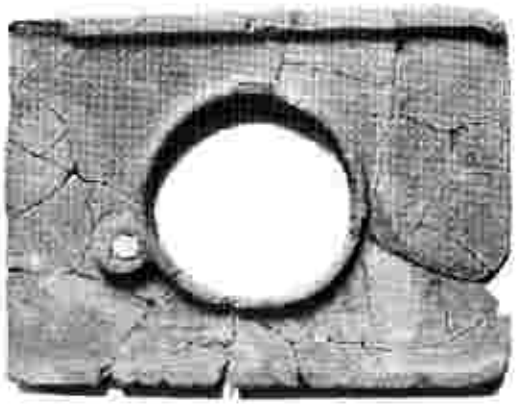


J.Durm, Hdb. II/2, 1885, S.220, Fig. 198

Quelle: Spuler (1973) 20

Tafel 66

Rauchlochdachziegel mit Abdeckung, Acquarossa



Rauchlochdachziegel mit Abdeckung, Acquarossa: Dieser Terracottaziegel war neben dem Rauchabzug gleichzeitig ein Oberlicht, das sehr effektiv wirkte, aber nur wenig Regen einließ. Mittels eines Stocks konnte die Öffnung verschlossen werden.

Quelle: Östenberg (1975) 105

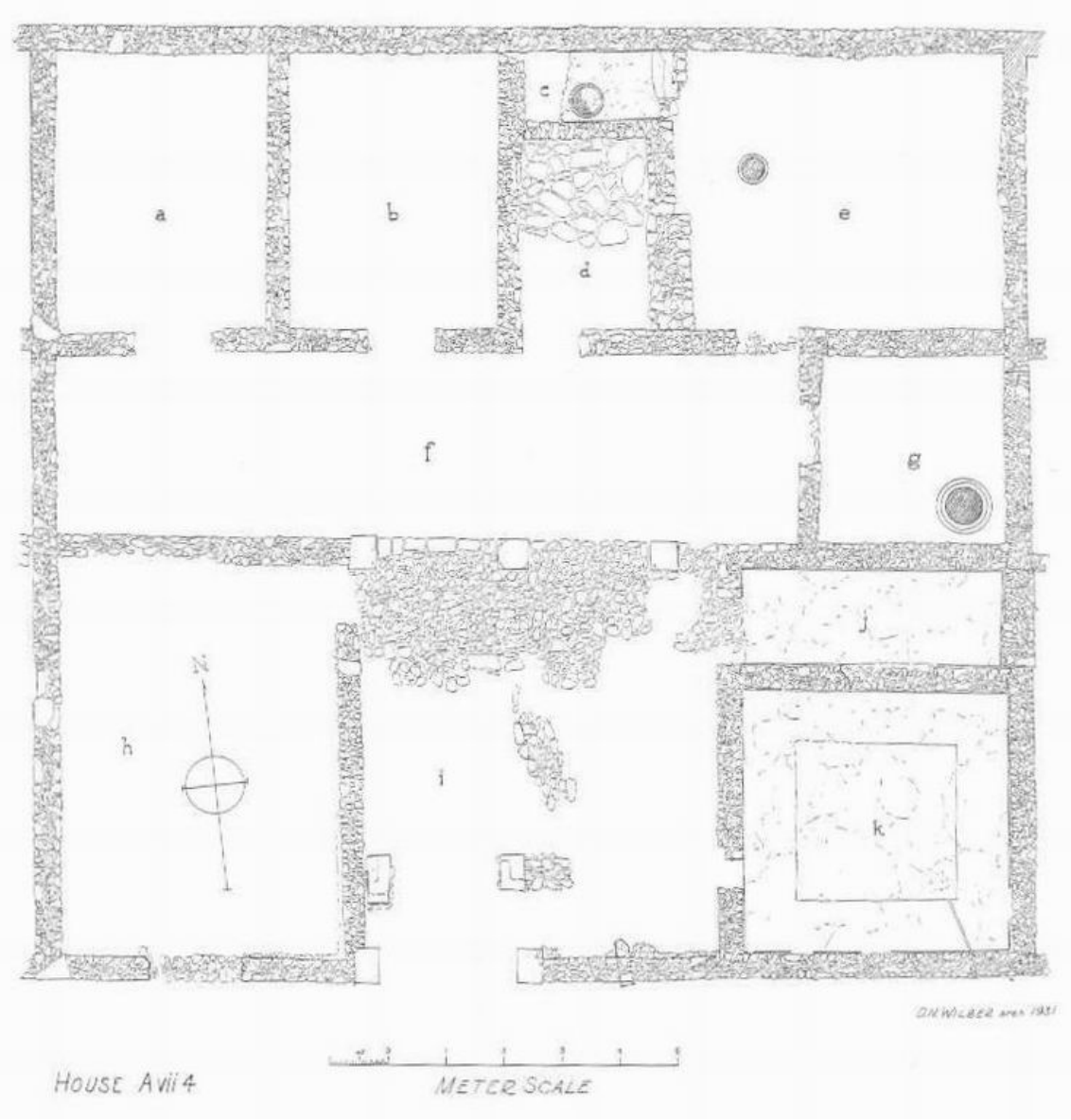
Tafel 67

Rekonstruktion mit Flachdächern in Teilbereichen

Quelle: Hoepfner - Schwandner (1994) 47

Tafel 68

Grundriss Haus A vii 4

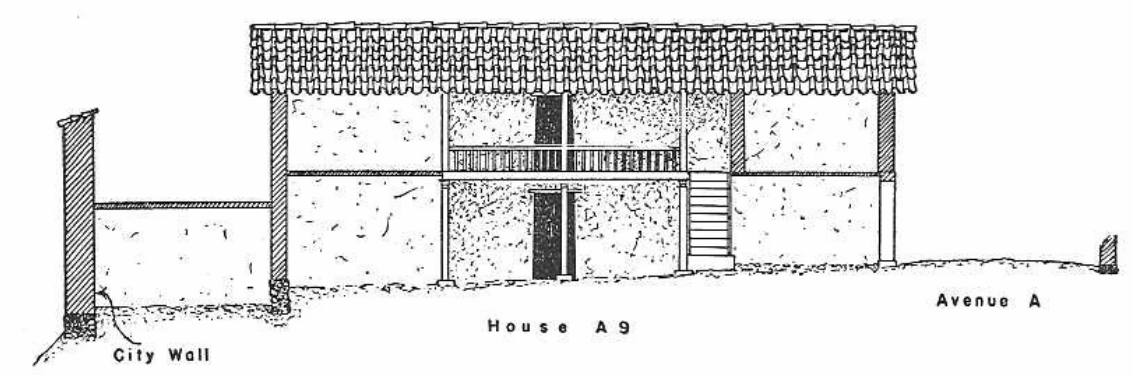


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 100

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 69

Schnitt Haus A9

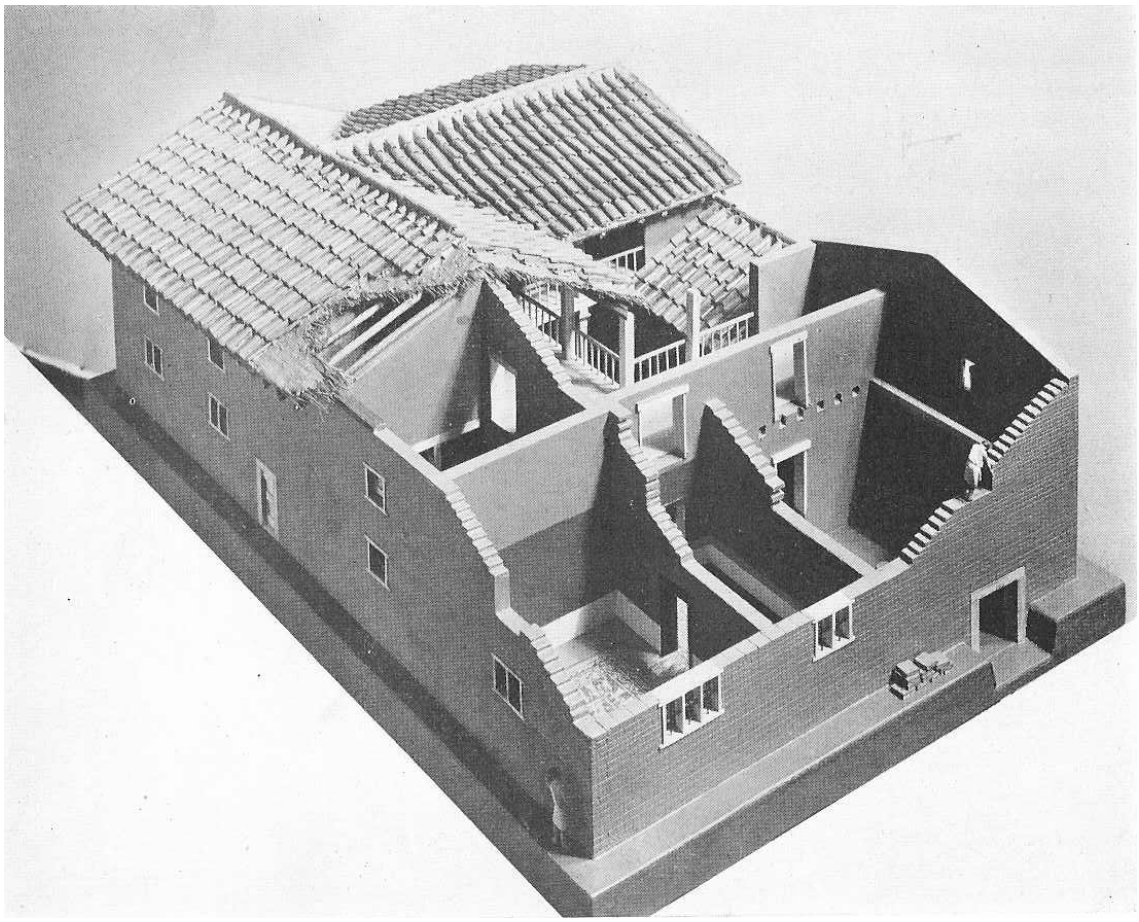


Quelle: Robinson - Graham (1938) 41

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 70

Olynth, Schnittmodell Villa



Olynth, Schnittmodell Villa, aus dem Royal Ontario Museum in Toronto. Diese Rekonstruktion weist sinnvollerweise keine Flachdächer auf.

Quelle: Robinson - Graham (1946)

© 1946 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 71

Klimakarte römisches Reich

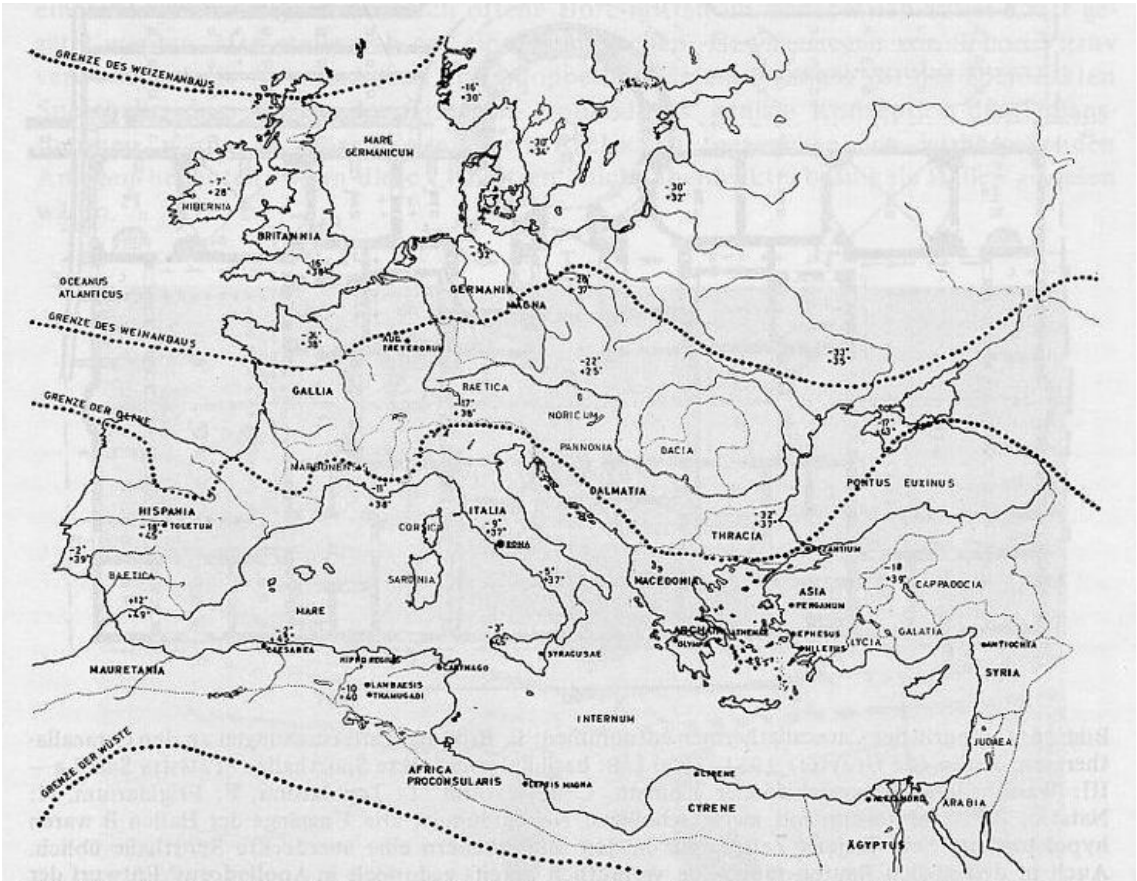
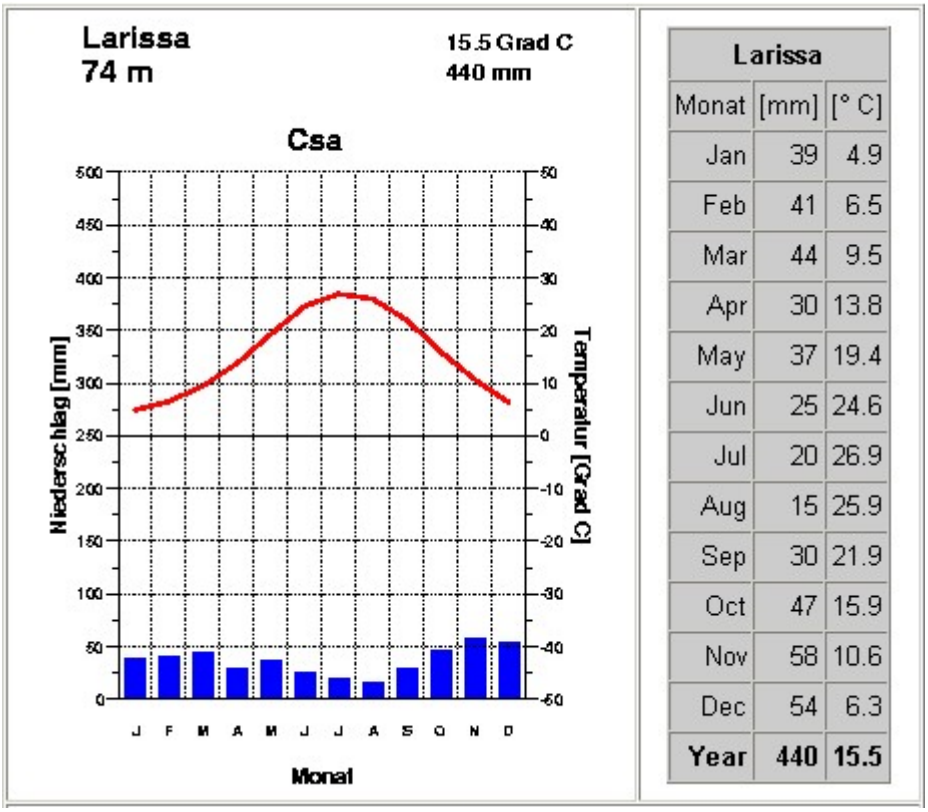


Bild 15: Klimakarte des römischen Reiches. Die Zahlen geben jeweils den höchsten und den niedrigsten Temperaturwert der unmittelbaren Umgebung an. Die punktierten Linien bezeichnen von unten nach oben: Grenze des Wüstengebietes der Sahara, Grenze der Olive, Grenze des Weinanbaus, Grenze des Weizenanbaus.

Quelle: Egli (1959) 107

Tafel 72

Klimadiagramm Larissa



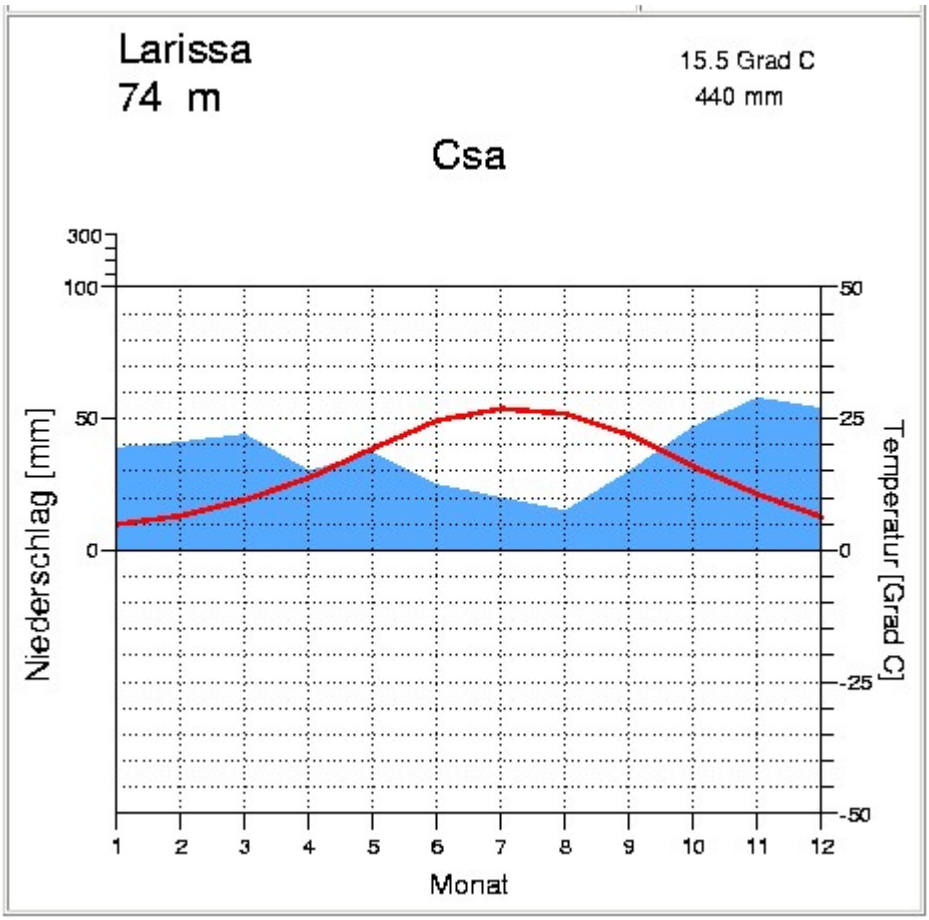
Larissa		
Monat	[mm]	[° C]
Jan	39	4.9
Feb	41	6.5
Mar	44	9.5
Apr	30	13.8
May	37	19.4
Jun	25	24.6
Jul	20	26.9
Aug	15	25.9
Sep	30	21.9
Oct	47	15.9
Nov	58	10.6
Dec	54	6.3
Year	**440**	**15.5**

Quelle: www.klimadiagramme.de

http://www.klimadiagramme.de/Europa/larissa.html

Tafel 73

Klimadiagramm Larissa

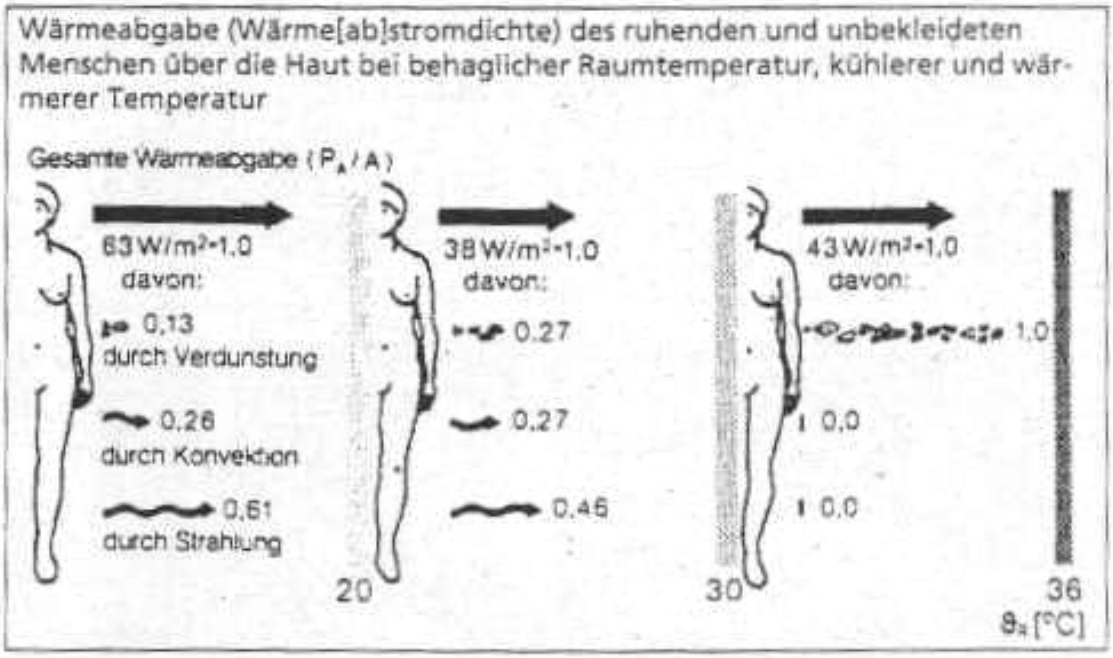


Quelle: www.klimadiagramme.de

http://www.klimadiagramme.de/Europa/larissa.html

Tafel 74

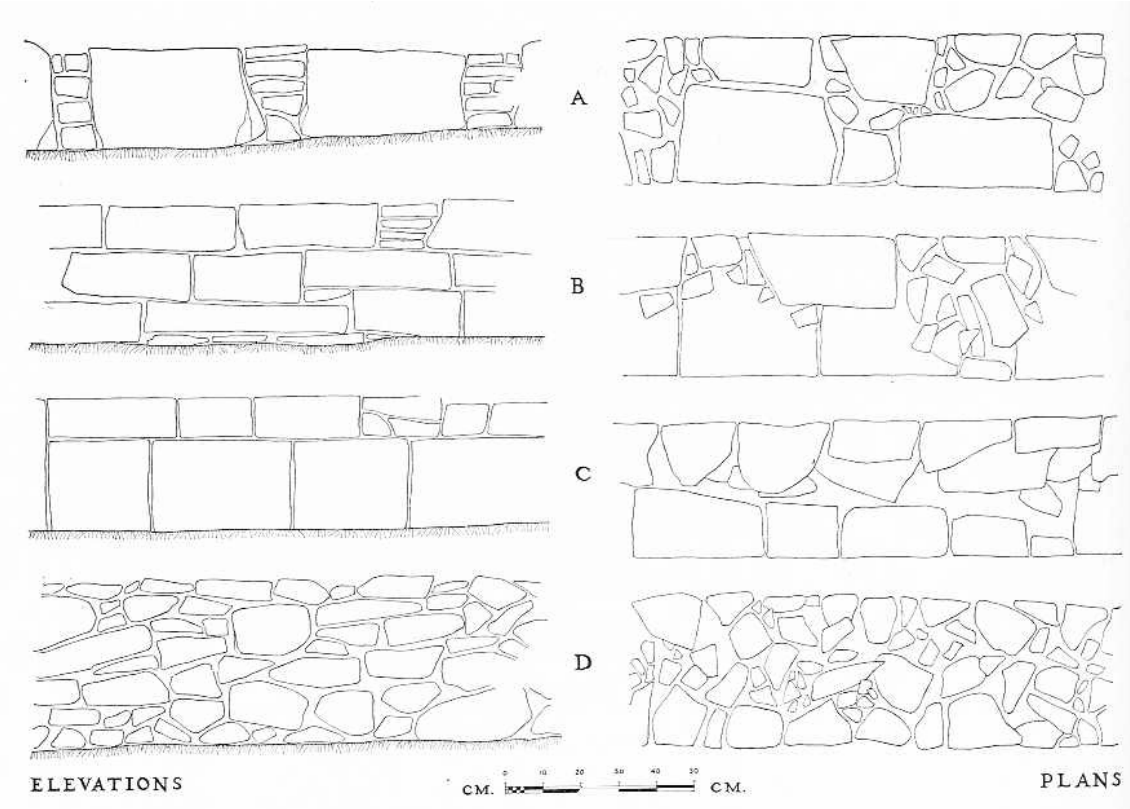
Wärmeabgabe von Menschen



Quelle: Baubiologie 1/95 2

Tafel 75

Wandkonstruktionen

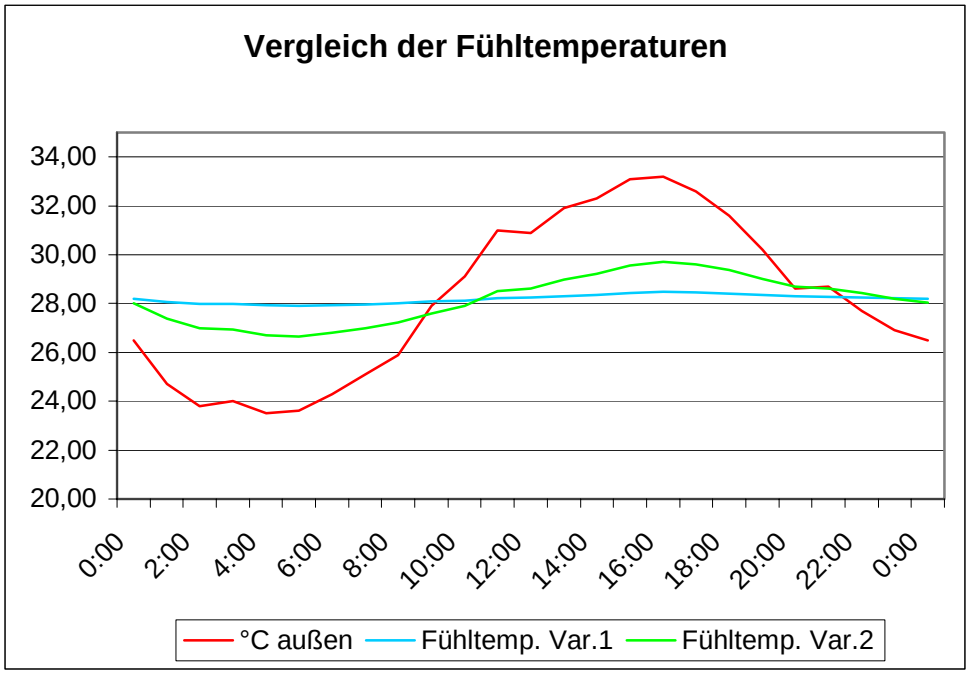


Quelle: Robinson - Graham (1938) Tafel 12-2

© 1938 [Copyright Holder]. Abdruck mit Erlaubnis The Johns Hopkins University Press

Tafel 76

Wohnraum ohne interne Lasten: Vergleich der Fühltemperaturen in °C



Außenlufttemperatur am 21. Juni 1900

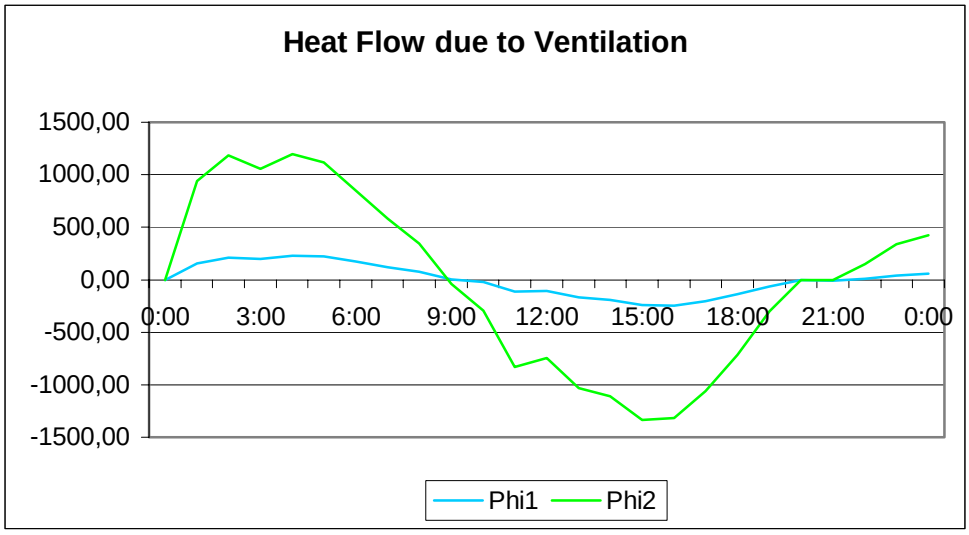
Variante 1 Wohnraum ohne interne Lasten, Fugenlüftung

Variante 2 Wohnraum ohne interne Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

Quelle: Simulation

Tafel 77

Wohnraum ohne interne Lasten: Wärmeveränderungen durch Lüftung in Watt



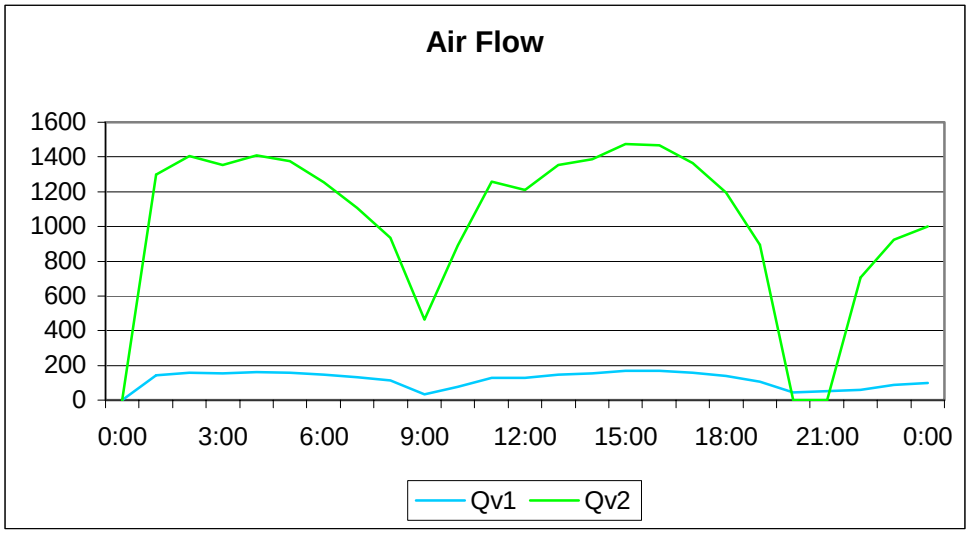
Wohnraum ohne interne Lasten, Fugenlüftung

Variante 2 Wohnraum ohne interne Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

Quelle: Simulation

Tafel 78

Wohnraum ohne interne Lasten: Luftbewegung in m^3/h



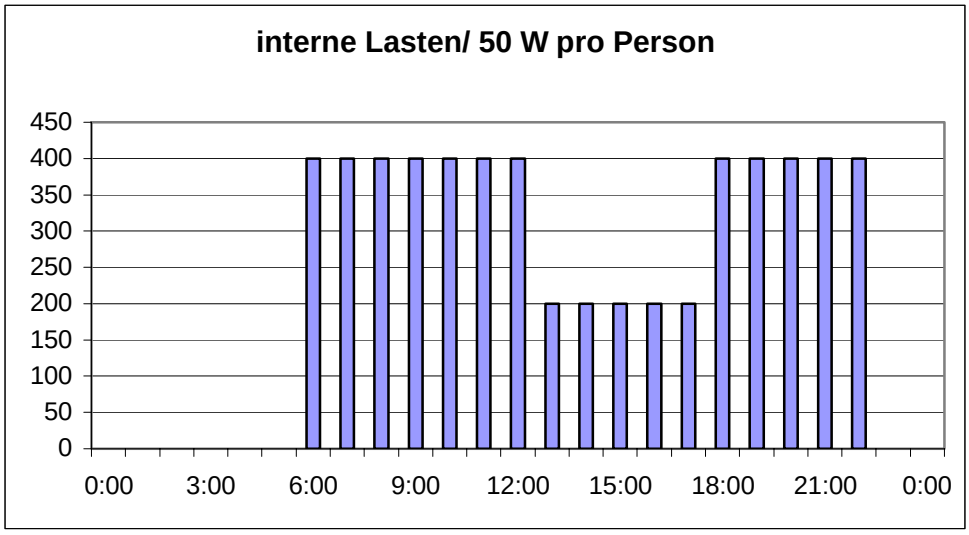
Variante 1 Wohnraum ohne interne Lasten, Fugenlüftung

Variante 2 Wohnraum ohne interne Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

Quelle: Simulation

Tafel 79

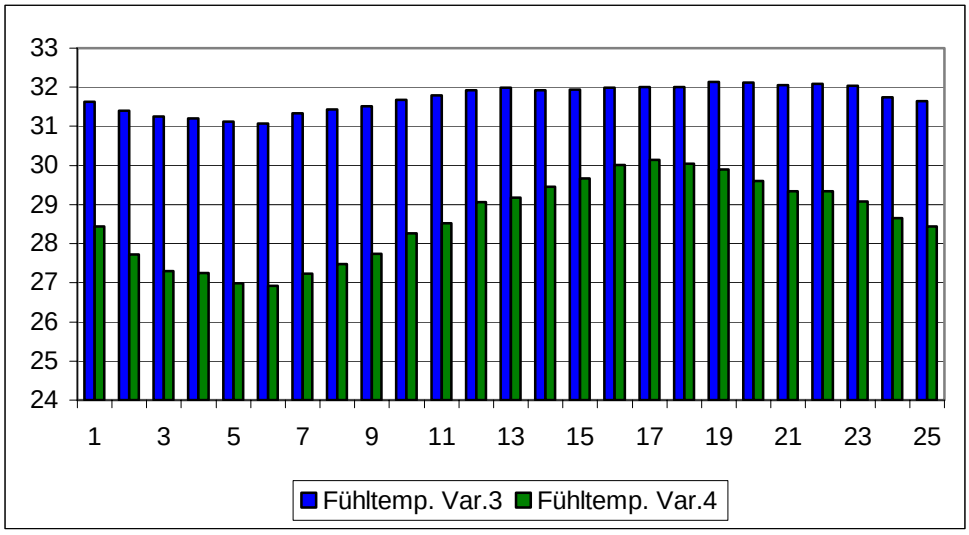
Wohnraum mit Nutzerprofil: Interne Lasten/50 W pro Person



Quelle: Simulation

Tafel 80

Wohnraum mit Nutzerprofil: Fühltemperatur in °C



Verteilung der Fühltemperatur am 21. Juni 1900

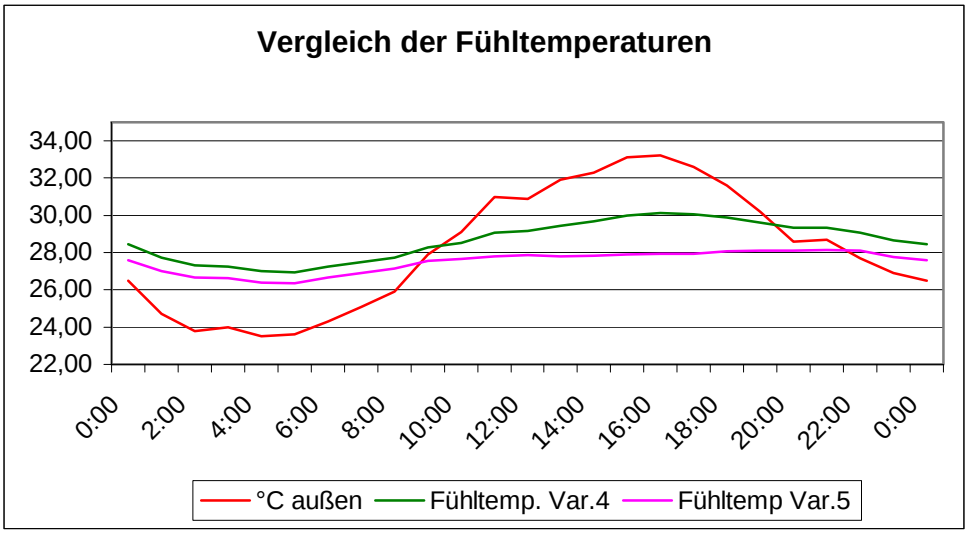
Variante 3 Wohnraum mit internen Lasten, Fugenlüftung

Variante 4 Wohnraum mit internen Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

Quelle: Simulation

Tafel 81

Lüftungsstrategie: Vergleich der Fühltemperaturen in °C



Außentemperatur am 21. Juni 1900

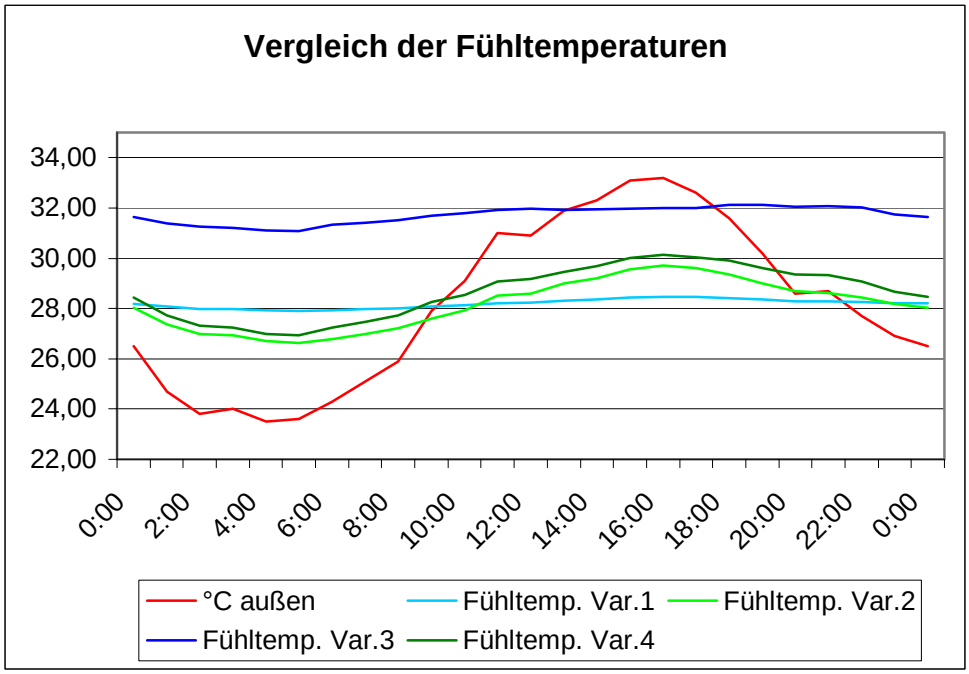
Variante 4 Wohnraum mit internen Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

Variante 5 Wohnraum mit internen Lasten, Fenster und Tür tagsüber geschlossen

Quelle: Simulation

Tafel 82

Wohnraum mit Nutzerprofil: Vergleich der Fühltemperaturen in °C



Außentemperatur am 21. Juni 1900

Variante 1 Wohnraum ohne interne Lasten, Fugenlüftung

Variante 2 Wohnraum ohne interne Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

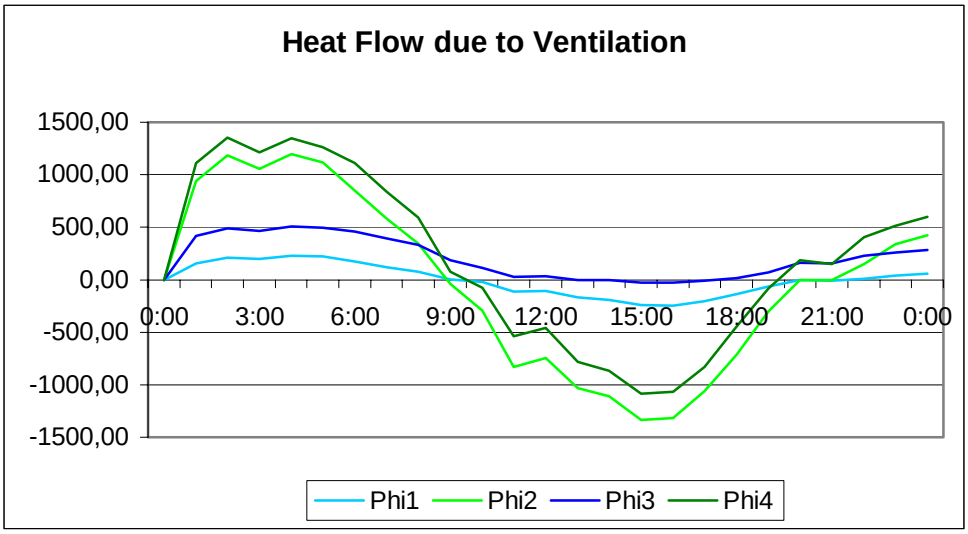
Variante 3 Wohnraum mit internen Lasten, Fugenlüftung

Variante 4 Wohnraum mit internen Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

Quelle: Simulation

Tafel 83

Wohnraum mit Nutzerprofil: Wärmebewegung durch Lüftung in Watt



Variante 1 Wohnraum ohne interne Lasten, Fugenlüftung

Variante 2 Wohnraum ohne interne Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

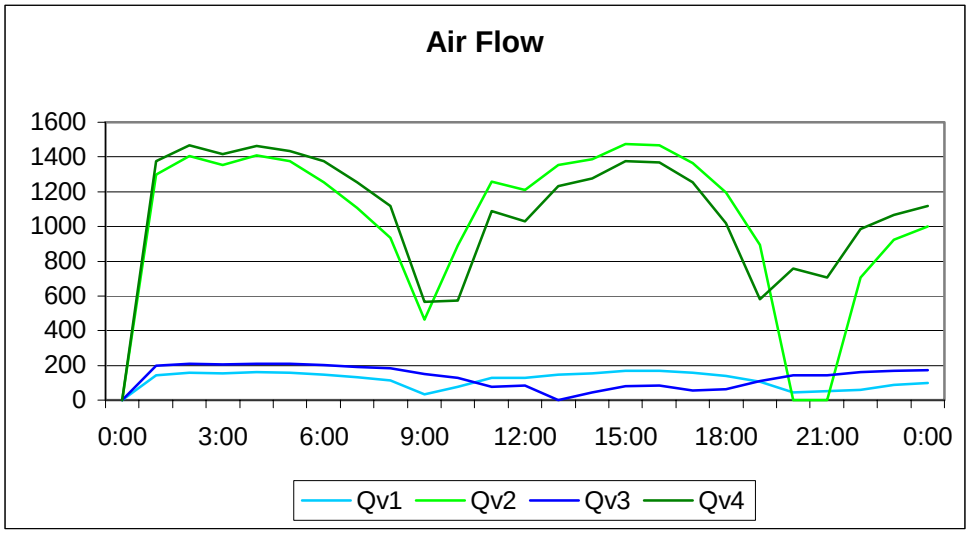
Variante 3 Wohnraum mit internen Lasten, Fugenlüftung

Variante 4 Wohnraum mit internen Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

Quelle: Simulation

Tafel 84

Wohnraum mit Nutzerprofil: Luftbewegung in m^3/h



Variante 1 Wohnraum ohne interne Lasten, Fugenlüftung

Variante 2 Wohnraum ohne interne Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

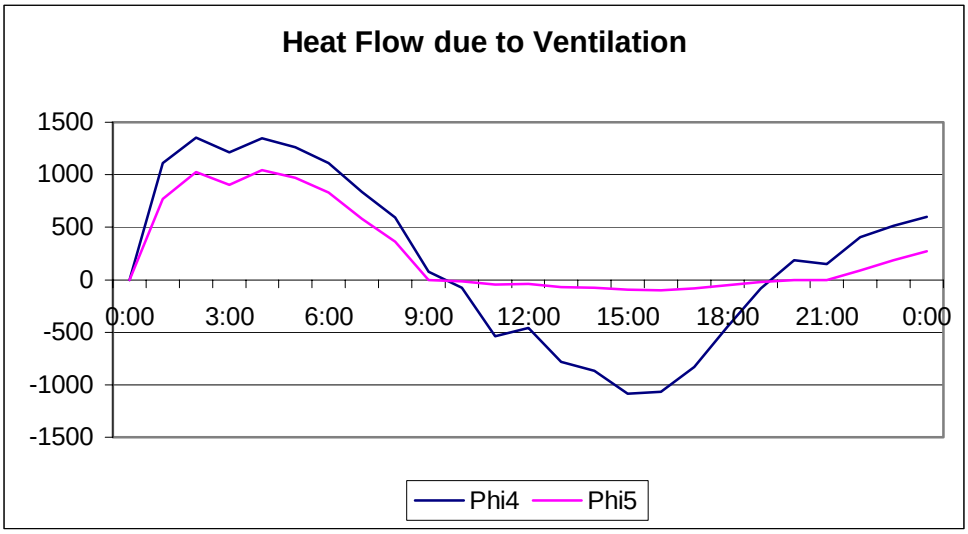
Variante 3 Wohnraum mit internen Lasten, Fugenlüftung

Variante 4 Wohnraum mit internen Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

Quelle: Simulation

Tafel 85

Lüftungsstrategie: Wärmeveränderungen durch Lüftung in Watt



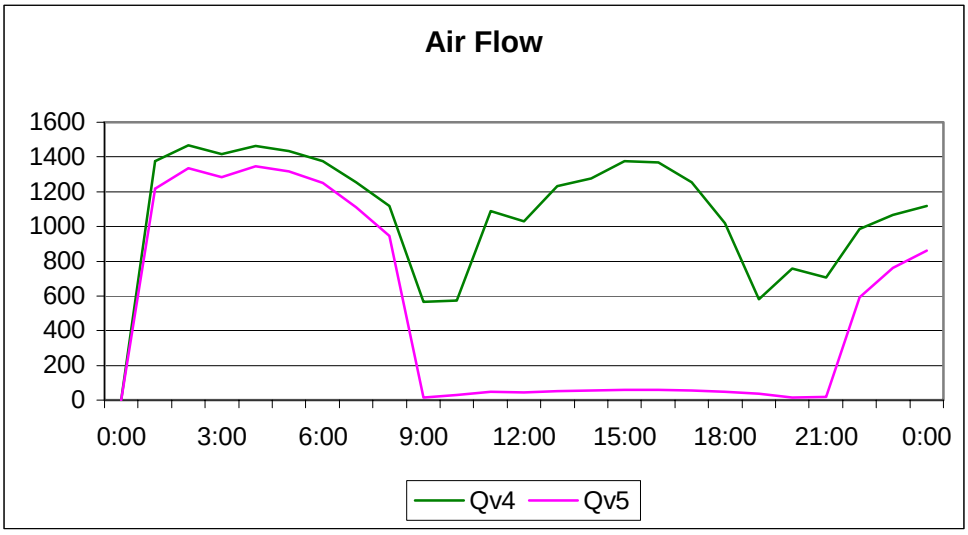
Variante 4 Wohnraum mit internen Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

Variante 5 Wohnraum mit internen Lasten, Fenster und Tür tagsüber geschlossen

Quelle: Simulation

Tafel 86

Lüftungsstrategie: Luftbewegung in m^3/h



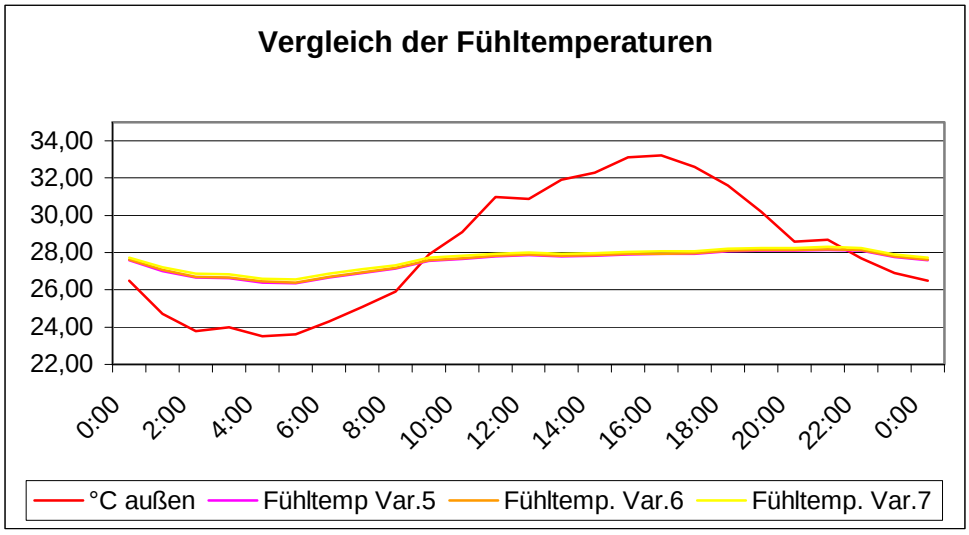
Variante 4 Wohnraum mit internen Lasten, geöffnetes Fenster und geöffnete Tür

Variante 5 Wohnraum mit internen Lasten, Fenster und Tür tagsüber geschlossen

Quelle: Simulation

Tafel 87

Ohne Kamin und Fenster: Vergleich der Fühltemperaturen in °C



Außentemperatur am 21. Juni 1900

Variante 5 Wohnraum mit internen Lasten, Fenster und Tür tagsüber geschlossen

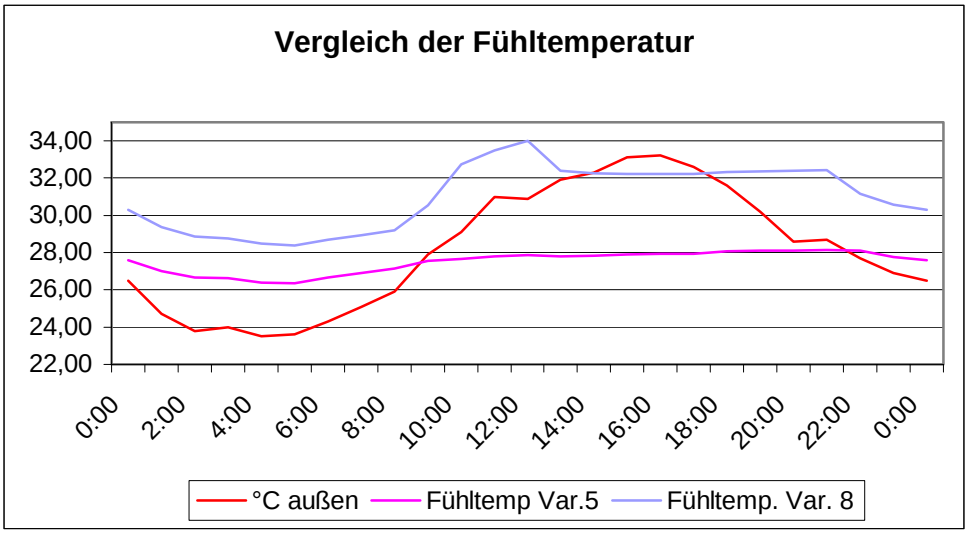
Variante 6 Lüftungsverhalten wie Variante 5, Kamin 1m höher

Variante 7 Lüftungsverhalten wie Variante 5, ohne Kamin

Quelle: Simulation

Tafel 88

Interne Lasten: Vergleich der Fühltemperaturen in °C



Außentemperatur am 21. Juni 1900

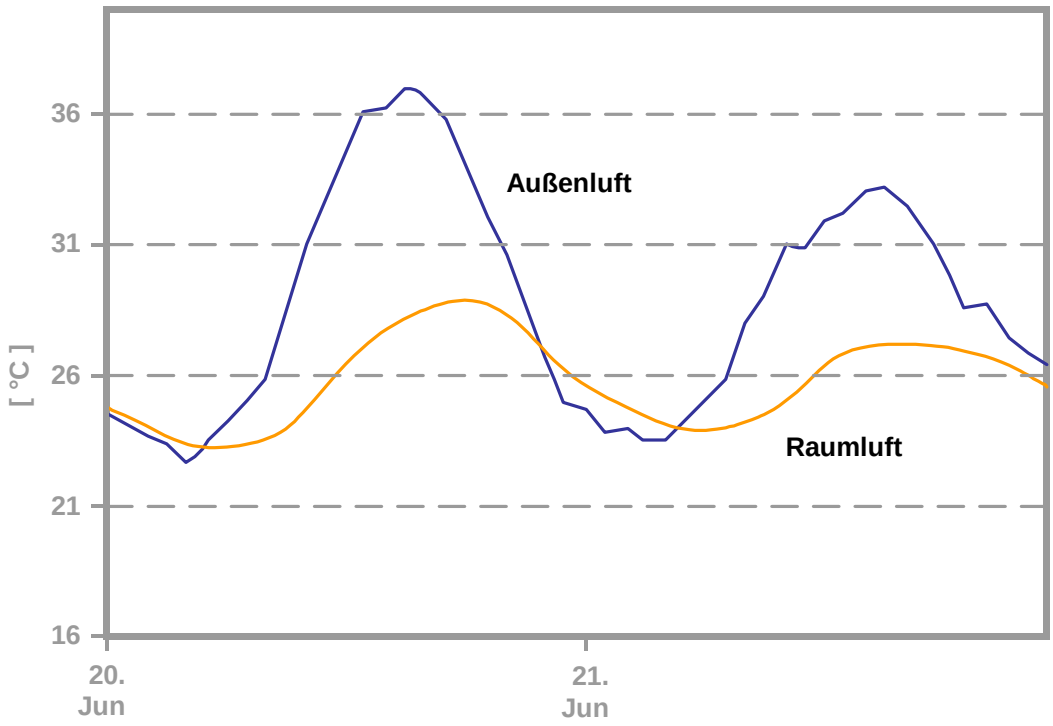
Variante 5 Wohnraum mit internen Lasten, Fenster und Tür tagsüber geschlossen

Variante 8 wie Variante 5, erhöhte interne Lasten durch verbrennendes Holz

Quelle: Simulation

Tafel 89

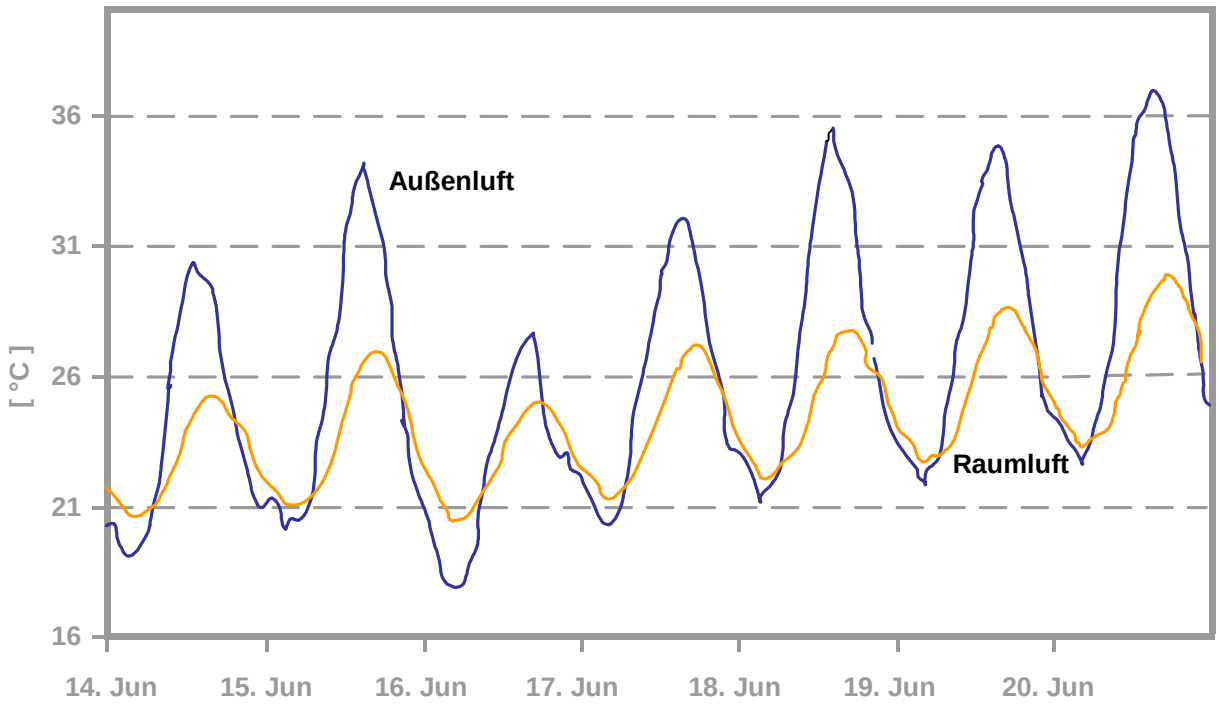
Temperaturverlauf Oikos 20. und 21. Juni



Quelle: Simulation

Tafel 90

Temperaturverlauf Oikos zwischen 14. und 20. Juni



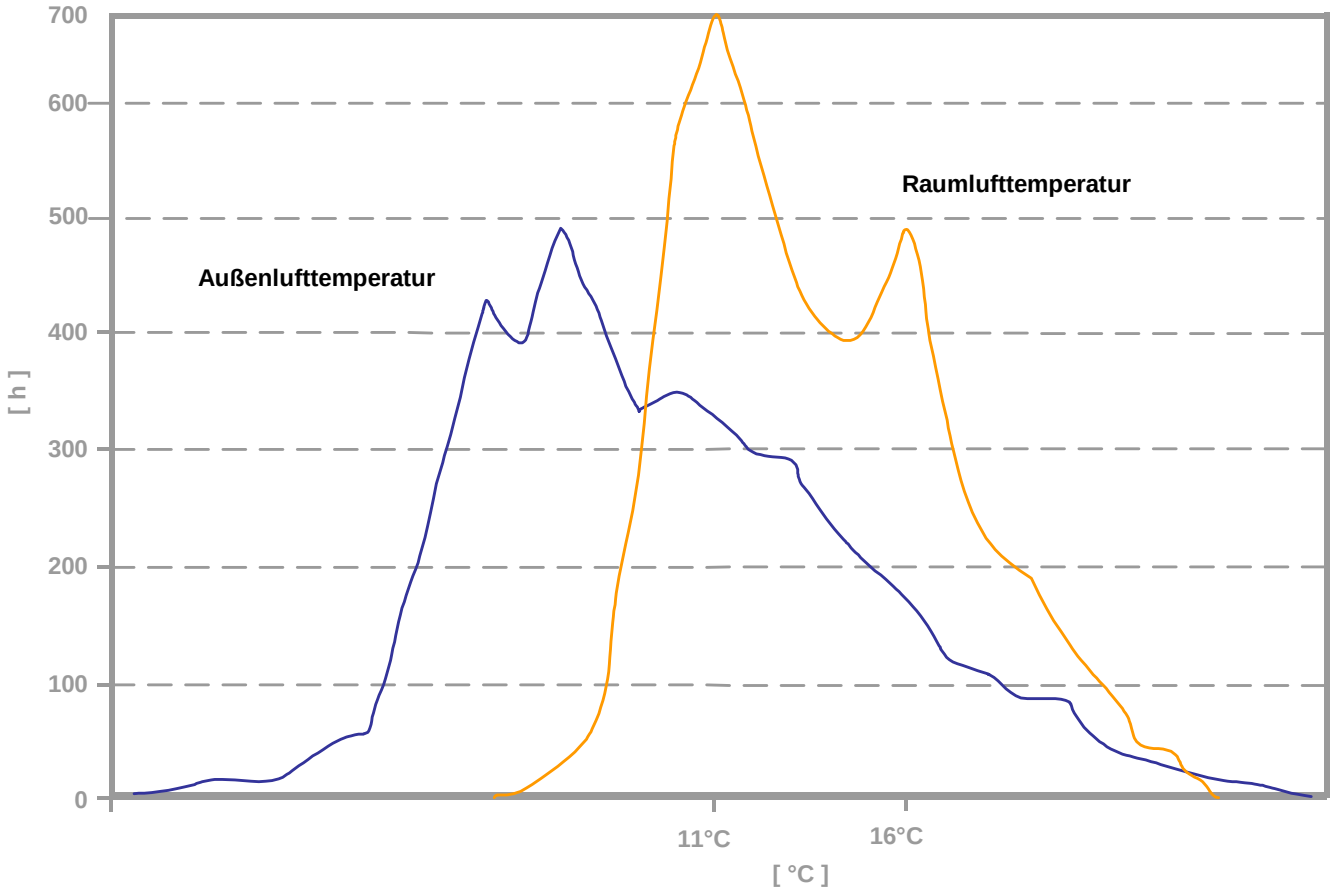
Quelle: Simulation

Tafel 91

Oikos Winterfall:

Häufigkeitsverteilung der Aussenluft- und Raumlufttemperatur

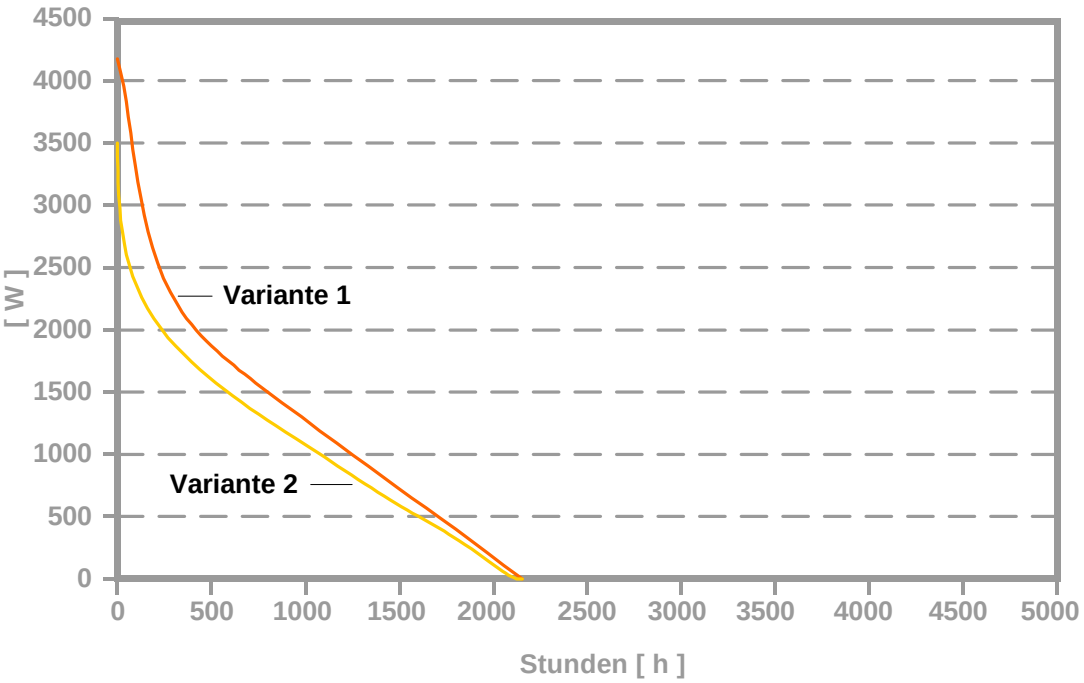
1. Oktober und 30. April



Quelle: Simulation

Tafel 92

Oikos Winterfall: Geordnete Jahresdauerlinie der Heizlast



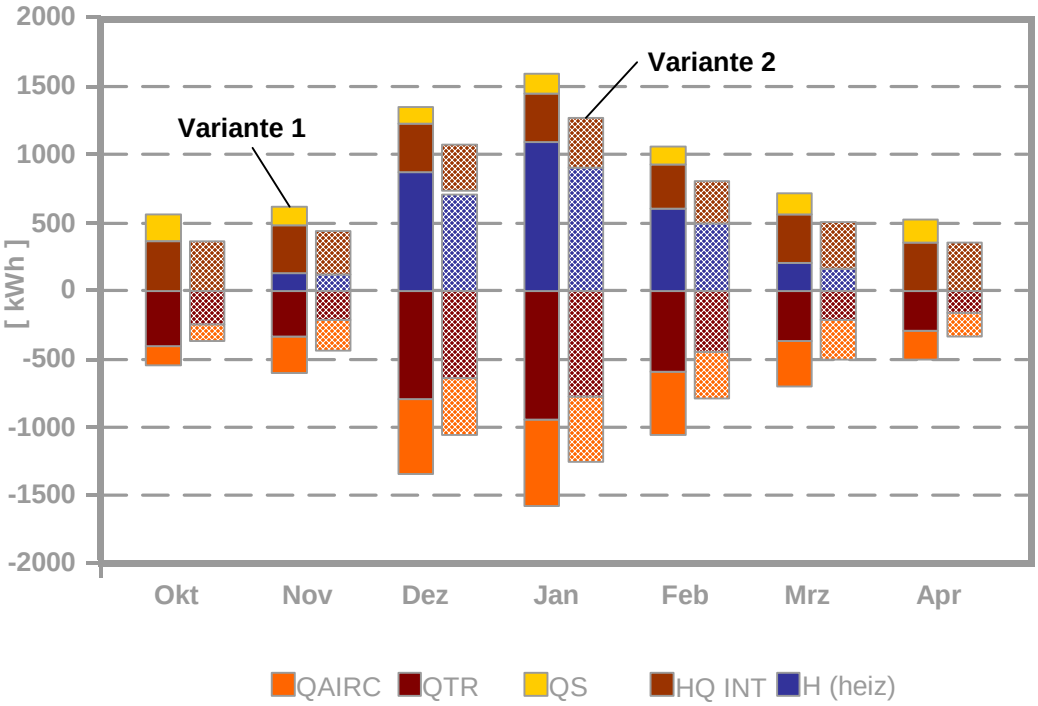
Variante 1 mit Fenster und erhöhter Luftwechselrate (zwischen 12 und 16h)

Variante 2 mit Tür und verminderter Luftwechselrate (2/h)

Quelle: Simulation

Tafel 93

Oikos Winterfall: Monatsbilanz



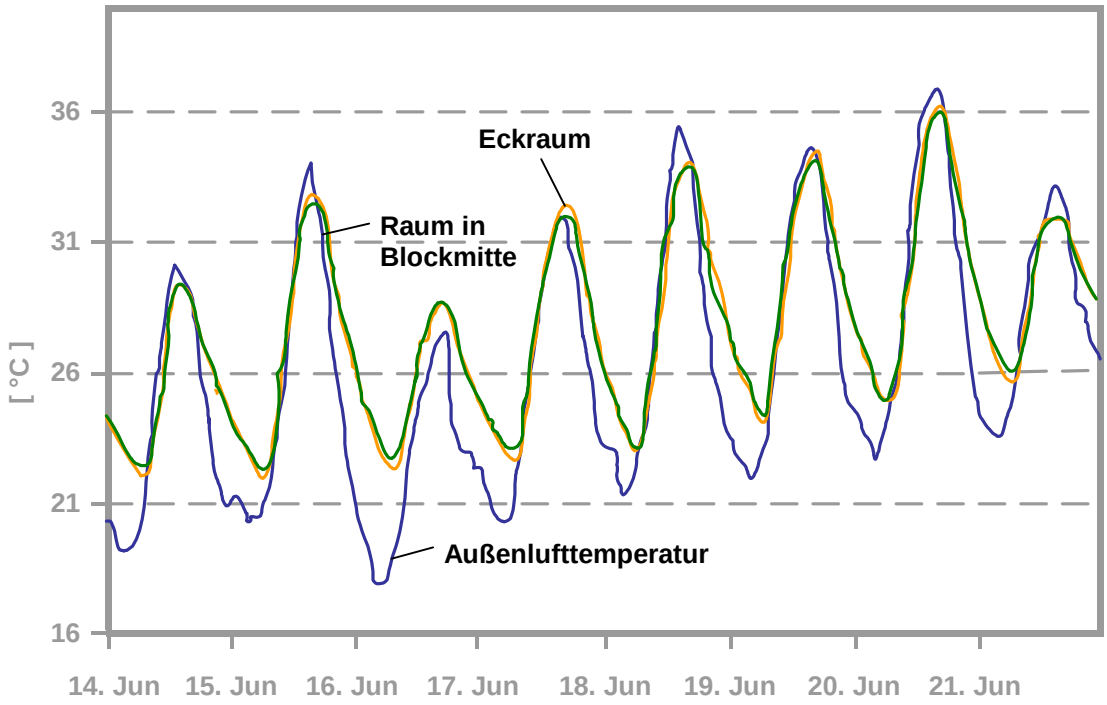
Variante 1 mit Fenster und erhöhter Luftwechselrate (zwischen 12 und 16h)

Variante 2 mit Tür und verminderter Luftwechselrate (2/h)

Quelle: Simulation

Tafel 94

Vergleich der Raumtemperatur zweier Räume im Obergeschoss

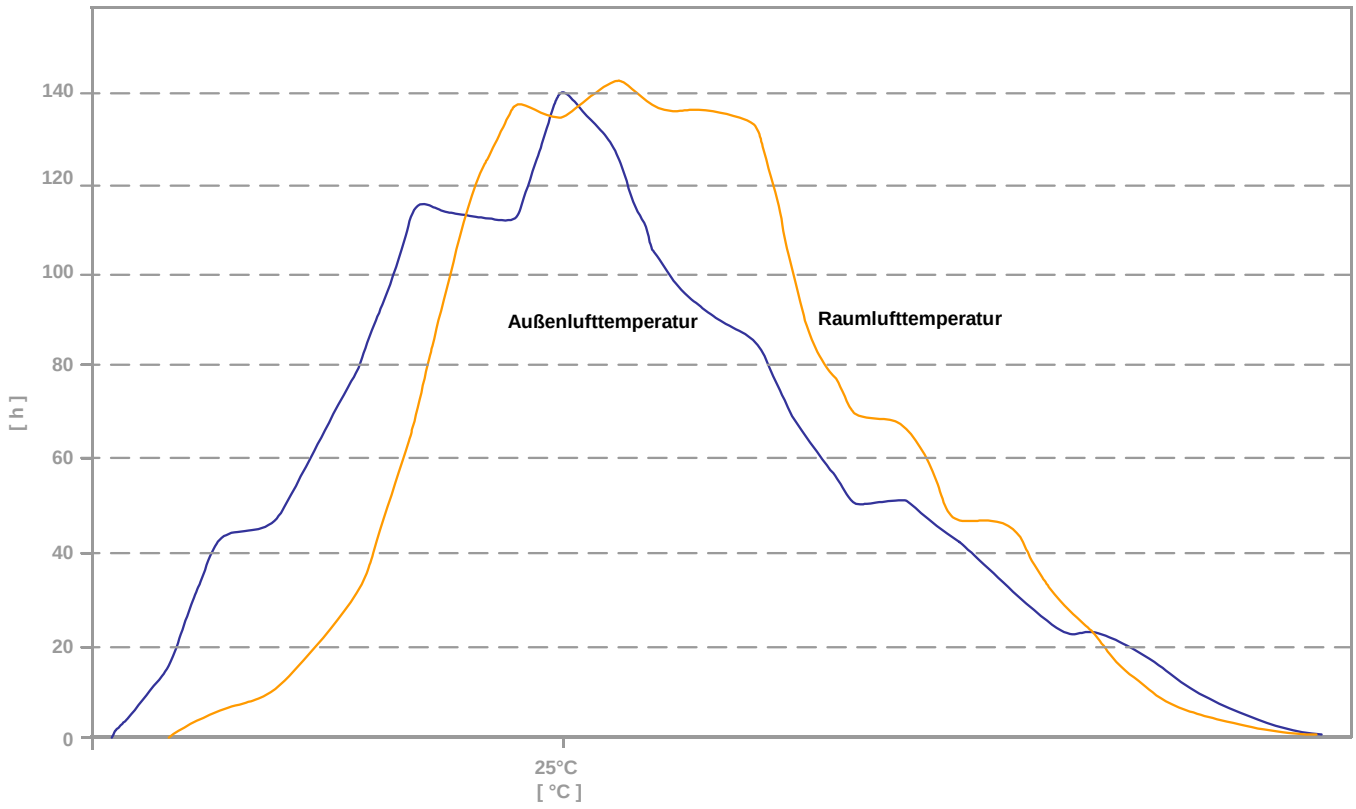


Temperaturverlauf 14.-21. Juni zweier Obergeschoss Räume

Quelle: Simulation

Tafel 95

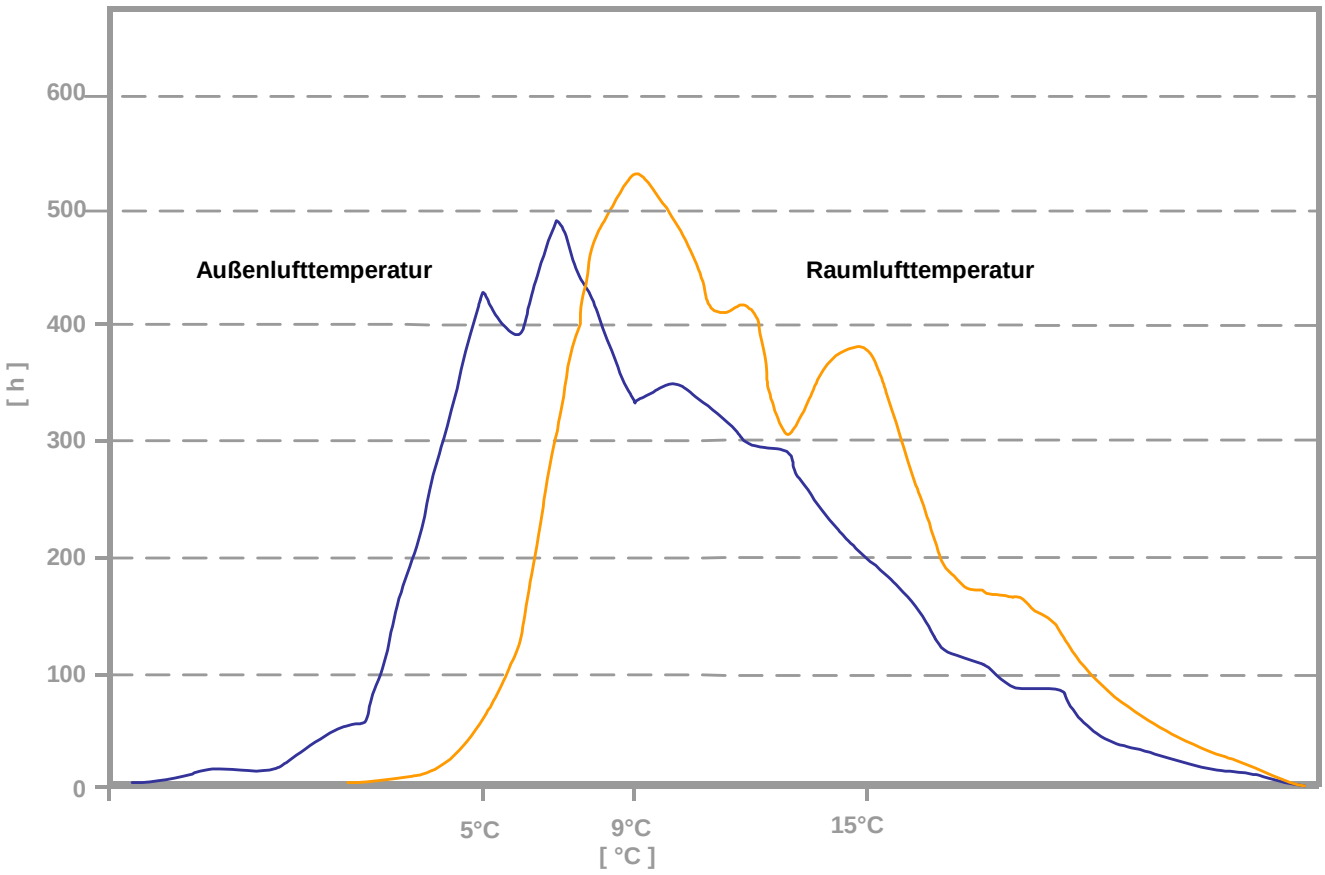
Häufigkeitsverteilung der Außentemperatur mit der Raumlufttemperatur im Vergleich



Quelle: Simulation

Tafel 96

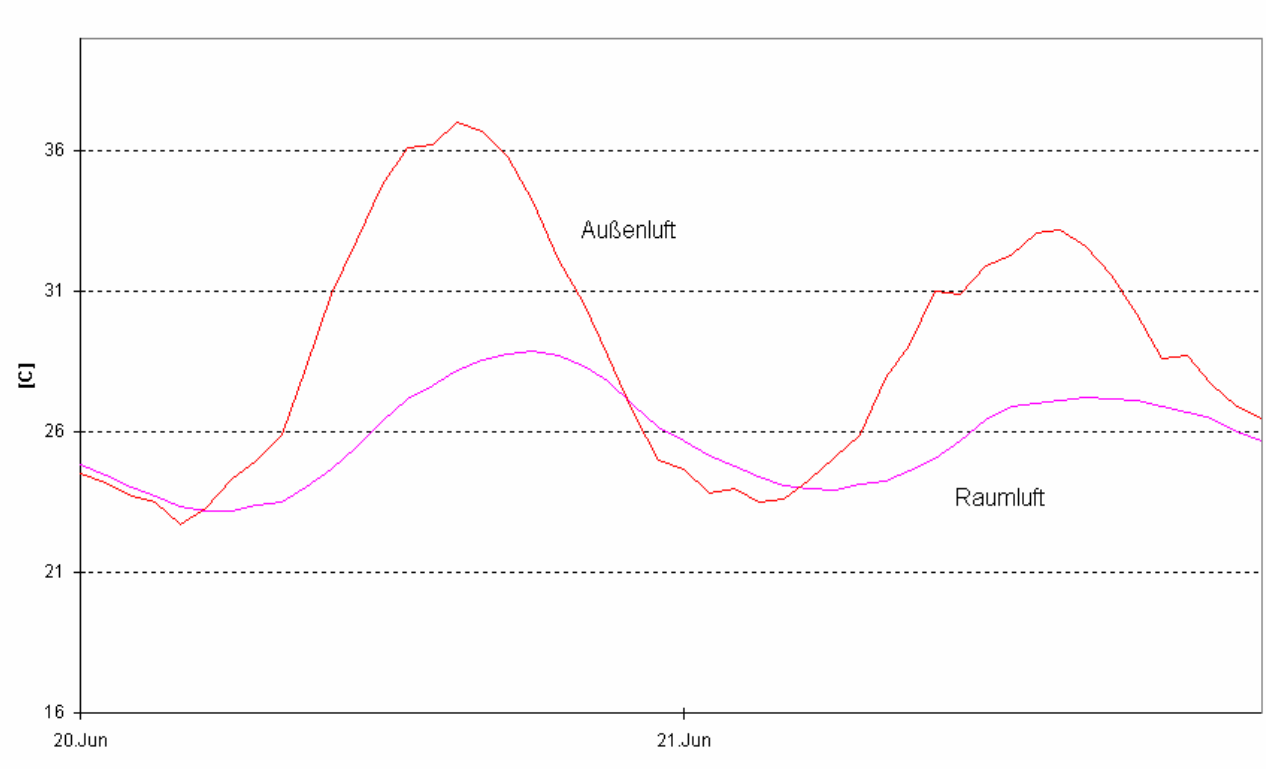
Raum Obergeschoss Winterfall: Häufigkeitsverteilung der Aussenluft- und Raumlufttemperatur 1. Oktober und 30. April



Quelle: Simulation

Tafel 97

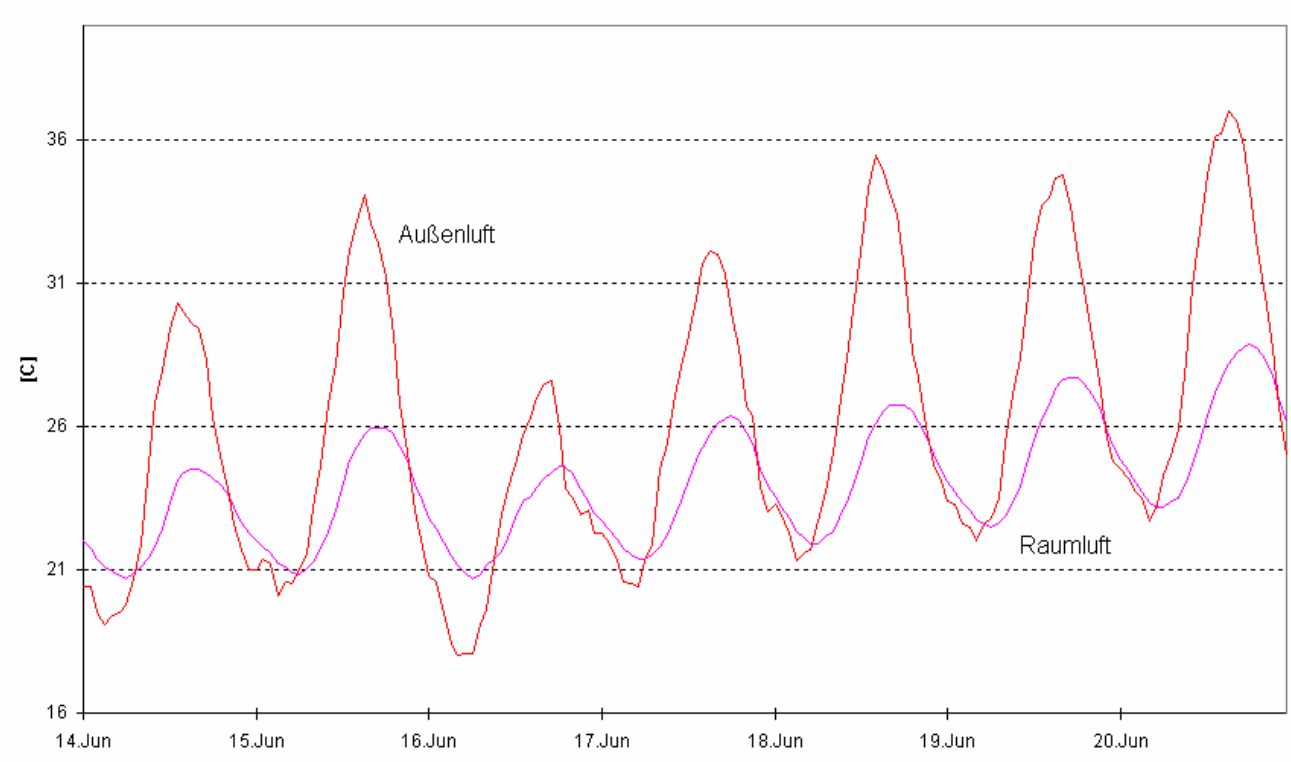
Temperaturverlauf kleiner Wohnraum 20. und 21. Juni



Quelle: Simulation

Tafel 98

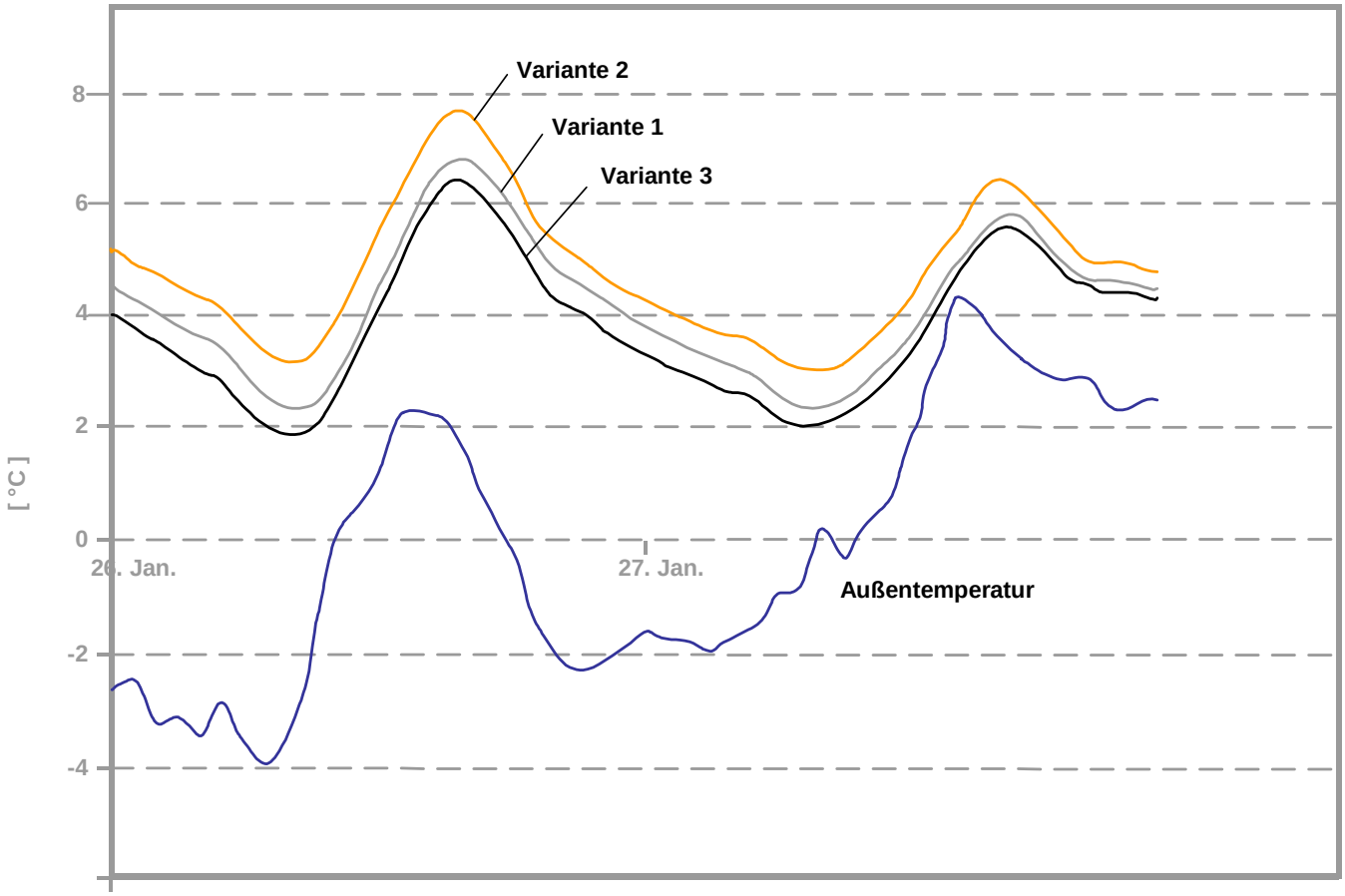
Temperaturverlauf kleiner Wohnraum zwischen 14. und 20. Juni



Quelle: Simulation

Tafel 99

Variantenvergleich



Variante 1 Luftwechsel 1/h, 23cm Wandstärke

Variante 2 Luftwechsel 1/h, 46cm Wandstärke

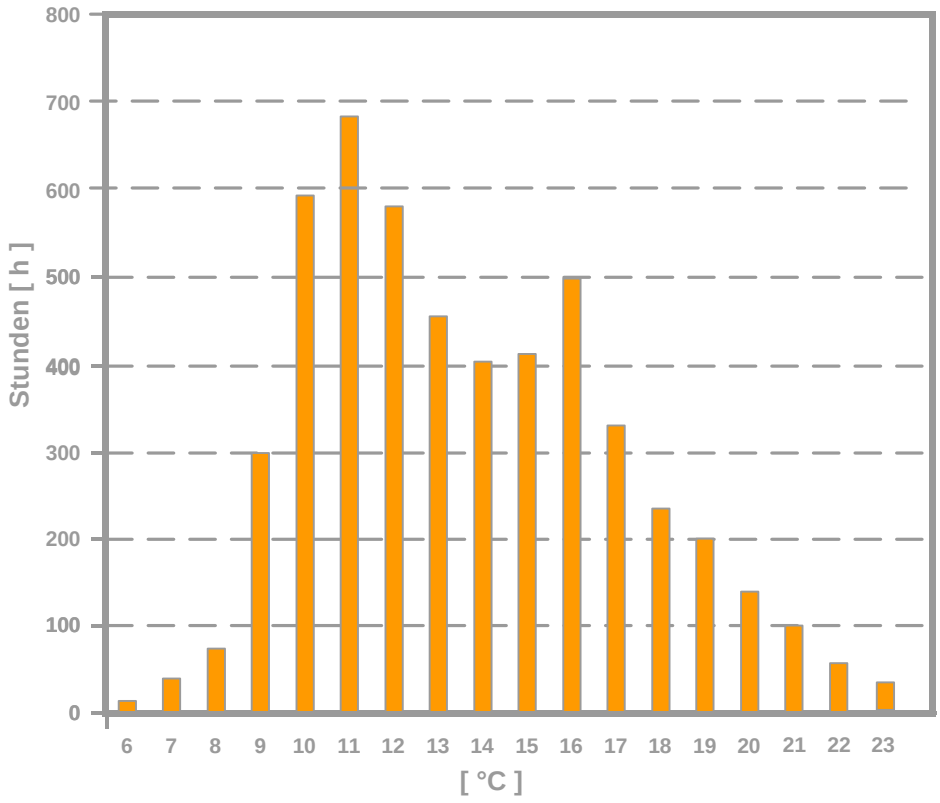
Variante 3 Luftwechsel 2/h, 23cm Wandstärke

Quelle: Simulation

Tafel 100

Oikos Winterfall:

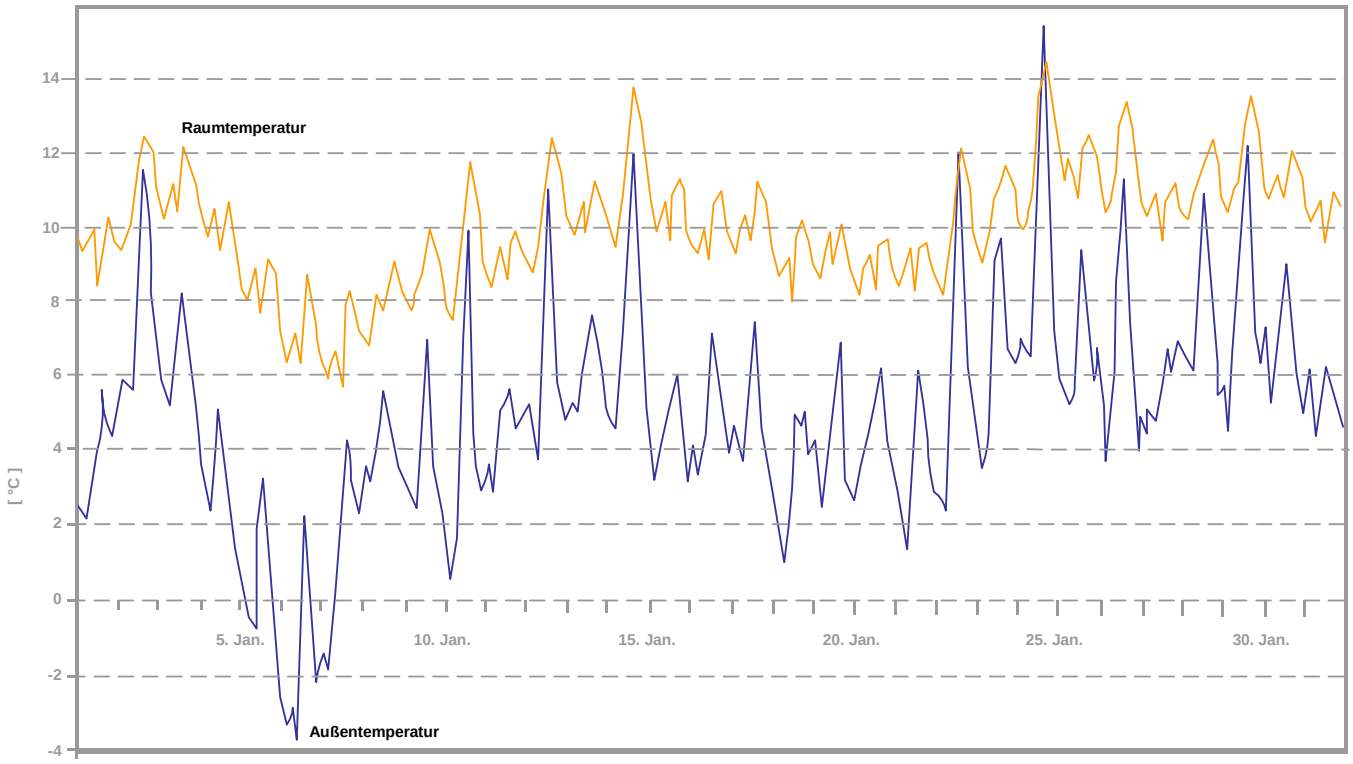
Häufigkeitsverteilung von Temperaturwerten zwischen dem 1. Oktober und 30. April



Quelle: Simulation

Tafel 101

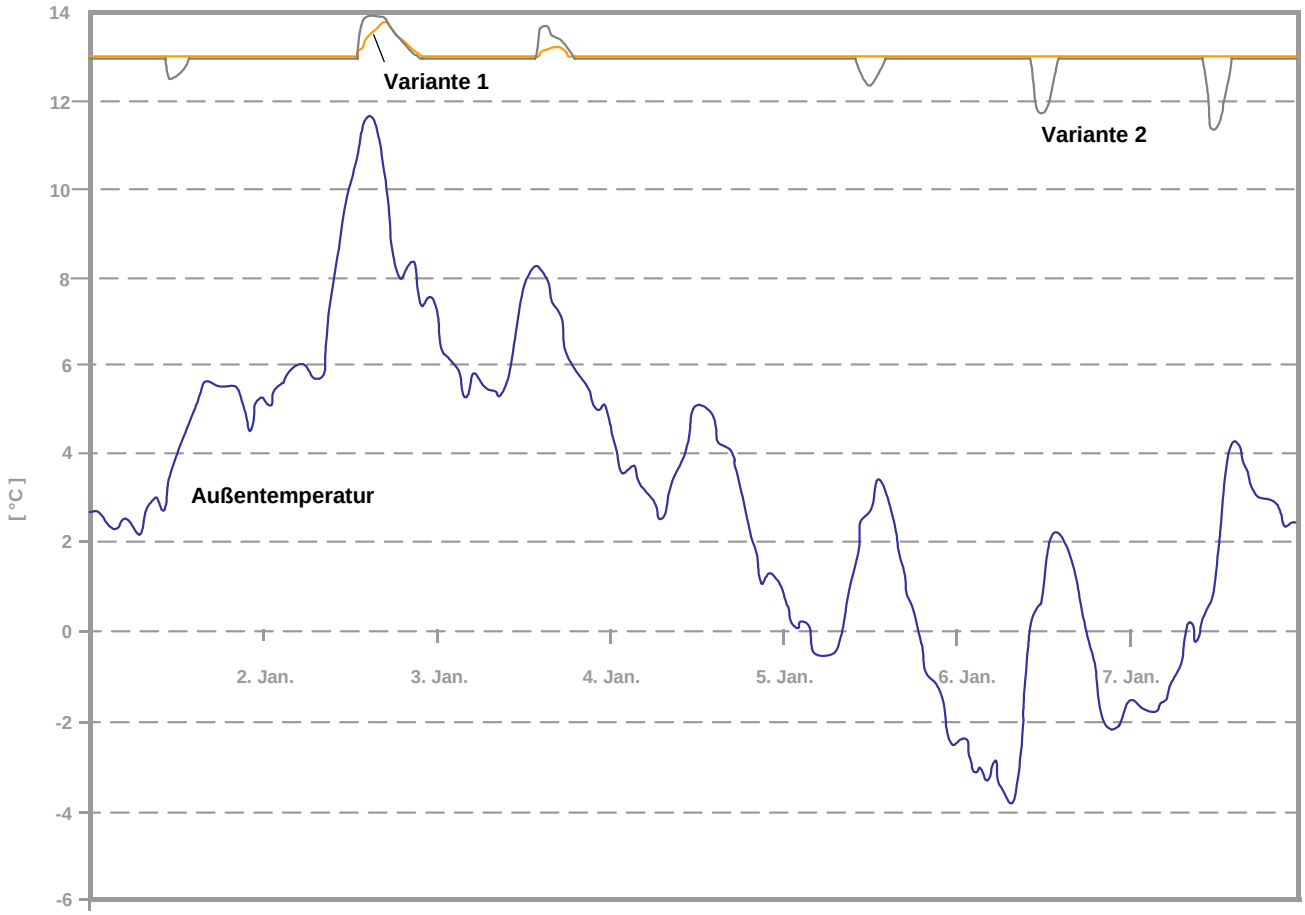
Oikos Winterfall: Temperaturverteilung im Januar



Quelle: Simulation

Tafel 102

Oikos Winterfall



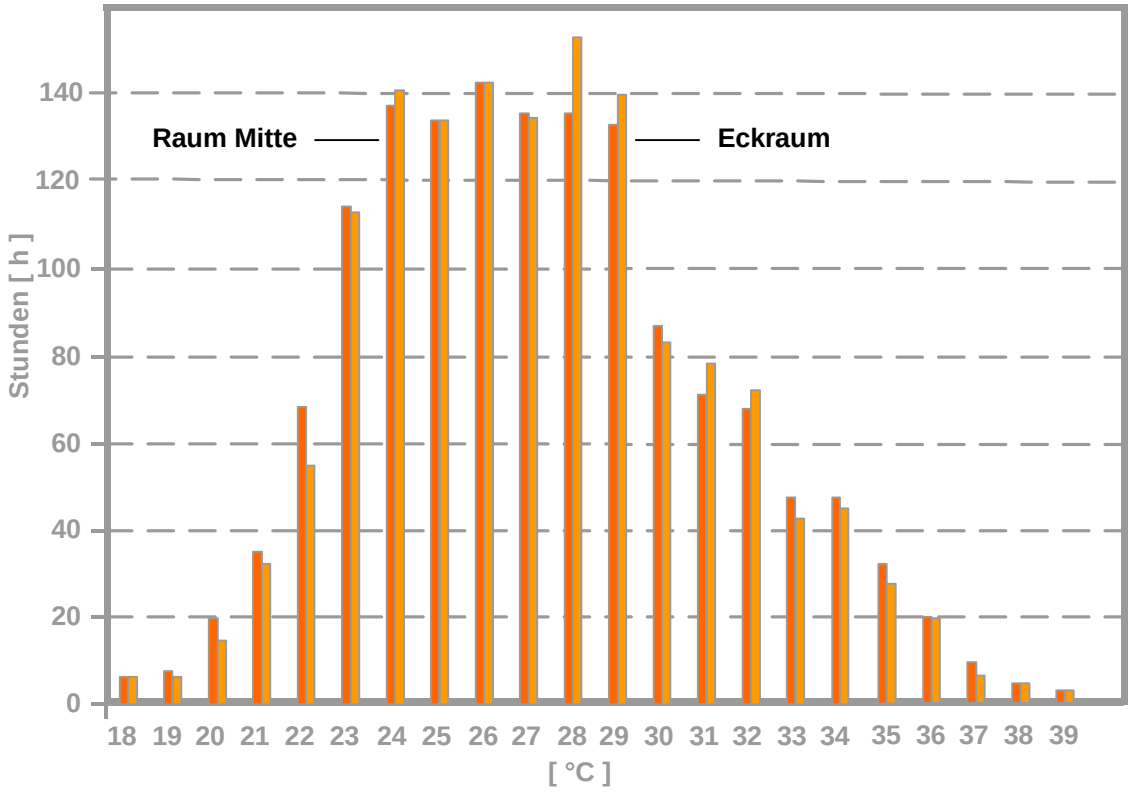
Variante 1 Heizen mit Fenster und erhöhter Luftwechselrate

Variante 2 Heizen mit geschlossenem Fenster und geschlossener Tür

Quelle: Simulation

Tafel 103

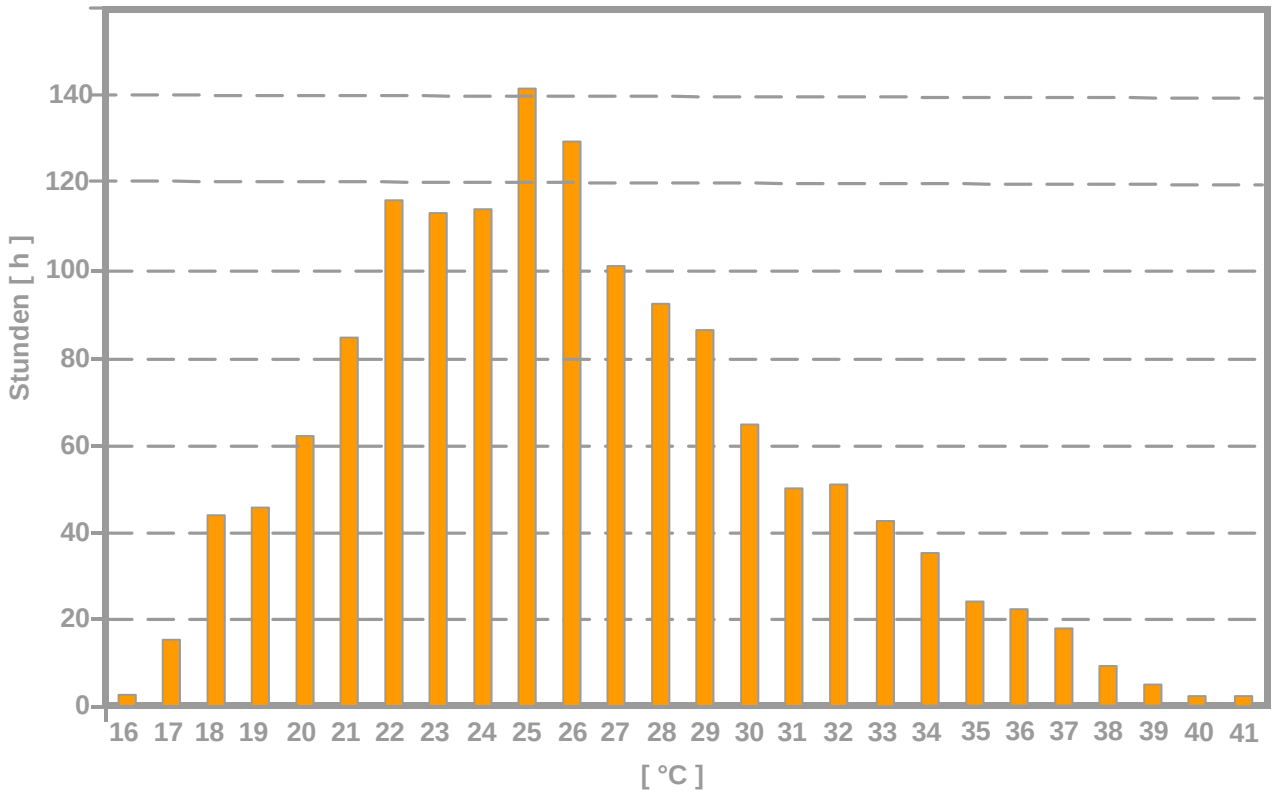
Häufigkeitsverteilung der Raumtemperaturen im Obergeschoß in Stunden über die Monate Juni, Juli



Quelle: Simulation

Tafel 104

Häufigkeitsverteilung der Außentemperatur Juni, Juli

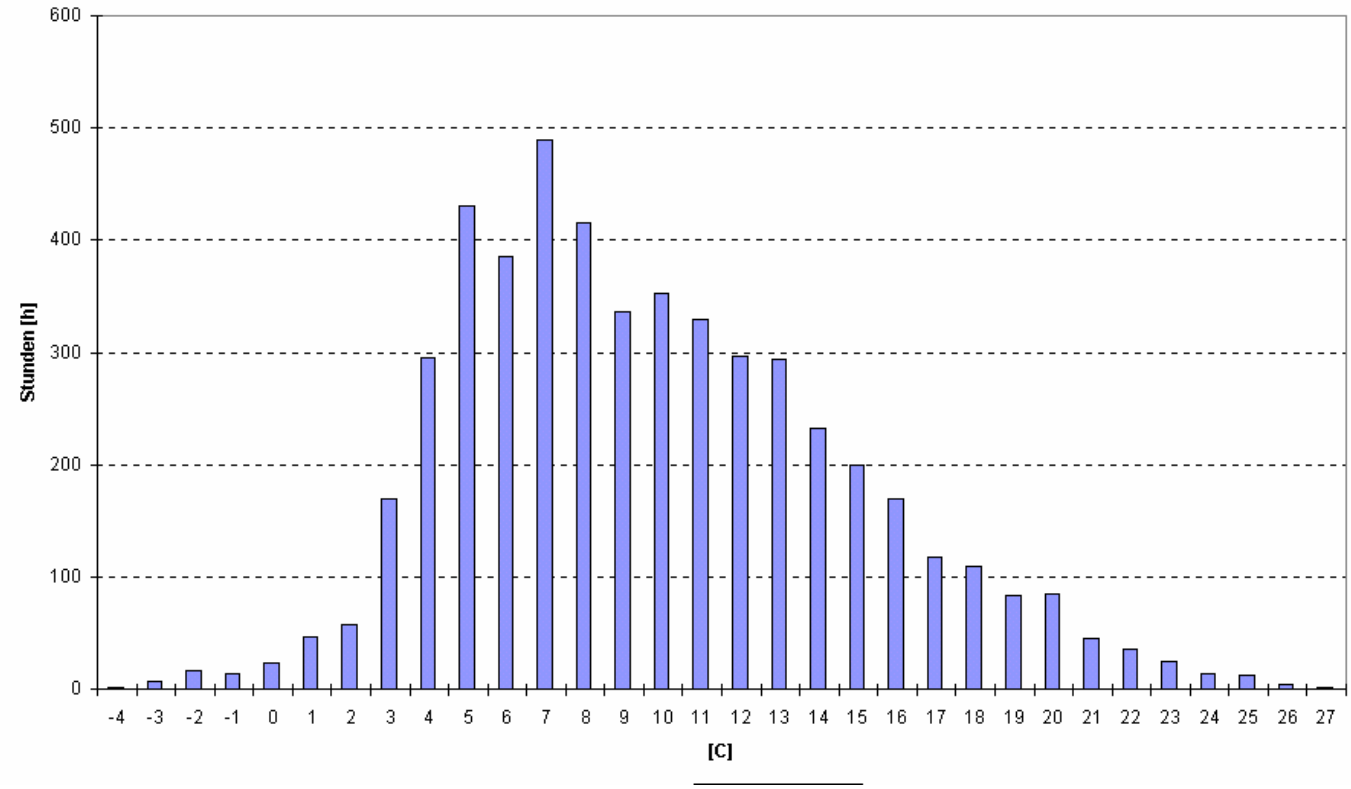


Quelle: Simulation

Tafel 105

Raum Obergeschoss Winterfall:

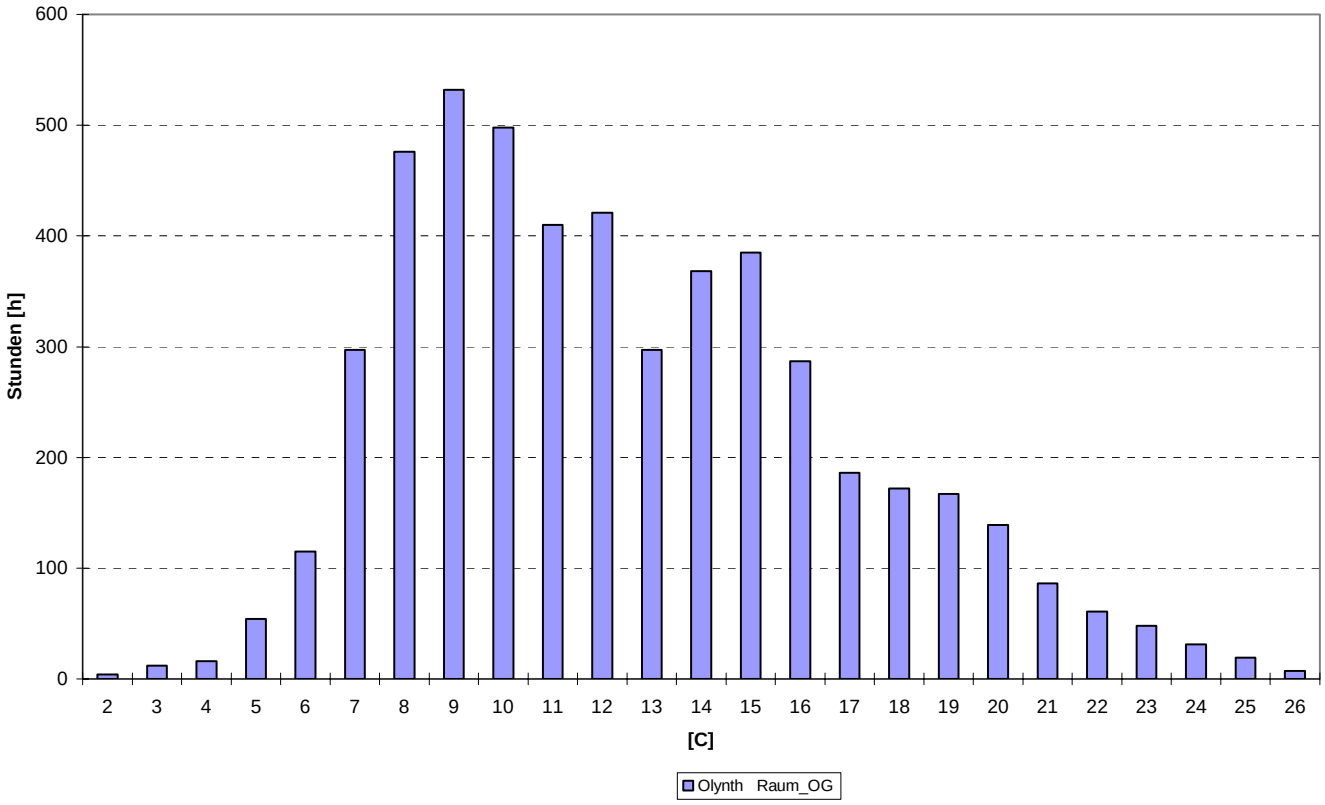
Häufigkeitsverteilung der Aussenlufttemperatur 1.Oktober und 30. April



Quelle: Simulation

Tafel 106

Raum Obergeschoss Winterfall: Häufigkeitsverteilung von Temperaturwerten der Innen- und Aussenluft ohne Heizen im Obergeschoss zwischen dem 1. Oktober und 30. April

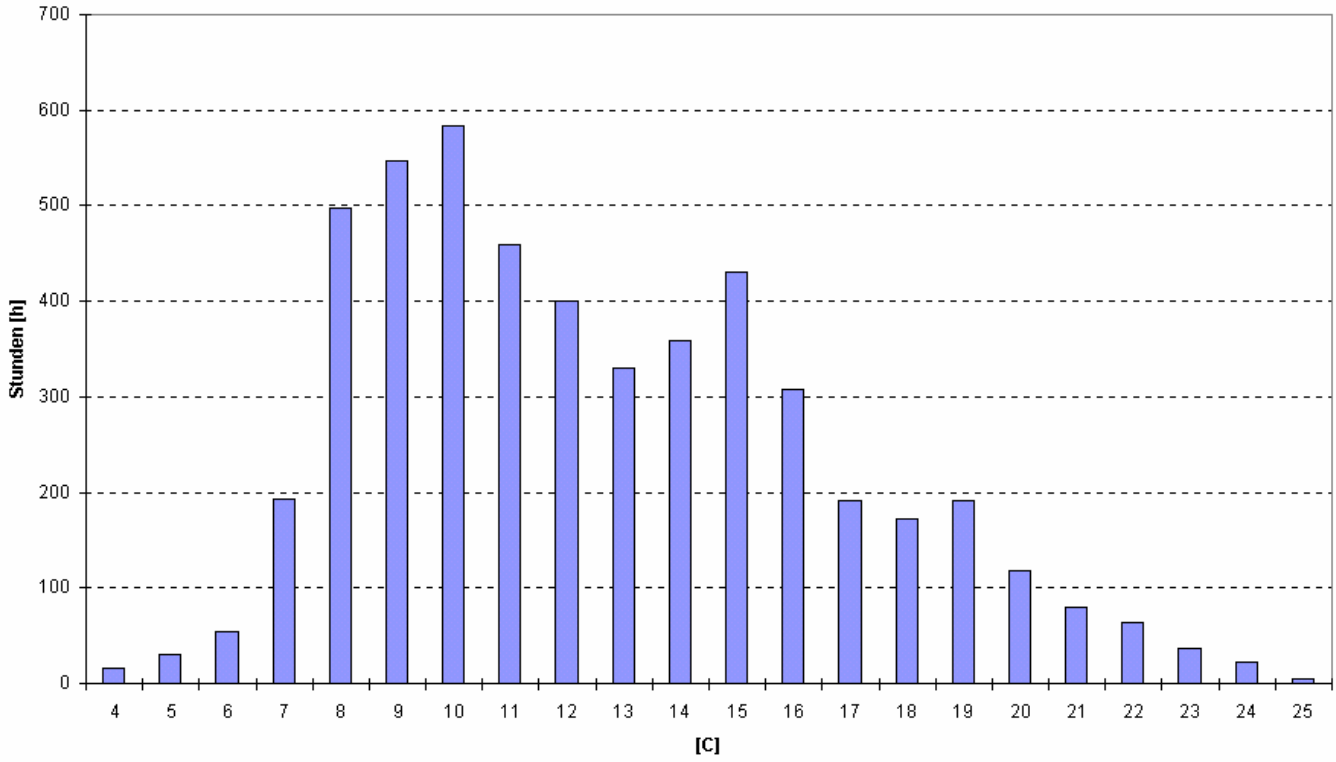


Quelle: Simulation

Tafel 107

Raum Obergeschoss Winterfall:

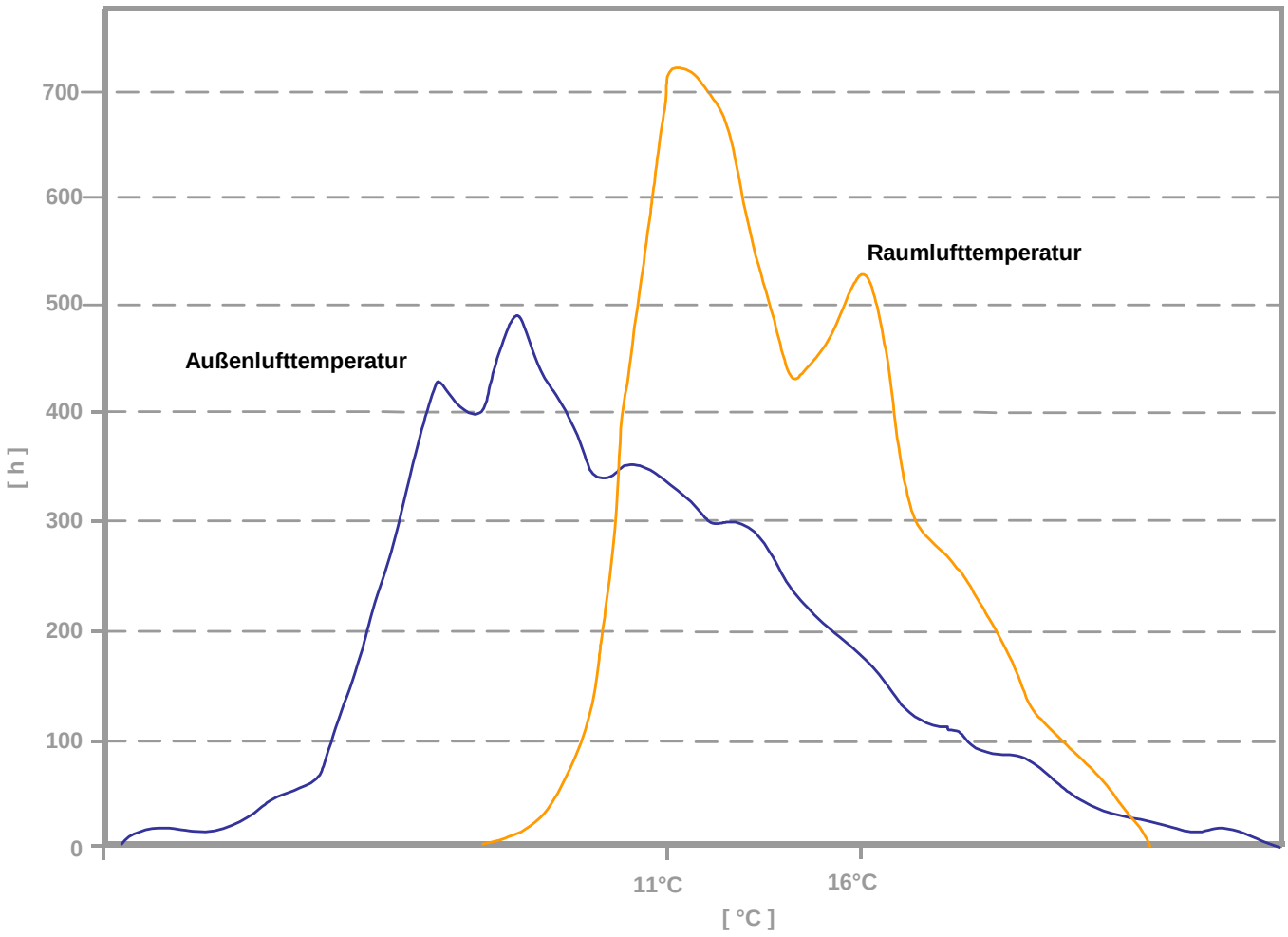
Häufigkeitsverteilung der Innentemperatur 1.Oktober und 30. April ohne Heizung



Quelle: Simulation

Tafel 108

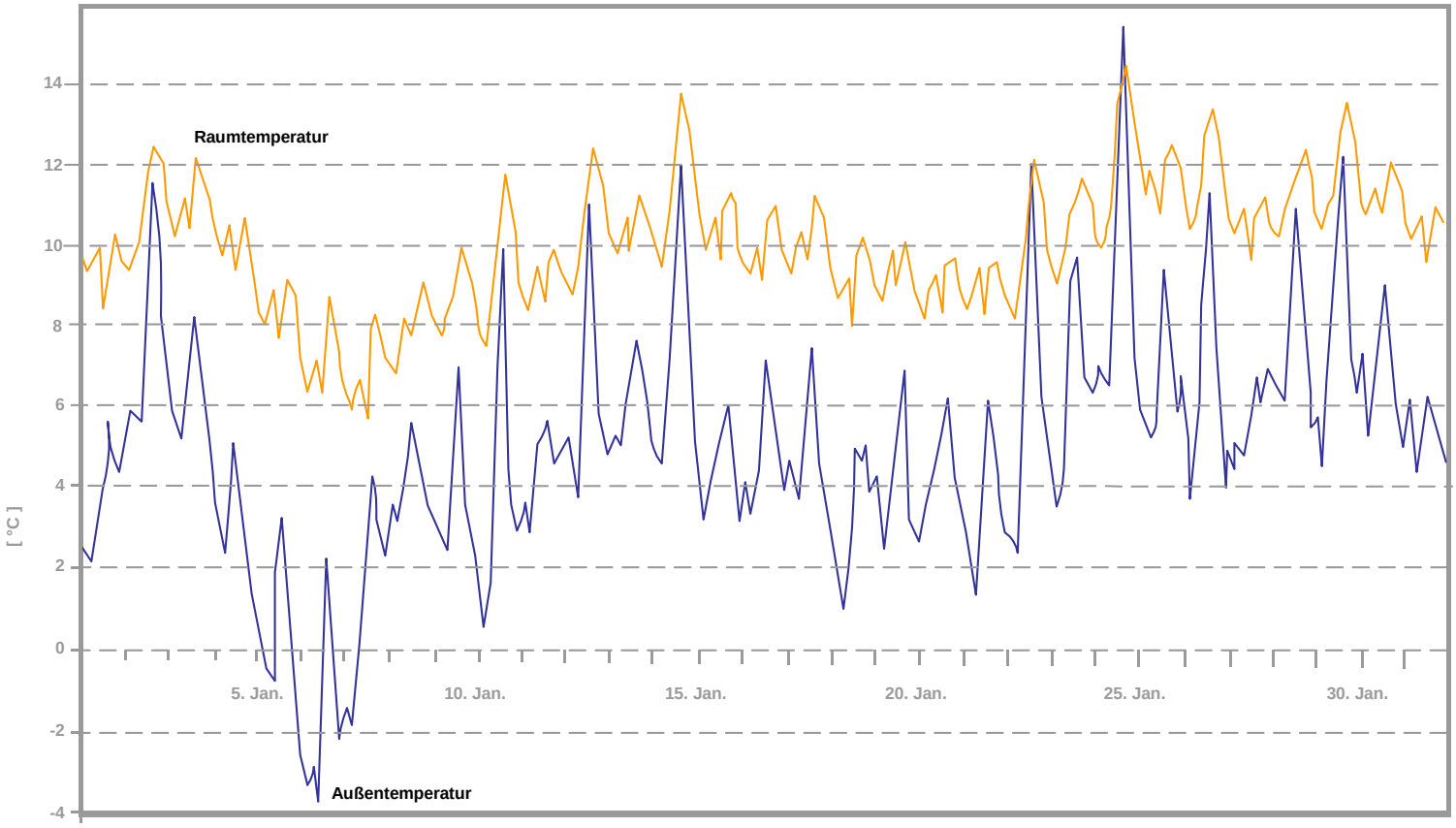
Kleiner Wohnraum neben Oikos Winterfall: Häufigkeitsverteilung der Aussenluft- und Raumlufttemperatur 1. Oktober und 30. April



Quelle: Simulation

Tafel 109

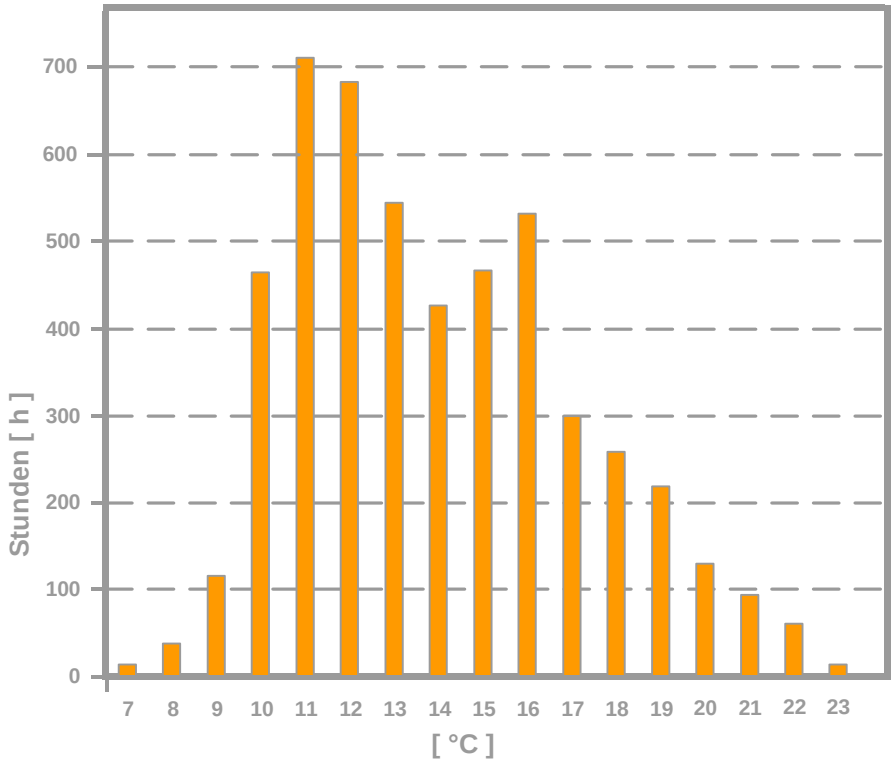
Kleiner Wohnraum neben Oikos Winterfall: Temperaturverteilung im Januar



Quelle: Simulation

Tafel 110

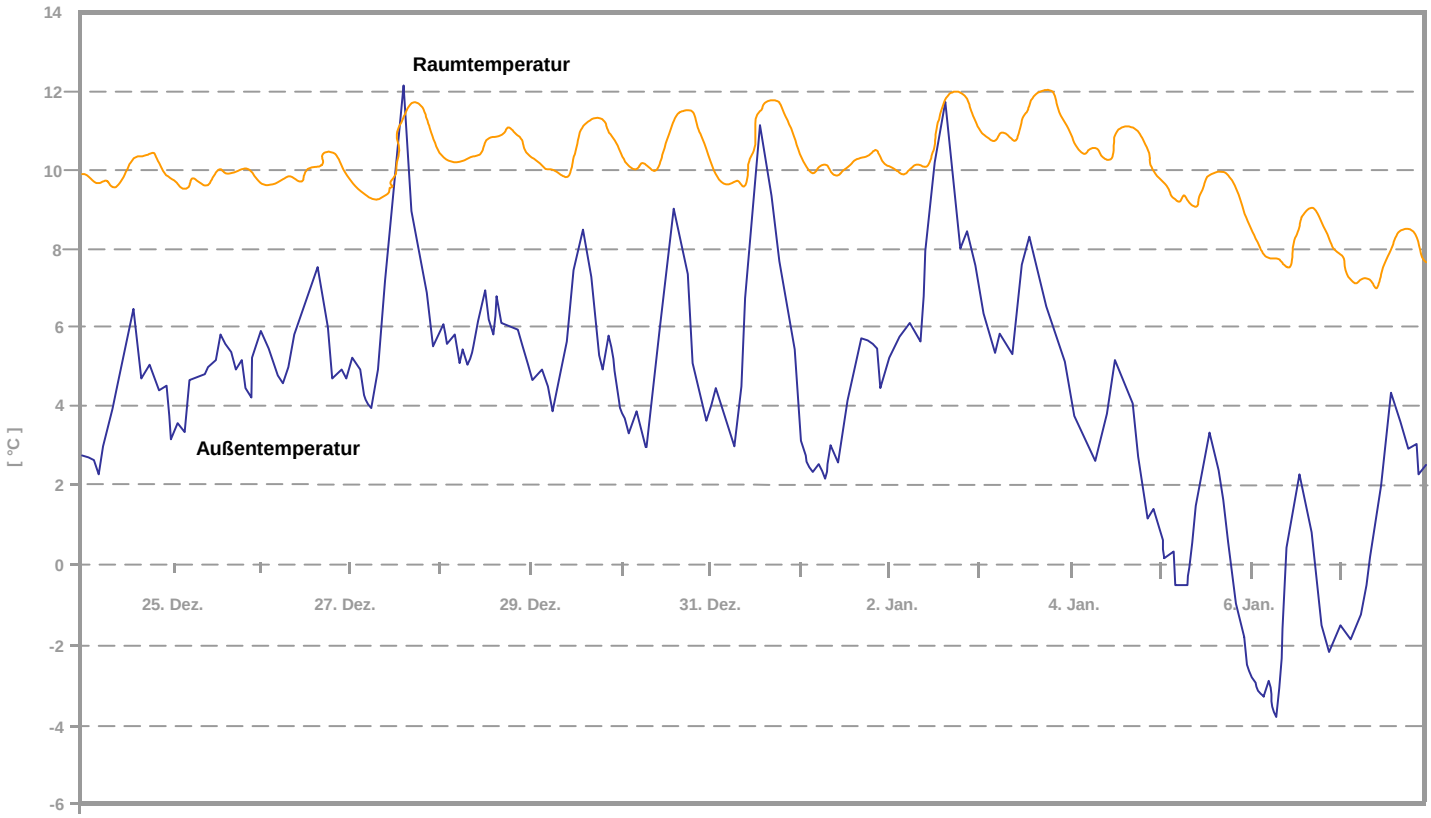
Kleiner Wohnraum neben Oikos Winterfall: Häufigkeitsverteilung von Temperaturwerten zwischen dem 1. Oktober und 30. April



Quelle: Simulation

Tafel 111

Oikos heute: Variante 1

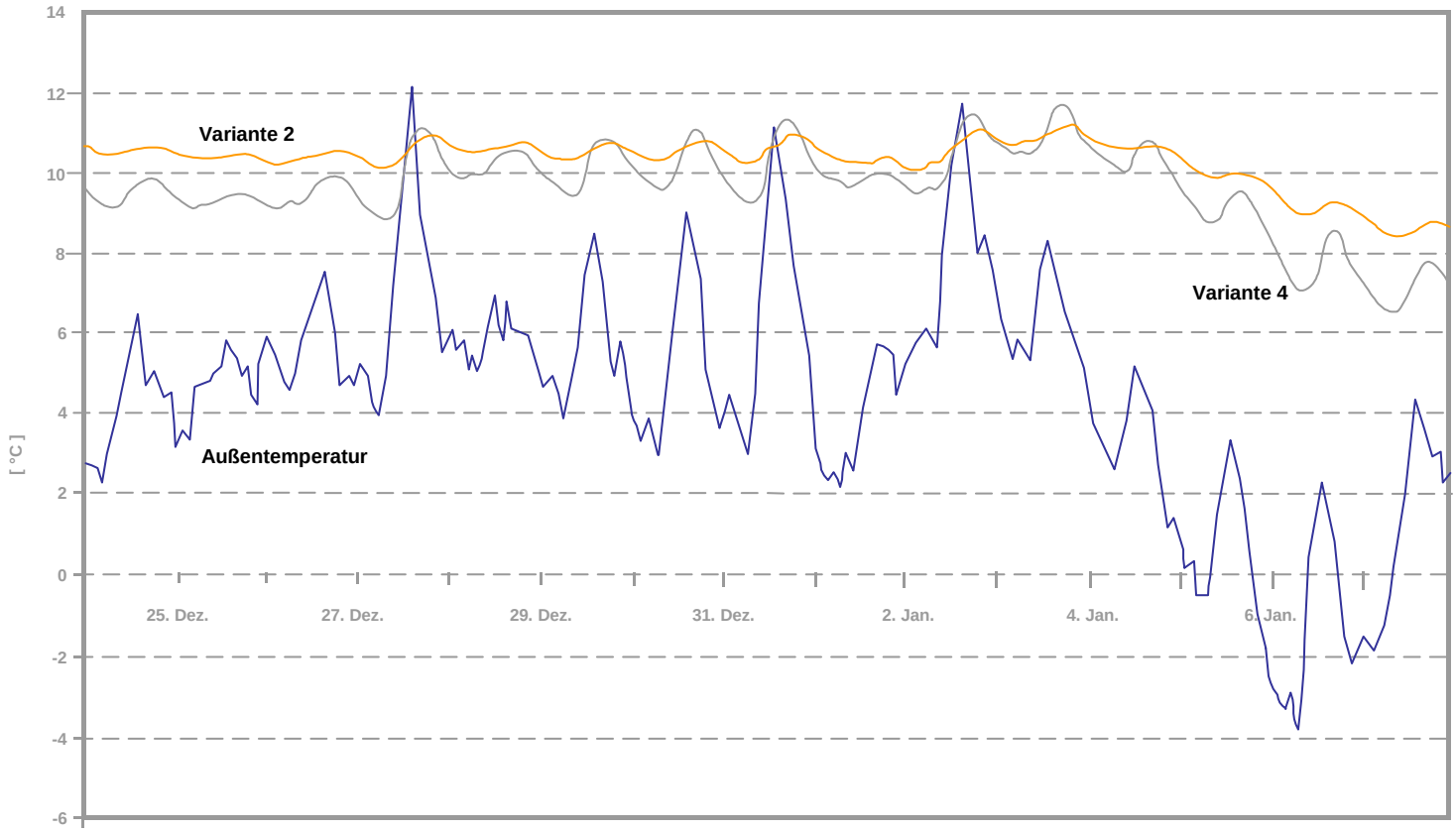


Variante 1 Fenster Nordseite (U-Wert 1,2), dichtere Tür mit besserem k-Wert (von 2,15 W/m^{2}K auf 1,3 W/m^{2}K), Luftwechselrate 0,8

Quelle: Simulation

Tafel 112

Oikos heute: Varianten



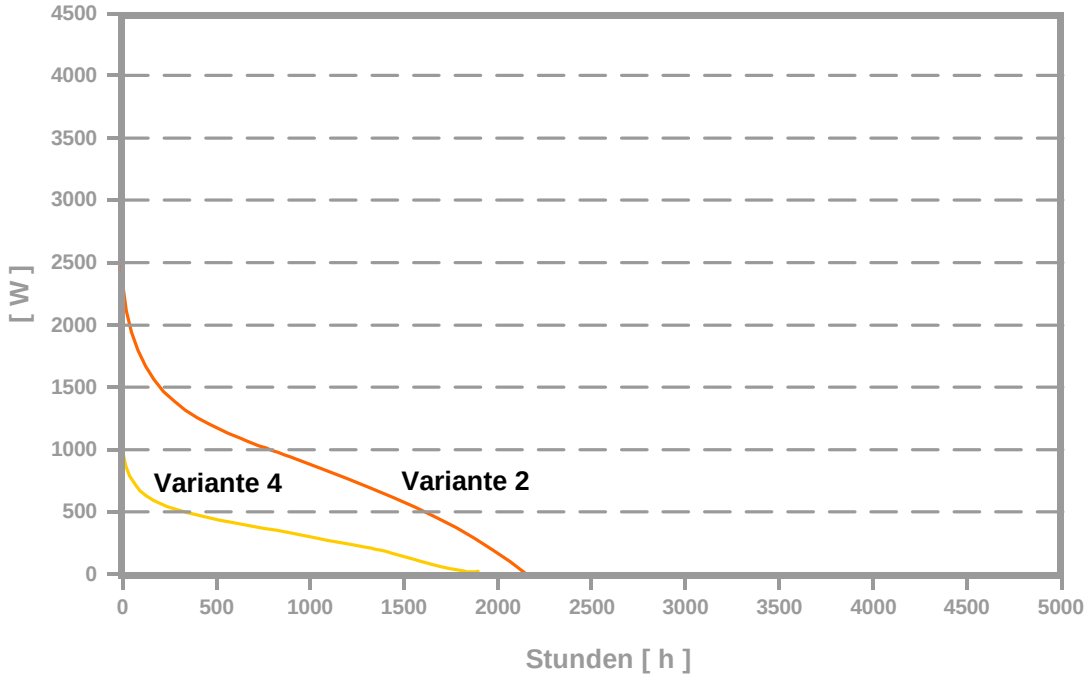
Variante 2 ohne Dämmung, hygienischer Luftwechsel

Variante 4 20 cm Steinwolle (WLG 036) auf Nord- und Südwand (außen), Decke und Boden gedämmt, hygienischer Luftwechsel

Quelle: Simulation

Tafel 113

Oikos heute: Geordnete Jahresdauerlinie der Heizlast Variante 2,4



Heizen ab 13°C

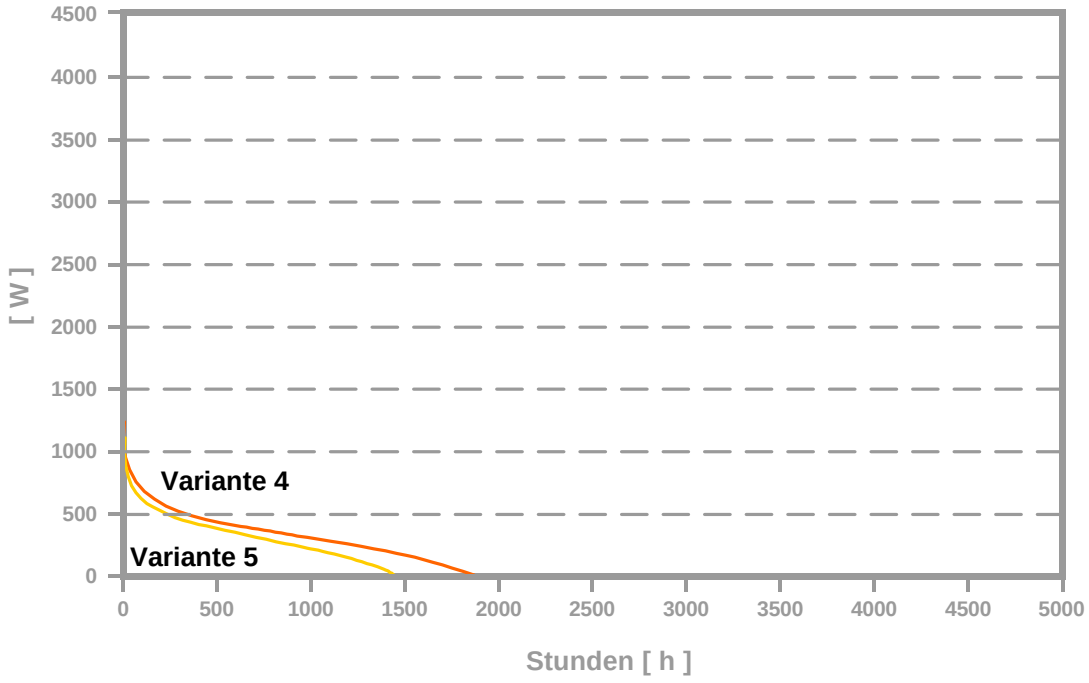
Variante 2 ohne Dämmung, hygienischer Luftwechsel

Variante 4 20 cm Steinwolle (WLG 036) auf Nord- und Südwand (außen), Decke und Boden gedämmt, hygienischer Luftwechsel

Quelle: Simulation

Tafel 114

Oikos heute: Geordnete Jahresdauerlinie der Heizlast Variante 4,5



Heizen ab 13°C

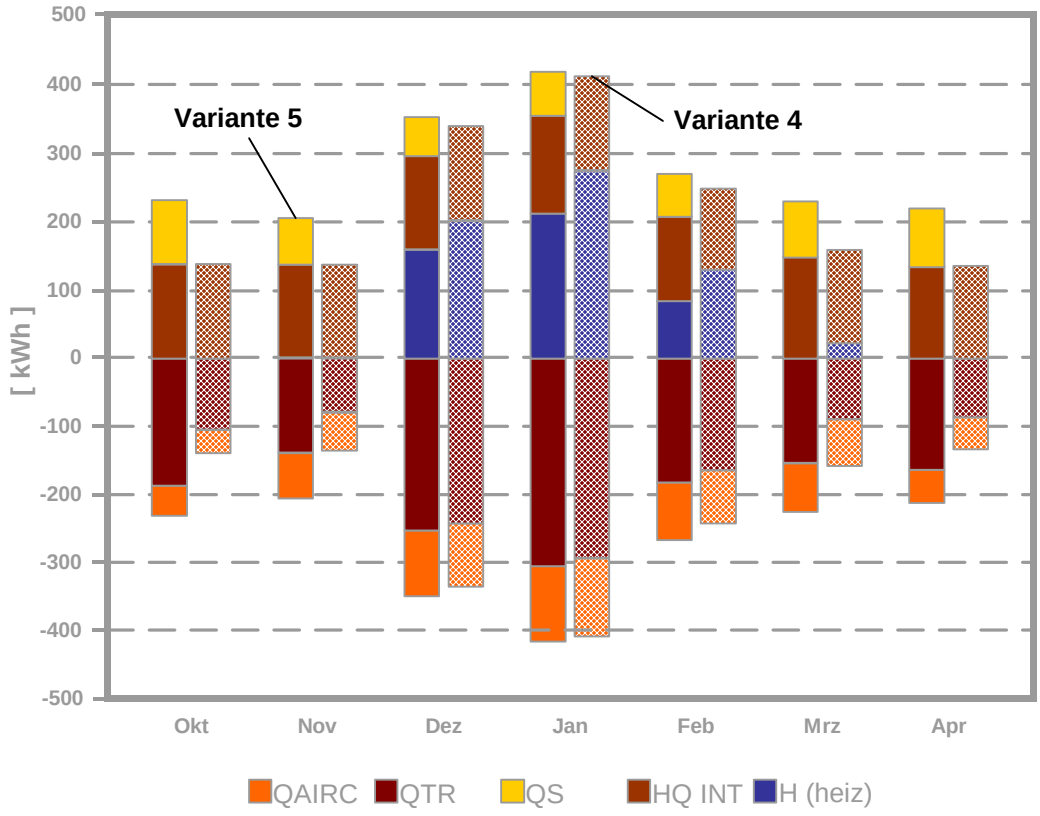
Variante 4 20 cm Steinwolle (WLG 036) auf Nord- und Südwand (außen), Decke und Boden gedämmt, hygienischer Luftwechsel

Variante 5 Tür in der Südfassade aus Glas (U-Wert 1,1): solare Gewinne

Quelle: Simulation

Tafel 115

Oikos heute: Monatsbilanz



Heizen ab 13°C

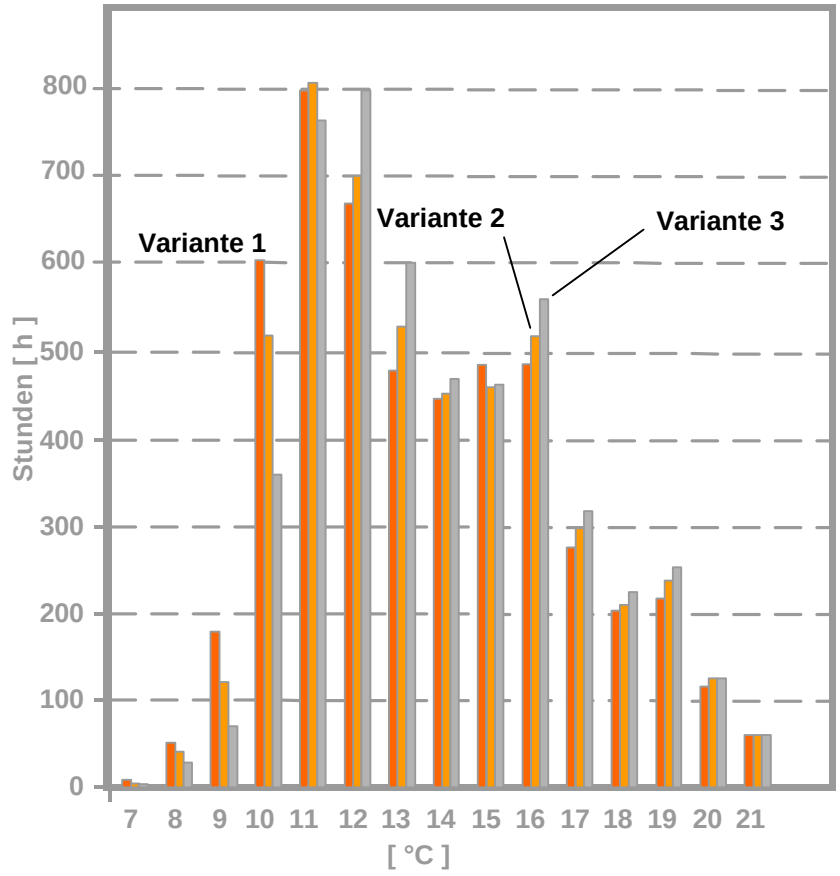
Variante 4 20 cm Steinwolle (WLG 036) auf Nord- und Südwand (außen), Decke und Boden gedämmt, hygienischer Luftwechsel

Variante 5 Tür in der Südfassade aus Glas (U-Wert 1,1): solare Gewinne

Quelle: Simulation

Tafel 116

Oikos heute: Lüftungsstrategien im Vergleich



Variante 1 Fenster (k-Wert 1,0) im Norden mit Rahmenanteil 30%, Luftwechsel 0,8

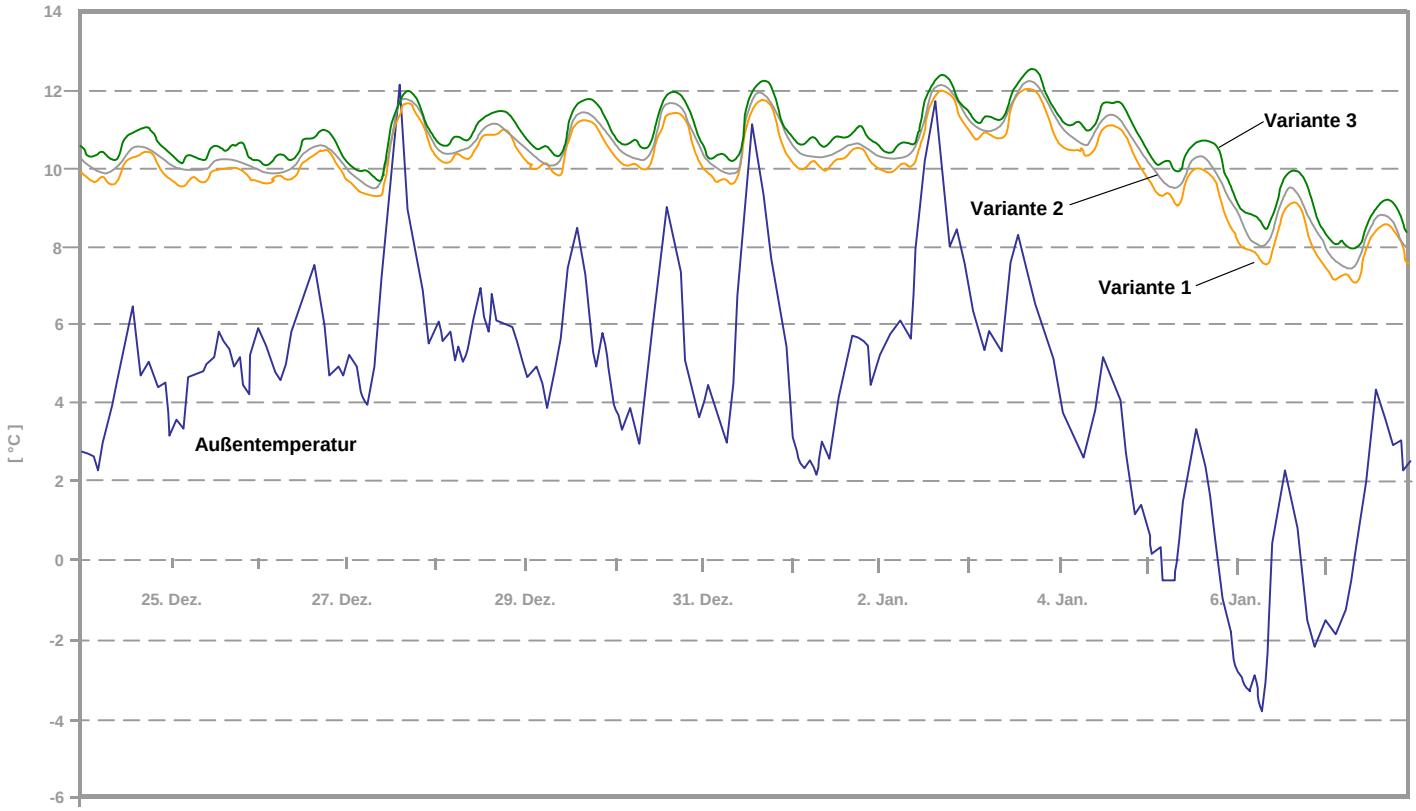
Variante 2 hygienischer Luftwechsel (30m3/Pers. h): 0,23/Pers h, im Schnitt 0,49/h am Tag

Variante 3 Infiltration: 0,1… 0,13/h

Quelle: Simulation

Tafel 117

Oikos heute: Lüftungsstrategien im Vergleich



Variante 1 Fenster (k-Wert 1,0) im Norden mit Rahmenanteil 30%, Luftwechsel 0,8

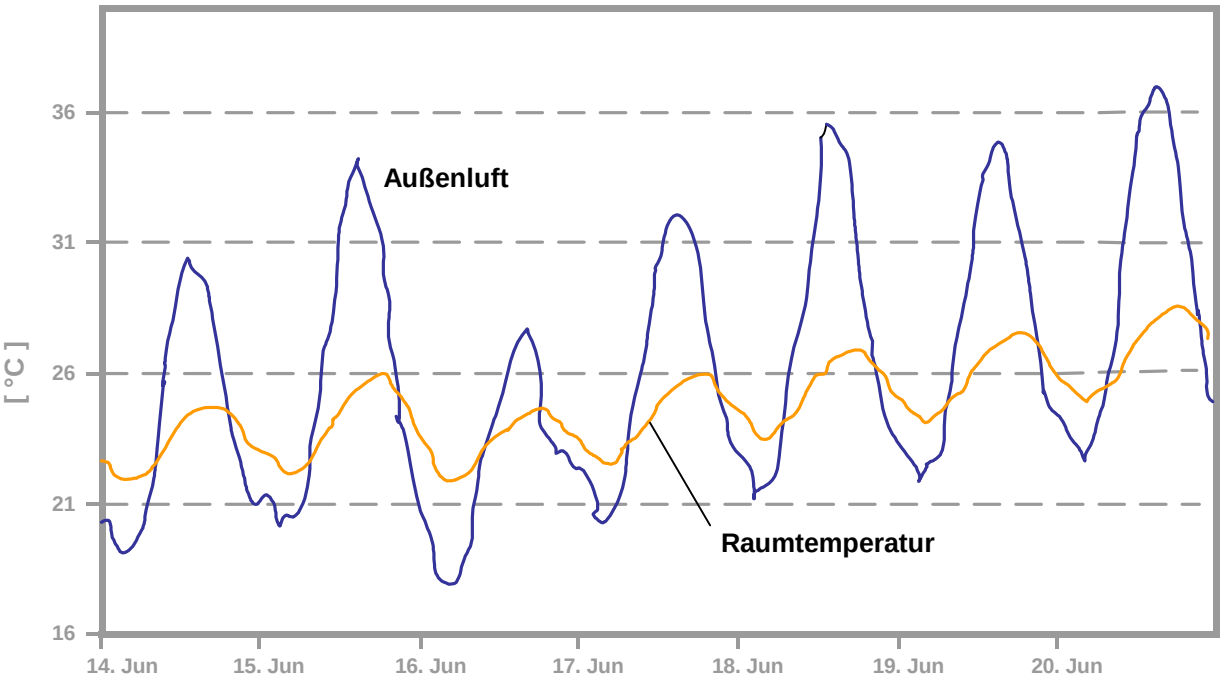
Variante 2 hygienischer Luftwechsel (30m3/Pers. h): 0,23/Pers h, im Schnitt 0,49/h am Tag

Variante 3 Infiltration: 0,1… 0,13/h

Quelle: Simulation

Tafel 118

Sommerfall

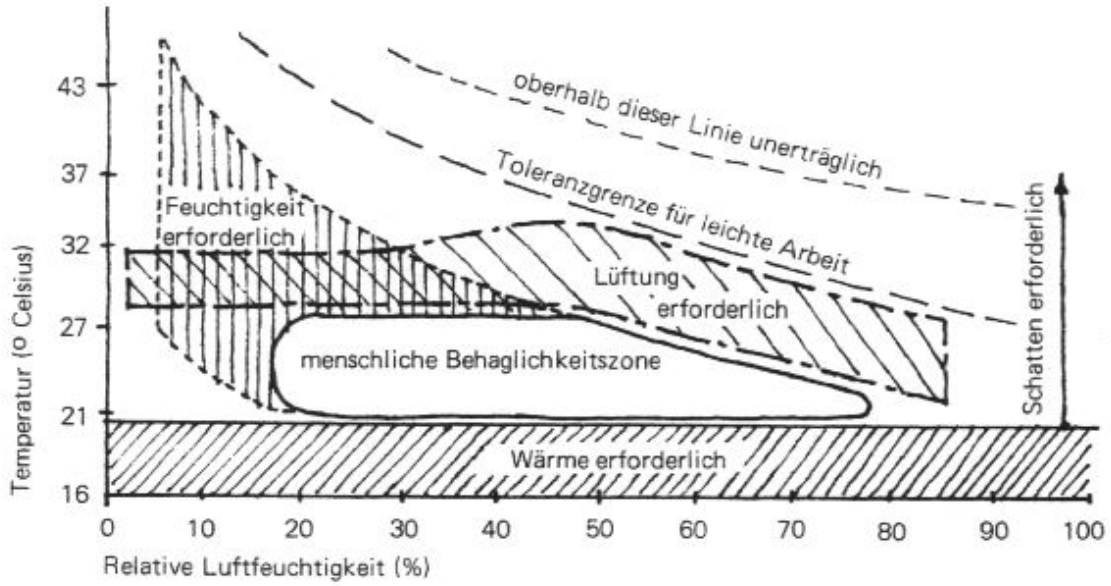


Variante 6 Tür in der Südfassade aus Glas, verstärkte Nachtlüftung: 8/h von 9-22h, sonst 2/h

Quelle: Simulation

Tafel 119

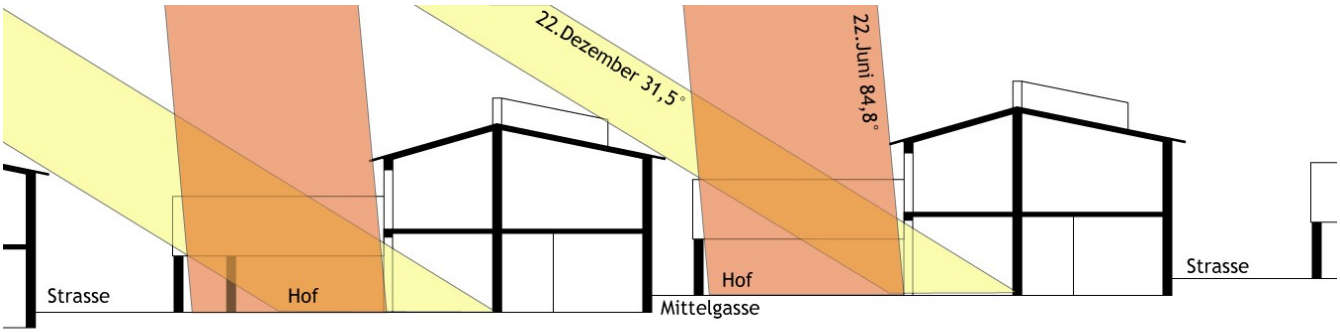
Diagramm Menschliche Behaglichkeitszone



Quelle: Taylor (1985) 43

Tafel 120

Olynth Schema Beschattung Hof



Olynth: Schema Beschattung Hof, Rekonstruktion nach
http://www.perseus.tufts.edu/cgi-bin/image?lookup=Perseus:image:2002.01.0001