



ingenieurbüro
hausladen gmbh

Ganzheitliche Strategien und Konzepte zur Sanierung von klimatisch erhöht belasteten, erhaltenswerten Bauwerken - speziell in sonnenreichen Regionen

Abgehandelt am Beispiel:
„Deutsche Akademie in Rom - Villa Massimo“

**Ganzheitliche Strategien und Konzepte
zur Sanierung von klimatisch erhöht be-
lasteten, erhaltenswerten Bauwerken –
speziell in sonnenreichen Regionen**

**Abgehandelt am Beispiel der Villa
Massimo in Rom**

Auftraggeber:
Deutsche Akademie Rom „Villa Massimo“
Bundesamt für Bauwesen und
Raumordnung BBR

Antragsteller:
Ingenieurbüro Hausladen GmbH
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen
Dipl.-Ing. Elisabeth Endres
Dipl.-Ing. Daniele Santucci

in Kooperation:
Prof. Dr. (Univ.) Rom Dr.h.c.
Thomas Herzog, Architekt BDA

Gefördert durch:
Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU

Einleitung

Teil A - allgemeiner Leitfaden

Teil B - Beispiel Villa Massimo

1 - Deutsche Akademie in Rom Villa Massimo

2 - Bestandsaufnahme

3 - Bestandsanalyse

4 - Modellierung
Verifizierung der Handlungsmöglichkeiten

5 - Maßnahmenkatalog

Anhang: Projektstruktur und Quellenangaben



Abb. 1 + Titelseite

Einleitung

Wissenschaftliches Ziel dieser Studie ist die Formulierung einer Methodik, ganzheitliche Planungsansätze zu entwickeln, die einerseits den Energieverbrauch reduzieren und andererseits diesen von einer Versorgung mit fossilen Energiequellen auf regenerative umstellen. Eingriffe müssen immer unter der Prämisse betrachtet werden, beeinflussende Eingriffe auf eine erhaltenswerte Bausubstanz zu vermeiden, bzw. diese angemessen zu integrieren.

Ziel muss es in Zukunft sein, die Bauwerke, die nicht mehr dem heutigen Stand der Technik entsprechen durch ein ganzheitliches Konzept, das Gebäude, die Anlagentechnik und die Energieversorgung betreffend zukunftsfähig zu sanieren.

Antike Gebäude wurden nach Kriterien einer hohen Behaglichkeit mit dem geringsten Verbrauch von Ressourcen konzipiert. Diese gelten als Resultate einer Kultur der Nachhaltigkeit: Materialien, Typologien und Technologien entsprachen den Möglichkeiten und der Verfügbarkeit der naheliegenden natürlichen Ressourcen und dem Stand der Wissenschaft.

Die Bundesrepublik Deutschland besitzt weltweit eine große Anzahl bundeseigener Liegenschaften

in den unterschiedlichsten Klimaregionen, die große Mengen an fossilen Energie verbrauchen und damit jährlich hohe Kosten verursachen. In Deutschland entwickelte Technologien und erforschtes Know-How im Bereich des energieeffizienten und nachhaltigen Planen und Bauens werden in den wenigsten Fällen angewendet.

In diesem Projektabschnitt wurde eine allgemeine Methodologie entwickelt, die wichtige Kriterien benennt und am Beispiel der deutschen Akademie in Rom, Villa Massimo, geprüft und angewendet hat. Diese beispielhafte, gesamtheitliche Vorgehensweise hat das Ziel in weiteren Fällen von Sanierungen denkmalgeschützter Bauten als Grundlage genommen zu werden.

Ziel der energetischen Sanierung der Villa Massimo ist an erster Stelle die Reduzierung der Energieverbräuche, darüber hinaus sollte der restliche Energiebedarf mit erneuerbaren Energien so weit wie möglich gedeckt werden.

Der Bestand gilt nach Angaben des Nutzers der letzten 7 Jahren als enormer Verbraucher fossiler

Ressourcen. In diesem Zusammenhang wurden die Gebäudehülle und die Anlagentechnik des Bestandes analysiert, um treffende Aussagen über die Ursachen dieses Verbrauches zu formulieren.

Das Nutzerverhalten und die Bedienbarkeit spielen eine durchaus wichtige und nicht zu vernachlässigende Rolle: das Bewusstsein der Nutzer für einen sparsamen Umgang mit Ressourcen ist ein grundlegender Baustein für eine energetische Optimierung. Bei der Frage der Bedienbarkeit und des Nutzerverhaltens muss zum einen weitestgehend das Gebäude und die notwendige Technik reduziert und selbstregulierend sein, zum anderen müssen die Veränderungen so erkennbar gemacht werden, dass ein bewußtes Verhalten entsteht.

Das Zusammenwirken aus Energieeinsparung, rationaler Energienutzung durch eine auf das Gesamtkonzept abgestimmte Anlagentechnik und dem angemessenen Einsatz erneuerbarer Energien tragen zu einem innovativen Energiekonzept bei. Durch ein solches ganzheitliches Konzept wird es möglich sein, den Gebäudebestand auf zukünftige Anforderungen vorzubereiten ohne die Baukultur zu zerstören.





Abb. B.1 - Veranstaltungssaal EG Haupthaus

Teil B - Beispiel Villa Massimo

Es ist bewiesen, dass auch in der Planung der Villa Massimo, die Baukunst des römischen Barocks, wie die Villen der Päpsten und Kardinälen, z.B. die Villa Giulia, für den Architekten der Villa Massimo, Maximilian Zürcher aussagenkräftige Beispiele darstellten.

Nicht nur aus rein symbolischer Kraft, sondern auch, um eine optimierte Lösung im Sinne der Bauklimatik zu gewährleisten, wurde eine Verknüpfung mit der römischen Bautradition aufgesucht, um verbreitete typologische Merkmale einzubringen: Die Wärmedämmung der starken Vollziegelmauern - die nach Süden orientierte Fassade, die den Auf- und Abwind Roms zum Abkühlen in den späten Sommernachmittagen nutzt - die Wasserspeicher der Parkanlage, die im heißen römischen Sommer zu der Kühlung der Außenluft beitragen und viele weitere passive Massnahmen.

Eine nachhaltige Sanierung, basierend auf einem ganzheitlichen Konzept, soll an erster Stelle gestaltverändernde Eingriffe vermeiden und das ursprüngliche Passivkonzept ausnutzen und erweitern.

- 1 - Portineria - Eingang Pforte
- 2- Haupthaus - Verwaltung / Veranstaltung
- 3 - Villino - Wohnung des Direktors
- 4 - Studios
Künstlerwohnungen mit Atelierräume
- 5 - Atelier - Ausstellung

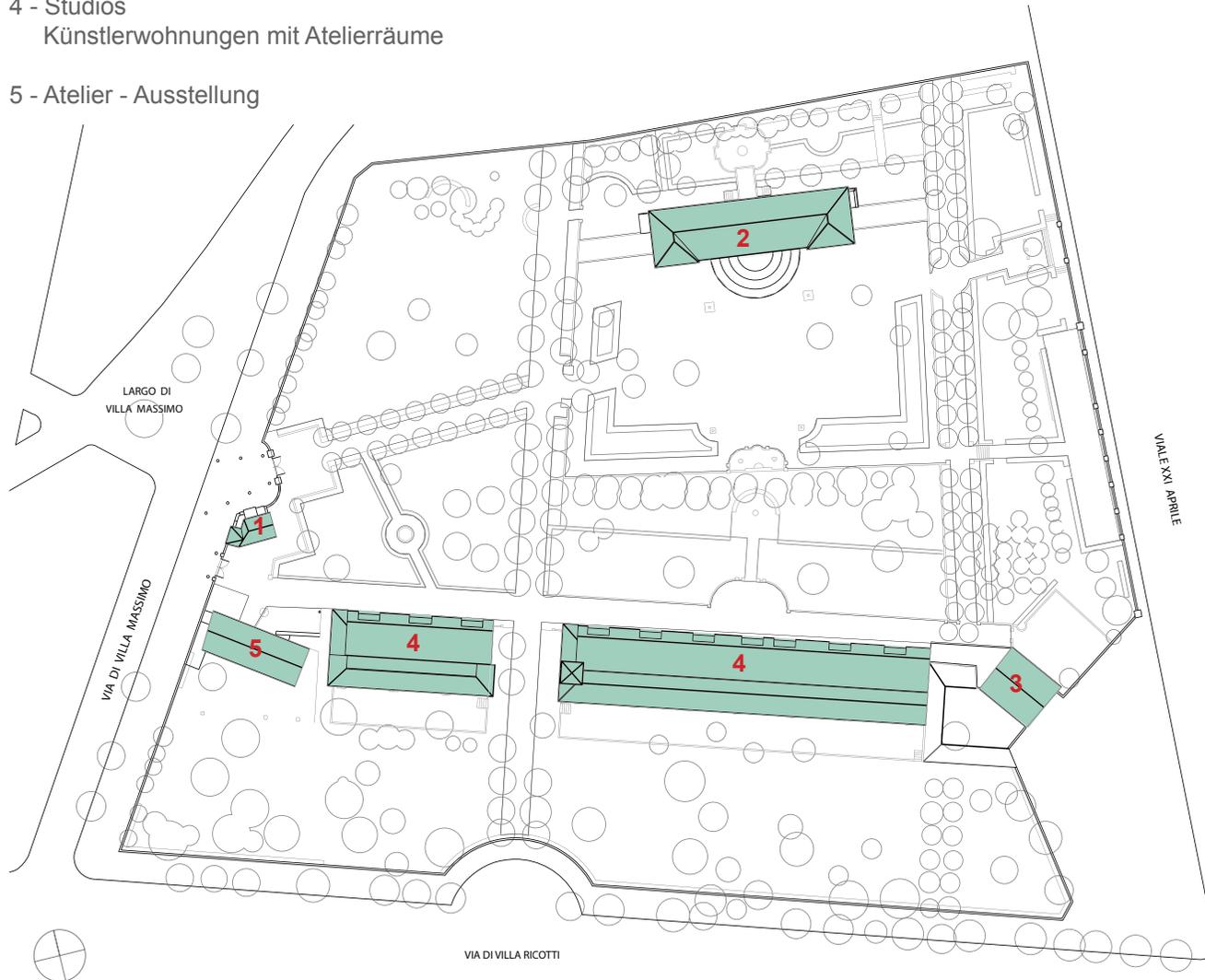


Abb. 1.1 Lageplan Liegenschaft Villa Massimo



Abb. 1.2 Haupthaus Villa Massimo



Abb. 1.3 Künstlerwohnungen sog. Studios mit Atelierraum



Abb. 1.4 Atelier - Ausstellungsgebäude

1.1. Geschichte

1911 stiftete Eduard Arnhold, Berliner Kohlen-großhändler und Kunstsammler, die Villa Massimo als Künstlerwerkstätten für deutsche Künstler in Rom. Heute noch ist die Deutsche Akademie in Rom das bekannteste deutsche Kulturinstitut im Ausland und beherbergt die mit dem Villa-Massimo-Stipendium ausgezeichneten Künstler. Die Gründungsbemühungen für eine Deutsche Akademie nach dem Vorbild der 1666 gegründeten Frankzösischen Akademie begannen unter dem Einfluss des Kunst- und Altertums-wissenschaftlers Johann Joachim Winckelmann, der die griechisch-römische Antike zum Vorbild für die europaweite neoklassizistische Kunsterneuerung propagierte. In Rom versuchten nicht nur Deutsche, sondern auch Spanier und Engländer seit Mitte des 18. Jahrhunderts den erstmals auf nationaler Ebene auserwählten Rompreisgewinnern Studienzentren zu schaffen.

Im Herbst 1910 kaufte Arnhold einen Teil des verlassenen Parks der Villa Massimo vor den Mauern Roms, mit Blick auf die Campagna und die Berge von Tivoli. Das Grundstück versprach mit seinen alten Zypressen und Steineichen, der erhöhten Lage und der unbebauten Umgebung Gelegenheit zur da-

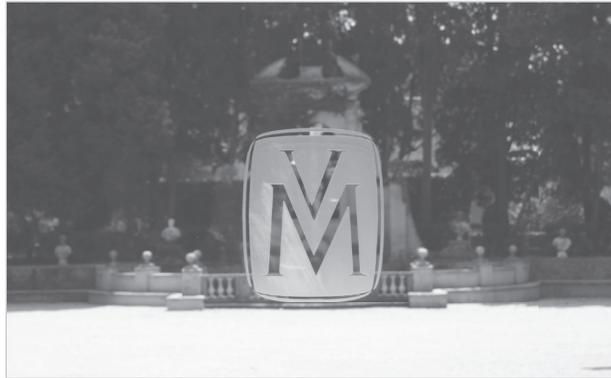


Abb. 1.1.1 Eingangstür Haupthaus

mals vornehmlich praktizierten Akt- und Landschaftsmalerei zu bieten. Der zu errichtende Neubau sollte sowohl funktionale Künstlerwerkstätten bereitstellen, wie auch als römische Kulisse dienen. Diese doppelte Anforderung realisierte Maximilian Zürcher in der rigiden Zweiteilung der Bebauung.

Der Ateliertrakt besteht aus einer hoch funktionalen Reihung der einzelnen Ateliers und ihnen angegliederten Wohnungen in einer für den Zeitgeschmack erstaunlich schlichten Formsprache. Das Haupthaus hingegen gibt sich als prachtvolle Renaissancevilla. Lang erstreckt sich die an einer päpstlichen Stadtvilla, der Villa Giulia, inspirierte Fassade. Der für römische Cinquecentoarchitektur typische Kontrast zwischen Travertinschmuck und Putzfassade kulminiert im zentralen Portal. Zahlreiche antike Spolien und alte Baumaterialien schmücken die Gebäude und möblieren den Garten. Durch sensible Bewahrung der römischen Parklandschaft nutzte er die vorhandene Atmosphäre. Die Zeitgenossen waren angetan von dem „Traumbild einer antiken Villa“ und dem „Wunder der Auferstehung“. Die Zeit zum Verwachsen war dem Park auf traurige Weise gegönnt; nur wenige Monate, nachdem die ersten Stipendiaten die Ate-



Abb. 1.1.2 Zufahrt im Park zum Haupthaus

liers bezogen hatten, schloss mit Italiens Kriegseintritt (1915) die Villa Massimo ihre Tore. Erst 1928 konnte sie wieder eröffnet werden, und auch jetzt vergingen nur fünf Jahre bis zur Machtergreifung Hitlers, in denen freie künstlerische Arbeit gestattet war. Als Gäste kamen, um nur einige zu nennen: Karl Schmidt-Rottluff, Willy Jaeckel, Werner Gilles, Ernst Wilhelm Nay, Max Peiffer Watenphul, Carlo Mense.

Nach der Gleichschaltung der Villa Massimo nutzte sie im Zweiten Weltkrieg die deutsche Luftwaffe als Casino, bis sie 1944 von den Alliierten konfisziert wurde. Die Rückgabe der Villa Massimo an die Bundesrepublik war Teil des Kulturabkommens, das Deutschland und Italien 1956 schlossen. Mit ihrer zweiten Wiedereröffnung und dem nunmehr fast fünfzigjährigen Betrieb reiht sich die Deutsche Akademie, deren Standort Rom in letzter Zeit öfters als künstlerisches Abseits kritisiert wurde, in über ein Dutzend Akademien anderer Länder ein, deren verstärkte wechselseitige Wahrnehmung sich in Zukunft zu einem einzigartigen Standortvorteil entwickeln könnte.

1.2. Eingriffe und Sanierung 1993-2003

Der Planungsprozess zur Sanierung der Villa Massimo begann im Jahr 1993 als Vorbereitung einer zunächst recht kleinen Baumaßnahme. Anlass war, neben der notwendigen Instandsetzung, die Umsetzung eines neuen Nutzungskonzeptes. Das Hauptgebäude - die Villa - sollte künftig nicht mehr durch den Direktor zu Wohnzwecken genutzt werden, und über die künftige Direktorenwohnung hinaus waren einige weitere räumliche Defizite zu beheben.

Bauherr:
Bundesrepublik Deutschland, Bundesministerium für Verkehr-, Bau- und Wohnungswesen

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Till
Bermbach, Detlef Fischer

Nutzer: Deutsche Akademie Villa Massimo

Generalplaner: Hahn Helten Architekten, Aachen, Ulrich
Hahn, Günter Helten

Projektleiter: Dieter Meyknecht, Oliver Koch
Bauleitung: Cipollone + Riccardi Architetti, Rom



Abb. 1.2.1 Luftbild der Liegenschaft Villa Massimo

Das Gebäudeensemble der deutschen Akademie Villa Massimo steht mit dem dazugehörigen Park unter Denkmalschutz der höchsten Kategorie. Dies bedeutet, dass Sanierungsmaßnahmen nur der Bestandserhaltung dienen dürfen. Bauliche Änderungen müssen sich auf die Rückführung in einen historischen Originalzustand beschränken oder sind in enger Abstimmung mit der örtlichen Denkmalpflege zu erarbeiten. Dieser Vorgabe hatte die Planung zu folgen. Im Zuge der Bestandsuntersuchungen wurde deutlich, dass - nach fast dreißigjährigem Betrieb seit der letzten Grundsanierung - der Handlungsbedarf erheblich umfangreicher war als zunächst angenommen. Die gesamten technischen Infrastrukturen bedurften einer Erneuerung, da sie den heutigen Nutzungs- und sicherheitstechnischen Anforderungen nicht mehr entsprachen. Insgesamt wurden immer weitere Bereiche des Gebäudekomplexes in die Sanierungsmaßnahme einbezogen. Auf diese Weise entwickelte sich diese schrittweise von einer Bauunterhaltung hin zu einer großen Baumaßnahme mit einem Kostenvolumen von zirka fünf Millionen. Darüber hinaus führte ein ständiger Wechsel auf Seiten der Beteiligten zu Änderungen bzw. Erweiterungen des Raumprogramms. So vergingen insgesamt



Abb. 1.2.2 Eingangstor zur „Deutschen Akademie in Rom - Villa Massimo“

zirka sechs Jahre bis Nutzungs- und Gebäudekonzept durch eine genehmigte Haushaltsunterlage Bau (HU-Bau) abgesegnet waren.

Aber auch nach Genehmigung der HU-Bau führten weitere Änderungen im Konzept der Villa Massimo zu erneuten Anpassungen des Raumprogramms. Diese mussten zum großen Teil kurz vor und auch während der Bauausführung in die Planung integriert werden. Auch die bauaufsichtliche Genehmigung gestaltete sich aufgrund der diversen Nutzungsänderungen und nicht nachweisbar genehmigten Umbauten aus den 1970er Jahren ausgesprochen schwierig und langwierig.

Im Herbst 2000 konnte dann mit den Bauarbeiten begonnen werden. Ende 2002 waren die Arbeiten im Wesentlichen fertiggestellt, so dass der Studienbetrieb der Villa Massimo im Februar 2003 wieder aufgenommen werden konnte. Durch Rückbau und behutsame Umbaumaßnahmen wurde das neue Konzept in die Gebäudestrukturen integriert. Das Villino wurde in den Grundrissen neu geordnet und mit seinem kleinen Hof als etwas abgeschiedenerer Wohnbereich für den Direktor gestaltet. Die frei



Abb. 1.2.3 Brunnen im Vorbereich des Haupthauses

gewordene Villa nimmt künftig alle repräsentativen Funktionen von Verwaltung bis Veranstaltung auf, um an privilegierter Stelle einen Ort der Begegnung zwischen Stipendiaten, Akademieleitung und Gästen zu schaffen. Ihre Primärstruktur wurde wieder herausgearbeitet, um den ursprünglichen grosszügigen Charakter neu erlebbar zu machen. So steht das Erdgeschoss mit dem Veranstaltungssaal, dem Internetbereich oder der Büros sowie einer Bibliothek den Stipendiaten und Gästen zur Verfügung.

Durch die Freilegung eines zuvor verborgenen zweiten Treppenlaufes gelangt man nun wieder über die ursprüngliche Treppenanlage in das Obergeschoss, dessen repräsentative Mittelzone der Direktion und Verwaltung dient. Die Gebäudeflügel nehmen zwei Ehrengaststudios auf, denen zwei große Dachterrassen vorgelagert sind. Die Villa wurde, ihrem Anspruch angemessen, als einziges Gebäude mit einer Raumluftklimatisierung ausgestattet, was im Zusammenhang mit der zu schützenden wertvollen Raumschale mit erheblichem Aufwand verbunden war. Auch das ehemalige Administrationsgebäude erhielt eine neue Nutzung als loftartiger Ausstellungsort, jetzt Atelier benannt. Es wurde zunächst in seine ursprüngliche Form als Remise rückgeführt.



Abb. 1.2.4 Veranstaltungsraum EG Haupthaus

Um dem Raum eine angemessene Zurückhaltung zu verleihen, erhielt das Innere eine weiße Putzoberfläche und einen Industrieestrich. Man kann so in der Villa Massimo geeignete Ausstellungsräume in der Nähe der Pforte anbieten, um die Arbeit der Stipendiaten und der Institution der Öffentlichkeit leichter zugänglich zu machen.

Die Auslegung der neuen Heizanlage ließ eine eingehende Betrachtung der Gebäudehülle sinnvoll erscheinen. Um diese energetisch zu optimieren, wurden fast alle Fenster nach Maßgaben der Denkmalpflege durch doppelverglaste Sprossenfenster ersetzt. Darüber hinaus sollte, nach Jahrzehnten der Symptombekämpfung, das Problem der aufsteigenden Feuchtigkeit im Tuffsteinmauerwerk der Außenwände behoben werden. Dies wurde durch den nachträglichen Einbau von Horizontalsperren bei fast allen Gebäuden erreicht. Bei einigen Häusern waren umfangreiche Dachsanierungen und in der Villa eine statische Konsolidierung der Gewölbe durchzuführen. Die Wohnungen erhielten über die generelle Instandsetzung hinaus Bäder und Küchen, die dem damaligen Standard der Zeit entsprechen.



Abb. 1.2.5 Direktorenzimmer OG I Haupthaus

Am äußeren Erscheinungsbild des Gebäudeensembles wurde bis auf die Zeile der Studios, eine Nuancierung der Farbgebung der Einzelhäuser vorgenommen, in Zusammenarbeit mit der Denkmalpflege wurden diese neu aufeinander abgestimmt. Das architektonische Konzept sieht im Wesentlichen die Erhaltung bzw. Rekonstruktion der historischen Bausubstanz vor. So konnte unter anderem im Zuge der Sanierung die historische doppelläufige Treppenanlage in der Villa wiederhergestellt und der unter einer Putzschicht verborgene Stucco lustro in der Eingangshalle freigelegt werden. Nur in wenigen Bereichen wurde die historische Bausubstanz durch moderne Architekturelemente, zum Beispiel in der Portineria und im neu geschaffenen Ausstellungsbe- reich akzentuiert und ergänzt.



Abb. 1.3.1 Technikraum Haupthaus

1.3. Anlagentechnik: Systeme und Ressourcen

Eine genaue Beschreibung der Anlagen erfolgt in der Bestandsaufnahme allerdings scheint es sinnvoll zu sein eine übergeordnete Betrachtung der Villa Massimo mit einer kurzen Darstellung der anlagentechnischen Systeme zu formulieren. Der heutige Zustand der Anlagentechnik ist auf die Sanierung der Villa in den Jahren 2002-2003 zurückzuführen.

Die damals geplante Anlagentechnik entsprach dem Stand der Technik dieser Zeit und sah durchaus sinnvolle Lösungen vor.

Die Komplexität der Zusammenwirkungen der Systeme im Haupthaus weist deutliche Schwächen auf, die an erster Stelle auf die mangelnde Einstellbarkeit und Bedarfsorientierung der Anlagen zurückzuführen ist. So ist die Dimensionierung der Lüftungsanlage nicht nachvollziehbar., die Versorgung mehrerer Gebäude mit einem zentralem System, wie im Falle der Studios, Villino und Portineria verursacht hohe Energieverluste trotz guter Dämmung der Rohrleitungen. Andererseits ist unverständlich wieso das Atelier, das genau über der Verteilung liegt, nicht diesem System angeschlossen wurde, sondern mit einem anderen Wärmeerzeuger versehen worden ist. Der Verbrauch der Ressourcen, Strom und Gas, war wurde in der damaligen Planung nicht berücksichtigt. Zwischenzähler für die Überwachung und die genaue Angaben über den Verbrauch wurden nicht vorgesehen. Deshalb liegt heute nur ein jahresdurchschnittlicher Verbrauchswert vor, der den jeweiligen Systemen und Gebäude nur mittels approximativer Berechnungen zuzuordnen ist.

Weiterhin können durch die Entwicklung in der Technik neue Planungsansätze für die Umrüstung der Anlagentechnik der Villa bestimmt und die Unterstützung der bestehenden Anlagen durch erneuerbaren Energien vorgesehen werden.

2 - Bestandsaufnahme

2.1 Standortfaktoren Klima

2.2 Bestandsaufnahme Gebäudekomplex

2.3 Energieverbrauch

2.1 - Bestandsaufnahme - Standortfaktoren Klima



Abb. 2.1.1 Geographische Lage Rom

41,88 ° nördliche Breite
12,50° Länge

Das Klima Roms ist von seiner mediterranen Lage geprägt; das Klima ist sommertrocken bzw. winterfeucht. Die Trockenheit im Sommer ist auf die Verlagerung des subtropischen Hochdruckgürtels zurückzuführen – in diesem Hochdruckgebiet sinkt die Luft ab und Wolken lösen sich dabei auf. Der subtropische Hochdruckgürtel wandert im Winter nach Süden ab und von Norden ziehen feuchte außertropische Westwinde auf.

Nach der Köppen-Klassifizierung befindet sich Rom in der sog. Csa Zone, die ein sommertrockenes, warmgemäßigtes Klima aufweist und durch einen heißen Sommer gekennzeichnet ist. Der trockenste Sommermonat hat weniger als 3 cm Niederschlag und es fällt dreimal weniger Niederschlag als im feuchtesten Wintermonat.

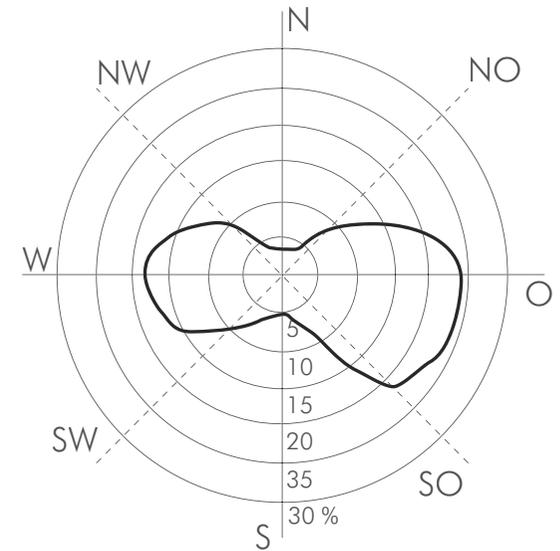


Abb. 2.1.2 Windrichtung / Datensatz Meteornorm 2010

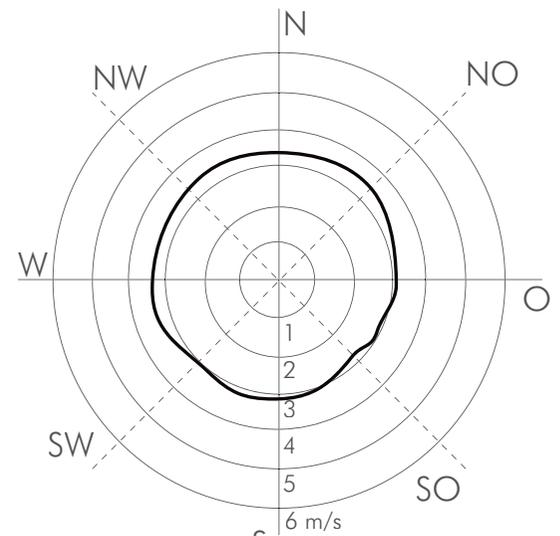


Abb. 2.1.3 Windgeschwindigkeit [m/s] / Datensatz Meteornorm 2010

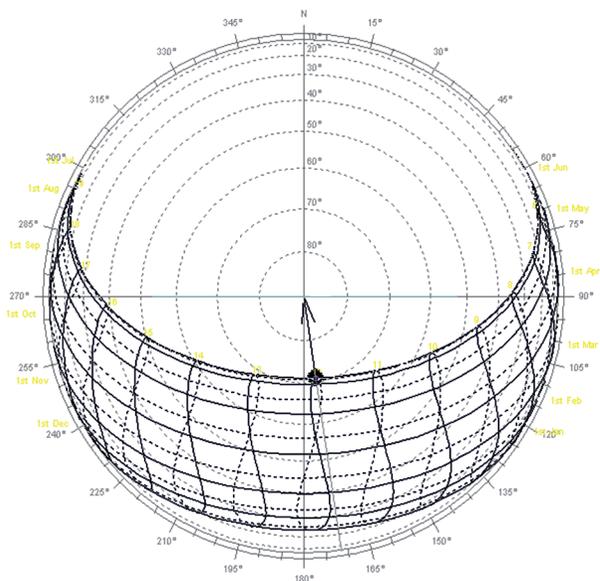


Abb. 2.1.4 Sonnenstandsdiagramm

Die Globalstrahlung hat einen maximalen Wert von **994,6 W/m²**.

Der Sonnenstand
 21. Juni, 12:00 Uhr **71,4°**
 21. Dezember, 12:00 Uhr **24,6°**.

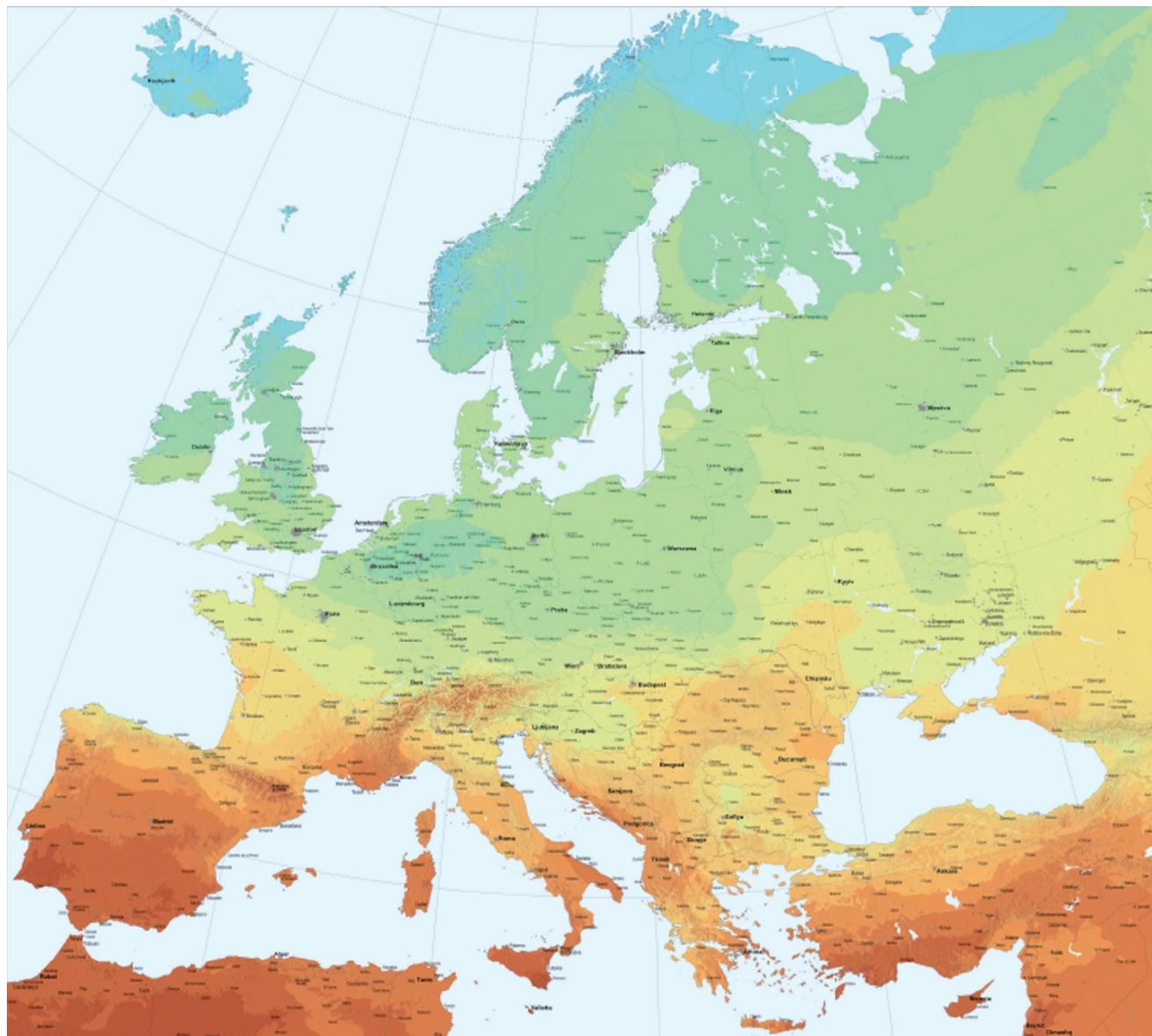


Abb. 2.1.5 Solarstrahlungspotential in europäischen Ländern

Meteorologische Daten - Außentemperatur

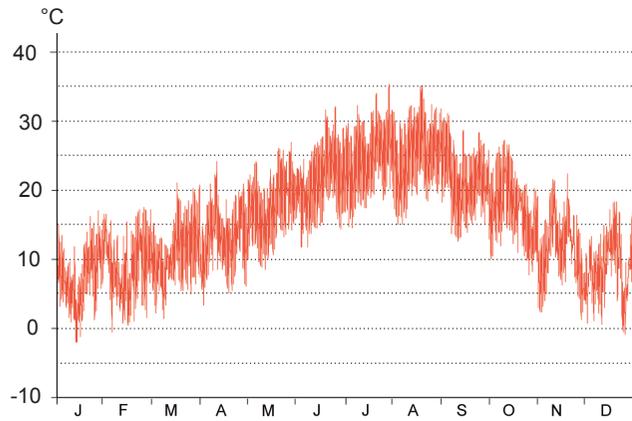


Abb. 2.1.6 Diagramm Außentemperatur Rom / Datensatz Meteonorm 2010

Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 15,4 Grad Celsius und die jährliche Niederschlagsmenge 880 Millimeter im Mittel. Die wärmsten Monate sind Juli und August mit durchschnittlich 24,5 bis 24,7 Grad Celsius und die trockensten ebenfalls Juli und August mit 14 bis 22 Millimeter Niederschlag im Mittel. Die größten Niederschläge sind von Oktober bis Dezember mit durchschnittlich 106 bis 128 Millimeter zu verzeichnen. Der kälteste Monat ist der Januar mit 6,9 Grad Celsius im Mittel.

Meteorologische Daten - Globalstrahlung

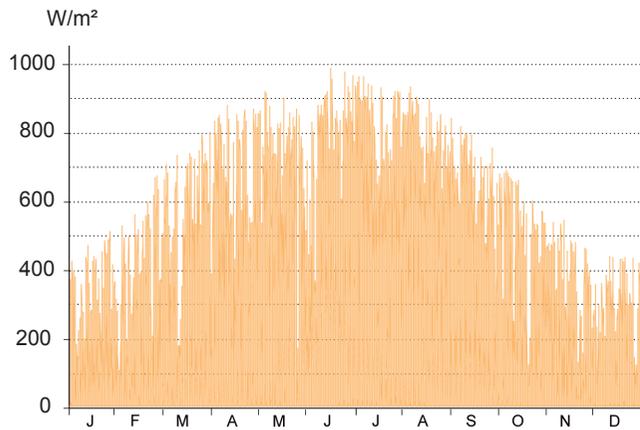


Abb. 2.1.7 Diagramm Globalstrahlung

Globalstrahlung:
 Maximal 994,6 W/m²
 Summe 1562,5 kWh/m²a

Meteorologische Daten - Absolute Feuchte

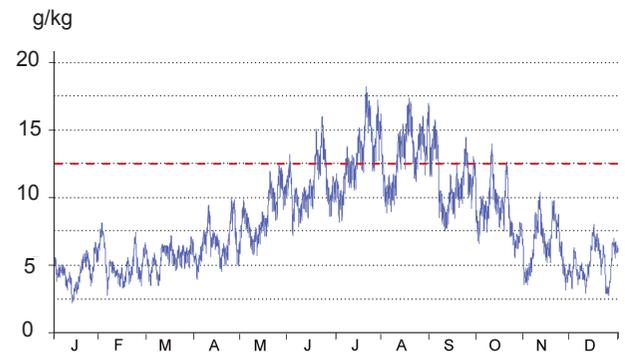


Abb. 2.1.8 Diagramm Absolute Feuchte

Meteorologische Daten - Relative Feuchte

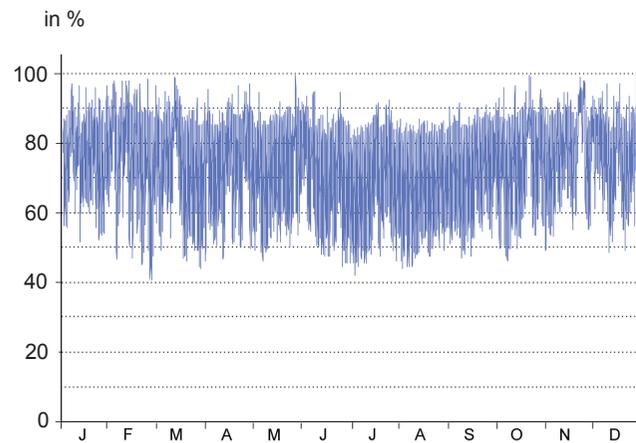


Abb. 2.1.9 Diagramm relative Feuchte

Während die absolute Luftfeuchte Werte aufweist zwischen 2 g/kg und 20 g/kg, beträgt die relative Feuchte zwischen 45 % und 91 %. Die höchsten Werte entstammen den Frühlings- und Herbstmonaten, in denen die Menge des Niederschlages ihr Maximum erreicht. In den Wintermonaten sind hohe Niederschlagsmengen bei geringen Temperaturen zu verzeichnen, im Gegensatz dazu herrschen in den Sommermonaten hohe Temperaturen bei geringem Niederschlag.

2.2 Bestandsaufnahme Gebäudekomplex

2.2.1 Haupthaus

- 2.2.1.1 Gebäude
- 2.2.1.2 Anlagentechnik
- 2.2.1.3 Behaglichkeit

2.2.2 Studios / Villino / Portineria

- 2.2.2.1 Gebäude
 - a) Studios
 - b) Villino
 - c) Portineria
- 2.2.2.2 Anlagentechnik
- 2.2.2.3 Behaglichkeit

2.2.3 Atelier

- 2.2.3.1 Gebäude
- 2.2.3.2 Anlagentechnik
- 2.2.3.3 Anforderungen Raumklima

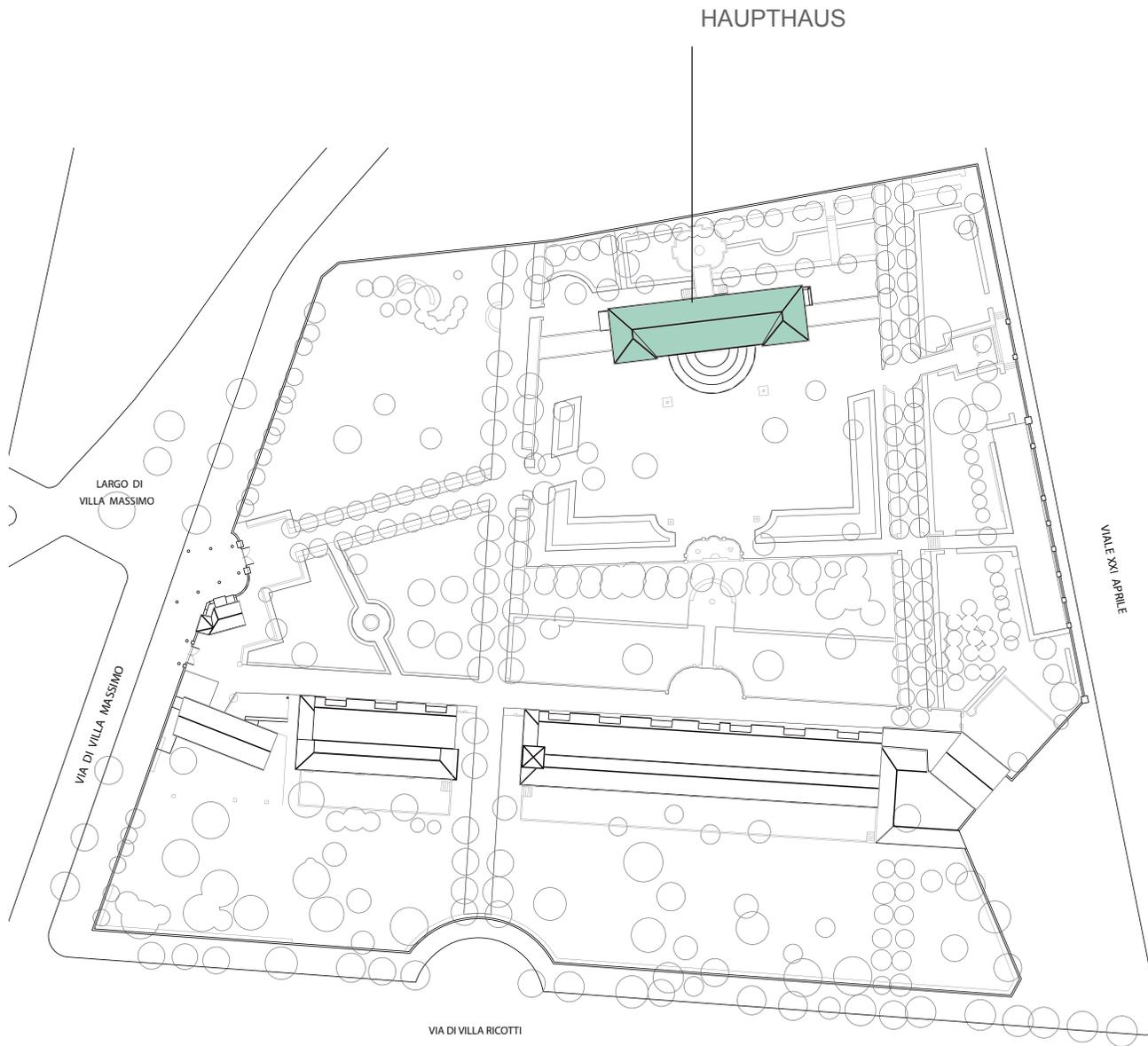


Abb. 2.2.1.1 Lageplan Haupthaus



Abb. 2.2.1.2 Eingang Haupthaus Südfassade

2.2.1.1 Das Gebäude

Das Haupthaus erfüllt die repräsentative Aufgabe der Institution. Die Villa mit ihren 1000 m² Grundfläche, die nach dem Vorbild der italienischen Villa der Spätrenaissance vom Architekt Maximilian Zürcher entworfen und gebaut wurde, ist in vier Geschosse, davon drei Obergeschosse und ein Untergeschoss, gegliedert und nimmt verschiedene Funktionen ein.

Die zweigeschossig gegliederte Hauptfassade ist nach Süden orientiert und ist durch den Portalbereich und das darüberliegende Loggiafenster des piano nobile gekennzeichnet. Die Wiederholung der Balustrade an allen Fenster und die waagerechte Verdachung führen zur Betonung der horizontalen Linien, die auch durch den Kontrast zwischen dem hellen Travertin der Gebälkfriese und der Fenstereinfassungen und dem rauen Landhausputz hervorgehoben wird. Die innere Raumaufteilung des Haupthauses zeigt sich heute wie folgt:

Im Erdgeschoss befinden sich das Vestibül, das als Eingangshalle und zur zentralen Erschließung dient, ein Veranstaltungssaal, der Brunnensaal als Leseraum sowie zwei Büros und eine Bibliothek, die über einen Eingang in der Westfassade erschlossen wird. Im Untergeschoss befindet sich eine Garderobe, Gästetoiletten und mehrere Lagerräume. Über die Eingangshalle erreicht man das große Treppenhaus mit tonnengewölbter Kassettendecke, das zum 1. Obergeschoss führt. Dort befinden sich der Salone, der mit seiner mehrfachen Funktion als Vorraum des Direktorenzimmers, der Verwaltungsbüros wie auch als kleiner Konferenzsaal genutzt wird. Mit seinem großen Fenster bietet er direkten Blickkontakt zum Park und stellt sich als zentraler Ort des Gebäudes dar. angegliedert an den Salone befinden sich das Direktorenbüro, eine Küche und drei Verwaltungsbü-

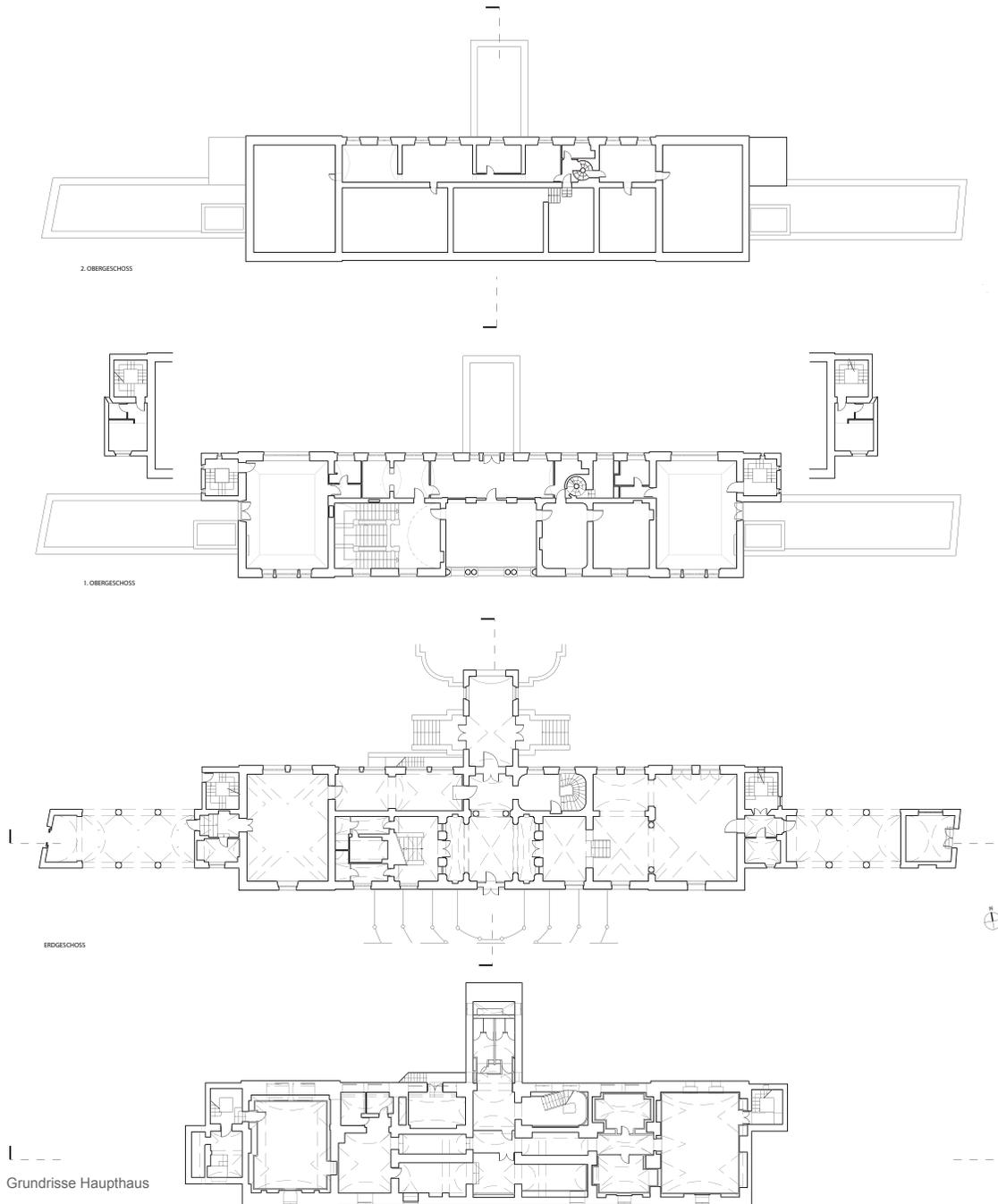


Abb. 2.2.1.3 Grundrisse Haupthaus



Abb. 2.2.1.4 - Schnitte Haupthaus



Abb. 2.2.1.5 Ansicht Südfassade



Abb. 2.2.1.6 Ansicht Nordfassade

ros. In den seitlichen Trakten des Haupthauses befindet sich jeweils ein geräumiges Apartment, für Ehrengäste, mit sog. darunterliegenden Mezzaninos, die als Gästezimmer mit Duschbad dienen. Der Zugang zu diesen wie auch zu den Apartments erfolgt jeweils über ein kleines Treppenhaus, das im westlichen Trakt ebenso den Zugang zur Bibliothek im Erdgeschoss bildet. Im zweiten Obergeschoss befinden sich ein weiteres Büro und Lagerräume die zum Teil auch als vorübergehende Arbeitsräume dienen. Ein Raum dient als Technikraum zur Unterbringung einer Lüftungsanlage (s. 2.2.1.2 Anlagentechnik). Ein Großteil des 2. Obergeschosses ist ein unklimatisierter Unterdachraum, in dem sich die Schächte der Lüftungsanlage befinden.

Die Gebäudehülle des Haupthauses besteht aus einem verputztem 60 – 80 cm starkem Vollziegelmauerwerk. Ein Teil des Mauerwerkes, insbesondere im Bereich des Untergeschosses, besteht aus Tuffstein und verschiedenen Füllstoffen, wie es in der römischen modernen Bautradition häufig der Fall ist. Der U-Wert dieses Bauteiles ergibt, obwohl ohne weitere Dämmung, einen Wert von $0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$, als Indikator des Transmissionswärmeverlustes. Die Dachkonstruktion besteht aus Holzsparren und Vollziegeln und ist mit Tondachziegeln belegt. Die Obergeschossdecken sind, abgesehen von der Holzdecke oberhalb des Salones, ungedämmt. Es handelt sich um ein Deckengewölbe über Büros und Treppenhaus. Die Fenster wurden im Laufe der letzten Sanierung ausgewechselt und wurden von der Schreinerei Brammert gefertigt. Es handelt sich um Holzrahmenfenster mit einem U-Wert von $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Im Erdgeschoss sind die Fensterrahmen des Brunnensaales und der Eingangshalle in Stahl ausgeführt, die Gläser sind gleicher Bauart zu denen der Holzfenster.

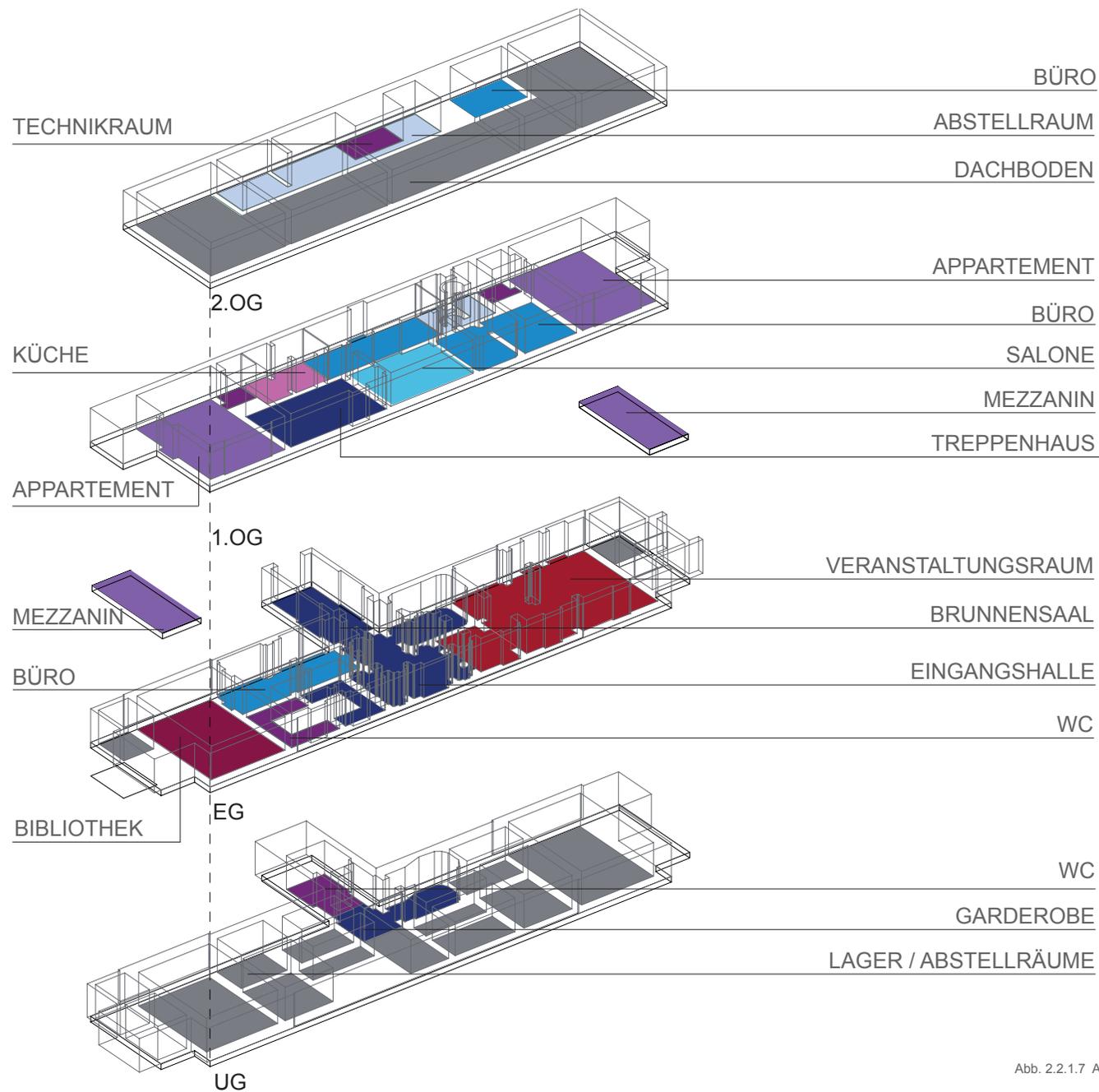


Abb. 2.2.1.7 Axonometrie mit Aufteilung Funktionen Haupthaus

2.2.1.1 - Bestandsaufnahme HAUPTHAUS - Gebäude

2.2.1.1.1 Nutzungsprofil Eingangshalle / Treppenhaus

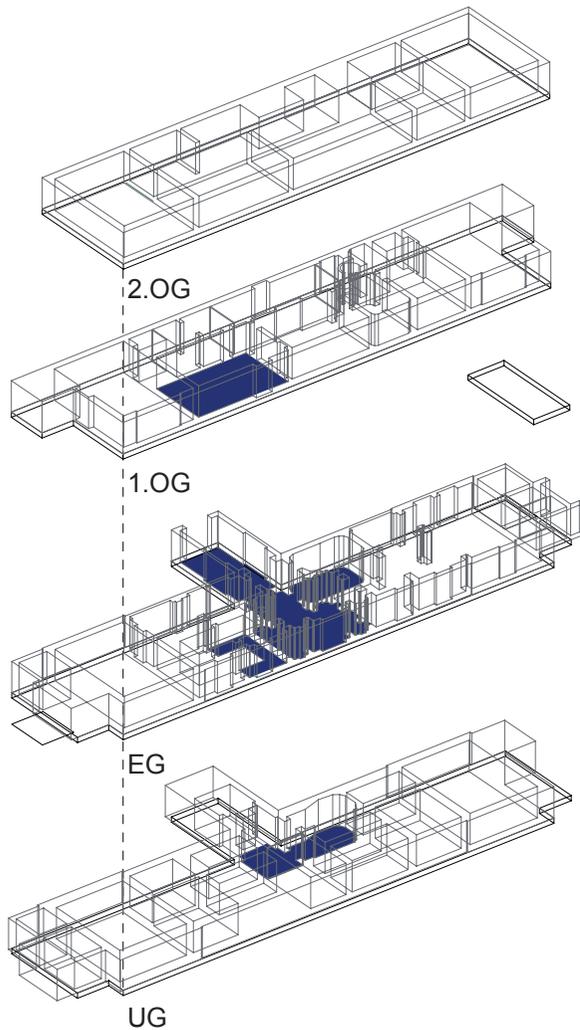


Abb. 2.2.1.8 Axonometrie Haupthaus Flächen

++ sehr hoher Bedarf
 + hoher Bedarf
 0 kein Bedarf
 - niedriger Bedarf
 -- minimaler Bedarf

Tab. 2.2.1.1 Bestandserfassung Haupthaus

TREPPENHAUS

Gebäudedaten-Zone

Energiebedarf

Technische Anlagen (Bestand)

	EINHEIT		BEMERKUNGEN
Fläche (NGF)	m ²	73,00	
Höhe (Durchschnittswert)	m	6,55	
Volumen	m ³	433,00	
Auslastungsquote	%	100	als Durchgang
Nutzer	N	1/5	
Räume	N	1	
Oberflächen zu nichtklimatisierten Räumen	N	1	
Verglasungsanteil der Fassaden	%	25	
Orientierung der transparenten Flächen	HR	S	
hygienischer Luftwechsel	%	100	
Heizwärmebedarf	+/-	0	
Kühlenergiebedarf	+/-	0	
Sonnen- Blendschutz	i/n	i	Rolläden als Sonnenschutz
Interne Lasten	+/-	0	
Beleuchtung	+/-	+	
Lärmbelastung	i/n	n	
Heizung	i/n	i	Fancoils und Lüftungsanlage
Kühlung	i/n	i	Fancoils und Lüftungsanlage
mechanische Lüftung	i/n	i	Fancoils und Lüftungsanlage
natürliche Lüftung	i/n	i	Fancoils und Lüftungsanlage
Warmwasservorbereitung	i/n	n	

2.2.1.1.1 Nutzungsprofil Eingangshalle / Treppenhaus



Abb. 2.2.1.9 Eingangsbereich Richtung Brunnenzimmer EG Haupthaus



Abb. 2.2.1.10 Brunnenzimmer EG Haupthaus

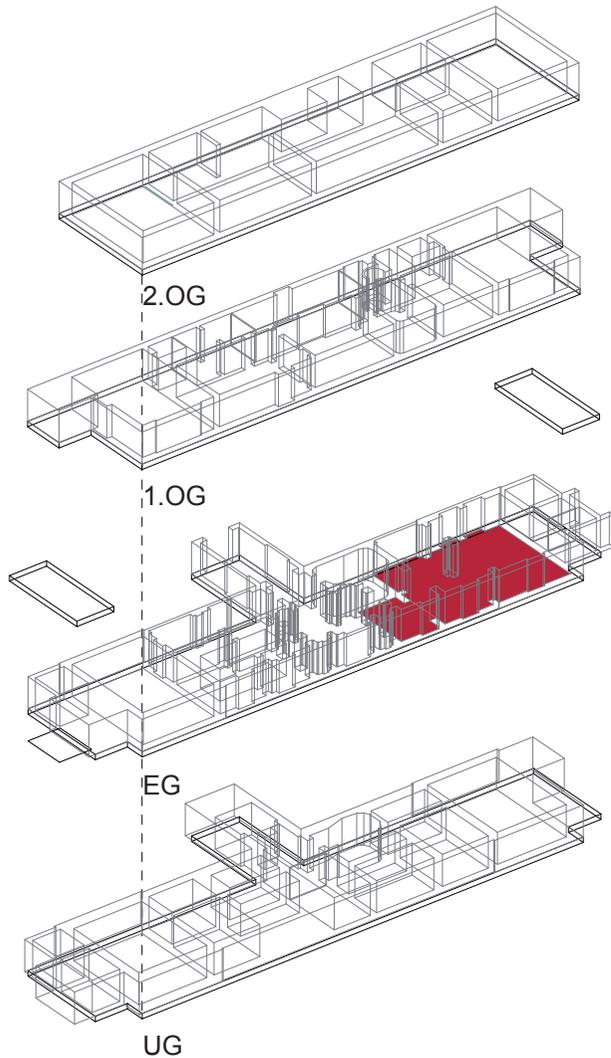


Abb. 2.2.1.11 Treppenhaus EG Haupthaus



Abb. 2.2.1.12 Büro EG Haupthaus

2.2.1.1.2 Nutzungsprofil Veranstaltungsraum



Tab. 2.2.1.2 Bestandserfassung Haupthaus

	EINHEIT		BEMERKUNGEN	
Gebäudedaten-Zone	Fläche (NGF)	m ²	73,00	
	Höhe (Durchschnittswert)	m	6,55	
	Volumen	m ³	433,00	
	Auslastungsquote	%	100	als Durchgang
	Nutzer	N	1/5	
	Räume	N	1	
	Oberflächen zu nichtklimatisierten			
	Räumen	N	1	
	Verglasungsanteil der Fassaden	%	25	
	Orientierung der transparenten			
Flächen	HR	S		
hygienischer Luftwechsel	%	100		
Energiebedarf	Heizwärmebedarf	+/-	0	
	Kühlenergiebedarf	+/-	0	
	Sonnen- Blendschutz	i/n	i	Rolläden als Sonnenschutz
	Interne Lasten	+/-	0	
	Beleuchtung	+/-	+	
	Lärmbelastung	i/n	n	
	Technische Anlagen (Bestand)	Heizung	i/n	i
Kühlung		i/n	i	Fancoils und Lüftungsanlage
mechanische Lüftung		i/n	i	Fancoils und Lüftungsanlage
natürliche Lüftung		i/n	i	Fancoils und Lüftungsanlage
Warmwasservorbereitung		i/n	n	

Abb. 2.2.1.13 Axonometrie Haupthaus Flächen

2.2.1.1.2 Nutzungsprofil Veranstaltungsraum



Abb. 2.2.1.14 Großer Veranstaltungsraum EG Haupthaus

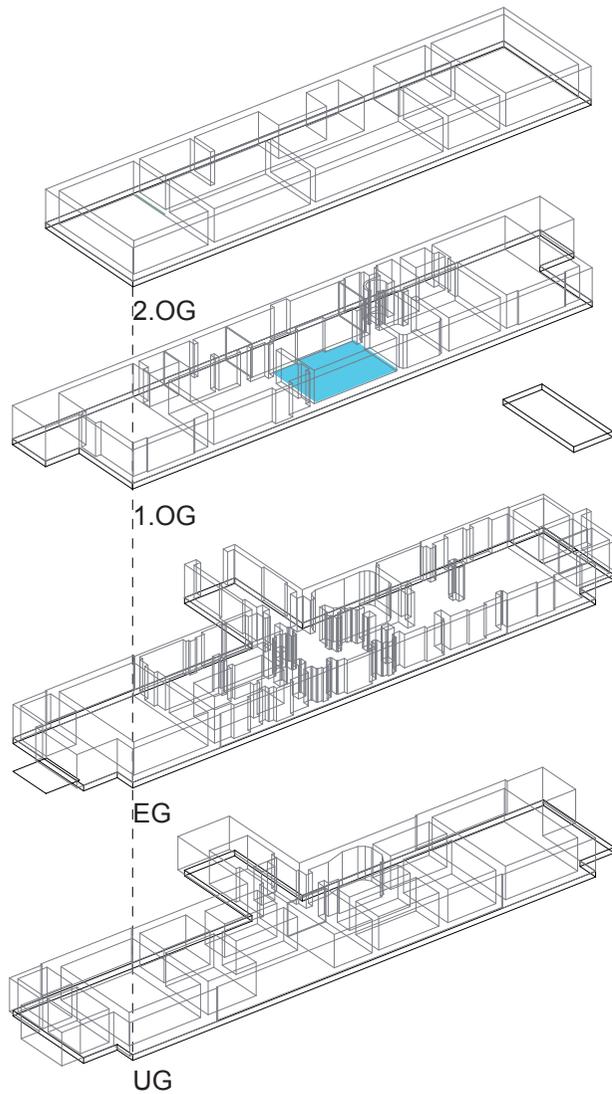


Abb. 2.2.1.15 Großer Veranstaltungsraum EG Haupthaus



Abb. 2.2.1.16 Großer Veranstaltungsraum EG Haupthaus

2.2.1.1.3 Nutzungsprofil Salone



Tab. 2.2.1.3 Bestandserfassung Haupthaus

Gebäudedaten-Zone

Energiebedarf

Technische Anlagen (Bestand)

	EINHEIT		BEMERKUNGEN
Fläche (NGF)	m ²	46,20	
Höhe (Durchschnittswert)	m	5,20	
Volumen	m ³	240,00	
Auslastungsquote	%	100	
Nutzer	N	1 BIS 30	
Räume	N	1	
Oberflächen zu nichtklimatisierten Räumen	N	2	Südfassade und Decke (gedämmt)
Verglasungsanteil der Fassaden	%	78	
Orientierung der transparenten Flächen	HR	S	
hygienischer Luftwechsel	%		zu 100% gedeckt
Heizwärmebedarf	+/-	+	
Kühlenergiebedarf	+/-	++	
Sonnen- Blendschutz	i/n	n	kein Sonn- und Blendschutz
Interne Lasten	+/-	0	
Beleuchtung	+/-	++	
Lärmbelastung	i/n	n	
Heizung	i/n	i	Lüftungsanlage
Kühlung	i/n	i	Lüftungsanlage
mechanische Lüftung	i/n	i	ja
natürliche Lüftung	i/n	i	Fensterlüftung
Warmwasservorbereitung	i/n	n	n

Abb. 2.2.1.17 Axonometrie Haupthaus Flächen

2.2.1.1.3 Nutzungsprofil Salone



Abb. 2.2.1.18 Salone OG | Haupthaus



Abb. 2.2.1.19 Salone OG | Haupthaus

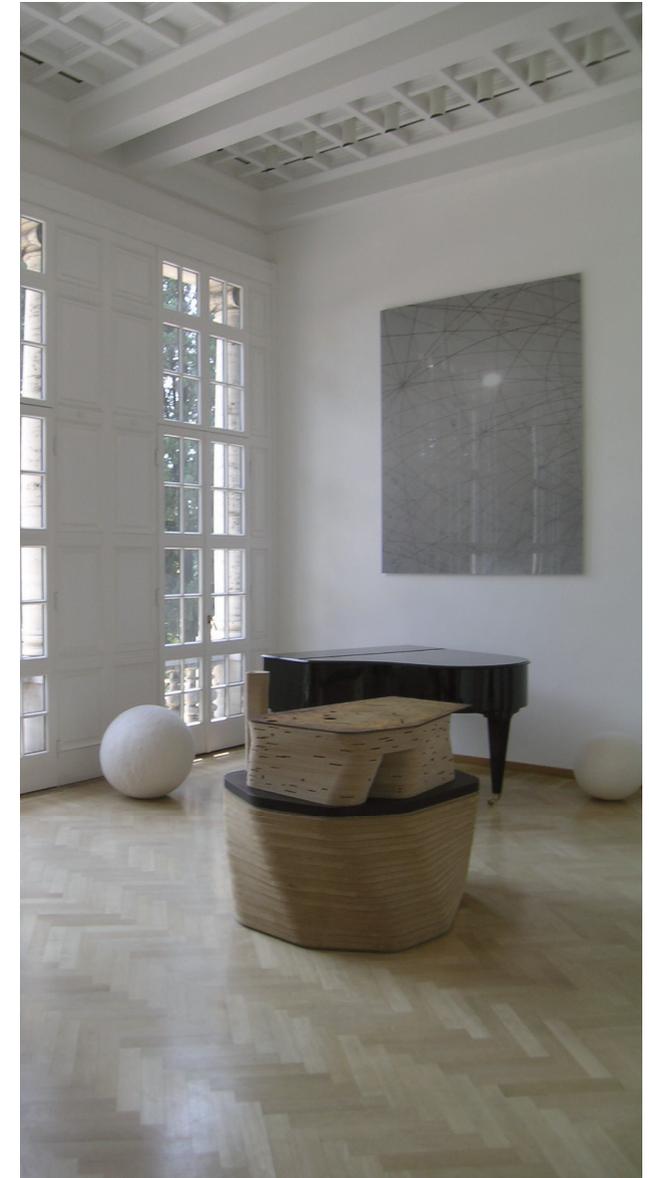
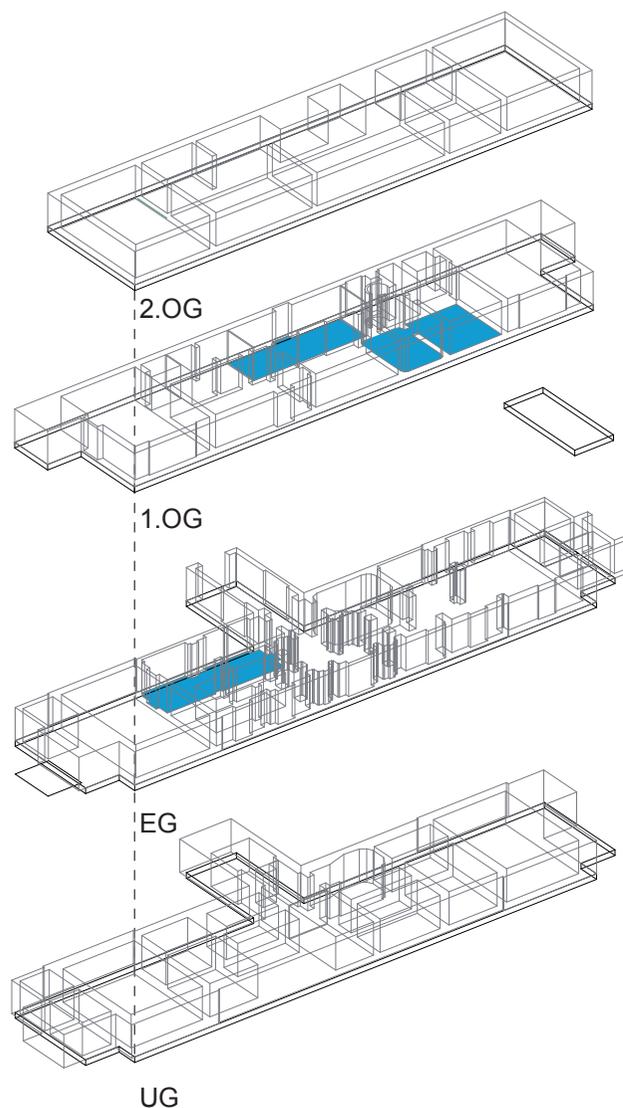


Abb. 2.2.1.20 Salone OG | Haupthaus

2.2.1.1.4 Nutzungsprofil Büro / Arbeiten



Tab. 2.2.1.4 Bestandserfassung Haupthaus

Gebäudedaten-Zone

Energiebedarf

Technische Anlagen (Bestand)

	EINHEIT		BEMERKUNGEN
Fläche (NGF)	m ²	36,00	
Höhe (Durchschnittswert)	m	3,50	
Volumen	m ³	126,00	
Auslastungsquote	%	100	
Nutzer	N	1	
Räume	N	1	
Oberflächen zu nichtklimatisierten Räumen	N	1	
Verglasungsanteil der Fassaden	%	38	
Orientierung der transparenten Flächen	HR	N	
hygienischer Luftwechsel	%	0	Luftwechsel notwendig
Heizwärmebedarf	+/-	++	
Kühlenergiebedarf	+/-	-	
Sonnen- Blendschutz	j/n	n	
Interne Lasten	+/-	+	
Beleuchtung	+/-	+	
Lärmbelastung	j/n	n	
Heizung	j/n	j	Umluftgeräte
Kühlung	j/n	j	Umluftgeräte
mechanische Lüftung	j/n	n	Umluftgeräte
natürliche Lüftung	j/n	j	Fensterlüftung
Warmwasservorbereitung	j/n	n	

Abb. 2.2.1.21 Axonometrie Haupthaus Flächen

2.2.1.1.4 Nutzungsprofil Büro / Arbeiten



Abb. 2.2.1.22 Büro OG | Haupthaus



Abb. 2.2.1.23 Büro EG Haupthaus



Abb. 2.2.1.24 Büro OG | Haupthaus

2.2.1.1.5 Raumprogramm Haupthaus mit Raumkonditionierung

Tab. 2.2.1.4 Raumprogramm Haupthaus

ANZAHL DER GESCHOSSE		Klimatechnische Systeme (Bestand)	Zonen	Fläche (NGF)	Höhe	Volumen
				m ²	m	m ³
1	2. OBERGESCHOSS	RADIATOREN	WC	3,20	2,00	6,40
			SOFFITTA	50,00	2,00	100,00
			BÜRO	16,00	3,20	51,20
			69,20		157,60	
1	1. OBERGESCHOSS	RADIATOREN	BAD AP. 1	4,90	3,00	14,70
			BAD AP. 2	4,90	3,00	14,70
			BÜRO VERW. NORD	6,30	3,00	18,90
			GARDEROBE	5,70	4,90	27,93
			KÜCHE	18,80	4,90	92,12
		FANCOILS	APARTMENT 1	69,00	5,84	402,96
			APARTMENT 2	67,25	5,84	392,74
			BÜRO DIREKTOR	36,00	3,50	126,00
		LÜFTUNG	BÜROS VERWALTUNG	51,60	4,90	252,84
			STIEGENHAUS SITZUNGSRAUM/SALONE	54,00 46,20	6,55 5,20	353,70 240,24
			364,65		1936,83	
1	ERDGESCHOSS	RADIATOREN	TREPPENRAUM	18,80	4,72	88,74
			WC BEHINDERTE OST	6,90	2,54	17,53
			SERVERRAUM	6,90	2,54	17,53
			MINI APP. OST	14,00	2,05	28,70
			MINI APP. WEST	14,00	2,05	28,70
			TOILETTEN - ÖFFENTLICH	18,50	2,71	50,14
		FANCOILS	VERANSTALTUNGSRAUM	147,00	5,51	809,97
			STIEGENHAUS	17,00	4,72	80,24
			EINGANG	61,00	4,72	287,92
			BÜROS LESERAUM	40,00	4,72	188,80
			BIBLIOTHEK	67,30	4,55	306,22
			BRUNNENRAUM	34,30	4,72	161,90
				445,70		2066,36
1	1. UNTERGESCHOSS	RADIATOREN	WC	14,30	3,50	50,05
			AUFENTHALTSRAUM	36,00	3,50	126,00
			50,30		176,05	
4			KLIMATISIERTE FL./V	929,85		4336,84
			BEHEIZTE FL./V	929,85		4336,84
			RADIATOREN GESAMT	239,20		733,32
			FANCOILS GES.	590,45		3009,58
			LÜFTUNG GES.	100,20		593,94
			GEKÜHLTE FL./V	690,65		3603,52
			FANCOILS GES.	590,45		3009,58
			LÜFTUNG GES.	100,20		593,94

HAUPTHAUS

HAUPTHAUS

2.2.1.2 Haupthaus - Anlagentechnik



Abb. 2.2.1.25 Technikraum Haupthaus

Im Haupthaus kommen zwei verschiedene Systeme zur Beheizung der Räume zum Einsatz: Räume, die keine Anforderung an Kühlung haben sind mit Röhrenradiatoren vom Typ Zehnder Charleston ausgerüstet. Laut den Bestandsplänen sind Radiatoren eines Raums zu einer Regelzone zusammenschaltet. Die Radiatoren werden über einen modulierenden Gasbrennwertkessel mit einer Leistung von 60 kW versorgt. Das eingebaute Fabrikat ist Buderus Logamax GB112. Der Kessel kann in einem Leistungsbereich von 40-100% modulieren.

Die Regelgruppe des Heizkreises ist als Beimischschaltung aufgebaut. Es ist zwischen Vorlauf und Rücklauf, um das Mischventil und die Umwälzpumpe jeweils ein Bypass eingebaut. Diese sind hydraulisch nicht sinnvoll, da sie die Regelgüte der Regelgruppe vermindern. (Abb. 2.2.1.25)



Abb. 2.2.1.26 Raumkonditionierung Haupthaus Fancoil

Räume, die sowohl geheizt als auch gekühlt werden müssen sind mit Fan Coils vom Typ Carrier 42E ausgerüstet. Die Fan Coils sind im Zweileitersystem angeschlossen. Im Heizfall betragen die Systemtemperaturen 45/40°C, im Kühlfall 7/12°C. Die Räume werden im Winter auf 20°C beheizt, im Sommer auf 26°C gekühlt. (Abb. 2.2.1.26)



Abb. 2.2.1.27 Ausgelagerte Anlagentechnik Haupthaus

Versorgt werden die Fan Coils über einen Kaltwassersatz der Firma Aermec, Modell NRA650. Das Gerät ist als luftgekühlter Kaltwassersatz mit integrierter Kreislaufumkehr ausgeführt, so dass das Gerät auch im Wärmepumpenbetrieb gefahren werden kann. Die Leistungsdaten sind wie folgt:

Kühlleistung 130 kW
Bei 7/12°C, Tau=35°C
Heizleistung 155 kW
Bei 50/45°C, Tau= 7°C

Als Kältemittel wird R407C eingesetzt.
Die Umschaltung zwischen Heiz- und Kühlbetrieb erfolgt nicht automatisch, sondern muss manuell durch den Techniker vor Ort durchgeführt werden.
(Abb. 2.2.1.27)

Der Kaltwassersatz versorgt außerdem das Heiz-/Kühlregister der RLT-Anlage des Salone.

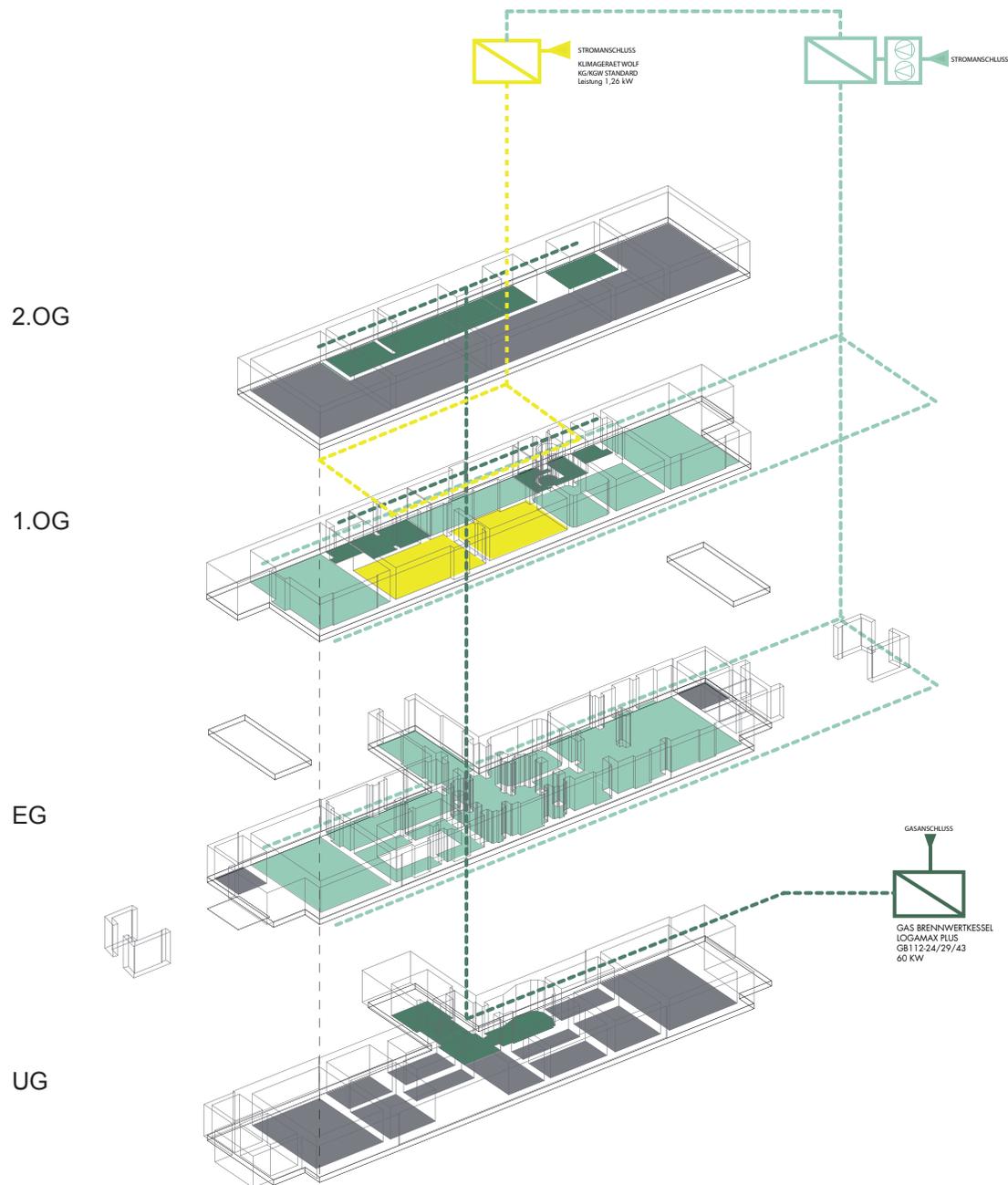


Abb. 2.2.1.28 Axonometrie Technikverteilung Haupthaus

Der Salone wird über eine Lüftungsanlage der Firma Wolf Mainburg vollständig geheizt und gekühlt. Radiatoren oder Fan Coils sind nicht installiert. Das eingebaute Modell der Lüftungsanlage ist KG63. (Abb. 2.2.1.26)

Das Gerät ist auf einen Volumenstrom von $3.400 \text{ m}^3/\text{h}$ mit einer externen Pressung von 250 Pa ausgelegt. Dabei werden $2.200 \text{ m}^3/\text{h}$ im Umluftbetrieb gefahren. Der Frischluftanteil beträgt $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$. Die Anlage versorgt den Salone und das Treppenhaus mit Frischluft. Aus dem Salone werden die $2.200 \text{ m}^3/\text{h}$ Umluft abgesaugt und der Anlage wieder zugeführt. Im Treppenhaus befindet sich ein Abluftventilator der die restliche Luft von $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$ über Dach ins Freie ausbläst.

Die Anlage verfügt über ein kombiniertes Heiz-Kühlregister, das vom Kaltwassersatz mit Kühl- und Heizwasser versorgt wird, abhängig von Sommer- oder Winterbetrieb. Das Kühlregister wird auch zum Entfeuchten verwendet. Ein Nachheizregister ist nicht vorhanden, so dass mit sehr niedrigen Zulufttemperaturen (im Auslegungsfall 12°C) in die versorgten Räume eingeblasen wird. Im Sommer kommt es dadurch oft zu Zegerscheinungen.

Auslegungsdaten im Heizbetrieb liegen nicht vor, es ist nicht bekannt, mit welchen Zulufttemperaturen im Heizfall eingeblasen wird. Im Betrieb ist die Heizleistung aber nicht ausreichend und der Salone ist im Winter meist zu kalt. Es ist zu klären, ob die zu geringe Heizleistung die Folge einer Unterdimensionierung des Heizregisters oder einer zu niedrigen Einblasgeschwindigkeit im Deckenbereich ist (warme Luft erreicht aufgrund der Thermik den Aufenthaltsbereich nicht). (Abb. 2.2.1.29; Abb. 2.2.1.30)



Abb. 2.2.1.29 Lüftungstechnik Haupthaus



Abb. 2.2.1.30 Lüftung Salone OG | Haupthaus



Abb. 2.2.1.31 Lüftungstechnik Salone Haupthaus

Die Hydraulische Anbindung des Heiz-Kühlregisters erfolgt über eine Beimischschaltung. Auch hier ist analog der Hydraulik des Brennwertkessels ein Bypass um das Mischventil installiert, welcher die Regelgüte des Ventils einschränkt.

Die Anlage verfügt über einen Dampfbefeuchter mit einer elektrischen Anschlussleistung von 10 kW. Weitere Daten liegen nicht vor.

Die Auslegungsdaten der Lüftung sind folgendermaßen:

Außentemp. Winter 0 °C , 70% rel. Luftfeuchte
 Außentemp. Sommer 33 °C, 60% rel. Luftfeuchte
 Innentemp. Winter 20 °C, 50% rel. Luftfeuchte + - 10%
 Innentemp. Sommer 26 °C, 50% rel. Luftfeuchte + - 10%

Die Lüftungsanlage wird nach Bedarf an und aus geschaltet. Ein automatisches Zeitprogramm ist nicht vorhanden. Die Nutzer haben keinen Eingriff auf die Soll-Raumtemperatur, die Anlage wird konstant je nach Sommer- oder Winterbetrieb auf fest eingestellte Werte geregelt.

Ursprünglich war der Salone als Sitzungssaal geplant, wodurch die Forderung nach einer mechanischen Lüftung aufkam. Der Raum wird aber weder hierfür noch für sonstige Veranstaltungen mit vielen Personen genutzt. Veranstaltungen und Konzerte finden meist im Konzertsaal statt. Der Konzertsaal verfügt über keine mechanische Lüftung, sondern wird rein über Fan Coils konditioniert. Auch ohne mechanische Lüftung gibt es hier keine Beschwerden über die Raumluftzustände und auch keine Probleme mit der Raumluftfeuchte.

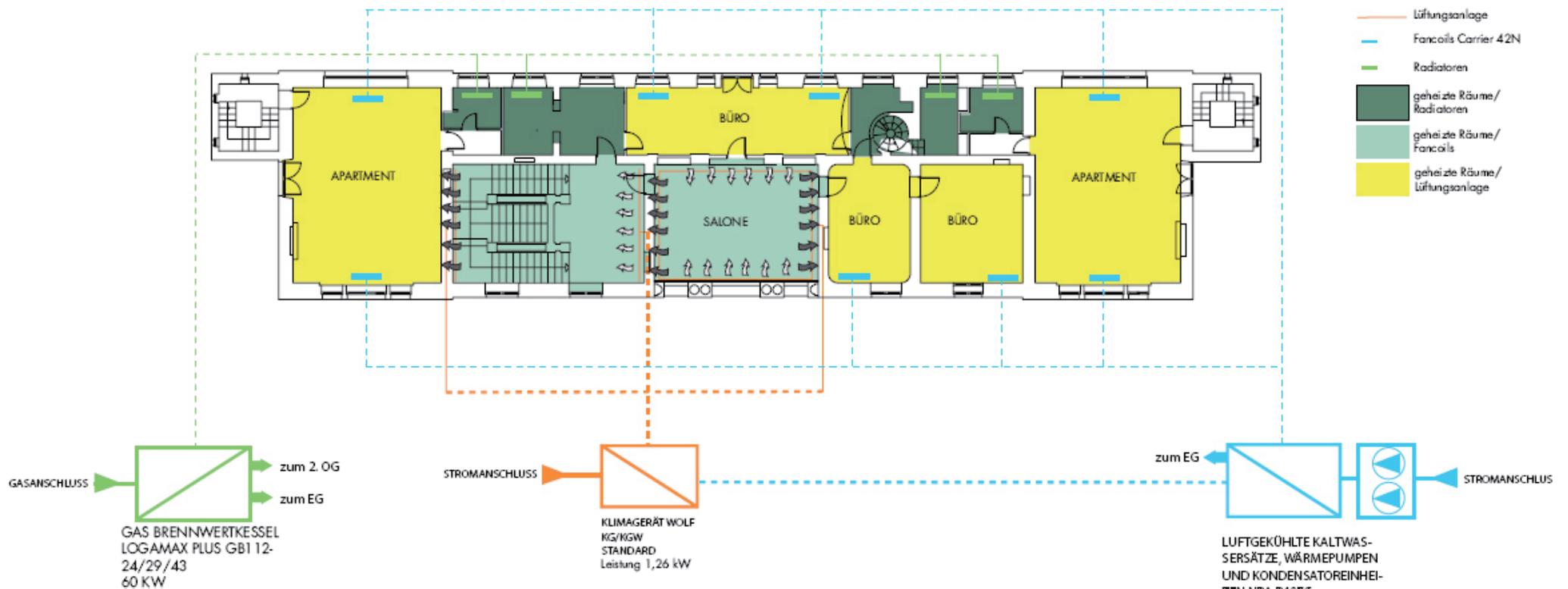


Abb. 2.2.1.32 Übersicht Raumkonditionierungssysteme OG I Haupthaus

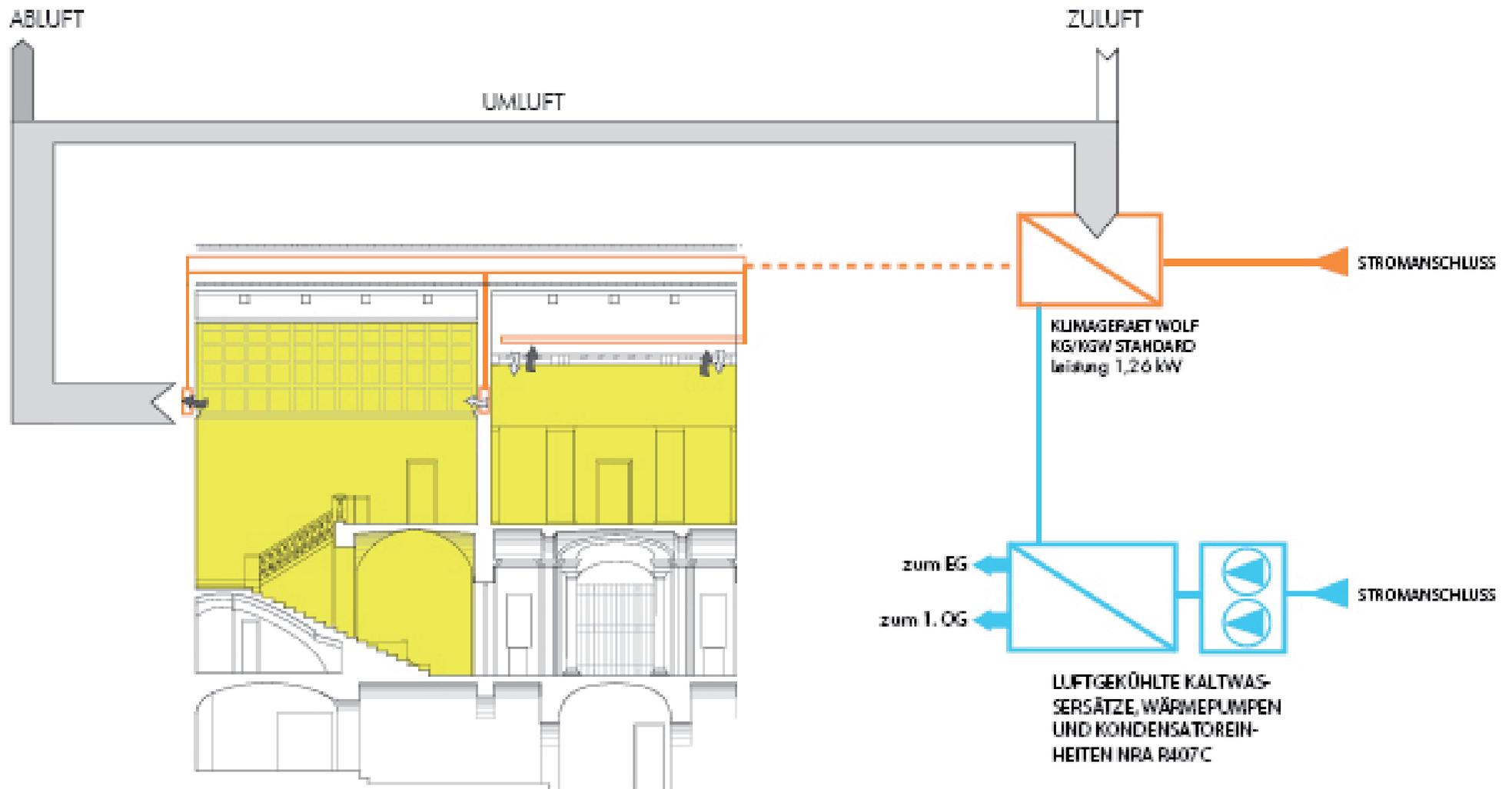


Abb. 2.2.1.33 Übersicht Lüftungsanlage OG I Haupthaus

2.2.1.3 HAUPTHAUS - Behaglichkeit

Die Problematik im Haupthaus basiert im wesentlichen auf der Klimatisierung des Salones und des Treppenhauses. Der Fokus liegt dabei auf dem Betrieb der Lüftungsanlage, die für die Temperaturregelung und den Frischluftbedarf im Sommer wie im Winter ohne Öffnen des Fenster garantieren soll. Der hohe Fensterflächenanteil sowie die Orientierung der Fassade nach Süden und die damit hohe solare Einstrahlung versprechen eine Überhitzung des Raumes, hinzu kommt die Nutzung als Besprechungsraum mit einer hohen anzunehmenden Dichte an Personen. Daher wurde bei der Sanierung auf eine wohl dimensionierte Anlage zurückgegriffen. Nach Aussagen des Nutzers sind speziell im großen Raum sowohl die sommerlichen als auch die winterlichen raumklimatischen Verhältnisse negativ zu beurteilen. Weder ist die Raumheizung an kalten Tagen ausreichend noch stellt die Kühlung, die über Luft von der Decke eingebracht wird eine zufriedenstellende Situation her. Ursprünglich war dieser Raum als Sitzungsraum geplant, deswegen schien die hohe Leistung der Anlage notwendig. Allerdings ist aufgrund der nicht zufrieden stellenden Verhältnisse eine solche vorgesehene Nutzung heute nicht möglich. Im heutigen Betrieb treten kaum interne Lasten auf, und der hygienische Luftwechsel ist allein durch das vorteilhafte Verhältnis zwischen Fläche und Volumen und durch seinen Durchgangcharakter garantiert. Mit einem Lufttransportvolumen von 3.400 m³/h und hoher elektrischer Antriebsleistung, ist die Anlage mit voller Leistung regelmäßig in Betrieb um über die Decke den Raum zu klimatisieren. Es ist leider sehr schwer einzuordnen, mit welcher Häufigkeit diese Anlage in Betrieb ist, da diese nur bei Bedarf eingeschaltet wird. Ein wesentliches Hindernis im Betrieb der Anlage ist die mangelnde Bedienbarkeit und die fehlende Einstellbarkeit. Nach Aussagen der Nutzer soll die

Anlage von einem Techniker eingeschaltet werden und läuft mit niedrigster Temperatur im Kühlfall ohne weitere Einstellmöglichkeiten. Diese Temperatur erwies sich als zu niedrig und führt zu einer unbehaglichen Kühlung des Salones. Temperaturfühler oder Zeitschaltuhren sind nicht vorhanden.

Die anliegenden Räume benötigen in den warmen Sommermonaten keine dauerhafte Kühlung da der Fensterflächenanteil und der Sonnenschutz durch die Fassadenüberhänge eine übermäßige Solareinstrahlung begrenzen, und damit einer Überhitzung der Räume entgegenwirken.

Die Klimatisierung der Büros und der restlichen Flächen des Haupthaus erfolgt durch Umluftheizgeräte bzw -kühlgeräte (Fancoils). Diese erweisen sich zu diesem Zweck besonders geeignet, da sie eine individuelle Steuerung und eine genaue Einstellung der Temperatur ermöglichen und somit den einbehagliches Mikroklima für jeden Nutzer garantieren. Darüber hinaus können Fancoils auf die unterschiedlichen Funktionen und Auslastungsquoten der Räume des Haupthaus, bei einer gewissenhaften Nutzung schnell und effektiv reagieren. Als Nachteile dieser Anlage gelten der hohe Geräuschpegel und der Bedarf an Frischluft, der über Fensterlüftung gedeckt werden muss.

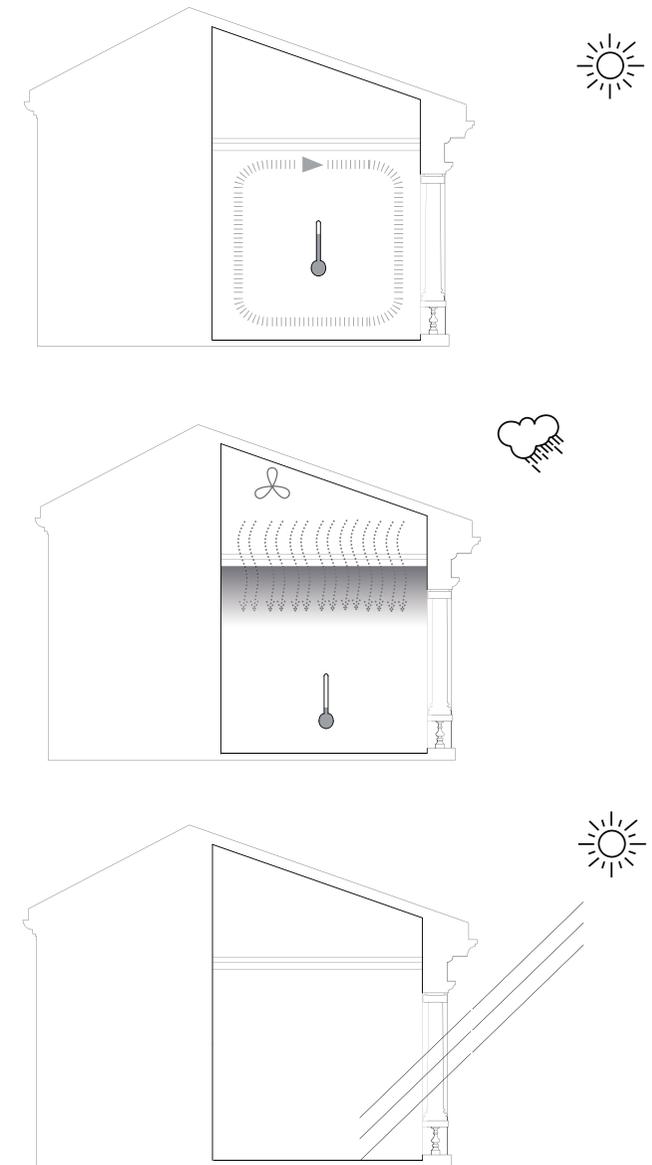


Abb. 2.2.1.34 - 2.2.1.36 Einflussfaktoren Behaglichkeit Salone Haupthaus

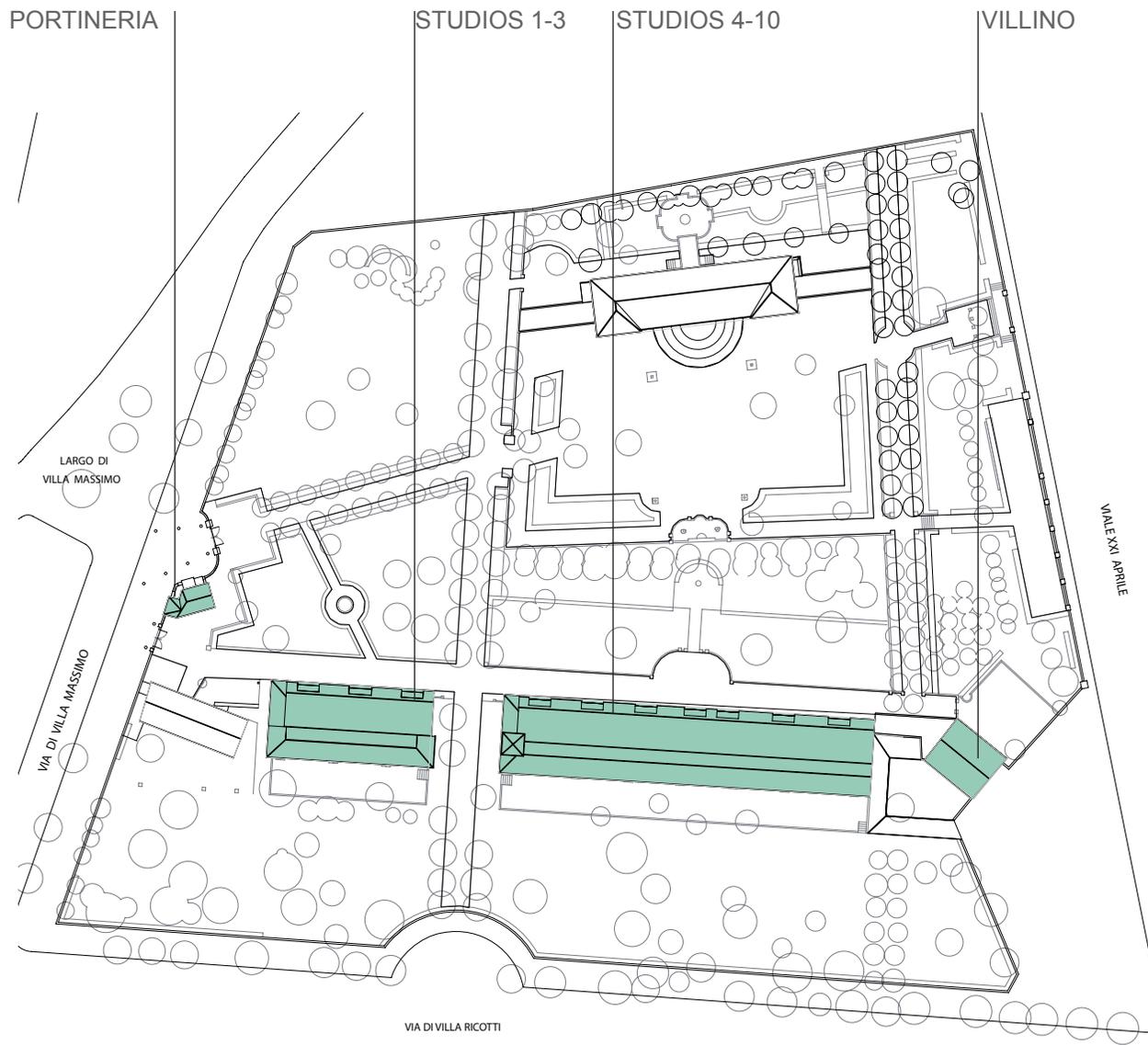


Abb. 2.2.2.1 Lageplan Villino / Studios / Portineria



Abb. 2.2.2.2 Studios Nordansicht



Abb. 2.2.2.3 Portineria

2.2.2.1a) Studios - Gebäude

Der Studiotrakt setzt sich aus zwei Gebäudeabschnitten zusammen, die sich entlang der Ost-Westachse am südlichen Grundstücksrand befinden. Im kürzeren nach Westen gelegenen Abschnitt (37m), befinden sich die Studios 1 bis 3, im Längeren (84m) die anderen 7 Studios. Die Nordfassade ist durch die serielle Wiederholung der weiten Fensterflächen der Atelierräume gekennzeichnet und hat wahrscheinlich sein Vorbild in den Atelierbauten der „Via Margutta“. Alle Einheiten haben eine ähnliche Grundrissplanung: Auf der Nordseite befindet sich der Eingang zu den Wohnungen und zum Atelier, einem Raum der mit seiner 9x9 m Grundfläche und 6,5 m Höhe für das künstlerische Schaffen der Stipendiaten entworfen wurde. Die großen Fensterflächen gewährleisten eine konstante, gleichmäßige natürliche Beleuchtung. Im südlichen Teil befindet sich, auf zwei Ebenen verteilt, die Wohnflächen für die Künstler und deren Angehörigen. Jede Einheit verfügt mindestens über ein Bad, eine Küche, ein Wohnzimmer und zwei Schlafzimmer, sowie mehrere Abstellräume im Erdgeschoss. Alle Einheiten haben eine Grundfläche von ca 200 m², ausgenommen Studio 7, das sich nur auf der höheren Geschossebene entwickelt, da sich im Erdgeschoss die Technikräume für die Heizungsanlage und Warmwasserbereitung für den ganzen Gebäudekomplex, Porteria, Studios, Villino befinden. Die Außenwände und die Trennwände zwischen den Einheiten bestehen aus einem verputzten 60 – 80 cm starken Vollziegelmauerwerk. Ein Teil des Mauerwerkes, insbesondere der des Untergeschosses, besteht aus Tuffstein und verschiedenen Füllstoffen, wie es in der römischen modernen Bautradition häufig zu finden ist. Der U-Wert dieses Bauteil liegt bei etwa 0,75 W/m²K. Die Dachkonstruktion besteht aus Holzsparren und Vollziegel, die mit Tondachziegel gedeckt sind. In den Ateliers, in denen die Untersicht des Daches zu se-

hen ist, wurde diese mit Gipskartonplatten beplankt. Dadurch entsteht ein Zwischenraum mit einer ruhenden Luftschicht. Sowohl die oberste Geschossdecke, als auch die Bodenplatte bestehen aus Stahlträgern und Holraumziegeln und einem Zementestrich mit Bewehrungsgitter. Alle Geschossdecken im Wohnbereich sind ungedämmt und grenzen an einen unklimateisierten Dachboden. In den Studios sind zwei verschiedene Fenstertypen eingebaut: im Wohnbereich wurden neue Holzfenster im Zuge der letzten Sanierungsarbeiten eingebaut. Diese wurden, in gleicher Bauart wie im Haupthaus, von der Schranerei Brammertz ausgeführt. Es handelt sich um Holzrahmenfenster mit einem U-Wert von etwa 1,7 W/m²K. Die großen Alufenster der Atelierräume wurden dagegen beibehalten und stammen, nach Aussage des Bauleiters Architekt Cipollone, aus den 80er Jahren. Ausschließlich die Glasscheiben wurden 2003 ersetzt und somit erreichen diese Fenster auch annähernd einen U-Wert von 1,7 W/m²K.

Einordnung der Fläche:

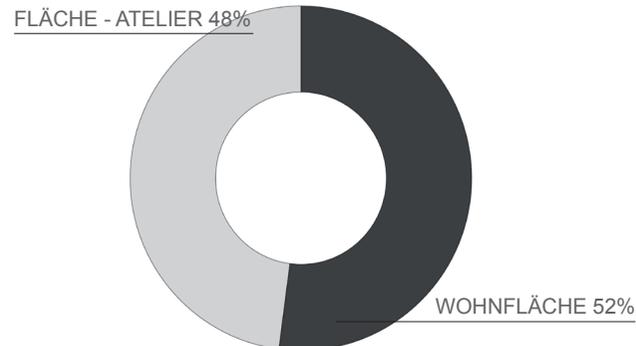


Abb. 2.2.2.4 Einordnung Funktion : Fläche



Abb. 2.2.2.5 Eingangssituation Studios Nordseite

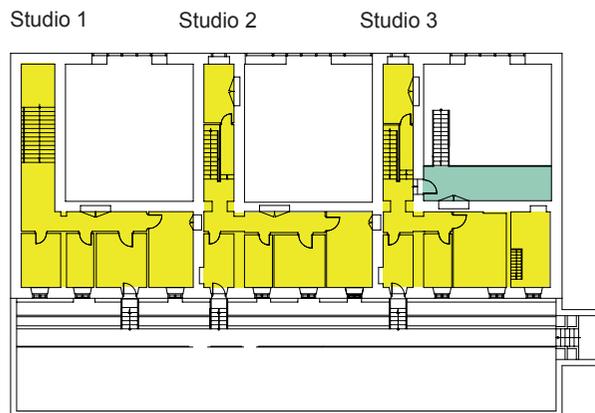
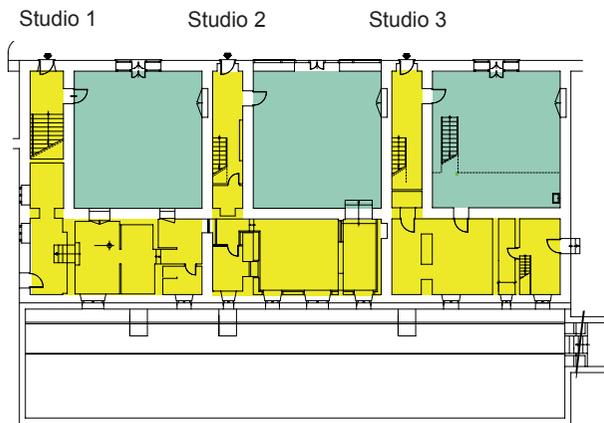


Abb. 2.2.2.6 - Abb. 2.2.2.9 Grundrisse EG + OG | Studios mit Atelierraum



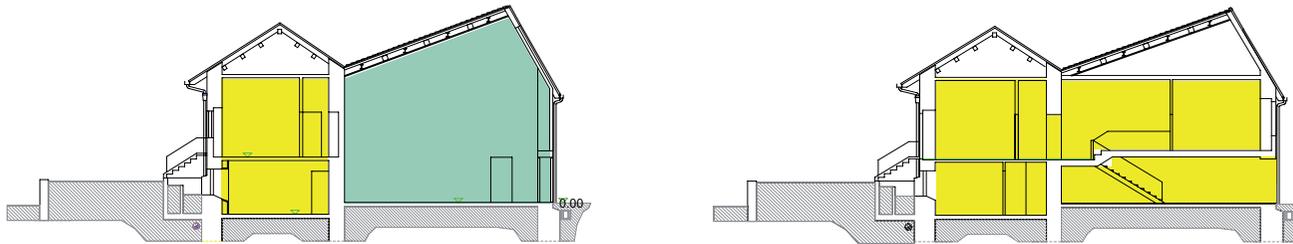


Abb. 2.2.2.10 Schnitte Studios mit Atelierraum

Tab. 2.2.2.1 Flächenermittlung mit Belegung

STUDIO-ATELIERRAUM

	EINHEIT		BEMERKUNGEN	
Gebäudedaten-Zone	Fläche (NGF)	m ²	77,00	
	Höhe (Durchschnittswert)	m	7,50	
	Volumen	m ³	575,00	
	Auslastungsquote	%	92	
	Nutzer	N	1	
	Räume	N	1	
	Oberflächen zu nichtklimatisierten Räumen	N	3	
	Verglasungsanteil der Fassaden	%	70	
	Orientierung der transparenten Flächen	HR	N	
	hygienischer Luftwechsel	%	durch Fenster und Türöffnung	
Energiebedarf	Heizwärmebedarf	+/-	++	
	Kühlenergiebedarf	+/-	+	keine aktive Systeme vorhanden
	Sonnen- Blendschutz	i/n	n	
	Interne Lasten	+/-	0	kaum interne Lasten
	Beleuchtung	+/-	+	
	Lärmbelastung	i/n	n	
Technische Anlagen (Bestand)	Heizung	i/n	i	Radiatoren
	Kühlung	i/n	n	
	mechanische Lüftung	i/n	n	
	natürliche Lüftung	i/n	i	mangelhaft in den Sommermonaten
	Warmwasservorbereitung	i/n	n	

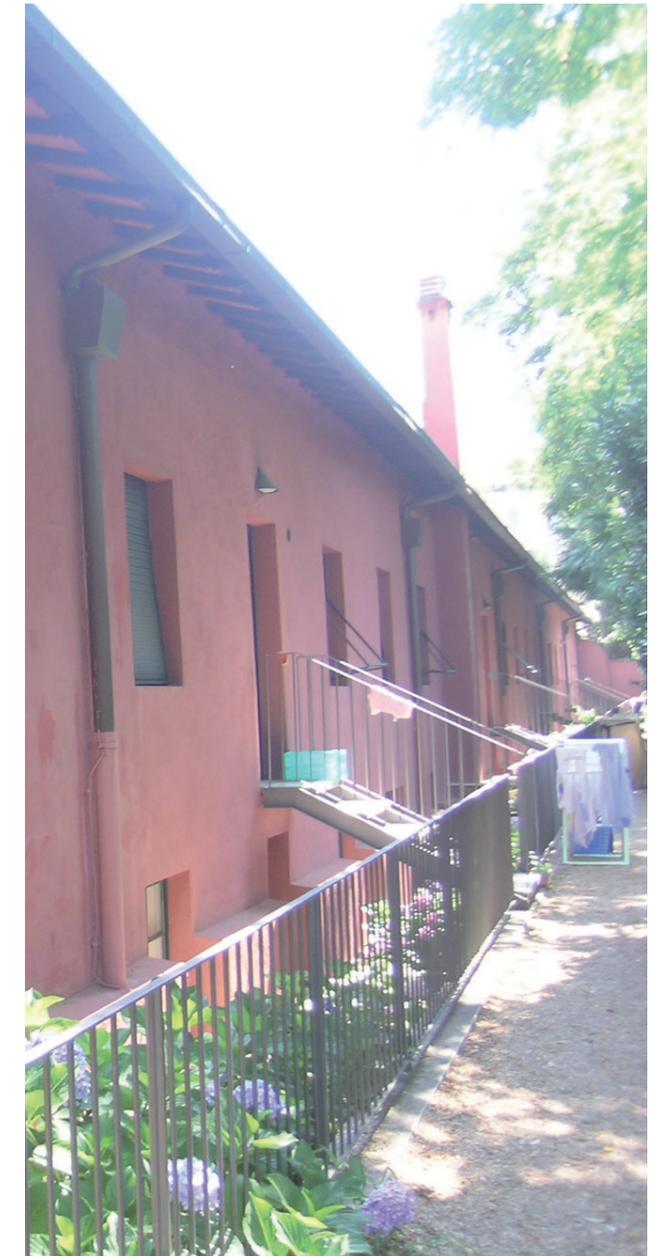
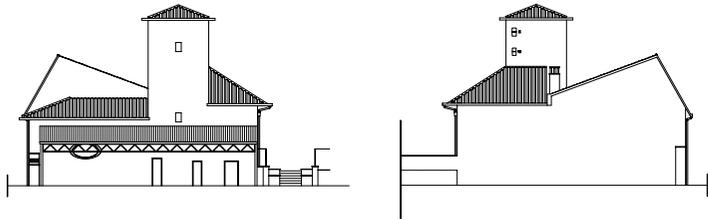
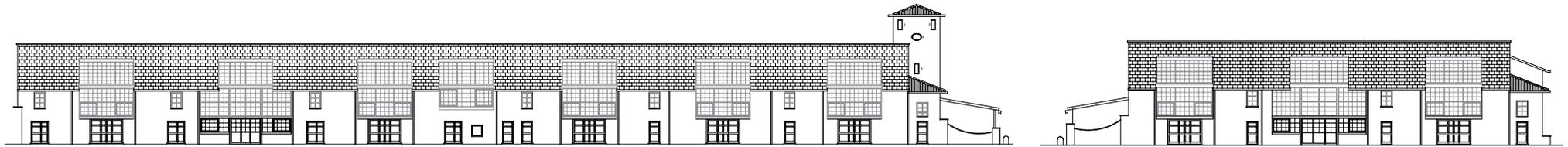


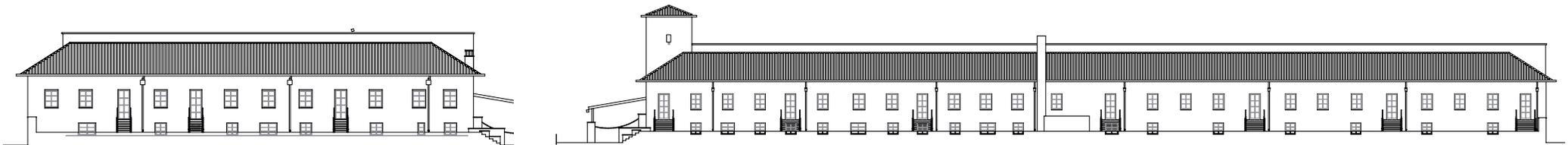
Abb. 2.2.2.11 Ansicht Süden Studios



Ansicht West / Ost Studiotrakt 4 -10



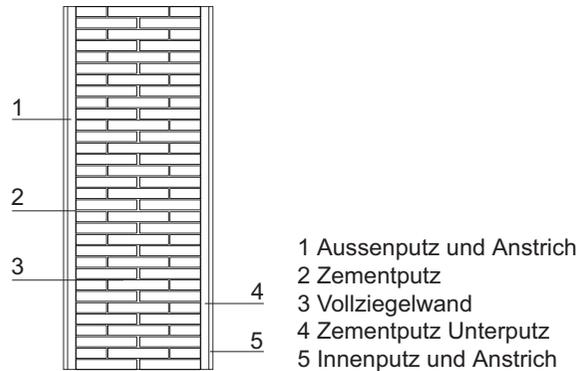
Ansicht Nord Studios 1-3 und 4 -10



Ansicht Süd Studios 1-3 und 4 -10

Abb. 2.2.2.12 - Abb. 2.2.2.17 Ansichten Studios

Tab. 2.2.2.2 Schichtenaufbau Wände Studios

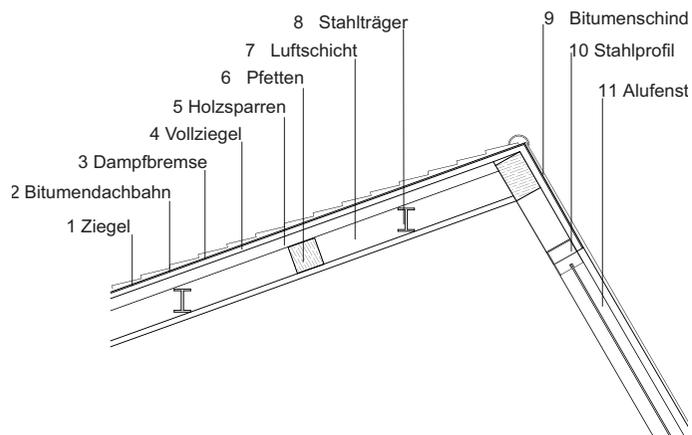


U-Wert Aussenwand= 0,748 W/m²K

Abb. 2.2.2.18 Aufbau Außenwand

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	μ_{\min}/μ_{\max}	s_d -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN V 4108 1.1.5 Leichtputz ≤ 700	50	0,250	15 / 20	0,750	100,0
2	DIN V 4108 1.1.1 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	50	1,000	15 / 35	0,750	100,0
3	(WUFI-Wert) Vollziegelmauerwerk	400	0,600	10 / 10	4,000	100,0
4	DIN V 4108 1.1.1 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	50	1,000	15 / 35	0,750	100,0
	DIN V 4108 1.1.5 Leichtputz ≤ 700	50	0,250	15 / 20	1,000	100,0

Tab. 2.2.2.3 Schichtenaufbau Dächer Studios



U-Wert Dachteilaufbau= 2,679 W/m²K

Abb. 2.2.2.19 Aufbau Dach

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	μ_{\min}/μ_{\max}	s_d -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN V 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	9,5	0,250	8 / 8	0,076	100,0
2	(WUFI-Wert) Luftschicht 40 mm	40	$R=0,180$ m^2K/W	1 / 1	0,040	100,0
3	(WUFI-Wert) Vollziegel, alt	10	0,600	15 / 15	0,150	100,0
4	URSA - URSA SECO 400 Dampfbremse	0,19	0,200	0 / 0	0,000	100,0
5	DIN V 4108 7.3.1 Bitumendachbahnen (DIN 52128)	3	0,170	10000 / 80000	240,000	100,0

2.2.2.1b) Villino - Gebäude



Abb. 2.2.2.20 Ansicht Villino

Das Villino, in dem sich heute die Direktorenwohnung befindet, war ursprünglich ein Landhaus, das sich auf dem Grundstück der Villa Massimo befand und in die Planung der Akademie integriert wurde. Es bildet den Abschluss der Studioreihe, deren durchlaufende Front der Ateliers von einem wiederverwendetem Portal aus der Renaissance beendet wird. Hinter diesem Tor öffnet sich ein Orangengarten, der auf drei Seiten von einem auf ionischen Säulen ruhenden Portikus eingefasst ist. Über dem Hoftor liegt eine vom ersten Geschoss des Villinos zugängliche Terrasse. Im Inneren entwickelt sich der Wohnungsgrundriss auf zwei Geschossen. Während sich drei Fassaden dem Park zuwenden grenzt die Ostfassade am Grundstücksrand direkt an die „Viale XXI Aprile“, einer stark befahrenen Hauptverkehrsstrasse in Rom mit hoher Lärmemission. Alle Außenwände sind verputzt und ungedämmt.

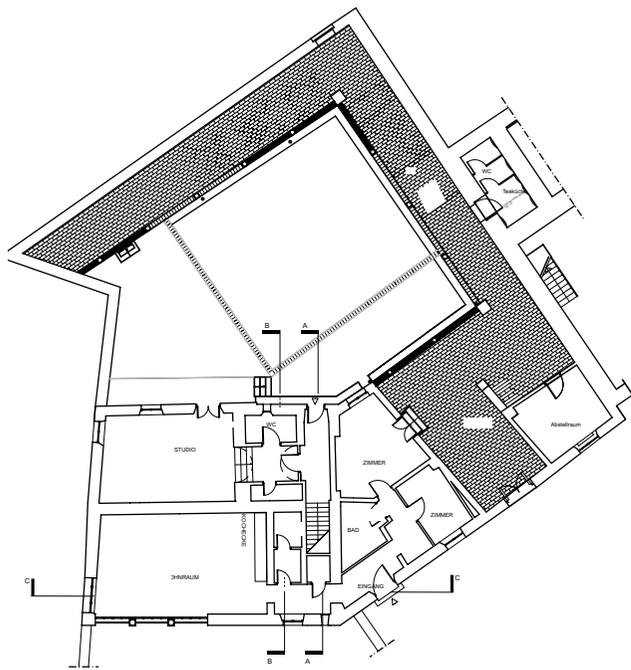


Abb. 2.2.2.21 Grundriss Villino EG

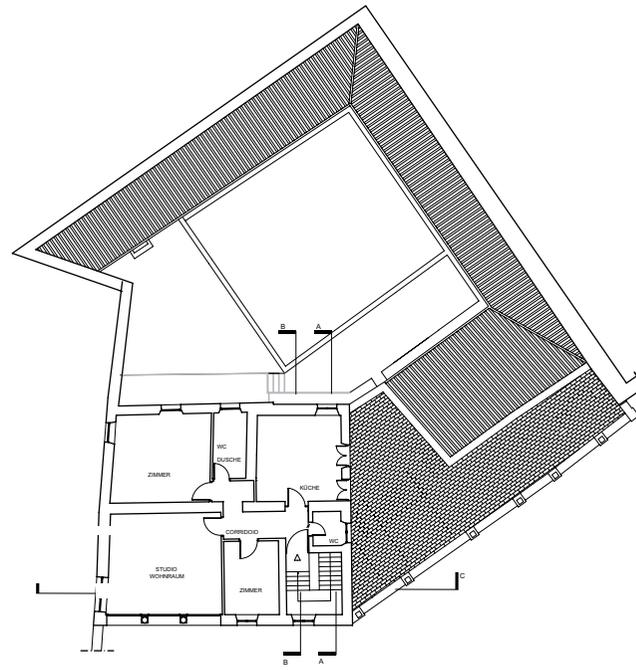


Abb. 2.2.2.22 Grundriss Villino OG

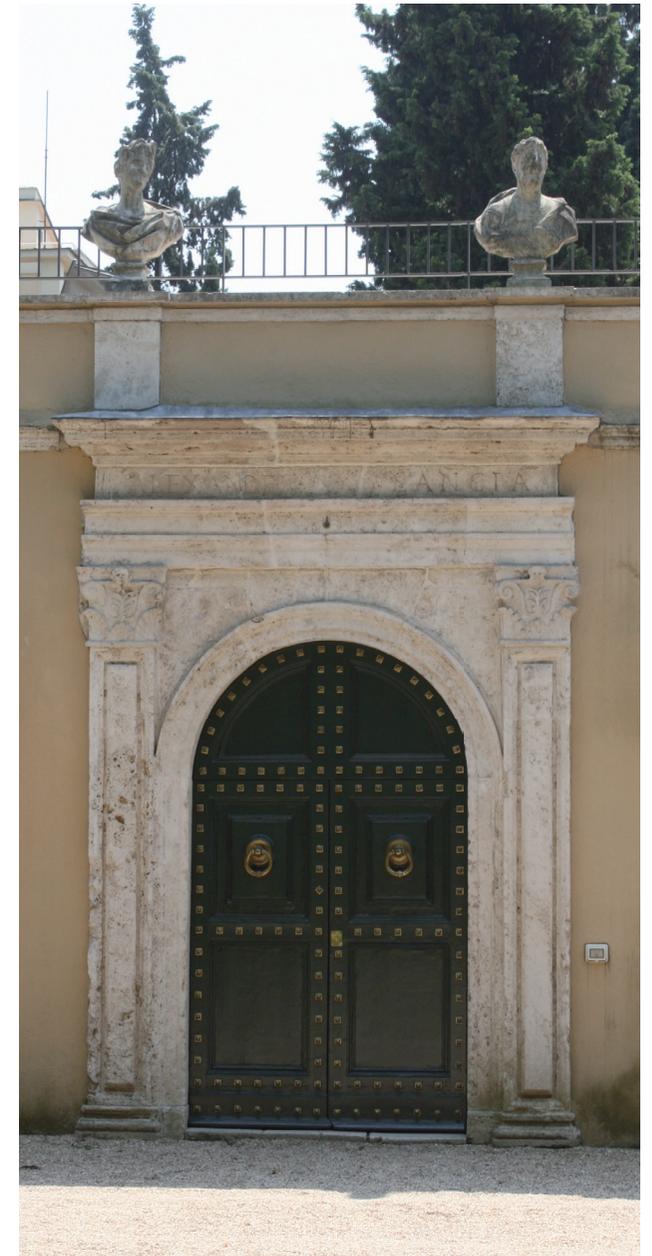
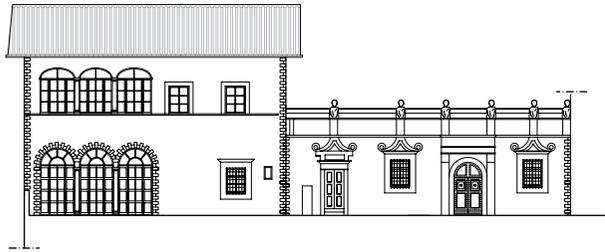
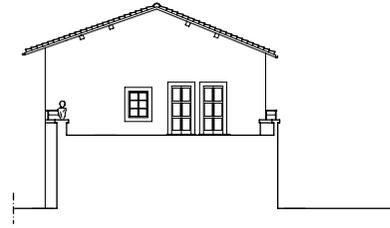


Abb. 2.2.2.23 Eingang Villino

2.2.2.1 b - Bestandsaufnahme VILLINO - Gebäude



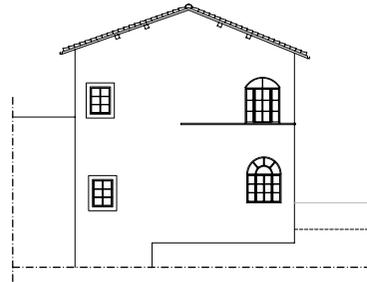
Ansicht Nord Villino



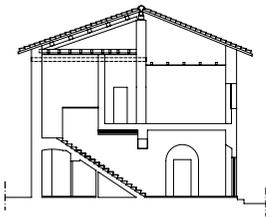
Ansicht West Villino



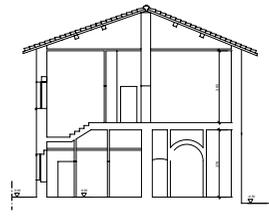
Ansicht Süd Villino



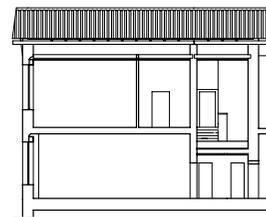
Ansicht Ost Villino



Schnitt AA



Schnitt BB



Schnitt CC

Abb. 2.2.2.24 Ansichten / Schnitte Villino

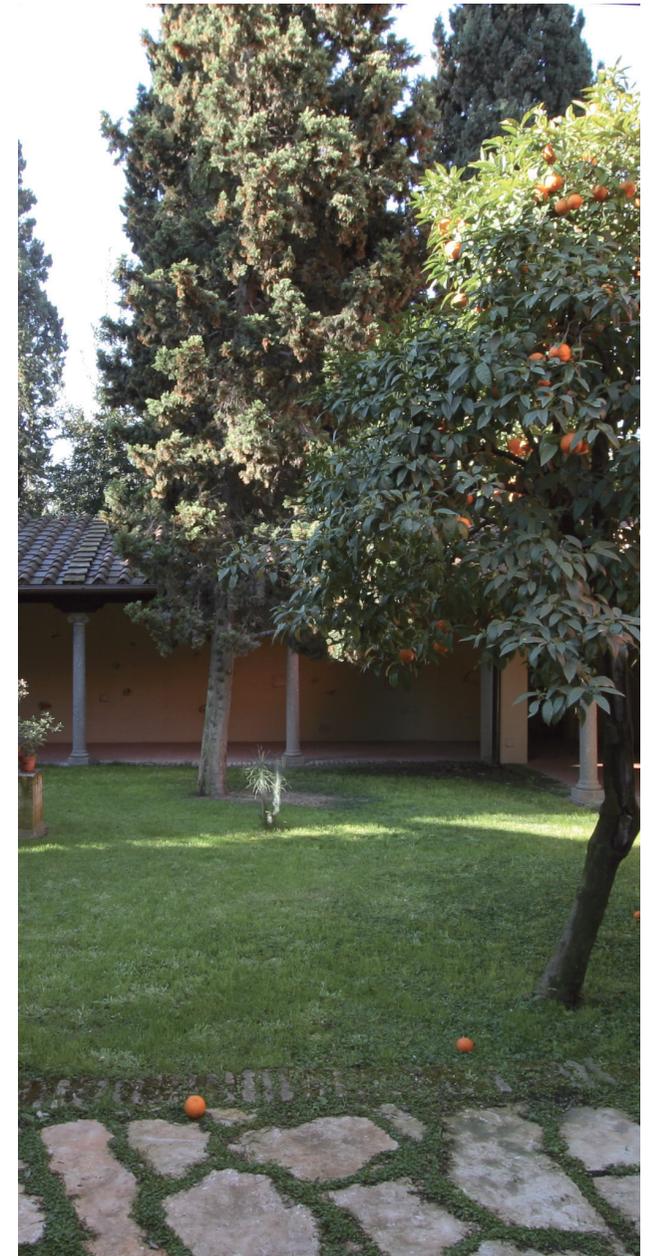


Abb. 2.2.2.25 Patio Villino

2.2.2.1c) Porteria - Gebäude



Abb. 2.2.2.26 Eingang Portineria

Die Portineria ist ein zweigeschossiges Gebäude, das sich direkt an das Eingangstor der Villa Massimo angliedert. Mit seinen 50 m² Grundfläche ist es das kleinste Gebäude der Anlage und wird vom Hausmeister bewohnt. Die Fassaden der Portineria sind verputzt und ungedämmt und haben einen ähnlichen Bauteilaufbau wie die Außenwände des Villino.

Abb. 2.2.2.27 Grundrisse / Ansichten Portineria

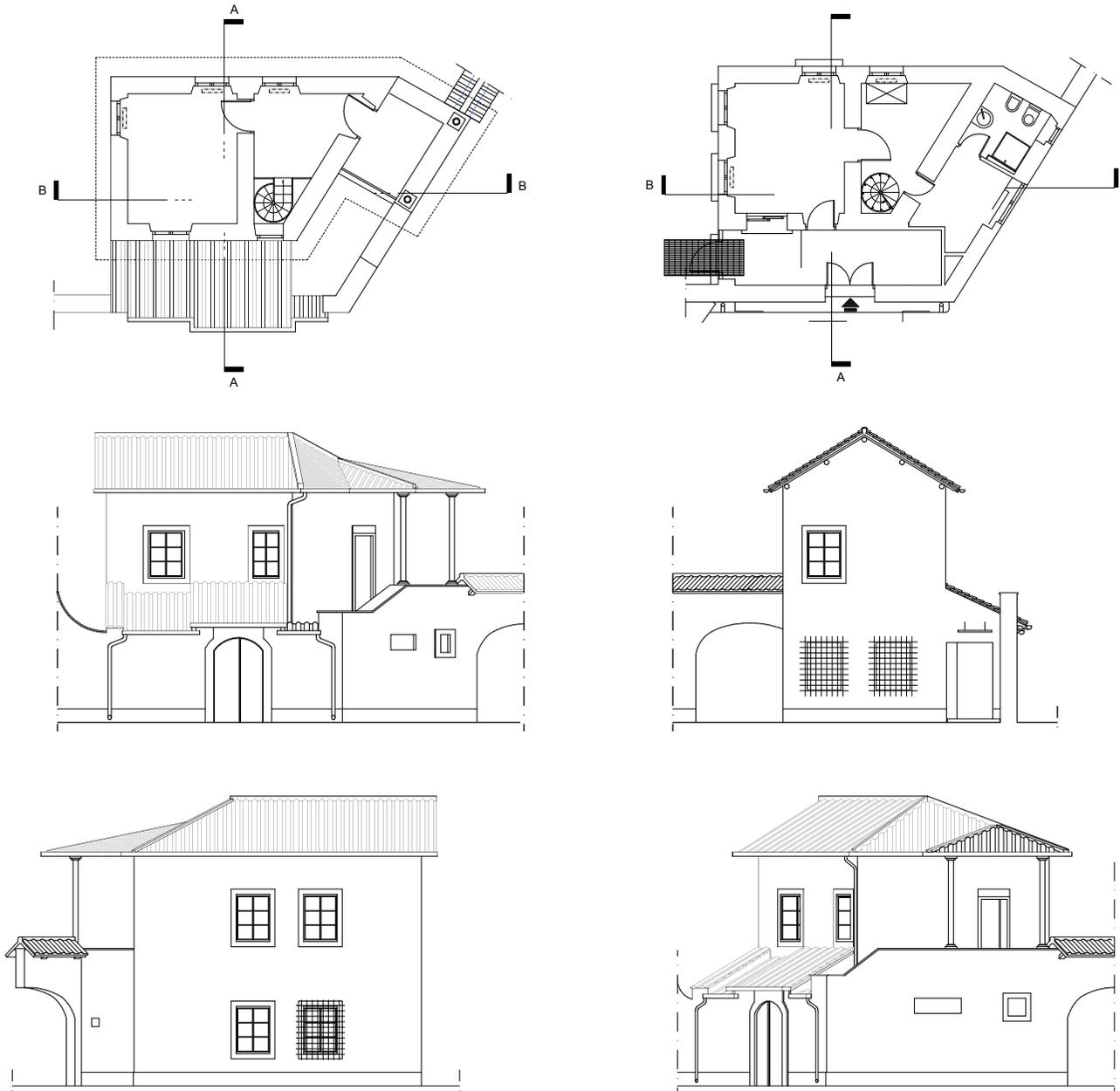


Abb. 2.2.2.28 Ansicht Portineria

Bestandsaufnahme STUDIOS / VILLINO / PORTINERIA - Anlagentechnik

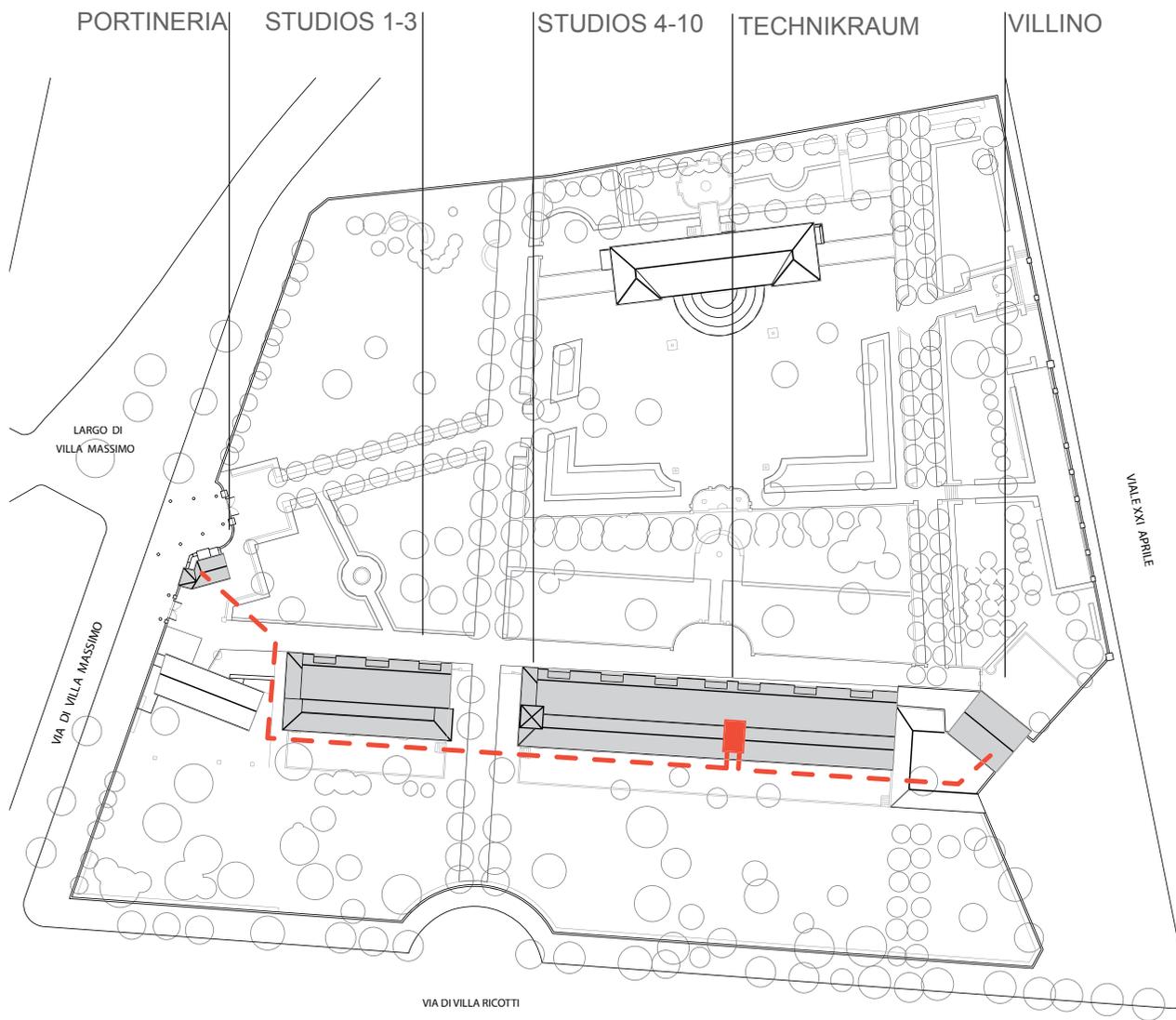


Abb. 2.2.2.29 Lageplan Haustechnikraum Studios

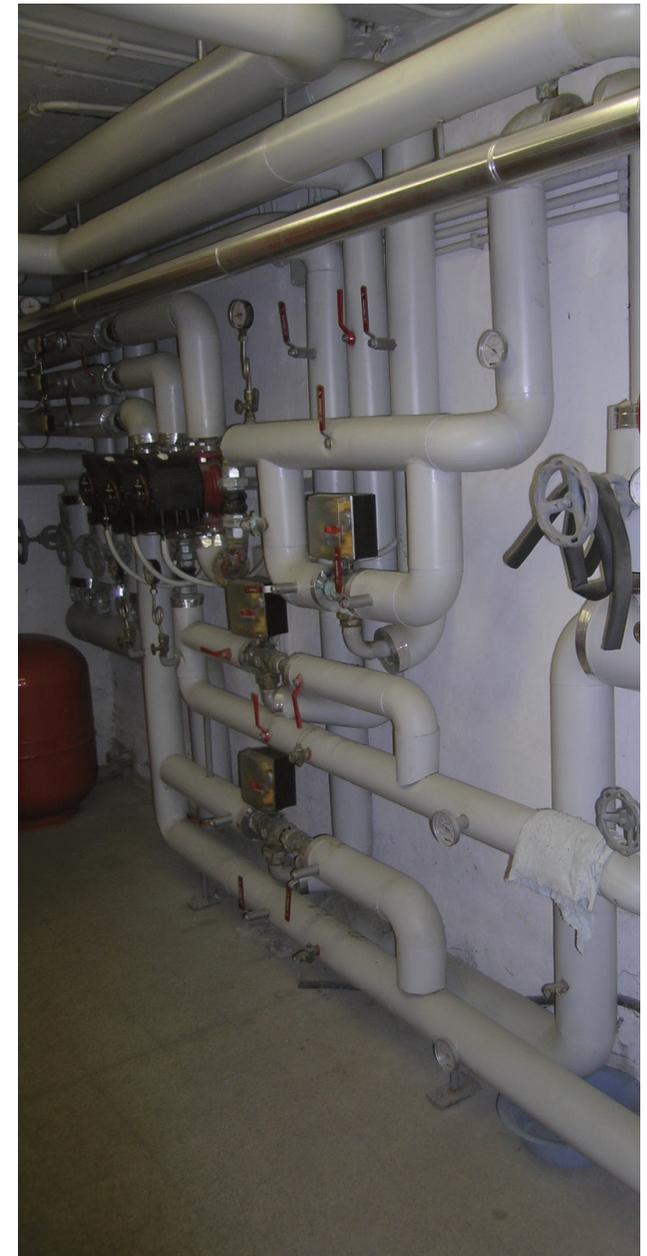


Abb. 2.2.2.30 Haustechnikraum Studios

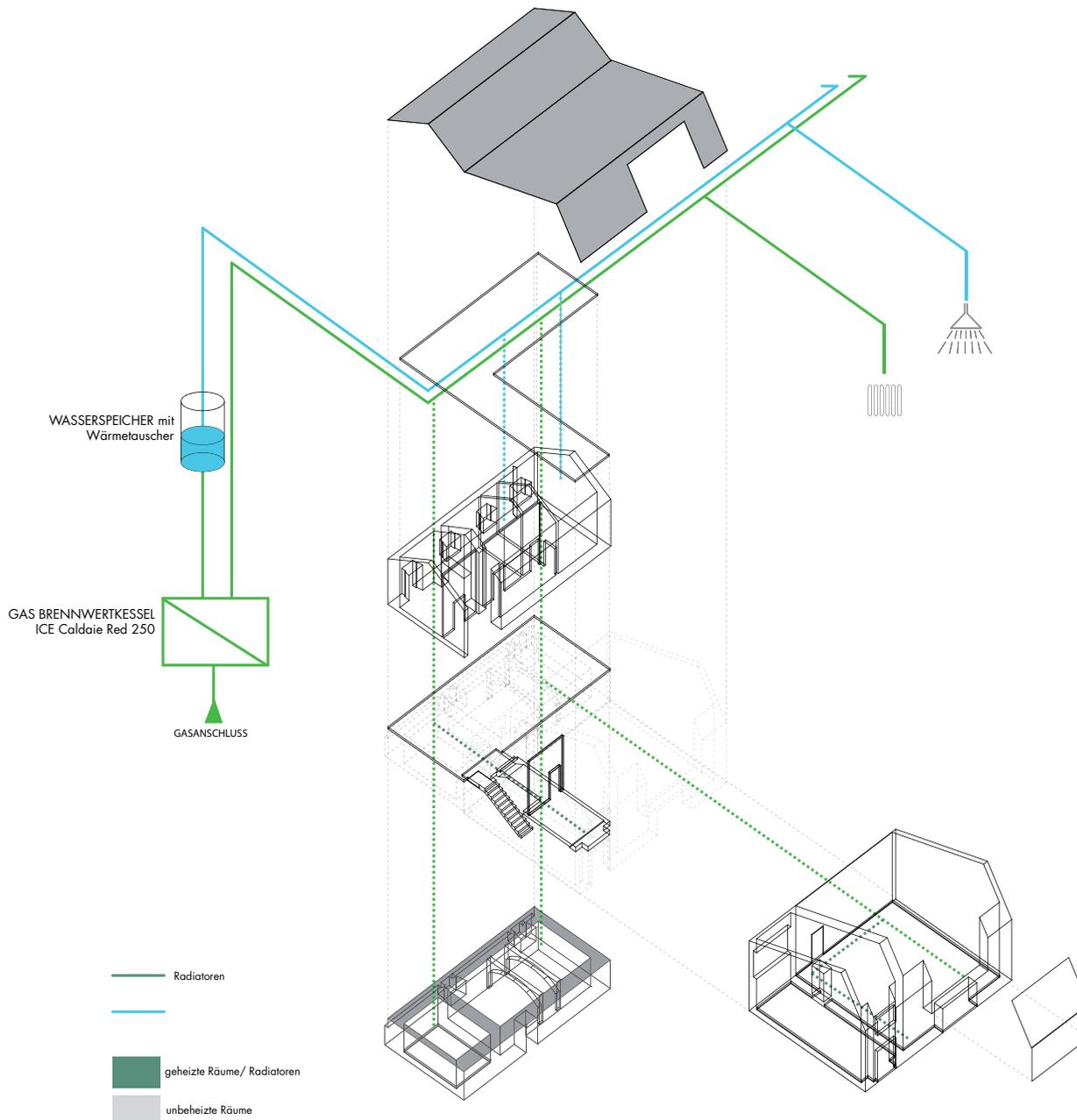


Abb. 2.2.2.31 Axonometrie Haustechnikverteilung Studios

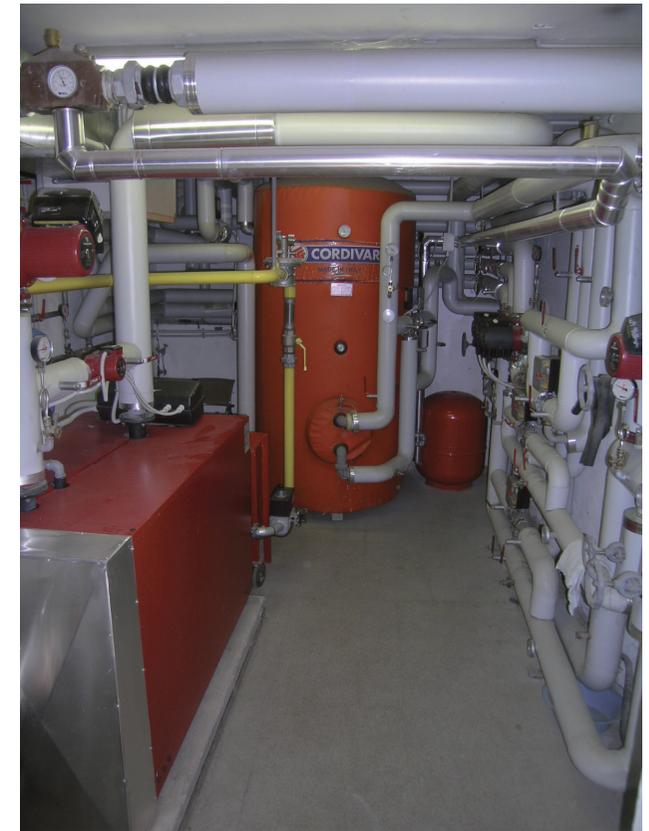


Abb. 2.2.2.32 Haustechnikraum Studios

Die Studios, das Villino und die Porteria werden über einen Gasbrennwertkessel der Firma ICI Caldaie, Typ Red/Kappa Baugröße 250 mit Wärme versorgt. Die Beheizung erfolgt über Röhrenheizkörper Typ Zehnder Charleston, die laut den Bestandsplänen raumweise zu Zonen zusammenschaltet sind.

Die Warmwasserbereitung für die Sanitärkerne erfolgt zentral über einen Boiler mit 2000l Inhalt. Der Boiler wird ebenfalls über den Brennwertkessel versorgt.

2.2.2.3 - Bestandsaufnahme Studios / Villino/ Portineria - Behaglichkeit

In den in den Studios mit jeweiligem Atelierraum, sowie im Villino und der Portineria wird aufgrund der überwiegenden Wohnnutzung vor allem Energie zum Heizen im Winter sowie zur ganzjährigen Erzeugung von Warmwasser aufgewendet. Ein aktives Kühlsystem liegt zurzeit nicht vor, die Lüftung der Wohn- und Atelierräume erfolgt natürlich. Dabei ist festzuhalten, dass die sommerlichen Verhältnisse sich nach der letzten Sanierung verschlechtert haben, und es laut den Nutzern zu einer Überhitzung der Innenräume im Sommer kommt.

Zustand vor und nach in den Studios der Sanierung:

Die ursprünglich, das heißt vor knapp 100 Jahren realisierten großformatigen Atelierfenster bestanden aus schmalen Stahlsprossen (Breite 15 mm) mit Einfachverglasung. Die Möglichkeit hochliegende Lüftungsflügel über eine entsprechende Mechanik, sowie die auf Erdgeschossniveau vorhandenen großformatigen Türen zu öffnen, ermöglichte es auch im Hochsommer erträgliche Temperaturen in den Ateliers sicherzustellen.

Im Zuge der baulichen Veränderungen wurden die besagten großen Verglasungen erneuert, um im Winter einem Kaltluftabfall entgegenzuwirken und damit das winterliche Verhalten zu verbessern, hierzu wurde Zwei-Scheiben-Isolierglas eingesetzt. Die ehemals sehr eleganten Stahlkonstruktionen wurden nur noch als grafisches Element in die Scheiben integriert. Heute eingebaute Lüftungsflügel befinden sich ausschließlich im unteren Bereich, unmittelbar über den ebenfalls erneuerten Türen.

Die Dachflächen des Ateliertraktes wurden nach unserem Stand des Wissens im Zuge der Umbaumaßnahmen nicht verändert. Sie enthalten allenfalls

geringdimensionierte Dämmplatten. Im südlichen, ebenfalls durchlaufenden Dachbereich befindet sich keinerlei Wärmedämmung, wie eine Inspektion vor Ort ergab.

Besagte Veränderungen, speziell im Bereich der Verglasungen und Öffnungen der Studios, haben erhebliche Auswirkungen, auf die raumklimatischen Verhältnisse im Sommer, die zurückzuführen sind auf die nicht vorhandene Möglichkeit einer entsprechenden Entlüftung im oberen Raumbereich, wie auch auf eine zu geringe Dämmung im Dachbereich und einer daraus resultierenden starken Erwärmung.

Im Zuge der Sanierung wurde im Keller der des etwa mittig gelegenen Studio 7, eine neue Heizungsanlage eingebaut, die der Raumerwärmung als auch der Warmwasserbereitung dient. Durch die Koppelung der Warmwasser- an die Raumwärmeerzeugung ist ein ganzjähriger Betrieb notwendig. Der derzeitige Studiengast im erwähnten Studio 7 weist bereits Ende April auf deutlich erhöhte Temperaturen hin. Bei einer weiteren vor Ort Besichtigung Ende August wird das Ausmaß der Erwärmung noch deutlicher. Individuell angebrachte Splitgeräte in die Fenster der Schlafräume und einzeln aufgestellte Klimageräte in den Atelierräumen zeigen, dass die raumklimatische Situation für die Bewohner ohne solche Hilfsgeräte im Sommer unangenehm ist.

Im Villino ergibt sich, neben den sommerlichen Temperaturen in Rom eine der städtebaulichen Situation geschuldete und erschwerende Problematik. Dieser Teil der Anlage grenzt an die sehr große, dicht befahrene und dadurch sehr laute Straße des XXI. April an, von wo Schall- und Abgasemissionen in hohem Maße ausgehen. Dadurch ist die Möglichkeit ge-

nommen auf dem Wege der Fensterlüftung sowohl tagsüber als auch in den Nachtstunden das Gebäude über eine effektive Querlüftung, zu entwärmen. Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren 3 Splitgeräte im Bereich der Wohn- und Schlafräumenachgerüstet, die mit Strom betrieben werden.

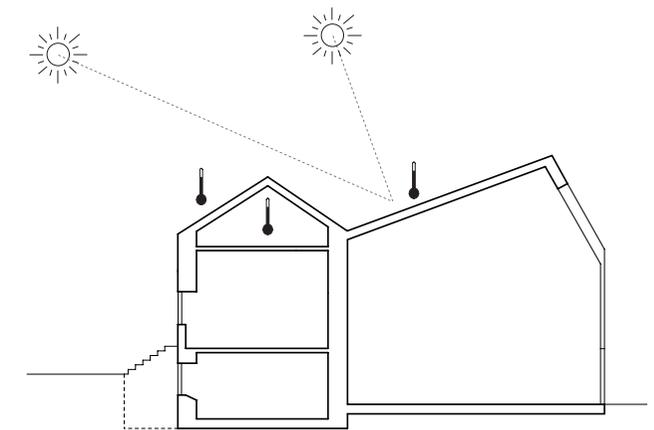


Abb. 2.2.2.33 Behaglichkeitsfaktoren Studios

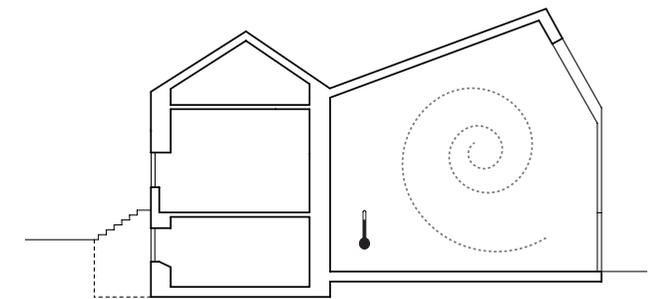


Abb. 2.2.2.34 Behaglichkeitsfaktoren Studios

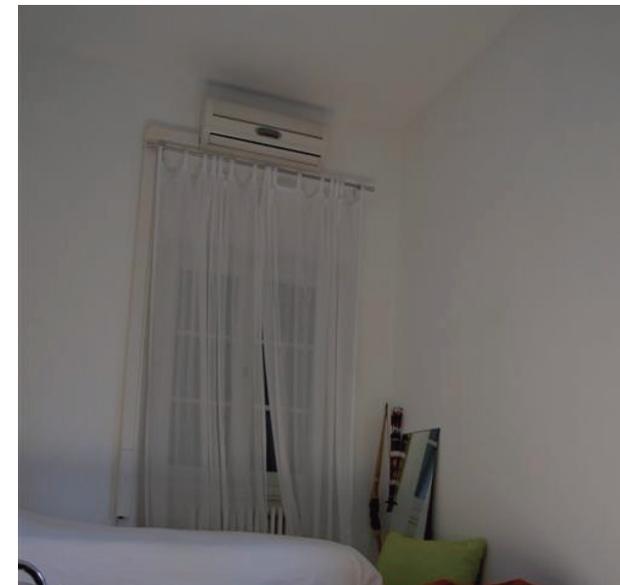


Abb. 2.2.2.35 - Abb. 2.2.2.40 Dezentrale Kühleinheiten Villino und Studios

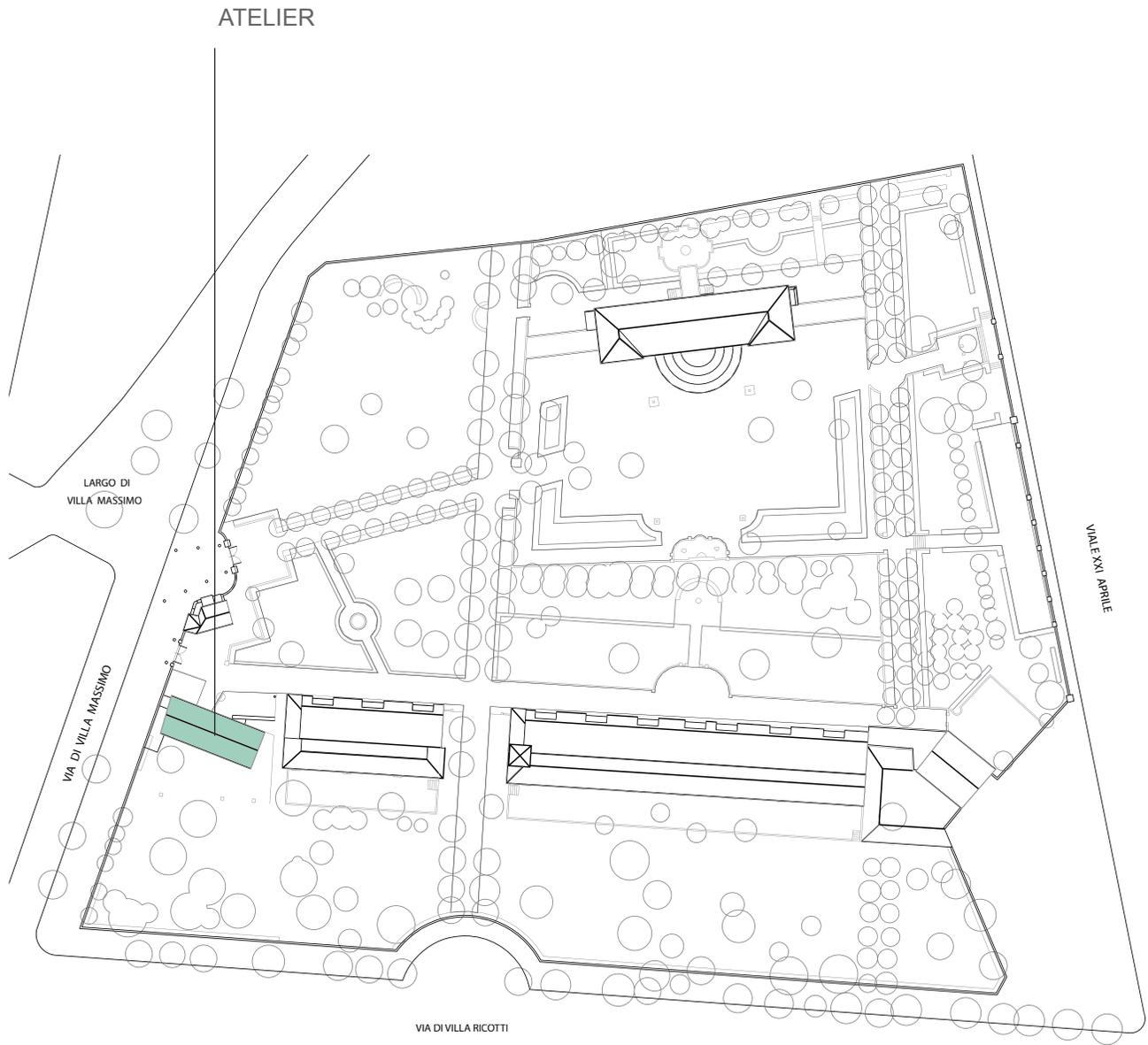


Abb. 2.2.3.1 Lageplan Atelierhaus

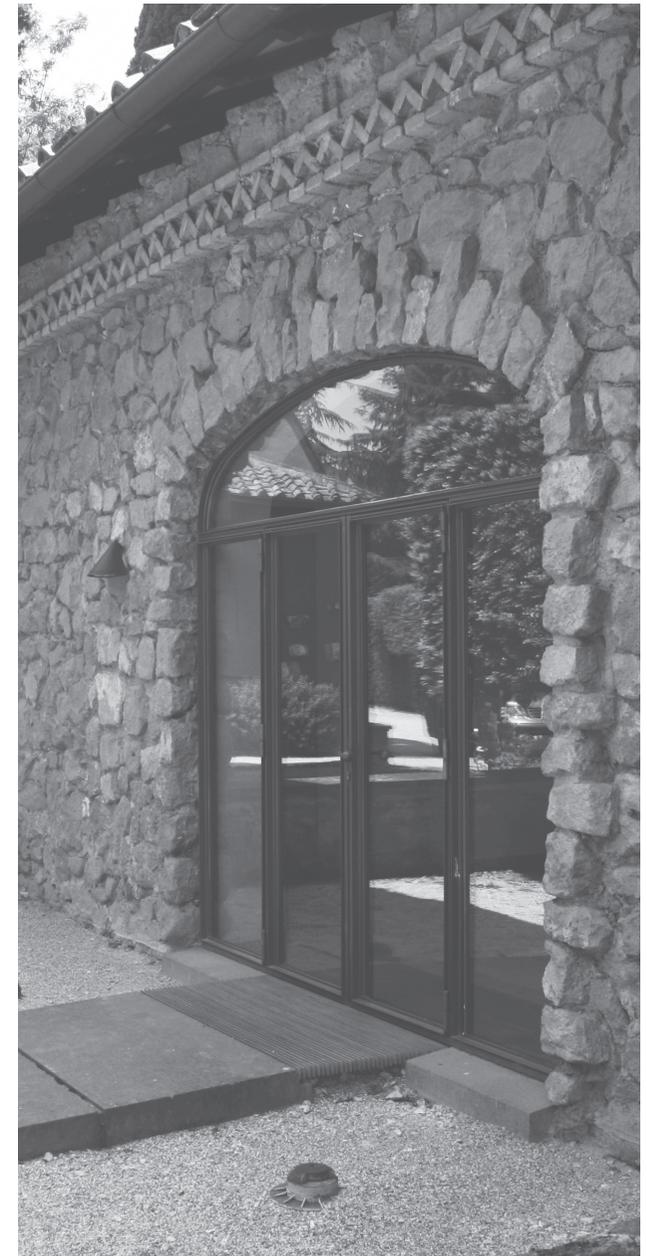


Abb. 2.2.3.2 Eingang Atelierhaus

2.2.3.1 - Bestandsaufnahme Ausstellungsräumlichkeiten sog. ATELIER - Gebäude

Das Atelier ist ein eingeschossiges Gebäude, ursprünglich als Remise vorgesehen, das seit der letzten Sanierung als temporäre Ausstellungshalle verwendet wird, zuvor war in diesen Räumen die Verwaltung untergebracht.

Die Außenwände sind zum Teil nicht verputzt und bestehen aus einer Tuffsteinkonstruktion. Große Fensteröffnungen auf der Nordfassade gewährleisten eine gleichmäßige Ausleuchtung mit natürlichem Licht.

ATELIER

ANZAHL DER GESCHOSSE		Klimatechnische Systeme (Bestand)	Zonen	Fläche (NGF)	Höhe	Volumen
N				m ²	m	m ³

ATELIER	1	ERDGESCHOSS	LUEFTUNGSSYSTEM+ SPLITELEMENTE	AUSSTELLUNGSRAUM 1	39,00	4,60	179,40
				AUSSTELLUNGSRAUM 2	28,40	4,60	130,64
AUSSTELLUNGSRAUM 3	50,60	4,60	232,76				
KLIMATISIERTE FL/V				118,00	4,60	542,80	
BEHEIZTE FL/V				118,00		542,80	
GEKÜHLTE FL/V				118,00		542,80	

*Im Atelier sind nachträglich 3 Split-Einheiten zur Kühlung eingebaut worden.

Tab 2.2.3.1 Raumprogramm Atelierhaus

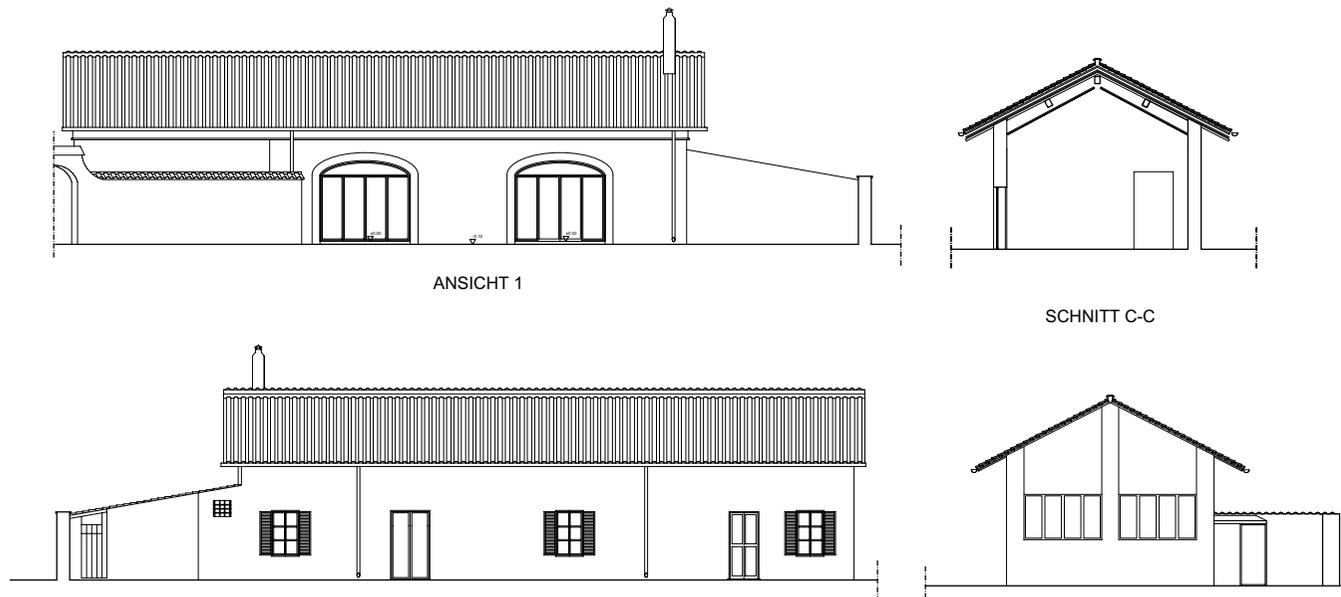


Abb. 2.2.3.3 Ansichten Atelierhaus



Abb. 2.2.3.4 Atelierhaus Innen



Abb. 2.2.3.5 Außenansicht Atelierhaus

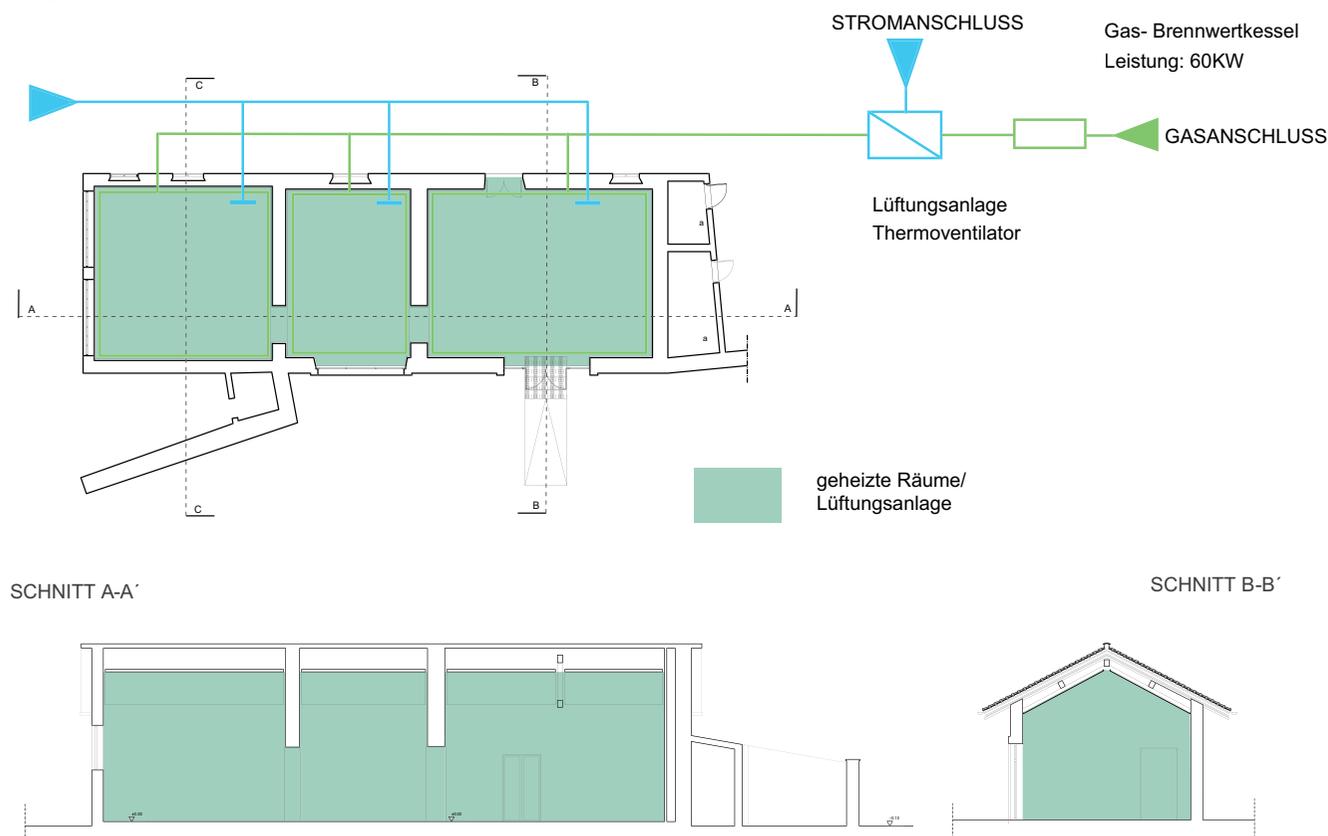


Abb. 2.2.3.6 Schema Haustechnik Atelierhaus

2.2.3.2 Anlagentechnik / Raumkonditionierung

Das Atelier wird durch eine Lüftungsanlage vollständig beheizt. Die Anlage wird über einen modulierenden Gasbrennwertkessel Buderus Logamax GB112 mit einer Leistung von 60 kW versorgt. Der Kessel kann in einem Leistungsbereich von 40-100% modulieren. Nachträglich wurden Spliteinheiten zur Kühlung der Räume eingebaut.

2.2.3.3 Anforderungen an das Raumklima

Wechselnde Belegungen und Exponate mit unterschiedlichsten Anforderungen an das Raumklima sowie eine ständig schwankende Besucherdichte erschweren die Raumkonditionierung von Ausstellungsräumen sehr. Daher sind in Räumen mit solchen Anforderungen schnell reagierbare Anlagentechniken erforderlich. Das Atelier kann im Bezug auf die sehr geringen Belegungszeiten der Räume mit seiner installierten Technik diese Anforderungen erfüllen, wenn auch energetisch sehr aufwendig. Da die Auslegungsquote bei unter 50 Tage im Jahr zu veranschlagen ist, spielen die Verbräuche dieses Gebäudes in der Gesamtbetrachtung eine eher untergeordnete Rolle und werden in den Untersuchungen nicht vertieft behandelt.

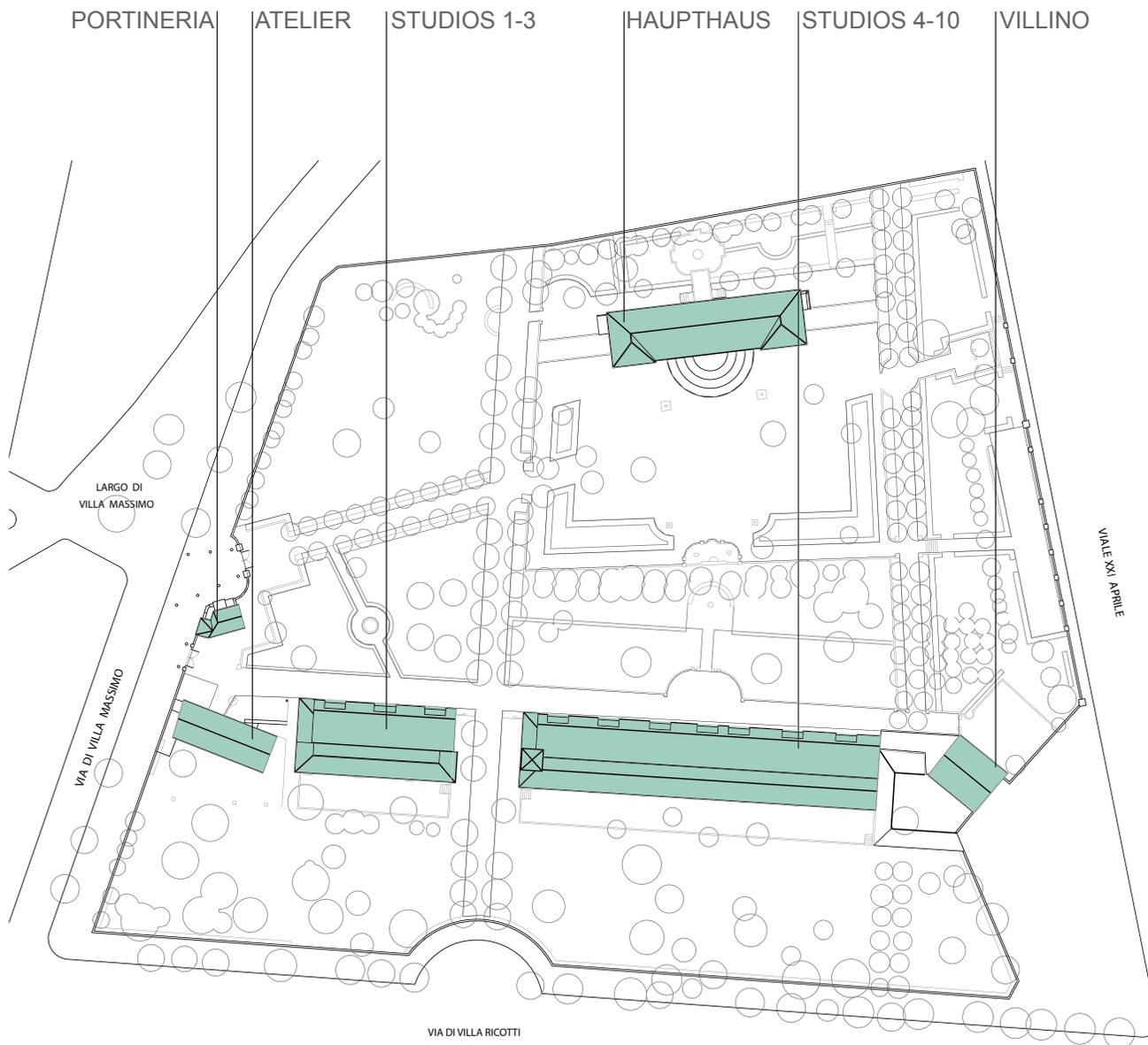


Abb. 2.3.1 Lageplan Portineria - Atelier - Studios - Villino



Abb. 2.3.2 Zähler Technikraum Studio

2.3 - Bestandsaufnahme Energieverbrauch

2.3 - Bestandsaufnahme Energieverbrauch

2.3.1 Vorgehensweise

Eine gesamtenergetische Betrachtung des Komplexes der Villa Massimo soll hauptsächlich dazu dienen, den heutigen Verbrauch einzuordnen. Die gelieferten durchschnittlichen Werte der letzten sieben Jahre können nicht ohne eine nähere Analyse den Gebäuden und Flächen der Akademie zugeordnet werden. Es handelt sich bei den vorliegenden Daten um durchschnittliche Werte, die von den Energieanbietern geliefert werden, und den Verbrauch nur als Jahreswerte beschreiben.

Ein wesentliches Problem bei der Zuordnung des Verbrauches sind die unterschiedlichen Nutzungsprofile und die verschiedenen Auslastungsquoten der Gebäude und der bestehenden Anlagentechnik. Der Gesamtverbrauch setzt sich aus der Anlagentechnik für Heizung und Warmwasserbereitung der Studios, der Portineria und des Villinos sowie der drei Systeme des Haupthauses und die des Ateliers zusammen. Die Grundlage der Berechnung des spezifischen Energiebedarfs basiert auf der Aufnahme der Nettogrundfläche, deren Auslastungsquote, der technischen Anlagen, die für die Klimatisierung eingebaut sind, und der Aussagen der Nutzer über den Betrieb und die Bedienbarkeit der Anlagen. Es ergibt sich ein komplexes Szenario, das durch die stark abweichenden Nutzungsprofile und Nutzerverhalten im Haupthaus keine deutliche Zuordnungsmöglichkeit bietet. Im Gegensatz dazu, kann man im Fall der Studiogebäude durch die eindeutige Gliederung der Funktionen und dessen Auslastungsquote ein verständlicheres Verbrauchsprofil erstellt werden. Eine erste Aufteilung nach anlagentechnischen Systemen dient als Grundlage einer Zonierung nach den Energieträ-

gern Strom und Gas (Abb. 2.3.1). Für eine vertiefende Betrachtung des Verbrauches ist eine qualitative Analyse des Energiebedarfs notwendig. Danach werden alle Gebäude hinsichtlich der verschiedenen Energieverbraucher wie Haushaltsstrom, Anlagentechnik, etc. kategorisiert und in ein Flächen-Bedarfsmodell aufgegliedert. Dabei wird der Energiebedarf in Bezug auf die Auslastungsquote und die Gesamtfläche des Gebäudes betrachtet und in Winter- und Sommerfall unterschieden. Somit können, wenn auch nur überschlägig, die Verbrauchsanteile den verschiedenen Gebäuden zugeordnet werden. Diese Schematisierung bringt das Haupthaus mit ca. 1000 m² klimatisierter Nutzfläche als den Stromhauptverbraucher und die Studios mit ca. 2000 m² Nutzfläche hervor.

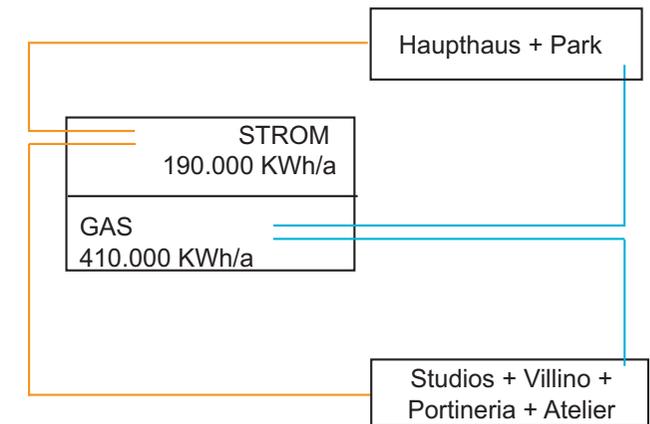


Abb. 2.3.3
Fragestellung der Verteilung der Verbräuche auf die Gebäude

	Wert	Einheit
GEHEIZTE FLÄCHE	3.310,35	m ²
GEKÜHLTE FLÄCHE	903,65	m ²
BEHEIZTE FLÄCHE MIT GAS GESAMT	2.619,70	m ²
BEHEIZTE FLÄCHE MIT STROM GESAMT	690,65	m ²
	410.000,00	kWh/a
GESAMTVERBRAUCH STROM	190.000,00	kWh/a
spez. Verbrauch Gas	156,51	kWh/m ² a

Tab. 2.3.1
Überschlägige Zuordnung des Verbrauches auf Energieträger

2.3 - Bestandsaufnahme Energieverbrauch

2.3.2 Flächenaufteilung - Verbrauch

Der Gasverbrauch der Villa Massimo in den vergangenen Jahren lag bei 410.000 kWh/a. Der Stromverbrauch betrug durchschnittlich 190.000 kWh/a. Im Folgenden wird versucht, die Energieverbräuche zu plausibilisieren und auf die verschiedenen Gebäude aufzuteilen.

Die Villa Massimo hat insgesamt eine Nettogrundfläche von 3.310,35 m². Diese teilt sich auf folgende Bereiche auf:

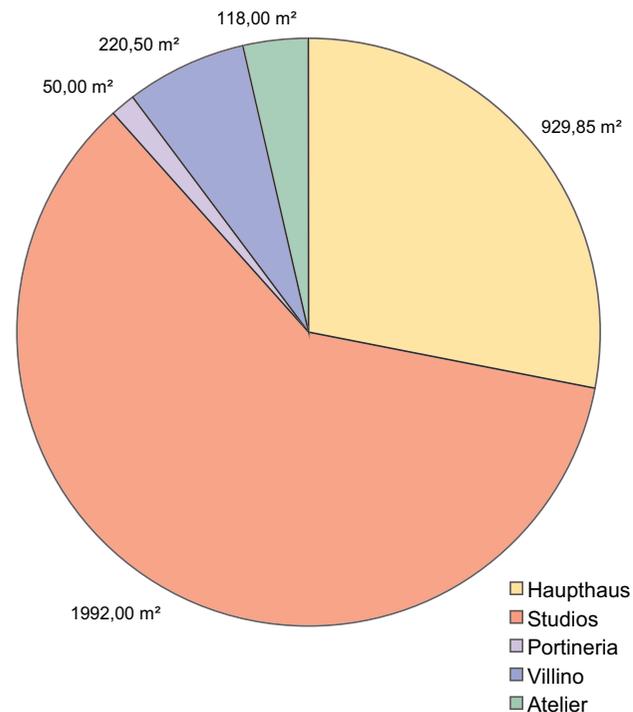


Abb. 2.3.4
Fragestellung der Verteilung der Verbräuche auf die Gebäude

2.3.2.1 Gasverbrauch

Für die Aufteilung des Gasverbrauches ist es entscheidend, welche Bereiche mit Gas beheizt werden. Die Bestandsanalyse hat ergeben, dass folgende Bereiche der Villa Massimo über Gas beheizt werden:

Haupthaus	Radiatoren	239,2 m ²
Studios	Radiatoren	1.992,0 m ²
Portineria	Radiatoren	50,0 m ²
Villino	Radiatoren	220,5 m ²
Atelier	Lüftung	118,0 m ²
		<u>2.619,7 m²</u>

Mit dem Rechenverfahren der DIN V 18599 wurde der Energiebedarf für die Studios berechnet. Für den Ist-Zustand ergaben sich folgende Werte:

Gasbedarf Heizung	333.415,30 kWh/a
Gasbedarf Warmwasser	53.535,65 kWh/a
Gasbedarf Gesamt	<u>386.163,20 kWh/a</u>

Die Nettogrundfläche der Studios liegt bei 1992 m². Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Gasbedarf in Höhe von 193,8 kWh/m²a.

Insgesamt liegt die gesamte mit Gas beheizte Fläche bei 2.619,7 m². Bei einem jährlichen Gasbedarf in Höhe von 410.000 kWh/a errechnet sich daraus ein spezifischer Verbrauch in Höhe von 156,51 kWh/m²a. Dieser Durchschnittswert liegt etwas niedriger als der für die Studios berechnete Bedarf. Dies liegt zum einen daran, dass einzelne Bereiche, z.B. Atelier relativ selten genutzt werden und daher einen geringen spezifischen Bedarf haben. Zum anderen ist in dem Gasbedarf der Studios auch die Warmwasserbereitung enthalten. Da in anderen Bereichen, z.B. Haupthaus,

keine Warmwasserbereitung über Gas erfolgt, ist dort der spezifische Gasverbrauch geringer.

Insgesamt lässt sich aus diesen Berechnungen ableiten, dass die Gasverbräuche plausibel sind und den Verbrauchern ungefähr zugeordnet werden können. Über 90 % des Gasverbrauchs entfällt auf die Studios. Der restliche Verbrauch verteilt sich auf Haupthaus, Villino, Portineria und Atelier.

2.3 - Bestandsaufnahme Energieverbrauch

2.3.2.2 Stromverbrauch

Die Aufteilung des Strombedarfs ist deutlich schwieriger, da hier nicht nur der Energiebedarf für die Beheizung und Kühlung sondern auch die Beleuchtung, die Ventilatoren und die nutzungsspezifischen Einrichtungen mit erfasst werden. Hier spielt das Nutzerverhalten und die nutzungsspezifische Ausstattung eine große Rolle.

Daher soll zunächst versucht werden, den Strombedarf für die Raumheizung und Raumkühlung abzuschätzen. Folgende Bereiche der Villa Massimo werden über Strom beheizt:

Haupthaus	Fancoils	590,45 m ²
Haupthaus	Lüftung	100,20 m ²
		690,65 m ²

Folgende Bereiche der Villa Massimo werden über Strom gekühlt:

Haupthaus	Fancoils	590,45 m ²
Haupthaus	Lüftung	100,20 m ²
Villino	Splitgeräte	95,00 m ²
Atelier	Splitgeräte	118,00 m ²
		903,65 m ²

Der Strombedarf für die Wärme- und Kälteerzeugung des Haupthauses wird mit 65.000 bis 80.000 kWh/a abgeschätzt. Der Strombedarf für die Splitgeräte wird mit 5.000 kWh/a angenommen. Der Strombedarf für den Antrieb des Lüftungsgerätes im Salone liegt – je nach Betriebshäufigkeit - zwischen 3.000 – 9.000 kWh/a. Der Strombedarf für Hilfsenergie (z.B. Umwälzpumpen) wird mit 8.000 kWh/a abgeschätzt. Insgesamt errechnet sich daraus ein Strombedarf in Höhe von 81.000 bis 102.000 kWh/a für die Heizung, Kühlung und Lüftung.

Der nutzungsspezifische Strombedarf für die 10 Studios, die Portineria und das Villino kann zwischen 22. 000 und 35.000 kWh/a angesetzt werden. Grundlage hierfür ist eine angenommene Belegung mit 29 Personen und ein jährlicher Strombedarf von 750 bis 1.200 kWh/Person.

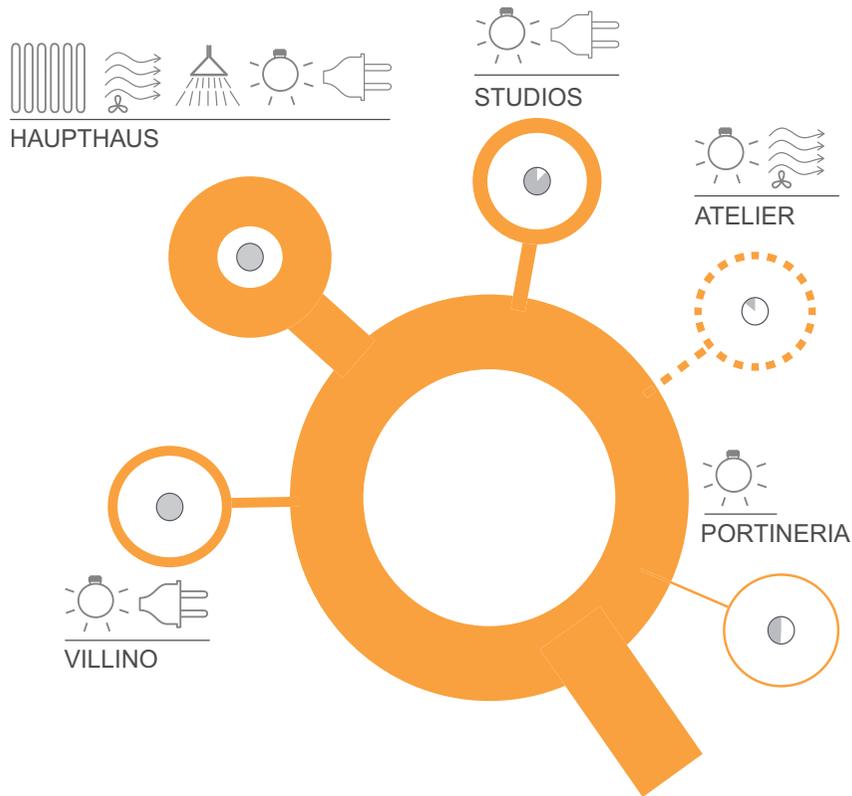
Der Strombedarf für das Haupthaus kann mit einem spezifischen Verbrauch von 50 kWh/m² und einer Nettogrundfläche in Höhe von 930 m² mit 46 500 kWh/a abgeschätzt werden.

Der Strombedarf für das Atelier und für die nächtliche Außenbeleuchtung kann aufgrund der fehlenden Betriebsdaten nicht abgeschätzt werden.

Auf Basis der vorliegenden Abschätzungen errechnet sich ein Bedarf in Höhe von 149.500 bis 183.500 kWh/a. Der gemessene Stromverbrauch lag bei durchschnittlich 190.000 kWh/a. Daher konnte somit der Strombedarf nahezu plausibilisiert und den Verbrauchern zugeordnet werden.

Etwa 75 % des Stromverbrauchs entfällt auf das Haupthaus. Der restliche Verbrauch verteilt sich auf Studios, Villino, Portineria, Atelier und Außenbeleuchtung.

STROMVERBRAUCH WINTERFALL



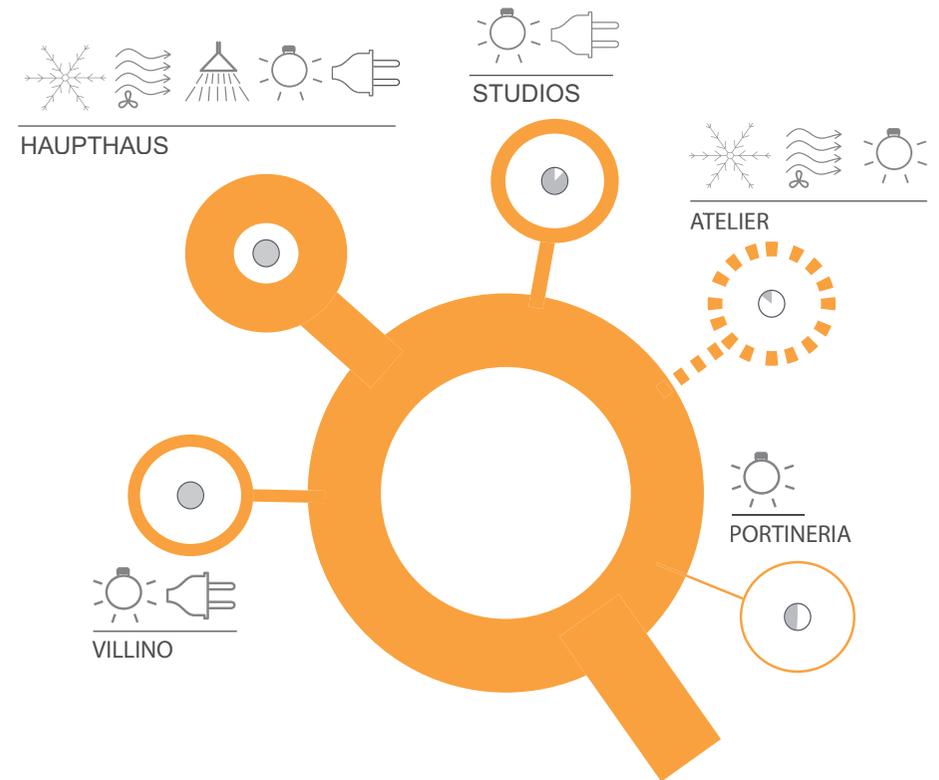
AUSLASTUNGSQUOTE

- 356 Tage/Jahr
- 180 Tage/Jahr
- 20 Tage/Jahr

VERBRAUCHSQUELLEN

- Beleuchtung
- Geräte
- Warmwasser
- Lüftung

STROMVERBRAUCH SOMMERFALL



- Kühlung
- Heizung

Abb. 2.3.4 - 2.3.5
Die Grafiken zeigen eine erste qualitative Zuordnung, auf Grundlage der in der Bestandsaufnahme eruierten Nutzungsprofile, Anlagentechniken und Flächenzuordnungen

GASVERBRAUCH WINTERFALL



HAUPTHAUS



STUDIOS



ATELIER



VILLINO



PORTINERIA

AUSLASTUNGSQUOTE

-  356 Tage/Jahr
-  180 Tage/Jahr
-  20 Tage/Jahr

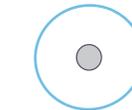
VERBRAUCHSQUELLEN



GASVERBRAUCH SOMMERFALL



STUDIOS



VILLINO

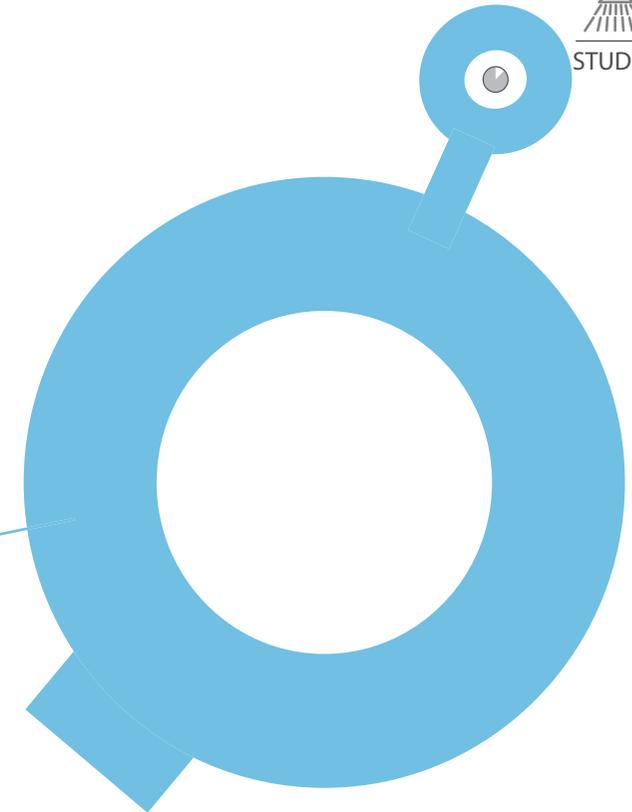
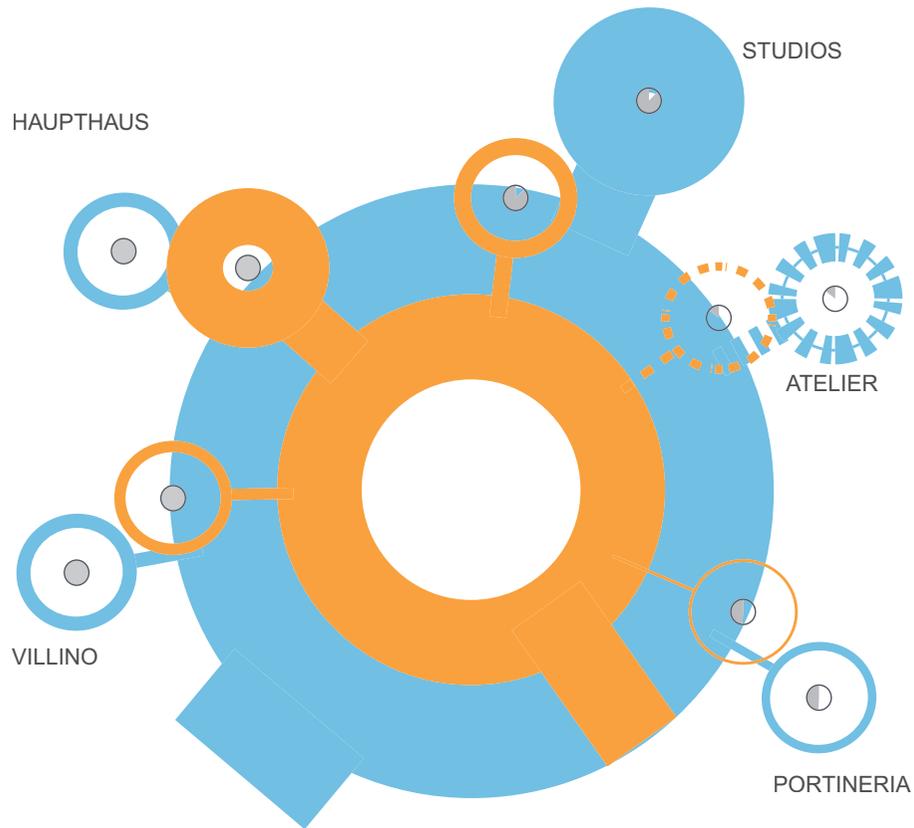


Abb. 2.3.6 - 2.3.7
Die Grafiken zeigen eine erste qualitative Zuordnung, auf Grundlage der in der Bestandsaufnahme eruierten Nutzungsprofile, Anlagentechniken und Flächenzuordnungen

GESAMTVERBRAUCH WINTERFALL



GESAMTVERBRAUCH SOMMERFALL

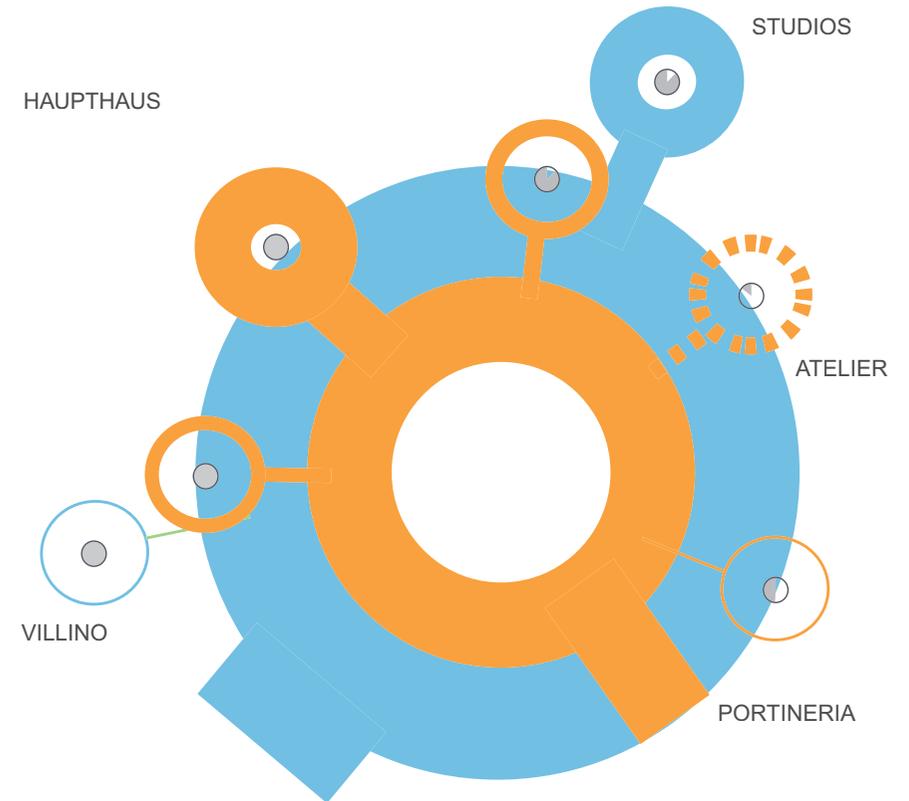


Abb. 2.3.8 - 2.3.9
Die Grafiken zeigen eine erste qualitative Zuordnung, auf Grundlage der in der Bestandsaufnahme eruierten Nutzungsprofile, Anlagentechniken und Flächenzuordnungen

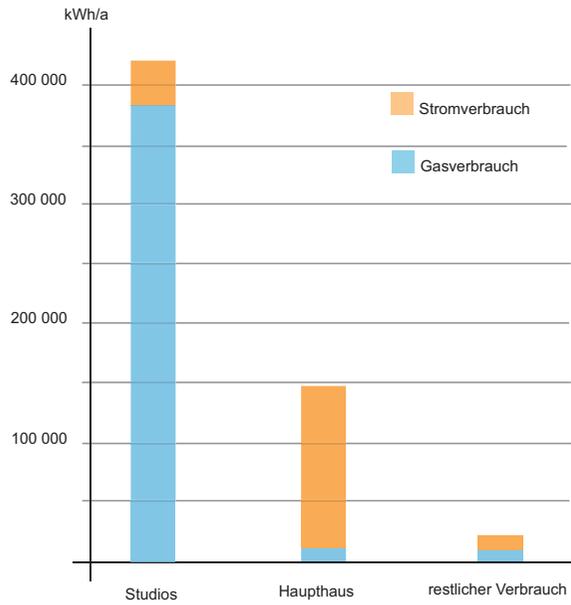


Abb. 2.3.10 Vorliegender Energieverbrauch Strom und Gas Gesamtliegenschaft



Abb. 2.3.12 Ansicht Haupthaus

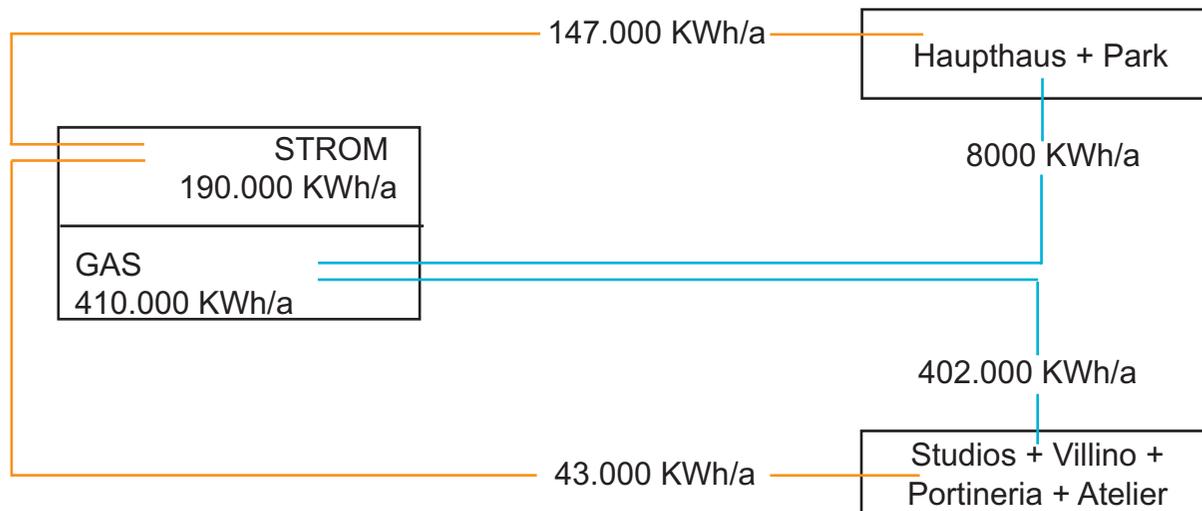


Abb. 2.3.11 Energieverbrauch aufgeteilt nach Gebäuden ermittelt)



Abb. 2.3.13 Ansicht Studios

Energieverbrauch aufgeteilt nach Gebäuden und Verbraucher

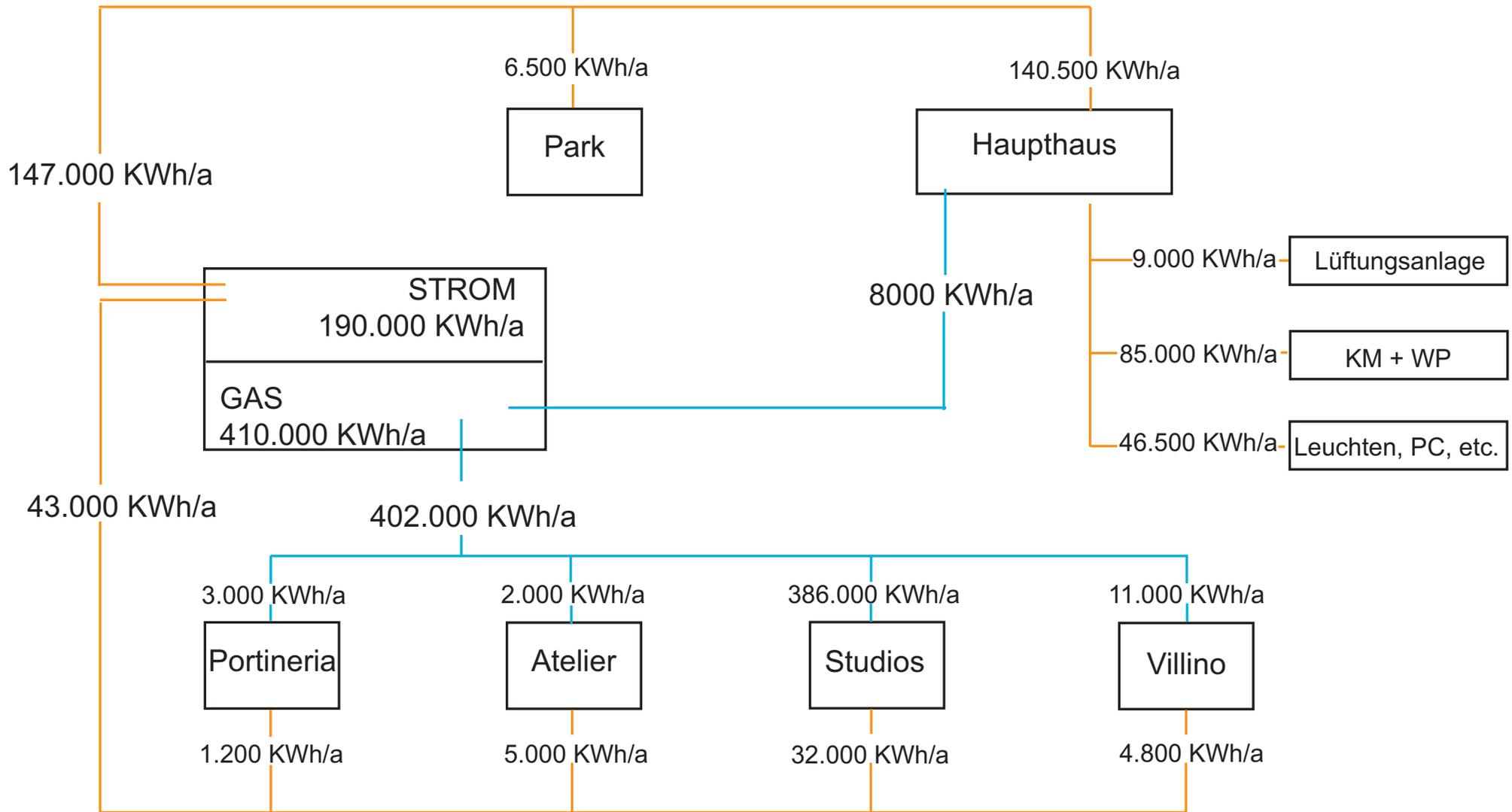


Abb. 2.3.14 Energieverbrauch aufgeteilt nach Gebäuden und Verbraucher



3 - Analyse

Im Kapitel 3 - der Analyse werden nach der Betrachtung des Bestandes sinnfällige Maßnahmen benannt. Diese werden im folgenden Kapitel zusammengefasst beschrieben und in Kapitel 4 weiterführend mittels überschlägigen Betrachtungen, Berechnungen und Simulationen quantifiziert und verifiziert.

3.1 - Analyse Haupthaus

Die Bestandsaufnahme des Haupthauses hat die Problematik der Konditionierung des Salones hervorgehoben. In diesem Raum wurde eine Überhitzung durch solare Einstrahlung im Sommer festgestellt, die sowohl den Energieverbrauch zur Kühlung, als auch die Behaglichkeit beeinflusst. Um dieses Problem anzugehen, werden folgende Maßnahmen im Zuge der weiteren Untersuchung vorgenommen:

Außenliegender Sonnenschutz:

Ein außenliegender beweglicher Sonnenschutz im Bereich der Fassade des Salone. Er soll die exzessiven Strahlungseinträge mindern und damit die Kühllast reduzieren, trotzdem muss der visuelle Kontakt zum Park gabelstehen bleiben. Die Verbrauchseinsparung dieser Maßnahme soll durch eine thermische Simulation berechnet. Anschließend muss die Bauaufnahme die Möglichkeiten einer im Sinne des Denkmalschutzes möglichen Umsetzung eines solchen Sonnenschutzes zeigen, welche Möglichkeiten einer Umsetzung aussehen können.

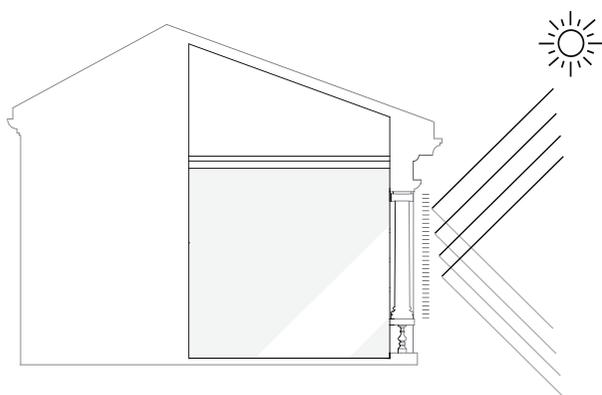


Abb. 3.1.1 Maßnahme Optimierung Sonnenschutz Haupthaus/Salonne

Wärmeschutzverglasung:

Für die Einschränkung der solaren Lasten in den warmen Sommermonaten wird eine Wärmeschutzverglasung vorgeschlagen. Diese Maßnahme könnte im Winter den vorteilhaften solaren Eintrag senken und dadurch als Ursache eines zusätzlichen Stromverbrauches gelten.

Untersuchungen zur Raumkonditionierung Salone:

Die ineffektive Klimatisierung des Salones und der hohe Stromverbrauch des Haupthauses waren ausschlaggebende Faktoren, um Maßnahmenvorschläge für die Anlagentechnik zu formulieren. Die große, nach den ersten Betrachtungen überdimensionierte Lüftungsanlage, gilt als primärer Stromverbraucher auch aufgrund mangelnder Regelbarkeit und schwieriger Bedienbarkeit durch den Nutzer. Die Anlage läuft immer auf Niedrigsttemperatur zur Kühlung, mit einem großem Anteil an Frischluftvolumen. Untersucht werden soll, ob das Deaktivieren bzw. Minimieren der Zufuhr von Frischluft - eine hoher Luftwechsel ist aus hygienischer Sicht nicht erforderlich, da es sich um ein großes Volumen und wenige Verbraucher handelt - sich auf den Energiebedarf zur Kühlung (Sommerfall) und zur Heizung (Winterfall) der Luft auswirkt. Der Frischluftbedarf kann durch natürliche Lüftung über die Fenster, oder durch Luftaustausch mit den angrenzenden großen Räumen gewährleistet werden. Eine nutzerorientierte Bedienbarkeit und die feinere Regulierbarkeit der Temperatur und des Luftvolumenstroms soll ein weiteres Einsparpotential versprechen.

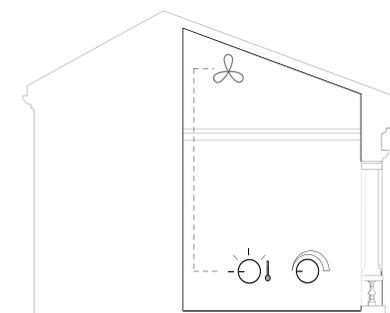


Abb. 3.1.2 Maßnahme Optimierung Lüftungssteuerung Haupthaus/Salonne

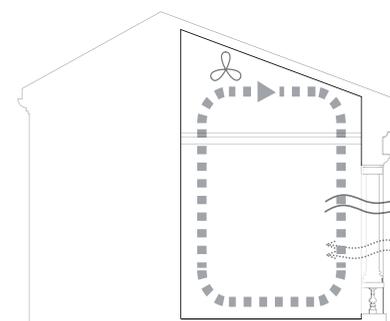


Abb. 3.1.3 Maßnahme Optimierung Lüftungsanlage Haupthaus/Salonne

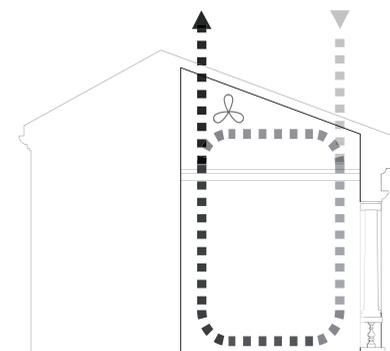


Abb. 3.1.4 Maßnahme Optimierung Zuluftsteuerung Haupthaus/Salonne

3.2 - Analyse Studios

Anlagentechnik

Darüber hinaus gilt es das Kühlaggregat in einem weiteren Schritt auf die Möglichkeit der Umstellung einer effizienter Rückkühlung zu untersuchen. Angestrebt wird eine Umstellung von derzeit einer Luft-Wasser Wärmepumpe auf Wasser-Wasser Kombination. Die Kälte- bzw. Wärmeerzeugung könnte über Grundwasser erfolgen. Diese Maßnahme verspricht eine Senkung des Gesamtverbrauches, da sowohl die Lüftungsanlage, als auch alle dezentrale Umluftgeräte (Fancoils) des Haupthauses mit diesem Aggregat versorgt werden. Bei einer Installation einer PV-Anlage und einem auch durch das Nutzerverhalten sinkenden Stromverbrauchs, sollte das Ziel sein, durch den effizienten Betrieb einer solchen Wärmepumpe in der Jahresbilanz im Stromverbrauch eine Null-Energiejahresbilanzierung anzustreben.

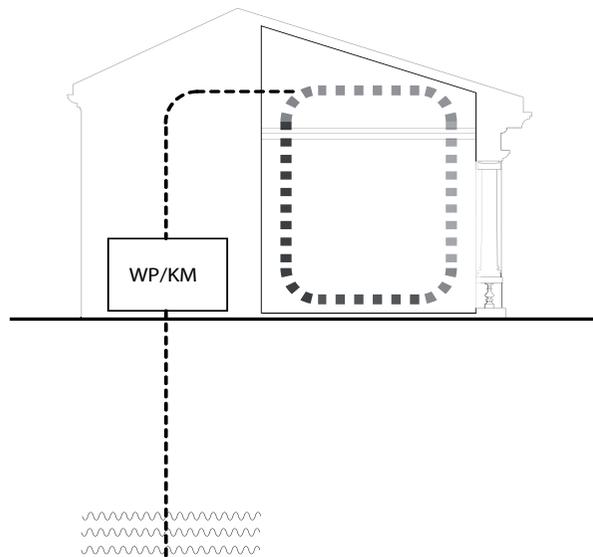


Abb. 3.1.5 Optimierung Rückkühlung Haupthaus

Die Bestandsaufnahme der Studios weist deutliche Störungen der Behaglichkeit in den warmen Sommermonaten auf. Dies ist an erster Stelle auf die mangelnde Belüftung der Atelierräume und im Fall des Studio 7, auf eine Überhitzung des Technikraums, aufgrund des ganzjährigen Betriebes, zurückzuführen. Darüberhinaus haben sich die Studios als enorme Gasverbraucher für die Deckung des Heizwärmebedarfs und der Warmwasserbereitung erwiesen. Die Dämmung der Dachflächen, sowohl der obersten Geschossdecke als auch der Zwischensparren, die die höchsten Transmissionswärmeverluste verursachen, könnte eine erhebliche Einsparung an Heizenergie gewährleisten.

Um den fehlenden Luftaustausch in den heißen Sommermonaten, vor allem als Möglichkeit der Nachtkühlung herzustellen, könnten die oberen Fensterflächen der nordorientierten Atelierfenster durch Elemente ausgetauscht werden, die geöffnet werden können. Der Wirkungsgrad dieser Maßnahme kann durch eine thermische Simulation evaluiert werden. Die großen Fensterflächen der Atelierräume garantieren eine gleichmäßige natürliche Beleuchtung aufgrund ihrer Orientierung nach Norden. Allerdings könnte die große Glasfront wichtige Transmissionswärmeverluste verursachen und beachtliche Solareinträge in den späten Nachmittagstunden bringen. Ein außenliegender Sonnenschutz wird als Maßnahme zur Reduzierung dieses Phänomens vorgeschlagen. Eine Sonnenschutzverglasung könnte im Sommer auch dienlich sein, könnte jedoch im Winter den vorteilhaften solaren Eintrag senken und somit die Ursache eines erhöhten Heizwärmebedarfs darstellen.

Die bestehende Anlagentechnik zum Heizen und der Warmwasserversorgung, die während der General-

sanierung im Jahr 2003 eingebaut worden ist, sollte beibehalten werden um tiefgreifende Eingriffe auf das Gebäude zu vermeiden. Deswegen wird die Unterstützung durch erneuerbare Energien bevorzugt.

Im Zuge einer Nutzung der enormen solaren Strahlung am Standort Rom, ist die Möglichkeit der Installation von Solarzellen und -kollektoren zu kontrollieren. Die Installation einer Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung und einer Solarthermischen Kollektoranfläche zur Warmwasserbereitung dienen nicht nur den Verbrauch fossiler Ressourcen zu reduzieren, sondern auch die nach Süden geneigten Flächen zu verschatten, um ein Aufheizen der darunterliegenden Räume zu minimieren.

3.3 - Analyse Nutzung regenerativer Energien

Die Unterstützung der bestehenden Anlagentechnik durch erneuerbaren Energien ist ein wesentlicher Aspekt, um ganzheitliche Konzepte für die Energieeinsparung in denkmalgeschützten Kontexten zu formulieren. Im Fall der Villa Massimo bietet die Solarstrahlung großes Potential, da die Eingriffe auf die Bausubstanz und auf die installierte, relativ neue Anlagentechnik, weitestgehend vermieden werden sollen. Darüber hinaus kann auch das naheliegende Grundwasser zur Umnutzung der außenliegenden Kältemaschine benutzt werden. Photovoltaik für Strom und Solarkollektoren für Warmwasserbereitung können den Bedarf an fossiler Energie deutlich reduzieren, wenn sie auf den bestehenden, geeigneten, nach Süden ausgerichteten Dachflächen angebracht werden. Um auf denkmalgeschützten Bauwesen eine Anlage zu installieren, wäre eine Zustimmung der Sovrintendenza ai Beni culturali (Ministerium für kulturelle Güter) notwendig. Die Gesamtfläche nach Süden, stark verschattete und unregelmäßige Flächen ausgenommen, beträgt ca. 1.100m². 660 davon haben eine Neigung von 20°, die restlichen 440 eine Neigung von 30°. Eine darauf installierte PV-Anlage mit einem Wirkungsgrad von 13% würde ca. 140.000 kWh/a leisten und somit einen Großteil des Strombedarfs der Villa Massimo (190.000 kWh/a) decken. Eine thermische Solaranlage mit einer Fläche von 50 m² würde zusätzliche 21.000 kWh/a für Warmwasserbereitung leisten.

Diese Werte können, in Verbindung mit einer Reduzierung des Heiz- und Kühlbedarfs durch eine Verbesserung der Gebäudehülle und einer Optimierung der Anlagentechnik, dem Streben nach einem Nullenergiekomplex enorm helfen.

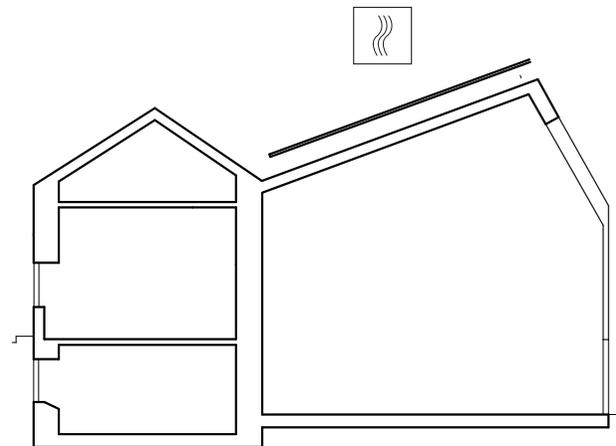


Abb. 3.3.1 Potentielle Flächen für Solarthermie Belegung

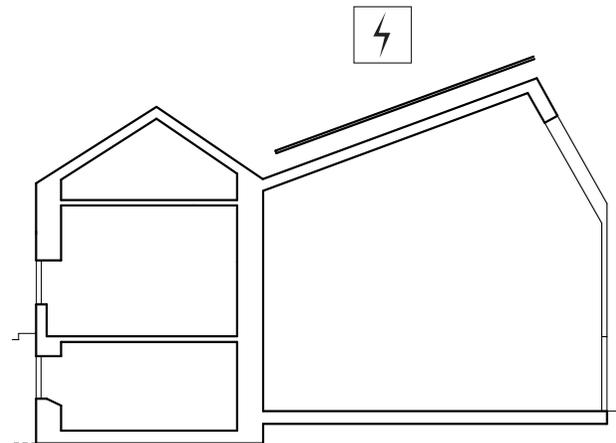


Abb. 3.3.2 Potentielle Flächen für PV Belegung



Abb. 3.3.3 Dach über Studios

4 - Modellierung

Im Kapitel 3 - der Analyse wurden nach der Betrachtung des Bestandes sinnfällige Maßnahmen benannt. Diese werden im folgenden Kapitel mittels Simulationen und Berechnungen verifiziert. Zum einen zur Bestimmung der einzelnen Verbräuche, da für den ganzen Gebäudekomplex nur eine Zähleranlage für je Gas und Strom vorhanden ist, zum anderen um Maßnahmen zur Verbesserung der Behaglichkeit und zur Reduzierung des Energieverbrauchs zu bestimmen.

4.1 Thermische Simulation Salone

4.1.1 Randbedingungen Simulation

4.1.1.1 Standort

4.1.1.2 Zonierung Bauwerk

4.1.1.3 Interne Lasten Salone

4.1.1.4 Konditionierung Salone

4.1.2 Ergebnisse Simulation Salone

4.2 Berechnung Energiebedarf Studios

4.3 Thermische Simulation Studios

4.3.1 Randbedingungen Simulation

4.3.1.1 Standort

4.3.1.2 Zonierung Bauwerk

4.3.1.3 Interne Lasten Salone

4.3.1.4 Konditionierung Studios

4.1.2 Ergebnisse Simulation Salone

4.1. Thermische Simulation Salone Ausgangspunkt und Ziel



Abb. 4.1.1 Eingang Haupthaus Südseite



Abb. 4.1.2 Salone Innenansicht

Ausgangssituation / Zusammenfassung:

Dieser Repräsentationsraum, der auch als Besprechungsraum dient, ist nach Süden mit einer großflächigen Verglasung versehen. Die Konditionierung erfolgt ausschließlich über eine Lüftungsanlage. Sowohl im Sommer als auch im Winter kann hiermit im momentanen Betrieb kein behagliches Raumklima erzielt werden, zudem ist der Energiebedarf im sehr hoch.

Ziel der Simulation:

Ziel der Simulation ist es daher, energetisch günstigere Betriebsweisen zu entwickeln, die behagliche Verhältnisse ermöglichen. Hierbei wird zunächst die Bestandssituation abgebildet und anschließend mit verschiedenen Sanierungsoptionen verglichen

4.1.1 Randbedingungen Simulation Salone

4.1.1.1 Standort der Simulation Salone

Wetterdaten

Als Wetterrandbedingungen werden die Meteoronorm-Daten V5 der Station Rom-Ciampino verwendet. Meteoronorm ist eine globale Klimadatenbank kombiniert mit einem Wettergenerator. Sie wurde speziell für den Einsatz mit Simulationsprogrammen für Solaranlagen und Gebäude hergestellt. Allerdings werden die Meteoronorm-Daten aus Monatsmittelwerten generiert und sind daher nicht für Extremwertbetrachtungen geeignet. Der Betrachtungszeitraum ist ein Jahr vom 1. Januar bis 31. Dezember.

Die Wetterdaten in dem Betrachtungszeitraum:

Außenlufttemperatur:

Maximal	34,3 °C
Minimal	-2,4 °C
Mittelwert	15,2 °C

Globalstrahlung:

Maximal	994,6 W/m ²
Summe	1562,5 kWh/m ² a

Plangrundlage

Als Plangrundlage werden die durch die Villa Massimo und das ausführende Büro der großen Sanierung 2003 zur Verfügung gestellten Grundrisse und Schnitte verwendet.

Orientierung

Die Südfassade weicht in ihrer Ausrichtung um 7° in Richtung Westen ab.

4.1.1.2 Beschreibung Bauwerk

Einteilung der Zone

Es wird der Salone als Einzonenmodell untersucht. In den folgenden Abbildungen ist die Zone mit einer blauen Schraffur dargestellt.

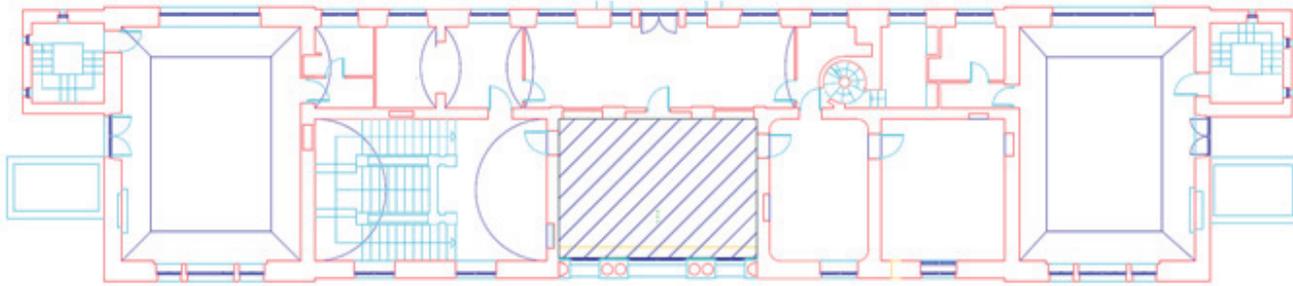


Abb. 4.1.3
Zoneneinteilung Grundriss 1.Obergeschoss (ohne Maßstab)



Abb. 4.1.4
Zoneneinteilung Längsschnitt (ohne Maßstab)



Abb. 4.1.5
Zoneneinteilung Querschnitt (ohne Maßstab)

4.1.1.2 Beschreibung Bauwerk

Flächen

Tab. 4.1.1 Flächenermittlung Salone

Fläche	Randbedingung (Neigung/Ausrichtung)	Fläche [m ²]
Boden	adiabat, d.h. kein Wärmefluss	46,20
Innenwände	adiabat	101,56
Außenwand massiv	außen Süd (90/7)	5,69
Fassade	außen Süd (90/7)	35,96
davon Paneele	außen Süd (90/7)	16,44
davon Fenster	außen Süd (90/7)	19,52
davon Verglasung	außen Süd (90/7)	12,69
Decke	unbeheizt	46,20

Angrenzende Temperaturen

Da über die Temperaturen in den angrenzenden Räumen keine genauen Informationen vorliegen, werden keine Wärmeströme durch die entsprechenden Bauteile berücksichtigt. Um die Speichermasse der Bauteile berücksichtigen zu können, werden diese dennoch erfasst. Auch ein Luftaustausch mit diesen Räumen wird nicht berücksichtigt.

Auch für den unbeheizten Dachraum sind keine Temperaturen bekannt. Daher wird die Außentemperatur angesetzt, da das Dach über dem Dachraum ungedämmt ist. Es wird berücksichtigt, dass auf die Decke keine Solarstrahlung auftrifft.



Abb. 4.1.6 Salone Innenansicht

4.1.1.2 Beschreibung Bauwerk

Opake Bauteile

Boden - 1,47 W/m²K

Schicht	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Schichtdicke [mm]
Parkett	0,2	20
Estrich	1,4	50
Beton	2,0	550 (im Mittel)

Tab. 4.1.2 bautechnische Eigenschaften Boden Haupthaus Salone

Außenwand massiv - 0,75 W/m²K

Schicht	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Schichtdicke [mm]
Putz	0,87	30
Vollziegel	0,7	640

Tab. 4.1.3 bautechnische Eigenschaften Außenwand Haupthaus Salone

Paneele - 1,19 W/m²K

Schicht	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Schichtdicke [mm]
Holz	0,13	10
Wärmedämmung	0,04	20
Holz	0,13	10

Tab. 4.1.4 bautechnische Eigenschaften Paneele Haupthaus Salone

4.1.1.2 Beschreibung Bauwerk

Innenwand - $U = 0,91 \text{ W/m}^2\text{K}$

Schicht	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Schichtdicke [mm]
Putz	0,87	30
Vollziegel	0,7	440
Putz	0,87	30

Tab. 4.1.5 bautechnische Eigenschaften Innenwand Haupthaus Salone

Decke - $U = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

Schicht	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Schichtdicke [mm]
Wärmedämmung	0,04	60
Holzwerkstoffplatte	0,13	30

Tab. 4.1.6 bautechnische Eigenschaften Decke Haupthaus Salone

Fenster

Die nach Süden ausgerichtete Fassade enthält größtenteils Paneele sowie Fenster mit öffnbaren Holzrahmenflügeln oder Festverglasung. Die Verglasung ist eine Zweischeibenverglasung mit $U_g = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $g = 0,5$, der Rahmenanteil beträgt 35 % mit $U_f = 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, es wird ein Aluminiumrandverbund angenommen (ergibt $U_w = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Sonnenschutz

Die Fenster haben keinen konstruktiven Sonnenschutz, es wird aber die Verschattung durch den massiven Sturz berücksichtigt (Auskragung 0,7m).

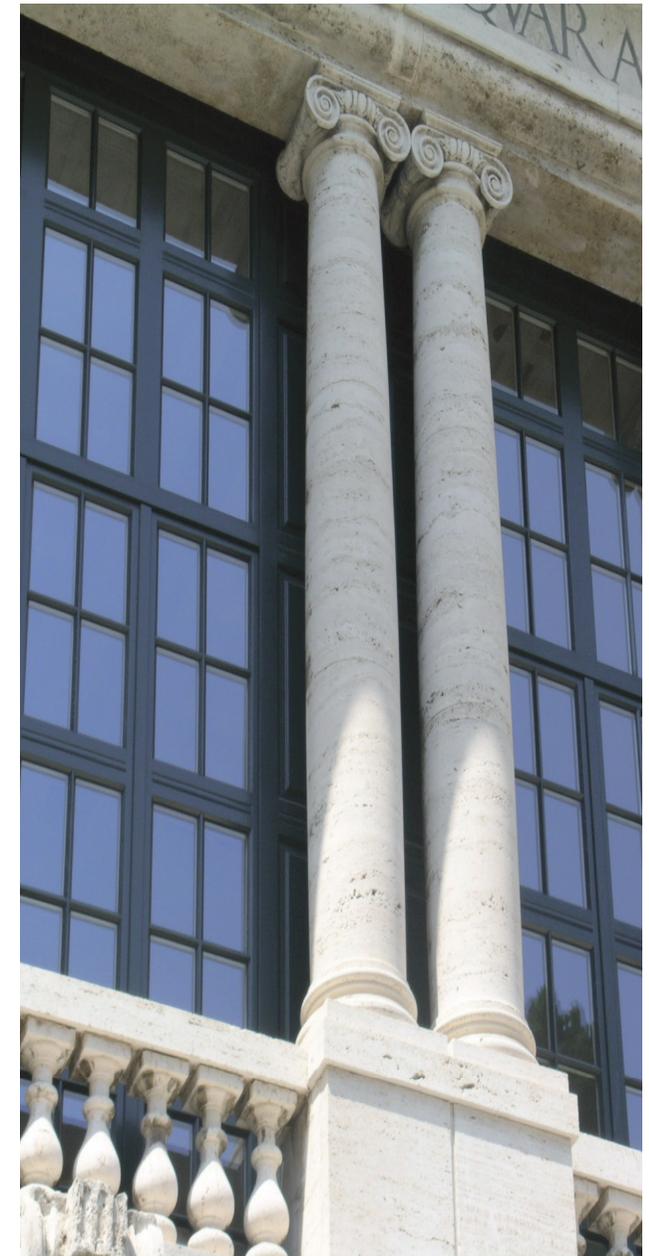


Abb. 4.1.7 Außenansicht Fensterelement Salone/Haupthaus

4.1.1.3 Beschreibung Interne Lasten

Personenbelegung

Es wird angenommen, dass sich durchschnittlich von 9 bis 17 Uhr eine Person mit der Aktivität „Sitzende Tätigkeit“ nach DIN EN ISO 7730 in dem Salone aufhält. Dies entspricht einer sensiblen Wärmeabgabe von 75 Watt. Da Veranstaltungen mit vielen Menschen und einer hohen Personenbelegungsdichte nur sehr selten und unregelmäßig stattfinden, werden diese nicht betrachtet.

Beleuchtung

Es sind in dem Salone 29 Leuchten mit einer Gesamtleistung von 2175 Watt installiert. Es wird angenommen, dass diese während der oben genannten Nutzungszeiten manuell eingeschaltet werden, wenn die Beleuchtungsstärke durch natürliches Tageslicht unter 150 lux fällt. Hierfür wurde ein mittlerer Tageslichtquotient von 3% angenommen.

4.1.1.4 Beschreibung Konditionierung

Lüftung

Die Lüftung erfolgt über eine Lüftungsanlage, die den Salone und das angrenzende Treppenhaus versorgt. Hierbei wird in einem Lüftungsgerät für beide Bereiche die Zuluft bereitgestellt (Salone: 2400 m³/h, Treppenhaus: 1200 m³/h). Die Abluft aus dem Salone wird vollständig als Umluft zurückgeführt, aus dem Treppenhaus wird die Abluft über einen Abluftventilator direkt nach außen abgeführt. Hierdurch werden stündlich 1200 m³/h Frischluft eingebracht, die sich

allerdings auf Salone und Treppenhaus verteilen. Neben der Umluftregelung gibt es keine Wärmerückgewinnung.

Die Lüftungsanlage wird manuell auf Sommer-/Winterbetrieb eingestellt. In der Übergangszeit ist sie deaktiviert, und es erfolgt eine Fensterlüftung, die einen 8-fachen Luftwechsel ermöglicht, wenn die Innentemperatur über 26°C steigt und die Außenlufttemperatur unter der Innenlufttemperatur liegt.

Es wird eine Infiltration infolge Undichtigkeiten der Gebäudehülle von pauschal 0,2 h⁻¹ angesetzt.

Thermische Konditionierung

Die thermische Konditionierung erfolgt ausschließlich über die Lüftungsanlage. Weitere statische Systeme sind nicht vorhanden.

Die Zuluft wird im Winterbetrieb so konditioniert, dass die Raumlufttemperatur während der Nutzungszeiten (und damit während der Betriebszeiten der Lüftungsanlage) mindestens 20°C beträgt. Es erfolgt zudem eine Befeuchtung auf mindestens 40% relativer Luftfeuchte.

Im Sommerbetrieb erfolgt eine Entfeuchtung, die die Raumluftfeuchte auf maximal 60% relativer Feuchte begrenzen soll. Allerdings gibt es kein Nachheizregister, wodurch die Zuluft zum Teil mit nur 12°C eingebracht wird. Wird die Raumluft nicht entfeuchtet, kühlt die Lüftungsanlage mit einer Zulufttemperatur von 18°C, bis 26°C Raumlufttemperatur unterschritten sind.



Abb. 4.1.8 Innenansicht Salone Haupthaus

4.1.2 Ergebnisse der Simulation Haupthaus Salone

Varianten

Wichtigste Stellschraube für die Einsparung von Heiz- und Kühlenergie ist die Lüftungsanlage, da diese mit einem sehr hohen Außenluftanteil arbeitet. Dieser ist für eine andere Nutzung vorgesehen worden, als sie schließlich realisiert wurde. Da die Frischluftversorgung auch durch Fensterlüftung erfolgen kann, entfallen in Variante 2 der Außenluftanteil der Lüftungsanlage sowie die mechanische Belüftung des Treppenhauses. Die Lüftungsanlage arbeitet somit in einem reinen Umluftbetrieb, vergleichbar mit der Betriebsweise der Fancoil-Anlagen in den angrenzenden Büroräumen.

Werden Raumlufftfeuchten von minimal 25% relativer Feuchte akzeptiert, kann bei Umluftbetrieb auf das Befeuchtungsregister verzichtet werden. Hierdurch wird der Energieaufwand für die Befeuchtung reduziert, vor allem aber kann stattdessen im Lüftungsggerät ein Nachheizregister installiert werden, das einen korrekten Entfeuchtungsprozess im Sommer ermöglicht (Zulufttemperatur min. 18°C). In Variante 3 wird diese Maßnahme untersucht.

Zusätzlich wird diese Maßnahme mit zwei baulichen Änderungen kombiniert, um zu überprüfen, welche darüber hinausgehende Einsparung von Kühlenergie

möglich ist. In Variante 4 wird daher der Austausch der Wärmeschutzverglasung durch eine Sonnenschutzverglasung untersucht, in Variante 5 ein automatisch betriebener variabler außenliegender Sonnenschutz.

Variante 1: Ausgangssituation entsprechend der Beschreibung

Variante 2: Lüftungsanlage im Umluftbetrieb, keine Versorgung des Treppenhauses

Variante 3: Variante 2 ohne Befeuchtungs-, aber mit Nachheizregister

Variante 4: Variante 3 mit Sonnenschutzverglasung ($U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,28$)

Variante 5: Variante 3 mit außenliegendem Sonnenschutz mit $F_c = 0,4$. Aktivierung bei Gesamtstrahlung auf die Fassadenfläche über 250 W/m^2 , Deaktivierung unter 200 W/m^2 . Verringerung des Tageslichtquotienten von 3% auf 1,2% bei aktivem Sonnenschutz.

Auswertungsparameter

Bei dieser thermischen Simulation werden Temperaturen, relative Luftfeuchten sowie Heizenergiebedarfswerte ausgewertet. Als Energiebedarfswert wird die Nutzenergie ermittelt. Diese beinhaltet keine Verluste oder Hilfsenergien.

Um die Regelungsproblematik der Lüftungsanlage darzustellen werden für die Varianten 1-3 die Lufttemperaturen sowie die relative Luftfeuchte für den Sommer- und Winterfall separat ausgegeben.

Zur Bewertung des thermischen Komforts wird die operative Temperatur aller Varianten für den Sommer ausgewertet. Diese setzt sich je zur Hälfte aus der Lufttemperatur und der Strahlungstemperatur der umgebenden Flächen zusammen. Hiermit wird eine Temperatur angegeben, die der gefühlten Temperatur näher kommt als lediglich die Lufttemperatur. Eine Berücksichtigung von Zugserscheinungen oder anderen Parametern der Behaglichkeit (Luftfeuchte, direkt auf den Körper auftreffende Solarstrahlung usw.) ist aber mit einer thermischen Simulation nicht möglich.

4.1.2 Ergebnisse der Simulation Haupthaus Salone

Untersuchung Nutzenergiebedarf

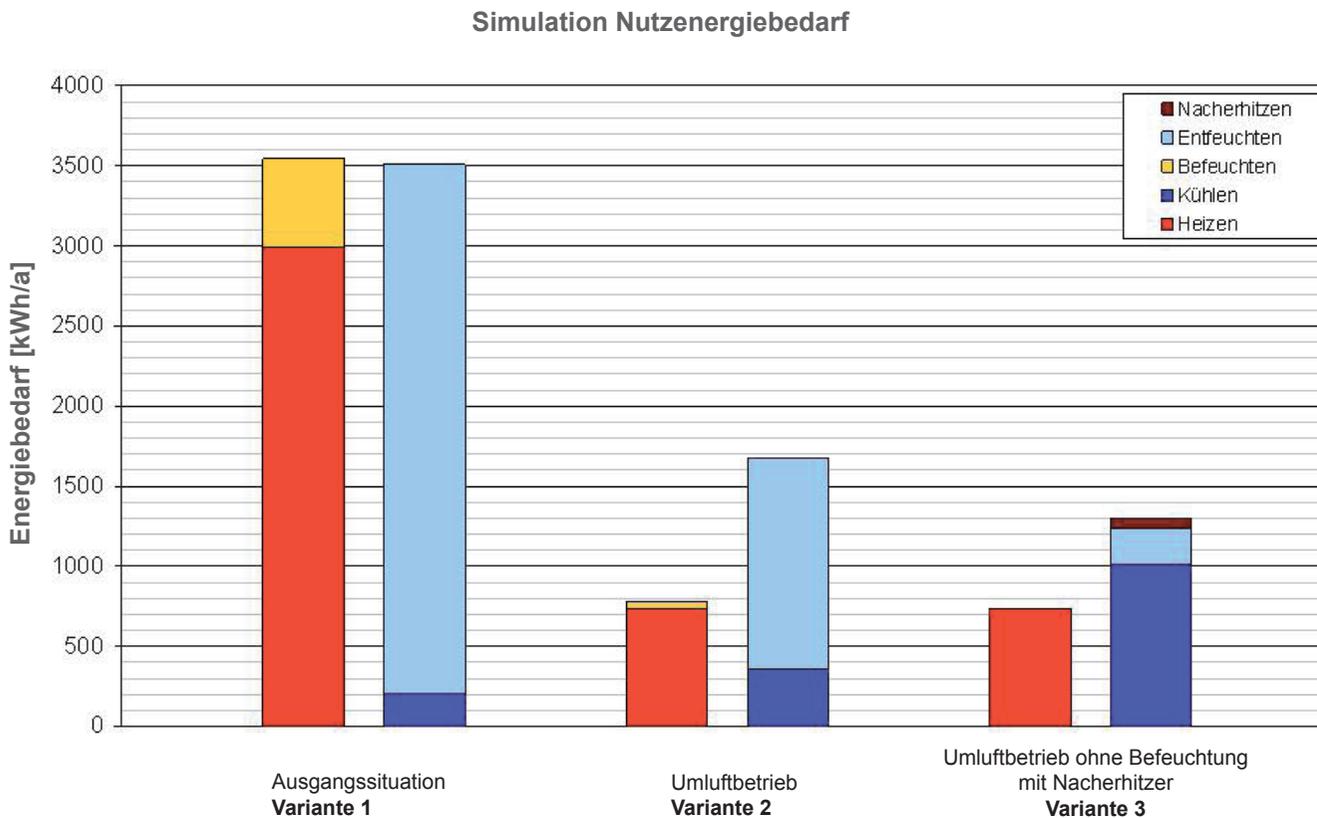


Abb. 4.1.9 Nutzenergiebedarf Variante 1-3

Die Berechnungen zeigen, dass der Umluftbetrieb sowohl eine massive Energieeinsparung bedeutet, als auch die Luftbefeuchtung entbehrlich macht. Da aus hygienischen Gründen ein derart hoher Frischluftanteil, wie er bei der Ausgangssituation besteht, nicht benötigt wird, sollte diese Maßnahme aus energetischer Sicht unbedingt umgesetzt werden.

Der Austausch des Befeuchtungsregisters durch ein Nachheizregister ist auch von Vorteil, da hierdurch im Sommer eine höhere Behaglichkeit und eine bessere Regelbarkeit der Lüftungsanlage gegeben ist. Hierdurch spart auch diese Maßnahme Energie ein.

4.1.2 Ergebnisse der Simulation Haupthaus Salone

Untersuchung Nutzenergiebedarf

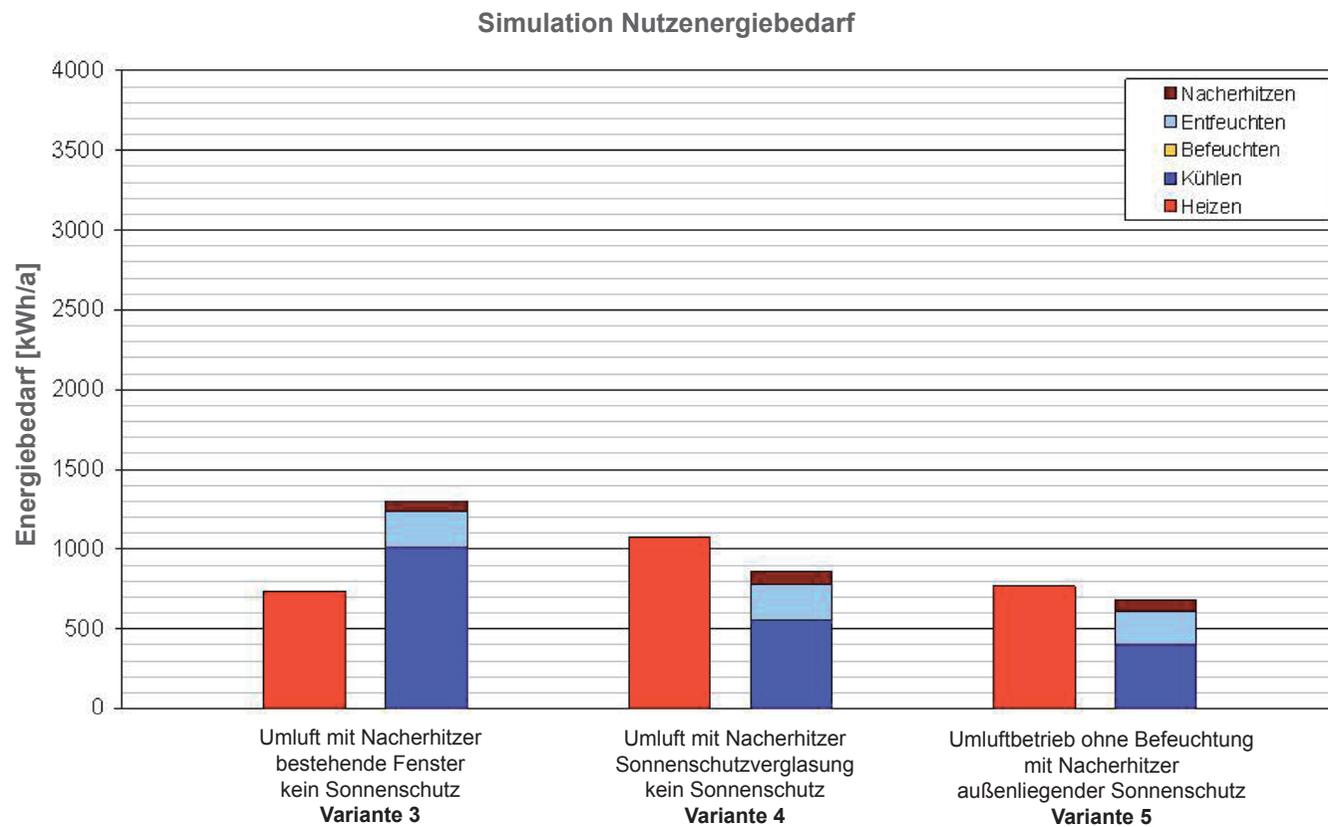


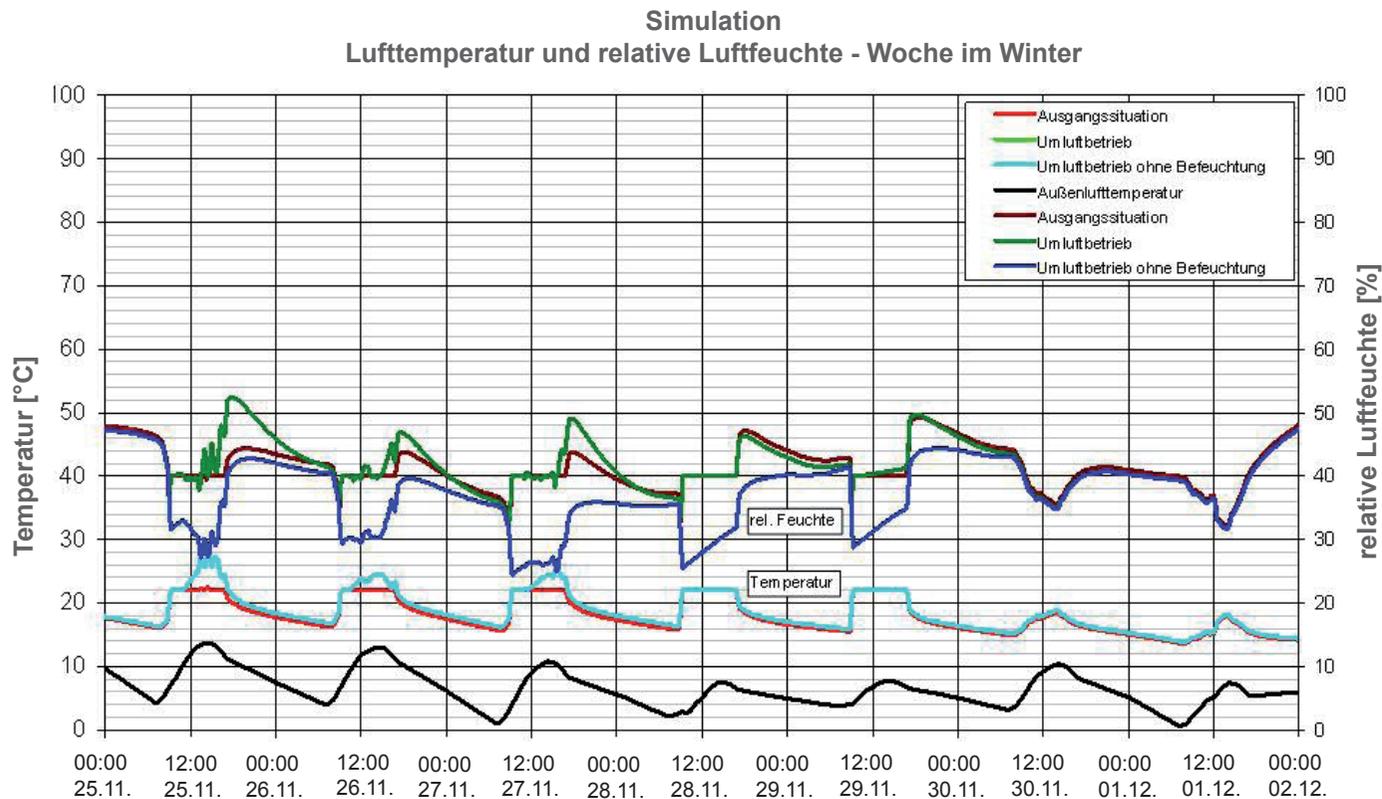
Abb. 4.1.10 Nutzenergiebedarf Variante 3-5

Eine Sonnenschutzverglasung ist nicht empfehlenswert, da die Einsparung an Kühlenergie durch den erhöhten Heizenergiebedarf kompensiert wird. Diese Erhöhung ist durch die geringeren solaren Einträge im Winter bedingt.

Ein variabler Sonnenschutz ermöglicht dagegen eine höhere Einsparung von Kühlenergie bei nur minimal erhöhtem Heizenergiebedarf. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Regelung des Sonnenschutzes dahingehend optimiert wird, dass bei Kühlbetrieb und aktivem Sonnenschutz der solare Eintrag minimiert wird, gleichzeitig die Tageslichtversorgung so gut bleibt, dass auf das Kunstlicht verzichtet werden kann.

4.1.2 Ergebnisse der Simulation Haupthaus Salone

Verläufe Lufttemperaturen und relative Luftfeuchtigkeit



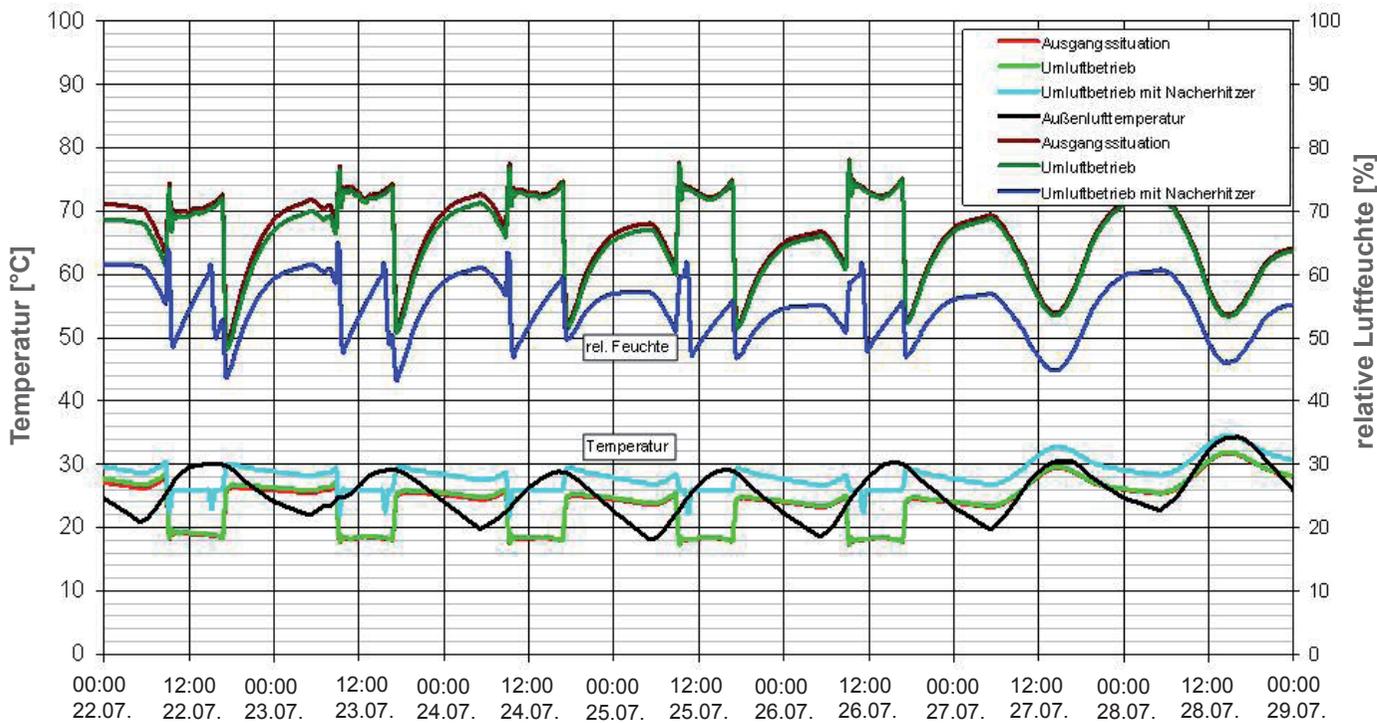
Auch mit dem Befeuchtungsregister fällt im Winter zeitweise die Luftfeuchtigkeit unter 40%, da es nur während der Betriebszeiten der Lüftungsanlage aktiv ist. Im Umluftbetrieb steigt die relative Feuchte, da weniger trockene Außenluft in den Raum gelangt. Ohne Befeuchtung sinkt die relative Luftfeuchte bis auf 25% ab.

Da das Befeuchtungsregister in der Simulation keinen Einfluss auf die Zulufttemperaturen hat sind die Temperaturkurven „Umluftbetrieb“ und „Umluftbetrieb ohne Befeuchtung“ deckungsgleich.

Abb. 4.1.11 Lufttemperatur mit relativer Luftfeuchte Winter

4.1.2 Ergebnisse der Simulation Haupthaus Salone

Simulation
Lufttemperatur und relative Luftfeuchte - Woche im Sommer

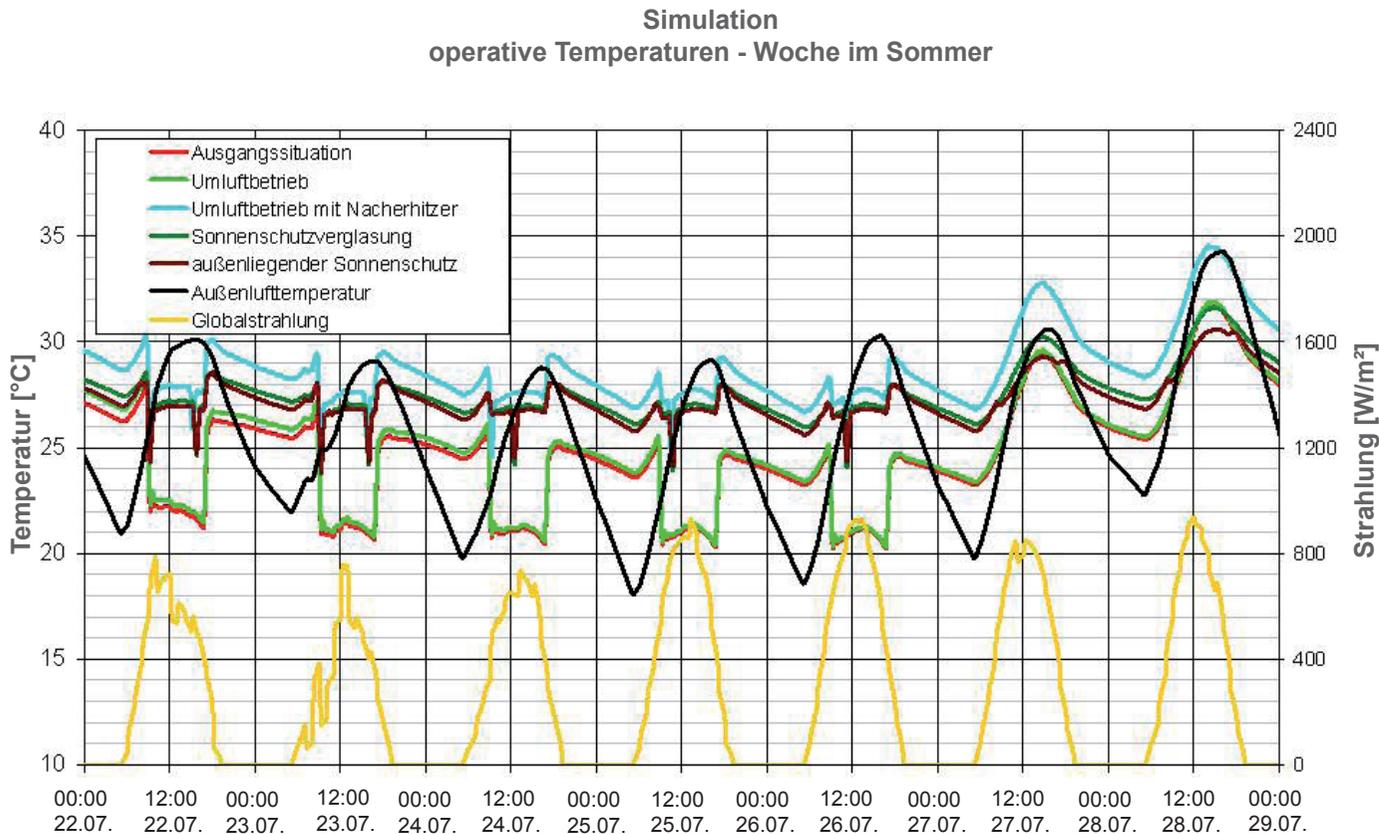


Im Sommer soll über die Lüftungsanlage eine relative Luftfeuchtigkeit unter 60% erreicht werden. Da ohne das Nachheizregister die Zuluft sehr kalt in den Raum eingebracht wird, sinkt auch die Raumtemperatur deutlich ab, was wiederum eine höhere relative Feuchte bewirkt. Diese fehlerhafte Regelung führt zu einem hohen Energiebedarf und zu unbehaglichen Raumtemperaturen. Auch der Umluftbetrieb bewirkt hier keine nennenswerte Verbesserung. Erst durch Einsatz des Nachheizregisters kann die gewünschte Regelungsproblematik gelöst und bei geringerem Energieeinsatz ein behaglicheres Raumklima geschaffen werden.

Abb. 4.1.12 Lufttemperatur mit relativer Luftfeuchte Sommer

4.1.2 Ergebnisse der Simulation Haupthaus Salone

Operative Temperaturen



An den Temperaturen der Ausgangssituation ist gut zu erkennen, dass die Entfeuchtungsregelung derzeit nicht optimal ist. Der Salone wird während der Nutzungszeit sehr stark abgekühlt, zum Teil bis zu 10 K unter Außentemperatur. Kommt der Nacherhitzer zum Einsatz, entstehen nur noch Temperaturspitzen nach unten bei Entfeuchtungsvorgängen, dies ist mit den immer noch recht kühlen Zulufttemperaturen von 18°C im Entfeuchtungsfall zu erklären.

Am Wochenende überhitzt der Raum aber deutlich, wenn keine weiteren Maßnahmen ergriffen werden. Das beste Ergebnis wird hier mit einem außenliegenden Sonnenschutz erreicht, der auch außerhalb der Nutzungszeiten automatisch betrieben wird.

Abb. 4.1.13 Operative Temperatur nach Varianten Sommer

4.2 Berechnung des Energiebedarfs und Einsparpotentiale Studios

Für die Berechnung des Energiebedarfs der Studios wurde ein bedarfsorientierter Energieausweis nach dem Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599 EnEV 2009. Dieser Wert ist ein wichtiger Baustein um aus dem resultierenden Differenzwert den Verbrauch des Haupthauses einordnen zu können.

Die Berechnung des Energiebedarfs des Haupthauses war durch die heterogenen Auslastungsquoten und die unterschiedlichen Nutzungsprofilen, sowie durch die Komplexität der Anlagentechnik, durch eine statische Berechnung nur sehr grob einzuordnen.

Für die Berechnung wurde die Software Epass Helena Ultra 5.2. benutzt.

Die Berechnung wurde nach EnEV 2009 durchgeführt. Dafür wurden die Klimadaten, geografische Lage, durchschnittliche Monatstemperaturen und Globalstrahlung der Stadt Rom in der Software eingegeben. Es wurde ein Vergleich mit der italienischen Norm UNI TS 11300 durchgeführt, um die Übertragbarkeit der Kriterien der dt. Norm zu überprüfen. Die UNI TS 11300 Norm diente auch als Grundlage für die Erstellung der U-Werte der Bauteile, da diese als Standardaufbauten historischer Bauwesen gelten. Maßgebende Normen und Verordnungen:

- Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009)
- DIN V18599: 2007 Energetische Bewertung von Gebäuden

- Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
- Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
- Teil 3: Nutzenergiebedarf für die energetische Luft aufbereitung
- Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
- Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen
- Teil 6: Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnungsbau
- Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau
- Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
- Teil 9: End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
- Teil 10: Nutzungsrandbedingungen und Klimadaten

Die Berechnung wurde nach DIN V 18599 durchgeführt nach Erstellung spezifischer Nutzungsprofile um genaue Angaben über Heizwärmebedarf, Warmwasserbereitung und Beleuchtung zu erreichen. Eine Berechnung nach DIN 4108-6/DIN V4701 als Wohngebäude wurde ausgeschlossen da diese die Warmwasservorbereitung mit einem Pauschalwert von 12,5 kWh/m²a auf die Gesamtfläche der Studios annimmt und damit ein zu ungenauen Wert ergeben hat. Außerdem betrachtet dieses Verfahren den Energiebedarf für Beleuchtung und Haushaltgeräte nur pauschal und erfasst diesen nicht explizit.

Die Warmwasserbereitung spielt in den Studios eine wesentliche Rolle, sie gilt als Ursache für eine Überhitzung der Technikräume und der anliegenden Wohneinheiten, da die Heizung auch im Sommer, wenn kein Heizbedarf in den Räumen besteht, allein zur Warmwasserbereitung betrieben wird.

Im Allgemeinen liegt ein weiteres Problem bei der Frischwasserversorgung vor, nach Aussagen der Nutzer erreicht in den Sommermonaten kein kaltes Frischwasser die Endverbraucher. die Zuleitungen dieses erwärmen sich in ihrem Verlauf durch das Gebäude u.a. durch die Technikräume.

Flächenaufteilung Studios nach Nutzungsprofilen

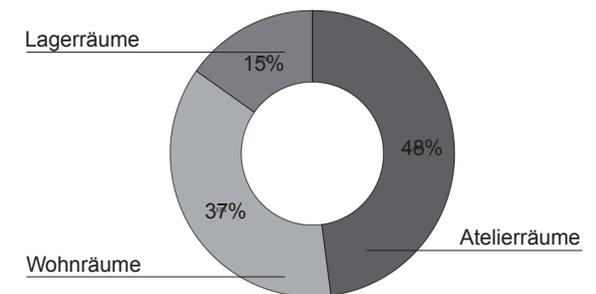
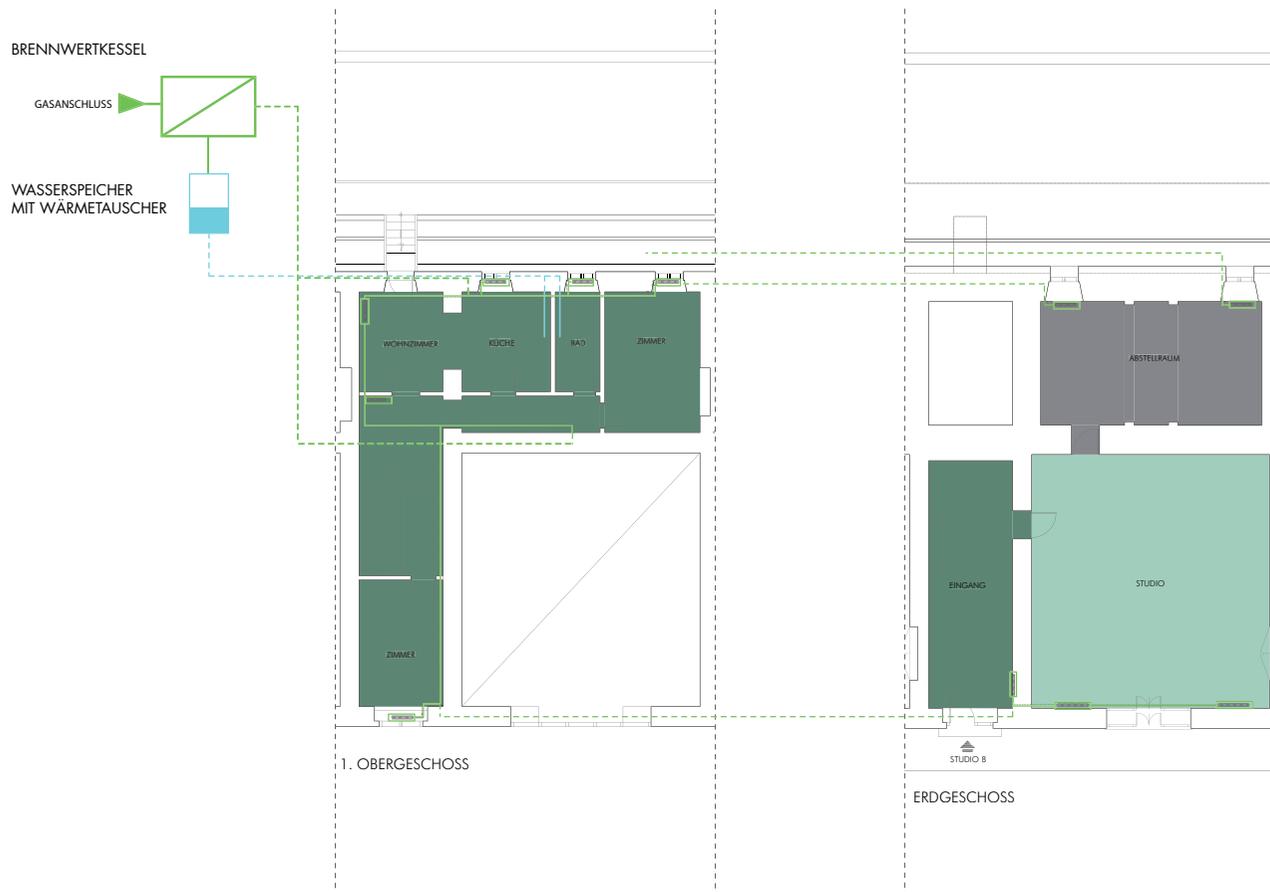


Abb. 4.2.1 Flächenaufteilung nach Nutzungsprofilen in den Studios

4.2 Berechnung des Energiebedarfs und Einsparpotentiale Studios



Berechnung nach DIN V 18599 wurde die Gesamtfläche in drei Zonen eingeteilt und nach verschiedenen Nutzungsprofilen gegliedert:

Der Arbeitsraum, der insgesamt mit seinen 955 m² mehr 48% der Gesamtfläche darstellt, wurde mit einem Nutzungsprofil als Einzelbüro angenommen, allerdings mit einer spezifischen Einstellung der Nutzungsdauer und der internen Lasten.

Die Wohnfläche, mit einem Flächenanteil von 735 m² (37%) wurde mit einem eigenen zum Zweck erstellten Profil berechnet der einen Wert von 16 kWh/m²a für die Warmwasservorbereitung, ähnlich wie bei Mehrfamilienhäuser, annimmt.

Die restlichen Flächen (303 m²) wurden als **Abstellräume** betrachtet. (Abb. 4.2.2)

Zweck dieser Einteilung ist eine möglichst genaue Berechnung des Energiebedarfs nach den einzeln eingesetzten Energieträgern Strom oder Gas.

Abb. 4.2.2 Raumprogramm Studios mit Versorgung

4.2 Berechnung des Energiebedarfs und Einsparpotentiale Studios

Vorgehensweise bei der U-Wertberechnung:

Bauteilaufbauten wurden anhand der gelieferten Planunterlagen beschrieben und deren U-Werte rechnerisch ermittelt. Es handelt sich in allen Fällen um traditionelle Bauweisen, die zum Teil sehr unterschiedliche Materialstärken haben. In der weiteren Vorgehensweise wurden überwiegend Mittelwerte zur Berechnung genutzt, die mit den Standardwerten der UNI TS 11300 Norm verglichen wurden.

Allgemeine Gebäudedaten:

beheizte Hüllfläche	A	4.621,5 m ²
Nettoluftvolumen	V	9.816 m ³
Bruttovolumen	Ve	10.796 m ³
Nettogrundfläche	ANGF	1.993 m ²

Definition der Anlagentechnik

Für die Berechnung wurden die zwei Gebäudeabschnitte der Studios als ein Gebäude betrachtet, um eine Übereinstimmung der Daten der Anlagentechnik mit dem Bestand zu erzielen, die Länge der Leitungen wurde jedoch gemäß der Planungsunterlagen angepasst.

Variantenvergleich:

Für die Berechnung des Energiebedarfs des bestehenden Gebäudes wurde:

a.) der Ist-Zustand des Gebäudes eingegeben.

Das bestehende Studiogebäude hat ein Endenergiebedarf von 404.744 kWh/a (ca 203 kWh/m²a).

Um den Einsparungspotential der vorgeschlagenen Maßnahmen zu berechnen wurden folgende Varianten verglichen:

b.) regenerativ unterstützt

Die Anlagentechnik wird durch eine Photovoltaikanlage und Solarthermie für die Erzeugung von Warmwasser unterstützt. Die 384 m² große Fläche wird der 20° Neigung der bestehenden Dachflächen angepasst und garantiert jährlich eine Einspeisung von ca 90.000 kWh. Die Solaranlage für die Warmwasservorbereitung benutzt ebenfalls die bestehende Neigung der südlichen Dachfläche und bringt eine Einsparung von ca. 25.000 kWh/a (ca 13 kWh/m²a) für die Bereitung von Warmwasser.

c.) regenerativ unterstützt mit verbessertem Neigungswinkel

Die weitere Variante betrachtet die Unterstützung durch erneuerbaren Energien allerdings mit optimierten Neigungswinkel der Photovoltaik und Kollektorenfläche. Diese Maßnahme wird allein als theoretische Verbesserungsmöglichkeit berechnet da diese Lösung gegen den Anforderungen des Denkmalschutzes stoßen würde. Durch die verbesserte Neigung (30° statt 20°) würde eine sehr geringe weitere

Reduzierung des Endenergiebedarfs für die Warmwasservorbereitung von ca 1000 kWh/a (ca 0,4 kWh/m²a) und 3.000 kWh/a (ca 1,5 kWh/m²a) Strom verursachen.

d.) Dämmung der Dachflächen

Eine Dämmung der Obergeschossdecke und der Zwischensparren wurde als weitere Maßnahme betrachtet da diese als Hauptursache des Wärmeverlustes erkannt wurden. Diese Maßnahme, einziger Vorschlag für die Reduzierung der Transmissionswärmeverluste, verursacht eine Einsparung von 80.000 kWh/a (ca.52kWh/m²a).

e.) Kombination zwischen der gedämmten Dachflächen und Unterstützung durch regenerativen Energien (a+c)

Schließlich wurde eine Kombination aus der sinnvollsten Maßnahme für die Gebäudehülle und der für die Anlagentechnik berechnet. Die Gesamteinsparung durch die Effekte beider Maßnahmen beträgt ca 150.000 kWh/a und reduziert den Endenergiebedarf um ca 58% a (ca 80 kWh/m²a).

VERGLEICH DER VARIANTEN: ENDENERGIEBEDARF [kWh/a]

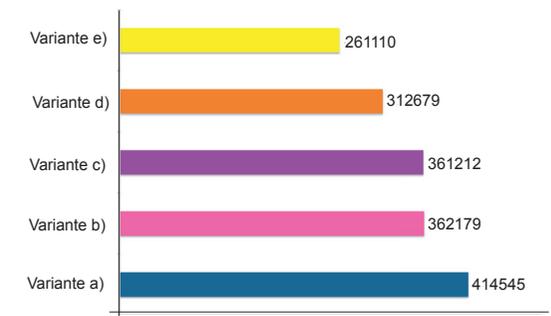


Abb. 4.2.3 Vergleich Endenergiebedarf für Varianten Studios

4.3. Thermische Simulation Studios - Ausgangspunkt und Ziel



Abb. 4.3.1 Eingangsbereich Studios Norden

Nach der statischen Berechnung s.4.2 wurde festgestellt, dass weitere Maßnahmen und Synergieeffekte nur durch eine thermische Simulation nachgeprüft werden können. Aus diesem Grund wurde eine Simulation mit der Software Trynsys durchgeführt die in Kapitel 4.3 ausführlich beschrieben wird.

Ziel der Simulation ist es, u.a. die Effekte der Verschattung durch die PV- und Solarkollektorenanlage auf die Dachflächen zu quantifizieren.

Ausgangssituation

Seit der Sanierung im Jahr 2003 kritisierten die Nutzer die hohen sommerlichen Temperaturen in den Studios. Neben den Berechnungen nach DIN V 18599 wird daher eine thermische Simulation durchgeführt. Mit dieser dynamischen Berechnung kann die Situation besser abgebildet werden und mit Maßnahmen verglichen werden, die nach DIN V 18599 nicht berechnet werden können.

Ziel der Simulation

Ziel der Simulation ist es, den thermischen Komfort im Sommer für ein repräsentatives Studio zu bewerten. Hierbei wird zunächst die Bestandssituation abgebildet und anschließend mit verschiedenen Sanierungsoptionen verglichen. Es soll ermittelt werden, durch welche Maßnahmen wirkungsvoll der sommerliche Wärmeschutz verbessert werden kann. Auch die Auswirkungen auf den Heizenergiebedarf im Winter werden untersucht.

4.3.1 Randbedingungen Simulation Studios

4.3.1.1 Randbedingungen Standort der Simulation Studios

Wetterdaten

Als Wetterrandbedingungen werden die Meteoronorm-Daten V5 der Station Rom-Ciampino verwendet. Meteoronorm ist eine globale Klimadatenbank kombiniert mit einem Wettergenerator. Sie wurde speziell für den Einsatz mit Simulationsprogrammen für Solaranlagen und Gebäude hergestellt. Allerdings werden die Meteoronorm-Daten aus Monatsmittelwerten generiert und sind daher nicht für Extremwertbetrachtungen geeignet. Der Betrachtungszeitraum ist ein Jahr vom 1. Januar bis 31. Dezember.

Die Wetterdaten in dem Betrachtungszeitraum:

Außenlufttemperatur:
Maximal 34,3 °C
Minimal -2,4 °C
Mittelwert 15,2 °C

Globalstrahlung:

Maximal 994,6 W/m²
Summe 1562,5 kWh/m²a

Plangrundlage

Als Plangrundlage werden die durch die Villa Massimo und das ausführende Büro der großen Sanierung 2003 zur Verfügung gestellten Grundrisse und Schnitte verwendet.

Orientierung

Ausrichtung: 17° im Uhrzeigersinn
(Nordfassade um 17° in Richtung Ost) gedreht
Nordfassade/-dach: 197°
Süddach: 17°
Neigung Norddach: 60°
Neigung Süddach: 20°

4.3.1.2 Beschreibung Bauwerk



Abb. 4.3.2 Ansicht auf zwei Studios Nordseite

Auswahl des untersuchten Studios

Die zehn Studios können anhand ihrer Größe und des Fensterflächenanteils in drei Kategorien eingeteilt werden. Das Studio Nr. 7 (Typologie B) grenzt an die Haustechnikzentrale an, daher hat es eine kleinere Grundfläche als die anderen neun Studios. Von diesen haben die Studios Nr. 2 und Nr. 9 einen größeren Fensterflächenanteil (Typologie C). Die übrigen sieben Studios Nr. 1, 3, 4, 5, 6, 8 und 10 können ebenfalls einer Typologie (Typologie A) zugeordnet werden.

Da der sommerliche Wärmeschutz maßgeblich durch den Fensterflächenanteil und die damit verbundene eintreffende Solarstrahlung beeinflusst wird, soll mit der Simulation der ungünstigste Fall untersucht werden. Daher wird das Studio Nr. 2 für die Simulation gewählt, da es einen erhöhten Fensterflächenanteil aufweist und ansonsten symmetrische Randbedingungen bietet.

4.3.1.2 Beschreibung Bauwerk

Einteilung der Zone

Es wird ein Studio als Einzonenmodell untersucht. In den folgenden Abbildungen ist die Zone mit einer blauen Schraffur dargestellt.

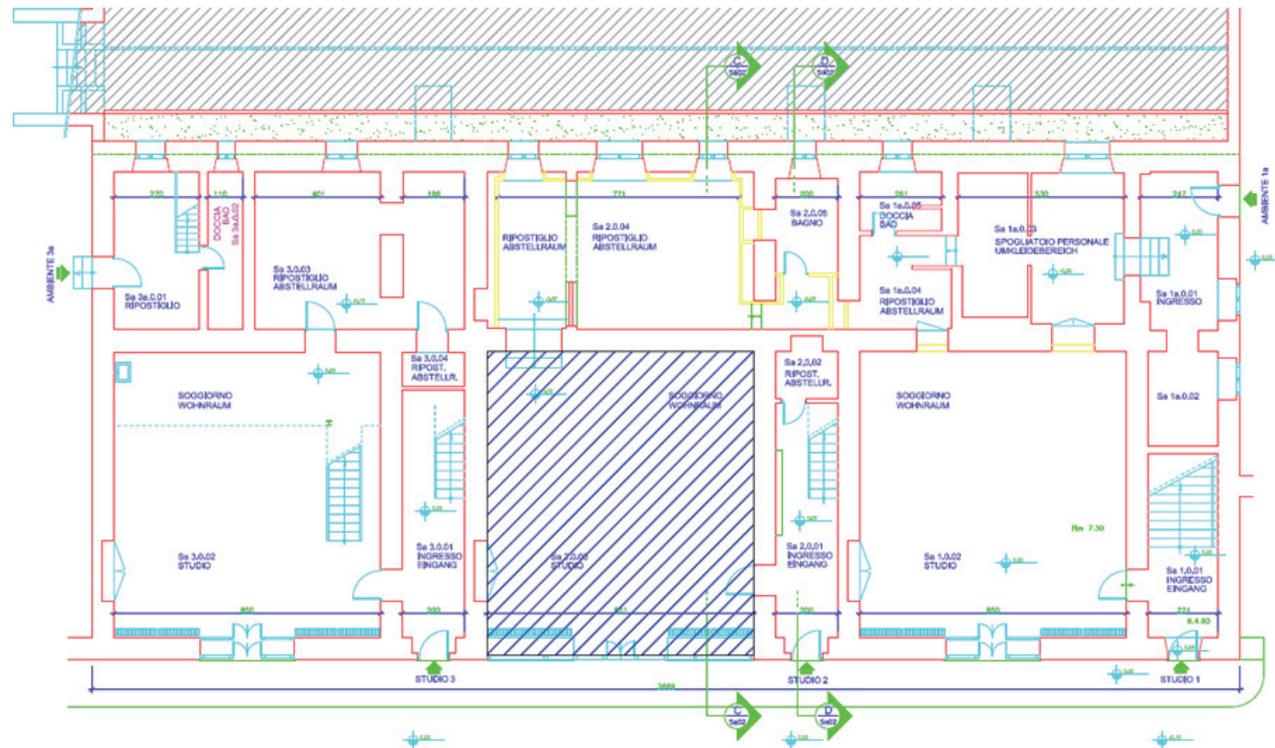


Abb. 4.3.3 Zoneneinteilung Grundriss Erdgeschoss (ohne Maßstab)

4.3.1.2 Beschreibung Bauwerk

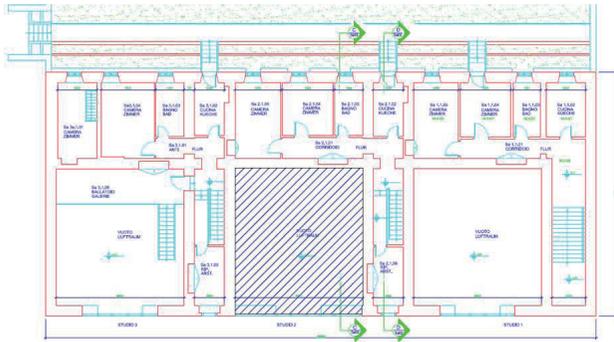


Abb. 4.3.4 Zoneneinteilung Grundriss 1. OG (ohne Maßstab)

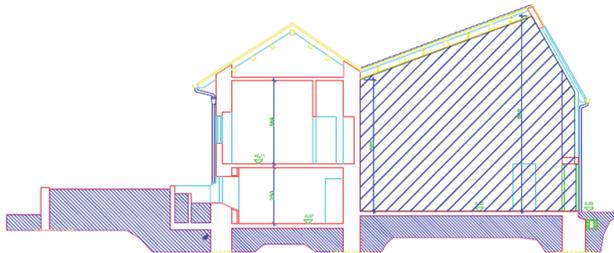


Abb. 4.3.5 Zoneneinteilung Schnitt (ohne Maßstab)

Flächen

Die Flächenermittlung ergab die folgenden Werte:

Fläche	Randbedingung (Neigung/Ausrichtung)	Fläche [m ²]
Boden	Erdreich	76,70
Innenwände	adabat (kein Wärmefluss)	188,16
Außenwand	außen Nord (90/197)	39,28
davon Fenster	außen Nord (90/197)	34,2
Dach Nord	außen Norddach (60/197)	36,55
davon Fenster	außen Norddach (60/197)	14,75
Dach Süd	außen Süddach (20/17)	69,63

Tab. 4.3.1 Flächenermittlung Studios

Angrenzende Temperaturen

Da über die Temperaturen in den angrenzenden Räumen keine genauen Informationen vorliegen, werden keine Wärmeströme durch die entsprechenden Bauteile berücksichtigt. Um die Speichermasse der Bauteile berücksichtigen zu können, werden diese dennoch erfasst. Auch ein Luftaustausch mit Nebenräumen wird nicht berücksichtigt. Da in den angrenzenden Räumen eher niedrigere Temperaturen zu erwarten sind liegen die Berechnungen mit diesen Annahmen auf der sicheren Seite.

Auch für das Erdreich sind keine Temperaturen bekannt. Daher wird die an die Bodenplatte angrenzende Temperatur berechnet. Es wird die mittlere Außenlufttemperatur von 15,2 °C sowie die Amplitude von 19,1 K mit einem Zeitversatz von 12 Tagen (minimale Außenlufttemperatur 12 Tage nach Neujahr) angesetzt, sowie als Material Sand/Kies gemäß DIN EN 12524 mit 1800 kg/m³, 2,0 W/mK und 1045 J/kgK angenommen.

Auf diese Weise stellt das Erdreich allerdings auch im Sommer eine Wärmesenke dar, dessen Temperatur sich durch den Wärmeeintrag aber nicht verändert. Daher wurde der U-Wert des Bodens mit dem Fx-Wert 0,45 gemäß DIN 4108-6 abgemindert.

Opake Bauteile

Boden - U = 2,88 W/m²K

Schicht	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Schichtdicke [mm]
Estrich	1,4	80
Beton	2,0	240

Tab. 4.3.2 bautechnische Eigenschaften Boden Studio

Außenwand - U = 1,02 W/m²K

Schicht	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Schichtdicke [mm]
Putz	0,87	60
Vollziegel	0,92	620
Putz	0,87	60

Tab. 4.3.3 bautechnische Eigenschaften Außenwand Studio

Innenwand - U = 0,92 W/m²K

Schicht	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Schichtdicke [mm]
Putz	0,87	60
Vollziegel	0,92	620
Putz	0,87	60

Tab. 4.3.4 bautechnische Eigenschaften Innenwand Studio

Dach - U = 1,61 W/m²K

Schicht	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Schichtdicke [mm]
Vollziegel	0,92	56
Luftschicht horizontal	R = 0,17 m ² K/W	
Vollziegel	0,92	56
Holzwerkstoffplatte	0,13	24

Tab. 4.3.5 bautechnische Eigenschaften Dach Studio

4.3.1.2 Beschreibung Bauwerk

Fenster

Die nach Norden ausgerichteten Fenster in der Fassade und im Dach bestehen aus einer Pfosten-Riegel-Konstruktion. Die Verglasung ist eine Zweischeibenverglasung mit $U_g = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $g = 0,5$, der Rahmenanteil beträgt 18 % mit $U_f = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, es wird ein Aluminiumrandverbund angenommen.

Sonnenschutz

Beide Fensterflächen haben keinen konstruktiven Sonnenschutz.

4.3.1.3 Interne Wärmelasten

Personenbelegung

Es wird angenommen, dass sich durchschnittlich von 9 bis 22 Uhr eine Person mit der Aktivität „Sitzende Tätigkeit“ nach DIN EN ISO 7730 in dem Studio aufhält. Dies entspricht einer sensiblen Wärmeabgabe von 75 Watt.

Beleuchtung

Es sind in einem Studio Leuchten mit einer Gesamtleistung von 800 Watt installiert. Es wird angenommen, dass diese während der oben genannten Nutzungszeiten manuell eingeschaltet werden, wenn die Beleuchtungsstärke durch natürliches Tageslicht unter 300 lux fällt. Hierfür wurde ein mittlerer Tageslichtquotient von 4% angenommen.

4.3.1.4 Konditionierung

Natürliche Lüftung

Die Infiltration und natürliche Lüftung wird instationär berechnet. Treibende Kraft ist die Thermik, der Ein-

fluss von Wind kann vernachlässigt werden.

Es wird angenommen, dass im Winter Undichtigkeiten in der Gebäudehülle für einen ca. 0,1-fachen Luftwechsel sorgen, der für die gegebene Nutzung hygienisch ausreichend ist. Geruchsbelästigungen durch Farben usw. und daraus resultierende Lüftungsvorgänge im Winter werden nicht berücksichtigt.

Steigt die Innenlufttemperatur über 24°C , werden die unteren Fenster gekippt (Fensterfläche $3,3 \text{ m}^2$, Öffnungswinkel 20°), bis die Temperatur innen unter 16°C fällt. Der hieraus resultierende Luftwechsel beträgt ca. $0,35 \text{ h}^{-1}$. Steigt darüber hinaus die Innenlufttemperatur über 26°C , wird zusätzlich die Tür geöffnet. Hierdurch wird ein bis zu 6-facher Luftwechsel erreicht. Außerhalb der Nutzungszeiten, also zwischen 22 und 9 Uhr, oder wenn die Innenlufttemperatur unter 16°C fällt, werden die Türen wieder geschlossen.

Thermische Konditionierung

Es sind im Sockelbereich der Außenfassade zwei Radiatoren Typ Zehnder Charleston 6075 angeordnet, die das Studio auf mindestens 20°C beheizen. Sie haben bei einer Temperaturspreizung von $42,5 \text{ K}$ eine Leistung von $114,7 \text{ Watt}$ je Element, insgesamt also eine Leistung von 8029 Watt . Es wurde ein radiativer Anteil von 60% angenommen (Röhrenradiator). Die zwei Wochen Anfang Februar, in denen die Studios nicht besetzt sind, werden vernachlässigt. Steigt der 48h-Mittelwert der Außenlufttemperatur über 13°C , wird die Heizungsanlage abgeschaltet, so dass im Sommer nicht nachgeheizt wird, wenn durch die natürliche Lüftung die Raumtemperatur unter 20°C fällt.

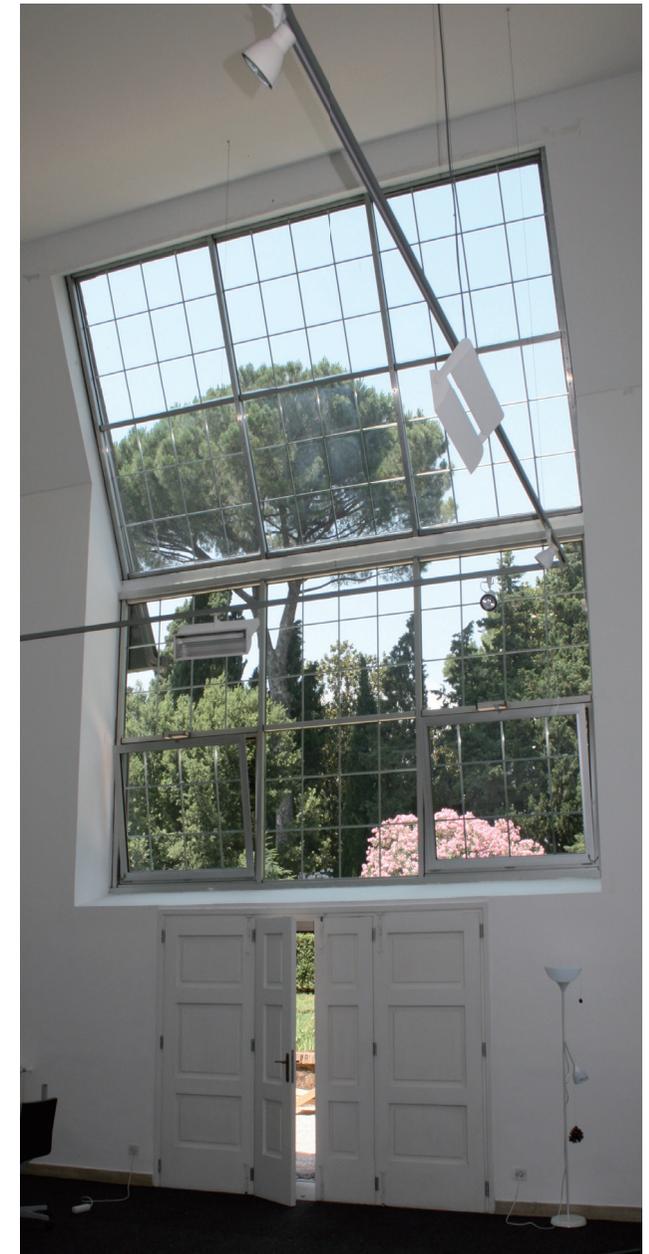


Abb. 4.3.6 Innenansicht Atelierraum / Studio

4.3.2 Ergebnisse der Simulation Studios

Varianten

Es wird zunächst die Ausgangssituation mit verschiedenen Einzelmaßnahmen verglichen. Es gibt viele Möglichkeiten, den sommerlichen Wärmeschutz zu beeinflussen, für die Villa Massimo bieten sich die folgenden an:

- Erhöhung des Luftwechsels und damit Verbesserung der natürlichen Wärmeabfuhr durch weitere Öffnungsflügel. Durch Anordnung der Flügel im Dachbereich kann eine

Kaminwirkung erzielt werden, die eine bessere Durchströmung des Studios ermöglicht. Es werden zwei Varianten von Klappflügeln in den Fenstern der nach Norden

orientierten Dachfläche untersucht.

- Verringerung des Wärmeeintrags über Transmission durch die nach Süden orientierte Dachfläche durch eine Wärmedämmung oder eine Verschattung (zum Beispiel

durch Solarkollektoren oder Photovoltaik).

- Verringerung der über die Fenster eintreffenden Solarstrahlung durch einen außenliegenden Sonnenschutz.

Hieraus ergeben sich die folgenden Varianten:

Variante 1: Ausgangsvariante entsprechend der Beschreibung

Variante 2: Klappflügel mit einer Fläche von 2,2 m² und Öffnungswinkel 20°, Steuerung, identisch mit den unteren Kippfenstern

Variante 3: wie Variante 2, jedoch 90° Öffnungswinkel

Variante 4: außenliegender Sonnenschutz vor den Fenstern des nach Norden geneigten Daches mit $F_c = 0,2$. Aktivierung bei Gesamtstrahlung auf der Dachfläche über 250 W/m², Deaktivierung unter 200 W/m²

Variante 5: Wärmedämmung der Dachflächen (Zwischensparrendämmung) mit einer Dämmstärke von 24 cm und einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK Dämm

Variante 6: Verschattung des nach Süden geneigten Daches durch Photovoltaik- oder Solarkollektor-Module

Variante 7: beide Maßnahmen an den Fenstern des Norddaches: neue Öffnungsflächen und außenliegender Sonnenschutz (Kombination aus Variante 3 und Variante 4)

Variante 8: beide Maßnahmen am Dach: Wärmedämmung und Verschattung (Kombination aus Variante 5 und Variante 6)

Variante 9: Wärmedämmung und große Öffnungsflächen (Kombination aus Variante 3 und Variante 5)

Variante 10: alle Maßnahmen (Kombination aus Varianten 3 bis 6)

4.3.2 Ergebnisse der Simulation Studios



Abb. 4.3.7 Innenansicht Atelierraum Studio

Auswertungsparameter

Bei dieser thermischen Simulation werden Temperaturen sowie Heizenergiebedarfswerte ausgewertet. Als Energiebedarfswert wird die Nutzenergie ermittelt. Diese beinhaltet keine Verluste oder Hilfsenergien.

Zur Bewertung des thermischen Komforts wird die operative Temperatur ausgewertet. Diese setzt sich je zur Hälfte aus der Lufttemperatur und der Strahlungstemperatur der umgebenden Flächen zusammen. Hiermit wird eine Temperatur angegeben, die der gefühlten Temperatur näher kommt als lediglich die Lufttemperatur. Eine Berücksichtigung von Zugerscheinungen oder anderen Parametern der Behaglichkeit (Luftfeuchte, direkt auf den Körper auftreffende Solarstrahlung usw.) ist aber mit einer thermischen Simulation nicht möglich.

Es werden die Übertemperaturstunden des ganzen Jahres ermittelt (nicht nur der Anwesenheitszeiten). Diese beinhalten die Stunden der darüberliegenden Werte, es werden also keine Häufigkeitswerte zwischen zwei Temperaturen ausgegeben, sondern absolute Häufigkeiten über der jeweiligen Temperatur.

4.3.2 Ergebnisse der Simulation Studios

Übertemperaturstunden in Varianten

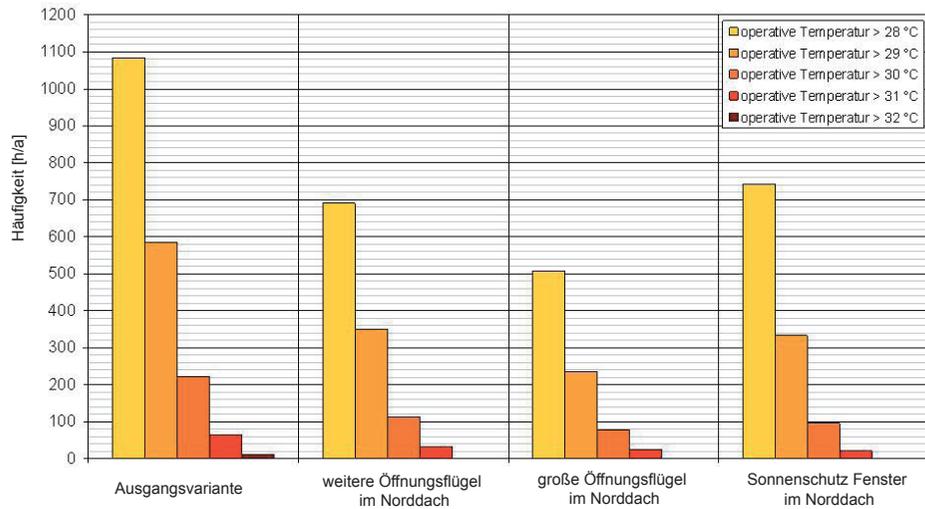


Abb. 4.3.8 Übertemperaturstunden nach Varianten Studios

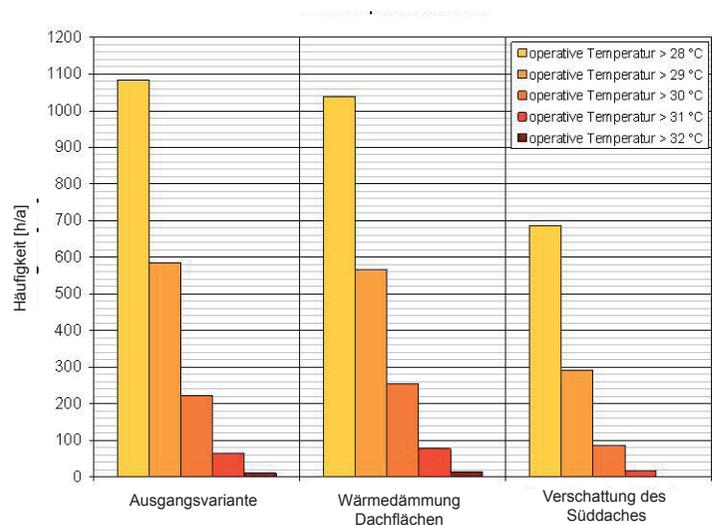


Abb. 4.3.9 Grafik I Übertemperaturstunden nach Varianten Studios

4.3.2 Ergebnisse der Simulation Studios

Übertemperaturstunden

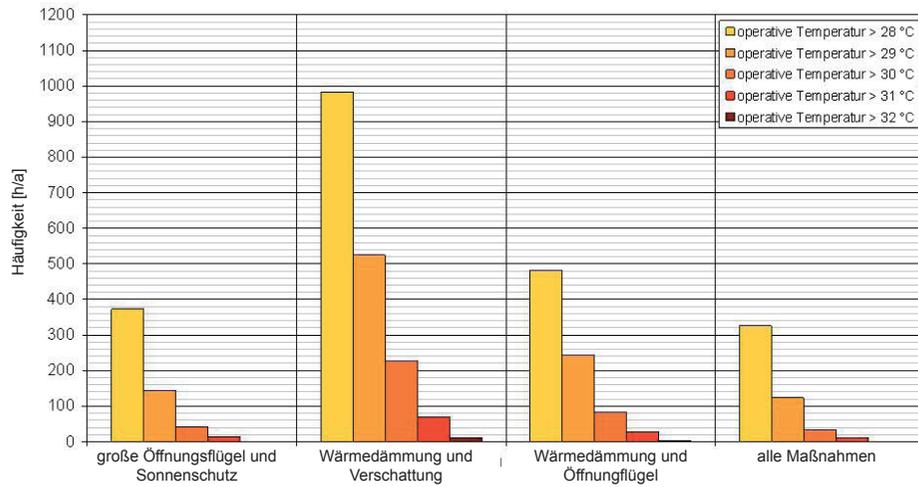


Abb. 4.3.10 Grafik II Übertemperaturstunden nach Varianten Studios

Übertemperaturtage

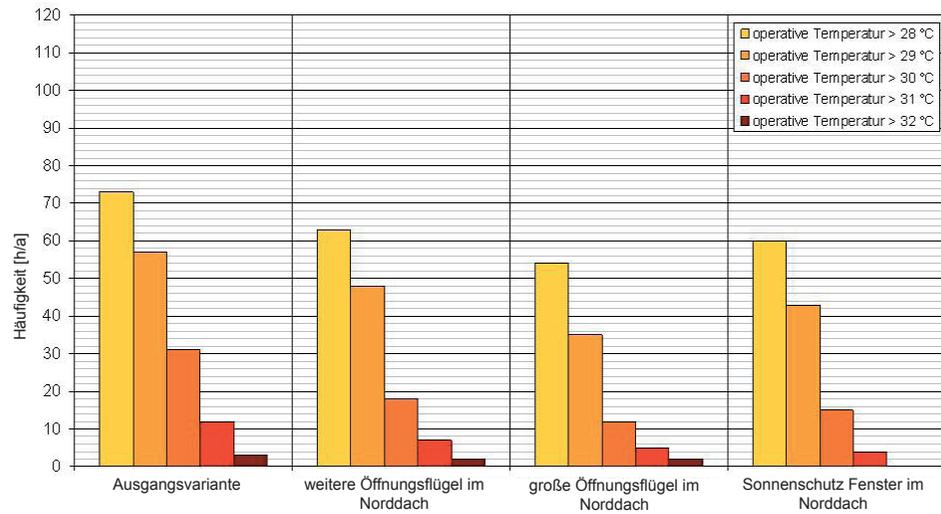


Abb. 4.3.11 Grafik I Übertemperaturtage nach Varianten Studios

4.3.2 Ergebnisse der Simulation Studios

Übertemperaturtage

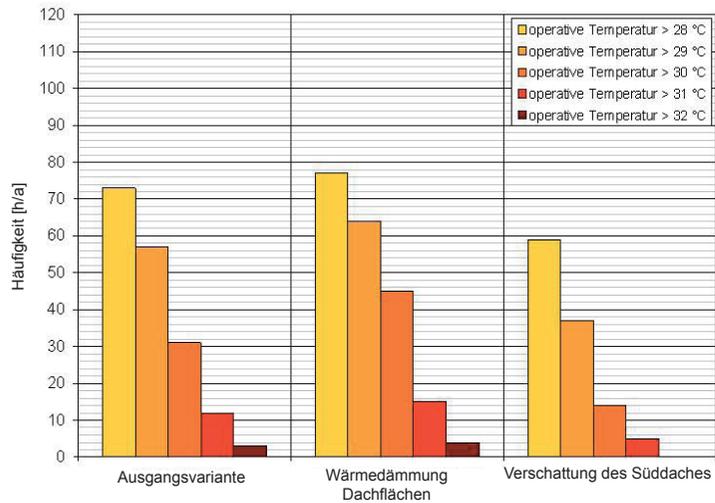


Abb. 4.3.12 Grafik II Übertemperaturtage nach Varianten Studios

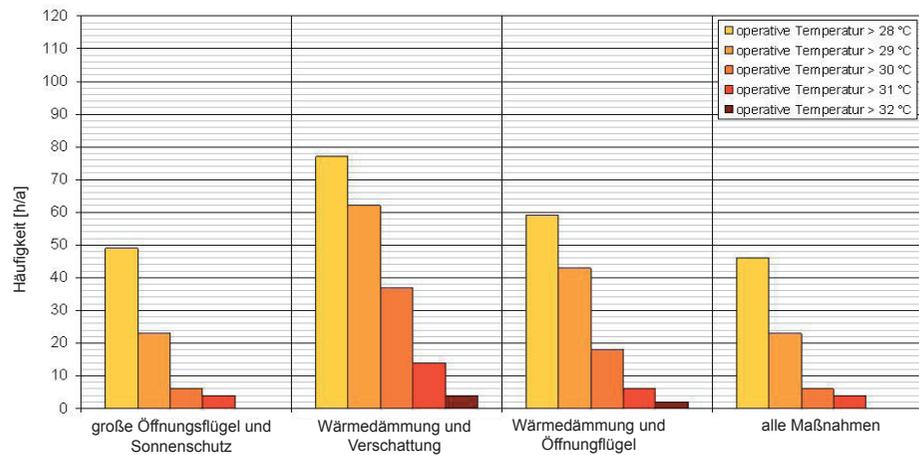


Abb. 4.3.13 Grafik III Übertemperaturtage nach Varianten Studios

Übertemperaturtage

Es wird deutlich, dass nachts ohne zusätzliche Öffnungsflügel keine gute Auskühlung über die natürliche Lüftung ermöglicht wird. Die hohe Wärmespeicherkapazität der raumumschließenden Bauteile kann also nicht in vollem Umfang genutzt werden.

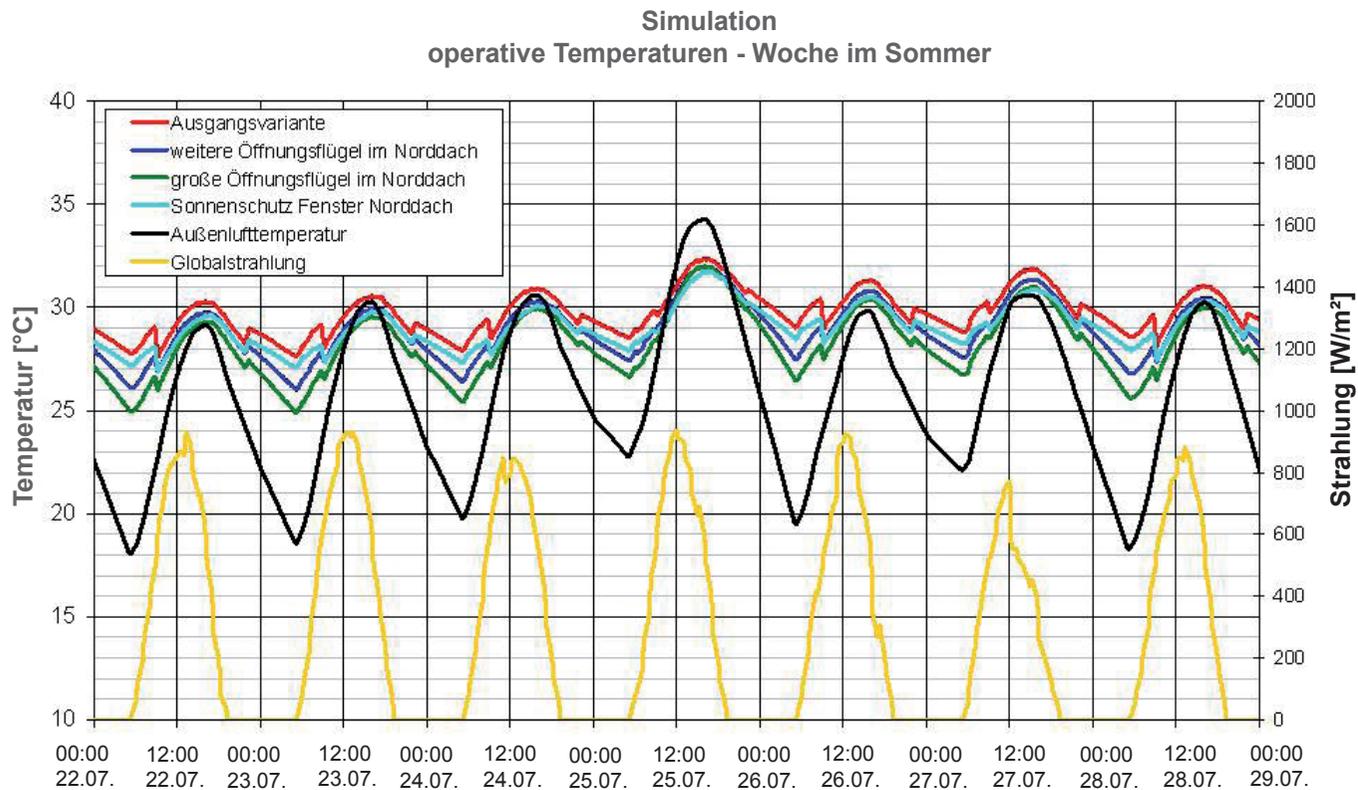
Da keine der genannten Einzelmaßnahmen ausreichend ist, um behagliche Temperaturverhältnisse unter 30°C zu ermöglichen, müssen mehrere Maßnahmen kombiniert werden.

Die Verschattung des nach Süden orientierten Daches bringt für die sommerlichen Temperaturen Vorteile, sofern das Dach nicht gedämmt wird. Der Abstand der Verschattungselemente muss mindestens 10 cm betragen, um eine gute Hinterlüftung zu gewährleisten.

Ein Sonnenschutz bringt gewisse Vorteile, die aber mit der Tageslichtversorgung abgewogen werden müssen.

4.3.2 Ergebnisse der Simulation Studios

Temperaturverläufe



Die Sprünge bei den Temperaturverläufen resultieren aus der Lüftungsstrategie – um 22 Uhr werden die Türen geschlossen, und erst um 9 Uhr wieder geöffnet. Während dieser Nachtstunden kann daher nur über die Fenster gelüftet werden.

Abb. 4.3.14 Operative Temperaturen nach Varianten Studios Sommer

4.3.2 Ergebnisse der Simulation Studios

Temperaturverläufe

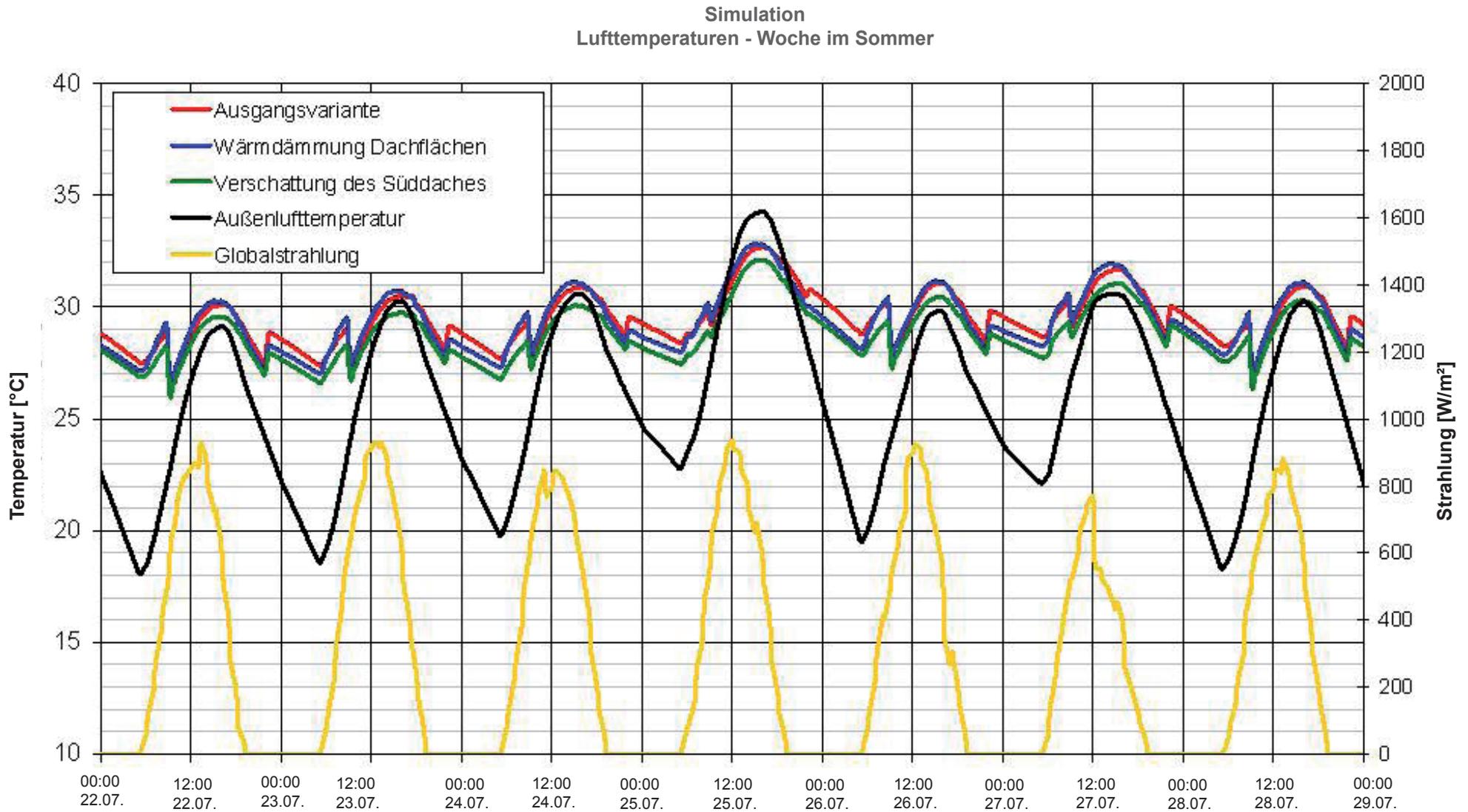


Abb. 4.3.15 Lufttemperaturen nach Varianten Studios Sommer

4.3.2 Ergebnisse der Simulation Studios

Temperaturverläufe

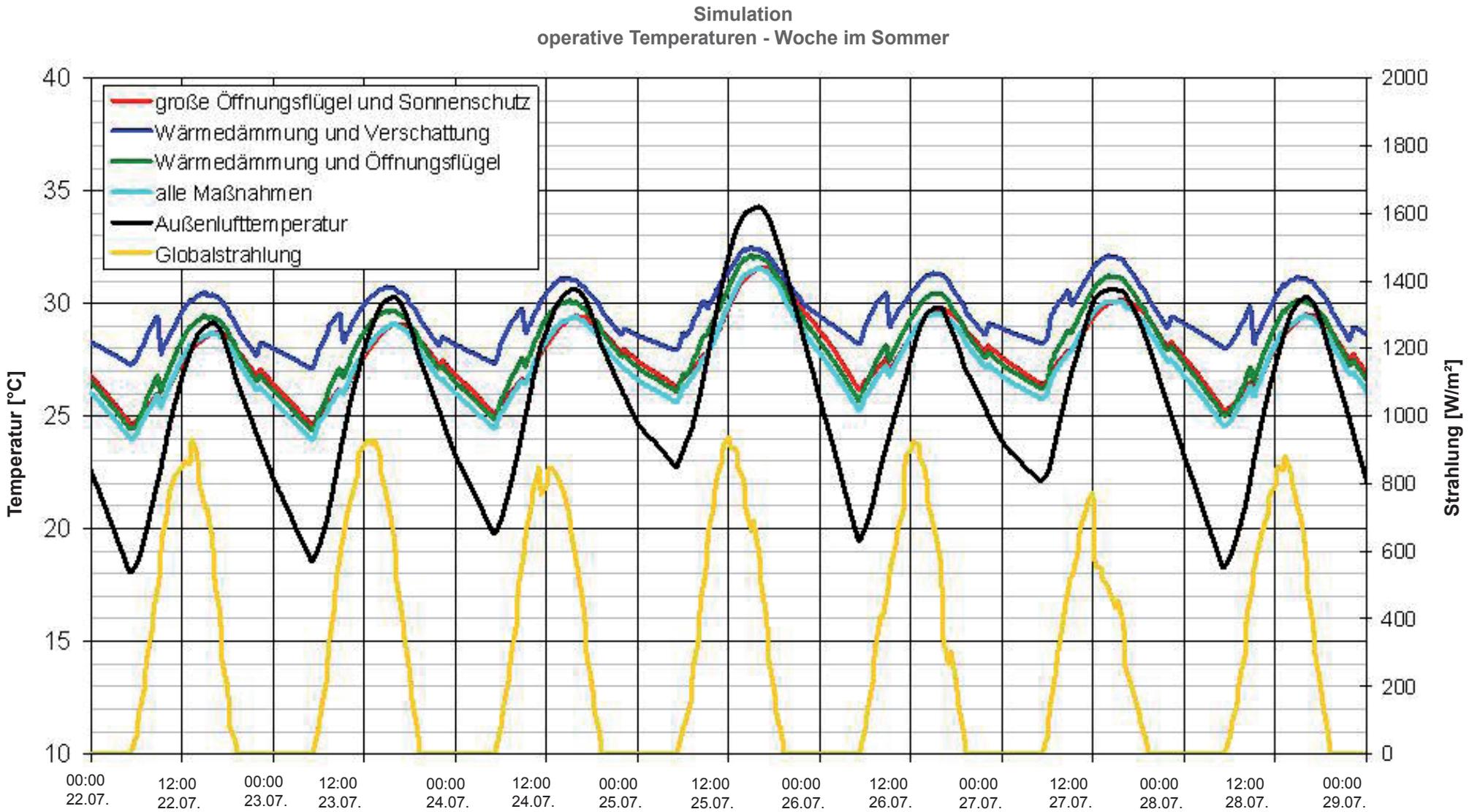


Abb. 4.3.16 Operative Temperaturen nach Varianten Studios Sommer

4.3.2 Ergebnisse der Simulation Studios

Nutzenergiebedarf

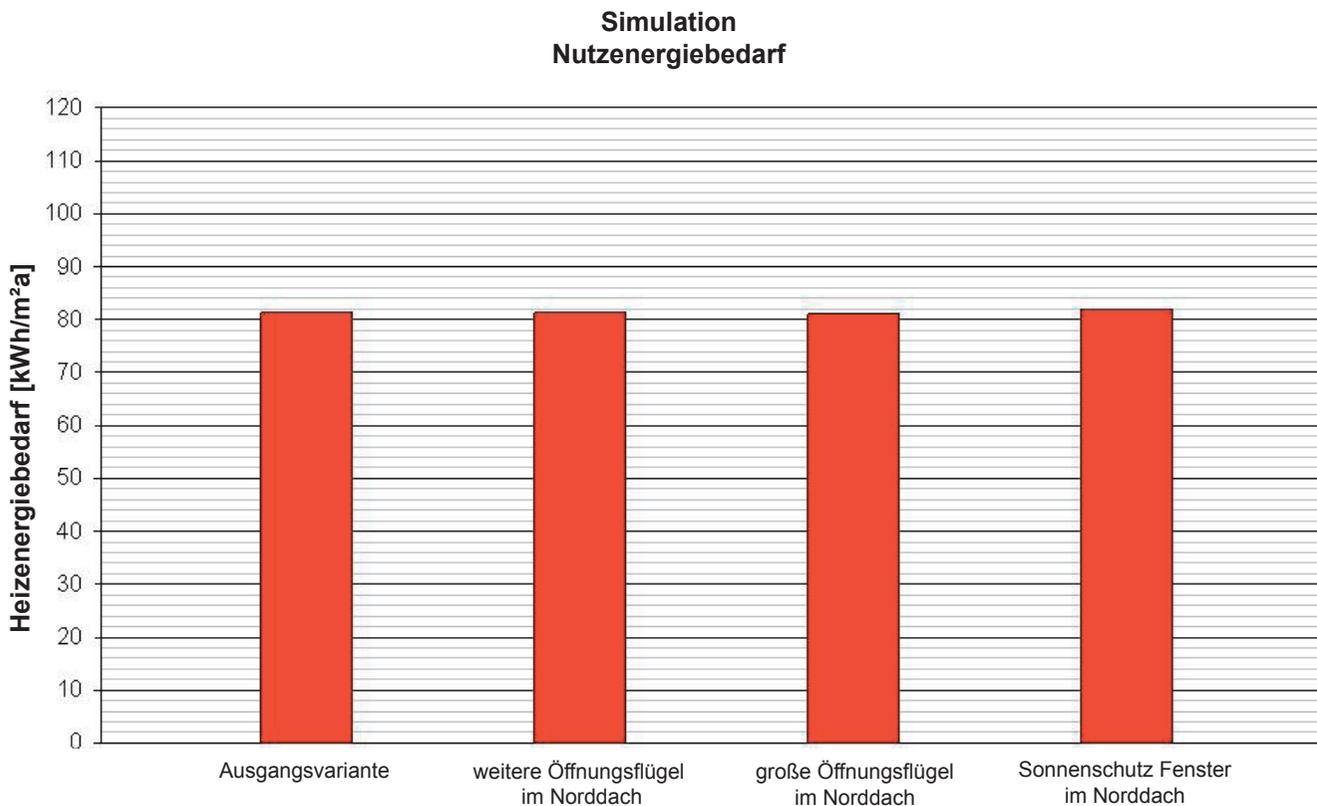


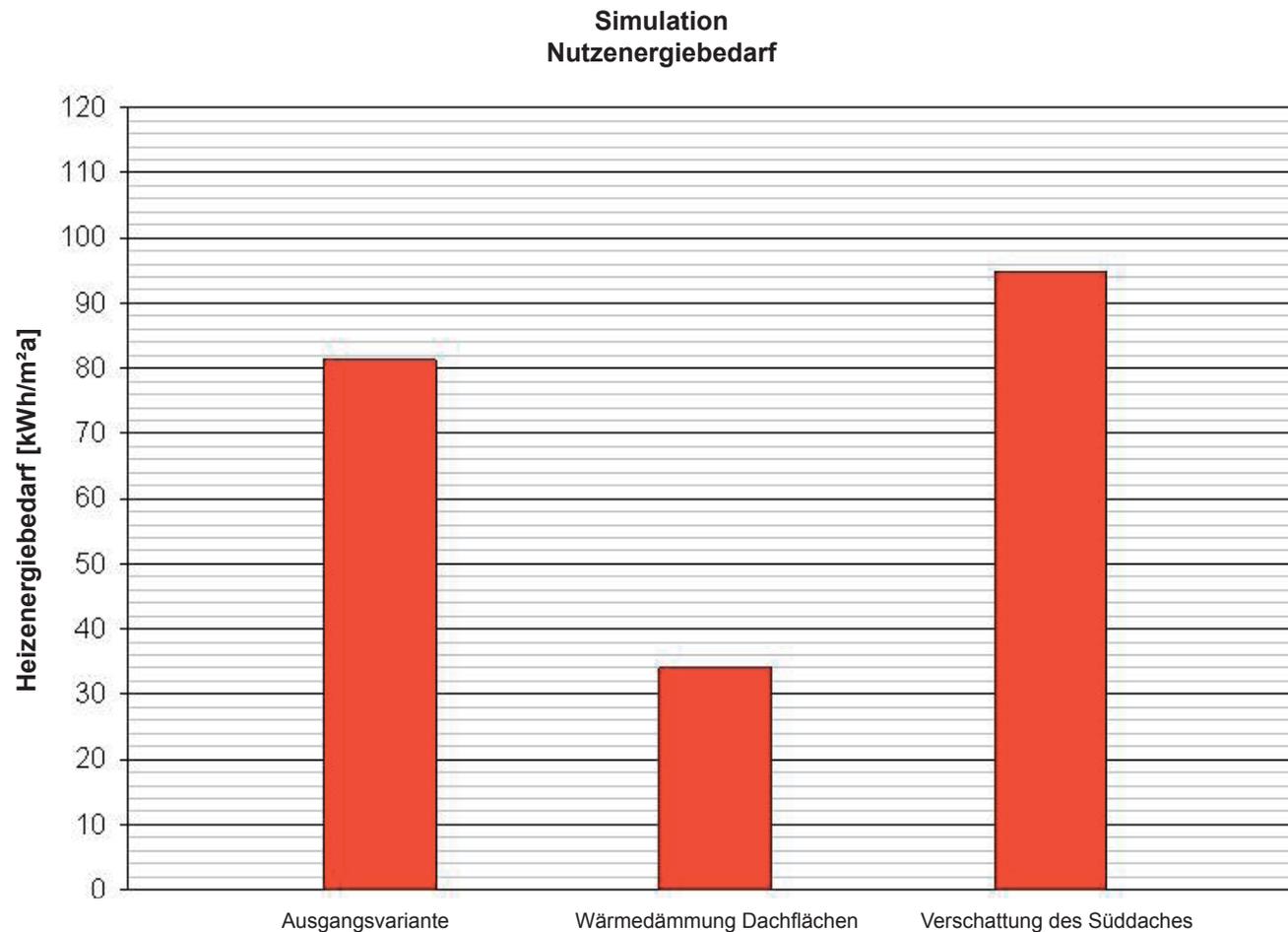
Abb. 4.3.17 Grafik I Nutzenergiebedarf nach Varianten Studios

Die hier gezeigten Maßnahmen haben aufgrund ihrer Regelstrategien keinen Einfluss auf den Heizenergiebedarf, da sie nur im Sommer aktiviert werden.

Die Abweichung des Heizenergiebedarfswertes in der Simulation von dem nach DIN V 18599 berechneten Wert hat verschiedene Ursachen. Zum einen wird bei der Simulation nur ein Studio simuliert, während für die Berechnungen nach DIN V 18599 als Bezugsfläche alle beinhaltet. Zudem wird bei der Simulation der Nutzenergiebedarf ausgegeben. Verluste durch Übergabe, Verteilung und Erzeugung bleiben unberücksichtigt. Eine weitere wichtige Einflussgröße ist zudem das Nutzerverhalten. So hat das Lüftungsverhalten während der Heizperiode und auch die Raum-Solltemperatur entscheidenden Einfluss auf den Heizenergieverbrauch.

4.3.2 Ergebnisse der Simulation Studios

Nutzenergiebedarf



Durch eine Verschattung der südlichen Dachfläche sinkt auch im Winter der solare Wärmeeintrag aufgrund der Solarstrahlung, dies bewirkt einen erhöhten Heizenergiebedarf. Dieser solare Wärmeeintrag wird auch durch eine Wärmedämmung verringert, dennoch überwiegt hier die Einsparung an Heizenergie aufgrund geringerer Wärmeverluste nach außen.

Da die Dämmung aber auch einer nächtlichen Auskühlung im Sommer entgegenwirkt, muss diese über eine Nachtlüftung erfolgen. Hierfür sind möglichst große Öffnungsquerschnitte vorzusehen.

Abb. 4.3.18 Grafik II Nutzenergiebedarf nach Varianten Studios

4.3.2 Ergebnisse der Simulation Studios

Nutzenergiebedarf

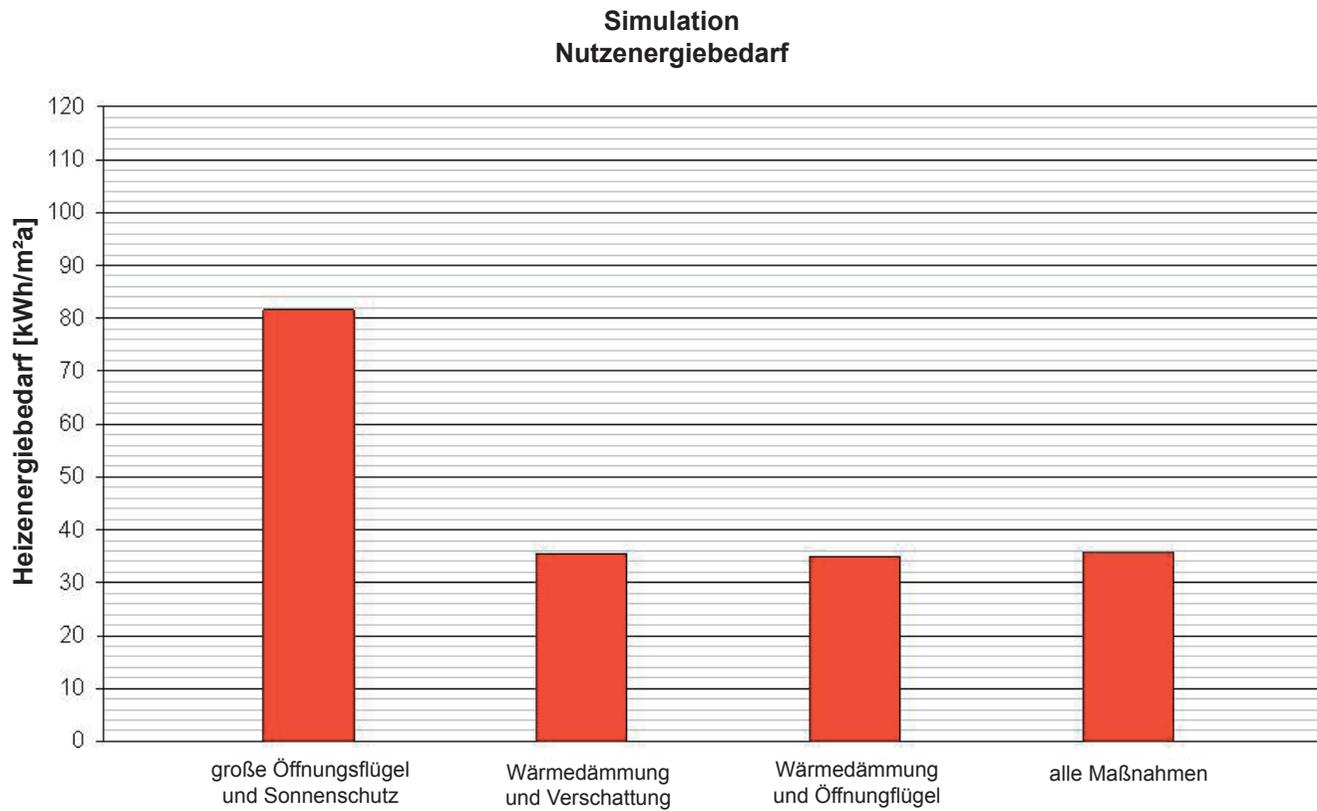


Abb. 4.3.19 Grafik III Nutzenergiebedarf nach Varianten Studios

5 - Maßnahmenkatalog

Der folgende Katalog zeigt Maßnahmen auf, die sich nach der Verifizierung von einzelnen untersuchten Aspekten mit Hilfe der in Kapitel 3 beschriebenen Simulationen und Berechnungen als sinnfällig erwiesen haben.

5.1 Maßnahmen Haupthaus

5.1.1 Umbau der Lüftungsanlage im Salone

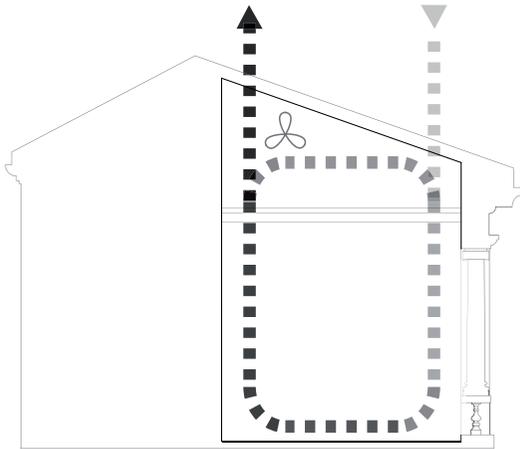


Abb. 5.1.1 Maßnahme Lüftungstechnik Salone Haupthaus

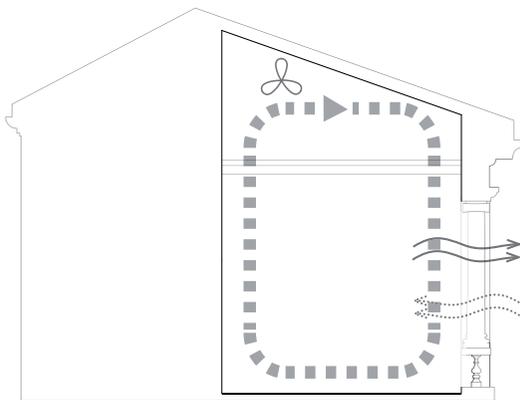


Abb. 5.1.2 Maßnahme Umluftregelung Salone Haupthaus

Der Salone und das Treppenhaus werden über eine Lüftungsanlage belüftet und konditioniert. Die Luftmenge für den Salone beträgt $2.200 \text{ m}^3/\text{h}$ und für das Treppenhaus $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$. Der Frischluftanteil beträgt 35,3 %.

5.1.1.1 Lüftungsanlage mit ausschließlichem Umluft betrieb im Salone

Als die Lüftungsanlage geplant wurde, war es vorgesehen, den Salone als Sitzungssaal zu nutzen. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass der Raum anders genutzt wird.

Es gibt einen großen Konferenztisch, der zu besonderen Ereignissen dort aufgestellt wird. Es können am Tisch 18 Personen Platz nehmen. Veranstaltungen oder Konzerte mit einer maximalen Belastung von 30 Personen finden selten statt. Als regelmäßige Veranstaltung gibt es nur ein gemeinsames Abendessen mit den Künstlern, das einmal im Jahr stattfindet. Ansonsten fanden in den letzten 4 Jahren nur 1 Konzert und ca. 3 Vorlesungen statt. Dies liegt daran, dass diese Art von Veranstaltungen normalerweise im Konzertsaal im Erdgeschoss stattfinden.

Im täglichen Betrieb wird der Raum normalerweise nur für Besprechungen von 2 bis 3 Personen genutzt.

Es wird davon ausgegangen, dass der Frischluftanteil in der bestehenden Lüftungsanlage nicht bedarfsabhängig beigemischt wird, sondern dass der Frischluftanteil – wenn die Lüftungsanlage in Betrieb

ist – kontinuierlich eingeblasen wird. Im Salone liegt der Frischluftanteil bei $776 \text{ m}^3/\text{h}$. Für die Frischluftversorgung von 2 – 3 Personen wäre jedoch ein Frischluftanteil von 60 – $90 \text{ m}^3/\text{h}$ ausreichend. Die Konditionierung der Frischluft führt zu einem erheblichen Energiebedarf.

Es wird vorgeschlagen, die Lüftungsanlage zukünftig nur noch im Umluftbetrieb zu betreiben. Der Umluftbetrieb ist weiterhin erforderlich, um die Konditionierung (Heizung/Kühlung) des Salones sicherzustellen. Der Ventilator sollte mit einem Frequenzumformer ausgerüstet werden, damit der Volumenstrom an die erforderliche Heiz- bzw. Kühlleistung angepasst werden kann.

Die Frischluftversorgung kann dadurch erfolgen, dass der Nutzer bei Bedarf die Fenster öffnet. Aus unserer Sicht ist dies auch sinnvoll, da sowieso das gesamte Gebäude über Fensterlüftung belüftet wird. Sogar der Konzertsaal im Erdgeschoss wird ausschließlich über Fenster gelüftet und es gibt keine Nutzerbeschwerden. Daher gibt es keinen nachvollziehbaren Grund, den Salone über eine überdimensionierte mechanische Lüftungsanlage mit Frischluft zu versorgen.

Für die Umsetzung dieses Vorschlags sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Verschließen der Außenluftklappen
- Einbau eines Ventilators mit Frequenzumformer
- Anpassung des Volumenstroms an die erforderliche Heiz- bzw. Kühlleistung
- Anpassung der Regelung des Lüftungsgeräts

5.1.1 Umbau der Lüftungsanlage im Salone

Die Investitionskosten für die Maßnahme liegen bei etwa 2.000,- €.

Durch die Umsetzung dieses Vorschlags kann der Energiebedarf deutlich minimiert werden. Es reduziert sich der Heiz- und Kühlenergiebedarf, da die Konditionierung des Außenluftanteils entfällt. Des Weiteren minimiert sich der Bedarf für die Zuluftbefeuchtung und der Strombedarf für den Antrieb des Ventilators. Das Einsparpotential wird folgendermaßen eingeschätzt.

- Minimierung Heizwärmebedarf 2 250 kWh/a
- Minimierung Strombedarf für Wärmeerzeugung 750 kWh/a (Annahme: COP 3)
- Minimierung Strombedarf für die Befeuchtung 500 kWh/a
- Minimierung Kältebedarf 1 800 kWh/a
- Minimierung Strombedarf für Kälteerzeugung 600 kWh/a (Annahme: EER 3)
- Minimierung Strombedarf für Ventilatoren 1 100 kWh/a

Insgesamt reduziert sich der Strombedarf durch diese Maßnahmen um 2 950 kWh/a.

Anmerkung: Die Türen von den Büroräumen sind derzeit meist zum Salone geöffnet. Dies führt dazu, dass durch den Luftaustausch zwischen Büro und Salone die Büroräume indirekt mit Frischluft versorgt werden. Es könnte daher sein, dass nach Umsetzung der Maßnahme die Fenster in den Büros häufiger geöffnet werden müssen, um für eine ausreichende Frischluftversorgung zu sorgen.

5.1.1.2 Verzicht auf Lüftung des Treppenhauses

Das Treppenhaus wird über die gleiche Lüftungsanlage wie der Salone versorgt. Es wird vorgeschlagen, auf die mechanische Belüftung des Treppenhauses vollständig zu verzichten, da im Treppenhaus kein Frischluftbedarf besteht. Es ist auch kein Umluftbetrieb erforderlich, da im Treppenhaus bereits Fan-Coils vorhanden sind, die die Beheizung und Kühlung des Treppenhauses übernehmen können.

Für die Umsetzung dieses Vorschlags sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Verschließen der Lüftungsklappen zwischen Lüftungsgerät und Treppenhaus
- Außerbetriebnahme des Abluftventilators im Treppenhaus

Die Investitionskosten für die Maßnahme liegen bei etwa 500,- €

Durch die Umsetzung dieses Vorschlags kann der Energiebedarf deutlich minimiert werden. Das Einsparpotential wird folgendermaßen eingeschätzt.

- Minimierung Heizwärmebedarf **1125 kWh/a**
- Minimierung Strombedarf für Wärmeerzeugung 375 kWh/a (Annahme: COP 3)
- Minimierung Strombedarf für die Befeuchtung **250 kWh/a**
- Minimierung Kältebedarf **900 kWh/a**
- Minimierung Strombedarf für Kälteerzeugung **300 kWh/a** (Annahme: EER 3)
- Minimierung Strombedarf für Ventilatoren **940 kWh/a**

Insgesamt reduziert sich der Strombedarf durch diese Maßnahmen um **1 865 kWh/a**.

Diese Maßnahme ist für die Umsetzung von Kapitel 4.1.1.1 zwingend erforderlich, da bei einem weiteren Betrieb die Abluftmenge durch Außenluft ersetzt werden müsste.

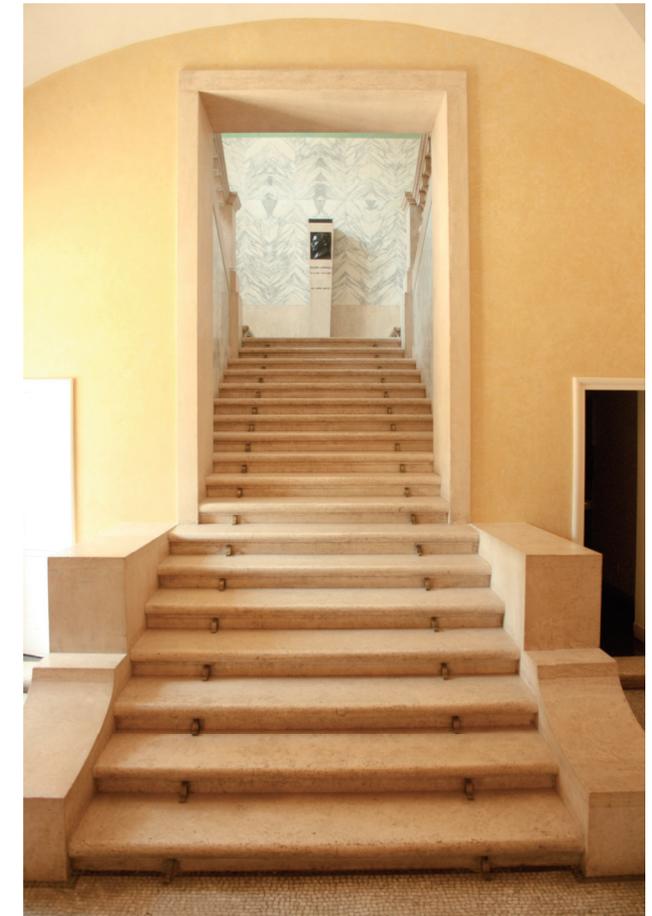


Abb. 5.1.3 Treppenhaus EG Haupthaus

5.1.1 Umbau der Lüftungsanlage im Salone

5.1.1.3 Verzicht auf Luftbefeuchtung und Einbau eines Nachheizregisters

Im Winter wird die Zuluft befeuchtet und im Sommer entfeuchtet.

Die Befeuchtung im Winter erfolgt über einen Dampf-befeuchter. Es ist davon auszugehen, dass die Befeuchtung aufgrund der ursprünglich vorgesehenen Nutzung als Sitzungssaal eingebaut wurde. In allen anderen Räumen befindet sich keine Befeuchtung. Es wird daher vorgeschlagen, die Befeuchtung außer Betrieb zu nehmen. Es muss jedoch noch aus denkmalpflegerischer Sicht abgeklärt werden, ob die Ausstattung des Raumes ggf. eine Befeuchtung benötigt. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass der Verzicht auf die Befeuchtung akzeptiert werden kann, da ja auch die anderen Räume nicht befeuchtet werden und bisher noch keine Schäden aufgetreten sind.

Die Entfeuchtung im Sommer erfolgt über ein Kühlregister. Hierfür wird die Zuluft so weit abgekühlt, dass der Taupunkt unterschritten wird und die Luftfeuchtigkeit auskondensiert. Gemäß Datenblatt kühlt sich dabei die Zuluft im Auslegungsfall auf 12,1 °C ab. Üblicherweise befindet sich nach dem Kühlregister ein Nachheizregister, das die Zuluft wieder erwärmt. Dieses Nachheizregister ist erforderlich, da es bei einer Zulufttemperatur von 12,1 °C zu Zugerscheinungen und einer Auskühlung des Raumes kommen kann. In der bestehenden Lüftungsanlage fehlt jedoch das Nachheizregister. Die Vor-Ort-Begehungen haben auch gezeigt, dass es in dem Salone im Sommer zu kalt ist. Es wird daher empfohlen, aus Behaglichkeitsgründen ein Nachheizregister einzubauen.

Die Lüftungsanlage ist derzeit nur an ein Zweileiter-

netz angeschlossen, das im Winter für die Heizung und im Sommer für die Kühlung genutzt wird. Des Weiteren kann die derzeit vorhandene Wärmepumpe/Kältemaschine entweder nur heizen oder nur kühlen.

Für den Betrieb des Nachheizregisters müsste daher eine zusätzliche Wärmeversorgung realisiert werden. Eine Möglichkeit wäre, das Nachheizregister an den Gasbrennwertkessel des Haupthauses anzuschließen. Alternativ könnte bei einer Erneuerung der Kältemaschine/Wärmepumpe (vgl. Kapitel 4.1.2) darauf geachtet werden, dass im Kühlbetrieb die Abwärme des Kaltwassersatzes zur Versorgung des Nachheizregisters genutzt werden kann.

Für die Umsetzung dieses Vorschlags sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Ausbau der Luftbefeuchtung
- Einbau des Nachheizregisters
- Anschluss des Nachheizregisters an Wärmeversorgung

Die Investitionskosten für die Maßnahme liegen bei etwa 8.100,- €

Durch die Umsetzung dieses Vorschlags kann der Energiebedarf zusätzlich minimiert werden. Es reduziert sich der Energiebedarf durch den Entfall der Befeuchtung.

Der Heizwärmebedarf steigt durch den Betrieb des Nachheizregisters zwar etwas an, aber es wird die thermische Behaglichkeit deutlich verbessert. Ein weiterer Vorteil ist, dass sich durch den Betrieb des Nachheizregisters die Raumtemperatur im Sommer von etwa 20 – 22 °C auf 26 °C erhöht. Durch die hö-

here Raumtemperatur sinkt die relative Luftfeuchtigkeit und der Entfeuchtungsbedarf minimiert sich. Das Einsparpotential wird folgendermaßen eingeschätzt:

- Erhöhung Heizwärmebedarf ca. 70 kWh/a
- Erhöhung Strombedarf für Wärmeerzeugung ca. 23 kWh/a (Annahme: COP 3)
- Minimierung Strombedarf für die Befeuchtung 40 kWh/a
- Minimierung Kältebedarf 440 kWh/a
- Minimierung Strombedarf für Kälteerzeugung 146 kWh/a (Annahme: EER 3)

Insgesamt reduziert sich der Strombedarf durch diese Maßnahmen um **163 kWh/a**.

5.1.1 Umbau der Lüftungsanlage im Salone

5.1.1.4 Regelungs- und Betriebsoptimierung

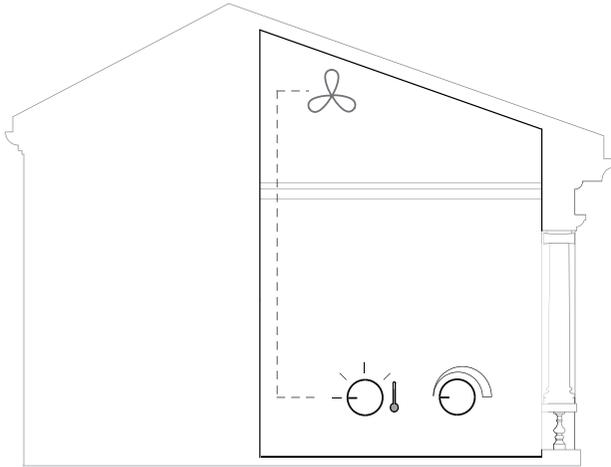


Abb. 5.1.4 Maßnahme Steuerung Lüftungstechnik Salone Haupthaus

Die Bedienung der Lüftungsanlage sollte optimiert werden. Gemäß dem ursprünglichen Konzept sollte die Lüftungsanlage vollautomatisch betrieben werden. Über eine Zeitschaltuhr sollte sichergestellt werden, dass die Lüftungsanlage nur während der Betriebszeiten läuft. Die Zeitschaltuhr funktioniert jedoch leider nicht. Daher kann die Lüftungsanlage derzeit nur über einen zentralen Schalter in der Lüftungszentrale manuell an- und ausgeschaltet werden. Dies ist relativ umständlich und kann auch leicht vergessen werden. Gemäß Aussagen der Nutzer wird die Lüftungsanlage am Wochenende und meist auch nachts abgestellt. Während der Übergangszeit wird die Lüftungsanlage normalerweise überhaupt nicht ein bzw. ausgeschaltet. Die Raumsolltemperatur kann durch die Nutzer überhaupt nicht verändert werden.

Es wird vorgeschlagen, die Regelung der Lüftungsanlage zu optimieren. Der Betrieb der Lüftungsanlage könnte über ein Zeitprofil gesteuert werden, das vom Nutzer einfach übersteuert werden kann. Des Weiteren sollte dem Nutzer die Möglichkeit gegeben werden, die Raumsolltemperatur z.B. über ein Bedientableau im Salone, einzustellen.

Des Weiteren haben sich einige Nutzer beschwert, dass es im Salone im Winter zu kalt ist. Die Ursache hierfür kann derzeit nicht eindeutig geklärt werden. Es ist davon auszugehen, dass die Heizleistung der Lüftungsanlage ausreichend ist, um den Raum zu beheizen. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass die Luftauslässe eine ausreichende Durchmischung der Raumluft sicherstellen. Daher wird derzeit davon ausgegangen, dass die unbehaglichen Temperaturen im Winter auf regelungstechnische Probleme zurückzuführen sind. Dies sollte im Rahmen des Umbaus des Lüftungsgeräts detaillierter analysiert und behoben werden.

Durch diese Maßnahme kann der Heizenergie-, Kühlenergie und Strombedarf des Gebäudes deutlich minimiert werden. Eine Quantifizierung ist jedoch nicht möglich, da das Einsparpotential stark durch das bisherige bzw. zukünftige Nutzerverhalten beeinflusst wird.

Die Investitionskosten für die Maßnahme liegen bei etwa 6.000,- €.

5.1.1.4 Zusammenfassung der Maßnahmen an der Lüftungsanlage

Es wird vorgeschlagen, alle oben beschriebenen Maßnahmen an der Lüftungsanlage durchzuführen. Die Investitionskosten liegen bei 16 600,- €. Die Stromeinsparung beträgt unter den oben genannten Randbedingungen insgesamt etwa 5 000 kWh/a.

Dabei wurde von einem optimalen Nutzerverhalten ausgegangen, bei dem die Nutzer die Lüftungsanlage nachts und am Wochenende ausschalten. Aufgrund der aufwendigen Bedienung des Lüftungsgeräts könnte es auch sein, dass die Lüftungsanlage derzeit teilweise unbeabsichtigt läuft. In diesem Fall könnte die Stromeinsparung insgesamt auf bis zu 20 000 kWh/a ansteigen.

5.1.2 Wärme- und Kälteerzeugung über Grundwasser

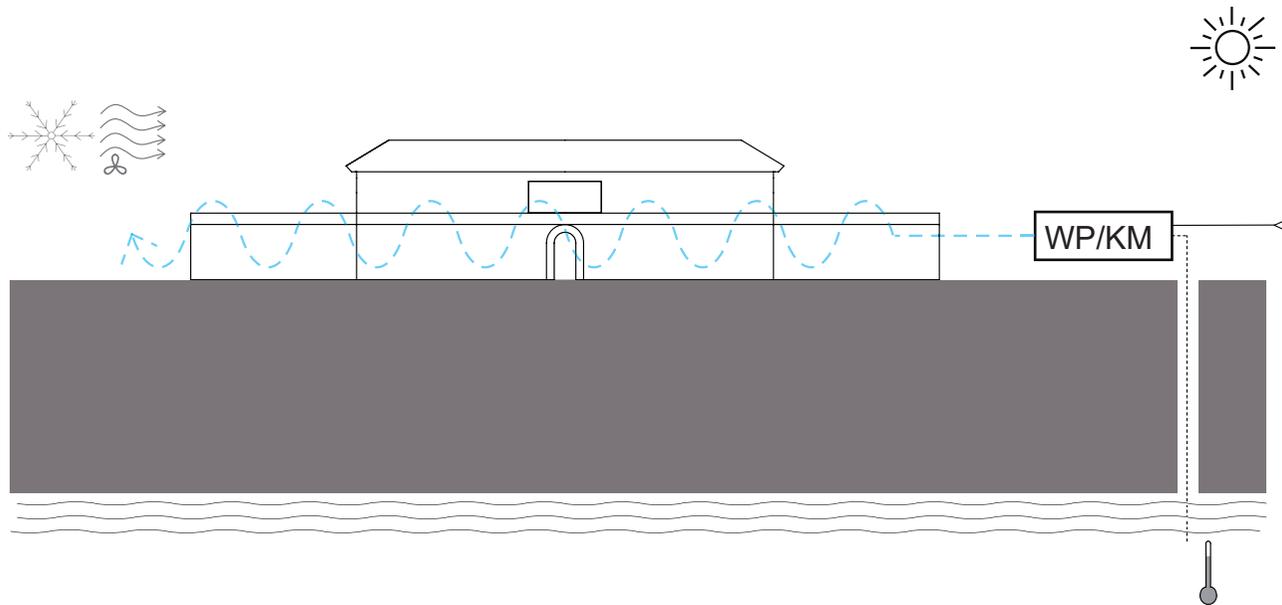


Abb. 5.1.5 Maßnahme Nutzung Grundwasser zur Kühlung Haupthaus

Die Kälteerzeugung für das Haupthaus erfolgt momentan durch einen luftgekühlten Kaltwassersatz mit Kreislaufumkehr, der auch zur Heizung verwendet wird. Da der COP des Geräts durch die trockene Rückkühlung mit Luft bzw. im Wärmepumpenbetrieb mit der Wärmequelle Luft nicht optimal ist wird angedacht, den Kaltwassersatz durch eine Wärmepumpe mit der Wärmequelle Grundwasser zu ersetzen.

Diese Wärmepumpe würde mit einem sehr viel besseren COP laufen als die Anlage im Bestand. Die Wärmepumpe würde ebenfalls mit Kreislaufumkehr ausgerüstet werden, um Tieftemperaturkühlung auf dem Temperaturniveau 7/12°C (Auslegungstemperaturen der Fan Coils) zu ermöglichen. Dieses Temperaturniveau wird nur an sehr heißen und feuchten Tagen benötigt. Bei milderer Außenluftzuständen kann die Wärmepumpe optional umgangen werden und frei über das Grundwasser gekühlt werden, was die Energieeffizienz der Anlage nochmals deutlich erhöht.

Eine Vorabfrage ergab, dass Grundwassernutzung in Rom grundsätzlich möglich und prinzipiell auch erwünscht ist. Es ist eine Genehmigung durch die „Provincia“ und die „Autorita 'di Bacino“ erforderlich. Das Temperaturniveau des Grundwassers darf um maximal 3K verändert werden.

5.1.2 Wärme- und Kälteerzeugung über Grundwasser

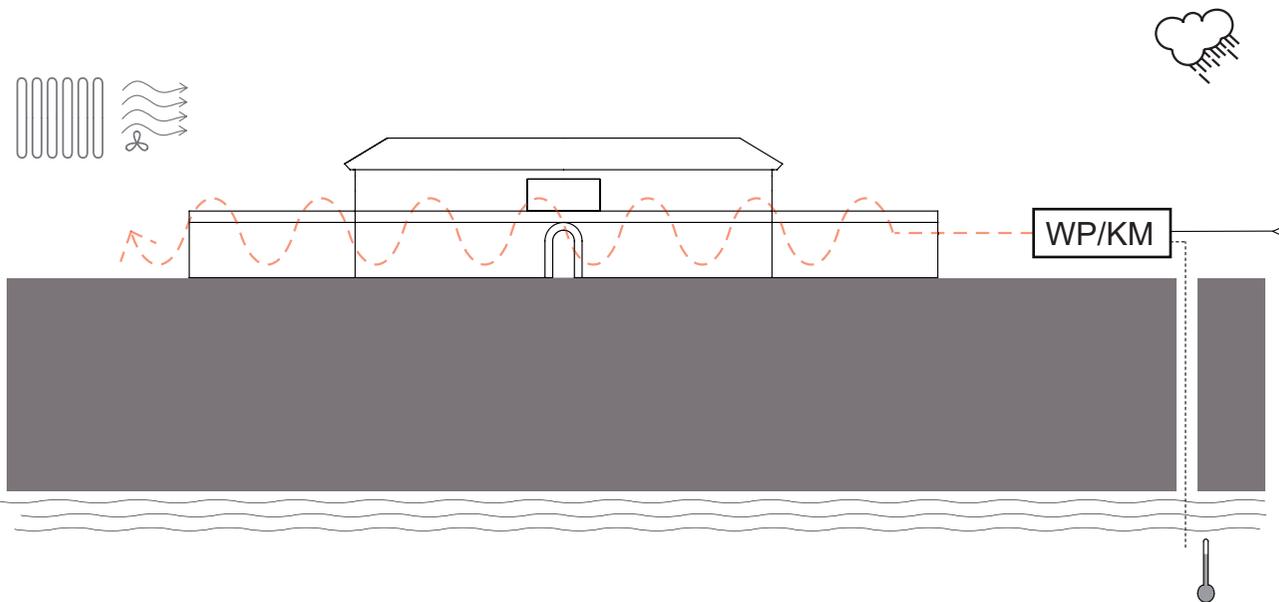


Abb. 5.1.6 Maßnahme Nutzung Grundwasser zur Heizung Haupthaus

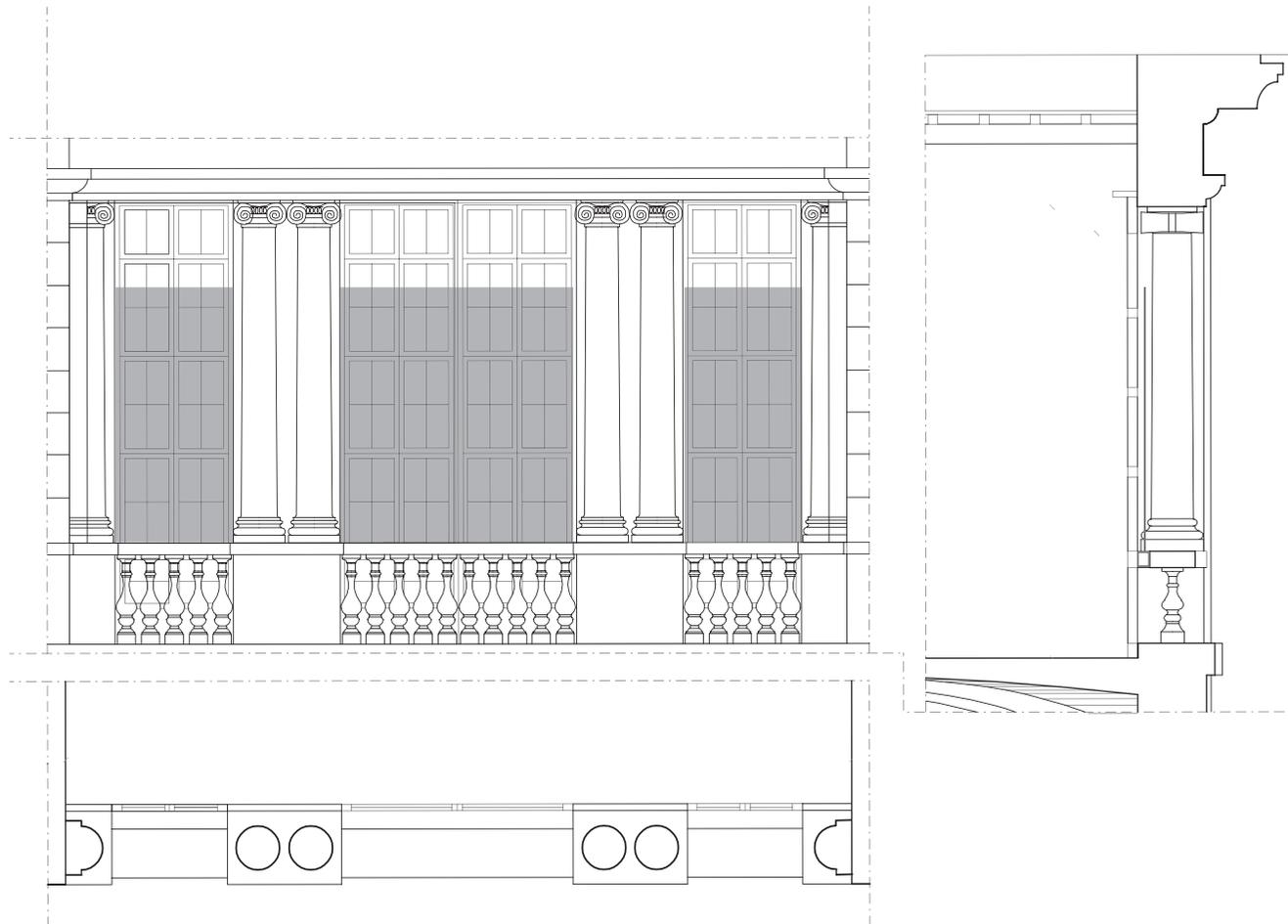
Für die Umsetzung dieses Vorschlags sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Überprüfung und Anpassung der erforderlichen Heiz- bzw. Kühlleistung
- Errichtung einer Brunnenanlage mit Saug- und Schluckbrunnen
- Erneuerung der Wärmepumpe/Kältemaschine
- Einbau eines Trennwärmetauschers
- Anpassung der Hydraulik und der MSR

Die Investitionskosten für die Maßnahme liegen bei etwa 140.000,- €.

Die Einsparung durch die Umstellung der Wärme- und Kälteerzeugung kann nur grob abgeschätzt werden, da der derzeitige Wärme- und Kältebedarf nicht gemessen wurde. Unter der Annahme, dass der derzeitige Strombedarf der Wärme- und Kälteerzeugung bei 60 000 kWh/a liegt, errechnet sich ein Einsparpotential in Höhe von etwa 20 000 kWh/a.

5.1.3 Beweglicher Sonnenschutz im Salone



Der Salone ist nach Süden verglast. Derzeit ist kein Sonnenschutz vorhanden. Der Kühlenergiebedarf des Salone könnte durch den Einbau eines beweglichen Sonnenschutzes minimiert werden.

Die Möglichkeiten zur denkmalgerechten Integration eines außenliegenden Sonnenschutzes müssen noch detailliert ausgearbeitet werden. Derzeit ist angedacht, den Sonnenschutz im Bereich der Brüstung zu montieren und bei Verschattungsbedarf den Sonnenschutz von unten nach oben zu schließen. Der Vorteil eines Sonnenschutzes, der sich von unten nach oben schließt liegt darin, dass der obere Bereich des Fensters bei hochstehender Sonne sowie verschattet wird. Des Weiteren kann das Sonnenschutzpaket hinter der Brüstung architektonisch gut integriert werden. Nachteilig könnte ggf. sein, dass das Sonnenschutzpaket in dieser Lage vor Regen/ Verschmutzung schlechter geschützt ist.

Die Investitionskosten für die Maßnahme liegen bei etwa 7 500,- €

Abb. 5.1.7 Maßnahme Sonnenschutz Salone / Haupthaus

5.1.3 Beweglicher Sonnenschutz im Salone

Ein außenliegender beweglicher Sonnenschutz ermöglicht eine starke Einsparung von Kühlenergie bei nur minimal erhöhtem Heizenergiebedarf. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Regelung des Sonnenschutzes dahingehend optimiert wird, dass bei Kühlbetrieb und aktivem Sonnenschutz der solare Eintrag minimiert wird, gleichzeitig die Tageslichtversorgung so gut bleibt, dass auf das Kunstlicht verzichtet werden kann. Durch den Einbau eines außenliegenden Sonnenschutzes kann der Energiebedarf des Gebäudes folgendermaßen minimiert werden:

- Erhöhung Heizwärmebedarf 30 kWh/a
- Erhöhung Strombedarf für Wärmeerzeugung 10 kWh/a (Annahme: COP 3)
- Minimierung Kältebedarf 630 kWh/a
- Minimierung Strombedarf für Kälteerzeugung 210 kWh/a (Annahme: EER 3)

Insgesamt reduziert sich der Strombedarf durch diese Maßnahme um 200 kWh/a.

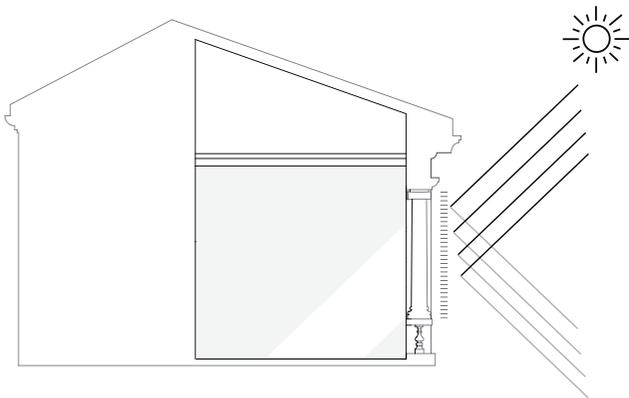


Abb. 5.1.18 Reduktion solarer Eintrag Salone / Haupthaus



Abb. 5.1.19 Innenansicht Fensterelement Salone / Haupthaus



Abb. 5.1.20 Außenansicht Fensterelement Salone / Haupthaus



Abb. 5.1.21 Innenansicht Salone / Haupthaus

5.2 Maßnahmen Studios

5.2.1 Dämmung der Dächer bzw. der obersten Geschossdecke

Die Dächer bzw. obersten Geschossdecken sind derzeit nicht gedämmt. Dies führt sowohl zu einem erhöhten Heizwärmebedarf im Winter als auch zu unerwünschten Wärmeeinträgen im Sommer. Daher wird empfohlen das Dach bzw. die oberste Geschossdecke zu dämmen.

Das Dach kann über eine Zwischensparrendämmung gedämmt werden. Hierfür müsste die Gipskartonplatte entfernt werden. Dann wird die Wärmedämmung (z.B. Mineralwolle) zwischen die Sparren geklemmt. Anschließend wird das Dach wieder mit einer Gipskartonplatte geschlossen. Die Sparrenhöhe liegt bei 30 cm. Die Dicke der Zwischensparrendämmung sollte zwischen 12 – 16 cm liegen. Der U-Wert kann dadurch von 1,67 W/m²K auf 0,24 W/m²K verbessert werden.

Die oberste Geschossdecke wird dadurch gedämmt, dass auf die bestehende Geschossdecke eine Dämmung gelegt wird. Anschließend wird die Dämmung durch eine zusätzliche Abdeckung (z.B. Holzwerkstoffplatte) vor Beschädigungen geschützt. Die Dicke der Dämmung sollte zwischen 10 – 12 cm betragen. Der U-Wert kann dadurch von 0,64 W/m²K auf 0,22 W/m²K verbessert werden.

Die Investitionskosten für die Maßnahme liegen bei 80,- €/m²; insgesamt also zwischen 100 000,-€ und 120 000,- €

Durch die Dämmung der Dächer bzw. obersten Geschossdecken kann der Energiebedarf des Gebäudes folgendermaßen minimiert werden:

- Minimierung Erdgasbedarf ca. **101 000 kWh/a**

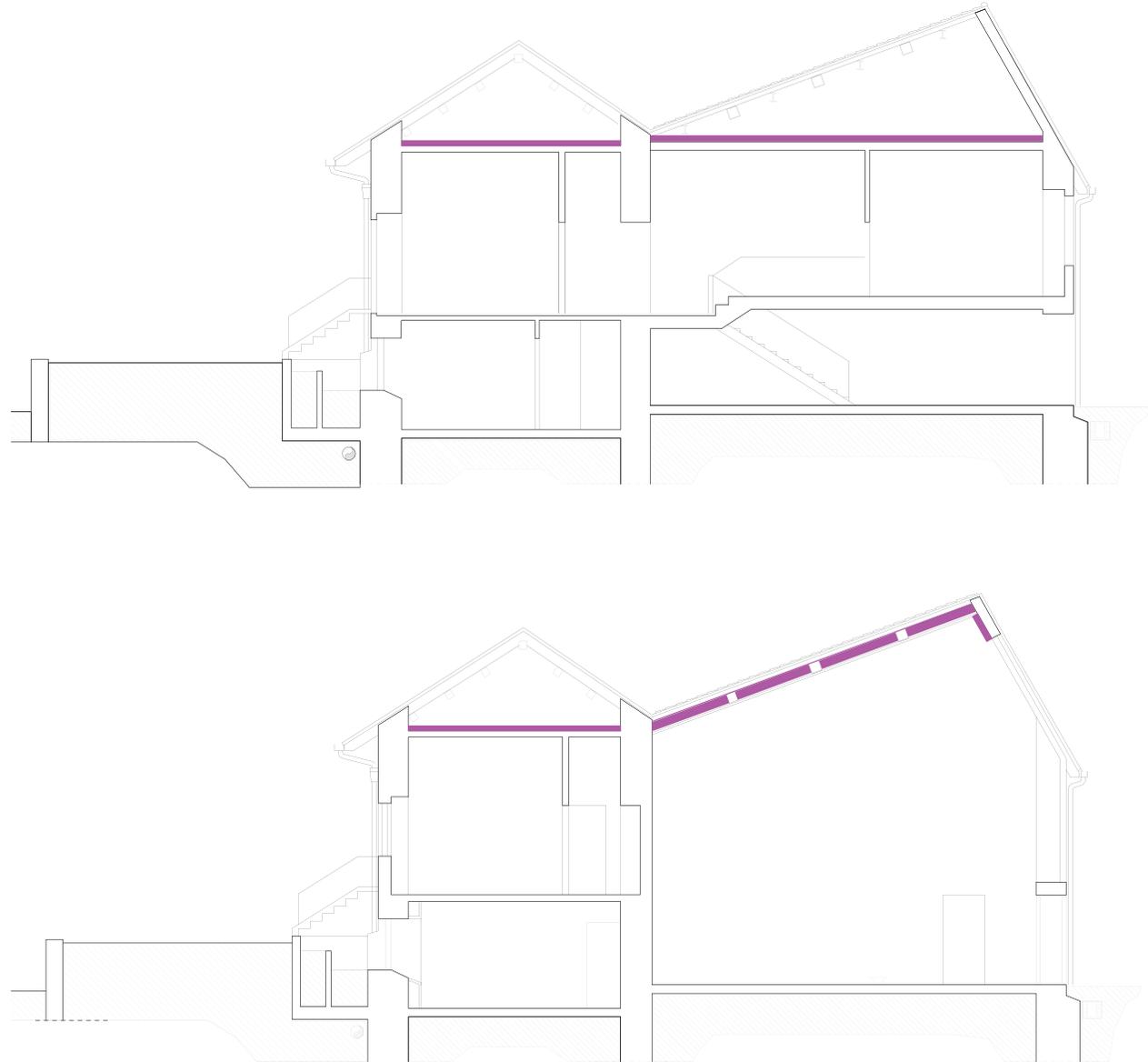


Abb. 5.2.1 Maßnahme Dämmung Dach bzw.oberste Geschossdecke Studios

Decke (Außenbauteil) / oberste Geschossdecke 1

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	μ_{\min}/μ_{\max}	s_d -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN V 4108 1.1.5 Leichtputz ≤ 700	30	0,250	15 / 20	0,450	100,0
2	DIN V 4108 1.2.1 Zementmörtel	15	1,600	15 / 35	0,225	100,0
3	DIN V 4108 4.1.3 Hochlochziegel 1000 LM21/LM 36	490	0,400	5 / 10	2,450	100,0
4	DIN V 4108 1.2.1 Zementmörtel	15	1,600	15 / 35	0,525	100,0

Verwendet für:
oberste Geschossdecke ($U=0,639 \text{ W/m}^2\text{K}$)

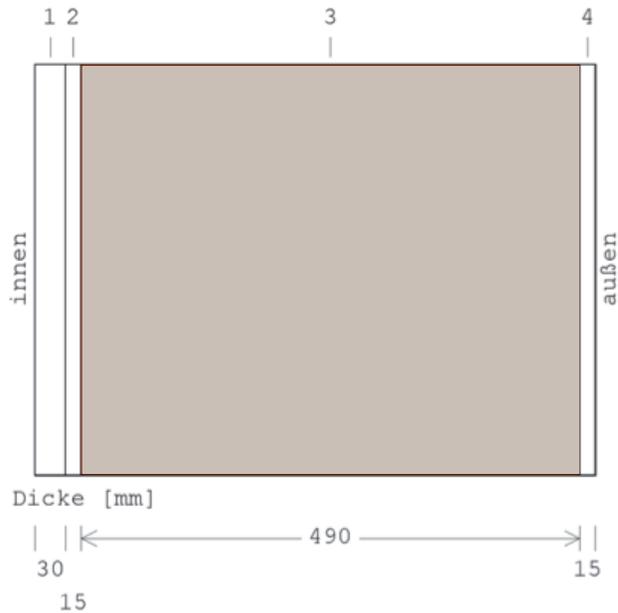


Abb. 5.2.2 Aufbau oberste Geschossdecke ohne Dämmung / Schema und Tabelle

Oberste Geschossdecke gedämmt

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	μ_{\min}/μ_{\max}	s_d -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN V 4108 1.1.5 Leichtputz ≤ 700	30	0,250	15 / 20	0,450	100,0
2	DIN V 4108 1.2.1 Zementmörtel	15	1,600	15 / 35	0,225	100,0
3	DIN V 4108 4.1.3 Hochlochziegel 1000 LM21/LM 36	490	0,400	5 / 10	2,450	100,0
4	DIN V 4108 1.2.1 Zementmörtel	15	1,600	15 / 35	0,225	100,0
5	DIN V 4108 5.7.2 Mehrschicht-Leichtbaupl. EPS GW 0,0385 Kategorie II	120	0,040	20 / 50	6,000	100,0

Verwendet für:
oberste Geschossdecke ($U=0,219 \text{ W/m}^2\text{K}$)

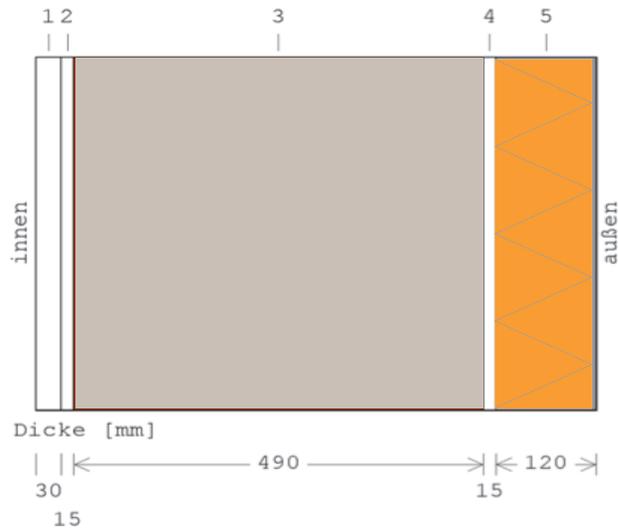
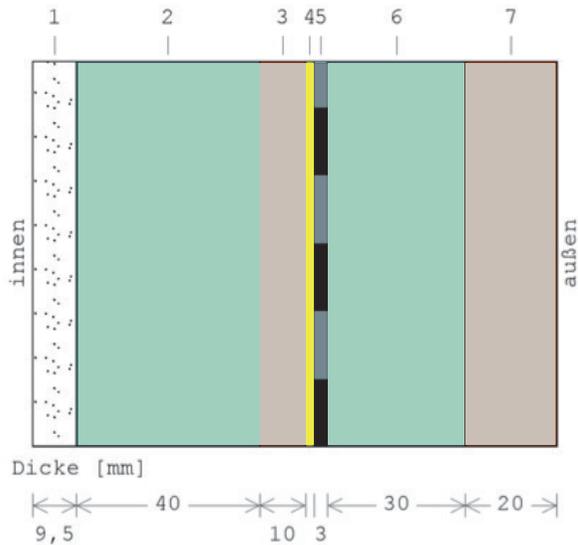


Abb. 5.2.3 Aufbau oberste Geschossdecke mit Dämmung / Schema und Tabelle

Steildach / Aufsparrendämmung 1

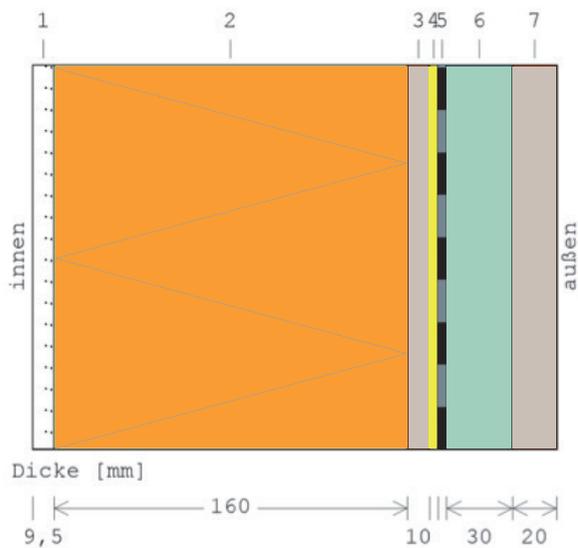


Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	μ_{\min}/μ_{\max}	s_d -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN V 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	9,5	0,250	8 / 8	0,076	100,0
2	(WUFI-Wert) Luftschicht 40 mm	40	$R=0,160$ m^2K/W	1 / 1	0,040	100,0
3	(WUFI-Wert) Vollziegel, alt	10	0,600	15 / 15	0,150	100,0
4	URSA - URSA SECO 400 Dampfbremse	0,19	0,200	0 / 0	0,000	100,0
5	DIN V 4108 7.3.1 Bitumendachbahnen (DIN 52128)	3	0,170	10000 / 80000	30,000	100,0
6	(WUFI-Wert) Luftschicht 30 mm	30	$R=0,160$ m^2K/W	1 / 1	0,030	100,0
7	(WUFI-Wert) Vollziegel, alt	20	0,600	15 / 15	0,300	100,0

Verwendet für:

Dach sueden geneigt ($U=1,765$ W/m²K)

Abb. 5.2.4 Aufbau Steildach Süd ohne Dämmung / Schema und Tabelle



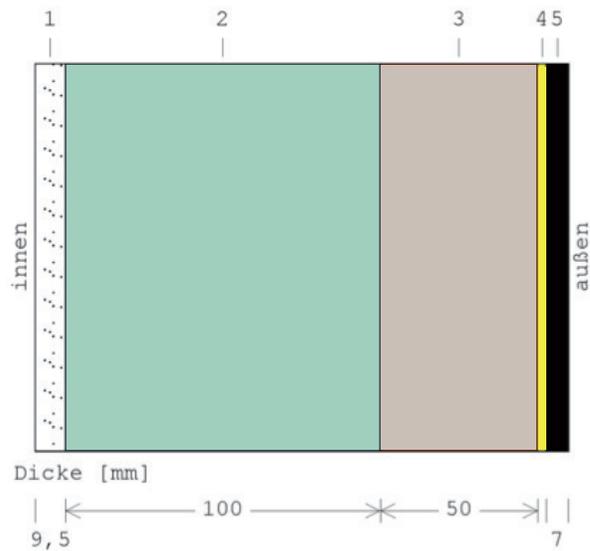
Steildach / Aufsparrendämmung 1

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	μ_{\min}/μ_{\max}	s_d -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN V 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	9,5	0,250	8 / 8	0,076	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0290 Kategorie II	160	0,030	1 / 1	0,160	100,0
3	(WUFI-Wert) Vollziegel, alt	10	0,600	15 / 15	0,150	100,0
4	URSA - URSA SECO 400 Dampfbremse	0,19	0,200	0 / 0	0,000	100,0
5	DIN V 4108 7.3.1 Bitumendachbahnen (DIN 52128)	3	0,170	10000 / 80000	30,000	100,0
6	(WUFI-Wert) Luftschicht 30 mm	30	$R=0,160$ m^2K/W	1 / 1	0,030	100,0
7	(WUFI-Wert) Vollziegel, alt	20	0,600	15 / 15	0,300	100,0

Verwendet für:

Dach sueden geneigt ($U=0,174$ W/m²K)

Abb. 5.2.5 Aufbau Steildach Süd mit Dämmung / Schema und Tabelle

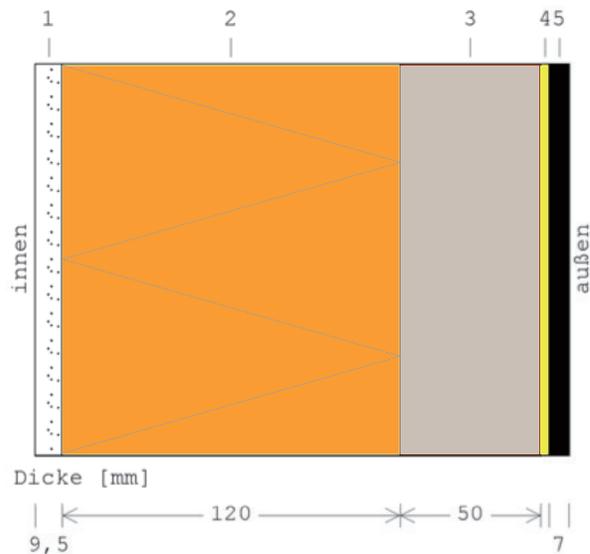


Steildach / Aufsparrendämmung 2

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	μ_{\min}/μ_{\max}	s_d -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN V 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	9,5	0,250	8 / 8	0,076	100,0
2	(WUFI-Wert) Luftschicht 40 mm	100	$R=0,160$ m^2K/W	1 / 1	0,100	100,0
3	(WUFI-Wert) Vollziegel, alt	50	0,600	15 / 15	0,750	100,0
4	URSA - URSA SECO 400 Dampfbremse	0,19	0,200	0 / 0	0,000	100,0
5	DIN V 4108 7.3.2 Nackte Bitumendachbahnen nach DIN 52129	7	0,170	2000 / 20000	140,000	100,0

Verwendet für:
Dach norden geneigt ($U=2,158$ W/m²K)

Abb. 5.2.6 Aufbau Steildach Nord ohne Dämmung / Schema und Tabelle



Steildach / Aufsparrendämmung 2

Schicht	Material	Dicke [mm]	λ [W/mK]	μ_{\min}/μ_{\max}	s_d -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN V 4108 3.4 Gipskartonplatten nach DIN 18180	9,5	0,250	8 / 8	0,076	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0290 Kategorie II	120	0,030	1 / 1	0,120	100,0
3	(WUFI-Wert) Vollziegel, alt	50	0,600	15 / 15	0,750	100,0
4	URSA - URSA SECO 400 Dampfbremse	0,19	0,200	0 / 0	0,000	100,0
5	DIN V 4108 7.3.2 Nackte Bitumendachbahnen nach DIN 52129	7	0,170	2000 / 20000	140,000	100,0

Verwendet für:
Dach norden geneigt ($U=0,232$ W/m²K)

Abb. 5.2.7 Aufbau Steildach Nord mit Dämmung / Schema und Tabelle

5.2.2 Dachfenster zur natürlichen Lüftung

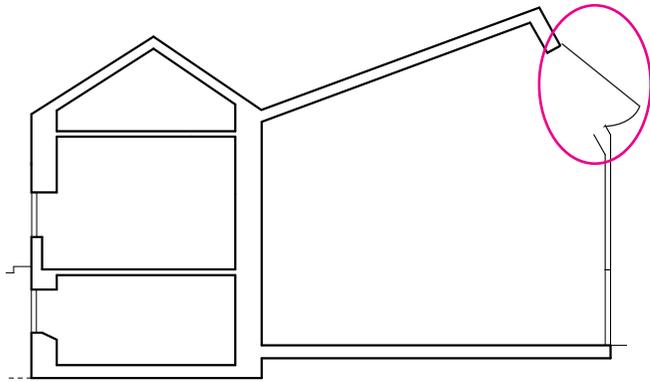


Abb. 5.2.8 Öffnungsflügel für natürliche Durchlüftung Atelierraum / Studios

Die thermische Simulation hat gezeigt, dass durch den Einbau von zusätzlichen öffentbaren Dachfenstern das sommerliche Verhalten der Studios deutlich verbessert werden kann. Daher wird empfohlen in jedem Studio zusätzliche Lüftungsflügel mit einem freien Querschnitt von etwa 2 m² vorzusehen. Diese Lüftungsflügel werden über Motorantriebe vom Nutzer bedient. Zur Verbesserung der thermischen Verhältnisse im Sommer ist es empfehlenswert, wenn der Nutzer die Lüftungsöffnungen immer dann öffnet, wenn die Raumtemperatur zu hoch ist und gleichzeitig die Außentemperatur geringer als die Raumtemperatur ist.

Eine optimale Durchlüftung wird erzielt, wenn vom Nutzer gleichzeitig auch die unteren Lüftungsöffnungen und ggf. auch die Türe geöffnet werden. Es ist noch zu klären, wie bei den Dachfenstern ein ausreichender Witterungsschutz gewährleistet wird. Die Investitionskosten -je nach Art der Ausführung variierend- für die Maßnahme liegen bei ca. 350,- €/m²; insgesamt also bei 12 000,- €.



Abb. 5.2.9 Ansicht Nord Eingang Atelierraum / Studios

5.2.3 Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung

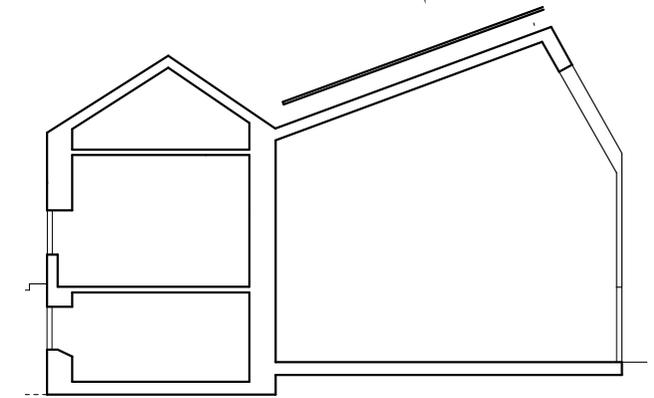


Abb. 5.2.10 Lage thermische Kollektoren zur Warmwasserbereitung

Die Studios werden über eine zentrale Warmwasserbereitung mit Warmwasser versorgt. Es wird vorgeschlagen auf den südorientierten Dächern der Studios thermische Kollektoren vorzusehen, die im Sommer die Warmwasserbereitung übernehmen. Die Kollektoren werden auf das Dach montiert, da aus denkmalschutztechnischen Gründen aufgeständerte Module nicht möglich sind. Daher liegt die Neigung der Kollektoren bei 20 °.

Die Warmwasserbereitung ist auf 40 Personen ausgelegt. Durchschnittlich sind jedoch nur etwa 24 Personen anwesend. Aufgrund der vergleichsweise langen Zirkulationsleitung ist der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung jedoch vergleichsweise hoch.

Die thermische Solaranlage besteht aus Flachkollektoren mit einer Kollektorfläche von 50 m². Mit dieser Fläche kann etwa 40 % des jährlichen Warmwasserbedarfs der Studios gedeckt werden. Im Sommer kann die thermische Solaranlage die Warmwasserbereitung vollständig übernehmen. Zur Überbrückung

der Nacht und von „Schlechtwettertagen“ wird die Solarwärme in zwei Solarspeicher mit einer Größe von je 1500 l zwischengespeichert. Die Warmwasserbereitung erfolgt über ein Frischwassersystem mit einer Schüttleistung von 70 l/min.

Der Heizungsraum befindet sich derzeit in dem Raum Sb 7c.0.01. Dieser Heizungsraum ist nicht groß genug, um die zusätzlichen Solarspeicher unterzubringen. Daher muss geprüft werden, ob z.B. die Abstellräume Sb 7b.0.02 oder Sb 7b.0.03 für die Aufstellung der Solarspeicher genutzt werden können.

Des Weiteren muss geprüft werden, ob die Dächer statisch geeignet sind, die zusätzlichen statischen Lasten der Kollektoren aufzunehmen. Das Eigengewicht der Kollektoren liegt bei ca. 20 – 25 kg/m².

Für die Umsetzung dieses Vorschlags sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Einbau von 50 m² Flachkollektoren
- Einbau von zwei Solarspeichern á 1500 l
- Einbau einer Frischwasserstation mit einer Schüttleistung von 70 l/min
- Ausbau der vorhandenen Warmwasserbereitung
- Anschlussarbeiten für Rohrleitungen
- Zusätzlicher Platzbedarf für Aufstellung der Solarspeicher muss geschaffen werden.

Die Investitionskosten für die Maßnahme liegen bei etwa 35 000,- € bis 40 000,- €.

Der Gasbedarf des Gebäudes kann durch die thermische Solaranlage folgendermaßen reduziert werden:

- Einsparung Gas 24 000 kWh/a

5.2.4 Photovoltaikanlage

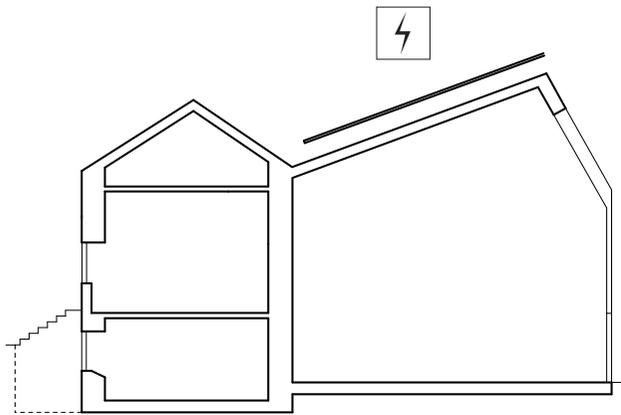


Abb. 5.2.11 Photovoltaikanlage über Atelierraumdach

Die verbleibenden Dächer auf den Studios können mit Photovoltaikmodulen belegt werden. Dabei wurde davon ausgegangen, dass aus denkmalsteuertechnischen Gründen jeweils nur das hintere Dach belegt wird. Die Dachfläche des hinteren Daches beträgt insgesamt 844 m². Der untere Bereich des Daches kann nicht genutzt werden, da dieser durch das vordere Dach verschattet wird. Es wird davon ausgegangen, dass die Bereiche, die bei einem Sonnenhöhenwinkel von 15 ° verschattet werden, nicht mit Photovoltaikmodulen belegt werden. Unter dieser Voraussetzung errechnet sich eine solar nutzbare Fläche in Höhe von 664 m². Davon werden 50 m² für die thermische Solaranlage benötigt. Daher verbleibt eine Fläche in Höhe von 614 m², die mit Photovoltaikmodulen belegt werden kann.

Die Photovoltaikmodule sind 20 ° geneigt und Richtung Süd (Azimuth 17 °) orientiert. Die installierte Leistung beträgt 80 kWp. Über das Programm Sun-

nyDesign wurde ein spezifischer Ertrag in Höhe von 1390 kWh/kWp errechnet. Zusätzlich wurde noch eine Ertragsminderung durch Verschmutzung und Alterung der Module in Höhe von 10 % angenommen. Unter diesen Randbedingungen ergibt sich ein jährlicher Ertrag in Höhe von 108.000 kWh/a.

Derzeit liegt die Einspeisevergütung für architektonisch integrierte Anlagen über 20 kWp bei 0,423 €/kWh zuzüglich der Einnahmen aus dem Stromverkauf. Diese Einspeisevergütung ist für einen Zeitraum von 20 Jahren garantiert. Die Vergütung liegt damit über den Werten in Deutschland.

Italien wird die Förderung für Solarstrom ab dem Jahr 2011 voraussichtlich moderat senken. Dies hat der Rat aus Vertretern der italienischen Regionen und der Zentralregierung (Conferenza Stato e Regioni) am 8.07.2010 in Rom beschlossen. Diese Neuregelung tritt in Kraft, sobald sie im italienischen Staatsanzeiger veröffentlicht wurde. Für Anlagen, die bis zum 31.12.2010 ans Netz gehen, gelten weiterhin die Fördertarife des Conto Energia II mit einer Sonderregelung für die Inbetriebnahme, um Verspätungen beim Netzanschluss aufzufangen. Daher empfiehlt es sich, die Photovoltaikanlage auf den Dächern der Villa Massimo noch vor dem Jahreswechsel rechtssicher in Betrieb zu nehmen.

Die Preise für Photovoltaikanlagen liegen derzeit einem Preis in Höhe von 3 000,- €/kWp. Für die gesamte Anlage ist daher mit Investitionskosten in Höhe von 240 000,- € zu rechnen.

Es muss zusätzlich noch geprüft werden, ob die Statik des Daches die Integration der Photovoltaikmodule zulässt.



Abb. 5.2.12 Aufsicht Dachflächen zur Solarenergienutzung

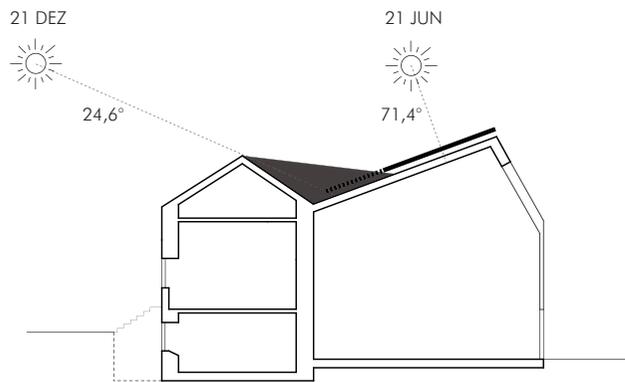


Abb. 5.2.13
Verschattung der Solarthermie- und Photovoltaikanlage bei verschiedenen Sonnenständen

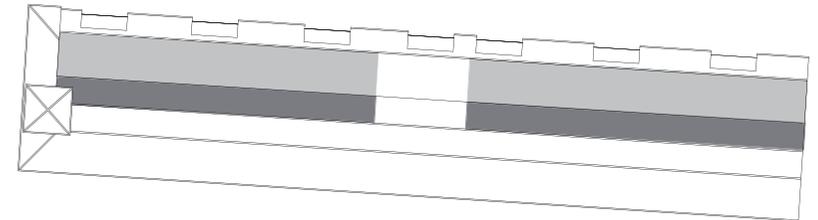
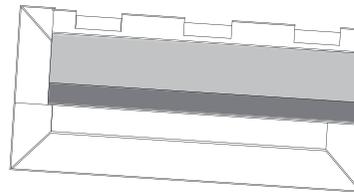


Abb. 5.2.14
Belegung mit PV Modulen abzüglich der verschatteten Bereiche (s. Schnitt)

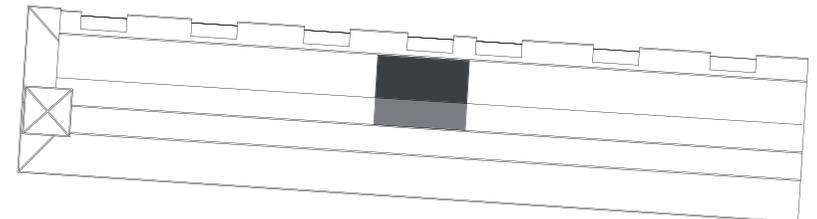
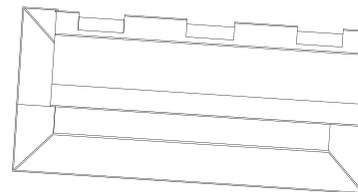


Abb. 5.2.15
Belegung mit solarthermischen Kollektoren abzüglich der verschatteten Bereiche (s. Schnitt)

Gegenüberstellung Maßnahmen vorher - nachher

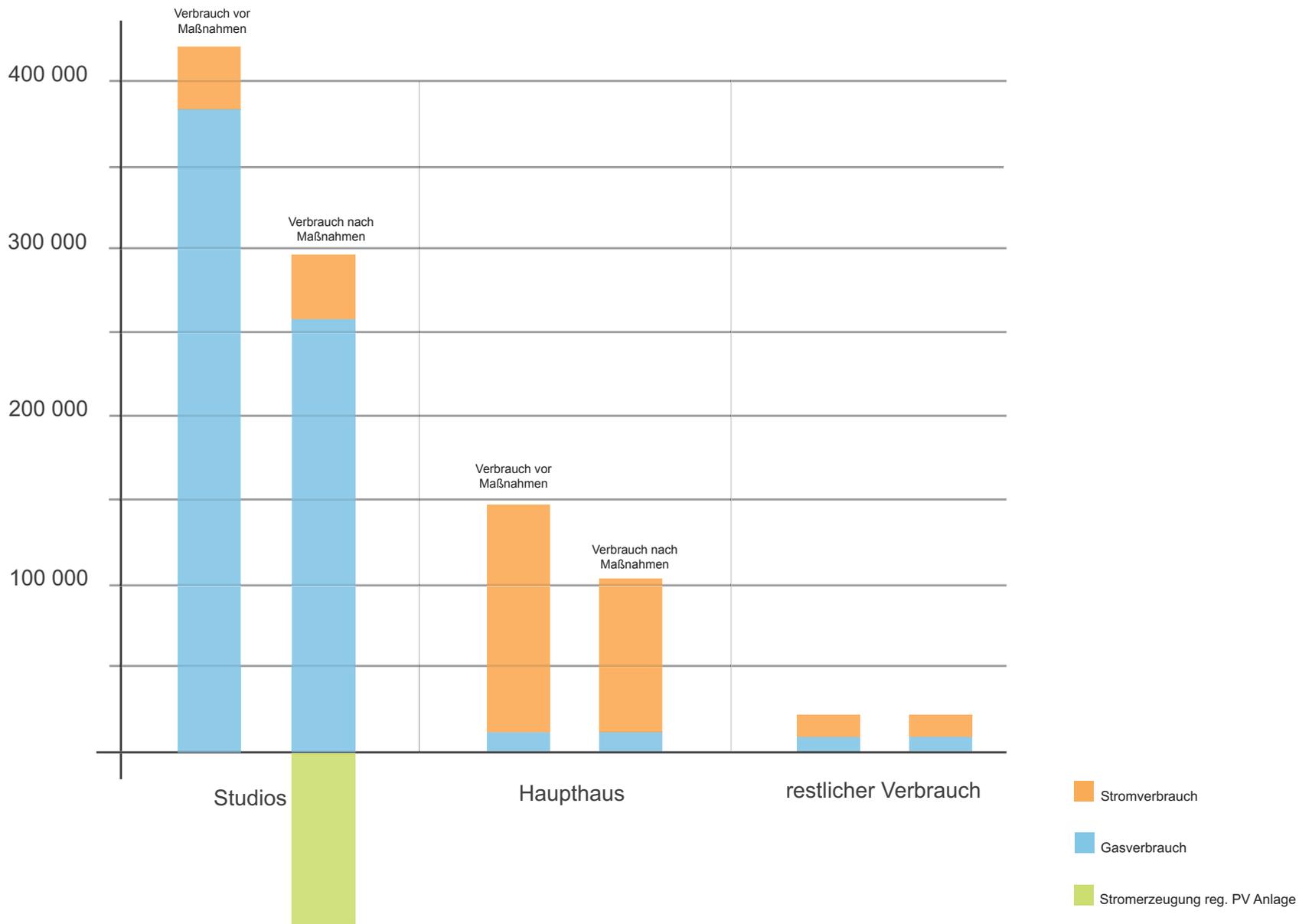


Abb. 5.3.1
Gegenüberstellung des Energiebedarfs nach Gebäuden von Ausgangsvariante sowie nach Betrachtung der Maßnahmen

Gegenüberstellung Maßnahmen vorher - nachher

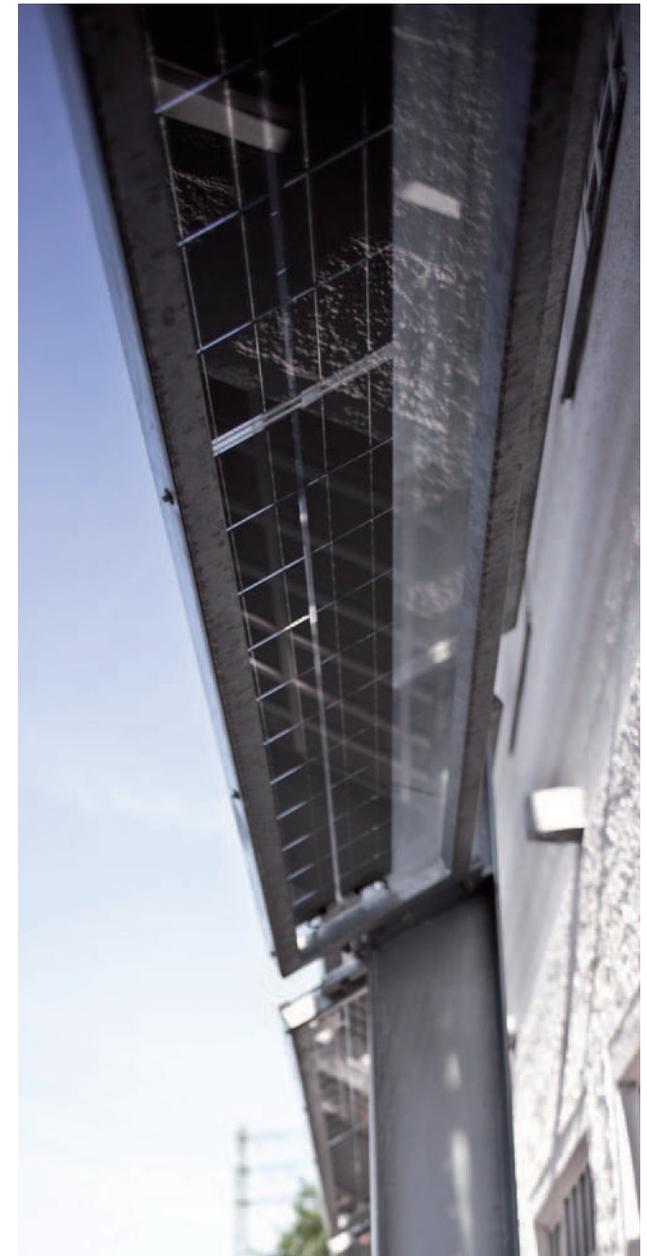
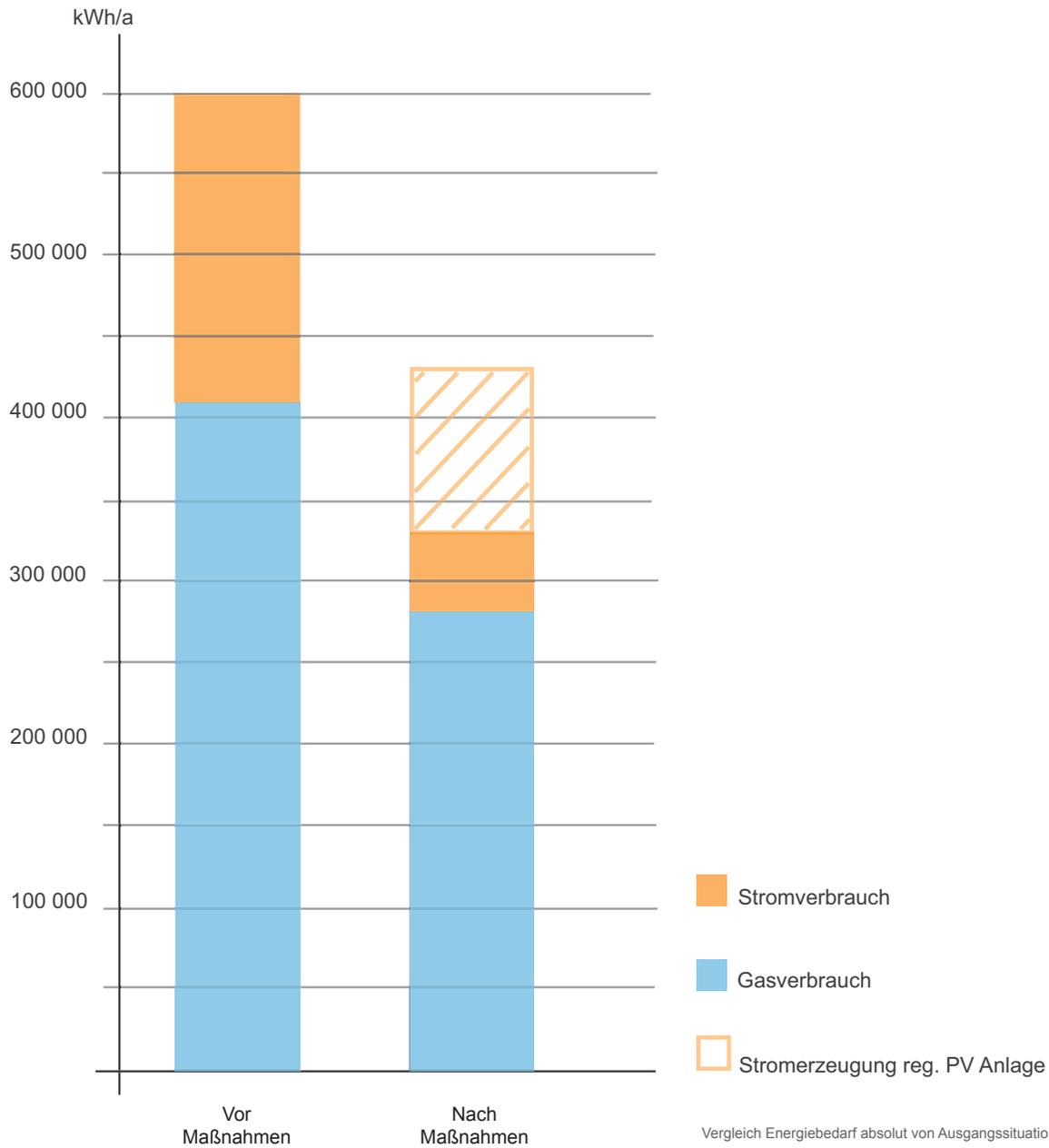


Abb. 5.3.3 Beispiel PV Integration in Dachüberstand als Verschattungselement

5.4 Untersuchung alternativer Wärme- und Kälteversorgungskonzepte für die Künstlerwohnungen und Atelierräume

5.4.1 Grundlagen und Rahmendaten

Derzeit werden die Künstlerwohnungen und Atelierräume nicht gekühlt. Für die Werkstattbereiche wurde in den vorhergehenden Kapiteln 5.2.1 – 5.2.2 der Einfluss einer Nachtlüftung als passive Maßnahme zur Verbesserung des thermischen Komforts in den Sommermonaten untersucht. Durch Einbau von Öffnungsklappen ist zwar eine Verbesserung zu erwarten, dennoch ist nach eingehender Untersuchung im Sommer die Wärmelast so hoch, dass diese Maßnahme nicht ausreichend erscheint. Dies zeigt sich zur Zeit durch individuell eingebaute Splittgeräte, die einen hohen Stromverbrauch verursachen. Eine weitere Verbesserung des thermischen Komforts in der Künstlerwohnungen und Atelierräumen kann nur über entsprechende Kälteerzeugungssysteme erreicht werden. Grundsätzlich wurden im Rahmen der weiteren Betrachtungen ausschließlich die Künstlerwohnungen und Atelierräume berücksichtigt. Die Nebengebäude Villino und Portineria könnten bei Bedarf über die neu installierte Anlagentechnik mitversorgt werden. Der Heizwärmebedarf sowie der Kältebedarf der Künstlerstudios und Atelierräume wurden über weitere thermische Simulationsrechnungen ermittelt und an die bisherigen Berechnungen angepasst. Der Warmwasserbedarf wurde vereinfacht mit einer konstanten Leistung von 5,72kW angesetzt. Auf Basis der gemeinsam festgelegten Grundlagen und den Ergebnissen aus den thermischen Simulationen wird ein nachhaltiges Energieversorgungskonzept erarbeitet, das den Einsatz von alternativen Energieträgern ermöglicht.

Tab. 5.4.1 Energiebedarfsmengen Liegenschaft

	Fläche [m ²]	Heizleistung [kW]	Kühlleistung [kW]	WW-Bedarf [kW]	Heizenergiebedarf [MWh/a]	Kühlenergiebedarf [MWh/a]	WW_Energiebedarf [MWh/a]
Studios	735	85,47	48,58		89,61	26,34	0,00
Wohnungen	955	87,86	68,49	5,72	118,77	9,25	50,12
Gesamt	1690	143,76	107,90	5,72	208,39	35,58	50,12



Abb. 5.4.1 Aufsicht potentielle Dachfläche zur Nutzung von Solarenergie

Es werden verschiedene Möglichkeiten für alternative Energieversorgungskonzepte erarbeitet und deren Machbarkeit am Standort geprüft. Hierbei werden folgende Konzepte betrachtet:

Variante 1:

Wärme- und Kälteerzeugung über Wärmepumpe mit Grundwassernutzung

Variante 2:

Wärmeerzeugung über vorhandenen Gaskessel; Kälteerzeugung über solarbetriebene Sorptionskältemaschine mit Grundwasserkühlung

Variante 3:

Wärmeerzeugung über vorhandenen Gaskessel; Kälteerzeugung über solarbetriebene Sorptionskältemaschine mit Kesselunterstützung und Grundwasserkühlung

Variante 4:

Wärmeerzeugung über BHKW; Kälteerzeugung über wärmebetriebene Sorptionskältemaschine mit Grundwasserkühlung

Die verschiedenen Energieversorgungsvarianten werden bewertet und hinsichtlich folgender Kriterien miteinander verglichen:

- Investitionskosten
- Verbrauchsgebundene Kosten
- Endenergie- und Primärenergiebedarf
- CO2 Emissionen
- Platzbedarf und Installationsaufwand

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.1 Variante 1: Wärme- und Kälteerzeugung über Wärmepumpe mit Grundwassernutzung

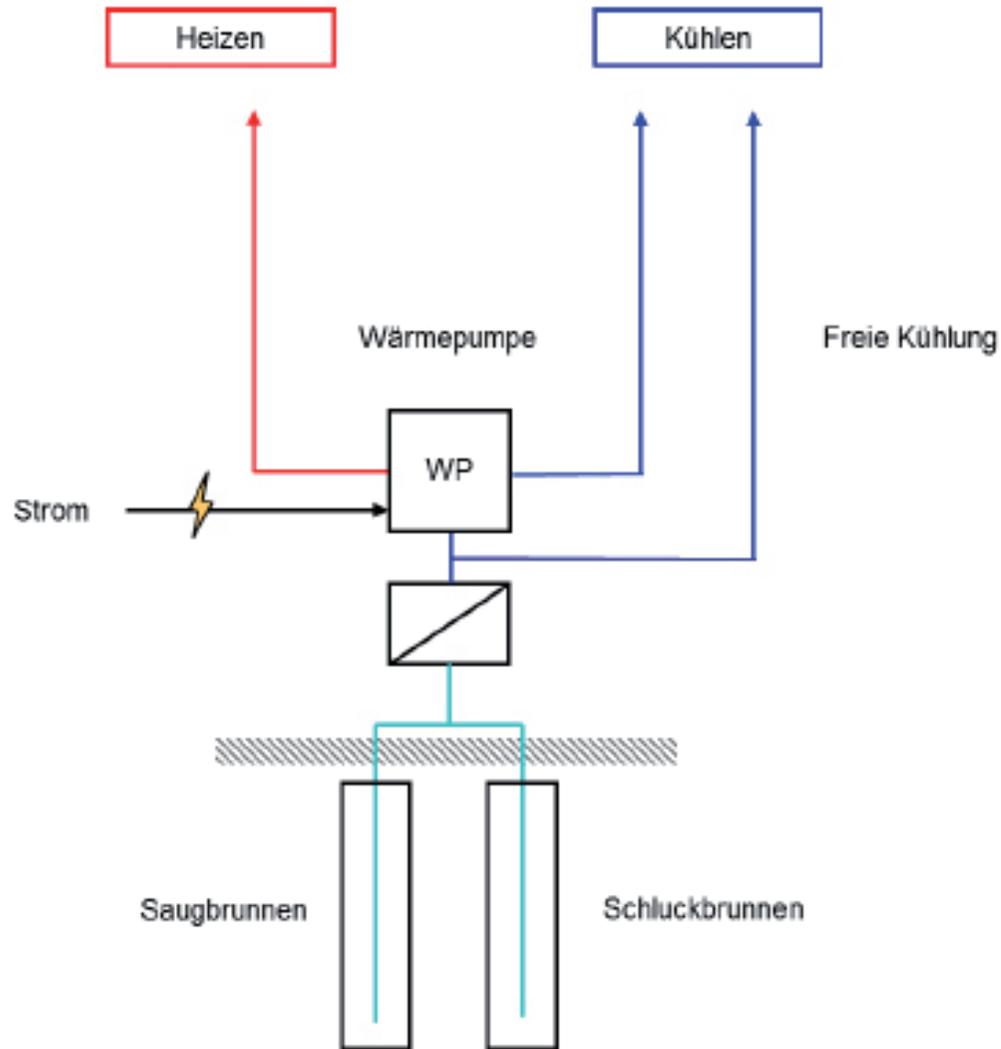


Abb. 5.4.2 Schema Energieversorgung Kälte Studios / Variante 1

Heizen

Die erforderliche Wärme zur Beheizung der Gebäude wird mittels Kompressionswärmepumpe erzeugt. Als Wärmequelle wird das Grundwasser genutzt. Das Grundwasser wird mittels einem Saugbrunnen entnommen, über die Wärmepumpe geleitet und über den Schluckbrunnen wieder in den Boden zurückgeführt.

Kühlen

Das erforderliche Kaltwasser zur Kühlung und Entfeuchtung der Raumluft wird über eine reversible Kompressionswärmepumpe im Kältebetrieb erzeugt. Das Grundwasser dient dabei zur Rückkühlung der Wärmepumpe.

Bei diesem Systemaufbau kann bei Bedarf im Winter und in der Übergangszeit direkt durch das Grundwasser gekühlt werden. Ein Betrieb der Wärmepumpe im Kältebetrieb ist hierbei nicht erforderlich. Dies führt zu einem geringeren Strombedarf gegenüber einer Kälteerzeugung mittels Wärmepumpe.

Nutzung Dachflächen:

Die nutzbaren Dachflächen von 664m² werden mit Photovoltaikmodulen ausgestattet und zur Stromerzeugung genutzt.

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.1 Variante 1: Wärme- und Kälteerzeugung über Wärmepumpe mit Grundwassernutzung

**Jahresganglinien des elektrischen Bedarfs/Ertrags von Wärme- und Kälteerzeuger
für alle Gebäude des Bereiches, mit gedämmten Dachflächen**

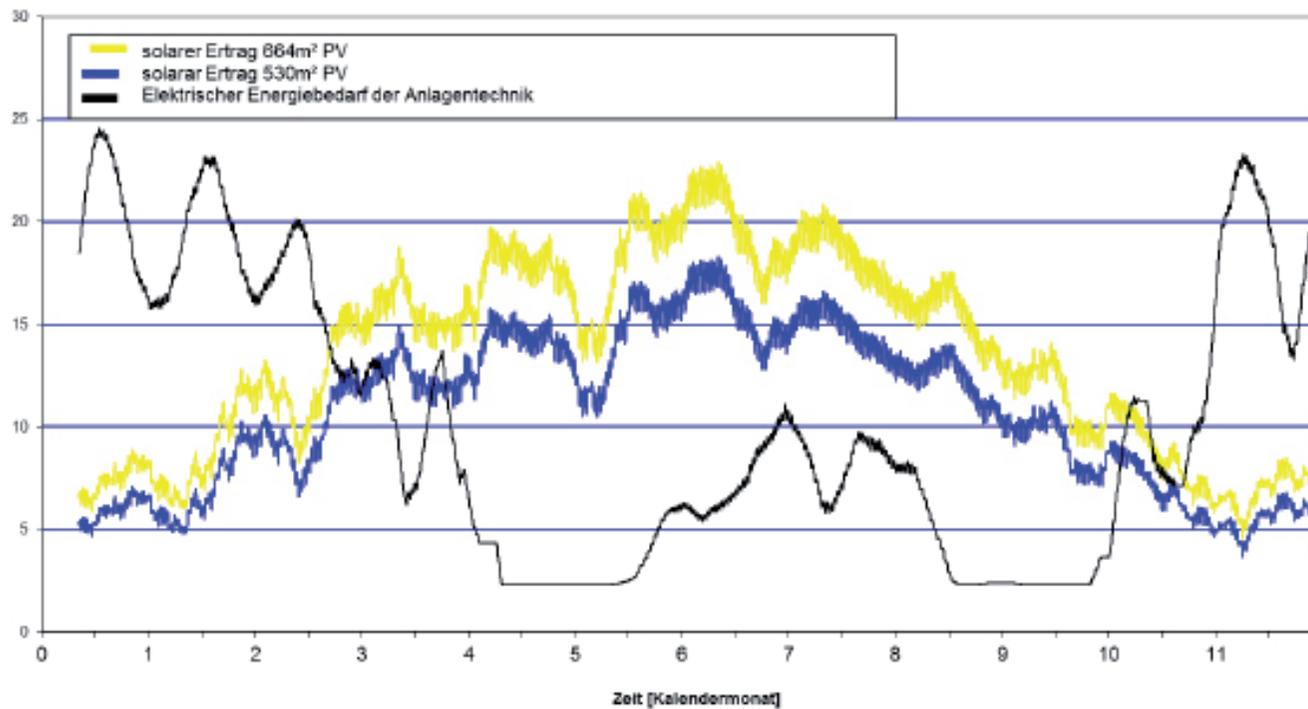


Abb. 5.4.3 Auswertung Kühlung Studios / Variante 1

Auslegungsdaten Anlagentechnik		
Reversible Wärmepumpenanlage		
Heizleistung	143,8	kW
Jahresheizarbeit	258,5	MWh/a
Kühlleistung	107,9	kW
Jahreskühlarbeit	35,6	MWh/a
Jahresstrombedarf Anlagentechnik (Heizen + WW)	79,6	MWh/a
Jahresstrombedarf Anlagentechnik (Kühlen)	14,2	MWh/a
Photovoltaikanlage		
Jährliche solare Strahlungsenergie	1765	kWh/m ² a
Belegte Dachfläche	664	m ²
Jahresstromertrag PV Anlage	117,2	MWh/a

Tab. 5.4.1 Kennwerte Variante 1

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.2 Variante 2: Wärmeerzeugung über vorhandenen Gaskessel; Kälteerzeugung über solarbetriebene Sorptionskältemaschine mit Grundwasserkühlung

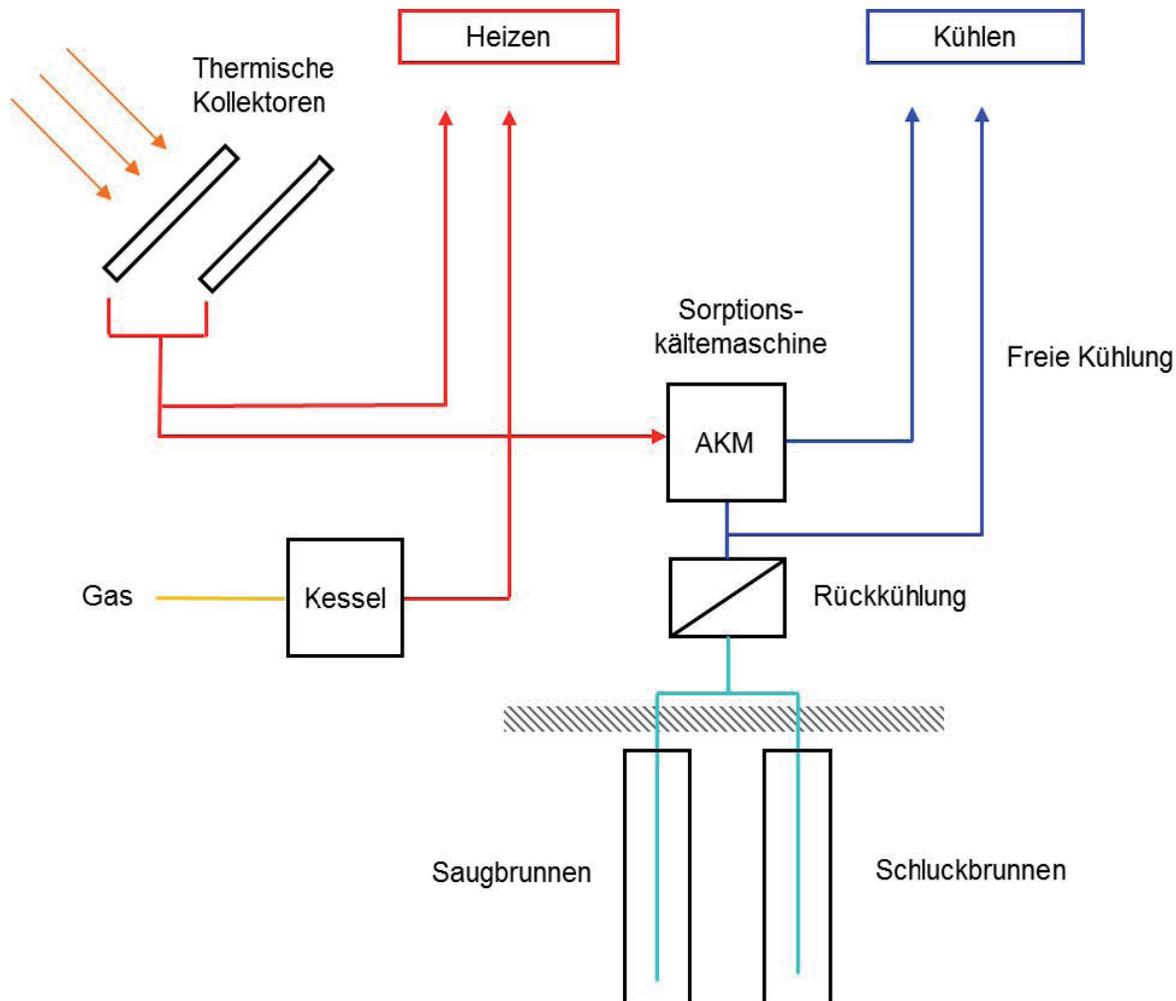


Abb. 5.4.4 Schema Energieversorgung Kälte Studios / Variante 2

Heizen

Die erforderliche Wärme zur Beheizung der Gebäude wird durch den vorhandenen Gaskessel erzeugt. Zusätzlich kann bei solarer Einstrahlung in der Übergangszeit und im Winter die thermische Solaranlage zur Heizungsunterstützung verwendet werden.

Kühlen

Das erforderliche Kaltwasser zur Kühlung und Entfeuchtung der Raumluft wird über eine thermisch betriebene Sorptionskältemaschine erzeugt. Zum Antrieb wird Wärme benötigt, die über die thermische Solaranlage gewonnen wird. Das Grundwasser dient zur Rückkühlung der Sorptionskältemaschine. Bei diesem Systemaufbau kann bei Bedarf im Winter und in der Übergangszeit direkt durch das Grundwasser gekühlt werden. In Zeiten, in denen unzureichend solare Wärme zur Verfügung steht, kann eine Teilkühlung mittels Grundwasser erfolgen. In diesen Zeiten ist auf Grund der fehlenden solaren Antriebswärme für die Sorptionskältemaschine keine komplette Kühlung möglich.

Nutzung Dachflächen:

Die nutzbaren Dachflächen von 664m² werden mit 500m² thermischen Kollektoren zur Wärmeerzeugung belegt. Die restlichen Dachflächen von 164m² werden mit Photovoltaikmodulen ausgestattet und zur Stromerzeugung genutzt.

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.2 Variante 2: Wärmeerzeugung über vorhandenen Gaskessel; Kälteerzeugung über solarbetriebene Sorptionskältemaschine mit Grundwasserkühlung

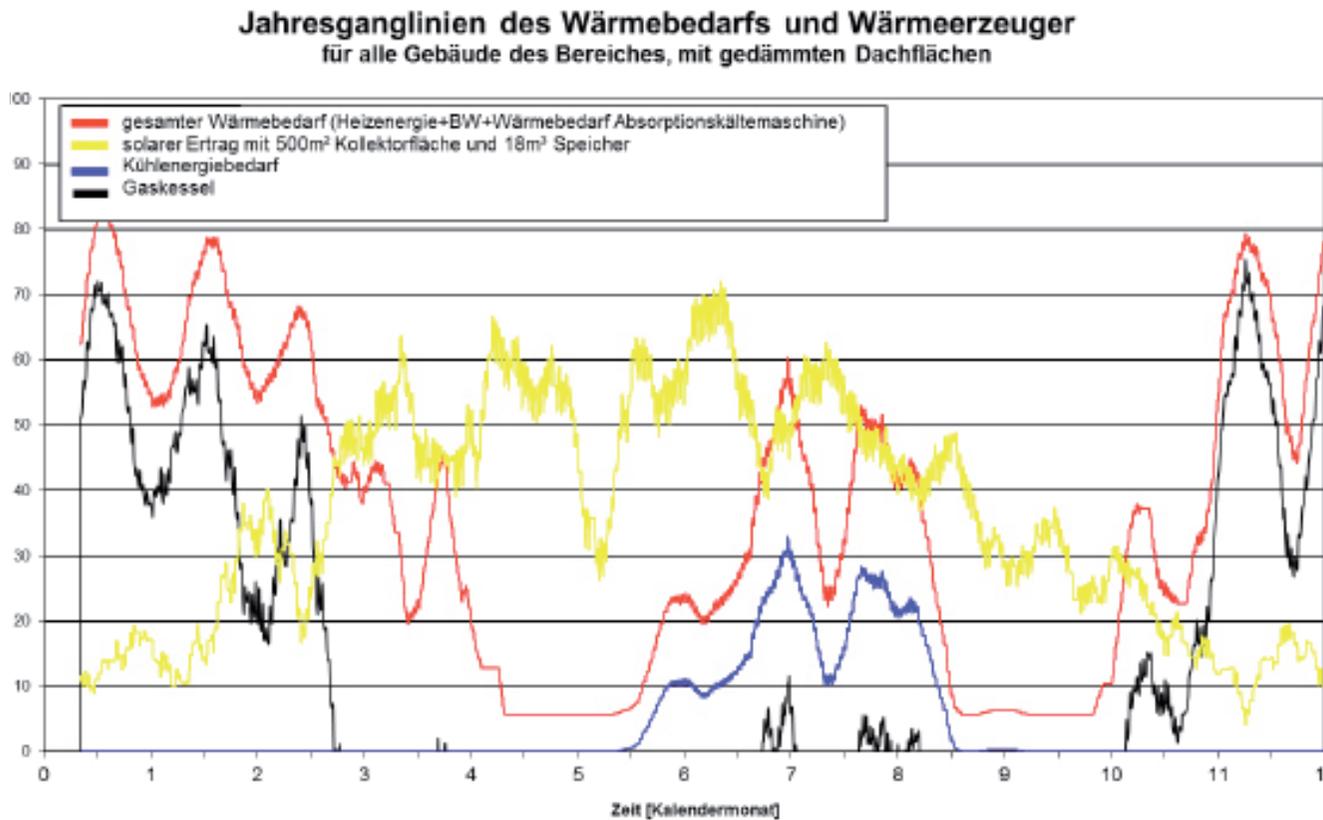


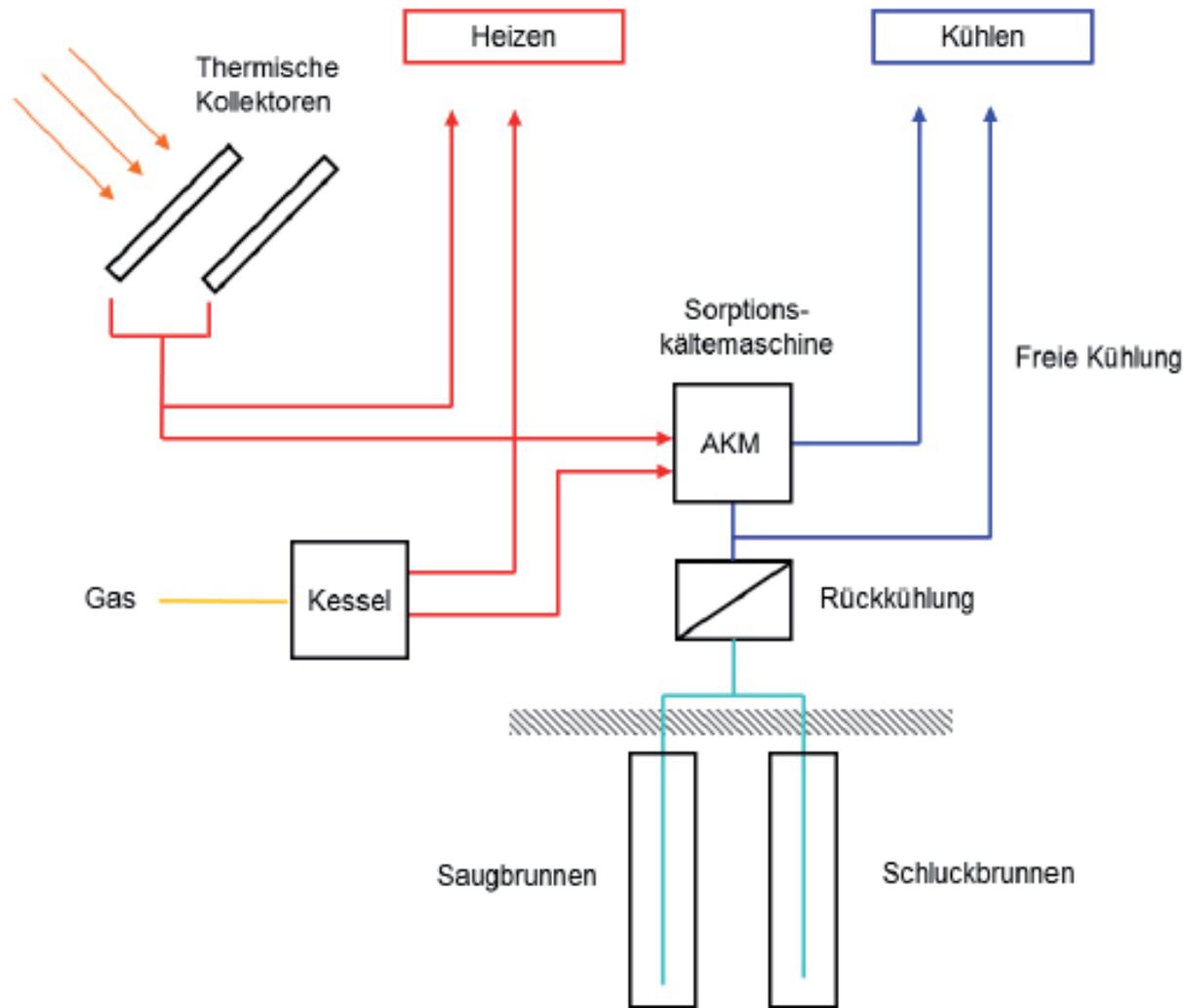
Abb. 5.4.5 Auswertung Kühlung Studios / Variante 2

Auslegungsdaten Anlagentechnik		
Absorptionskälteanlage		
Kühlleistung	107,9	kW
Jahreskühlarbeit	35,6	MWh/a
Jahresstrombedarf Anlagentechnik (Kühlen)	20,8	MWh/a
Pufferspeichervolumen	18	m³
Thermische Solaranlage		
Benötigte Kollektorfläche	500	m²
Solarer Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf	50	%
Solarer Deckungsanteil am Wärmebedarf Kühlen	87	%
Solarer Deckungsanteil am Wärmebedarf Heizen	41	%
Gas-Bestandskessel		
Jahresheizarbeit	154	MWh/a
Grundwasserkühlung (freie Kühlung)		
Jahreskühlarbeit	7	MWh/a
Photovoltaikanlage		
Belegte Dachfläche	164	m²
Jahresstromertrag PV Anlage	28,9	MWh/a

Tab. 5.4.2 Kennwerte Variante 2

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.3 Variante 3: Wärmeerzeugung über vorhandenen Gaskessel; Kälteerzeugung über solarbetriebene Sorptionskältemaschine mit Kesselunterstützung und Grundwasserkühlung



Heizen

Die erforderliche Wärme zur Beheizung der Gebäude wird durch den vorhandenen Gaskessel erzeugt. Zusätzlich kann bei solarer Einstrahlung in der Übergangszeit und im Winter die thermische Solaranlage zur Heizungsunterstützung verwendet werden.

Kühlen

Das erforderliche Kaltwasser zur Kühlung und Entfeuchtung der Raumluft wird über eine thermisch betriebene Sorptionskältemaschine erzeugt. Zum Antrieb wird Wärme benötigt, die über die thermische Solaranlage gewonnen wird. Zusätzlich kann Wärme durch den vorhandenen Gaskessel für den Antrieb der Sorptionskältemaschine erzeugt werden. Das Grundwasser dient zur Rückkühlung der Sorptionskältemaschine. Bei diesem Systemaufbau kann auch in Zeiten, in denen unzureichend solare Wärme zur Verfügung steht, durch das Hinzufügen des Gaskessels eine komplette Kühlung der Gebäude erfolgen.

Nutzung Dachflächen:

Die nutzbaren Dachflächen von 664m² werden mit 250m² thermischen Kollektoren zur Wärmeerzeugung belegt. Die restlichen Dachflächen von 464m² werden mit Photovoltaikmodulen ausgestattet und zur Stromerzeugung genutzt.

Abb. 5.4.6 Schema Energieversorgung Kälte Studios / Variante 3

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.3 Variante 3: Wärmeerzeugung über vorhandenen Gaskessel; Kälteerzeugung über solarbetriebene Sorptionskältemaschine mit Kesselunterstützung und Grundwasserkühlung

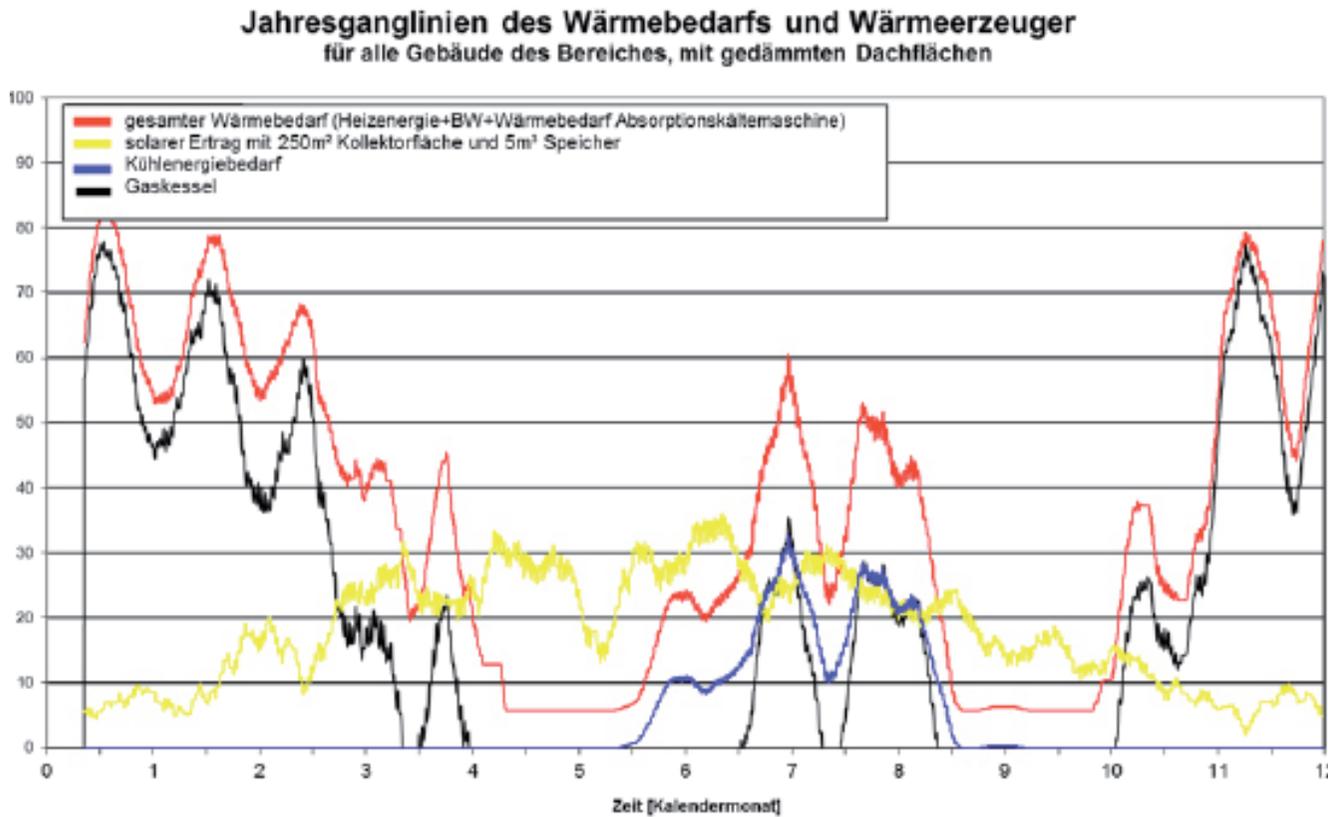


Abb. 5.4.7 Auswertung Kühlung Studios / Variante 3

Auslegungsdaten Anlagentechnik		
Absorptionskälteanlage		
Kühlleistung	107,9	kW
Jahreskühlarbeit	35,6	MWh/a
Jahresstrombedarf Anlagentechnik (Kühlen)	20,8	MWh/a
Pufferspeichervolumen	5	m³
Thermische Solaranlage		
Benötigte Kollektorfläche	250	m²
Solarer Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf	31	%
Solarer Deckungsanteil am Wärmebedarf Kühlung	44	%
Solarer Deckungsanteil am Wärmebedarf Heizen	28	%
Gas-Bestandskessel		
Gesamtjahresheizarbeit	220	MWh/a
Jahresheizenergiebedarf Kühlen	33	MWh/a
Jahresheizenergiebedarf H+WW	187	MWh/a
Photovoltaikanlage		
Belegte Dachfläche	464	m²
Jahresstromertrag PV Anlage	81,9	MWh/a

Tab. 5.4.3 Kennwerte Variante 3

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.4 Variante 4: Wärmeerzeugung über BHKW; Kälteerzeugung über wärmebetriebene Sorptionskältemaschine mit Grundwasserkühlung

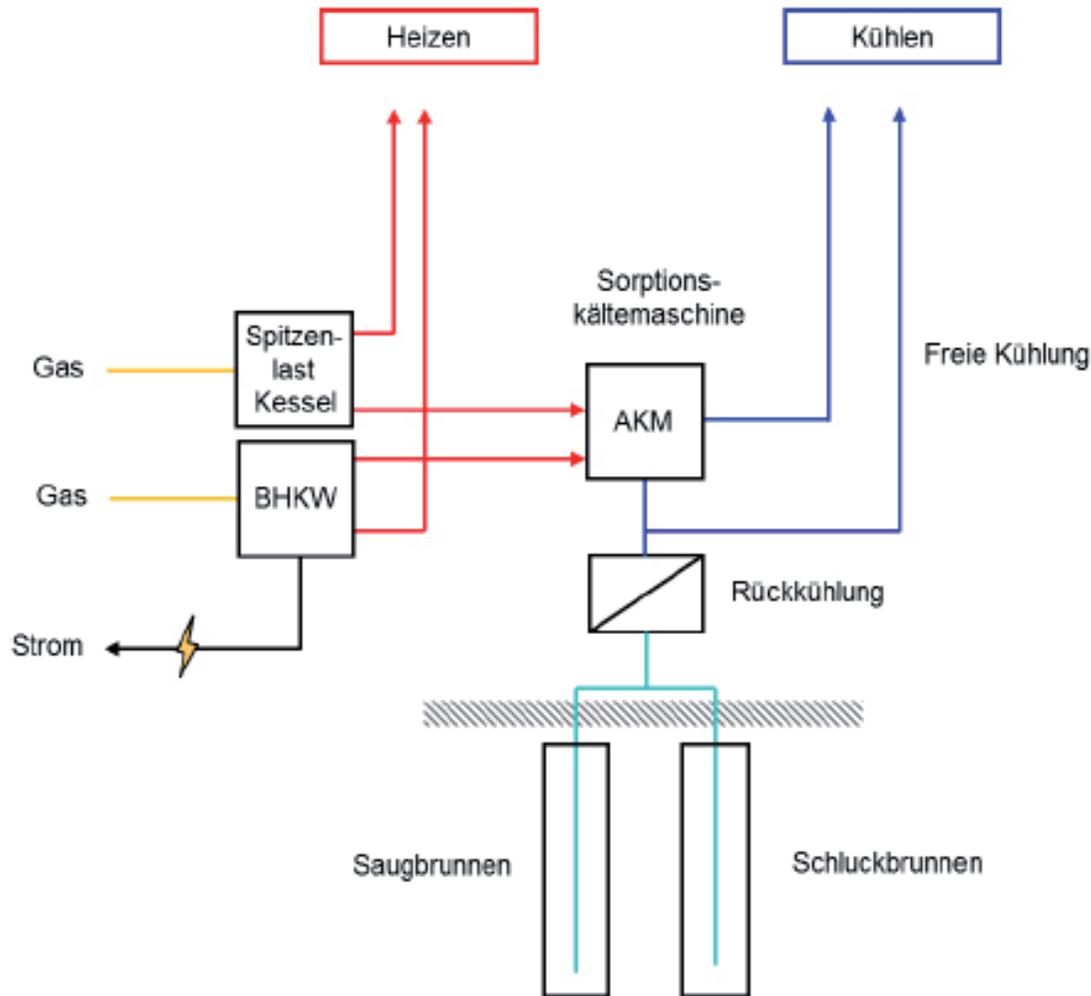


Abb. 5.4.8 Schema Energieversorgung Kälte Studios / Variante 4

Heizen

Zum Einsatz kommt ein Blockheizkraftwerk, das mittels Kraftwärmekopplung Wärme und gleichzeitig Strom erzeugt. Die erzeugte Wärme wird zur Beheizung der Gebäude genutzt, der erzeugte Strom kann auf dem Gelände der Villa Massimo genutzt oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Das Blockheizkraftwerk wird nur zur Abdeckung der Grundlast ausgelegt. Die Spitzenlast wird durch den vorhandenen Gaskessel erzeugt.

Kühlen

Das erforderliche Kaltwasser zur Kühlung und Entfeuchtung der Raumluft wird über eine thermisch betriebene Sorptionskältemaschine erzeugt. Zum Antrieb wird Wärme benötigt, die durch das Blockheizkraftwerk erzeugt wird. Wird zu Spitzenlastzeiten zusätzliche Wärme erforderlich, so kann diese durch den vorhandenen Gaskessel bereitgestellt werden. Das Grundwasser dient zur Rückkühlung der Sorptionskältemaschine. Bei diesem Systemaufbau kann auch in Zeiten, in denen unzureichend solare Wärme zur Verfügung steht, durch die Wärmeerzeugung des Blockheizkraftwerkes eine komplette Kühlung der Gebäude erfolgen.

Nutzung Dachflächen:

Die nutzbaren Dachflächen von 664m² werden mit Photovoltaikmodulen ausgestattet und zur Stromerzeugung genutzt.

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.4 Variante 4: Wärmeerzeugung über BHKW; Kälteerzeugung über wärmebetriebene Sorptionskältemaschine mit Grundwasserkühlung

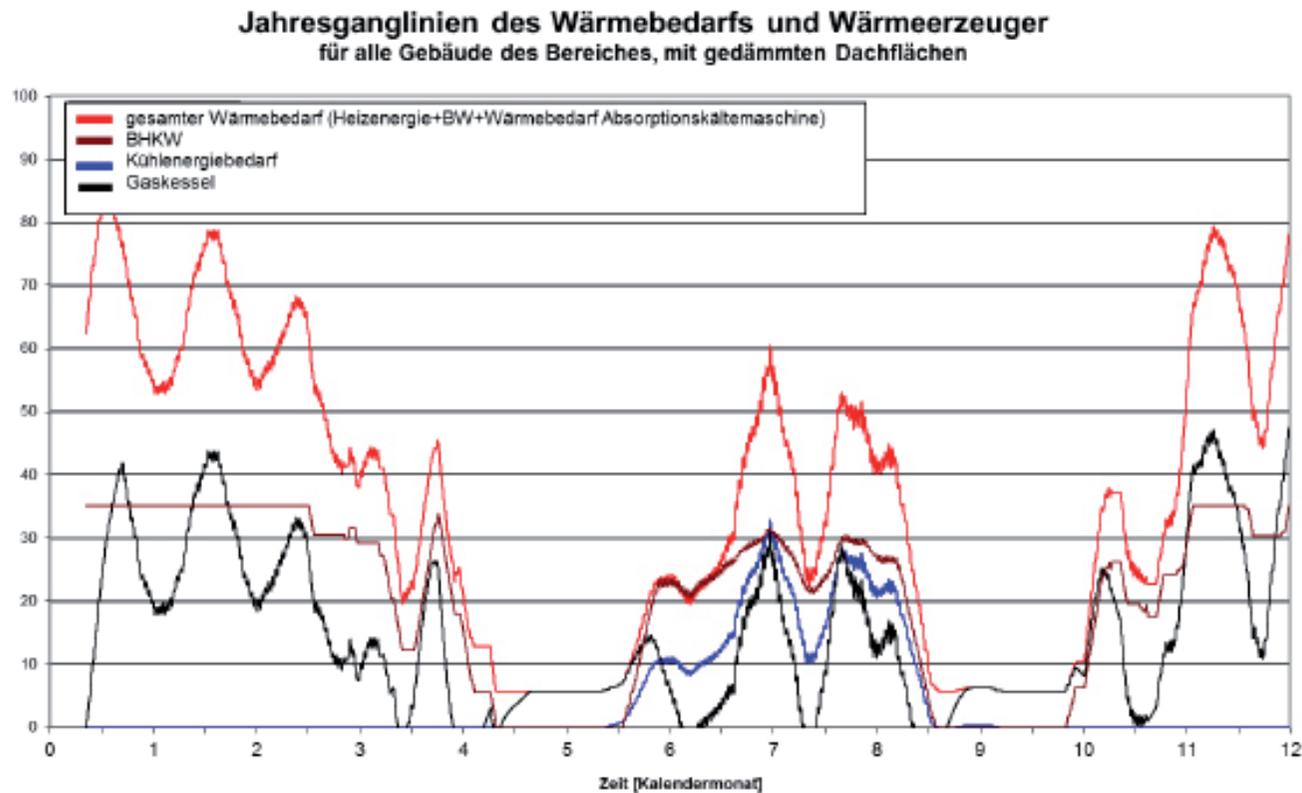


Abb. 5.4.9 Auswertung Kühlung Studios / Variante 4

Auslegungsdaten Anlagentechnik		
Absorptionskälteanlage		
Kühlleistung	107,9	kW
Jahreskühlarbeit	35,6	MWh/a
Jahresstrombedarf Kühlen	20,8	MWh/a
Pufferspeichervolumen	5	m ³
Blockheizkraftwerk		
Thermische Leistung	35	kW
Elektrische Leistung	19	kW
Vollbenutzungsstunden	5300	h/a
Jahresheizarbeit BHKW	185	MWh/a
Jahresbrennstoffbedarf	303	MWh/a
Jahresheizarbeit Kühlen	39	MWh/a
Jahresheizarbeit Heizen	146	MWh/a
Gas-Bestandskessel		
Gesamtjahresheizarbeit	133	MWh/a
Jahresheizarbeit Kühlen	24	MWh/a
Jahresheizarbeit Heizen	109	MWh/a
Photovoltaikanlage		
Belegte Dachfläche	664	m ²
Jahresstromertrag PV Anlage	117,2	MWh/a

Tab. 5.4.4 Kennwerte Variante 4

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.5 Ergebnisdarstellung Variantenvergleich Endenergiebedarf

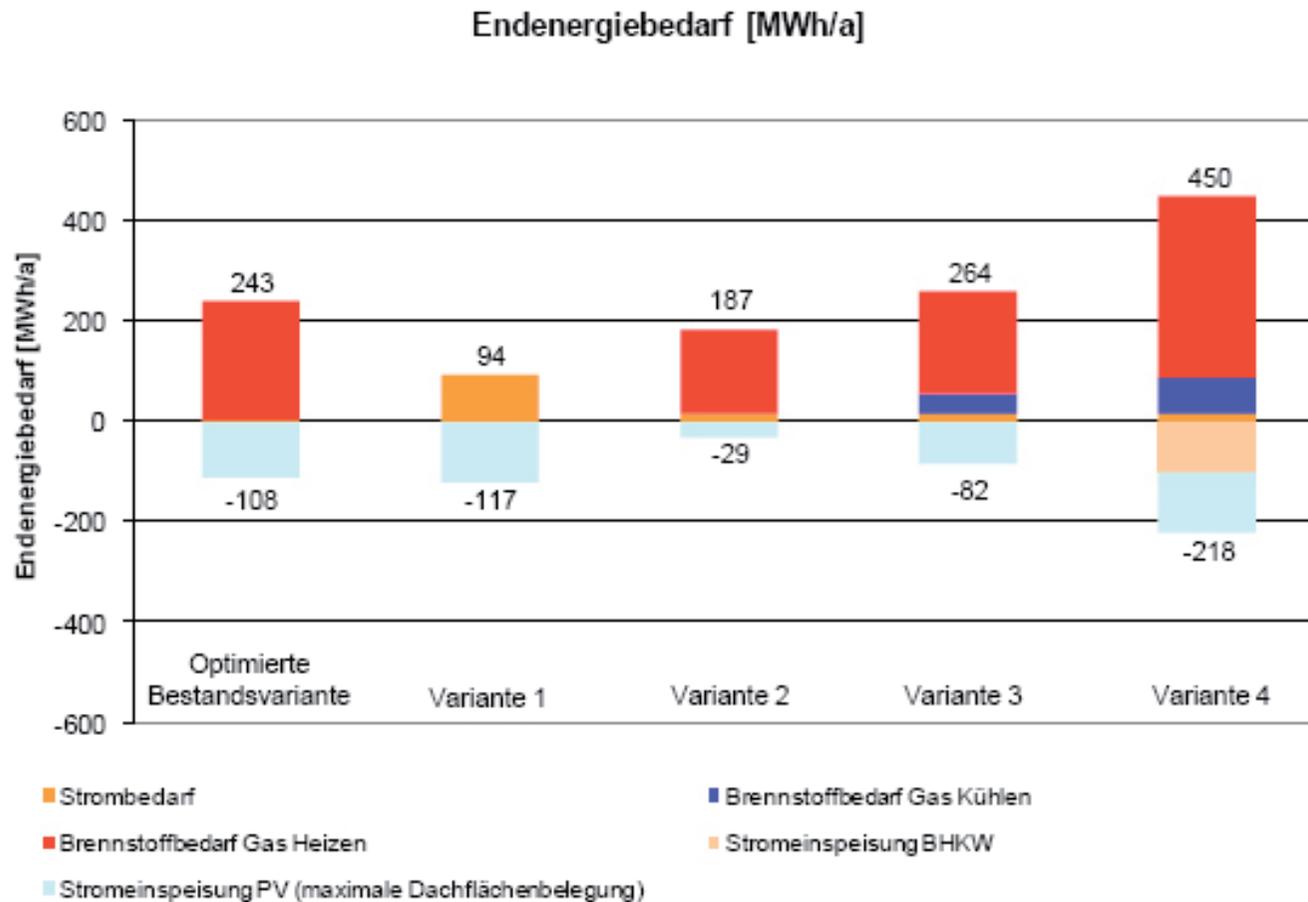


Abb. 5.4.10 Energiebedarf Gegenüberstellung Varianten 1-4

Der Endenergiebedarf wurde bezogen auf die unterschiedlichen eingesetzten Energieträger Strom und Gas auf Basis der Berechnungsergebnisse der thermischen Simulation für die jeweiligen Konzeptvariante errechnet. Mit dargestellt sind die Jahreserträge der Photovoltaikanlage wobei jeweils von einer maximalen Dachflächenbelegung der Photovoltaikmodule ausgegangen wurde.

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.6 Ergebnisdarstellung Variantenvergleich Primärenergiebedarf

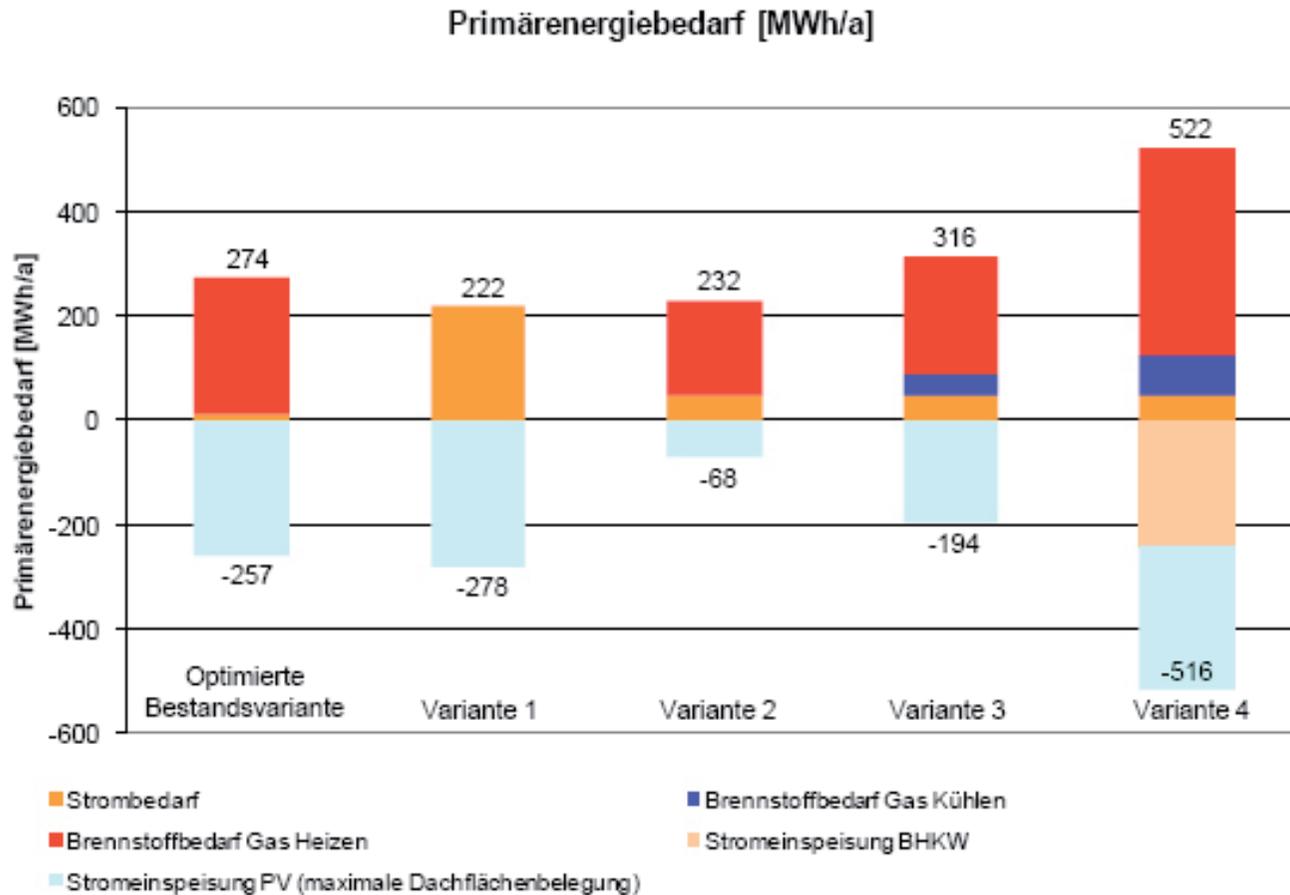


Abb. 5.4.11 Primärenergiebedarf Gegenüberstellung Varianten 1-4

Der jährliche Primärenergiebedarf wurde auf Basis des zuvor errechneten Endenergiebedarfes mittels Primärenergie-faktoren der unterschiedlichen Energieträger bestimmt. Für Erdgas wurde ein Primärenergiefaktor von 1,1, für Strom ein Primärenergiefaktor von 2,37 angesetzt.

Oben stehende Primärenergiefaktoren wurden der Internetseite der „Autorità per l'energia elettrica e il gas“ (Regulierungsbehörde für Strom und Gas) entnommen.

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.7 Ergebnisdarstellung Variantenvergleich CO2 Emissionen

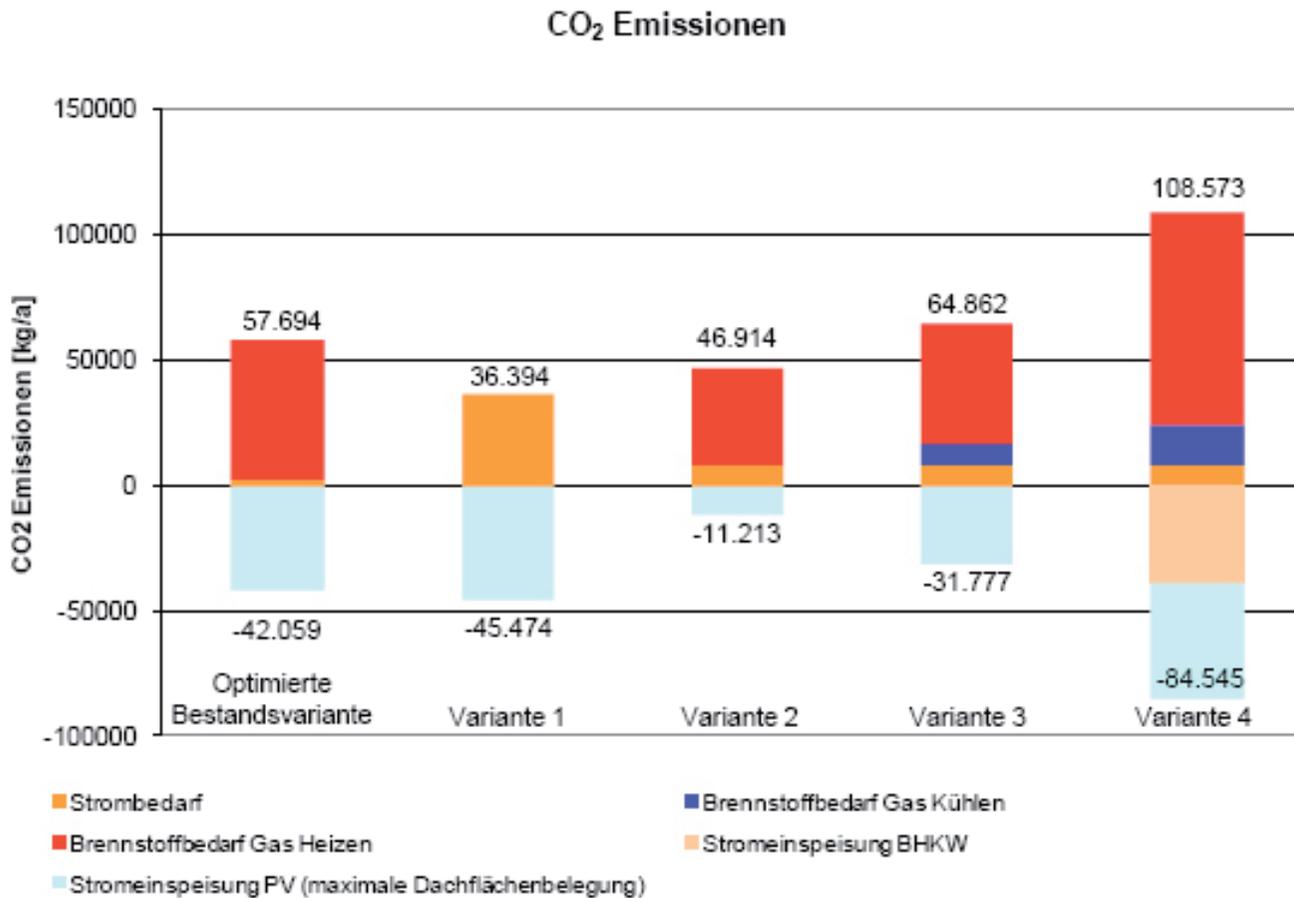


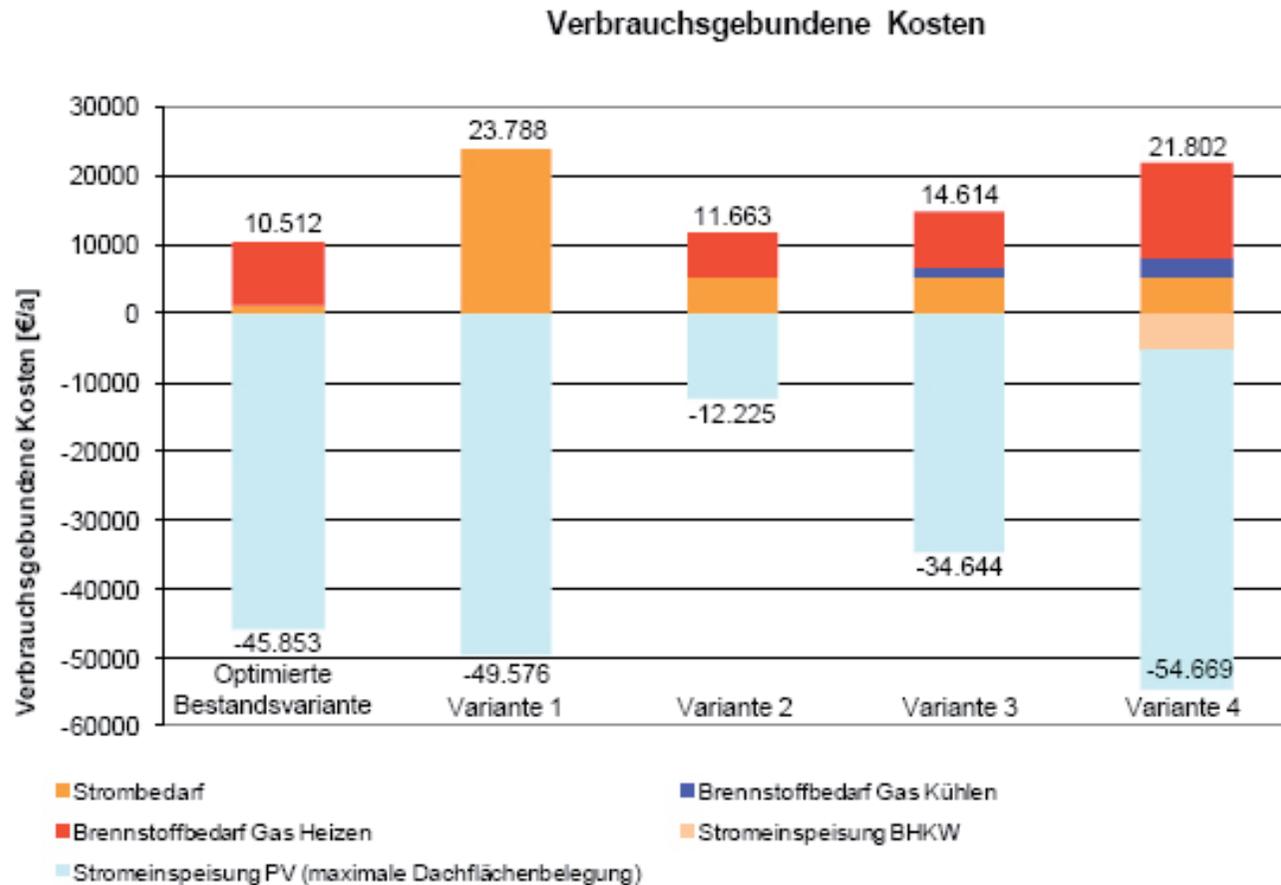
Abb. 5.4.12 Gegenüberstellung CO₂ Emissionen Varianten 1-4

Die jährlichen CO₂ Emissionen wurden ausgehend von der Endenergiebedarfsermittlung über die unterschiedlichen Energieträger Gas und Strom errechnet. Für Erdgas wurden spezifische CO₂ Emissionen je kWh Endenergie von 234g/kWh und für Strom von 388g/kWh angesetzt.

Oben stehender Wert für die CO₂ Emissionen des Stroms wurde der Internetseite „www.sunearthtools.com“ entnommen.

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.8 Ergebnisdarstellung Variantenvergleich Verbrauchsgebundene Kosten



Die verbrauchsgebundenen Kosten wurden ausgehend von der Endenergiebedarfsermittlung über die spezifischen Energiepreise der unterschiedlichen Energieträger errechnet. Die Einspeisevergütungen der Photovoltaikanlage sowie des Blockheizkraftwerkes wurden berücksichtigt. Es wurden folgende Energiepreise bzw. Einspeisetarife der jeweiligen Energieträger angesetzt:

Gas	38,48 €/MWh
Strom	253,60 €/MWh
Einspeisung-PV	423,00 €/MWh
Einspeisung-BHKW	50,88 €/MWh

Oben stehende Energieversorgungspreise stammen von „Eni S.p.A.“ welche die Villa Massimo mit Strom und Gas versorgen.

Abb. 5.4.13 Gegenüberstellung verbrauchsgebundene Kosten Varianten 1-4

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.9 Ergebnisdarstellung Variantenvergleich Investitionskosten

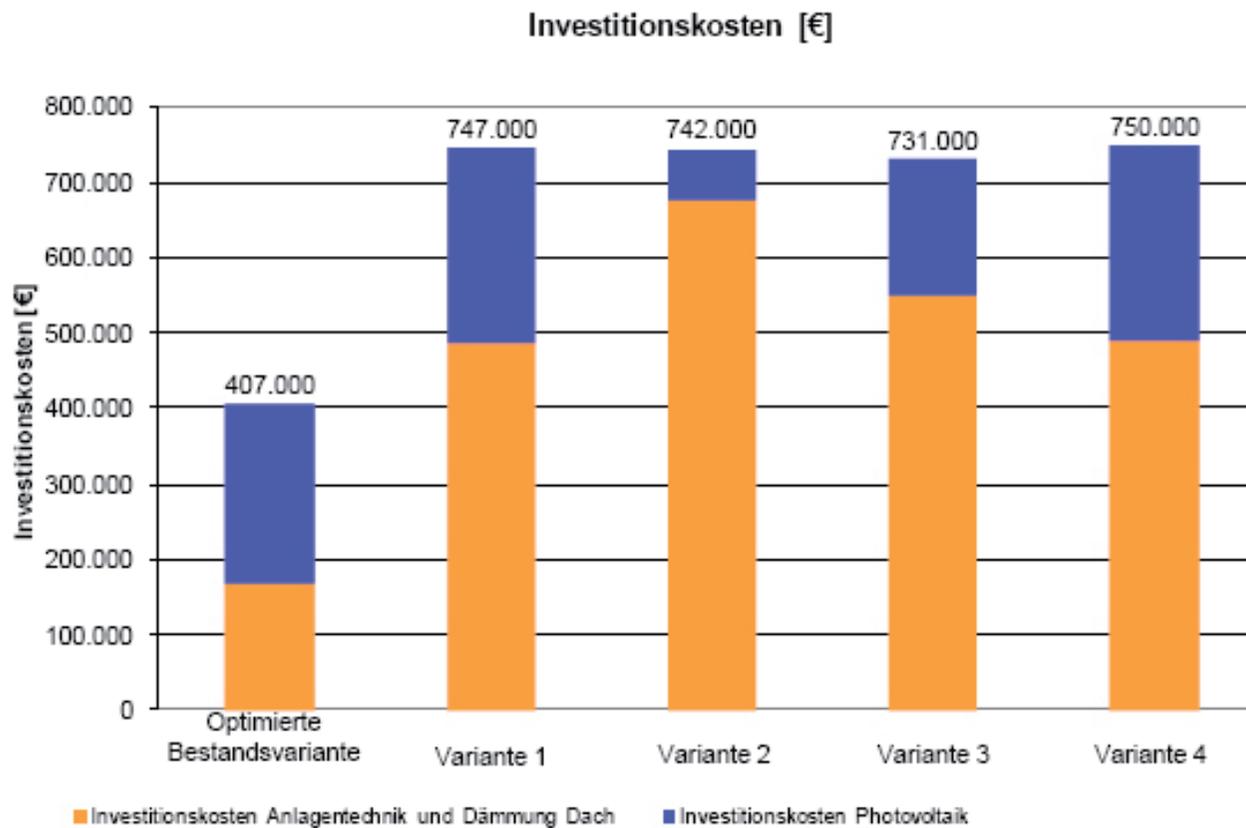


Abb. 5.4.14 Gegenüberstellung Investitionskosten Varianten 1-4

In allen Varianten wurde die Dachdämmung zum Ansatz gebracht. In Variante 1 ist der Austausch aller zur Zeit vorhandenen Wärmeübergabesysteme berücksichtigt (siehe 4.5.4).

Bei Variante 2, 3 und 4 wird das bestehende Wärmeübergabesystem weiterhin genutzt. Lediglich in den erforderlichen Räumen erfolgt ein Zubau von Übergabesystemen zur Kühlung. Je nach Variante werden die Dachflächen zum Teil für solarthermische Kollektoren verwendet. Auf den daraus resultierenden freien Dachflächen werden Photovoltaikmodule installiert und sind in der Kostenschätzung separat beziffert.

5.4.2 Beschreibung der Energieversorgungskonzepte

5.4.2.10 Bewertungsmatrix

	Grundvariante Bestand + Solarthermie + Dämmung Dach	Variante 1 Wärme- pumpe	Variante 2 Solarthermie + Sorptionskälte	Variante 3 Solarthermie + Kessel + Sorptionskälte	Variante 4 BHKW + Kessel + Sorptionskälte
Investitionskosten Anlagentechnik und Dämmung Dach	167 T€	487 T€ ⁽¹⁾	678 T€ ⁽²⁾	550 T€ ⁽²⁾	490 T€ ⁽²⁾
Investitionskosten Photovoltaik	240 T€	260 T€	64 T€	181 T€	260 T€
Investitionskosten Gesamt	407 T€	747 T€	742 T€	731 T€	750 T€
Verbrauchsgebundene Kosten	11 T€	24 T€	12 T€	15 T€	22 T€
Vergütung	46 T€	55 T€	12 T€	35 T€	55 T€
Primärenergiebedarf	274 MWh/a	222 MWh/a	232 MWh/a	316 MWh/a	522 MWh/a
Primärenergieeinsparung	257 MWh/a	278 MWh/a	68 MWh/a	194 MWh/a	516 MWh/a
Bilanz Primärenergie	17 MWh/a	-56 MWh/a	164 MWh/a	122 MWh/a	6 MWh/a
CO₂ Emissionen	58 t/a	36 t/a	47 t/a	65 t/a	109 t/a
CO₂ Einsparung	42 t/a	45 t/a	11 t/a	32 t/a	85 t/a
CO₂ Bilanz	16 t/a	-9 t/a	36 t/a	33 t/a	24 t/a
Vollversorgung Kühlung	passive Fenster- kühlung	immer gegeben	teilweise nicht gegeben	immer gegeben	immer gegeben
Platzbedarf	gering	gering	mittel	mittel	hoch

(1) Austausch aller bestehender Heizkörper zu Fan Coils
(2) Erweiterung Bestand durch Fan Coils zur Kühlung

Abb. 5.4.15 Bewertungsmatrix

5.4.3 Beschreibung der Wärmeübergabesystem

5.4.3.1 Grundvariante: Radiator - Heizkörper



Abb. 5.4.16 Radiator typ. Beheizung Atelierraum Studios



Abb. 5.4.17 Position Radiator in Atelierraum / Studios

Die Heizwärmeübergabe in den Künstlerwohnungen und Atelierräumen erfolgt derzeit durch Radiatoren. Bei dieser Art von Heizkörpern wird der Großteil der Wärme mittels Strahlungswärme und ein weiterer Teil durch Konvektionswärme an die Raumluft abgegeben.

Heizen

Die installierten Radiatoren - Heizkörper sind für Heizungsvorlauftemperaturen von ca. 75°C ausgelegt. Diese Heizkörper sind für den Einsatz von Niedertemperatursystemen nur begrenzt einsetzbar und somit für einen effizienten Einsatz von Wärmepumpen eher ungeeignet.

Kühlen

Die vorhandenen Radiatoren - Heizkörper sind für das Kühlen der Raumluft nicht nutzbar.

5.4.3 Beschreibung der Wärmeübergabesysteme

5.4.3.2 Variante 1: Niedertemperaturheizkörper



Abb. 5.4.18 Beispiel Niedertemperaturheizkörper
Quelle: Kampmann

Niedertemperaturheizkörper sind Konvektionsheizkörper mit bedarfsabhängiger Ventilatorunterstützung. Die Heizkörper werden mit niedrigeren Heizsystemtemperaturen betrieben und geben die entsprechende Heizleistung mit Unterstützung der integrierten Ventilatoren an die Raumluft ab. Ein Betrieb zur Kühlung der Raumluft ist zusätzlich gegeben.

Heizen

Niedertemperaturheizkörper mit bedarfsabhängiger Ventilatorunterstützung können mit niedrigeren Heizsystemtemperaturen wie herkömmliche Konvektionsheizkörper betrieben werden. Dies ist von besonderem Interesse bei Heizsystem mit Wärmepumpenanlagen, denn je niedriger die Systemtemperaturen liegen, umso höher wird die Effizienz der Wärmepumpe. Auch eine solare Heizungsunterstützung kann durch den Einsatz der Niedertemperaturheizkörper effektiver genutzt werden.

Kühlen

Die Niedertemperaturheizkörper mit bedarfsabhängiger Ventilatorunterstützung können zum Kühlen der Raumluft eingesetzt werden. Da die Heizkörper nicht mit einem Kondensatablauf ausgestattet sind, ist im Kühlbetrieb zwingend eine Taupunktunterschreitung und den dadurch anfallenden Kondensatausfall aus der Raumluft zu vermeiden. Diese Art von Niedertemperaturheizkörper ist bei Räumen mit höherer Raumluftfeuchte nur begrenzt einsetzbar und wird auf Grund der höheren Außenluftfeuchte in Rom nicht weiter verfolgt.

5.4.3 Beschreibung der Wärmeübergabesysteme

5.4.3.3 Variante 2: Ventilator-konvektor



Abb. 5.4.19 Beispiel Ventilator-konvektor / Fan Coil
Quelle: Kampmann



Abb. 5.4.20 Komponenten / Alternativen
Quelle: Fläkt Woods

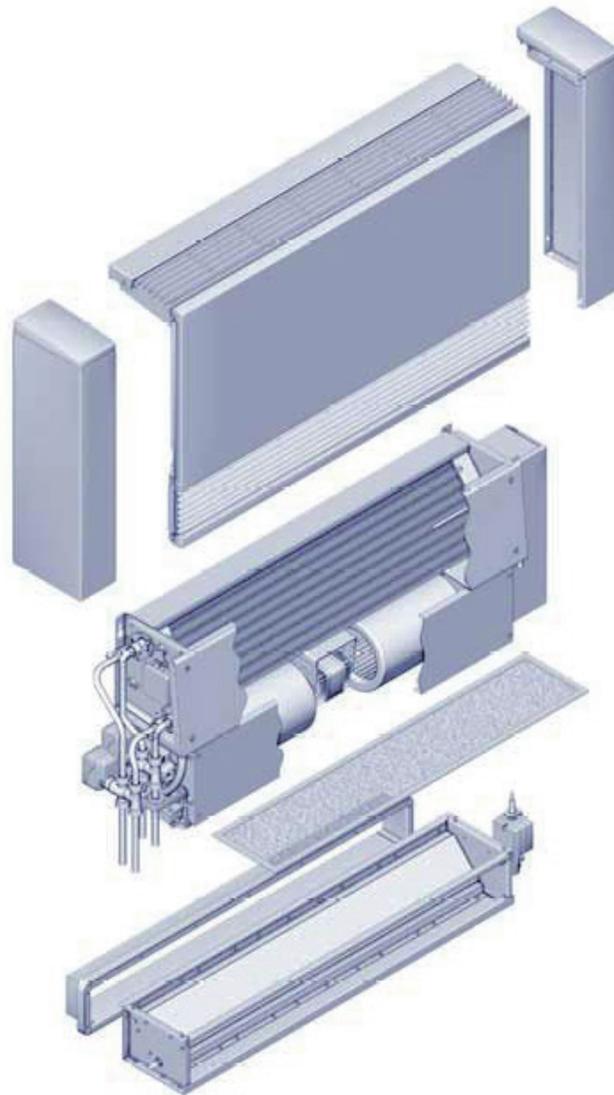


Abb. 5.4.21 Axonometrie Fan Coil
Quelle: Kampmann

Ventilator-konvektoren (Fan Coils) geben mittels Konvektor und Lüftungsgebläse die entsprechende Heiz- / Kühlleistung an die Raumluft ab. Die Geräte sind mit Kondensatwanne ausgestattet und zur Kühlung der Raumluft geeignet. Ventilator-konvektoren können je nach Art des Einbaus mit Umluft oder im Mischluftbetrieb mit Außenluftanteil betrieben werden und sind zur Wand- / Standmontage oder für den Deckeneinbau vorgesehen.

Heizen

Ventilator-konvektoren können mit Niedertemperatur betrieben werden und geben in Verbindung mit den integrierten Ventilatoren die Wärme an die Raumluft ab. Dies ist von besonderem Interesse bei Heizsystemen mit Wärmepumpenanlagen, den je niedriger die Systemtemperaturen liegen, umso höher wird die Effizienz der Wärmepumpe. Auch eine solare Heizungsunterstützung kann durch den Einsatz der Ventilator-konvektoren effektiver genutzt werden.

Kühlen

Ventilator-konvektoren finden ihren primären Einsatz im Bereich der Raumluftkühlung. Eine Kühlung der Raumluft bis unterhalb des Taupunktes ist möglich. Das dadurch anfallende Kondensat aus der Raumluft wird mittels Kondensatwanne gesammelt und kann durch eine optionale Kondensatpumpe abgeführt werden. Ventilator-konvektoren eignen sich dadurch auch zur Kühlung von Räumen mit höherer Raumluftfeuchte.

5.4.4 Zusammenfassung Energieversorgungskonzepte und Wärmeübergabesysteme



Abb. 5.4.22 Fensterelement Nord über Atelierraum / Studios

Es wurden verschiedene Energieversorgungskonzepte und Wärmeübergabesysteme betrachtet.

Dabei handelt es sich beim Energieversorgungskonzept Variante 1, um ein Niedertemperatursystem, bei dem das Heizungssystem auf möglichst geringem Temperaturniveau betrieben wird. In Verbindung mit dem bestehenden Wärmeübergabesystem mittels Radiatoren -Heizkörper ist dies jedoch nur eingeschränkt möglich. Bei der Versorgungsvariante 1 müssten alle vorhandenen Heizkörper und die bestehende Verrohrung ausgetauscht und durch Ventilator-konvektoren (Fan Coils) ersetzt werden.

Die Energieversorgungskonzepte Variante 2, 3 und 4 werden mit höheren Systemtemperaturen betrieben, die für die Versorgung der bestehenden Radiatoren -Heizkörper ausreichend sind. Eine Verwendung des bestehenden Heizsystems für Kühlbetrieb ist nicht möglich.

Eine mögliche Vorgehensweise wäre, die bestehenden Heizkörper und Rohrleitungsnetze beizubehalten und nur in den zu kühlenden Räumen, Ventilator-konvektoren neu zu installieren und zu verrohren. Diese Fan Coils können je nach den räumlichen Gegebenheiten freistehend, an Wand oder Decke installiert werden.

5.5 Allgemeine Maßnahmen

5.4.1 Einbau Strom- und Wärmemengenzähler sowie Entwicklung eines direkten Nutzer systems

Die Bestandsanalyse hat gezeigt, dass es schwerfällt, die Energieverbräuche den jeweiligen Verbrauchern zuzuordnen. Es liegen nur die Jahresverbräuche für Erdgas und Strom für die gesamte Villa Massimo vor. Für das energetische Controlling der Gebäude und der Anlagentechnik wäre es empfehlenswert, zusätzliche Zähler einzubauen. Diese Zähler sollten mindestens ein Mal pro Jahr abgelesen und ausgewertet werden. Für eine detaillierte Auswertung wäre es empfehlenswert, die Daten monatlich zu erfassen. Wünschenswert ist die Erarbeitung eines Systems, das den Nutzer sofort involviert und diesen in den Prozess des Energiesparens unmittelbar einbindet und ihn damit betroffen macht. Besonders im Falle der Villa Massimo, und dort in den Studios ist durch eine jährlich wechselnde Nutzerschaft ein direktes System empfehlenswert. Die Erarbeitung einer solchen Maßnahme ist im Projektabschnitt der Realisierung weiter zu untersuchen.

Es wird darüber hinaus der Einbau folgender Zähler allgemein im Gebäudekomplex vorgeschlagen:

Gaszähler

- Haupthaus
- Studios, Villino und Portineria

Stromzähler

- Haupthaus
- Studios, Villino und Portineria
- Wärmepumpe/Kältemaschine
- Ertrag Photovoltaikanlage

Wärmemengenzähler

- Ertrag thermische Solaranlage
- Wärmeerzeugung Wärmepumpe
- Kälteerzeugung Kältemaschine

Wasserzähler

- Warmwasserbedarf Studios

Die Investitionskosten für diese allgemeinen Zähler liegen bei 10 000,- €

Ein System zur Schnittstelle Mensch sollte in Zusammenarbeit mit Experten des Kommunikationsdesign und Industrialdesign entwickelt werden.



Abb. 5.5.1 Brunnenzimmer EG Haupthaus



Abb. 5.5.2 Veranstaltungsraum EG Haupthaus

5.6 Zusammenfassung

Es wurde ein Maßnahmenpaket entwickelt, mit dem der Energiebedarf der Villa Massimo deutlich reduziert werden kann. Es sind Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik vorgesehen. Über Solarenergie und Grundwassernutzung werden zukünftig auch regenerative Energien zur Versorgung des Gebäudes eingesetzt. Gleichzeitig wird in den Studios und in dem Salone die Behaglichkeit im Sommer verbessert.

In den folgenden Tabellen sind die Maßnahmen für das Haupthaus und die Studios zusammengefasst dargestellt. Die angegebenen Investitionskosten basieren auf einer Kostenschätzung. Es handelt sich um Nettopreise. Hinzu kommen die Kosten für die Mehrwertsteuerung und das Planungshonorar.

Maßnahmen Haupthaus:

Tab. 5.6.1 Zusammenstellung Maßnahmen Haupthaus

	Einsparung Strom	Einsparung Erdgas	Investitionskosten (netto)	Auswirkungen Behaglichkeit
	kWh/a	kWh/a	€	
Umbau Lüftungsanlage Salone	5 000 bis 20 000		16 600,-	Fensterlüftung im Salone erforderlich, Minimierung Zugerscheinungen im Sommer, verbesserte Bedienung
Wärme- und Kälteerzeugung über Grundwasser	20 000		140 000,-	
beweglicher Sonnenschutz im Salone	200		7 500,-	Schutz vor direkter Sonne und Blendung

5.6 Zusammenfassung

Maßnahmen Studios:

Tab. 5.6.2 Zusammenstellung Maßnahmen Studios

	Einsparung Strom	Einsparung Erdgas	Investitionskosten (netto)	Auswirkungen Behaglichkeit
	kWh/a	kWh/a	€	
Dämmung der Dächer bzw. der obersten Geschossdecke		101 000	100 000,- bis 120 000,-	Niedrigere Oberflächentemperaturen im Sommer
Dachfenster zur natürlichen Lüftung			12 000,-	Verbesserte Lüftungsmöglichkeiten vermindern Überhitzung im Sommer
Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung		24 000	35 000,- bis 40 000,-	
Photovoltaikanlage	108 000		240 000,-	

Maßnahmen Kühlung Studios:

siehe Tabelle 5.4.14 / 5.4.15

Maßnahmen allgemein:

Tab. 5.6.3 Zusammenstellung Maßnahmen allgemein

	Einsparung Strom	Einsparung Erdgas	Investitionskosten (netto)	Auswirkungen Behaglichkeit
	kWh/a	kWh/a	€	
Einbau Strom- und Wärmemengenzähler			10 000,-	

Die Photovoltaikanlage verursacht vergleichsweise hohe Investitionskosten. Aufgrund der hohen Einspeisevergütung ist diese Maßnahme jedoch wirtschaftlich.

Es wäre die Realisierung von einzelnen der oben dargestellten Maßnahmen möglich. Es wird jedoch vorgeschlagen, alle Maßnahmen durchzuführen, um Synergieeffekte zu nutzen.

5.7 Umsetzung der Maßnahmen

Für die Umsetzung der Maßnahmen sind folgende Arbeitsschritte erforderlich:

- Festlegung des Planungsteams unter Einbezug von lokalen Planungspartnern in Rom
- Prüfung der Statik der Dächer bezüglich der Nutzbarkeit für Solarthermie bzw. Photovoltaik
- Prüfung der Möglichkeiten zur Grundwassernutzung (Bodengutachten, Pumpversuch, Grundwasseranalyse, Genehmigungsrechtliche Fragen)
- Prüfung der Maßnahmen hinsichtlich denkmalpflegerischer Aspekte
- Durchführung der Planung
- Ggf. Beantragung einer Baugenehmigung
- Umsetzung der Maßnahmen
- Festlegung des zukünftigen Energiecontrollings (AbleSEN und Auswerten der Zähler)



Abb. 5.7.1 Ansicht Südfassade Hauptthaus

Tabellen und Abbildungen

Die im Bericht angeführten Tabellen und Abbildungen sind, bis auf die unten genannten, nummerierten und nachgewiesenen Bilder und Grafiken, im Zuge der Erarbeitung dieser Untersuchung, durch das Ingenieurbüro Hausladen GmbH, erstellt und fotografiert.

Folgende Bilder sind nicht Eigentum des Ingenieurbüro Hausladen GmbH:

Abb. 1 - Titelblatt
Ansicht des Haupthauses von oben
Quelle: Villa Massimo; Fotograf - Alex Maclean

Abb. 1.2.1
Luftbild der Liegenschaft
Quelle: Villa Massimo

Abb. 2.1.5
offizielle „Einstrahlungskarte Solarstrahlung Europa“
Quelle: European comission, 2006

Abb. 5.4.18
Quelle: Kampmann

Abb. 5.4.19
Quelle: Kampmann

Abb. 5.4.20
Quelle: Fläkt Woods

Abb. 5.4.21
Quelle: Kampmann

Erklärung Berechnungen

Berechnungen wurden mit folgenden Programmen durchgeführt:

Die Simulationen und Berechnungen wurden alle mit den Programmen

Trnsys
E-Pass Helena, Ultra 5.2
WUFI
Metonorm (Abb.2.1.2; Abb. 2.1.3; Abb. 2.1.6; Abb. 2.1.7; Abb. 2.1.8; Abb. 2.1.9)

verfasst. Die Lizenzen liegen im Ingenieurbüro Hausladen GmbH vor.

Das Planmaterial wurde nach eigenem Aufmass und Bestandsplänen bereitgestellt durch das BBR und die Villa Massimo erarbeitet.

Literatur

DIN EN ISO 7730: „Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit“ (ISO 7730:2005); Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005; Beuth Verlag, Berlin

DIN 4108 - 6 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs“; 2003-06 Beuth Verlag, Berlin

DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung“; Vornorm 2007

Energieeinsparverordnung **EnEV 2009** der Bundesregierung Deutschland

UNI/TS 11300-1:2008 „Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale“

Antragsteller:

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen
Ordinarius für Bauklimatik und Haustechnik
der Technischen Universität München

Bewilligungsempfänger:

Ingenieurbüro Hausladen GmbH

Feldkirchener Straße 7 a
85551 Kirchheim

Projektstruktur:

Projektleitung:
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen
Dipl.-Ing. Elisabeth Endres

Dipl.-Ing. (FH) Cornelia Jacobsen
Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Güntner
Dipl.-Ing. Christoph Hanusch

M.Eng. Dipl. Ing. (FH) Florian Hausladen
Staatl. geprüfter Techniker Gerald Flory
B.Eng. Steven Walliss

Telefon: 089 9915250 oder 089 289 23823
Telefax: 089 99152599
info@ibhausladen.de

Bericht:

Verfasser: Dipl.-Ing. Elisabeth Endres
Dipl.-Ing Arch. Daniele Santucci

Kooperationspartner:

Prof. Dr. (Univ. Rom) Dr.h.c. Thomas Herzog,
Dipl.-Ing. Architekt BDA
Ehemaliger Ordinarius für Gebäudetechnologie, jetzt
Emeritus of Excellence der Technischen Universität

I - Übergeordnete Betrachtungen

Hintergrundinformationen aus Kenntnissen vor Ort
(z.B. Hochschulbereich Sapienza und Roma Tre),
als ehemaliger Stipendiat (1971-1972) und 2-maliger
Juror in den 70er Jahren und nach 2000), über ins-
gesamt 10 Jahre davon 6 Jahre Vorsitz der Auswahl-
kommission Architektur für die Villa Massimo.

Mitverfasser des Stipendiatenpapiers von 1972 - Vor-
schläge zur baulichen Veränderung aus Sicht der
Stipendiaten; Anregungen wurden zu großen Teilen
umgesetzt.

II - Mitwirkung an energetischer Sanierung

- Methodenbeschreibung beim Vorgehen,
- Mitwirkung bei Bestandsanalyse und
Konzeptentwicklung
- Kritische Begleitung und Stellungnahme
- Recherchen in historischen Gegebenheiten
- Vorschläge zu baukonstruktiven Maßnahmen;
Firmenkontakte; gestalterische Kontrolle und Vor-
gaben
- Kritische Stellungnahme zu Ausarbeitungen und
Berichten
- Teilnahme an Arbeitstreffen in Italien und
Deutschland / Aufnahme von technischen Einzelhei-
ten und fotografische Dokumentation
- Mitwirkung bei Bericht und Dokumentation

Dipl.-Ing. (Univ.) Elisabeth Endres

Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für
Bauklimatik und Haustechnik, TU-München

Freie Mitarbeit im Ingenieurbüro Hausladen GmbH

Projektleitung - Koordination und Konzeptionierung Pro-
jekt Erstellung allgemeine Matrix, Bestandsaufnah-
me und -analyse

Dipl.-Ing. Daniele Santucci

Architekt Rom / Masterstudent ClimaDesign, TUM
Herr Santucci ist Masterstudent des an der Techni-
schen Universität München am Lehrstuhl für Bau-
klimatik und Haustechnik, Prof. Dr. Ing. Gerhard
Hausladen durchgeführten Masterstudiengangs Cli-
maDesign. Im Zuge seiner Masterthesis hat er an
dem aktuellen Projekt mitgewirkt. Gegenstand war
dabei im Wesentlichen die Erhebung des Bestandes,
die Mitarbeit bei der Konzeptionierung sowie die Berechnung
der Studios.

Der aktuelle Stand der Wissenschaft und Forschung
im Bereich des energieeffizienten und nachhaltigen
Planen und Bauens sind durch die Stellung Professor
Hausladens als Ordinarius des Lehrstuhls für Baukli-
matik und Haustechnik, TU München maßgeblich in
das Projekt mit eingeflossen.



Auftraggeber:
Deutsche Akademie in Rom, Villa Massimo
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung BBR

Gefördert durch:
Deutsche Bundesstiftung Umwelt



Antragsteller und Verfasser:
Ingenieurbüro Hausladen GmbH
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen
Dipl.-Ing. Elisabeth Endres
Dipl.-Ing. Daniele Santucci

In Kooperation mit:
Prof. Dr. (Univ. Rom) Dr. h.c. Thomas Herzog