



Bluehouse Greenhouse

Attraktion Forschung Eine Vision für Helgoland

Abschlussbericht

gefördert unter dem Aktenzeichen 26699-25

von

Alfred-Wegener-Institut für Polar-
und Meeresforschung
Biologische Anstalt Helgoland
Juni 2010

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	26699-25	Referat	Fördersumme	250 000 (50%)
Antragstitel	Planung der innovativen gebäudetechnischen Weiterentwicklung des Meereswissenschafts- und Klimafolgenzentrums der BAH-AWI			
Stichworte	Blue-House-Green-House. Energetische Sanierung BAH Helgoland			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)	
18 Monate	Juli 2008	Juni 2010	I-III	
Zwischenberichte	1. Juli 2009 2. Okt 2009			
Bewilligungsempfänger	Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung Postfach 12 01 61 27515 Bremerhaven		Tel	04725 819-3238
			Fax	04725 819-3283
			Projektleitung Prof. Dr. Karen Wiltshire	
			Bearbeiter Dieter Neumann / Dieter Kolthoff	
Kooperationspartner				

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens

Gesamtziel des Vorhabens ist die energetische Sanierung und eine bauliche Ergänzung der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH) als Modell für eine möglichst CO₂-neutrale Forschungseinrichtung mit klimapolitisch ganzheitlicher Betrachtung. **Das Leitbild der Sanierung folgt dem energietechnischen Dreisprung: Energiebedarf einsparen, Energieeffizienz optimieren, erneuerbare Energien nutzen**

Das Labor- und Forschungsgebäude ist ein typischer Bau der 50-er Jahre. Durch mangelhafte Detailausbildung, die zwar dem damaligen Zeitgeist entsprach, aber bauphysikalisch die Probleme Feuchte, Kälte und Dichtigkeit nach heutigem Stand der Technik nicht gelöst haben, gibt es massive Bauprobleme, verbunden mit hohem Energieverbrauch, großem Sanierungsstau und bereits verbrauchten Bauteilen, wie z. B. Lüftungsanlagen mit starken Funktionsmängeln, verbrauchten Fenstern, verbrauchte Haustechnikanlagen. Ein Großteil der Stahlbeton-Fertigteile ist nicht mit Wärmedämmung versehen; dementsprechend hoch ist der Heizbedarf und ebenso die Überhitzung im Sommer. Der Sanierungsbedarf ist unstrittig und wurde im Jahr 2007 bei der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren zur Finanzierung angemeldet. Die Kostenschätzung bezieht sich im energetischen Bereich jedoch nur auf Maßnahmen gemäß ENEC und weiteren üblichen Bauvorschriften.

Darüber hinaus gehendes Ziel ist mit diesem Projekt die Erarbeitung einer Konzeption zur modellhaften, energetischen Sanierung des Gebäudes C und des Aquariums aus den 50er Jahren unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen einer internationalen Forschungseinrichtung auf dem Gebiet der Klimafolgenforschung. Hier sind entsprechende Sanierungsmethoden zu entwickeln und besondere Planungswerkzeuge einzusetzen. Ein wichtiger Bestandteil ist die systematische Erfassung des damaligen Bauverfahrens und des Bestandes mit seinen Problemen.

Das Wesen dieses Gebäudetyps bestand u. a. darin, dass eingesetzte Bauteile oder Schalungselemente möglichst oft wiederholt werden konnten. Diese einzelnen Teile mussten in einem Montagesystem verbunden werden, welches sich wiederum möglichst oft in ähnlicher Form wiederholt. Hierbei ist es wichtig, dass dieses Gesamtsystem auf die heutigen Anforderungen in Bezug auf Luftdichtigkeit, Wärmedämmung, Dauerhaftigkeit und Schadstofffreiheit überprüft wird und bei Bedarf dahingehend bereinigt oder ergänzt wird.

Des Weiteren ist die Denkmalverträglichkeit der zu entwickelnden Maßnahmen zu prüfen.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Projekttablauf

Für die Sanierung des Gebäudekomplexes in Passivhaus-Qualität ist vorgesehen, das Vorhaben sukzessive in überschaubaren Teilschritten zu bearbeiten.

I. Grundlagenermittlung

- Sichtung der Baupläne, präzise Aufnahme des Bauzustands, Digitalisierung des Bestands, energietechnische Zustandsbeschreibung
- Ermittlung der jetzigen Nutzung einschließlich der energieintensiven Labor- und Geräteausstattung
- Ermittlung der städtebaulichen und denkmalpflegerischen Rahmenbedingungen

II. Ermittlung der Nutzungsziele

- Definition der Ziele wissenschaftlicher Forschung und der touristischen Nutzung
- Ableitung bautechnischer Ziele / Anforderungen aus den künftigen Forschungszielen
- Ableitung bautechnischer Ziele / Anforderungen aus der künftigen Aquariumsnutzung

III. Sanierungsplanung I

- Entwurf, energietechnische und monetäre Bewertung von ersten Sanierungskonzepten
- denkmalpflegerische Abstimmung erster Sanierungskonzepte

IV. Teil-Neubau

- Nutzungsorientierte, städtebauliche und denkmalpflegerische Anforderungen an den Zwischenbau
- planerischer und energietechnischer Entwurf des Zwischenbaus

V. Sanierungsplanung II

- Diskussion und Festlegung der Bau- und Sanierungsziele mit den zuständigen Stellen und Genehmigungsbehörden
- Detaillierte architektonische, bauphysikalische und energietechnische Ausarbeitung der abgestimmten Sanierungsvarianten
- Umweltbezogene und monetäre Bewertung der Sanierungsvarianten
- Entscheidungsfindung über die Sanierungsvarianten

VI. Begleitende Dokumentation des Planungsprozesses

- Abschlussbericht mit ökologischer und ökonomischer Bewertung der geplanten Maßnahmen
- Dokumentation der Vorgehensweise

Die folgenden Punkte VII sind nicht mehr im jetzigen Antrag enthalten sondern fallen in die sich anschließende Beantragungsphase der Sanierungsumsetzung

VII. Antragstellung zur Förderung der Sanierungsphase

VIII. Sanierungsphase

IX. Optimierungs- und Dokumentationsphase

- Optimierung der Systemtechnik
- Evaluation
- Dokumentation und internationale Verbreitung der Ergebnisse

Ergebnisse und Diskussion

Durch eine gezielte Kombination aus innovativer Technik und baulichen Maßnahmen erscheint es möglich, das ambitionierte Unterfangen der Transformation eines 50er Jahre Bestandsbaus in ein modernes wissenschaftliches Institut mit höchsten Ansprüchen an die CO₂ Neutralität zu verwirklichen, unter gleichzeitiger Berücksichtigung denkmalschutzrechtlich vorgegebener Rahmenbedingungen.

Neben einer energetischen Sanierung der Gebäudehülle ist die Neukonzeption der kompletten Haustechnik Voraussetzung für das Erreichen des gesetzten Ziels. Mit dem Werkzeug der Gebäudesimulation wurden Innen- und Außendämmung, sowie Lüftungs- und Belichtungskonzepte in Abhängigkeit zum exponierten Standort untersucht und optimiert. Freiwerdende Flächen wie die großen Seewassertanks werden für Technikzentralen genutzt, sodass erstmalig Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (Laborlüftung) zum Einsatz kommen können. Sowohl energetische als auch denkmalpflegerische Zielsetzungen können mit einer Innendämmung und hochwertigen Fenstern erreicht werden, die Wärmeschutz und thermischen Komfort verbessern.

Gleichzeitig werden ungewollte Lüftungsverluste durch eine dichte Gebäudehülle auf ein Mindestmaß reduziert. Mit einer effizienten Lüftungstechnik mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung wird dann der Heizwärmebedarf um 50% gesenkt. Durch die Innendämmung kann auch der Denkmalschutz gewahrt werden.

Die für die Beheizung des Gebäudes benötigte Wärme wird neben der intern anfallenden Abwärme (Kälteerzeugung, Kompressoren, etc.) über eine Wärmepumpe und das Seewassernetz, das auch weiterhin für Forschungszwecke vorgehalten wird, aus dem Meer gewonnen. Die für die Wärmepumpentechnik benötigte elektrische Energie zur Erwärmung des Gebäudes wird über eine Fotovoltaikanlage und eine Windkraftanlage bereitgestellt. Damit ist das Ziel eines weitgehenden CO₂ neutralen Gebäudeheizbetriebs erreicht.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

11. Mai 2010: Veranstaltung „Europa und die Kommunen“ Tagung des Schleswig-Holsteinischen Landkreistages, Helgoland. Präsentation des Konzeptes.

18. März 2010: Parlamentarische Abend in Berlin zur Marine Biodiversität, Präsentation des Konzeptes.

29. September 2009: Projektbesprechung „Green-House-Blue-House“ auf Helgoland mit den ausführenden Firmen PPP, Impuls und ProPublico sowie Vertretern der Landesdenkmalämter und der Gemeinde. Erste Vorstellung und Diskussion der Präferenzvarianten für Green-House und Konzeptvorstellung für „BlueHouse“ durch die Fa. ProPublico. Diskussion der Möglichkeiten einer Projektpräsentation „Green-House-Blue-House“ auf Bundes- und Landesebene in Berlin und Kiel im Januar 2010 mit der Zielstellung der Mittelweinerwerbung für die geplante Projektumsetzung ab 2010.

September 2009: Teilnahme an insgesamt sieben Workshops zum regionalen Entwicklungskonzept Helgoland. Darstellung / Vertretung der Interessen der BAH um den Gesamtkomplex „GreenHouse-BlueHouse“. Darstellung der Bedeutung des Projektes GHBH für die Biologisch Anstalt Helgoland, für den Forschungsstandort Helgoland und für die Insel als solches.

07. September 2009: Vorstellung des Projektes „Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland“ im Rahmen einer Presse & Öffentlichkeitsveranstaltung des Alfred-Wegener-Institutes auf Helgoland.

03. September 2009: Vorstellung und Diskussion des Ergänzungsprojektes „Blue-House“ im Gesamtprojekt „GreenHouse-BlueHouse“ bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt in Osnabrück.

01. September 2009: Vorstellung und Diskussion des Projektes „Green-House-Blue-House“ mit Vertretern der Initiative „CleanTec“. Diskussion der Möglichkeiten einer Projektpräsentation „Green-House-Blue-House“ auf Bundes- und Landesebene in Berlin und Kiel mit der Zielstellung der Mittelweinerwerbung für die geplante Projektumsetzung ab 2010.

20 Juni 2009: Darstellung der Entwicklung des Projektes „Wissenschafts- und Bildungszentrum

Helgoland“ im Rahmen des „Tages der offenen Tür der BAH“ (Poster).

02 Juni 2009: Darstellung der Entwicklung des Projektes „Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland“ im Rahmen des Besuches des Wirtschaftsministeriums auf Helgoland (Vortrag)

12 Mai 2009: Darstellung der Entwicklung des Projektes „Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland“ im Rahmen einer öffentlichen Informationsveranstaltung des BAH auf Helgoland (Vortrag)

September 2008 bis April 2009: Mehrere Vorträge zum Konzept und zur Entwicklung des Projektes „Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland“.

17 August 2008: Darstellung der Entwicklung des Projektes „Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland“ auf Helgoland (Poster)

11 August 2008: Darstellung der Entwicklung des Projektes „Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland“ im Hauptausschuss Helgoland (Vortrag)

22 Juli 2008: Darstellung der Entwicklung des Projektes „Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland“ im Rahmen einer Sitzung des Tourismusforum Helgoland (Vortrag)

21 Juli 2008: Darstellung der Entwicklung des Projektes „Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland“ im Rahmen einer Gemeinderatssitzung auf Helgoland (Vortrag)

18 Mai 2008: Vorstellung des geplanten Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland in Bremerhaven, Besuch Dr. Kowalski (Vortrag)

März 2008: Vorstellung des geplanten Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland, Besuch Minister Austermann Helgoland (Vortrag + Poster)

25. Februar 2008: Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland, Helgoländer Runde, Hamburg (Vortrag)

08. November 2007: Science-Center-Workshop auf Helgoland mit Gemeinde Helgoland (Vortrag).

04. September 2007: Posterpräsentation Blue-House-Green-House im Rahmen der Vorstellung „Tourismuskonzept Helgoland“ (Vortrag und Poster).

21. Juli 2007: Vorstellung des geplanten Wissenschafts- und Bildungszentrum Helgoland vor der Gemeinde Helgoland (Vortrag)

Fazit

Gesamtziel des Vorhabens war die Untersuchung der Transformation der denkmalgeschützten Gebäude der Biologischen Anstalt Helgoland in ein CO₂ neutrales Institut für Klimafolgenforschung. Das Leitbild der Sanierung folgt dem energietechnischen Dreisprung: Energiebedarf einsparen, Energieeffizienz optimieren, erneuerbare Energien nutzen.

Angesichts des Energieverbrauchs und der daraus resultierenden CO₂ -Emissionen, ist derzeit die Glaubwürdigkeit der klimarelevanten Forschung und der bildungspolitische Anspruch nicht aufrecht zu halten. Neben hohen Energiekosten entstehen auch gleichzeitig hohe CO₂ Emissionen die zur Klimaerwärmung beitragen.

In einem Wettbewerbsverfahren wurden Architekten und Energie-Experten für dieses Projekt eruiert. Zuerst wurde der Charakter des Institutes und seiner Forschung erläutert, sowie die denkmalgeschützte Architektur zusammen mit den Behörden erfasst.

Das Institut wurde mit mehreren Szenarien, dem Denkmalschutz entsprechend, bautechnisch, anlagentechnisch und energetisch untersucht. Es wurde z.B. mit und ohne kompletter Außendämmung sowie neuen Dachparzellen und verschiedenen Lüftungssystemen gerechnet und konzipiert. Die Studien zeigen, dass das Einsparungspotenzial für Wärme und Energie sehr hoch ist. Vor allem durch konsequente Dämmung, Wärmerückgewinnung und eine effizientere Raumnutzung wird es möglich sein, den

Wärmebedarf des Hauses auf fast Null zu reduzieren. Gleichzeitig kann der Stromverbrauch ebenfalls erheblich gesenkt werden, allerdings nicht bis auf null, da ein Forschungsinstitut mit seiner Infrastruktur einen relativ hohen Strombedarf hat.

Deutsche Bundesstiftung Umwelt ● An der Bornau 2 ● 49090 Osnabrück ● Tel 0541/9633-0 ●
Fax 0541/9633-190 ● <http://www.dbu.de>

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Einleitung	7
Ziel dieses Projektes	7
Ergebnisse und Diskussion	9
1. Initiierung der Zusammenarbeiten	9
2. Machbarkeitsstudie	10
3. Verwirklichung	17
Fazit	17
Weitere Schritte.....	18
Intensivierung der Zusammenarbeit	18
Machbar machen der Pläne	18
Weitere Finanzierung	18

Zusammenfassung

Gesamtziel des Vorhabens BluehouseGreenhouse (BHGH) war die Untersuchung der Transformation der denkmalgeschützten Gebäude der Biologischen Anstalt Helgoland in ein CO₂ neutrales Institut für Klimafolgenforschung.

Das Leitbild der Sanierung folgt dem energietechnischen Dreisprung: Energiebedarf einsparen, Energieeffizienz optimieren, erneuerbare Energien nutzen. „Green House“ steht für eine höchstmögliche Energieeffizienz des Institutsgebäudes, das im Wesentlichen aus den 50er Jahren stammt, und sich weitgehend in einem denkmalgeschützten aber stark sanierungsbedürftigen Originalzustand befindet. Blue House steht für eine energetische Sanierung vom derzeitigen Aquariumsgebäude mit der Möglichkeit die Klimabildung und die Relevanz der Forschung in der Nordsee besser an die Öffentlichkeit zu bringen.

Angesichts des Energieverbrauchs und den daraus resultierenden CO₂ Emissionen, ist derzeit die Glaubwürdigkeit der klimarelevanten Forschung und der bildungspolitische Anspruch nicht aufrecht zu halten. Neben hohen Energiekosten entstehen auch gleichzeitig hohe CO₂ Emissionen von rd. 600.000 kg/a, die zur Klimaerwärmung beitragen.

In einem Wettbewerbsverfahren wurden Architekten und Energie-Experten für dieses Projekt eruiert. Nachdem die Firmen PPP und Transsolar beauftragt wurden, wurde erstmal der Charakter des Institutes und seiner Forschung erläutert, sowie die denkmalgeschützte Architektur zusammen mit den Behörden erfasst.

Das Institut wurde mit mehreren Szenarien, dem Denkmalschutz entsprechend, bautechnisch, anlagentechnisch und energetisch untersucht. Es wurde z.B. mit und ohne kompletter Außendämmung sowie neuen Dachparzellen und verschiedenen Lüftungssystemen gerechnet und konzipiert. Die beiden von der DBU finanzierten Machbarkeitsstudien zeigen, dass das Einsparungspotenzial für Wärme und Energie sehr hoch ist. Vor allem durch konsequente Dämmung, Wärmerückgewinnung und eine effizientere Raumnutzung wird es möglich sein, den Wärmebedarf des Hauses auf fast Null zu reduzieren. Gleichzeitig kann der Stromverbrauch ebenfalls erheblich gesenkt werden, allerdings nicht bis auf Null, da ein Forschungsinstitut mit seiner Infrastruktur einen relativ hohen Strombedarf hat.

Einleitung

Das Alfred-Wegener-Institut plant die Komplettsanierung des Haupthauses „C“ der Biologischen Anstalt Helgoland und damit zusammenhängend unter Berücksichtigung der Besonderheiten der Insel die Umwandlung des angegliederten BAH-Aquariums (Bluehouse) in eine öffentliche Forschungslandschaft für Meereswissenschaften mit pädagogischem Anspruch.

Die seit mehr als 100 Jahren am Standort betriebene meeresbiologische Forschung erfährt im Rahmen der aktuellen Klimaentwicklung und der darüber geführten Diskussion eine enorme Aktualität. Der Standort Helgoland unterliegt unmittelbar den Gewalten der Natur, inmitten des am stärksten vom Klimawandel betroffen Randmeers der nördlichen Hemisphäre, der Nordsee. Helgoland fungiert aufgrund seiner einmaligen Exposition gewissermaßen als Außenposten der deutschen Klimafolgenforschung in der Nordsee. Die an der BAH und am AWI vorhandene wissenschaftliche Expertise sind auf hohem internationalen Niveau. So hat der AWI-Standort Helgoland insgesamt nicht nur einen exzellenten Ruf als Forschungsstandort, sondern auch ein einmaliges Potenzial die Klimafolgenforschung und ihre Ergebnisse in die Öffentlichkeit zu transportieren und als pädagogisches Leuchtturmprojekt in diesem Bereich benutzt zu werden.

Ein zentrales Problem dabei ist jedoch der inzwischen extrem sanierungsbedürftige Zustand des zweiteiligen Gebäudeensembles, bestehend aus Haus C und dem BAH Aquarium.

Das Institutsgebäude C mit angeschlossenem Aquarium wurde, wie nahezu die gesamte Bebauung der Insel, in den 50er Jahren errichtet. Aufgrund der einmaligen städtebaulich geschlossenen Situation des vollständigen Wiederaufbaus der Insel nach den Kriegszerstörungen, sind viele Gebäude des Wiederaufbaus, wie auch das Institut, in die Denkmalliste eingetragen

Aufgrund des Alters verfügt das Gebäude über grundlegende zeittypische Mängel. Im Laufe der letzten 50 Jahre wurden Institut und Aquarium lediglich in Teilen an die sich wandelnden Bedürfnisse der Nutzer angepasst, ohne jedoch substantielle Erneuerungen vorzunehmen. Alle wesentlichen Teile der Bausubstanz stammen daher aus der Bauzeit, gleiches gilt für die Haustechnik, wo lediglich im Laufe der Jahre neue Komponenten hinzugefügt wurden, aber keine grundsätzlichen Sanierungen stattfanden. Das Gebäude verfügt über keine Wärmedämmung, mit Ausnahme der nachträglich auf dem Dach aufgetragenen. Das dem damaligen Zeitgeschmack folgende Stahlbetonskelett birgt große bauphysikalische Probleme. Die haustechnischen Anlagen sind veraltet und verfügen über keine Wärmerückgewinnung. Entsprechend hoch ist der Energieverbrauch für Beheizung und Betrieb des Gebäudes, das 10% der Energie der Insel verbraucht. Die Folgen der äußerst hohen Betriebskosten sind eine zunehmende Belastung des Forschungsetats.

Der aktuelle bautechnische Zustand widerspricht daher dem Grundgedanken eines Institutes für Klimafolgenforschung nahezu diamteral und macht die Präsentation des Instituts im Klimakontext nicht glaubwürdig. Neben dem hohen Energiebedarf der Forschung mit ihren modernen analytischen Verfahren tragen insbesondere die energetisch rückständigen Gebäude und die technische Gebäudeausrüstung zu dem äußerst hohen Energieverbrauch bei.

Ziel dieses Projektes

Ziel diese Vorhabens war es zu untersuchen, wie die Gebäude des Instituts so transformiert und renoviert werden können, dass die Biologische Anstalt Helgoland als Teil des Alfred-

Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung die auf Helgoland ansässige Klimafolgenforschung so CO₂-neutral wie möglich gestalten kann, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Ansprüche des Denkmalschutzes.

Angesichts des derzeit enormen Energieverbrauchs der BAH, der damit verbundenen CO₂ Emission sowie der Einleitung von Abwärme in Meer und Atmosphäre (s. Teil 2 der Machbarkeitsstudie - Energetisches Konzept Transsolar – Kap. 3.2.5 und 3.3., S.24-26) war das Ziel der Machbarkeitsstudie die Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes für das Institutsgebäude C und das angeschlossene BAH-Aquarium. Kernelemente der Sanierung waren dabei zunächst die Beheizung des Gebäudes CO₂ neutral zu realisieren, die Energiekosten für den Gebäudebetrieb soweit wie möglich abzusenken und letztendlich langfristig Wege für einen komplett energieautarken Betrieb des Institutes aufzuzeigen.

Das Institut kann so als Leuchtturmprojekt eines aktiven Beitrags zum Klimaschutz fungieren. Dieses Ziel wurde verfolgt durch folgende drei Maßnahmen:

1. Initiierung lokaler, regionaler und nationaler Zusammenarbeiten zur Bedarfsentwicklung einer solchen Maßnahme auf Helgoland.
2. Anfertigung einer Machbarkeitsstudie zu baulichen und technischen Anforderungen eines solchen Hauses;
3. Regionale und überregionale Initiativen zur Erörterung der Finanzierungs- und Verwirklichungsmöglichkeiten des Großprojektes.

Die zweiteilige Machbarkeitsstudie zur energetischen Sanierung der BAH stellt den Hauptteil dieses Endberichtes dar, und ist als Anhang beigefügt. Eine Auswahl der wichtigsten Ergebnisse aus den beiden Studien mit entsprechenden Verweisen auf die Originalarbeiten sind hier zusammengefasst.

Ergebnisse und Diskussion

1. Initiierung der Zusammenarbeiten

Eines der Kernprobleme in der ersten Phase der Projektplanung war es, ausreichende öffentliche und politische Mehrheiten dafür zu gewinnen. Auf der Insel Helgoland gibt es aufgrund der starken Tageskundschaft viel Konkurrenz um den Tagesgast. Die Ängste der gewerbetreibenden Bevölkerung sind dabei vor allem dahingehend zu sehen, dass ein sog. Leuchtturmprojekt viele Tagesgäste für einen Teil ihres zeitlich begrenzten Aufenthaltes auf der Insel bindet. Ein wesentliches Ziel der ersten Phase des Projektes war es deshalb, eine breite Mehrheit in der Bevölkerung und den Behörden für das Projekt zu gewinnen, indem Vertreter der lokalen Verwaltung und Politik, der lokalen Bevölkerung sowie der regionalen und überregionalen Behörden einbezogen wurden. Von Beginn des Projektes an wurde darauf geachtet, dass bei den Besprechungen möglichst paritätisch immer auch Vertreter der Gemeinde Helgoland, insbesondere dem Helgoländer Bauamt und der Kurverwaltung anwesend waren.

Das konsequente Einbeziehen der lokalen Entscheidungsträger der Helgoländer Gemeinde in die Projektplanung hat sich im Nachhinein als sehr wichtig erwiesen, da diese Gremien das Projekt inzwischen auch nach außen in der Landespolitik und teilweise auch auf Bundesebene als eines der wichtigsten der Insel vertreten. Viele Helgoländer Gemeindebeamte und Lokalpolitiker sehen das Projekt nun als „Ihr Projekt“ an, und stellen es regelmäßig selber vor. Für die mittelfristige Realisierung des 25 Mio. Euro Großprojektes ist dies eine unverzichtbare Ausgangslage.

Auf der Insel Helgoland wird zurzeit ein Regionales Entwicklungskonzept (REK) erarbeitet. Die gute Zusammenarbeit mit der Gemeinde Helgoland sowie den mit der REK-Studie beauftragten Büros hat dazu geführt, dass das Projekt BHGH und damit auch die Forschungstätigkeit der BAH inzwischen auch im REK eine tragende Rolle für die Insel einnimmt, was für die mittelfristige Realisierung des Gesamtprojektes von großer Bedeutung ist.

Zusätzlich zur öffentlichen Akzeptanz des Projektes ist ein weiterer wichtiger Eckpunkt des Vorhabens die Gegebenheit, dass das zu renovierende Haus unter Denkmalschutz steht. Vielerorts auf Helgoland wird dies als enormes Hindernis gesehen eine innovative und zeitgemäße Renovierung durchzuführen, und dem Denkmalschutz wird in der lokalen Presse sehr oft eine sehr negative Rolle zugeschrieben. Eine wichtige Strategie in der Projektanbahnung war deshalb die frühzeitige und enge Einbindung der zuständigen unteren und oberen Denkmalschutzbehörden. Vertreter dieser Fachgremien waren zu allen Treffen eingeladen und in der Regel anwesend. Zudem waren Vertreter der oben genannten Behörden auch in dem Auswahlverfahren der Firmen zur Durchführung der Machbarkeitsstudie involviert. Ziel war die Entwicklung einer Machbarkeitsstudie, die alle denkmalschutzspezifischen Belange berücksichtigt. Die frühe Einbindung des Denkmalschutzes hat dazu geführt, dass die hier vorliegende Machbarkeitsstudie im vollen Umfang auch von den zuständigen Denkmalschutzbehörden getragen wird.

Ein weiterer Spezialfall von Helgoland ist der Nutzungszwang für Strom und (Warm)wasser über die Energie- bzw. Versorgungsbetriebe Helgoland. Dieser „Solidarpakt“ steht potenziell innovativen Ansätzen zur Erzeugung von Wärme und Kälte entgegen. Deshalb wurden zu den Sitzungen zur Erstellung der Machbarkeitsstudie auch immer Vertreter der lokalen Energiebetriebe eingeladen. Auch dies hat letztendlich zu einer sehr effektiven Zusammenarbeit geführt, und wir erwarten die volle Unterstützung der Energiebetriebe Helgoland bei der Verwirklichung des Projektes.

2. Machbarkeitsstudie

Zur Erstellung einer Machbarkeitsstudie wurde ein Wettbewerbsverfahren mit insgesamt 4 konkurrierenden Architekturbüros aus ganz Deutschland initiiert (Architekturbüro Pohl, Architekturbüro Mai, Architekturbüro Sunder – Plassmann und Architekturbüro Petersen, Pörksen Partner. Als Beratungsgremium für die Vergabe waren die folgenden Personen / Institutionen beteiligt:

- Denkmalschutz Kreis Pinneberg, Frau Fesser
- Denkmalschutz Land Schleswig-Holstein, Herr Dr. Behrens
- Architekturbüro Bergmann / Beratender Architekt , Herr Bergmann
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt / Architektin, Frau Djahanschah
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt / Leiter Abt. Umwelttechnik, Herr Dr. Grimm
- AWI Bremerhaven - Bau Koordination, Herr Kolthoff
- AWI Bremerhaven - Bau Koordination, Herr Neumann
- AWI Helgoland - Leiter Aquarium / Konzeptionelle Koordination, Herr Leusmann
- AWI Helgoland - Konzeptionelle Koordination, Herr Dr. Fischer
- AWI Helgoland - Wissenschaftlicher Koordinator, Herr Dr. Gerdts
- AWI Helgoland - Direktorin BAH, Frau Prof. Dr. Wiltshire

Im Rahmen eines Auswahlverfahrens wurde das Planungsteam, bestehend aus dem Architekturbüro petersen pörksen partner, dem Büro für technische Gebäudeausrüstung Pahl und Jacobsen sowie dem Ingenieurbüro für Energiekonzeption und Simulationen Transsolar Energietechnik GmbH für die Erstellung der Machbarkeitsstudie ausgewählt. Letztere können mittels dynamischer Gebäudesimulation Auswirkungen verschiedener Maßnahmen sehr genau ermitteln und daraus Empfehlungen für die weitere Planung der Haustechnik und der architektonischen Belange ableiten.

Die beiden Berichte der Büros sind angehängt, die wichtigsten Erkenntnisse der Studie werden hier kurz dargestellt.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden bei der Erstellung der Machbarkeitsstudie durch das Architekturbüro ppp.

Ein wesentlicher Aspekt der ersten Phase der Erstellung der Machbarkeitsstudie war die Grundlagenermittlung. Dies war vor allem in Bezug auf das bautechnische Umfeld Helgoland sowie auf die Besonderheiten in Bezug auf den Denkmalschutz zwingend erforderlich. Dabei wurde zunächst die ursprüngliche Konzeption des Gebäudes analysiert (MB Studie Teil 1, Kap. 3.1, S.18-19), und im Anschluss daran eine detaillierte Betrachtung der aktuellen Nutzungssituation des Hauses (MB Studie Teil 1, Kap.3.2, S.21-31) sowie des derzeitigen baulichen Zustandes (MB Studie Teil 1, Kap.3.3, S.32-42) durchgeführt.

Grundlagenermittlung

- (a) Sichtung der Baupläne, präzise Aufnahme des Bauzustands, Digitalisierung des Bestands, energietechnische Zustandsbeschreibung:

Bereits zu Projektbeginn wurde von den beteiligten Wissenschaftlern und technischen Leitern der BAH sowohl eine Aufnahme des Bauzustands als auch eine energietechnische Beschreibung des momentanen Zustandes der Gebäude erstellt. In diesem Zusammenhang wurden auch erstmals die realen operativen Kosten in Bezug auf den Energieverbrauch der Einheit erstellt. Diese detaillierte Aufnahme des Bauzustandes und des Energieverbrauchs war erforderlich, da sich schnell zeigte, dass die vorhandenen Baupläne und energetischen Verbrauchsabschätzungen bis dato sehr unpräzise waren. Dabei zeigte sich, dass fehlende

Daten/Zeichnungen zu Gebäuden dieser Art und diesen Alters offensichtlich ein systematisches Problem der mangelhaften Dokumentation von Bauten aus den 50er und 60er Jahren sind. Im weiteren Verlauf zeigte sich dann zusätzlich, dass selbst die vorhandenen Baupläne und Architektenzeichnungen nicht mit der Bauausführung übereinstimmen und zur Renovierung eine komplette Bestandsaufnahme zwingend erforderlich war.

Parallel dazu wurde im Sommer 2009 zur Bewertung des Zustandes der Tragkonstruktion ein betontechnologisches Gutachten vom Hansa-Nord-Labor aus Pinneberg erstellt. Die bauphysikalischen Untersuchungen durch das Büro knp.bauphysik im Rahmen der Studie (MB Studie Anlage 3, S.1-10) beinhalten das thermische Verhalten der Gebäudehülle und dienen als Grundlage der weiteren energetischen Betrachtung.

(b) Ermittlung der jetzigen Nutzung einschließlich der energieintensiven Labor- und Geräteausstattung (MB Studie Teil 1, Kap.3.2-3.3, S.21-42):

Die Aufnahme der aktuellen Nutzung erwies sich als vergleichsweise einfach und durch die wiss. Baubegleitung zeitnah zu erstellen. Bemerkenswert sei hier, dass die aktuelle Nutzung teilweise stark von der in der Dokumentation beschriebenen Nutzung abwich. Die Neuaufnahme erbrachte weiterhin, dass die technischen Kapazitäten des Hauses in Bezug auf die benötigten Medien Wasser, Strom und Rechnerkapazitäten an der oberen Grenze angelangt sind und teilweise auch erhebliche Sicherheitsprobleme bestehen. Da das Institut über die letzten Jahre hinweg kontinuierlich und schnell sowohl in seinem Personalbestand als auch in seinem wissenschaftlichen Auftrag angewachsen ist und weiter wachsen wird, ist eine Neuplanung der Technik und Gebäudeausrichtung für die Klimafolgenforschungsschwerpunkte der nächsten 25 Jahre unerlässlich.

(c) Ermittlung der städtebaulichen und denkmalpflegerischen Rahmenbedingungen:

Um die städtebaulichen und denkmalpflegerischen Rahmenbedingungen zu klären, wurde zu Beginn des Projektes ein Projektworkshop abgehalten zu dem alle wesentlichen Parteien inklusive der Gemeinde, den beteiligten Bauämtern und Denkmalschutzämtern (Land und Kreis) eingeladen wurden. Die dadurch erzielte aktive Rolle der Denkmalschutzämter erbrachte im weiteren Projektverlauf eine flexible und überaus konstruktive Handhabung des Denkmalschutzes.

In diesem Zusammenhang wurden mit der Gemeinde die weiteren Verfahrensschritte für eine eventuell erforderliche Bauplanänderung bzw. der kompletten Befreiung der Festsetzung diskutiert. Aufgrund der frühzeitig, d.h. vor Projektbeginn, erstellten Aufnahme des aktuellen Bauzustands und der energietechnischen Zustandsbeschreibung konnte eine entsprechende Bauvoranfrage eingereicht werden.

Aus der Grundlagenermittlung ergaben sich folgende wesentliche Punkte (MB Studie Teil 1, Kap.3.3, S.32-42):

Baulich:

Das Gebäude befindet sich in Bezug auf die Bausubstanz weitgehend in seinem ursprünglichen Zustand. Teile des Gebäudes wurden im Laufe der Jahre je nach aktuellem Anlass oder Bedarf modernisiert oder instandgesetzt, ohne jedoch dabei einem übergreifenden Konzept zu folgen. Aufgrund des Gebäudealters und den für die Bauzeit typischen Mängeln herrscht ein hoher Sanierungsbedarf.

Den Standards der 50er Jahre folgend, sind die Räumlichkeiten wie z.B. die Labore auf die damals vorgegebene Nutzung ausgelegt, die sich in festen Einbauten wie Abzügen, Dunkelkammern und Labortischen mit Fliesenspiegeln an Wand und Boden widerspiegeln und den damaligen wissenschaftlichen Standards entsprechen. Die Nutzungen der Räume

entsprechen in Teilen heute nicht mehr dem ursprünglich geplanten und gebauten Zustand, was angesichts des Gebäudealters verständlich ist. Mit den sich im Lauf der Zeit verändernden Anforderungen aus der wissenschaftlichen Arbeit hat sich die Nutzung eines Großteils der Räume erheblich gewandelt. Wertvolle Nutzflächen des Instituts sind aufgrund der Raumzuschnitte suboptimal genutzt. Das Haus verfügt damit über Flächenreserven, die sich aufgrund der flexiblen Tragstruktur durch Umbauten aktivieren ließen. Ein großer Anteil der Räume des Gebäudes befindet sich im originalen Zustand aus der Bauzeit und ist stark sanierungsbedürftig. Teile der Labore und Büros wurden im Laufe der letzten Jahre saniert und neu ausgestattet, jedoch jeweils an die alten Hauptstränge der Ver- und Entsorgung angeschlossen. Die Fassaden wurden in diesem Zuge nicht saniert, so dass nach wie vor eklatante bauphysikalische Probleme vorherrschen. Die ungedämmten Außenbauteile führen neben thermischem Unbehagen und Zugerscheinungen zur Bildung von Schimmel im Leibungsbereich der Fenster. Dies ist vor allem bei sitzender Tätigkeit an der Fassade aufgrund der Raumgröße, Belichtung und Möblierbarkeit der Räume von außerordentlicher Bedeutung. Die südwestorientierten Räume haben Überhitzungsprobleme bei Sonneneinstrahlung und werden zurzeit z.T. klimatisiert.

Technik:

Das Gebäude verfügte zum Zeitpunkt seiner Errichtung über eine Zentralheizung, deren Schornstein mit Ausnahme des Kopfes noch vorhanden ist. Zur Zeit wird die BAH wie alle Gebäude auf der Insel über Fernwärme beheizt, die über das in-seleigene BHKW gespeist wird. Die Wärmeverteilung innerhalb des Hauses erfolgt über das alte Wärmeverteilnetz, die Beheizung der Räume über die statischen Heizflächen aus der Bauzeit, die an den ungedämmten Fensterbrüstungen angebracht sind.

Das Gebäude verfügt über insgesamt 7 Lüftungsanlagen unterschiedlichsten Alters. Alle vorgenannten Anlagen sind als Abluftgeräte konzipiert, die ohne Wärmerückgewinnung arbeiten. Da es für Labore sehr stricte Regelungen gibt über die Luftmenge die stündlich ausgetauscht werden muss werden sehr hohe Volumenströme abgesaugt. Bei der abgesaugten Luft handelt es sich um geheizte Raumluft, die unter Energieeinsatz konditioniert wurde. Dieser Energieeinsatz geht dann durch die Absaugung in die Atmosphäre über. Infolge dessen entstehen hohe Wärmeverluste an die Atmosphäre.

Die Kälteerzeugung dient dem Betrieb von Thermokonstanträumen und Kühlräumen, die im gesamten Haus verteilt sind. Weiterhin werden Räume mit südwestlicher Ausrichtung klimatisiert. Die Kälteerzeugung erfolgt dezentral. Die Abwärme wird über den Rücklauf des Seewassers ins Meer abgeführt. Die Kälteerzeugung ist ein wesentlicher Energieverbraucher und insgesamt als unwirtschaftlich einzustufen.

Die Trinkwasserversorgung erfolgt über die in-seleigene Wasserversorgung der Meerwasserentsalzungsanlage. Das Trinkwassernetz im Gebäude, wie auch die sanitären Anlagen, stammen aus der Bauzeit und sind abgängig. Im Bereich der bereits sanierten Labore wurden die Abwässer bereits für eine Trennung vorbereitet, jedoch wieder in die vorhandenen alten Abwasserleitungen aus Guss geführt, die unter der Sohle liegen. Das Abwassernetz ist als abgängig anzusehen.

Das Seewasser wird aktuell zu verschiedenen Zwecken genutzt. Nennenswert sind dabei die Nutzung zur Rückkühlung der Kältemaschinen, als Versorgung der Aquarien, der Hälterung und der Labore. Die Tanks können über eine hauseigene Seewasserversorgung mit einer Förderleistung von 2 x 40 cbm/h über den Nordost- Hafen befüllt werden. Des Weiteren steht eine Verbindungsleitung zum Kraftwerk über die Seewasser bezogen werden kann zur Verfügung. Das System der Tanks stammt aus der Bauzeit. Dimensionierung der Pumpen sowie Förderleistung und –menge, sowie Filtertechnik entsprechen nicht mehr den heutigen Standards und führen zu einem hohen Energieverbrauch. Insbesondere die Förder- und Bevorratungsmenge kann erheblich reduziert werden.

Die installierte Drucklufttechnik versorgt das Gebäude in einem Druckluftnetz mit Druckluft. Die Nutzung und die Anforderungen an das Druckluftnetz sind dabei stark unterschiedlich. Wird zu technischen Anwendungen Druckluft mit ca. 7,5 bar benötigt, so genügt zur Aquarienbelüftung und Versorgung der Labore hingegen nur Druckluft von ca. 1 bar. Allein der Sachverhalt, dass Druckluft die eigentlich bei 1 bar benötigt wird, zunächst auf 8 bar verdichtet wird, ist bei heutigen Energiepreisen nicht mehr zu vertreten. Es liegt somit nahe, das Konzept der Druckluftherzeugung und -verteilung zu überdenken und auf mindestens zwei Druckluftnetze zu wechseln, um diese in unterschiedlichen Druckstufen betreiben zu können.

Neukonzeption des Gebäudes mit CO₂-neutralem Ansatz (siehe auch MB Studie Teil 1, Kap. 4, S.43-70)

Nach Analyse der Bestandssituation sowie der historischen Befunde wurden im nächsten Schritt Ansätze für eine Neukonzeption des Gebäudes herausgearbeitet. Kernaufgaben waren u.a. auch die in der Analyse aufgeführten Nutzungsdefizite zu beheben und die ungenutzten Flächenreserven zu aktivieren. Parallel wurde in Zusammenarbeit mit dem Energieingenieurbüro Transsolar und dem Ingenieurbüro für technische Gebäudeausrüstung Pahl und Jacobsen ein Energiekonzept erarbeitet. Als wesentliches Arbeitsmittel diente dabei eine Gebäudesimulation, die durch das Büro Transsolar durchgeführt wurde. Energiekonzept, Anlagentechnik und architektonisches Konzept wurden dabei in einem integrierten Planungsprozess entwickelt (siehe auch MB Studie Teil 2).

Konzeption eines CO₂ neutralen Instituts für Klimafolgenforschung

Die oben beschriebene Grundlagenermittlung präziserte sehr deutlich die energietechnischen Optimierungsmöglichkeiten. Diese gliedern sich im Wesentlichen in a) baulichen und b) technischen Möglichkeiten.

Wesentliche Punkte der Neukonzeption sind die Konzentration von ähnlichen Arbeitsbereichen / Funktionsbereichen in einzelnen Gebäudeabschnitten und die konsequente (Innen)dämmung des gesamten Hauses (siehe auch MB Studie Teil 1, Kap.4.2, S.59, 61). Vor allem Letztere kann eine wesentliche Ersparung in sowohl Wärme und Kälte-Bedarf als auch Strombedarf herbeiführen.

Bezüglich der Technik steht eine konsequente Wärmerückgewinnung sowohl aus Abwasser als auch aus Abluft im Mittelpunkt des Konzeptes. Zudem sollen Wärmepumpen in Kombination mit Photovoltaikanlagen auf dem Dach dazu führen, dass der Energiebedarf zur Erwärmung und Kühlung des Hauses bei null liegen könnte, und damit das Haus Passiv-Standard erlangen könnte. Der Strombedarf für die Geräte und Anlagen die für die Forschung notwendig sind (im etwa 39% des jetzigen Energieverbrauchs) wird sich nur sehr bedingt senken lassen, durch zum Beispiel Änderungen im Verhalten der Benutzer von Rechnern.

Baulich:

Im Rahmen der Planung der Neuorganisation wurden zwei Lösungsansätze untersucht:

1. Die Bündelung aller Labore in einem Gebäuderiegel, um Vorteile bei der Installationsführung insbesondere der Lüftungstechnik, der Labore nutzen zu können.
2. Die dezentrale Anordnung der Labore in den beiden Gebäuderiegeln C1 und C2 mit Zuordnung der Büros „über den Flur“.

Nach Abwägung und Diskussion der Vor- und Nachteile wurde Variante 2 weiterverfolgt. Die Labore liegen nach diesem Konzept in beiden Geschossen auf der SW Seite des Gebäudeteils C1 (Hangseite) und in beiden Geschossen der NO Seite des Gebäudeteils C2 (Seeseite). Im Obergeschoss des Bauteils C2 wird die vorhandene Raumtiefe von ca. 8 m

für die Unterbringung großer 2-seitig belichteter Laboreinheiten genutzt. Die geschosswise gestapelte Anordnung der Labore wirkt sich auch in dieser Variante vorteilhaft auf die Installationsführung aus. In unmittelbarer Nachbarschaft vis a vis über die jeweiligen Flure wurden die jeweils zugehörigen Bürobereiche angeordnet. Die Mitarbeiter des Instituts können zukünftig den zentral gelegenen Eingang an der Schnittstelle zwischen Bauteil C1 und C2 vom Hof benutzen. Am zentralen Treppenhaus liegen Cafeteria und der neugeschaffene Aufzug. Der repräsentative Haupteingang für Besucher des Instituts befindet sich im neuen gläsernen Eingangsbauwerk des Blue House - Green House zwischen Bauteil C und Aquarium. Von hier aus erreicht man über den zentralen Empfangs- und Kassenbereich, die im Erdgeschoss von Bauteil C1 gelegenen administrativen Bereiche des Instituts.

Einen höheren Stellenwert als bisher soll zukünftig dem Arbeitsbereich des technischen Personals eingeräumt werden. Die bisher unzulängliche Unterbringung des Werkstattbereichs im Untergeschoss wird aufgegeben. Es wird vorgeschlagen den Werkstattbereich auf der Rückseite des Instituts am Fuße des Falmhangs erdgeschossig parallel zum Bauteil C2, in einem eingeschossigen Neubau im Hang (ehemaliger Sprengtrichter) zu positionieren. Zwischen Werkstatt und Bauteil C2 befindet sich nach wie vor der abgeschirmte Werk- und Anlieferhof. In diesem Bereich können Arbeiten im Außenraum erfolgen. Das Bauteil C2 schirmt Werkstatt und Hof von der Kurpromenade ab. Die stark korrodierte und damit sanierungsbedürftige Stützmauer entfällt bzw. wird ersetzt, um die Einfahrt von 1,90 m auf ca. 3 m zu verbreitern. Die Hangsicherung übernimmt zukünftig über weite Strecken das Werkstattgebäude. Das Werkstattgebäude nimmt Räume für Holz-, Kunststoff- und Metallbearbeitung sowie eine Elektrowerkstatt incl. Lagermöglichkeiten auf. Belichtung und Anlieferung erfolgen über bodentiefe Tore vom Wirtschaftshof aus. Das Gebäude verfügt über Personalumkleiden und ein Chemie- sowie ein Gasflaschenlager. Garage und Müll werden in separaten unbeheizten Bauteilen in diesem Bereich untergebracht.

Als wichtiger Faktor wurden die Möglichkeiten der Dämmung des Gebäudes im Detail untersucht (siehe auch MB Studie Teil 1, Kap.4.2, S.59, 61). Dabei wurden mehrere Varianten zur Dämmung der Fassaden vergleichend erörtert. Die erste subjektive Annahme, dass eine Innendämmung deutlich ungünstigere energetische Werte aufweisen würde, betätigte sich nicht. Vielmehr sind gegenüber einer kostenmäßig vertretbaren Innendämmung energetisch nur geringe Unterschiede festzustellen. Dies beruht vor allem auf dem vergleichsweise hohen Fensteranteil der Fassade, dem hohen Einsparpotenzial bei der Wärmerückgewinnung (s. unten), der Lüftung der Labore und auf dem milden nahezu frostfreien Seeklima.

Auch aus Sicht der Denkmalpflege wird die Innendämmung klar favorisiert, da nur die originale Substanz der Fassade in denkmalpflegerischer Sicht einen Wert darstellt. Die Gegenüberstellung der Kosten belegt zwar einen geringen investiven Vorteil der Außendämmung, der sich jedoch im Rahmen der Gebäudeunterhaltung aufgrund kürzerer Wartungsintervalle relativiert. Deswegen wurde die Innendämmung der Fassade weiterverfolgt.

Technik:

Die benötigte Wärme soll durch eine seewassergekoppelte Wärmepumpe bereitgestellt werden (siehe auch MB Studie Teil 1, Kap.6, S.81-82). Außerdem wird die Abwärme aus den Kältemaschinen und der Drucklufttechnik zur Beheizung des Gebäudes verwendet. Die Komponenten, denen Wärme zur Beheizung entzogen werden kann, werden alle auf einen groß dimensionierten Pufferspeicher aufgeschaltet. Aus diesem Pufferspeicher werden dann die Fußbodenheizung, die Deckenstrahlheizung und die Heizregister der raumluftechnischen Geräte versorgt. Die Systemtemperaturen sollen dabei so niedrig wie möglich gehalten werden. Dies erhöht einerseits die Effizienz der Wärmepumpe und macht

andererseits mehr Abwärme nutzbar, da auch Geräte einbezogen werden können, deren Abwärme mit Temperaturen von ca. 30- 40°C anfallen.

Zur Bereitstellung der nötigen Kälte werden je nach Anforderungen an die Vorlauftemperatur unterschiedliche Anlagentechniken eingesetzt. Wird Kälte in einem Temperaturbereich benötigt, die durch das Seewasser bereitgestellt wird, so wird dieser Bedarf auch ohne Einsatz einer Kältemaschine durch das Seewasser gedeckt. Hierzu wird ein Wärmetauscher in den Seewasserkreislauf eingebunden. In diesem Fall wird das Seewasser erwärmt und damit der gewünschte Bereich gekühlt. Das erwärmte Seewasser kann dann der Wärmepumpe zugeführt werden, welche durch die Vorerwärmung dann noch effizienter arbeitet. Ist das frei zur Verfügung stehende Temperaturniveau nicht ausreichend, so wird der Bedarf durch eine Kältemaschine gedeckt. Die Wärme, welche bei dem Betrieb der Kältemaschine entsteht, wird in den Heizungspufferspeicher eingespeichert. Ist eine Wärmeabgabe an den Heizungspufferspeicher z.B. im Sommer nicht möglich, weil dieser vollgeladen ist, oder kein Heizbedarf besteht, so erfolgt die Rückkühlung direkt über das Seewassernetz. Ein effizienter und doch sicherer Betrieb der Kälteanlagen ist damit sichergestellt.

Der Bereich der Aquarien wird durch freie Lüftung be- und entlüftet. Dabei muss auch hierbei nicht auf eine Wärmerückgewinnung verzichtet werden. Die Zuluft strömt durch Klappen im unteren Geschoss in das Gebäude ein. Zusätzlich wird die Luft durch ein Register geleitet, welches als Wärmerückgewinnung dient. Die Lüftung der Labore erfolgt unter Verwendung moderner Regelungstechnik. Sensoren erfassen den Bedarf an Abluft an den Digestorien und passen darauf die Luft zu- und Luftabfuhr aus dem Raum an. Dieser Vorgang erfolgt stetig und vollautomatisch. Durch diese Technik wird der Luftvolumenstrom immer nur so einreguliert, wie es auch der aktuelle Betrieb erfordert. Die Lüftungswärmeverluste werden damit auf ein unumgängliches Maß reduziert. Das Lüftungsprinzip erfolgt dabei entsprechend der aktuellen Regeln der Technik für Laborlüftung als Mischluft.

Für das Dach ist eine großflächige Photovoltaikanlage mit einer Gesamtfläche von 760 m² vorgesehen. Aufgrund des weitreichenden Entgegenkommens bei der Planung zum Erhalt der Außenfassade, zeigte sich der Denkmalschutz in Bezug auf die energietechnischen Nutzung, und der daraus resultierenden Umgestaltung der Dachflächen als durchaus kompromissbereit.

Das Seewasser wird nicht nur zur Versorgung der Aquarien, sondern auch zu Versuchszwecken und als Energiequelle genutzt. Hierbei wurde die Anbindung der einzelnen Komponenten in optimierter Reihenfolge vorgesehen. Die Menge Seewasser, welche dem Aquarienkreislauf zugeführt wird, wird diesem auch entnommen. Diese entnommene Wassermenge wird dann der energetischen Nutzung zugeführt. Hier wird dem Seewasser je nach Bedarf des Gebäudes Wärme entzogen, oder Wärme an das Seewasser abgeben. Die Wärmeaufnahme und -abgabe erfolgt dabei durch die Wärmepumpe, die Kältemaschinen und die freie Kühlung. Die Abgabe von Energie in Form von Wärme an das Seewasser erfolgt aber stets nur, wenn die Wärme in dem Gebäude nicht benötigt wird, und auch keine Möglichkeit der Pufferung besteht.

Heizenergiebedarf (siehe auch MB Studie Teil 1, Kap.6, S.83)

Der Heizenergiebedarf des Hauses kann unter Wahrung der Denkmaleigenschaften des Hauses, d.h. unter Verwendung einer Innendämmung, drastisch, d.h. um bis zu 52% des derzeitigen Verbrauchs, gesenkt werden. Dies entspricht einer Reduktion von durchschnittlich 627 MWh/a auf etwa 306 MWh/a.

Die alternative Außendämmung würde eine weitere Absenkung des Verbrauchs um ca. 32 MWh/a ermöglichen, was einer Reduktion um weitere 5% entspräche. Dies wird im hier vorliegenden Fall unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen und denkmalpflegerischen

Aspekte als nicht zielführend für die Gesamtmaßnahme erachtet und soll daher als Option nicht weiterverfolgt werden.

Neben der Verbesserung der thermischen Gebäudehülle (Dämmung) trägt vor allem die Einführung von Wärmerückgewinnungsmaßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs bei. Durch die Nutzung der Abwärme, die bei der Kälteerzeugung für die Kühlung der Aquarien, der Klimakonstanträume, der Serverräume und der Lüftung anfällt, kann rund 15% des künftigen Heizwärmebedarfs gedeckt werden.

Anspruch einer CO₂ neutralen Versorgung des Gebäudes mit Heizwärme

Die CO₂ neutrale Versorgung des Gebäudes mit Heizwärme kann nach derzeitigem Stand der Planung dadurch erreicht werden, dass der Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpe (MB Studie Teil 1, Kap.6, S.83) welche die Nutzung der Wärme aus dem Meer ermöglichen, regenerativ erzeugt wird. Die dazu benötigte Energiemenge kann durch eine kombinierte Photovoltaik- und Windanlage erreicht werden. Dazu ist geplant eine entsprechende PV-Anlage mit einer Leistung von 51 kW auf den Dächern des Gebäudes C anzubringen, sowie eine zusätzliche Windanlage mit einer Leistung von 6 kW auf der Forschungsplattform des Blue House (bisheriges Aquarium, siehe MB Studie Teil 1, Kap.4.1, S.52) zu errichten. Diese beiden Maßnahmen ermöglichen eine CO₂ Emissionsreduktion von insgesamt 34.800 kg/a. Weitere Details zur energetischen und CO₂-Bilanzierung des Gebäudes C siehe MB Studie Teil 1, Kap.6, S.83, MB Studie Teil 2, Kap.3.36, S.24-26.

Um darüber hinaus den Strombedarf von 169 MWh/a für den Gebäudebetrieb für Lüftung, Pumpen und Antriebe aufzubringen, würde eine größere Windanlage mit einer Leistung von 90 kW benötigt werden. Um den gesamten Strombedarf des Instituts auch für Licht, Computer und Laboranalytik von 473 MWh/a abzudecken, wäre eine installierte Leistung von 240 kW in Form einer Windanlage nötig.

Kosten

Die im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie angewendete Planungstiefe ermöglicht nur eine vergleichsweise grobe Schätzung der einzelnen Posten. In den Bauwerkskosten des Greenhouse sind alle fest eingebauten Labormöbel sowie die dazugehörigen Installationen berücksichtigt (KG 470). Für den Teuerungsfaktor für Baumaßnahmen auf der Insel gegenüber dem Festland wird ein Wert von 1,4 angesetzt (MB Studie Teil 1, Kap.7, S.85). Starke Schwankungen machen es jedoch schwer den Wert richtig einzuschätzen.

In der folgenden Tabelle sind die geschätzten Kosten der einzelnen KG-Gruppen aufgelistet (dazu siehe auch MB Studie Teil 1, Kap.7, S.87), u.a. unterteilt in Baukonstruktion (300), Haustechnik (400), und Nebenkosten (700). Außerdem sind der Vollständigkeit halber die Daten des Bluehouse mit aufgeführt.

KG	Kosten gesamt ohne Großaquarien in Euro	Kosten Großaquarien in Euro	Kosten gesamt mit Großaquarien in Euro
300	8.320.600,00 €	1.850.000,00 €	10.170.600,00 €
400	6.656.300,00 €	492.600,00 €	7.148.900,00 €
300 +400	14.976.900,00 €	2.342.600,00 €	17.319.500,00 €
700	3.405.984,00 €	550.511,00 €	3.956.495,00 €
Summe 300, 400 + 700	18.382.884,00 €	2.893.111,00 €	21.275.995,00 €
Faktor "Helgoland" 1,4	25.736.037,60 €	4.050.355,40 €	29.786.393,00 €

3. Verwirklichung

Die Durchführung einer Machbarkeitsstudie beinhaltet nicht die Finanzierung eines solchen Projektes. Da aber eine Studie ohne Ansätze zur Verwirklichung nicht zielführend ist, haben wir verschiedene Möglichkeiten erörtert dieses Projekt zu finanzieren. Die Helmholtz Gemeinschaft stellt Mittel bereit um mit dem Unterfangen anfangen zu können. Gleichzeitig haben wir mit den Architekten Teilabschnitte und -Bereiche identifiziert die ohne das ganze Projekt zu gefährden auch mit nicht 100%-er Deckung des ganzen Projektes durchzuführen sind. Sogar die Denkmalschutzbehörde ist bereit dieses Projekt finanziell zu unterstützen.

Fazit

Das Ziel des Projektes ist die Transformation der denkmalgeschützten Gebäude der Biologischen Anstalt Helgoland in ein CO₂ neutrales Institut für Klimafolgenforschung.

Ein Ziel der Sanierung ist es, dass die BAH auch nach der Sanierung in Ihrer Gesamtheit als konsequent moderner Baukörper der Nachkriegsmoderne erscheint, und damit den Ansprüchen des Denkmalschutzes genügt sowie gleichzeitig eine moderne und innovative Wissenschaft verkörpert.

Die baulichen Ergänzungen und die sichtbaren technischen Komponenten unterstreichen den hohen energetischen Anspruch und damit den zukunftsweisenden Charakter des Institutes.

Nutzer haben, wie in anderen Studien aufgezeigt wurde, einen sehr hohen Einfluss auf den Energiebedarf eines Gebäudes. Die Installation von Messgeräten, die den Energiebedarf – aber auch die Energieerzeugung z.B. der Photovoltaik aktuell anzeigen, kann eine Sensibilisierung der Nutzer im bewussten Umgang mit Energie befördern. Gleichzeitig erlauben die Messgeräte eine korrekte Funktionsprüfung der Anlagentechnik.

Das Gebäudeensemble erfüllt damit die Erwartungen, sowohl an eine hohe Attraktivität für Besucher, als auch an nachhaltige wissenschaftliche Tätigkeit im Sinne des „Blue House – Green House“ Konzepts, ohne dabei seine Denkmaleigenschaften in Frage zu stellen.

Durch eine gezielte Kombination von innovativer Technik mit baulichen Maßnahmen erscheint es auf Basis der Machbarkeitsstudie möglich, das ambitionierte Unterfangen der Transformation eines 50er Jahre Bestandsbaus in ein modernes wissenschaftliches Institut mit höchsten Ansprüchen an die CO₂ Neutralität zu verwirklichen, unter gleichzeitiger Berücksichtigung denkmalrechtlich vorgegebener Rahmenbedingungen.

Neben einer energetischen Sanierung der Gebäudehülle ist die Neukonzeption der kompletten Haustechnik Voraussetzung für das Erreichen des gesetzten Ziels. Mit dem Werkzeug der Gebäudesimulation wurden Innen- und Außendämmung, sowie Lüftungs- und Belichtungskonzepte in Abhängigkeit zum exponierten Standort untersucht und optimiert. Sowohl energetische wie auch denkmalpflegerische Zielsetzungen können mit einer Innendämmung und hochwertigen Fenstern erreicht werden, die Wärmeschutz und thermischen Komfort verbessern.

Gleichzeitig werden ungewollte Lüftungsverluste durch eine dichte Gebäudehülle auf ein Mindestmaß reduziert. Mit einer effizienten Lüftungstechnik mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung wird dann der Heizwärmebedarf um 50% auf rd. 306 MWh/a. gesenkt. Durch die Innendämmung kann auch der Denkmalschutz gewahrt werden.

Die Beheizung des Gebäudes erfolgt mittels Flächenheizsystemen und einer Wärmepumpe, die Energie aus der Nordsee gewinnt. Der dafür erforderliche Strombedarf wird durch eine effiziente Photovoltaikanlage auf dem Dach des Gebäudes übers Jahr erzeugt.

Freiwerdende Flächen wie die großen Seewassertanks werden für Technikzentralen genutzt, so dass erstmalig Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (Laborlüftung) zum Einsatz kommen können. Die für die Beheizung des Gebäudes benötigte Wärme wird neben der intern anfallenden Abwärme (Kälteerzeugung, Kompressoren, etc.) über eine Wärmepumpe und das Seewassernetz, das auch weiterhin für Forschungszwecke vorgehalten wird, aus dem Meer gewonnen. Die für die Wärmepumpentechnik benötigte elektrische Energie zur Erwärmung des Gebäudes wird über eine Fotovoltaikanlage und eine Windkraftanlage bereitgestellt. Damit ist das Ziel eines weitgehenden CO₂ neutralen Gebäudeheizbetriebs erreicht.

Weitere Schritte

Intensivierung der Zusammenarbeit

Für den Erfolg dieses Projektes ist es essentiell die angefangenen und sehr gut funktionierenden Zusammenarbeiten zu intensivieren und andere zu etablieren. Es hat zum Beispiel schon erste Gespräche gegeben mit Herstellern von Windkraftanlagen, um kleine leise Anlagen auf einem so exponierten Standort wie die Insel Helgoland zu etablieren. Es ist geplant diese Zusammenarbeit zu erweitern, damit die Funktionstüchtigkeit im gegebenen Falle gewährleistet ist. Die Zusammenarbeit mit der Gemeinde Helgoland hat sich als sehr erfolgversprechend erwiesen. Eine Machbarkeitsstudie zum Betrieb und Ausstellungskonzept des neu zu gestaltenden Bluehouse wurde von der Gemeinde im Auftrag gegeben.

Machbar machen der Pläne

Mit den Büros, die die Machbarkeitsstudie durchgeführt haben, findet noch immer ein reger Austausch statt, um die Teilabschnitte des Baus, sowie die technischen Voraussetzungen zu besprechen. Mittlerweile hat die Helmholtz Gesellschaft eine erste Summe zur Verfügung gestellt, so dass mit diesem ambitionierten Projekt begonnen werden kann. Noch in 2010 werden die ersten Abschnitte im Greenhouse in Angriff genommen werden.

Weitere Finanzierung

Es wird unumgänglich sein, weitere Finanzierungsmöglichkeiten zu erschließen, diesbezüglich werden verschiedene Finanzierungsmodelle geprüft. Wir sind sehr optimistisch die benötigten Gelder durch eine Kombination von öffentlichen Mitteln und anderen Quellen aufbringen zu können. Dieses Leuchtturmprojekt ist einmalig. Es zeigt, dass auch an exponierten Standorten Denkmalschutz und Klimaschutz Hand in Hand gehen können. Diese Herausforderung ist zu attraktiv um sie nicht anzunehmen.

Anhang

Machbarkeitsstudie:

Teil 1 – Architektonisches Konzept - Büro Petersen Pörksen und Partner

Teil 2 – Energetisches Konzept - Transsolar Energietechnik

Planung der innovativen gebäudetechnischen Weiterentwicklung des Meereswissenschafts- und Klimafolgenzentrums der Biologischen Anstalt Helgoland des Alfred-Wegener-Instituts

blue house green house

Machbarkeitsstudie

Teil 1 Architektonisches Konzept

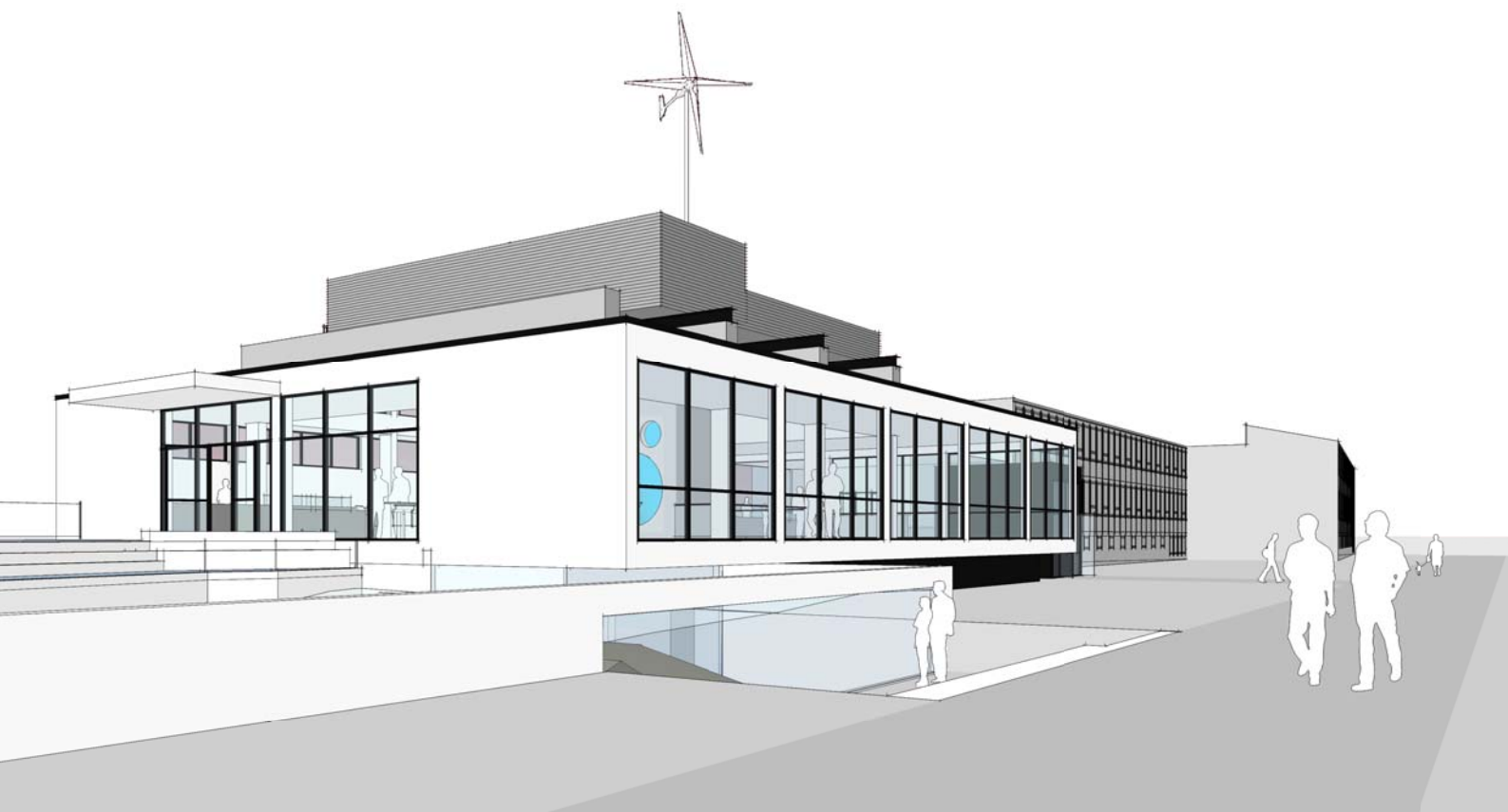
Teil 2 Energetisches Konzept

Anlagen

Auftraggeber:
Alfred-Wegener-Institut

Koordination:
ppp architekten gmbh

Stand Februar 2010



Machbarkeitsstudie

Teil 1 Architektonisches Konzept

Verfasser

petersen pörksen partner
architekten + stadtplaner | bda
Kanalstrasse 52
23552 Lübeck

info@ppp-architekten.de

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie hat die Umsetzung des Projekts „Blue House - Green House“ im denkmalgeschützten Gebäude der Biologischen Anstalt Helgolands zum Inhalt.

„Blue House“ steht dabei für den bildungspolitischen Ansatz des AWI, die Ergebnisse der am Standort Helgoland betriebenen Klimafolgenforschung, die auf eine 100 jährige Tradition an meeresbiologischer Hochsee- und Küstenforschung aufbaut, vor Ort einer breiten Öffentlichkeit zu präsentieren. Dies soll im Rahmen eines Ausstellungskonzepts erfolgen, das über die Möglichkeiten des bestehenden „Schau- und Forschungsaquariums“ als dem öffentlichen „Kopfbau“ des Instituts hinausreicht. Die Entwicklung des Ausstellungskonzeptes für das Blue House erfolgte daher in Zusammenarbeit mit dem Büro impuls design, im Rahmen einer gesonderten Studie deren Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zugrunde gelegt wurden. Das Konzept sieht vor, aktuelle Forschung authentisch in Form von Ausstellungen, Vorführungen, Experimenten, Shows und Führungen durch wissenschaftliche Mitarbeiter des Instituts zu präsentieren. Neben Urlaubern und Tagesgästen soll das Blue House Bildungsträgern für Veranstaltungen und Kurse zur Verfügung stehen.

„Green House“ steht für eine höchstmögliche Energieeffizienz des Institutsgebäudes, das im wesentlichen aus den 50er Jahren stammt und sich weitgehend in einem denkmalgeschützten aber stark sanierungsbedürftigen Originalzustand befindet. Angesichts des Energieverbrauchs und den daraus resultierenden CO₂ Emissionen, ist die Glaubwürdigkeit der Forschung und der bildungspolitische Anspruch nicht aufrecht zu halten. Neben hohen Energiekosten entstehen auch gleichzeitig hohe CO₂ Emissionen von rd. 600.000 kg/a die zur Klimaerwärmung beitragen.

Es gilt daher insbesondere die beiden Ziele Energieeffizienz d.h. CO₂ neutraler Gebäudebetrieb und Denkmalschutz in Einklang zu bringen. Im Rahmen der hier vorliegenden Machbarkeitsstudie wird aufgezeigt, dass durch eine energetische Sanierung und mit einem geeigneten Energiekonzept der CO₂ Ausstoß für den Gebäudeheizbetrieb von 200.000 kg/a auf 5.800 kg/a gesenkt werden kann.

Im Zuge einer eingehenden Analyse der Gebäudekonstruktion und der haustechnischen Anlagen erfolgte ein Abgleich des derzeitigen Status quo mit der ursprünglich realisierten Planung. Die Analyse der derzeitigen Nutzung ergab erhebliche räumliche Defizite. Raumzuschnitte und -größen basieren auf anderen Voraussetzungen, bzw. überholten wissenschaftlichen Arbeitsmethoden (emeritiertes Wissenschaftsverständnis). Raumreserven können durch eine Neuorganisation der Grundrisse und durch Auslagerungen in Neubauteile aktiviert werden (Werkstattgebäude, Technikkeller). Damit können ungünstige räumliche Verhältnisse geklärt und zukunftsfähige Voraussetzungen für Forschung geschaffen werden (Teamarbeit, Flexibilität).

Im Bereich des ehemaligen Aquariums entstehen durch den Ausbau der Seewassertanks und der dazugehörigen veralteten Technik Räume im Untergeschoß, die einer Erweiterung der Ausstellungsfläche dienen. Durch Öffnen der Geschoßdecke entsteht ein über alle Ebenen reichender Raumverbund in den ein ca. 10 m hohes Großaquarium integriert wird. Ein Strömungsbecken und das im Freien vorgelagerte Felswattbecken sind als weitere Großaquarien konzipiert. Ein gläserner Neubau dient als Eingangshalle für Besuchergruppen und verbindet die beiden Baukörper.

Neben einer energetischen Sanierung der Gebäudehülle ist die Neukonzeption der kompletten Haustechnik Voraussetzung für das Erreichen des gesteckten Ziels. Mit dem Werkzeug der Gebäudesimulation wurden Innen- und Außendämmung, sowie Lüftungs- und Belichtungskonzepte in Abhängigkeit zum exponierten Standort untersucht und optimiert. Sowohl energetische wie auch denkmalpflegerische Zielsetzungen können mit einer Innendämmung und hochwertigen Fenstern erreicht werden, die Wärmeschutz und thermischen Komfort verbessern. Gleichzeitig werden ungewollte Lüftungsverluste durch eine dichte Gebäudehülle auf ein Mindestmaß reduziert. Mit einer effizienten Lüftungstechnik mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung wird dann der Heizwärmebedarf um 50% auf rd. 306 MWh/a. gesenkt. Durch die Innendämmung kann auch der Denkmalschutz gewahrt werden. Auf eine sehr genaue Ausführung der Innendämmung ist dabei jedoch zwingend zu achten.

Die Beheizung des Gebäudes erfolgt mittels Flächenheizsystemen und einer Wärmepumpe, die Energie aus der Nordsee gewinnt. Der dafür erforderliche Strombedarf wird durch eine effiziente Photovoltaikanlage auf dem Dach des Gebäudes übers Jahr erzeugt.

Freiwerdende Flächen wie die großen Seewassertanks werden für Technikzentralen genutzt, so dass erstmalig Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (Laborlüftung) zum Einsatz kommen können. Die für die Beheizung des Gebäudes benötigte Wärme wird neben der intern anfallenden Abwärme (Kälteerzeugung, Kompressoren, etc.) über eine Wärmepumpe und das Seewassernetz, das auch weiterhin für Forschungszwecke vorgehalten wird, aus dem Meer gewonnen. Die für die Wärmepumpentechnik benötigte elektrische Energie zur Erwärmung des Gebäudes wird über eine Fotovoltaikanlage und eine Windkraftanlage bereitgestellt. Damit ist das Ziel eines weitgehend CO₂ neutralen Gebäudeheizbetriebs erreicht.

Soll der gesamte Strombedarf des sanierten Gebäudes von rd. 473 MWh/a (ohne Strom für die Wärmepumpe) erzeugt werden um die CO₂ Emissionen nahezu ganz zu vermeiden, besteht die Möglichkeit diesen über eine Windanlage von rd. 240 kW zu erzeugen.

Die BAH steht auch nach der Sanierung mit ihren konsequent modernen Baukörpern der Nachkriegsmoderne als Symbol für Wissenschaft und Innovation. Die baulichen Ergänzungen vor allem im öffentlich genutzten Ausstellungsteil und die sicht-

baren technischen Komponenten unterstreichen den hohen energetischen Anspruch.

Nutzer haben, wie in anderen Studien aufgezeigt wurde, einen sehr hohen Einfluss von bis zu 100% auf den Energiebedarf eines Gebäudes. Die Installation von Messgeräten, die den Energiebedarf – aber auch die Energieerzeugung z.B. der Photovoltaik aktuell anzeigen, kann eine Sensibilisierung der Nutzer im bewussten Umgang mit Energie befördern. Gleichzeitig erlauben die Messgeräte eine korrekte Funktionsprüfung der Anlagentechnik.

Das Gebäudeensemble erfüllt damit die Erwartungen sowohl an eine hohe Attraktivität für Besucher, als auch an nachhaltige wissenschaftliche Tätigkeit im Sinne des „Blue House - Green House“ Konzepts ohne dabei seine Denkmaleigenschaften in Frage zu stellen.

Inhalt

	Seite
1. Aufgabenstellung	6
Klimafolgenforschung	6
Denkmalschutz	6
Sanierungsbedarf	7
Tourismus	7
Leitbild - Green House	8
Leitbild - Blue House	8
Machbarkeitsstudie	8
2. Einführung	9
AWI und BAH	9
Open Sea	10
Eco Dive	11
Helgoland	12
Die Biologische Anstalt Helgoland	16
Tourismus	17
Energieversorgung Helgolands	17
Bauen auf der Insel	17
3. Analyse des baulichen Bestandes der BAH	18
Vorgehensweise	18
3.1 Ursprüngliche Konzeption	18
Planungshistorie	18
Entwurf	19
3.2 Nutzung	21
Nutzungsverteilung Bauzeit	22
Haus C – Green House	23
Labore	23
Büros	24
Seminarbereich	25
Werkstätten	25
Fazit	26
Aquarium - Blue House	27
Seewasserbehälter	29
aktuelle Grundrisse	30
Nutzungsverteilung aktuell	31
3.3 Baukonstruktion	32
Haus C - Green House	32
Tragwerk	32
Dächer	32
Fassade	34
Innenausbau	36
Brandschutz	37
Bestandsanalyse Bauphysik	37
3.4 Haustechnik	38
Haustechnik im Bestand	38
Wärmeversorgung	39

Lüftung	39
Kälteerzeugung	39
Trinkwasser/ Abwasser	39
Seewassernetz	40
Druckluft	41
Energiebedarf	41
Stromverbrauch	42
4. Konzeption eines CO₂ neutralen Instituts für Klimafolgenforschung	43
Vorgehensweise	43
Gliederung	43
Nutzungsverteilung geplant	44
Forschung	45
Werkstattbereich	45
Seminarbetrieb	46
Cafeteria	46
Technikbereich	46
4.1 Neuplanung	47
Grundrisse	47
Ansichten / Schnitte	48
Blue House	49
Studie Impuls-Design	49
Meer - Untergeschoss	50
Wissenschaft - Erdgeschoss	51
Klima - Dachgeschoss	52
Natürliches Lüftungskonzept	53
Blue House	53
Großaquarien	53
4.2 Energiekonzept	56
Vorgehensweise	56
Green House	56
Blue House	57
Bürraum	58
Außendämmung	59
Innendämmung	59
Sonnenschutz	59
3-fach Verglasung	59
Kühlung	60
Labore	60
Lüftung	61
Innendämmung	61
Außendämmung	61
Digestorien	61
Ergebnis	61
Fassadenvarianten	62
Variante Innendämmung	63
Bewertung	64
Wärmebrücke Traufe	65
Wärmebrücke Deckenstirn	65
Wärmebrücke Innenwand	66

Variante Außendämmung	67
Dämmung Blue House	70
5. Kostenvergleich	71
Beurteilung	71
Innendämmung	71
Außendämmung	71
Zusammenfassung	72
Kosten	73
Fenster	75
Dächer	76
Kelleraußenwand	76
6. Technische Gebäudeausrüstung	77
Wärme	77
Kälte	77
Aquarien	78
Labore	78
Seminarräume etc.	79
Elektrotechnik	80
Druckluft	81
Seewasser	81
Schlussbetrachtung Energiekonzept	83
7. Kosten	85
Allgemein	85
Inselfaktor	85
Kostenschätzung Blue House	86
Kostenschätzung Green House	86
Kostenschätzung Neubau Werkstatt	87
Kostenschätzung gesamt	87
Kosten Neubau	88
Bauabschnitte	89
8. Anhang	91
8.1 Abkürzungen	91
8.2 Literatur- und Quellenverzeichnis	91
8.3 Abbildungsnachweis	91
8.5 Liste der Beteiligten	93
Auftraggeber	93
Verfasser der Studie	93
Studie Ausstellung	93
Beratende Ingenieure	93
Beteiligte Behörden	94

1. Aufgabenstellung

Klimafolgenforschung

Das Alfred-Wegener-Institut plant die Umwandlung der biologischen Anstalt Helgolands (BAH) in ein, auf die Besonderheiten der Insel Helgoland, abgestimmtes Meereswissenschaftsforum mit pädagogischem Anspruch. Die seit mehr als 100 Jahren am Standort betriebene meeresbiologische Forschung erfährt im Rahmen der aktuellen Klimaentwicklung und der darüber geführten Diskussion eine enorme Aktualität. Der exponierte Standort Helgoland unterliegt unmittelbar den Gewalten der Natur, ausgesetzt den klimatischen Veränderungen. Dies zeigt sich nicht nur in Ereignissen wie Stürmen oder Sturmfluten sondern vor allem in den Veränderungen, der vom Klimawandel besonders betroffenen Nordsee, die sich in Arten-Wanderungen und Sterben und in einschneidenden Veränderungen des Ökosystems des Helgoländer Felswatts bemerkbar machen. Helgoland fungiert dabei aufgrund seiner Exposition gewissermaßen als Vorposten in der Nordsee. Wissenschaftliche Exzellenz am Forschungsstandort auf Helgoland kann in Form eines Leuchtturmprojekts unmittelbar der Wissensvermittlung breiter Bevölkerungskreise dienen. Zunehmende Klimaängste der Bevölkerung führen zu Fragen. Mit fundiert aufbereiteten wissenschaftlichen Informationen können Antworten gegeben werden und ein klimapolitisch ganzheitlicher Beitrag zum aktiven Klimaschutz geleistet werden. Das Institut ist mit seinem sanierungsbedürftigen Gebäudeensemble im Sinne der Leitidee „balanced island- balanced science“ als Klimainstitut nicht glaubwürdig. Neben dem hohen Energiebedarf der Forschung mit ihren modernen analytischen Verfahren tragen insbesondere die energetisch rückständigen Gebäude und die technische Gebäudeausrüstung zu dem äußerst hohen Energieverbrauch bei.



Sturm im Nordost- Hafen

Denkmalschutz

Das Institutsgebäude C mit angeschlossenem Aquarium wurde, wie nahezu die gesamte Bebauung der Insel in den 50er Jahren errichtet. Aufgrund der einmaligen städtebaulich geschlossenen Situation des vollständigen Wiederaufbaus der Insel nach den Kriegszerstörungen, sind viele Gebäude des

Wiederaufbaus, wie auch das Institut, in die Denkmalliste eingetragen. Das Gebäude nimmt aufgrund seiner exponierten Lage am Nordost-Hafen, direkt an der Kurpromenade gelegen, als Bindeglied zwischen Unterland und dem Nordost Gelände mit seinen Kureinrichtungen dabei eine Sonderstellung ein.

Sanierungsbedarf

Aufgrund des Alters verfügt das Gebäude über grundlegende zeittypische Mängel. Im Laufe der letzten 50 Jahre wurden Institut und Aquarium lediglich in Teilen an die sich wandelnden Bedürfnisse der Nutzer angepasst, ohne jedoch substantielle Erneuerungen vorzunehmen. Alle wesentlichen Teile der Bausubstanz stammen daher aus der Bauzeit, gleiches gilt für die Haustechnik, wo lediglich im Laufe der Jahre neue Komponenten hinzugefügt wurden, aber keine grundsätzlichen Sanierungen stattfanden. Das Gebäude verfügt über keine Wärmedämmung, mit Ausnahme der nachträglich auf dem Dach aufgebracht. Das dem damaligen Zeitgeschmack folgende Stahlbetonskelett birgt große bauphysikalische Probleme. Die haustechnischen Anlagen sind veraltet und verfügen über keine Wärmerückgewinnung. Entsprechend hoch sind die Energieverbräuche für Beheizung und Betrieb des Gebäudes, das 10% der Energie der Insel verbraucht. Die Folgen der äußerst hohen Betriebskosten sind eine zunehmende Belastung des Forschungsetats.

Tourismus

Schon seit seinem Bestehen dient das Aquarium neben Forschungszwecken als Besucherattraktion der Insel. Ohne jegliche Werbung wird es bereits heute von 10% der Inselbesucher trotz, seines z.T. desolaten baulichen Zustands und damit nicht nutzbarer Bereiche, aufgesucht. Die Inselbesucher zeigen großes Interesse am Leben im Meer und auch die Forschung am Standort findet zunehmend Interesse, was sich an einer großen Anzahl Anfragen nach Führungen im Institut niederschlägt. Das Institut stellt somit auch weiterhin eine Attraktion und somit einen wichtigen Baustein eines zukünftigen Tourismuskonzepts Helgolands dar.



Alte Postkarte

Leitbild -
Green House

Ziel der Studie ist zu untersuchen, wie die Gebäude des Instituts, unter Berücksichtigung der oben aufgerufenen Themen, zu einem CO₂ neutralen Institut für Klimafolgenforschung transformiert werden können, die auch den Ansprüchen des Denkmalschutzes gerecht werden. Angesichts der derzeit enormen Energieverbräuche, der damit verbundenen CO₂ Emission und der Einleitung von Abwärme in Meer und Atmosphäre ist das Ziel, die Beheizung des Gebäudes CO₂ neutral zu realisieren und Wege für einen energieautarken Betrieb aufzuzeigen. Das Institut kann so als Leuchtturmprojekt eines aktiven Beitrags zum Klimaschutz fungieren.

Leitbild -
Blue House

Im Rahmen der Studie soll aufgezeigt werden, wie das ehemalige Aquarium zu einem Ort der anspruchsvollen Wissensvermittlung und Umweltbildung umgewandelt und dabei inhaltlich eng an das Institut angebunden werden kann. Parallel wird daher im Rahmen einer gesonderten Studie und in enger Verzahnung mit der vorliegenden Arbeit vom Planungsteam Impuls-Design / pro publico ein Konzept für ein erlebnisorientiertes Bildungszentrum erarbeitet. Die ersten Ergebnisse der Studie dienen als Grundlage der baulichen Überlegungen zum Blue House. Auch im Blue House mit seinen spezifischen Anforderungen an einen Ausstellungsraum sollen dabei die angestrebten energetischen Ziele erreicht werden.

Machbarkeitsstudie

Das Alfred-Wegener-Institut hat bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) einen Antrag auf finanzielle Förderung einer vertieften Untersuchung, im Rahmen einer Machbarkeitsstudie, gestellt. Diese Untersuchung soll - neben anderen Aspekten - aufzeigen, wie eine energetische Sanierung aussehen kann, die den CO₂ Ausstoß für den Gebäudebetrieb stark reduziert bzw. CO₂ neutral werden lässt.

Die daraus resultierende Planungsaufgabe muss neben den üblichen entstehenden Problemen bei Sanierungen auch die Belange des Denkmalschutzes berücksichtigen.

Im Rahmen eines Auswahlverfahrens wurde das Planungsteam, bestehend aus dem Architekturbüro petersen pörksen partner, dem Büro für technische Gebäudeausrüstung Pahl und Jacobsen sowie dem Ingenieurbüro für Energiekonzeption und Simulationen Transsolar Energietechnik GmbH für die Erstellung der Machbarkeitsstudie ausgewählt. Letztere können mittels dynamischer Gebäudesimulation Auswirkungen verschiedener Maßnahmen sehr genau ermitteln und daraus Empfehlungen für die weitere Planung der Haustechnik und der architektonischen Belange ableiten.

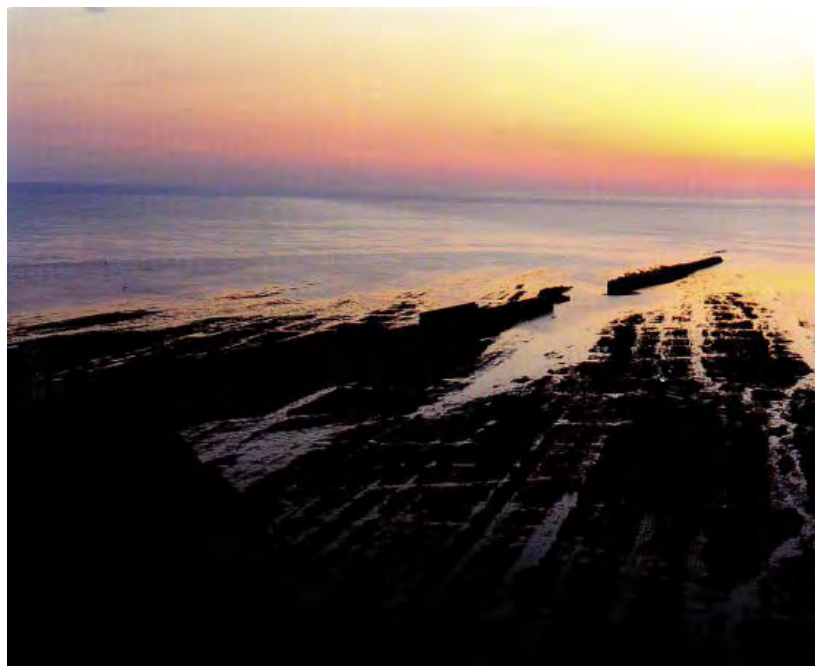
2. Einführung

AWI und BAH

Das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung erforscht seit mehr als 25 Jahren die Zusammenhänge des weltweiten Klimas und der speziellen Ökosysteme im Meer und an Land. Zentraler Forschungsschwerpunkt sind die eisigen Welten der Arktis und Antarktis. Außerdem führt das Alfred-Wegener-Institut wissenschaftliche Projekte in den gemäßigten Breiten durch. Das nötige Know-how gewährleisten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Disziplinen und Nationen: Gemeinsam und übergreifend untersuchen sie die Klima-, Bio- und Geosysteme der Erde. Ziel der Forschungsarbeiten am Alfred-Wegener-Institut ist, die Veränderungen der globalen Umwelt und des Erdsystems zu entschlüsseln, die teils natürlich und teils durch den Menschen hervorgerufen sind.

Zu den Aufgaben in der Meeresforschung gehören auch die Nordseeforschung und Beiträge zu biologischem Monitoring in der hohen See. Untersuchungen zur Meeresverschmutzung und zu marinen Naturstoffen sowie meeres technische Entwicklungen zählen ebenfalls dazu. Daneben bietet das Alfred-Wegener-Institut Koordination, Beratung und Dienstleistung. Wissenschaftlich-technische Unterstützung der deutschen Polarforschung sowie die Beratung der Bundesregierung sind wichtige Aufgaben der 1980 gegründeten Stiftung.

Die Biologische Anstalt Helgoland wurde 1892 gegründet. Sie ist seit 1998 Teil des AWI. Seit 1956 ist die BAH wissenschaftliche Plattform für die Erforschung der Helgoländer Unterwasserwelt, sowie der Nordsee. Ziel der BAH ist, die ökologischen Wechselbeziehungen zwischen den Arten besser zu verstehen und ein Gesamtbild vom komplexen Ökosystem in Flachmeeren zu gewinnen. Zum Beispiel dokumentieren seit den 60er Jah-



Felswatt

ren ökologische Langzeitstudien den Eintrag von Schad- und Nährstoffen in die Nordsee durch die großen Flussläufe rund um das Flachmeer und über die Atmosphäre. Diese Datensätze sind in der Klimafolgenforschung der Küsten und Meere nun unabdinglich. In Verbindung mit einer regelmäßigen Bestandsaufnahme der Arten und ihre Wechselbeziehungen können die Folgen von Klimaveränderungen, Landwirtschaft, Fischerei und Schifffahrt frühzeitig erkannt und mögliche Konsequenzen abgeschätzt werden.

Die Helgoländer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beraten politische und wirtschaftliche Entscheidungsträger in aktuellen Fragen der Meeresökologie. Über 40 Universitätskurse plus 15 spezielle „Workshops“ werden im Jahr in Haus C wissenschaftlich unterstützt. Die BAH versorgt Deutsche Universitäten mit Bestimmungs- und Versuchsorganismen, sowie mit auch Versuchs-Infrastruktur wie Hälterungs- und Kultivierungsmöglichkeiten. Dieses ist sehr wichtig für die Deutsche Universitäts-Lehre allgemein: Helgoland ist der einzige Hartboden-Standort (Felsküste) Deutschlands.

Open Sea

Die BAH entwickelt zurzeit, dem vom AWI bildungspolitischen Anspruch folgend, das Konzept „open sea“. Hier soll zukünftig zusammen mit Helgoländer Partnern, Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II, während eines einwöchigen Aufenthalts, zusammen mit Ihren Fachlehrern, die Durchführung naturwissenschaftlicher Experimente in einem eigens dafür eingerichteten Schülerlabor ermöglicht werden. Die Initiative zur Jugendbildung steht damit in direktem Zusammenhang mit den Zielen des Blue House - Green House Konzepts.



Exkursion im Nord-Ost-Watt

Eco Dive

Im Rahmen des Blue House - Green House Projekts verfolgt die BAH außerdem die Entwicklung des Modellprojekts „eco dive“. Unter biologischer Führung der BAH soll ökologisch interessierten Sporttauchern der Helgoländer Felssockel zugänglich gemacht werden und so ein kontrollierter Zugang zum sensiblen Ökosystems unter Anleitung des wissenschaftlichen Tauchzentrums der BAH ganz im Sinne der Natura 2000 und FFH Richtlinie (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie) ermöglicht werden.



Helgoland

Die Insel Helgoland wird seit jeher von friesisch sprechenden Einwohnern besiedelt. Aufgrund der exponierten Lage wechselte im Laufe der Geschichte die Staatszugehörigkeit der Insel mehrfach. Die wirtschaftlichen Abhängigkeiten Helgolands vom Meer sind seit jeher offensichtlich. Nach Ausbleiben der Heringsströme im 17. Jhdt. verlagerte sich beispielsweise die Haupterwerbsquelle vom Fischfang zum Handel, in Zeiten der Kontinental Sperre und im weiteren Verlauf hin zu Lotsendiensten in der Deutschen Bucht. Seemännische Berufe waren neben der Fischerei ebenfalls wichtige Erwerbsquellen. Mitte des 19. Jhdt. wird die Insel mit dem Aufkommen des Kurtourismus als touristisches Ziel entdeckt und zum Seebad entwickelt. Der Tourismus gewinnt gegenüber anderen Erwerbszweigen seither zunehmend an Bedeutung. Einen wichtigen Einschnitt stellt das Jahr 1875 dar. Die Insel wurde in diesem Jahr im Tausch gegen deutsche Kolonien Teil des Deutschen Reichs. Im Zuge der deutschen Flottenpolitik vor dem 1. Weltkrieg wurde Helgoland zur Seefestung ausgebaut und erhielt einen Kriegshafen.



Helgoland vor dem Krieg, Luftbild

Im 1. Weltkrieg muss die Bevölkerung die Insel verlassen. im Versailler Vertrag wurde der Abbruch des Kriegshafens festgeschrieben. In der Zwischenkriegszeit wurde allmählich der Tourismus wieder aufgenommen. Im Dritten Reich erfolgte wiederum der militärische Ausbau der Insel zur Seefestung. Das Projekt Hummerschere Helgoland und die Düne zu einem riesigen Marinehafen auszubauen blieb unvollendet. Das Nordostgelände und der Nordosthafen in unmittelbarer Nachbarschaft der BAH sind Relikte des Projekts.

In den letzten Kriegstagen wurde die Insel bombardiert und die Bebauung nahezu vollständig zerstört. Die Insel wurde daraufhin evakuiert. 1949 erfolgte mit dem „big bang“, der größten nichtnuklearen Sprengung der Geschichte, die Zerstörung der militärischen Anlagen der Insel. Neben der Zerstörung der gesamten Bebauung, waren aufgrund der Sprengung der unterirdischen Munitionslager und Kasematten einschneidende Veränderungen der Topografie die unmittelbare Folge der Sprengung.



zerbombtes Oberland

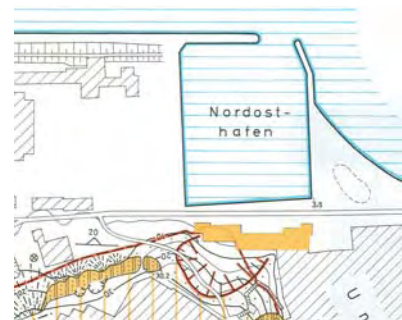
Süd- und Nordspitze ebenso wie die Falmspitze, die an der Stelle der heutigen BAH lag, existieren nicht mehr. Ein Landverlust von 7 ha von 50 ha der Insel waren die Folge. Bis 1952 wurde die Insel als Übungsziel der britischen Luftwaffe genutzt.



Geologische Kartierung Kriegszerstörung



Falmspitze vor dem Krieg



Ausschnitt

Mit der Besetzung der Insel wurde ein Signal zum Wiederaufbau und -besiedlung der Insel, durch die in Norddeutschland verstreut untergebrachten Helgoländer, gesetzt. Der Vorgang hatte in der unmittelbaren Nachkriegszeit eine große emotionale und öffentliche Wirkung. Die Insel gilt seither als ein Symbol des gelungenen Wiederaufbaus.

In einem groß angelegten Planungswettbewerb wurde die Bebauung der Insel vollständig neu organisiert. Die einschneidenden topografischen Veränderungen wurden dabei berücksichtigt und waren Bestandteil der Entwürfe.



*Preisgericht am
23.05.1952 in Kiel*

Das neu entstandene Mittelland blieb weitgehend von Bebauung frei. Gewünscht war eine kleinteilige Bebauung der Insel, die Nachbarschaften und die traditionelle Form des Logierhauses für eine Unterbringung von Urlaubsgästen in den Wohnhäusern der Insulaner ermöglichte. Schwerpunktmäßig wurden Pensionen und kleinere Hotels realisiert. Es erfolgte die Umsetzung der städtebaulichen Planung, u.a. in einer Vielzahl hochbaulicher Wettbewerbe bis ca. 1965. Eine Besonderheit stellt dabei die Einsetzung der sogenannten technischen Kommission dar, die die einmal festgelegten Regeln in der Umsetzung des Wiederaufbaus überwachte. Die farbliche Gestaltung der Neubauten folgte einem eigens von einem Künstler entwickelten Farbkonzept.



*Johannes Ufer
Farbplan für das
Unterland, 1957*



Bauplatz

Die Folge des kompletten Wiederaufbaus ist ein in dieser Form einmaliges äußerst geschlossenes Siedlungsbild. Dem wurde durch die Aufnahme einer Vielzahl von Gebäuden in die Denkmalliste Beachtung geschenkt. Aufgrund des Gebäudealters und der für die Bauzeit typischen Mängel besteht ein großer Sanierungsbedarf an der Bebauung der Insel. Dies gilt neben Themenfeldern, die die Gebäudeinstandsetzung betreffen (Seeklima) auch für die Anforderungen an die Nutzungsmöglichkeiten der kleinteiligen Gebäude, vor allem aber für die Fragen der Energieeffizienz, der in die Jahre gekommenen Gebäude. Die BAH steht damit, gerade weil sie eine Sonderstellung einnimmt, exemplarisch für die Bebauung der Insel.



Lageplan nach dem Aufbau mit Ostwest-orientierten Häusern

Bebauung vor dem Krieg mit vorwiegend Nordsüd-orientierten Häusern



Biologische Anstalt vor dem Krieg

Die Biologische Anstalt Helgoland

1892 erfolgte in der Trägerschaft des preußischen Kultusministeriums die Gründung der „Königlich Biologischen Anstalt auf Helgoland“.

Sie hatte sich schnell zu einer bedeutenden Stätte der meeresbiologischen Forschung und Lehre entwickelt. 1928 wurde der Neubau auf dem Unterland bezogen.

Die Zerstörung der Insel 1945 und in den Folgejahren betrafen auch die BAH, die 1952 nur noch als Ruine existierte. Die BAH hatte mit der Evakuierung der Insel ihr provisorisches Domizil in ihrer Versuchsstation auf Sylt bezogen.

Die Pläne für den Wiederaufbau erfolgten unter administrativer Leitung des Bundesernährungsministeriums. Die Planung des Neubaus wurde dem Architekten Prof. Gustav Hassenpflug übertragen. Die Einweihung des Neubaus erfolgte 1959. Am 1.1.1998 ist die BAH aus dem Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie ausgeschieden und wurde Teil der Stiftung AWI. Neben der meeresbiologischen Grundlagenforschung sind Schwerpunkte der Arbeit die Nordsee- und Küstenforschung, die Erforschung der Biodiversität sowie die Konsequenzen des Klimawandels von denen die Nordsee weit überdurchschnittlich stark betroffen ist.

Tourismus

In der Nachkriegszeit galt Helgoland als ein Symbol des Wiederaufbaus, sowie der Wiederbesiedlung. Neben Kur- und „Pensionsgästen“ war die Insel in der Nachkriegszeit daher ein beliebtes Ziel für Tagesausflüge. Einen Anreiz stellen seitdem der zollfreie Einkauf auf der Insel dar. Seit den 70er Jahren sind die Zahlen der Tagesgäste jedoch rückläufig. Im Gegenzug ist eine Zunahme der Übernachtungszahlen zu verzeichnen. Die Insel hat die Bemühungen zur Entwicklung eines neuen touristischen Konzepts forciert.



Postkarte 60er Jahre

Energieversorgung Helgolands

Die Versorgung der Insel mit Strom und Wärme sowie die energieaufwendige Meerwasserentsalzung wurden in den letzten Jahrzehnten über ein stromgeführtes, dieselbetriebenes BHKW betrieben. Hohe Wärmeüberschüsse, trotz Abnahme der Wärme durch alle Haushalte der Insel sowie durch das Meerwasserschwimmbad waren die Folge, so dass die überschüssige Wärme ins Meer abgeführt werden musste. Mit der Inbetriebnahme eines Seekabels im Dezember 2009 ergeben sich neue Möglichkeiten der Energieversorgung. Die örtlichen Energieversorger planen die Abdeckung des Wärmebedarfs der Insel mit Windenergie („Wind gegen Öl“). Über das Seekabel steht den Verbrauchern zukünftig der liberalisierte Strommarkt offen.

Bauen auf der Insel

Aufgrund eingeschränkter verkehrlicher Anbindung der Insel an das Festland - es existieren keine Fähren, die Fahrzeuge transportieren - erfolgt der Warenverkehr ausschließlich über Frachtschiffe. Es existieren einige wenige Firmenniederlassungen auf der Insel. Einschränkungen stellen das Fehlen von Bauhauptgewerken, sowie Flächen zur Deponierung von Aushub oder Bauschutt dar. Abfälle und Aushub müssen daher aufs Festland transportiert werden oder auf der Insel „eingebaut“ werden. Zur Vorbereitung von Erdarbeiten müssen Sondierungen durch den Kampfmittelräumdienst vorgenommen werden. Das Unterland und so auch der Standort der BAH wurde nach der Entrümmung der Insel in den 50er Jahren um ca. 5 m mit Sprengschutt aufgeschüttet, mit dem Ziel es sturmflutsicher zu machen.

3. Analyse des baulichen Bestandes der BAH

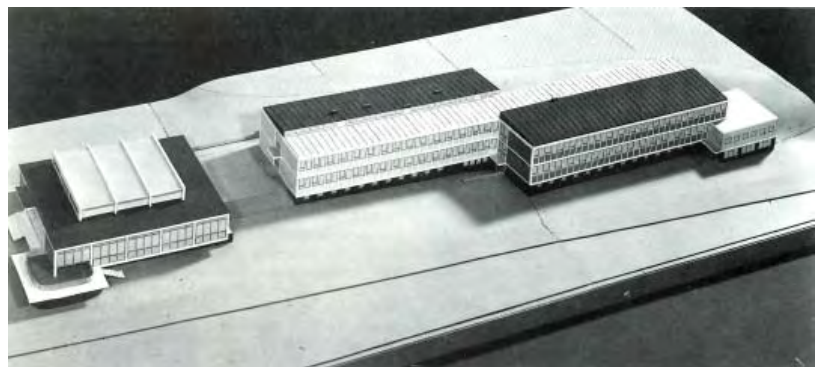
Vorgehensweise

In einem ersten Schritt wird die ursprüngliche Konzeption des Gebäudes erläutert.

Im Anschluss erfolgt eine Betrachtung des derzeitigen baulichen Zustandes, sowie der Nutzung des Hauses. Der Bewertung des Zustandes der Tragkonstruktion dient ein betontechnologisches Gutachten das im Sommer 2009 vom Hansa-Nord-Labor, Pinneberg erstellt wurde. Bauphysikalische Untersuchungen durch das Büro knp.bauphysik im Rahmen der Studie beinhalten das thermische Verhalten der Gebäudehülle und dienen als Grundlage der weiteren energetischen Betrachtung.

Aus der Analyse der Nutzungsdefizite und der Raumreserven, sowie des Sanierungsbedarfs wird in einem zweiten Schritt eine entwurfliche Konzeption entwickelt, auf die das energetische Konzept der CO₂ Neutralität aufbaut.

3.1 Ursprüngliche Konzeption

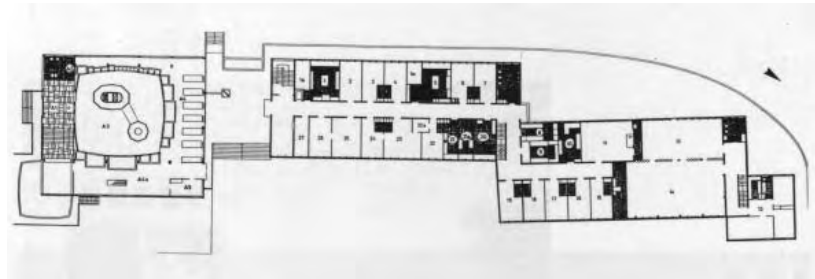


Modell der Biologischen Anstalt mit Aquarium, 1953/54

Planungshistorie

Bei dem Bau der BAH handelt es sich um einen konsequent modernen Entwurf der Nachkriegsmoderne, dessen Vertreter der Architekt Prof. Hassenpflug war. Hassenpflug war Bauhausschüler, Mitarbeiter von Marcel Breuer, Ernst May und Ernst Neufert, später Direktor der Landeskunstschule in HH und zuletzt Professor an der TH München. Anders als die übrigen Baumaßnahmen auf der Insel, konnte der Neubau der BAH als Baumaßnahme des Bundes nicht in dem sonst üblichen Maß von der technischen Kommission, die den Wiederaufbau der Insel überwachte, beeinflusst werden. Die Kommission war aus der Jury des Wettbewerbs zum Wiederaufbau hervorgegangen. Deren Vorsitzender Otto Bartning, als anerkannter Fachmann, war vor dem Krieg vom Expressionismus beeinflusst und hatte sich einen Namen als Kirchenbauer gemacht. Er repräsentierte eine gemäßigte Moderne, die an die Tradition des Ortes anknüpfen wollte und die für Kleinteiligkeit, Bildung von Nachbarschaften und eine differenzierte Silhouette der Bebauung der Insel mit geneigten Dächern eintrat. Hassenpflug als Vertreter der klassischen Moderne folgte daher auch nicht den Vorgaben der Kommission und setzte sich beispielsweise über die Forderung nach geneigten Dächern hinweg und

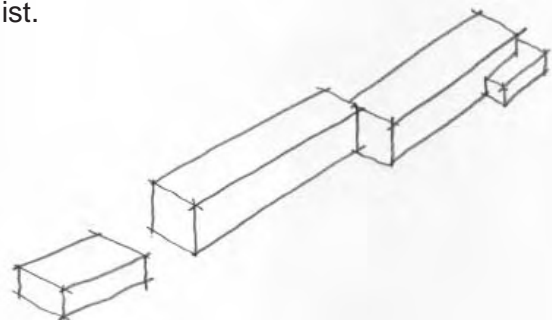
entwickelte einen konsequent modernen Baukörper, der als Bindeglied zwischen dem Unterland und dem Nordostgelände mit seinen Kureinrichtungen fungiert. Einen weiteren Punkt stellt die Größe des zusammenhängenden Baukörpers dar. Es gelang der Kommission nicht, nachdem sie den Entwurf zunächst mit Erschrecken zur Kenntnis genommen hatte, den Architekten zu weitergehenden Änderungen, etwa die Teilung des langgestreckten Gebäudes in einzelne Häuser, zu bewegen. Hassenpflug wurde vorgeworfen das Gebäude von „Innen“ heraus im Sinne der Wissenschaft und nicht nach städtebaulichen Gesichtspunkten entwickelt zu haben. Das Gebäude fällt damit als größter Bau Helgolands aus dem Rahmen des „Helgoländer Maßstabs“. Im Gegensatz zu den kleinteiligen Bauten der Insel, die auf Fußwegen umrundet werden können, ist die BAH durch „Abstandsgrün“ von der Promenade und den Wegen getrennt. Der Bau nimmt an der Mole des Nordosthafens gelegen daher unter mehreren Gesichtspunkten eine Sonderstellung ein.



Grundriss der Biologischen Anstalt mit Aquarium, 1953/54

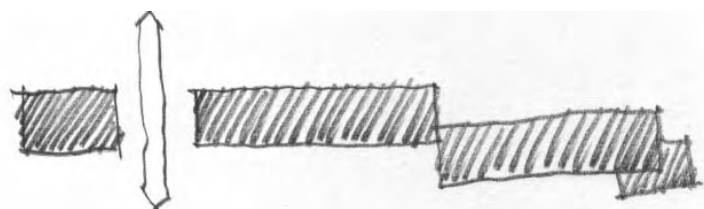
Entwurf

Der Bau der BAH ist als zweigeschossiger der Falmkante vorgelagerter Baukörper mit flachen Dächern konzipiert, dessen Baumasse in eine Abfolge einzelner zueinander versetzter Körper gegliedert ist.



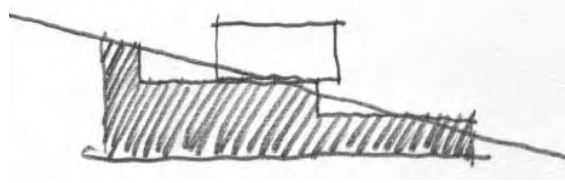
Kette

Über eine Fuge löst sich das Aquarium vom Hauptbaukörper des Instituts, dem Bauteil C, ab und nimmt eine Sonderstellung als freistehender Kopfbau am Aquariumsplatz ein.



Fuge

Die Baukörper von Aquarium und Bauteil C ruhen auf einem schwarz gefliesten Sockel, der den Bauteilen einen schwebenden Charakter verleiht.



Sockel

Das schlanke sichtbar belassene gerasterte Betonskelett des Tragwerks mit seinen Ausfachungen aus gelbem Klinker und den wiederkehrenden Fensterelementen sind wesentliche gestalterische Elemente der zweiten Moderne. Eine Variation dieser Themen findet sich im Kopfbau dem Aquarium. Die weitmaschigere Betonkonstruktion steckt hier den Rahmen für den stützenfreien Ausstellungsraum ab. Das weitgespannte sichtbar gemachte Tragwerk des Daches mit seinen kräftigen Überzügen folgt dem entwurflichen Thema.

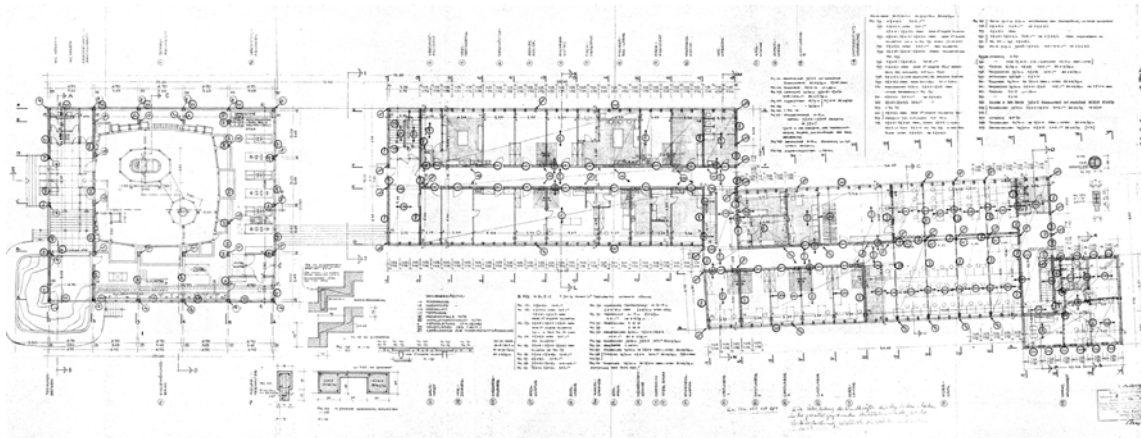


Betonskelett

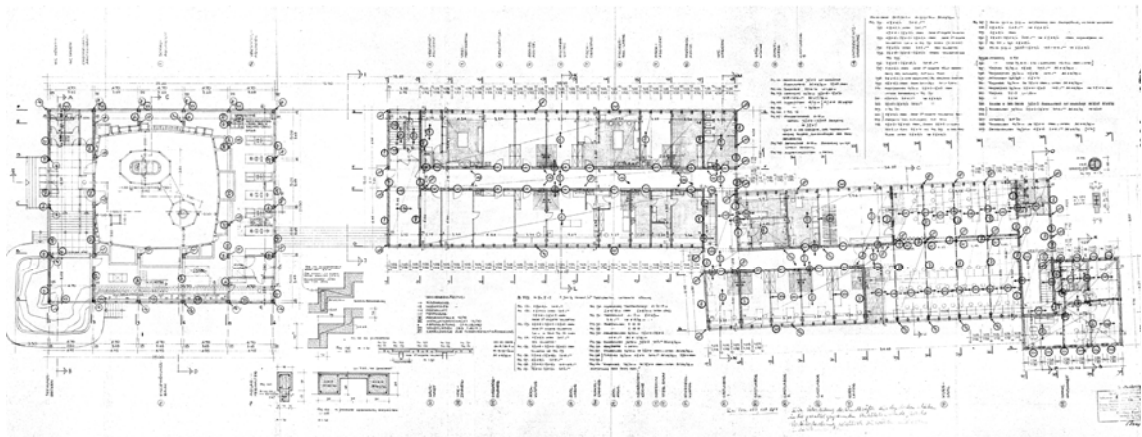
Die zueinander versetzt angeordneten Pultdächer des Bauteils C ermöglichen eine natürliche Belichtung der tiefen Räume des Obergeschosses über Oberlichter. Den gleichen Effekt natürlicher Belichtung großer Raumtiefen nutzen die Oberlichter im überhöhten zentralen Dachbereich des Aquariums. Der Ausdruck der qualitätvollen klassisch modernen Architektur kann auch zukünftig als ein Symbol für innovative wissenschaftliche Arbeit verstanden werden.

3.2 Nutzung

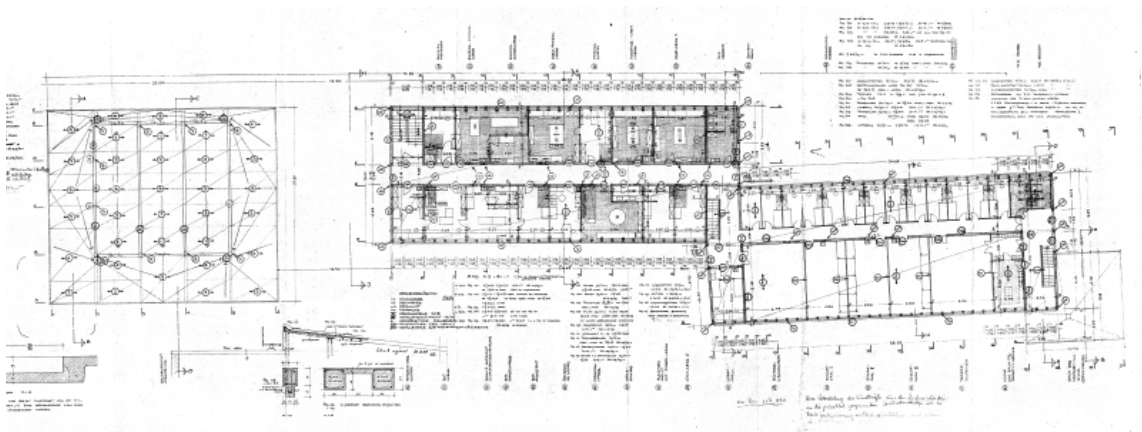
Original Zeichnungen mit Eintragungen der statischen Positionen



Untergeschoss

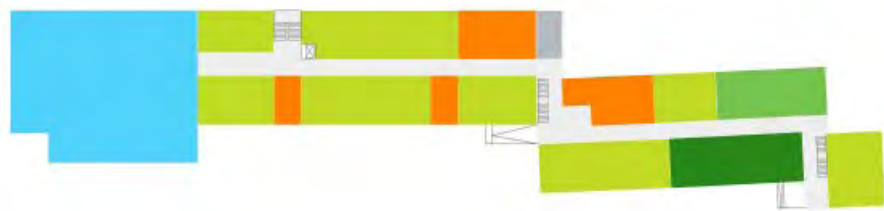


Erdgeschoss



Obergeschoss

Nutzungsverteilung Bauzeit



Untergeschoss



Erdgeschoss



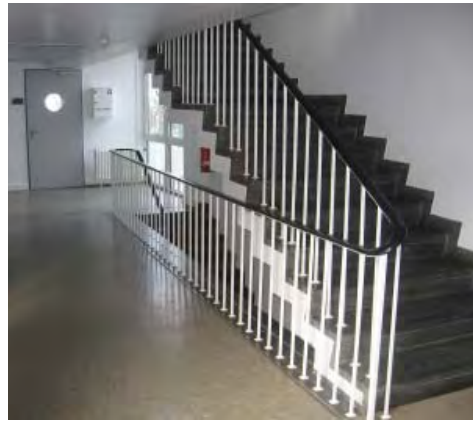
Obergeschoss

- Aquarium
- Büro
- Forschung
- Werkstatt
- Technik
- Seminar
- Hausmeister

Haus C – Green House

Das Grundrisskonzept des Hauses entspricht der in der Skelettkonstruktion angelegten seriellen Struktur. Der Mittelflur aus tragenden Wänden erschließt die beidseitig des Flurs angeordneten Räume. Die Raumtrennwände sind als nichttragende Wände ausgebildet die hinsichtlich der Raumgröße eine große Variabilität ermöglichen und den Bau in 3- bis 15-achsige Labor-, Seminar- und Büroräume unterteilen. Die Räume haben i.d.R. eine Tiefe von 6 m und sind aufgrund des hohen Fensteranteils gut belichtet.

Jeweils am Ende der Baukörper und an der Nahtstelle zwischen Bauteil C1 und C2 liegen die offen konzipierten Treppenhäuser.



Treppenhaus



Flur

Labore

Den Standards der 50er Jahre folgend, sind die Räumlichkeiten wie z.B. die Labore auf die damals vorgegebene Nutzung ausgelegt, die sich in festen Einbauten wie Abzügen, Dunkelkammern und Labortischen mit Fliesenspiegeln an Wand und Boden widerspiegeln und den damaligen wissenschaftlichen Standards entsprechen. Die Nutzungen der Räume entsprechen in Teilen heute nicht mehr dem ursprünglich geplanten und gebauten Zustand, was angesichts des Gebäudealters verständlich ist und als Indiz für die Flexibilität der Struktur des Hauses zu werten ist.



Labor alt



Labor neu

Einige Raumtypen, wie die ehemaligen innenliegenden Foto-labore, die den Laboren zugeordnet waren, sind heute suboptimal genutzt, da ihre ursprüngliche Nutzung der klassischen fotografischen Dokumentation der wissenschaftlichen Arbeit überholt ist. Andere auf Größe und Lage des Raumes passende Nutzungen, liegen nicht vor. Einige dieser Räume sind aus diesem Grund gänzlich ungenutzt oder werden nur als Lager zwischengenutzt. Feste Einbauten und Raumzuschnitte entsprechen heute in diesem Bereich nicht mehr den Bedürfnissen eines auf Flexibilität ausgerichteten Instituts, das wechselnde Aufgaben zu erfüllen hat.

Teile der Labore wurden daher bereits saniert und umgebaut, ohne dass jedoch Fassadensanierung und haustechnische Installationen berücksichtigt wurden.

Büros

Die ursprüngliche Lage der Büros konzentrierte sich auf Bauteil C1, EG und OG. Dem damaligen emeritierten Wissenschaftsverständnis entsprechend, handelt es sich i.d.R. um kleine 3 achsige Zellenbüros z.T. mit Dunkelkammer und fest installierten Arbeitszeilen, in denen jeweils ein Wissenschaftler arbeitete. Im Obergeschoss des Bauteils C2 befanden sich kleine Schlafräume, die inzwischen ebenfalls zu Büros umgenutzt wurden. Mittlerweile besteht neben reinen Zellenbüros auch die Anforderung nach größeren Einheiten, um im Team arbeiten zu können.



Büro alt



Büro neu

Seminarbereich

Über einen separaten Eingang im UG des BT C2 lässt sich der am nördlichen Ende des Bauteils gelegene Seminarbereich erschließen. Zwei Kursräume im EG bilden das Kernstück, des von studentischen Kursteilnehmern genutzten Bereichs mit gemeinsamem Foyer. Im OG des Bauteils befanden sich in der ursprünglichen Konzeption Schlafsäle für Kursteilnehmer sowie Einzelzimmer. Das OG wird z.Zt. für eingestellte Klimakonstanträume, Büros und Labore genutzt. Im EG befinden sich weiterhin Kursräume und die daran anschließenden Gastlabore.



Seminarbereich

Werkstätten

Der im Untergeschoss C2 befindliche Werkstattbereich wurde aufgrund wachsender Anforderungen in frei werdende Räume ausgeweitet. Die Räume sind aufgrund ihrer Abmessungen (geringe Raumhöhe und -größe) jedoch nur bedingt dafür geeignet. Die Metallwerkstatt mit Drehbank und weiteren Standmaschinen zur Metallbearbeitung befindet sich in der ehemaligen Süßwasserzisterne und ist nur über eine eingestellte Stahlterasse zu erreichen (gefangener Raum). Die Werkstätten sind gegenüber den Fluren nur ungenügend abgesichert und stellen ein Sicherheitsrisiko für das Haus dar. Die Arbeitsbedingungen entsprechen nicht den gesetzlichen Vorgaben (Sicherheit, Lüftung etc.). Ein weiteres Problem stellen fehlende Lagermöglichkeiten dar. Aus der Insellage folgt die Notwendigkeit der Bevorratung von Verbrauchsmaterialien bzw. der Herstellung und Reparatur von Arbeitsmitteln und Forschungsgeräten. Verbrauchsmaterialien werden aufgrund fehlender räumlicher Möglichkeiten daher z.T. in den Fluren bzw. in frei gewordenen Räumen des UG gelagert.



Lagerfläche im Flur



Werkstattbereich

Fazit

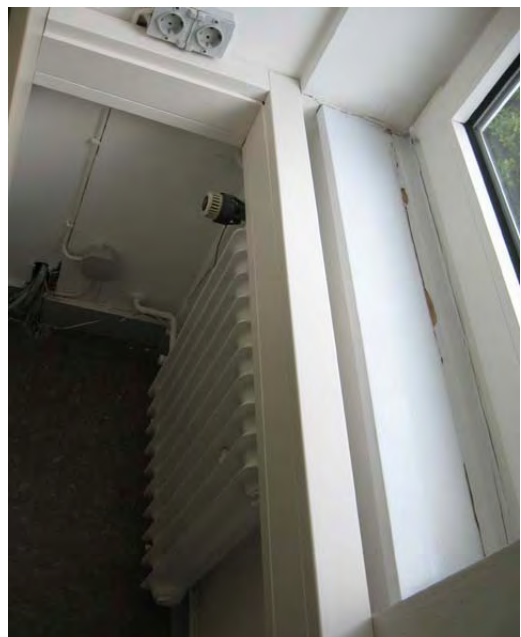
Mit den sich im Lauf der Zeit verändernden Anforderungen aus der wissenschaftlichen Arbeit hat sich die Nutzung eines Großteils der Räume erheblich gewandelt. Wertvolle Nutzflächen des Instituts sind aufgrund der Raumzuschnitte suboptimal genutzt. Das Haus verfügt damit über Flächenreserven, die sich aufgrund der flexiblen Tragstruktur durch Umbauten aktivieren ließen.

Ein großer Anteil der Räume des Gebäudes befindet sich im originalen Zustand aus der Bauzeit und ist stark sanierungsbedürftig.

Teile der Labore und Büros wurden im Laufe der letzten Jahre saniert und neu ausgestattet, jedoch jeweils an die alten Hauptstränge der Ver- und Entsorgung angeschlossen. Die Fassaden wurden in diesem Zuge nicht saniert, so dass nach wie vor eklatante bauphysikalische Probleme vorherrschen. Die ungedämmten Außenbauteile führen neben thermischem Unbehagen und Zugerscheinungen (Exposition Hochsee!) zur Bildung von Schimmel im Leibungsbereich der Fenster. Dies ist vor allem bei sitzender Tätigkeit an der Fassade aufgrund der Raumgröße, Belichtung und Möblierbarkeit der Räume von außerordentlicher Bedeutung. Die südwestorientierten Räume haben Überhitzungsprobleme bei Sonneneinstrahlung und werden zurzeit z.T. klimatisiert.

Die Neusortierung der Nutzungen im Haus dient einem zukunftsfähigen und flexiblen wissenschaftlichen Betrieb des Hauses. Sie sind damit Voraussetzung für die energetische Optimierung des Gebäudes.

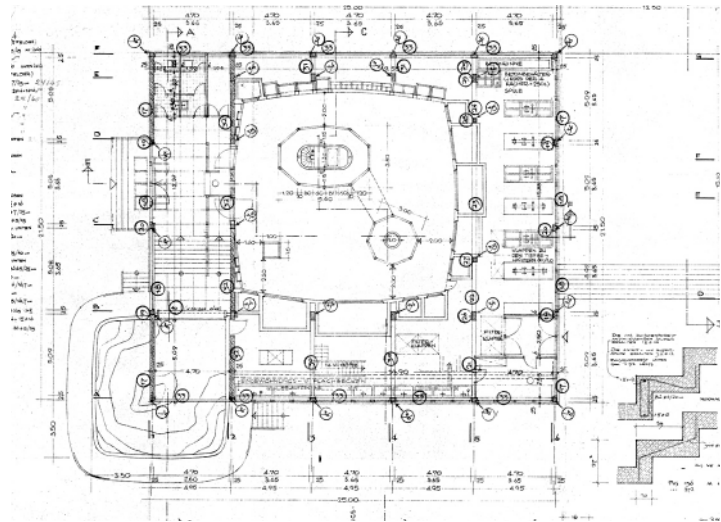
Über das gesamte Gebäude verteilt liegen die Kühlräume und Klimakonstanträume, die ursprünglich für andere Nutzung vorgesehene Räume eingebaut wurden. Dazu kommen Haushaltskühlschränke und Kühltruhen, die z.T. auf den Fluren und in den Treppenhäusern abgestellt sind. Die Kälteerzeugung erfolgt dezentral, bzw. geräteweise. Ziel ist es, die Kälteerzeugung und -verbraucher zukünftig zu konzentrieren.



Aquarium - Blue House

Das Aquarium war ursprünglich als Schauaquarium für Besucher der Insel, sowie für Forschungs- und Lehrzwecke geplant. Eine Besonderheit der Hochseelage Helgolands stellt im Gegensatz zu allen anderen Küstenstandorten die ständige Verfügbarkeit von frischem klarem (Hoch-) Seewassers auf kurzem Wege dar.

In einem erdgeschossigen Großraum waren, durch vier Wände mit flachem bogensegment- förmigem Grundriss begrenzt, Aquarien unterschiedlicher Größe angeordnet. Eine Attraktion stellte das frei im Raum stehende polygonale „Arenabecken“ dar, das zu Wartungszwecken im Inneren über eine Treppe aus dem Untergeschoß für Personal erreichbar war. Um den Bereich der Aquarien herum erstreckte sich der für das Personal zugängliche rückwärtige Bereich mit Aufzucht und Haltungsbecken.



Grundriss Aquarium aus der Bauzeit

Eine weitere Attraktion stellte das Seehundbecken dar. Aus der Eingangshalle zugänglich konnte der Besucher über eine breite Treppe das Seehundbecken in der Unterwasseransicht betrachten.



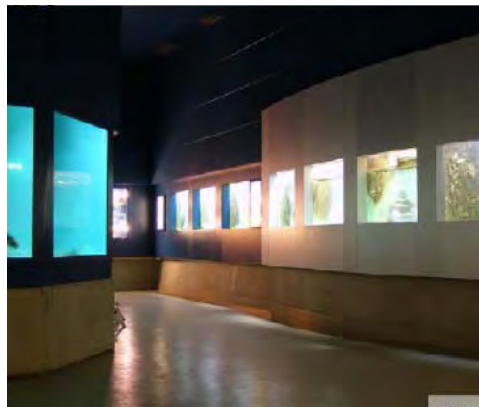
Seehundbecken

Die Erschließung des Aquariums erfolgte von dem südlich vorgelagerten Aquariumsplatz aus über das vorgeschaltete Foyer. Über die Treppenanlage mit dem plateauartigen Vorplatz zwischen Institut und Aquarium ist der Zugang für die Institutsmitarbeiter und Besucher möglich.



Eingang

In den 80er Jahren erfolgte der Umbau des großen Schau- raums durch den Einbau einer Holzkonstruktion im Sinne einer Black Box, in die Aquarien eingelassen sind. Rückseitig ist nach wie vor die Beschickung der Aquarien möglich. Weiterhin existieren Hälterungs- und Aufzuchtbecken, sowie weitere nachträgliche Einbauten (Räume).



Aquarien, Schauraum



Aufzuchtbecken

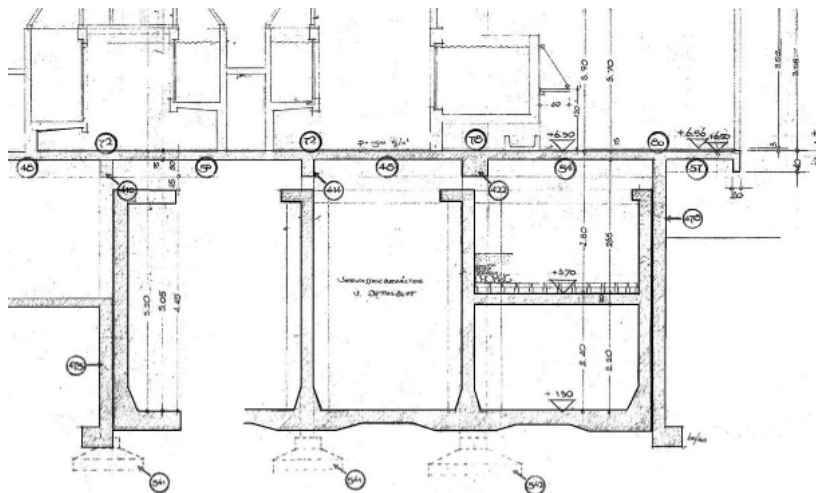
Der gesamte Bereich des Seehundbeckens liegt ungenutzt brach, da die Zurschaustellung der Seehunde in dieser Form nicht mehr den Vorstellungen artgerechter Tierhaltung entspricht. Der gesamte Bereich macht einen in die Jahre gekommenen desolaten Eindruck. Die Betonbauteile weisen im Bereich des Seehundbeckens aufgrund der Exposition starke Korrosionsschäden auf, die bereits zu einem Versagen der Konstruktion geführt haben.



Seehundbecken

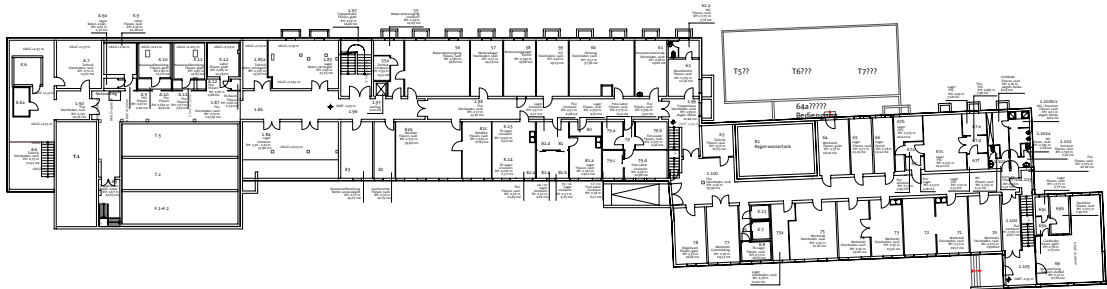
Seewasserbehälter

Einen Großteil der beiden Untergeschosse des Aquariums nehmen die vier Seewasserbehälter mit ca. 400cbm Fassungsvermögen ein. Drei weitere Tanks, die Tiefbehälter, existieren im Hof des Instituts, sowie zwei weitere im Hang, die ursprünglich als Hochbehälter zur Druckerzeugung dienten. Genutzt wird das kommunizierende System der Tanks zur Vorhaltung und Filterung des Seewassers, das über eine Leitung aus dem Nord-Osthafen gefördert wird und von Tank zu Tank gepumpt werden kann. Das Prinzip der Förderung, Aufbereitung und Lagerung des Seewassers entspricht nicht mehr dem heutigen Stand der Technik. Neue Pumpen und Filtertechnik ermöglichen die Reduktion der vorgehaltenen Wassermenge auf einen Bruchteil, wodurch sich die Vorhaltung aller Tanks erübrigen würde und beide Untergeschosse des Baukörpers für andere Nutzungen frei würden. Weitere Nutzungen des Untergeschosses stellen die Klimakammern dar, die im Institutsgebäude effizienter unterzubringen wären.

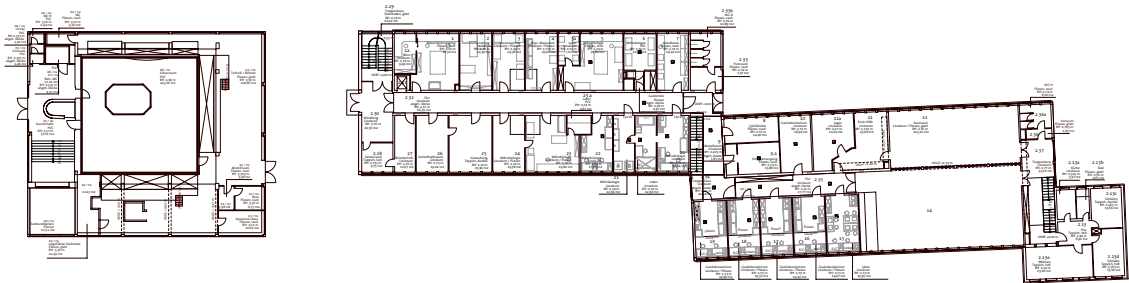


Schnitt Seewasserbehälter

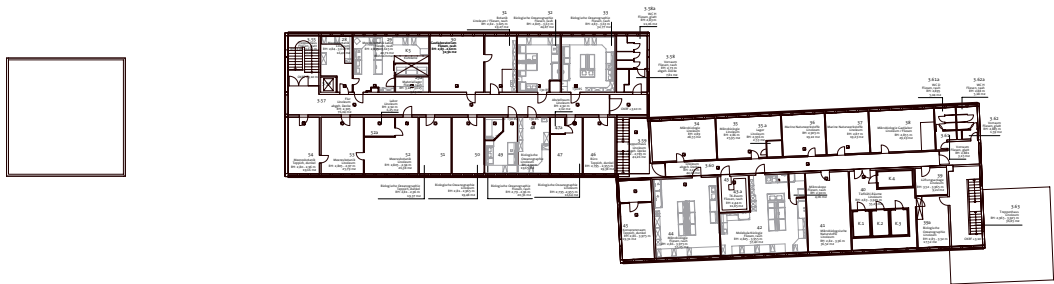
aktuelle Grundrisse



Untergeschoss

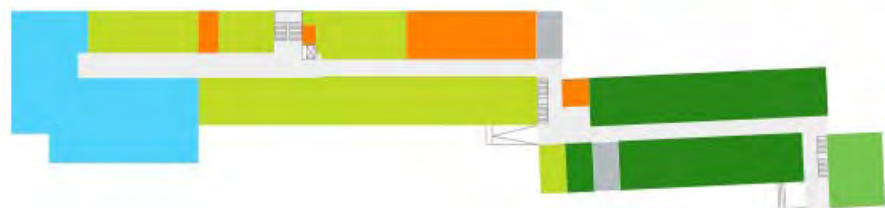


Erdgeschoss

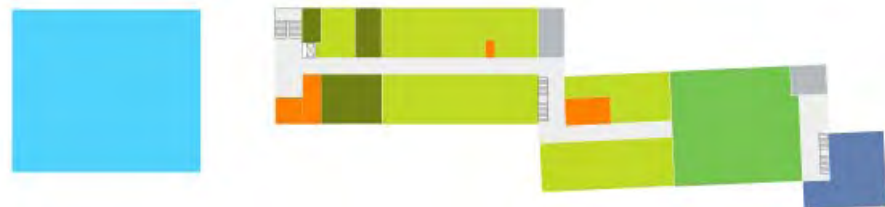


Obergeschoss

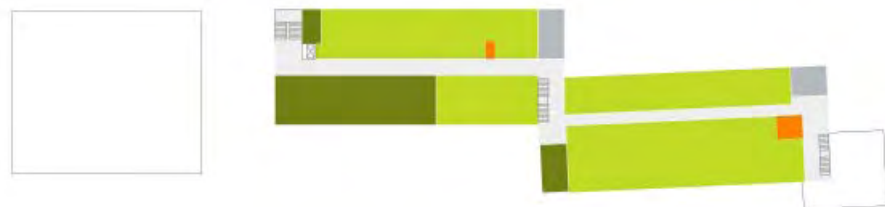
Nutzungsverteilung aktuell



Untergeschoss



Erdgeschoss



Obergeschoss

-  Aquarium
-  Büro
-  Forschung
-  Werkstatt
-  Technik
-  Seminar
-  Hausmeister

3.3 Baukonstruktion

Haus C Green House

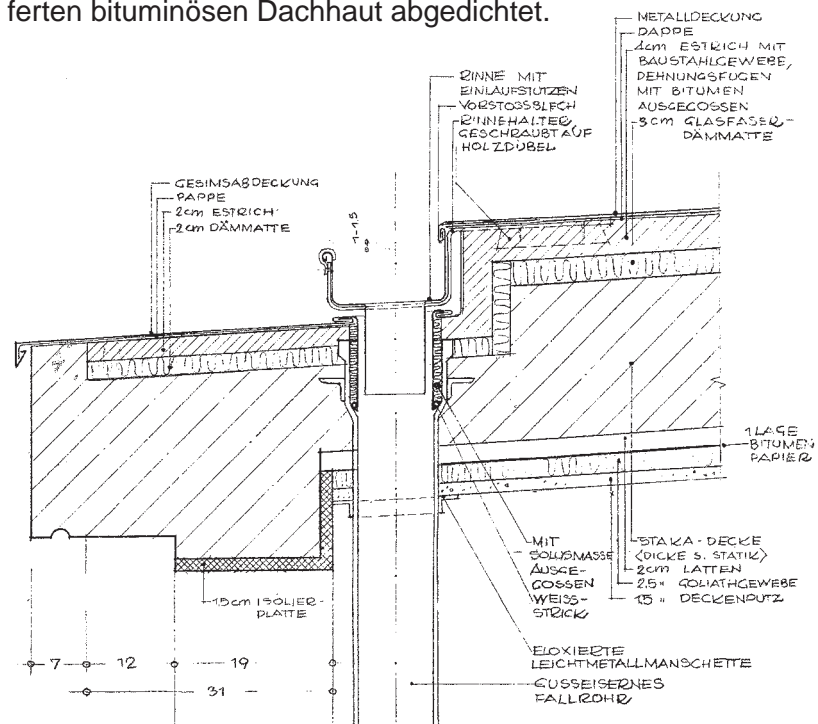
Das Gebäude befindet sich substantiell weitgehend in seinem ursprünglichen Zustand. Teile des Gebäudes wurden im Laufe der Jahre je nach aktuellem Anlass oder Bedarf modernisiert oder instandgesetzt, ohne jedoch dabei einem übergreifenden Konzept zu folgen. Aufgrund des Gebäudealters und den für die Bauzeit typischen Mängeln herrscht ein hoher Sanierungsbedarf.

Tragwerk

Bei dem zweigeschossigen unterkellerten Bauteil C der BAH handelt es sich um einen in Ortbetonbauweise erstellten Stahlbetonskelettbau mit hoch belastbaren Stahlbetonrippendecken (500 kg/m²) und einem in Ortbetonbauweise erstellten Keller- geschoß. Im Gebäudeteil C herrscht ein auf die Büro- und Labornutzung abgestimmtes für die Bauzeit typisches Raster von 115 cm vor. Das Gebäude verfügt über tragende gemauerte Längswände, die den Mittelflur begrenzen. Die Deckenspann- richtung verläuft von den Flurwänden auf die tragenden Stüt- zen der Fassade. Die Geschoßhöhe beträgt im Mittel 3,10 m. Die Fußböden verfügen über Estrich auf einer Lage Trittschall- dämmung. Die Rippendecken sind mit Schilfputzunterdecken bekleidet.

Dächer

Die gegeneinander versetzt angeordneten Pultdächer des Bau- teils C sind ebenfalls als Rippendecken ausgebildet und verfü- gen über Oberlichter. Die Dächer waren ursprünglich auf der aufgestellten Dachfläche mit grün beschichteten Aluminium- blechen belegt. Die Dächer wurden im Zuge einer Sanierung, mit Ausnahme des Traufbereichs, der mit seiner in Rücklage angeordneten aufliegenden Rinne noch im Originalzustand ist, mit ca. 10 cm Wärmedämmung belegt und mit einer beschie- ferten bituminösen Dachhaut abgedichtet.

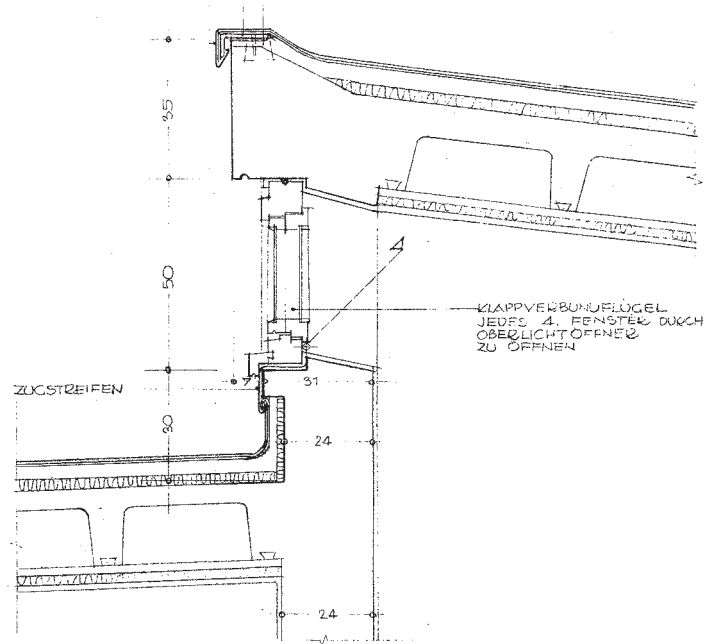


Detail Traufe

Die Oberlichter wurden in diesem Zuge verschalt, mit Wärmedämmung versehen und mit bituminösen Schindeln verschlossen. Die in die Stützen einbetonierten Fallrohre wurden teilweise aufgrund von Havarien durch nachträglich angebrachte außenliegende Fallrohre ersetzt.

Großteils sind jedoch die aus der Bauzeit stammenden in die Stützen einbetonierten Gussrohre in Betrieb. Es ist davon auszugehen, dass diese Gussrohre aufgrund des stark salzhaltigen Klimas sanierungsbedürftig sind.

Auf dem Dach befinden sich ca. 30 Ablufthauben, die im Laufe der Zeit nachinstalliert wurden und die das Dach verstellen.



Detail Oberlicht

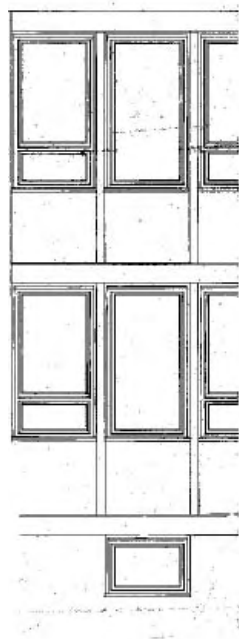


Dachaufsicht

Fassade

Das innen wie außen sichtbare Betonskelett verfügt über konventionelle Betonausfachungen, die mit, für die Bauzeit typischen hart gebrannten gelben Sparverblendern verkleidet sind (siehe z.B. Grindelhochhäuser Hamburg). Das Material hat nur eine Sichtseite und ist mit seinen rückseitigen Rippen im Mörtelverbund vor die hintere Tragschale gemauert. Die ursprüngliche nicht realisierte Planung weist hier Hintermauerwerk, bzw. Leichtbeton (Siporex) und einen vorgemauerten (Vollstein-) Verblender aus. Die großflächig geschlossenen Giebel verfügen zusätzlich über eine Innenbekleidung aus Holzwolleleichtbauplatten und Putz. Ursprünglich verfügte das Gebäude über hölzerne Verbundfenster mit Schwingflügeln, die um die horizontale Mittelachse drehten. In jeder zweiten Fensterachse waren die Fenster zusätzlich durch einen Kämpfer in ein kleineres tiefliegendes und ein größeres Format geteilt.

Die Holzfenster wurden in den 80er Jahren durch Kunststofffenster ersetzt, die mittlerweile stark verblichen und z.T. verzogen sind. Die Fensterbeschläge sind stark korrodiert. Die Fenster verfügen bereits über eine Zweischeibenverglasung mit einem u-Wert von 3,0 jedoch über keine Wärmeschutzverglasung. Die Fenster wurden mit Montageschaum eingedichtet, der mittlerweile stark porös ist und sind zusätzlich außen verleistet. Die Dichtigkeit und der Wärmeschutz entsprechen damit nicht den heutigen Anforderungen. Der tiefliegende Kämpfer wurde im Zuge des Fensteraustauschs aufgegeben und stattdessen nach oben verlegt (Oberlicht). Das Erscheinungsbild hat damit im Gegensatz zum Ursprungszustand von seiner Modernität eingebüßt. Die Teilung mit Oberlichtern wirkt im Gegensatz zur ursprünglichen Fassung banal.



*Originalzeichnung
Fassade Ansicht*

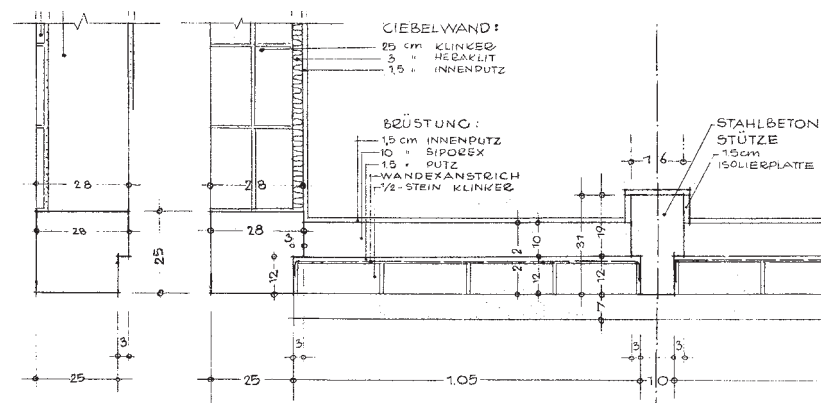


*Ansicht Fassade
70er Jahre*



*Ansicht Fassade
heute*

Die Stahlbetonskelettkonstruktion ist bereits seit der Bauzeit mit einem elastischen weißen Anstrich geschützt, der regelmäßig wie auch Teile der Betonkonstruktion ausgebessert bzw. erneuert wurde.



Detail Grundriss Brüstung

Die Schäden an den Betonbauteilen wurden im Rahmen eines im Sommer 2009 erstellten betontechnologischen Gutachtens untersucht. Nach Aussage des Gutachtens ist die Konstruktion mit Ausnahme der horizontalen Gesimse aufgrund dieser Schutzmaßnahme in einem (erstaunlich) guten Zustand (geringe Karbonatisierung). Die horizontalen Betonbauteile sind als horizontal bewitterte vorstehende Gesimse mit Gefälle ausgebildet. An ihrer Unterseite verfügen sie über Einnutungen, mit dem Ziel eine Tropfkante auszubilden. Im Bereich der Nut ist die Betonüberdeckung so gering, dass hier eine Korrosion der Bewehrung eingetreten ist, die sich durch Rostfahnen abzeichnet. Dazu muss der Beton abgeschlagen werden, die Bewehrung gesäubert und ggf. ergänzt werden. Im Anschluss wird das Bauteil mit Reparaturmörtel ergänzt und einer Blechverwahrung abgeblendet



Innenausbau

Der Innenausbau weist keinen einheitlichen Zustand auf. Teile der Büros und Labore wurden saniert, ohne jedoch die technische Gebäudeausrüstung grundlegend zu erneuern. Andere Teile sind im Originalzustand. Wärmeverteilnetz, Fall- und Grundleitungen sowie die Trinkwasserverrohrung und die Elektroinstallationen stammen weitgehend aus der Bauzeit. Die sanierten Labore und Bürobereiche wurden zwar auch gebäudetechnisch neu ausgestattet, jedoch jeweils an die alten

Hauptstränge der Ver- und Entsorgung angeschlossen. Insgesamt kann man den Zustand der Technischen Gebäudeausrüstung als „über die Jahre gewachsen“ bezeichnen. Innentüren wurden z.T. vor allem im Bereich der Labore erneuert. In weiten Teilen sind jedoch die einfachen Zimmertüren aus der Bauzeit vorhanden. Gleiches gilt für festeingebautes Mobiliar. Aufgrund von nachgebenden Deckenbekleidungen aus Schilfputz wurden z.T. Gipskartondecken untergesetzt, um damit die alten Decken zu fixieren. Die Befestigung der Schilfputzdecken sind aus ungeschütztem Stahl und z.T. stark korrodiert. Fußbodenbeläge in Büros und Laboren wurden in den sanierten Bereichen erneuert. In weiten Teilen, wie auch im gesamten UG, stammen die Beläge noch aus der Bauzeit. Die Treppenhäuser sind in ihrer Ausstattung im Originalzustand erhalten.



Grundleitungen



„gewachsene Haustechnik“

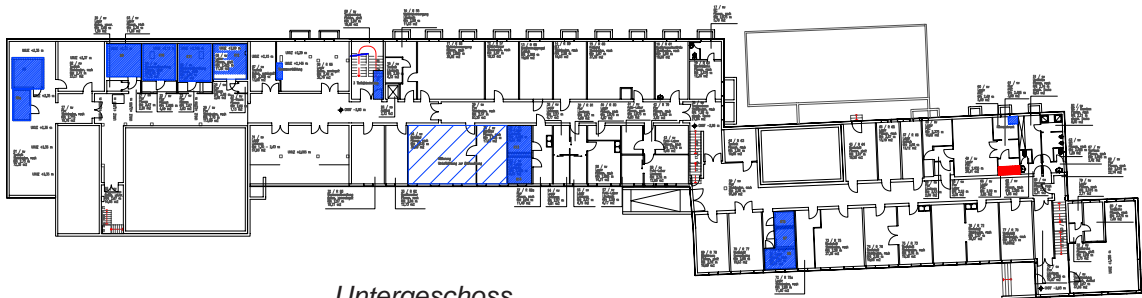
Brandschutz

Für das Gebäude wurde im Jahr 2005 ein Brandschutzkonzept erstellt. Die Flure weisen, dem Konzept der Bauzeit folgend, eine hohe Brandlast auf, da sie hoch installiert sind bzw. im Lauf der Zeit nachinstalliert wurden. Zum Schutz der Flucht- und Rettungswege erhielten sie reversible Brandschutzdecken. Nur in Teilen wurden die flurseitig ungeschützten vertikalen Installationskanäle brandschutztechnisch ertüchtigt. In weiten Teilen vor allem des Untergeschosses, das als Arbeitsstätte genutzt wird, sind erhebliche Brandlasten vorhanden. Im Protokoll der Brandschau sind weitere Mängel aufgeführt.

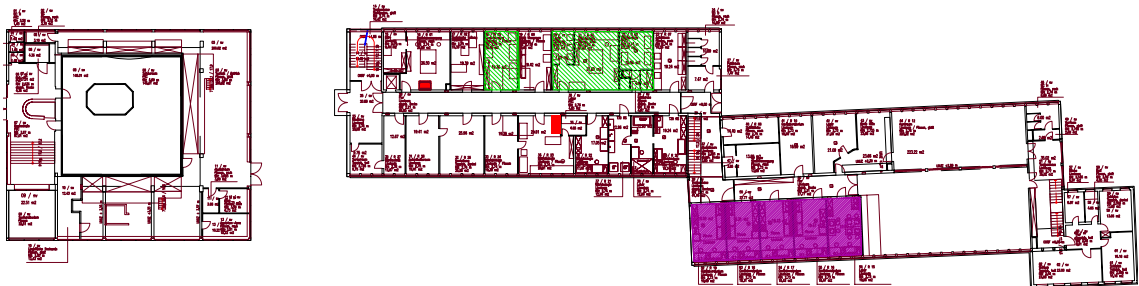
Bestandsanalyse Bauphysik

Die bauphysikalische Bestandsaufnahme ergab Abweichungen im gebauten Zustand gegenüber der ursprünglichen Planung. So wurde das ursprünglich geplante Hintermauerwerk als Ortbetonausfachung des Skeletts mit einem Sparverbinder, anstelle des ursprünglich geplanten Vollsteins, ausgeführt. Die Außenwand verfügt damit über keine Dämmung. Eine Ausnahme stellen die 4 cm starken raumseitig angebrachten HWL Platten an der Innenseite der Giebel dar. Korrosionsschäden an der Befestigung der Schilfputzdecken lassen sich aufgrund des stark salzhaltigen Klimas und aufgrund von Kondensatbildung an den unzureichend gedämmten Bauteilen erklären. Die bauphysikalischen Erkenntnisse des Bestandes bilden die Grundlage der Gebäudesimulation und der Sanierungsansätze und sind im energetischen Teil der Studie abgebildet.

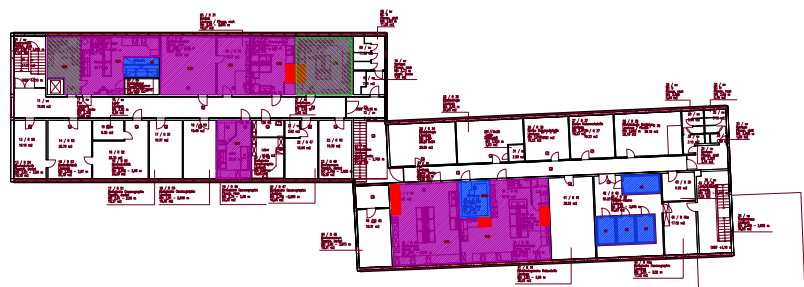
3.4 Haustechnik Haustechnik Bestand







Untergeschoss



Erdgeschoss



Obergeschoss

-  Kühlräume
-  zuletzt sanierte Laborräume
-  Digestorien
-  klimatisierte Räume

Wärmeversorgung	<p>Das Gebäude verfügte zum Zeitpunkt seiner Errichtung über eine Zentralheizung, deren Schornstein mit Ausnahme des Kopfes noch vorhanden ist. Zur Zeit wird die BAH wie alle Gebäude auf der Insel über Fernwärme beheizt, die über das in-seleigene BHKW gespeist wird. Mit Inbetriebnahme des Seekabels und der Umstellung auf eine wärmegeführte Betriebsweise des BHKW entfällt die Notwendigkeit die Wärme abzunehmen (insulares Solidarprinzip). Die Wärmeverteilung innerhalb des Hauses erfolgt über das alte Wärmeverteilnetz, die Beheizung der Räume über die statischen Heizflächen aus der Bauzeit, die an den ungedämmten Fensterbrüstungen angebracht sind. Die Anlagentechnik ist auf ein Temperaturniveau von 70/50°C ausgelegt. Dies ist bei Einsatz der Wärmepumpentechnik aus wirtschaftlichen Aspekten kaum aufrechtzuhalten, da Wärmepumpen mit steigender Vorlauf-temperatur an Effizienz verlieren.</p>
Lüftung	<p>Das Gebäude verfügt über insgesamt 7 Lüftungsanlagen unterschiedlichsten Alters. Die Lüftungsanlagen versorgen unter anderem die Labore, die Kursräume, innenliegende Räume, WCs sowie das Aquarium.</p> <p>Die Labore verfügen über 14 Digestorien, 13 Säure- bzw. Laugenschränke, 8 Lösungsmittelschränke, 4 Punktab-saugungen und einen Gasschrank.</p> <p>Alle vorgenannten Anlagen sind als Abluftgeräte konzipiert, die ohne WRG arbeiten. Um die Funktion der jeweiligen Bauteile sicherstellen zu können, werden dabei meist hohe Volumenströme abgesaugt. Bei der abgesaugten Luft handelt es sich um geheizte Raumluft, die unter Energieeinsatz konditioniert wurde. Dieser Energieeinsatz geht dann durch die Absaugung in die Atmosphäre über. Infolge dessen entstehen hohe Wärmeverluste an die Atmosphäre.</p>
Kälteerzeugung	<p>Die Kälteerzeugung dient dem Betrieb von Thermokonstanträumen und Kühlräumen, die im gesamten Haus verteilt sind. Weiterhin werden Räume mit südwestlicher Ausrichtung klimatisiert. Die Kälteerzeugung erfolgt dezentral. Die Abwärme wird über den Rücklauf des Seewassers ins Meer abgeführt. Die Verschaltung mit dem Seewassernetz kann dem Schema im Abschnitt Seewasser entnommen werden.</p> <p>Die Kälteerzeugung ist ein wesentlicher Energieverbraucher und insgesamt als unwirtschaftlich einzustufen.</p>
Trinkwasser/ Abwasser	<p>Die Trinkwasserversorgung erfolgt über die in-seleigene Wasserversorgung der Meerwasserentsalzungsanlage. Das Trinkwassernetz im Gebäude, wie auch die sanitären Anlagen, stammen aus der Bauzeit und sind abgänglich. Im Bereich der bereits sanierten Labore wurden die Abwässer bereits für eine Trennung vorbereitet, jedoch wieder in die vorhandenen alten Abwasserleitungen aus Guss geführt, die unter der Sohle liegen. Das Abwassernetz ist als abgänglich anzusehen.</p>

Seewassernetz

Das Seewasser wird aktuell zu verschiedenen Zwecken genutzt.

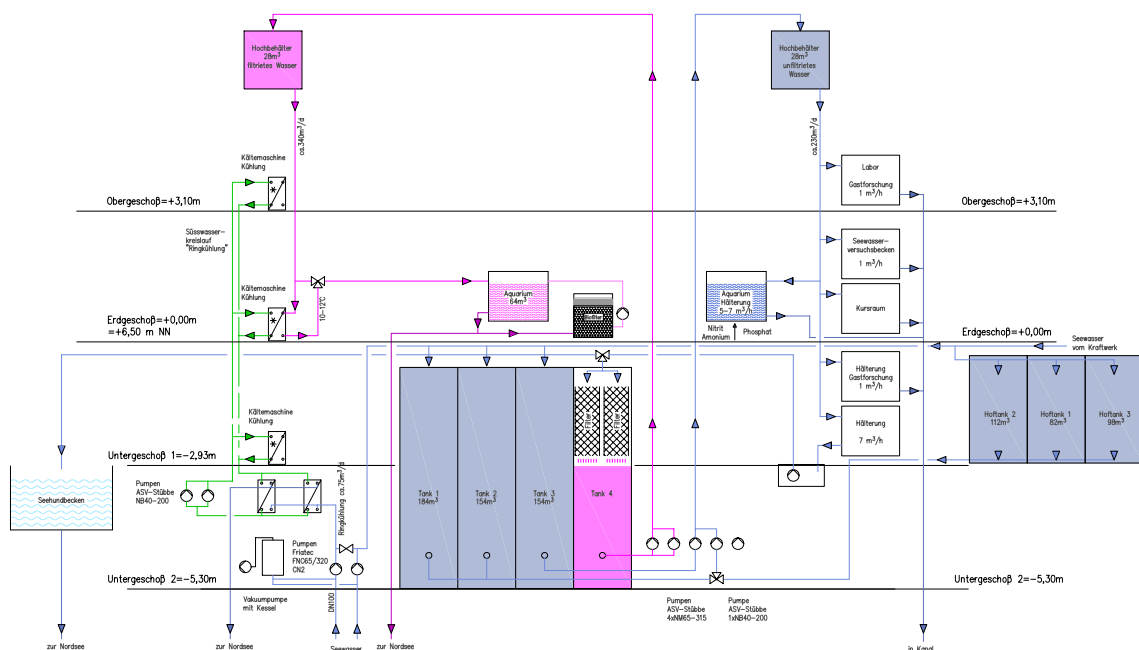
Die Verknüpfung der unterschiedlichen Prozesse, welche an das Seewassernetz angeschlossen sind, kann dabei dem nachfolgenden Schema entnommen werden. Nennenswert sind dabei die Nutzung zur Rückkühlung der Kältemaschinen, als Versorgung der Aquarien, der Hälterung und der Labore.

Insgesamt verfügt das Gebäude über neun Seewassertanks mit einem Inhalt von ca 1.000 cbm:

- Tank 1 UG Aquarium 184 cbm
- Tank 2 UG Aquarium 154 cbm
- Tank 3 UG Aquarium 154 cbm
- Tank 4 UG Aquarium Filter 154 cbm
- Tank 5 Hoftank 112 cbm
- Tank 6 Hoftank 82 cbm
- Tank 7 Hoftank 98 cbm
- Tank 8 Hochbehälter 24 cbm
- Tank 9 Hochbehälter 24 cbm

Die Tanks können über eine hauseigene Seewasserversorgung mit einer Förderleistung von 2 x 40 cbm/h über den Nordost-Hafen befüllt werden. Des weiteren steht eine Verbindungsleitung zum Kraftwerk über die Seewasser bezogen werden kann zur Verfügung.

Das System der Tanks stammt aus der Bauzeit. Dimensionierung der Pumpen sowie Förderleistung und –menge, sowie Filtertechnik entsprechen nicht mehr den heutigen Standards und führen zu einem hohen Energieverbrauch. Insbesondere die Förder- und Bevorratungsmenge kann erheblich reduziert werden.



Salzwasserschema

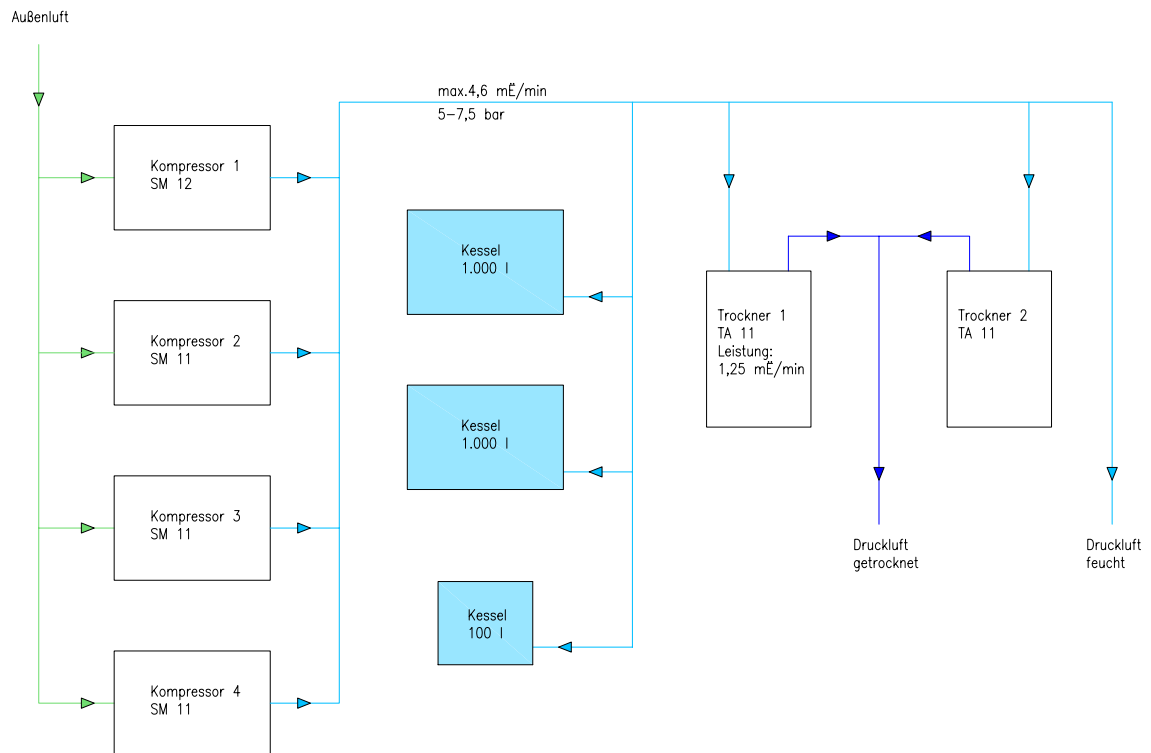
Druckluft

Die installierte Drucklufttechnik versorgt das Gebäude in einem Druckluftnetz mit Druckluft. Die Nutzung und die Anforderungen an das Druckluftnetz sind dabei stark unterschiedlich. Wird zu technischen Anwendungen Druckluft mit ca. 7,5 bar benötigt, so genügt zur Aquarienbelüftung und Versorgung der Labore hingegen nur Druckluft von ca. 1 bar. Außerdem sind auch die benötigten Qualitäten (Ölgehalt, Feuchtigkeit, Staub) stark unterschiedlich.

Allein der Sachverhalt, dass Druckluft die eigentlich bei 1 bar benötigt wird, zunächst auf 8 bar verdichtet wird, ist bei heutigen Energiepreisen nicht mehr zu vertreten.

Es liegt somit nahe, das Konzept der Druckluftherzeugung und -verteilung zu überdenken und auf mindestens zwei Druckluftnetze zu wechseln, um diese in unterschiedlichen Druckstufen betreiben zu können.

Nachfolgendes Schema zeigt die aktuell verbaute und verwendete Drucklufttechnik:



Druckluftschema Bestand

Energiebedarf

Mittels der vom Büro Transsolar durchgeführten Analyse konnten die über die Energiekosten bekannten Verbräuche nachvollzogen und den einzelnen Verbrauchern zugeordnet werden. Die exakten Ergebnisse, wie auch die Zusammensetzung der Stromverbräuche, sind im Kapitel 2.3 der Transsolar-Studie genauer aufgeführt und erläutert. Bemerkenswert ist der hohe Wärmebedarf des Hauses, trotz des relativ milden Seeklimas, wo nahezu keine Temperaturen unter dem Gefrierpunkt vorherrschen. Darin bestätigen sich die ersten Eindrücke aufgrund von Gebäudealter und Nutzung. Die Kosten für Wärme, die aufgrund der Preisentwicklung der letzten Jahre drastisch gestiegen sind, belasten mittlerweile die Forschungsetats erheblich.

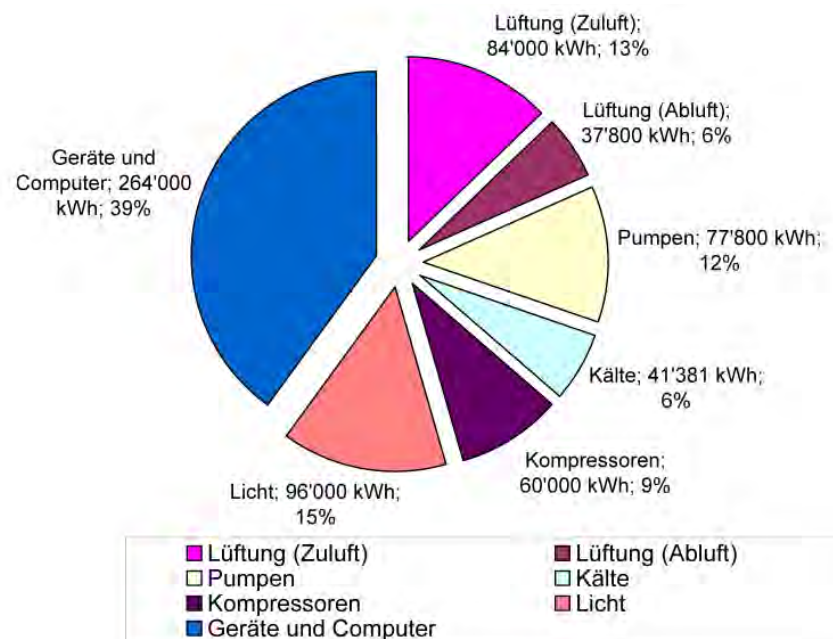
Stromverbrauch

Für die Stromverbräuche ist hervorzuheben, dass rund 60% auf den Teil der Gebäudetechnik entfallen, die sich durch die Sanierung deutlich beeinflussen lassen. Dabei handelt es sich um Antriebsenergie für Lüftung, Pumpen, Kältemaschinen, Kompressoren und Licht.

Lüftung Zuluft	13%
Lüftung Abluft	6%
Pumpen	12%
Kälte	6%
Kompressoren	9%
Licht	15%

Die verbleibenden Stromverbräuche werden für Geräte und Computer benötigt.

Geräte/Computer 39%



Aufteilung Strombedarf (Transsolar)

Die aktuellen Verbrauchswerte des Gebäudes betragen im Jahr 2008

Wärmebedarf 627 MWh/a
Spezifischer Verbrauch 216 kWh/m²a
Kosten 66.000 €/a

Strombedarf 664 MWh/a
Spezifischer Verbrauch 229 kWh/m²a
Kosten 110.000 €/a

4. Konzeption eines CO₂ neutralen Instituts für Klimafolgenforschung

Vorgehensweise

Nach Analyse der Bestandssituation sowie der historischen Befunde wurden Ansätze für eine Neukonzeption des Gebäudes herausgearbeitet. Die in der Analyse aufgeführten Nutzungsdefizite galt es dabei zu beheben und die ungenutzten Flächenreserven zu aktivieren.

In Zusammenarbeit mit der BAH wurde ein Raumprogramm aufgestellt, das in mehreren Schritten modifiziert und an die Bedürfnisse des Nutzers angepasst wurde und als Grundlage aller weiteren Überlegungen dient.

Parallel wurde in Zusammenarbeit mit dem Energieingenieurbüro Transsolar und dem Ingenieurbüro für technische Gebäudeausrüstung Pahl und Jacobsen ein Energiekonzept erarbeitet. Als wesentliches Arbeitsmittel diente dabei eine Gebäudesimulation, die durch das Büro Transsolar durchgeführt wurde und die in Kapitel 3 der Studie von Transsolar ausgeführt wird.

Energiekonzept, Anlagentechnik und architektonisches Konzept wurden dabei in einem integrierten Planungsprozess entwickelt.

Gliederung

Architektonisches Konzept

- Aufzeigen der Nutzungsdefizite
- Aktivierung der stillen Flächenreserven
- Aufstellen eines Raumprogramms mit dem Nutzer
 - Definition von Anzahl und Größe der Büroflächen
 - Definition von Anzahl, Größe und Art der Labore
 - Gliederung des Seminarbereichs und der Gastforschung
- Neustrukturierung der Nutzungen im Haus

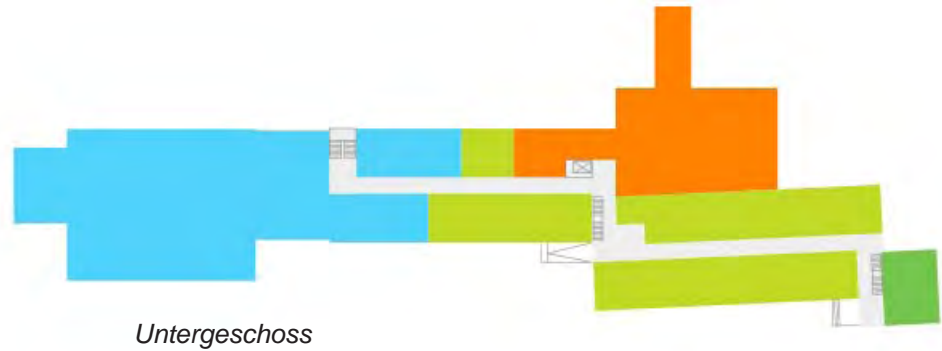
Green House

Forschung
Werkstattbereich
Seminarbetrieb
Technikbereich
Wärme-Kälteversorgung
Lüftungstechnik
Seewasserversorgung

Blue House

Ausstellungsbereich
Schülerbereich
Hälterung

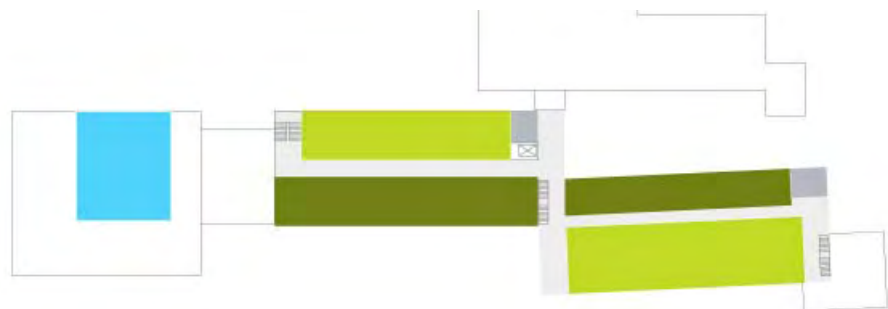
Nutzungsverteilung geplant




Untergeschoss



Erdgeschoss



Obergeschoss

-  Blue House
-  Büro
-  Forschung
-  Werkstatt
-  Technik
-  Seminar
-  Hausmeister

Forschung

Im Rahmen der Planung der Neuorganisation wurden zwei Lösungsansätze untersucht:

1. die Bündelung aller Labore in einem Gebäuderiegel, um Vorteile bei der Installationsführung insbesondere der Lüftungstechnik, der Labore nutzen zu können.
2. Die dezentrale Anordnung der Labore in den beiden Gebäuderiegeln C1 und C2 mit Zuordnung der Büros „über den Flur“.

Nach Abwägung und Diskussion der Vor- und Nachteile wurde Variante 2 weiterverfolgt. Die Labore liegen nach diesem Konzept in beiden Geschossen auf der SW Seite des Gebäudeteils C1 (Hangseite) und in beiden Geschossen der NO Seite des Gebäudeteils C2 (Seeseite). Im Obergeschoss des Bauteils C2 wird die vorhandene Raumtiefe von ca. 8 m (ehem. Bibliothek und Schlafsäle, jetzt Klimakammern) für die Unterbringung großer 2-seitig belichteter Laboreinheiten genutzt. Die geschoßweise gestapelte Anordnung der Labore wirkt sich auch in dieser Variante vorteilhaft auf die Installationsführung aus. In unmittelbarer Nachbarschaft vis a vis über die jeweiligen Flure wurden die jeweils zugehörigen Bürobereiche angeordnet. Die Mitarbeiter des Instituts können zukünftig den zentral gelegenen Eingang an der Schnittstelle zwischen Bauteil C1 und C2 vom Hof benutzen. Am zentralen Treppenhaus liegen Cafeteria und der neugeschaffene Aufzug.

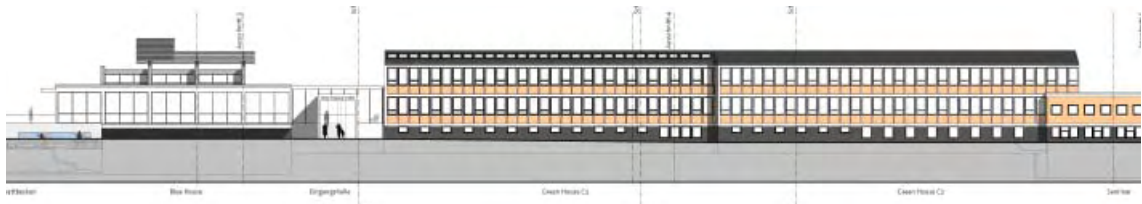
Der repräsentative Haupteingang für Besucher des Instituts befindet sich im neuen gläsernen Eingangsbauwerk des Blue House - Green House zwischen Bauteil C und Aquarium. Von hier aus erreicht man über den zentralen Empfangs- und Kassenbereich, die im Erdgeschoss von Bauteil C1 gelegenen administrativen Bereiche des Instituts.

Werkstattbereich

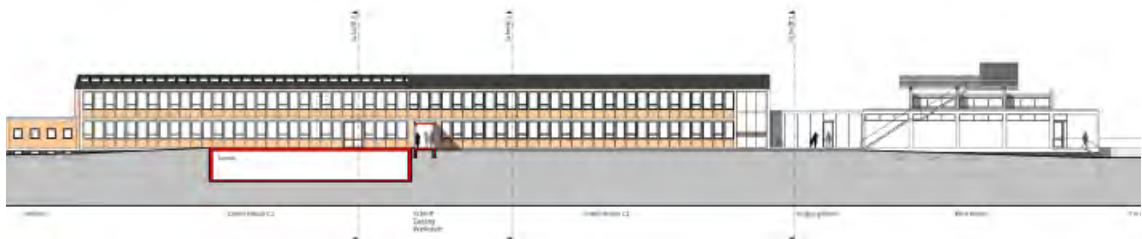
Einen höheren Stellenwert als bisher wird zukünftig dem Arbeitsbereich des technischen Personals eingeräumt. Die bisher unzulängliche Unterbringung des Werkstattbereichs im Untergeschoss wird aufgegeben. Es wird vorgeschlagen den Werkstattbereich auf der Rückseite des Instituts am Fuße des Falmlhangs erdgeschossig parallel zum Bauteil C2, in einem eingeschossigen Neubau im Hang (ehemaliger Sprengtrichter) zu positionieren. Zwischen Werkstatt und Bauteil C2 befindet sich nach wie vor der abgeschirmte Werk- und Anlieferhof. In diesem Bereich können Arbeiten im Außenraum erfolgen. Das Bauteil C2 schirmt Werkstatt und Hof von der Kurpromenade ab. Die stark korrodierte und damit sanierungsbedürftige Stützmauer entfällt bzw. wird ersetzt, um die Einfahrt von 1,90 m auf ca. 3 m zu verbreitern. Die Hangsicherung übernimmt zukünftig über weite Strecken das Werkstattgebäude. Das Werkstattgebäude nimmt Räume für Holz-, Kunststoff- und Metallbearbeitung sowie eine Elektrowerkstatt incl. Lagermöglichkeiten auf. Belichtung und Anlieferung erfolgen über bodentiefe Tore vom Wirtschaftshof aus. Das Gebäude verfügt über Personalumkleiden und ein Chemie- sowie ein Gasflaschenlager. Garage und Müll werden in separaten unbeheizten Bauteilen in diesem Bereich untergebracht.

- Seminarbetrieb** Der Seminarbetrieb wird im Erdgeschoß des Bauteils C2 belassen. Als in sich abgeschlossene Einheit wird er zukünftig besser vom sensiblen Institutsbetrieb separiert. Der vorhandene Eingang am Nordende des Bauteils C2 dient als autarke Erschließung des Seminar- und Gastforschungsbereichs und der ehemaligen Hausmeisterwohnung, die zukünftig als Aufenthalts-, Lager- und Rückzugsbereich für die externen Nutzer dient. Großer und kleiner Seminarraum werden auch weiterhin als solche genutzt, jedoch zukünftig durch eine feste Wand getrennt. Labore und Büros für Gastforscher liegen in unmittelbarer Nachbarschaft zum Seminarbetrieb.
- Cafeteria** Als zentraler Kommunikations- und Besprechungsraum dient die Cafeteria. Im Erdgeschoß, in unmittelbarer Nähe zum Eingang des wissenschaftlichen und technischen Personals und zum Werkhof gelegen, stellt die Cafeteria ein wichtiges inhaltliches und räumliches Bindeglied des Instituts und der Berufsgruppen des Instituts dar.
- Technikbereich** Ein zentraler Bestandteil des energetischen Konzeptes des CO₂ neutralen Instituts stellt der neu geschaffene Technikbereich im Untergeschoß dar. Die bisher verstreut im Haus angeordneten dezentralen Anlagen werden hier gebündelt. Die besonders raumgreifenden Anlagenteile der Lüftungstechnik stellen dabei einen wichtigen Baustein des neuen Technikkonzeptes dar. Im Gegensatz zu den bisherigen reinen Abluftanlagen arbeiten die neuen Geräte mit effizienter Wärmerückgewinnung. Insgesamt ersetzen 3 Lüftungsanlagen die ca. 30 Altanlagen. Sie werden kompakt in einem Technikraum unterhalb des Hofes untergebracht. Die dort befindlichen Meerwasserzisternen, die nicht mehr benötigt werden, werden rückgebaut, und dienen gewissermaßen als Baugrube. Im unmittelbaren Anschluß befindet sich Heizungsraum und der Technikraum der Freezers (Abluft).
Die bisher verstreut im Haus liegenden Thermokonstanträume werden hangseitig im unbelichteten Teil des Untergeschosses im Bauteil C2 angeordnet. Die Kälteerzeugung erfolgt zentral in der Energiezentrale in C1. Im Untergeschoß des Bauteils C2 befindet sich das Isotopenlabor und der Lagerbereich der Wissenschaft.

Ansichten / Schnitte



Nordost Ansicht



Südwest Ansicht



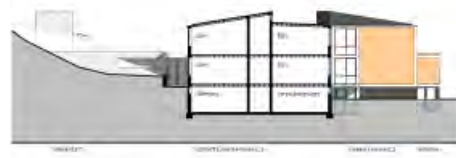
Nordwest Ansicht



Südost Ansicht



Schnitt 1 Eingangshalle



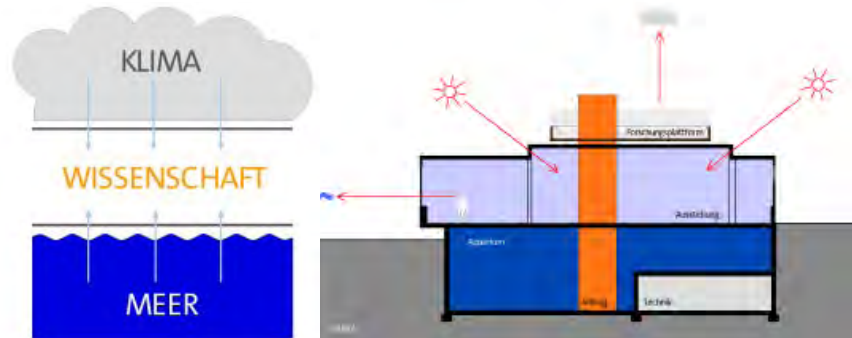
Schnitt 2 Green House C1



Schnitt 3 Green House C2 und Werkstatt

Blue House

In Zusammenarbeit mit dem Büro Impuls Design, das im Rahmen einer gesonderten Studie an einem Konzept für das Blue House arbeitet, wurde das architektonische Konzept für den Ausstellungsbereich entwickelt. Vorausgegangen war die architektonische Idee, unter Einbindung des Untergeschosses, das Themenfeld Meer-Wissenschaft-Klima in den drei Ebenen des alten Aquariums zu präsentieren.



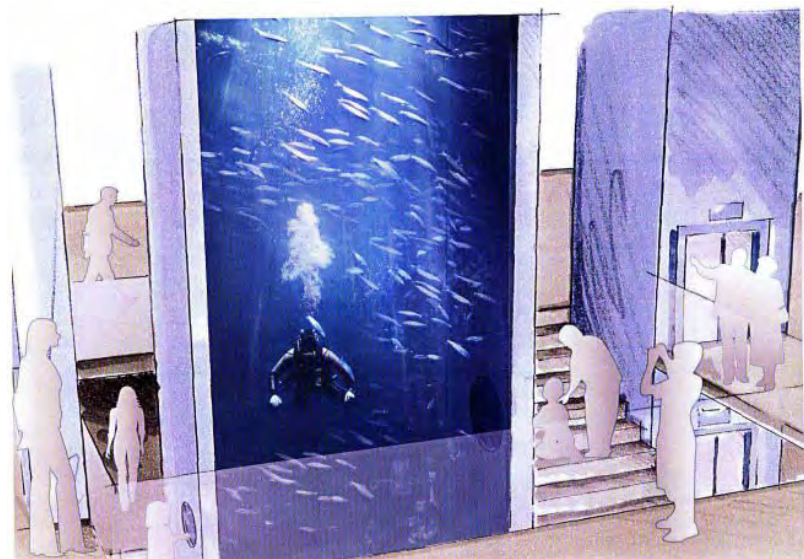
Picto Blue House

Systemschnitt Blue House

Studie Impuls-Design

Zitat aus der Studie von Impuls-Design Dezember 09:
„Das Gebäude enthält in einem abgestimmten Verhältnis Ausstellungskomponenten für die Vermittlung von Basisinformationen, große und kleine Aquarien sowie Werkstätten und Labore für Wissenschaft und Forschung, Experimente und praktische Arbeiten.“

Die räumliche Gestaltung des Hauses bietet eine Plattform für ein abwechslungsreiches Rahmenprogramm. Das Veranstaltungsangebot wird in enger Kooperation mit dem AWI konzipiert. Das Zentrum bietet damit die Möglichkeit, aktuelle Forschung zu präsentieren - hautnah und authentisch. Es lebt von diesen Angeboten, die sowohl kleine, über den Tag verteilte Vorführungen, Experimente, Shows und Führungen umfasst, als auch mehrtägige, themenbezogene Seminare oder Kurse.



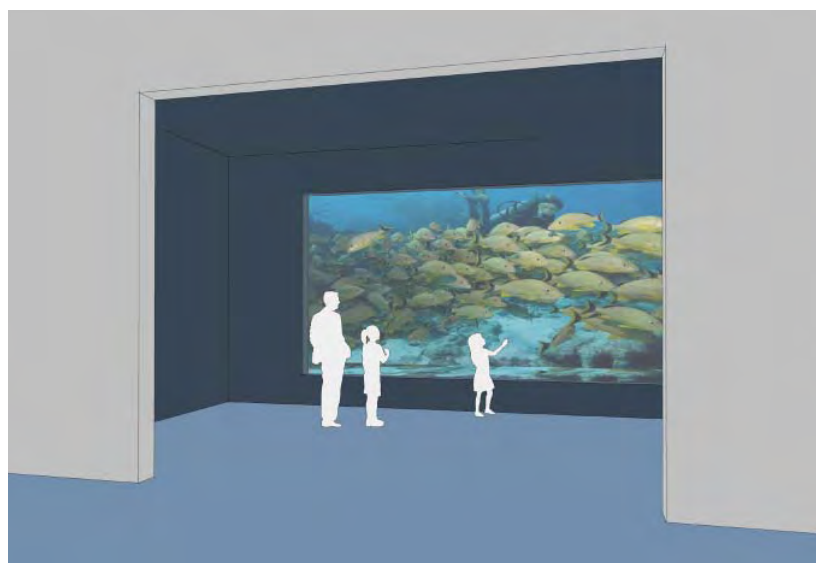
Skizze Impuls Design

Das Personal wird eigens geschult, bietet sowohl Inselführungen und Ausflüge zu speziellen Themen an, als auch wechselnde Programmpunkte innerhalb der Ausstellung. Parallel dazu laufen die Schülerangebote für einen oder auch mehrere Tage. Schulklassen können über das Zentrum sogenannte „rundum sorglos Pakete“ buchen. Dazu gehören der Transport, Unterkunft und Verpflegung (Kooperation mit JH) ebenso wie ein Programm mit Ausflügen und Projektarbeit – abgestimmt auf die Aufenthaltsdauer und Interessen der Schulen. Hieraus ergeben sich Kooperationsmöglichkeiten mit Bildungsträgern und zahlreichen Vereinen und Verbänden aus dem Bildungs- und Fortbildungsbereich.

Darüber hinaus bietet das Zentrum auch für Kurzurlauber und Feriengäste interessante Veranstaltungen, Seminare, Vorträge und Fortbildungskurse. Die Themenfelder reichen von Biologie (Vogelkunde, Muscheln, Algen etc.) über Klima und Geologie (regenerative Energien, Energiesparen, Gesteinsuntersuchungen etc.) bis Kunst und Sport (Tauchlehrgänge, Film- und Fotokurse, Naturmalerei etc.).“

Meer - Untergeschoss

Ausgehend von der vorangegangenen Analyse ergab der Verzicht auf die Meerwasserbevorratung in den vier Tanks des Aquariums die Möglichkeit, das Untergeschoß zu Ausstellungszwecken zu nutzen. Die ca. 5 m hohen Räume des Untergeschosses können nach einem Teilabbruch der statisch unabhängig konstruierten Tanks für die Darstellung des Themas Meer genutzt werden. Ohne Außenbezüge taucht der Besucher über eine großzügige Öffnung in der Geschoßdecke in die Ausstellungswelt des Untergeschosses ein, in der u.a. Großaquarien ausgestellt sind. Eine Untersuchung des Zustands der Decke erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro für Tragwerksplanung Horn + Horn. Es bestätigte sich die Möglichkeit die Geschoßdecke mit einer ca. 16 qm großen Öffnung zu versehen. In die geschaffene Öffnung wird als zentrales Element ein ca. 10 m hohes Großaquarium eingestellt, das alle Geschosse verbindet.



Strömungsbecken



Blue House von der Promenade

Wissenschaft - Erdgeschoss

Der Erdgeschossbereich zeichnet sich durch das rahmenartige Skelett des nahezu stützenfreien Raumes mit seiner großzügigen auf das Meer und den Nordosthafen ausgerichteten Befensterung aus.



Ausstellungsraum EG mit Großaquarium

Ein wichtiges Element des Ausstellungskonzepts ist die Besuchercafeteria. Zum Aquariumsplatz hin orientiert, ermöglicht sie eine außergastronomische Nutzung auf einer neugeschaffenen ebenengleichen Terrasse. Ein direkter Zugang an der Rückseite des Gebäudes ermöglicht die Verpachtung der Cafeteria an einen Gastronomen aus der Nachbarschaft. Unter denkmalpflegerischen Gesichtspunkten vorteilhaft ist die Nutzung des alten Haupteingangs des Aquariums als zukünftigen Zugang zur Terrasse.



Cafeteria und Terrasse

Der neue Haupteingang des Blue House befindet sich im neuen Verbindungsbauwerk. Ein Aufzug verbindet die Ebene der Kurpromenade mit der Eingangsebene, so dass ein barrierefreier Zugang entsteht. Kasse, Bookshop und Loungebereich empfangen den Besucher in der gläsernen Eingangshalle. Schülergruppen können auf direktem Weg über das unmittelbar anschließende Treppenhaus im Bauteil C 1 ins UG gelangen. Dort befindet sich ein 60 qm großer Schulungsraum sowie die Besucher WCs, die sowohl vom Foyer aus als auch aus dem Ausstellungsbereich zu erreichen sind. Schülergruppen können nach einer Einführung vom Schulungsraum aus direkt in die Ausstellung gelangen.



Blick vom Hafen

Klima - Dachgeschoss

Als neues Bauteil wird die „Forschungsplattform“ auf dem Dach des Blue House installiert. Erschlossen über Aufzug und Aussentreppe können Besuchergruppen an die Forschungsaufbauten herangeführt werden und den Blick auf Meer und Hafen erleben. Der neue Aufbau des „Technikcontainers“ dient als Einstieg für das Großaquarium und nimmt die Lüftungschächte auf.



Blick von der Landseite

Natürliches
Lüftungskonzept
Blue House

Der über einen mehrgeschossigen Luftraum verbundene Ausstellungsbereich des Blue House wird über Schächte und über Windlüfter auf dem Dach des Aufbaus natürlich, d.h. ohne elektrische Antriebsenergie, entlüftet. Den Windlüftern vorgeschaltet erfolgt eine Wärmerückgewinnung. Über ein Kreislaufverbundsystem wird die Wärme dem Heizregister an der Nachströmöffnung zugeführt und erwärmt dort die einströmende Frischluft. Die Frischluft durchströmt vorher einen Zuluftkanal, der in Form einer 2-schaligen Kelleraußenwand ausgeführt ist. Hierbei wird Sie vortemperiert.



Windlüfter

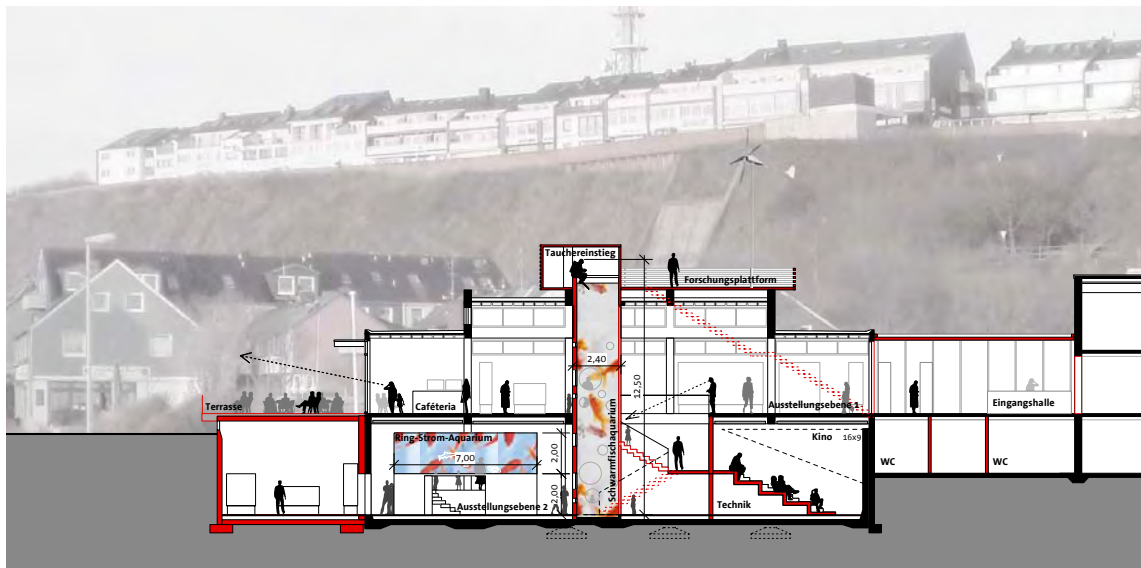
Großaquarien

Als Besucherattraktion dienen drei Großaquarien. Ein erstes ca. 10 m hohes Aquarium mit ca. 8 qm Grundfläche empfängt den Besucher beim Betreten der Ausstellung. Es ist von allen Ebenen einsehbar. Beim Gang durch das Haus kann das Becken umrundet und aus unterschiedlichsten Perspektiven und Entfernungen betrachtet werden. Das Aquarium kann von der Forschungsplattform aus bestiegen und betaucht werden. Die Besucher gelangen aus dem Eingangsbereich über eine offene Treppenanlage ins Untergeschoß.

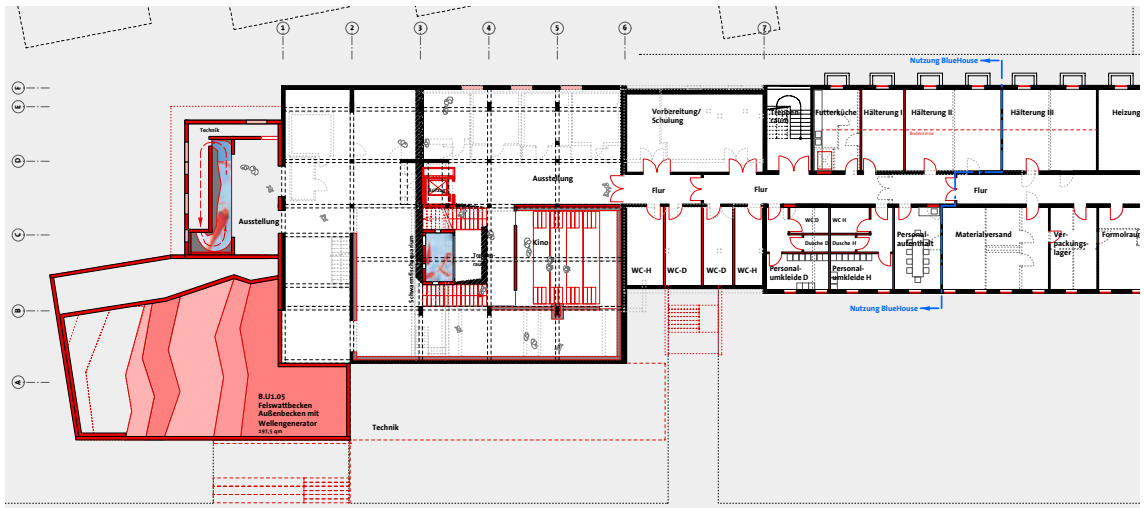
Als weiteres Großaquarium ist ein Ringstrombecken konzipiert. Aus der Ausstellungsebene hat der Besucher über ein Fenster Einblick in das Felswattbecken, das anstelle des alten Seehundbeckens zwischen Kurpromenade und Aquariumsplatz angeordnet ist. In ihm wird das Leben im Felswatt sowie die Tide ausgestellt. Die inhaltliche Konzeption zum Blue House wurde vom Büro Impuls-Design erarbeitet.



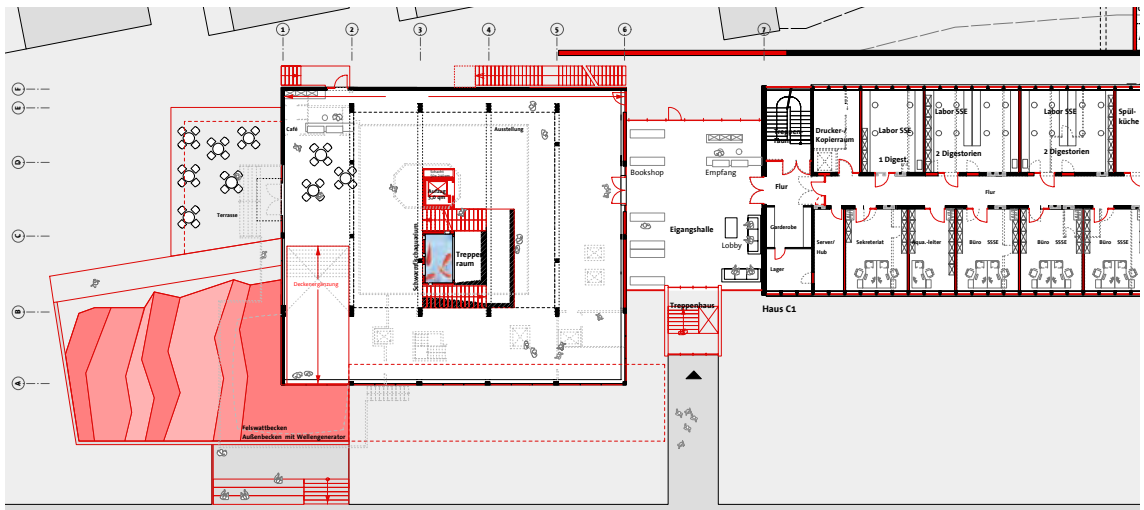
zentrales Großaquarium



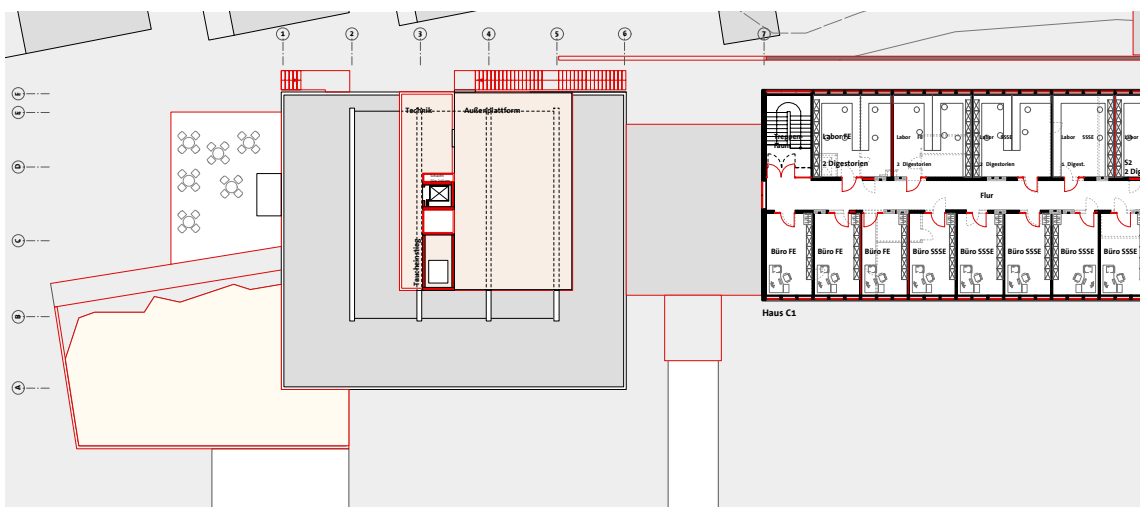
Schnitte Blue House



Grundriss UG Blue House



Grundriss EG Blue House



Grundriss DG Blue House

4.2 Energiekonzept Vorgehensweise

Im Rahmen der Simulation analysierte und überprüfte das Büro Transsolar die derzeitigen Energieverbräuche auf Plausibilität. Das Ergebnis wurde den weiteren Untersuchungen zu Grunde gelegt.

Für exemplarische Bereiche wurde das thermische Verhalten sowie die Belichtung der Räume in Abhängigkeit ihrer Ausrichtung und Nutzung simuliert. Dabei wurden Varianten untersucht, um Aussagen zu den Parametern eines zukünftigen Energiekonzepts eines CO₂ neutralen Instituts machen zu können.

Als Ergebnis wurden folgende bauliche und technische Komponenten kombiniert.

Green House

Innendämmung, Berücksichtigung der Wärmebrücken der einbindenden Bauteile

Wärmeschutzverglasung 2-fach u-Wert Glas 1,0

Fensterrahmen u-Wert 1,0

Luftdichte Ausbildung des Fensteranschlusses

Natürliche Fensterlüftung der Büroräume (u.a. Spaltlüftung)

Mechanische Belüftung der Labor- und Kursräume

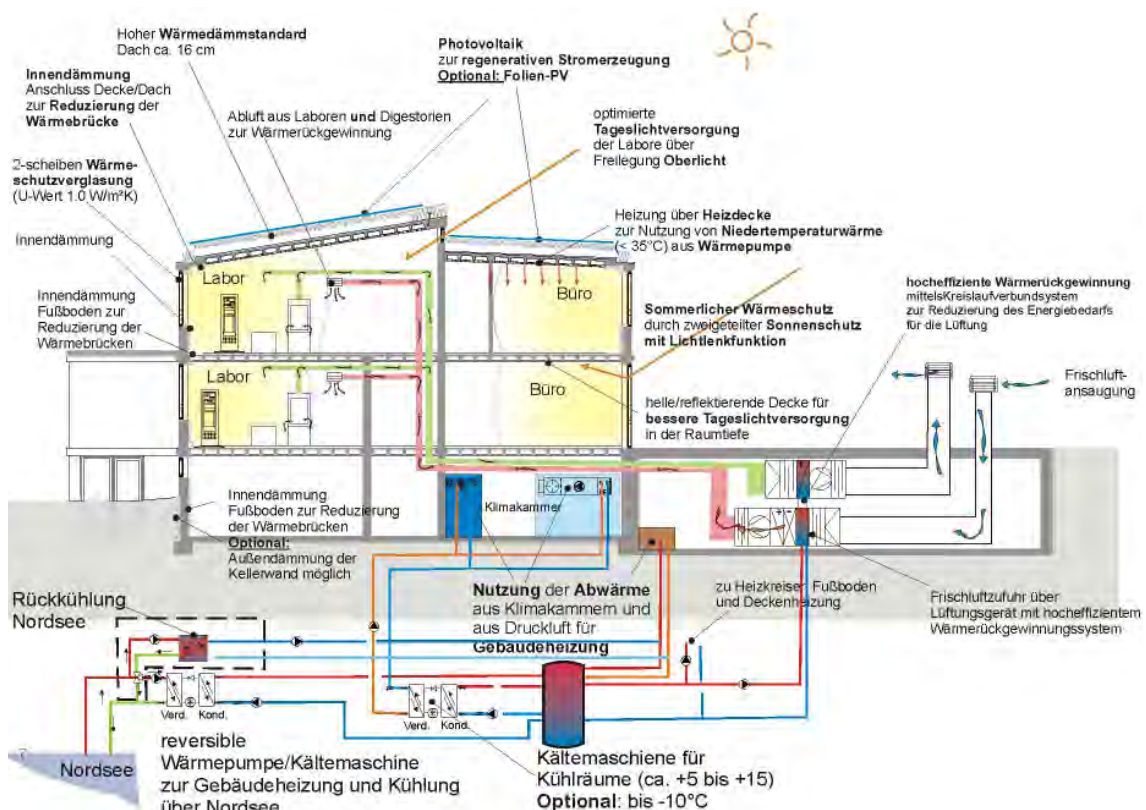
Laborlüftung (Digestorien) mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung λ 0,7

Beheizung über Niedertemperatur Heizsystem in Form einer Heizdecke

Keine aktive Kühlung

Sommerlicher Wärmeschutz über außenliegenden Sonnenschutz mit Tageslichtlenkung

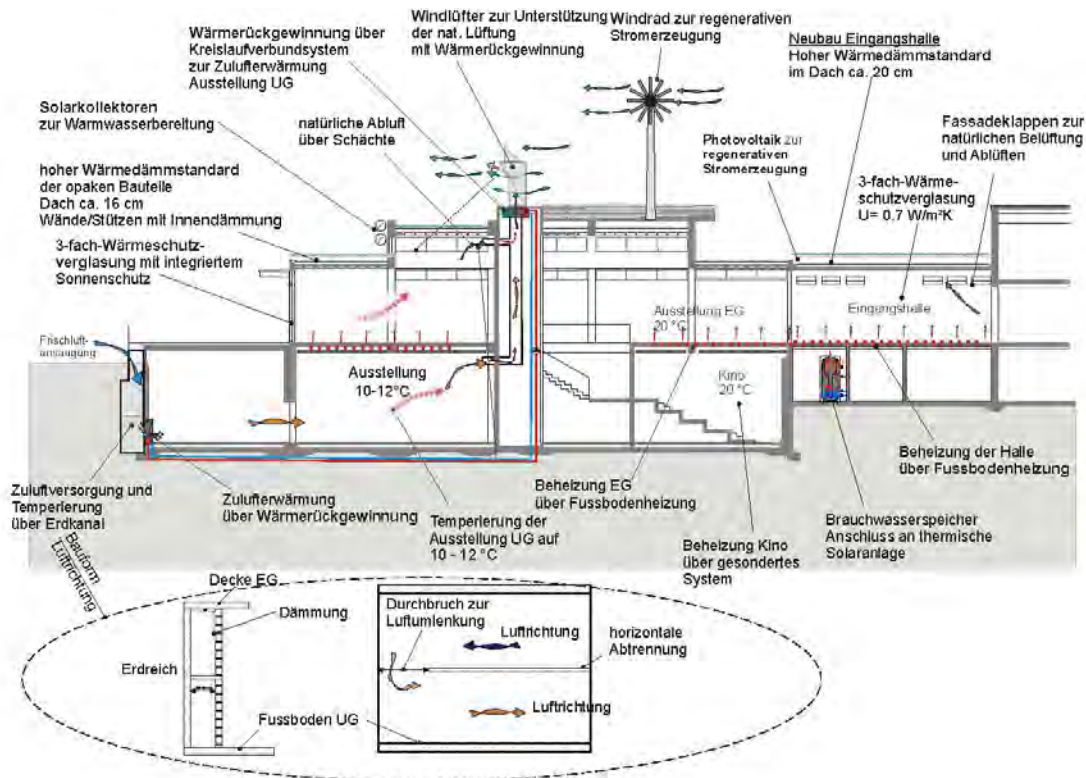
Photovoltaikmodule (effizient)



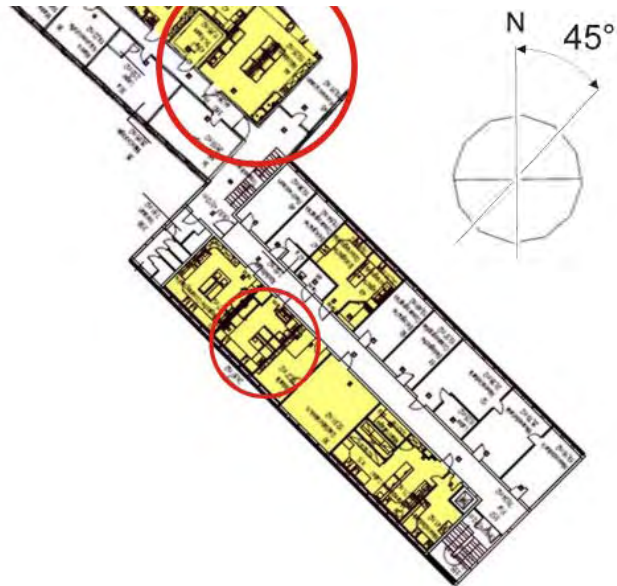
Überblick Gesamtenergiekonzept Green House (Transsolar)

Blue House

Im Untergeschoss Ausstellungsraum mit Temperaturniveau Nordsee
 Natürliche Lüftung der Ausstellung über Schächte und Windlüfter
 Wärmerückgewinnung über Kreislaufverbundsystem
 Nachströmung der Zuluft über Erdkanal (Winter Erwärmung/ Sommer Vorkühlung)
 Beheizung Ausstellung Erdgeschoss über Niedertemperatur – Fußbodenheizung
 3-fach Wärmeschutzverglasung mit integriertem Sonnenschutz
 Natürliche Belüftung der Eingangshalle über Fassadenklappen
 3-fach Wärmeschutzverglasung Eingangshalle ohne Sonnenschutz
 Maximaldämmung Dach Eingangshalle
 Option Solarthermie in Abhängigkeit zu Warmwasserverbrauchern



Überblick Gesamtenergiekonzept Blue House (Transsolar)



Dynamische Gebäudesimulation am Beispiel eines Büorraums (Transsolar)

Büorraum

Untersucht wurde mittels einer Simulation ein exemplarischer Südwest orientierter Büorraum. Es wurden sieben Varianten betrachtet.

V0 Bestand

V1 WSV 2-fach interner Blendschutz

V2 WSV 3-fach interner Blendschutz

V2a WSV 3-fach besserer Rahmen interner Blendschutz

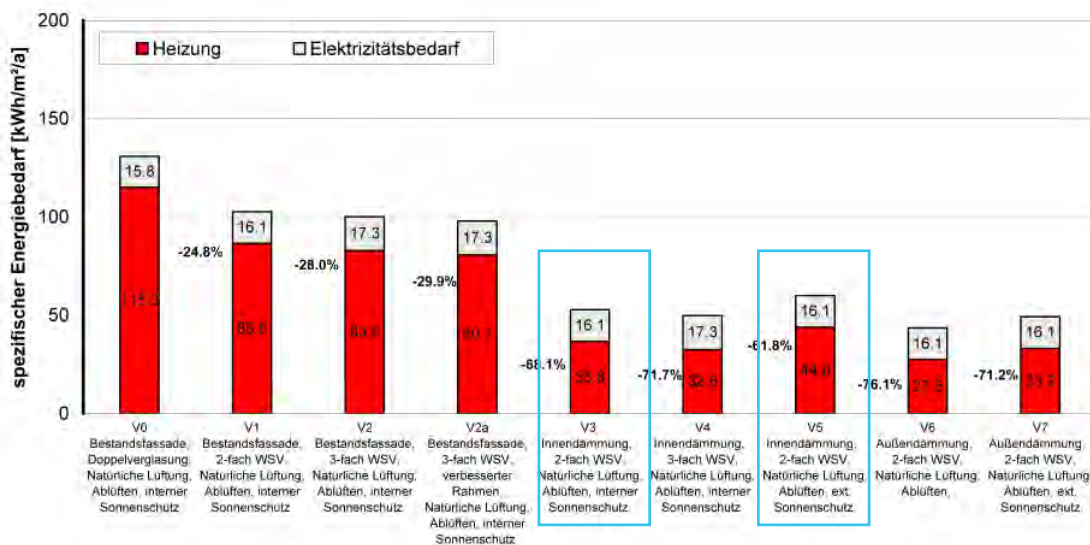
V3 Innendämmung WSV 2-fach interner Blendschutz

V4 Innendämmung WSV 3-fach interner Blendschutz

V5 Innendämmung WSV 2-fach externer Sonnenschutz

V6 Aussendämmung WSV 2-fach interner Blendschutz

V7 Aussendämmung WSV 2-fach externer Sonnenschutz



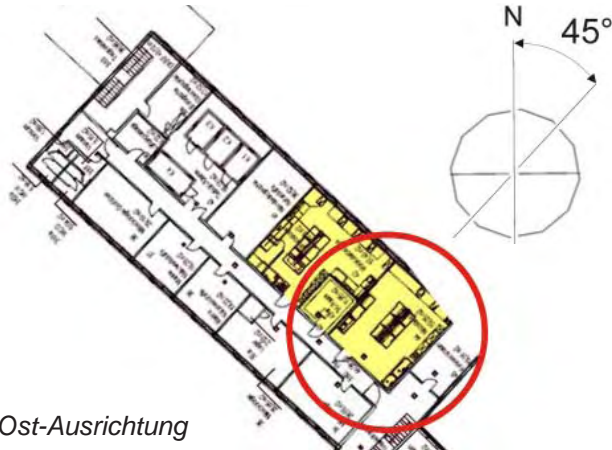
Energiebedarf Büroflächen

Vorzugsvarianten mit Innendämmung: mit internen Sonnenschutz (V3), bzw. mit externen Sonnenschutz (V5)

- Außendämmung (V6)** Die Auswertung der Simulation des Referenzbüroraums ergab die höchste Einsparung des Energiebedarfs von 76% für Variante 6, die mit einer Außendämmung arbeitet. Dies entspricht einem spezifischen Energiebedarf von 27,5 kWh/m²a. Die Außendämmung von 16 cm Stärke wird hier mit einer 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung und einem internen Blendschutz kombiniert, so dass im Winter immer solare Gewinne zu verzeichnen sind, da der außenliegende Sonnenschutz nicht als Blendschutz „missbraucht“ werden kann. Diese Annahme ist für den Sommerfall allerdings nicht praktikabel, da sie zu Überhitzungen führt.
- Innendämmung (V3)** Eine Reduktion des Wärmebedarfs von 68% ist auch wie in Variante 3 dargestellt, mit einer Innendämmung erreichbar. Dies entspricht einem spezifischen Energiebedarf von 36,8 kWh/m²a.
- Die Innendämmung von 5 cm wird hier mit einer 2-Scheiben Wärmeschutzverglasung und einem internen Blendschutz kombiniert, so dass auch bei dieser Variante im Winter immer solare Gewinne zu verzeichnen sind, da der außenliegende Sonnenschutz nicht als Blendschutz „missbraucht“ werden kann. Die geringe Dämmstoffstärke wirkt sich aufgrund des geringen Wandflächenanteils nicht weiter ungünstig aus.
- Sonnenschutz (V5)** Durch Einführung eines zusätzlichen außenliegenden Sonnenschutzes werden die sommerlichen Wärmeeinträge begrenzt, die sonst zu Überhitzungen führen würden. Dies ist in Variante 5 dargestellt wo immer noch eine Reduktion des Wärmebedarfs von 61 % erreicht wird. Ein externer Sonnenschutz führt zu geringeren solaren Wärmegewinnen in der Heizperiode wodurch die Energieeinsparung allerdings von 68% auf 61% reduziert wird. Ein zusätzlicher innenliegender Blendschutz erlaubt den Sonnenschutz im Winter (bei Heizbedarf) geöffnet zu lassen und dennoch einen blendfreien Arbeitsplatz zu realisieren. Damit ließe sich die Einsparung wieder in Richtung 68% steigern.
- 3-fachVerglasung (V4)** Eine 3-fach Verglasung, mit dem für diese Fassade vorgegebenen hohen Rahmenanteil von rd. 20% und dem milden Helgoländer Seeklima, führt nur zu einer geringen zusätzlichen Energieeinsparung von weiteren 3%. Andernfalls müsste man den Rahmen deutlich verbessern, was angesichts des hohen Anteils unwirtschaftlich wäre (Passivhausfensterrahmen). Unter Berücksichtigung des favorisierten Fensterelements mit einer zusätzlichen Scheibe für eine windstabile Ausführung des Sonnenschutzes im Scheibenzwischenraum würde dies zu einem 4-Scheibenaufbau führen und den Tageslichtfaktor reduzieren und den entsprechenden Einspareffekt beim Heizwärmebedarf aufgrund des Mehrbedarfs an Kunstlicht kompensieren. Daher wird als favorisierte Lösung eine 2-fach Verglasung mit zusätzlicher Scheibe zum Schutz der Behänge vor Wind favorisiert.

Kühlung

Eine Kühlung für normale Büroräume ist nicht erforderlich, sofern ein außenliegender Sonnenschutz, resp. Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum, eingesetzt wird. Zur Vermeidung von Überhitzung – insbesondere unter extremen sommerlichen Bedingungen - ist eine zusätzliche Nachtlüftung anzustreben. Diese automatisiert auszuführen, ist nicht zwingend erforderlich. Grundsätzlich kann unter extremen Bedingungen die Heizdecke als Kühldecke eingesetzt werden und mit freier Kühlung über die Nordsee eine Spitzenkühlung erreicht werden ohne nennenswerten zusätzlichen Energieaufwand, da nur Pumpenstrom für den Kühldeckenkreis erforderlich ist.

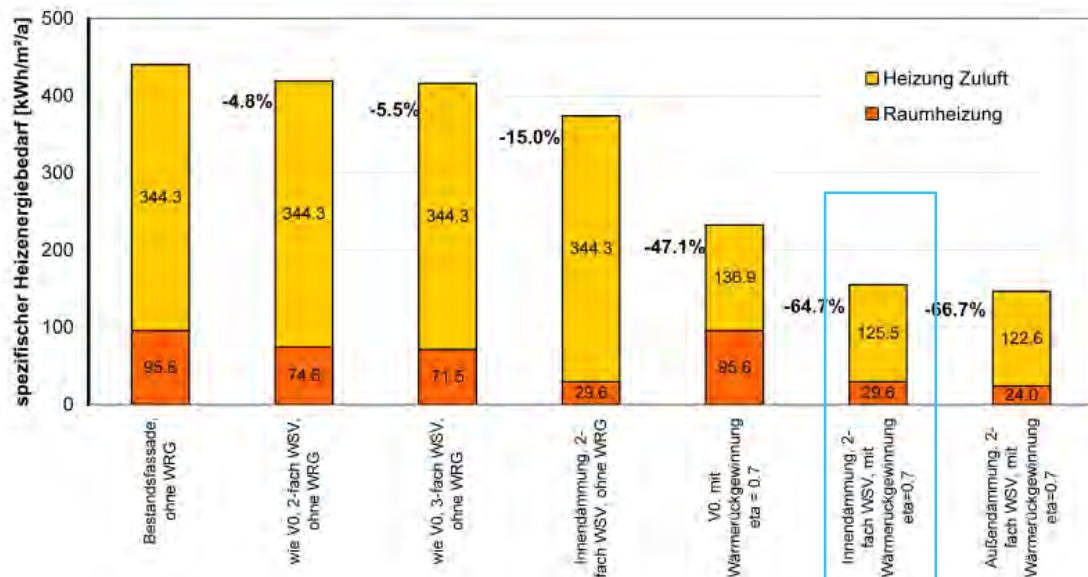


Labore Nord-Ost-Ausrichtung
(Transsolar)

Labore

Die Dynamische Gebäudesimulation wurde für ein Labor mit Nordost- Ausrichtung vorgenommen. Es wurden 5 Varianten betrachtet.

- V0 Bestand
- V1 WSV 2-fach
- V2 WSV 3-fach
- V3 WSV 2-fach Innendämmung
- V4 Bestand WRG Lüftungsanlage $\eta=0.7$
- V5 WSV 2-fach, Innendämmung, WRG Lüftungsanlage $\eta=0.7$
- V6 WSV 2-fach, Außendämmung, WRG Lüftungsanlage $\eta=0.7$



Energiebedarf Labore (Transsolar), Vorzugsvariante: Innendämmung, Lüftungsanlage und Wärmerückgewinnung

Lüftung	<p>In den Laborräumen spielen die Lüftungsverluste eine dominierende Rolle, so dass der verbesserte Wärmeschutz durch die Dämmung der Fassade oder eine 3-fach Verglasung nur geringe zusätzliche Einsparungen mit sich bringt.</p> <p>Eine Reduktion des Wärmebedarfs von größer 60% ist erreichbar, wenn ein sehr hoher Wärmerückgewinnungsgrad, $\geq 70\%$ in der Lüftungsanlage erreicht wird und zusätzlich der überwiegende Teil der Energie aus der Abluft der Digestorien der Wärmerückgewinnung zugeführt wird.</p>
Innendämmung	<p>Mit einer Innendämmung und einer 2-fach Wärmeschutzverglasung, jedoch ohne Wärmerückgewinnung, lässt sich eine Reduktion des Heizenergiebedarfs um 15% erzielen. In Verbindung mit einer Wärmerückgewinnung beträgt die Einsparung 65%.</p> <p>Dies entspricht einem spezifischen Energiebedarf von 29,6 kWh/m²a zuzüglich 125,5 kWh/m²a für die Erwärmung der Zuluft, in Summe beträgt der Wert 155 kWh/m²a.</p>
Außendämmung	<p>Mit einer Außendämmung und einer 2-fach Wärmeschutzverglasung wäre eine Energieeinsparung von weiteren 2% möglich, so dass die Einsparung dann 67% betragen würde. In Summe beträgt der Wert 146,5 kWh/qm²a. Dies entspricht einer weiteren absoluten Einsparung von 8,5 kWh/m²a.</p>
Digestorien	<p>Die Digestorien, wie auch die Laborlüftung, sollten generell mit Präsenz und Nutzungszeiten betrieben werden, so dass auch im Betrieb nicht genutzte Labore etc. ganz abgeschaltet werden können. Mit Volumenstromregler lässt sich dies bewerkstelligen.</p>
Ergebnis	<p>Unter energetischen Gesichtspunkten weist die Außendämmung geringfügige Vorteile gegenüber der Innendämmung auf. Absolut gesehen ließen sich weitere Einsparungen in Größenordnung von 8,5 kWh/m²a erzielen.</p> <p>Bemerkenswert erscheint jedoch die Tatsache, dass aufgrund der geringen Wandanteile gegenüber den Fensterflächen auch mit einer Innendämmung sehr gute Einsparungen zu erzielen sind.</p>

Fassadenvarianten

Im Rahmen der Studie fanden mehrere Zwischentermine statt, in denen die Fragen des Umgangs mit der Fassade erörtert wurden. Ausgegangen war man von zunächst drei Varianten:

1. Innendämmung
2. Außendämmung WDVS/Klinkerriemchen
3. Vorgehängte hinterlüftete Fassade

Nach Vorliegen erster energetischer Zwischenergebnisse aus der Gebäudesimulation wurden diese im Zusammenhang mit den konstruktiven bauphysikalischen Erkenntnissen zu den Fassaden vorgestellt und mit dem Landesamt für Denkmalschutz diskutiert. Dabei wurde einmal mehr der hohe Stellenwert deutlich, den das Landesamt der Erhaltung des Originalzustands der Fassade beimißt.

Im weiteren Verlauf der Studie wurden daher die Varianten 1 und 2 weiterverfolgt.

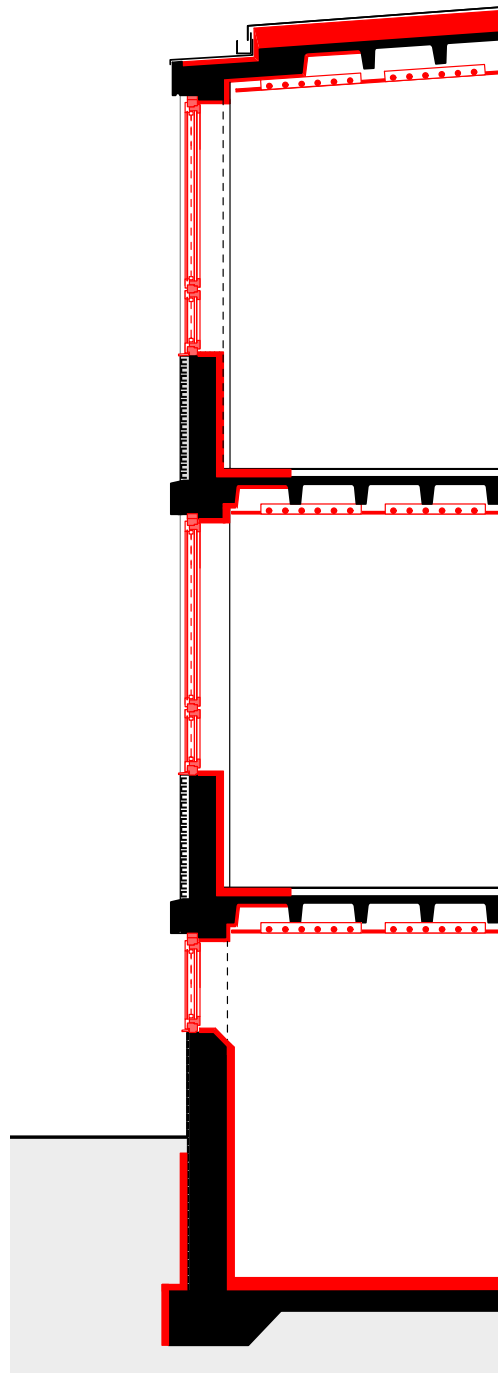


Eingang Haus C

Die Betrachtung der Thematik aus bauphysikalischer Sicht erfolgt im 2. Teil der Studie in Kapitel 3.2.6 bis 3.1.9.

Variante
Innendämmung

Die Vorteile der Innendämmung beruhen auf der Möglichkeit die Fassade im Original zu erhalten. Die Fassade muss dafür saniert werden, d.h. die horizontalen Gesimse erhalten nach einer Betonsanierung eine Abdeckung aus Blech. Alle Betonbauteile erhalten einen Neuanstrich. Erschwerend wirken sich die einbindenden Bauteile wie Decken und Innenwände aus. Die Wärmebrückendämmung im Leibungsbereich und auf der Geschoßdecke im Fußbodenbereich kann über zweidimensionale Wärmebrückenberechnungen optimiert werden.



Variante 1 Innendämmung

Als Innendämmung sind die in folgenden aufgeführten Konstruktionen denkbar.

1. Vorwandkonstruktion mit Dämmung und Dampfbremse auf der Innenseite der Wärmedämmung. Nachteile: Hohes Risiko von Fehlstellen bei der Dampfbremse und der Luftdichtigkeitsebene in den Anschlussbereichen.
2. Geschlossenzellige dampfdicht verklebte Dämmplatten (Schaumglas). Vorteil: Dampfsperre und Dämmung in einem. Nachteil: maximal in der Wärmeleitgruppe WLF 040 erhältlich, hoher Materialpreis.
3. Verbundplatten (z.B. GK Platten mit EPS) mit integrierter Dampfbremse. Vorteil: Dämmung mit WLF 032 erhältlich, Leibungsplatten mit WLF 025 und Dämmkeile für Wärmebrückendämmung erhältlich. Nachteil: Fehlstellen der Dampfbremse im Fugenbereich (Plattenstoß). Bei einer luftdichten Ausführung der Stoßstelle ist dies zwar im Wesentlichen unkritisch, jedoch gibt es keine Langzeiterfahrungen.
4. Dämmung aus Calziumsilikatplatten. Vorteil: Das Material ist in der Lage anfallende Feuchtigkeit einzuspeichern und über kapillare Prozesse schnell an die warme Raumluft abzugeben. Eine Dampfbremse muß daher nicht ausgeführt werden. Nachteil: geringere Wärmeleitfähigkeiten ($\lambda = 0,045-0,065$ W/mK), d.h. dickere Dämmschichten erforderlich. Hinzu kommt, dass die Schadensfreiheit nach DIN 4108-3 (Glaserverfahren) nicht nachgewiesen werden kann. Langzeiterfahrung und alternative Berechnungsmethoden (z.B. „Cond“ der Universität Dresden) sind jedoch vorhanden.

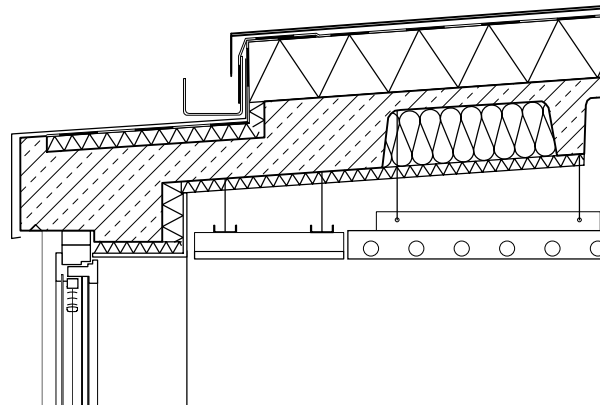
Bewertung

Variante 1: Von der Innendämmung mit innenseitig aufgetragenen Dampfsperren wird aufgrund der Perforationsgefahr Abstand genommen. Vor allem im Bereich der gehäuft auftretenden Fensteranschlüsse liegt ein erhöhtes Ausführungsrisiko vor.

Variante 3: Verbundplatten stellen aufgrund des immer wiederkehrenden Pfeilerdetails und der damit verbundenen Fugenlänge der positiven Ecken ebenfalls ein erhöhtes Ausführungsrisiko dar. Unterschiedliche Dämmstoffstärken an Pfeilerinnenseite 5-6 cm und Leibung 2-3 cm erhöhen das Problem.

Variante 2: Schaumglasdämmung wird angesichts der relativ kleinen Wandflächen im Sturz- und Brüstungsbereich sowie an den Pfeilervorlagen favorisiert. Möglicherweise können die immer wiederkehrenden Pfeiler mit vorgefertigten Formteilen bekleidet werden.

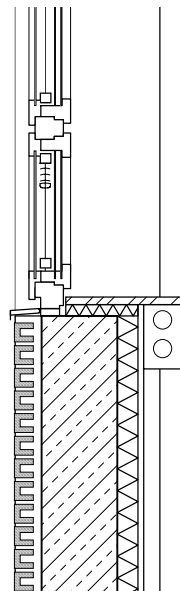
Variante 4: Calziumsilikatplatten können aufgrund der hohen Flächenanteile und der geringeren Kosten vorzugsweise im Bereich der Giebelwände verwendet werden.



Detail Traufe

Wärmebrücke Traufe

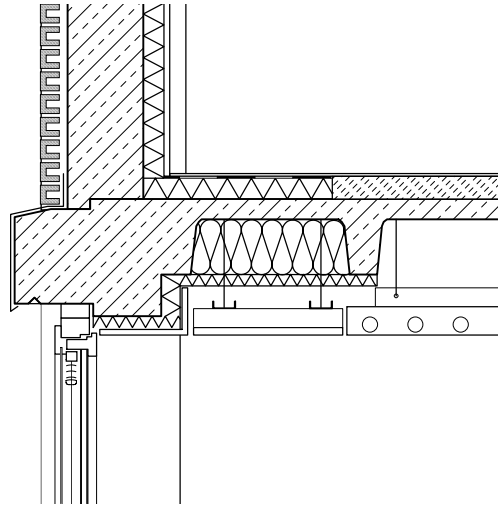
Für die ersten Hohlräume der Kassettendecke (beide Geschoßdecken und Dach) wird vorgeschlagen, den ersten Hohlraum dampfdicht abzukleben, druckdicht mit einer Schaumglasplatte zu verschließen und den Hohlraum mit Dämmstoff auszublasen. Ein Anformen der Schaumglasdämmung an die abgerundeten Kammern der Kassettendecke (Abbild der Schalkkörper) erscheint dagegen aufwändiger.



Detail Brüstung

Wärmebrücke Deckenstirn

Aufgrund der fensterseitigen Möblierung kann der Fußbodenaufbau bei Erhalt des Estrichs im Randbereich in einer Breite von 50 cm mit einem sauberen Schnitt getrennt werden. Nach Aufbringen einer druckfesten Dämmung wird ein Trockenestrichstreifen eingelegt. Der Fußbodenaufbau wird im Anschluss angearbeitet. Aufgrund geänderter Raumaufteilung wird ohnehin von einem Austausch des Estrichs in 50% der Fläche ausgegangen.



Detail Decke

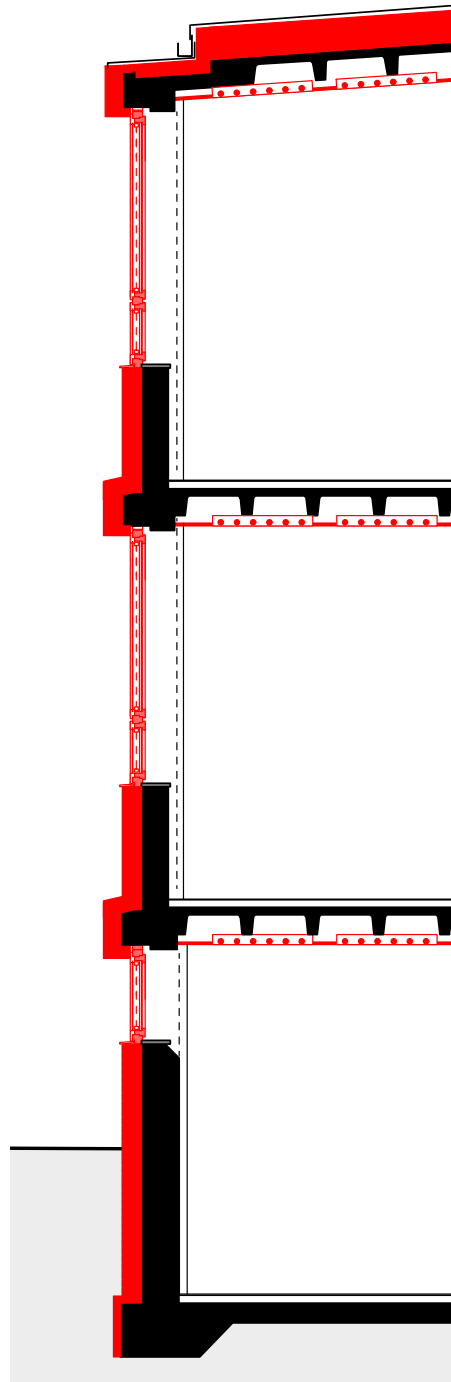
Wärmebrücke
Innenwand

Die nichttragenden Innenwände haben lediglich eine Stärke von 6-10 cm. Sie können daher durch einen Schnitt in Stärke der Innendämmung von der Außenwand getrennt werden, so dass die Innendämmung durchgeführt werden kann.

Variante
Außendämmung

Aufgrund der Ansprüche, die seitens der Denkmalpflege an den Erhalt der Fassade gestellt werden, wird eine Rekonstruktion der Fassade als eine von außen gedämmte Variante betrachtet.

Dazu werden die Pfeiler und Ausmauerungen des Betonfachwerks mit einem WDVS bekleidet. Die Pfeiler und die horizontalen Gesimse der Deckenstirn werden als glatt geputzte und weiß gestrichene Flächen ausgebildet. Die Füllungen werden mit einer, dem Sparverblender nachgebildeten, keramischen Platte belegt.

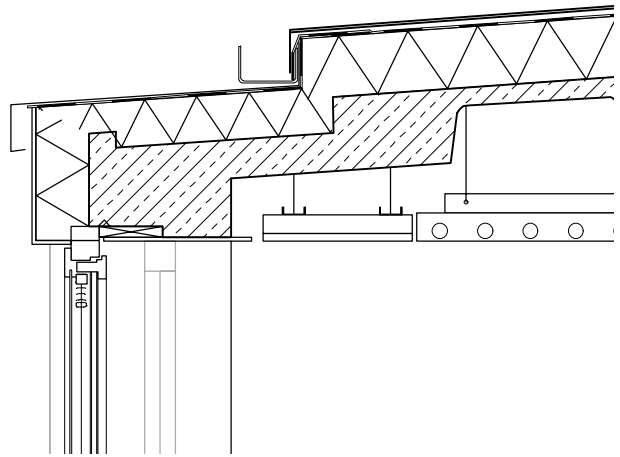


Variante 2 Außendämmung

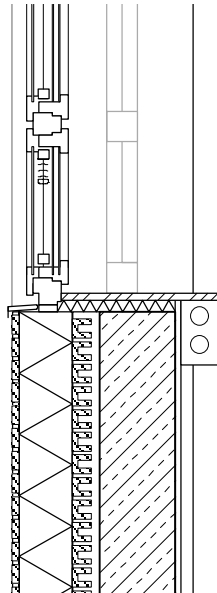
Schwierig erweist sich dabei die Geometrie der Fassade. Die Fenster sind bisher in umlaufenden Fälzen in der Betonkonstruktion von außen angeschlagen, die Fenster befinden sich zwei bis drei Zentimeter in Rücklage gegenüber dem Betonskelett. Um die Plastizität der Fassade nachzubilden, müssen die Fenster daher bei einer Dämmstoffstärke von 16 cm um dieses Maß nach außen geschoben werden. Sie liegen damit vor dem Rohbau und müssen auf Winkel abgestellt werden, die das Gewicht der Fenster tragen. Der innere Anschluss muss formstabil über Trockenbau oder besser ein hölzernes Futter (Winddichtigkeit), passend zum System des Holz-Aluminium-Fensters, ergänzt werden. Aufgrund der Anschlussbedingungen des WDVS müssen die Rahmen eingeputzt werden, so dass die Ansichtsbreite der nachgebildeten Pfeiler um ca. 6 cm zunimmt. Die horizontalen Gesimse, die gegenüber der Verblender / Stützeebene um ca. 6-8cm vorstehen, werden in derselben Plastizität nachgebildet. Die horizontalen Putzflächen müssen mit einem Gesimsblech abgedeckt werden. Die Proportionen aller Gebäudeaußen- wie Innenecken sowie Traufen und Ortgänge erweisen sich als schwierig. Aufgrund der Dämmstoffstärke wächst die Breite des Eckpfeilers von ca. 24 cm auf 40 cm an.



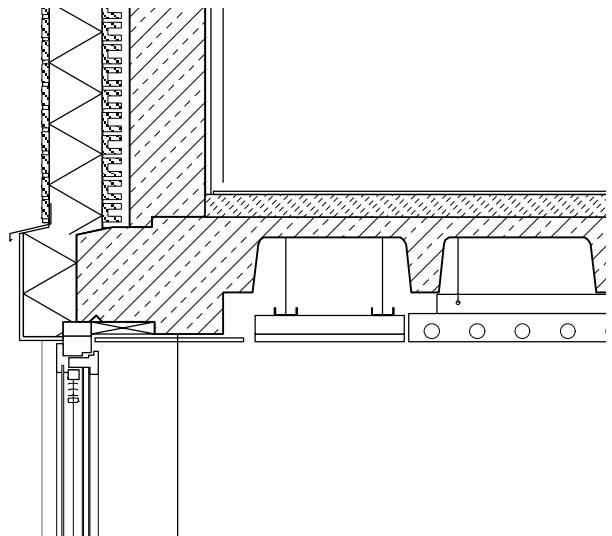
Haus C Gebäudeecke



Detail Traufe

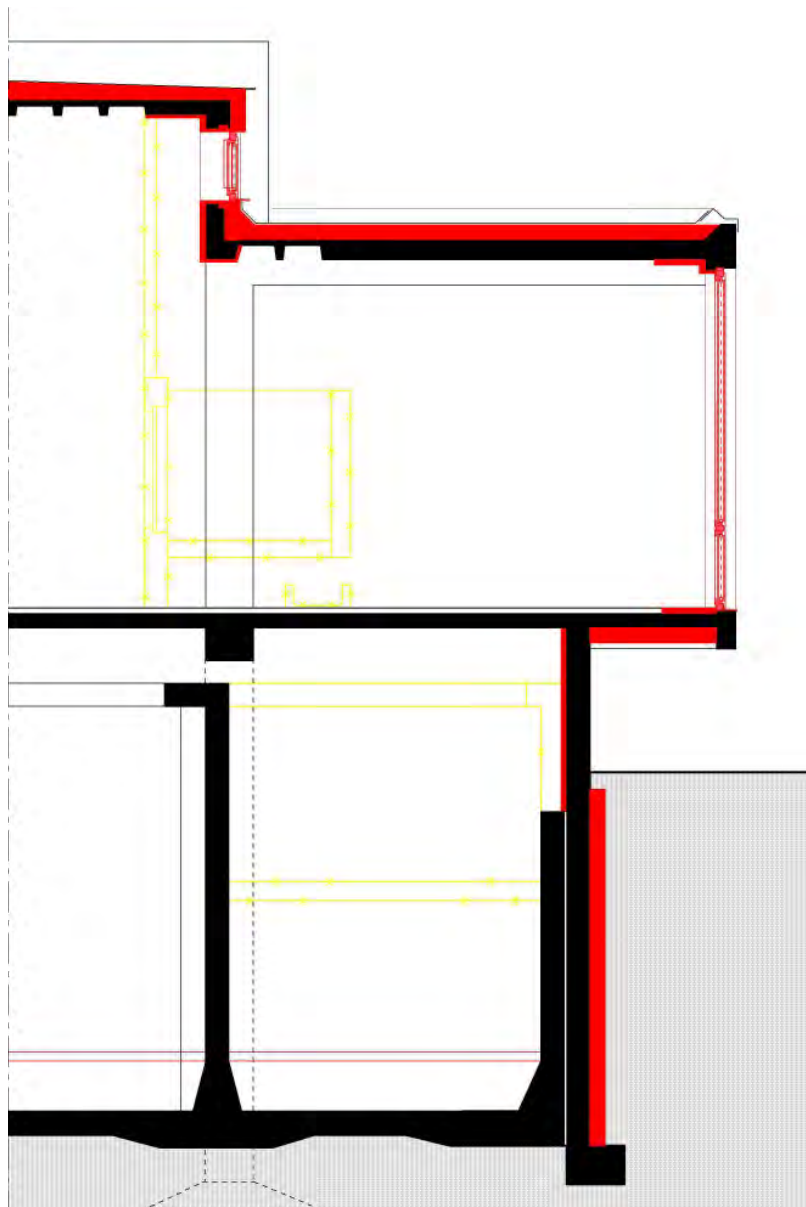


Detail Brüstung



Detail Decke

Dämmung
Blue House



Schnitt Blue House

5. Kostenvergleich

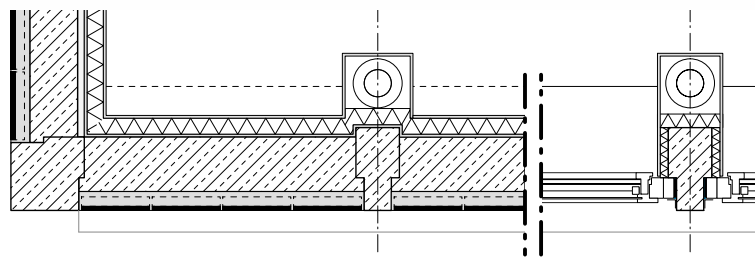
Beurteilung

In der Bewertung der beiden Varianten spielt der gute konstruktive Zustand der Originalfassade eine erhebliche Rolle.

Folgende Vor- und Nachteile lassen sich zusammenfassen:

Innendämmung

- + Originalbauteile wie Verblender bleiben erhalten
- + Proportionen der Fassade bleiben erhalten
- + Einbausituation der Fenster entsprechen dem Original
- + Gebäudeecken, Traufe und Ortgang bleiben in ihren Proportionen erhalten
- geringere Energieeinsparung (5%)
- erhöhter Aufwand für Wärmebrücken z.B. an Geschoßdecken
- + Neuanstrich der Betonbauteile, Wartungsintervall 8 Jahre (Einrüstung u.s.w.)

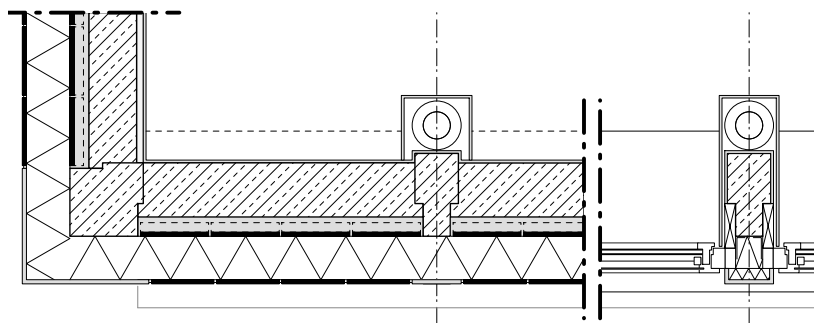


Horizontalschnitt Außenecke Brüstung

Fenster

Außendämmung

- + höhere Energieeffizienz (Energieeinsparung 5%)
- Verlust der Originalbauteile
- Imitat anstelle Original
- Proportionen der Pfeiler /Fenster verändern sich ungünstig
- Einbausituation der Fenster kritisch (Metallwinkel)
- Verkleinerung der Fensterflächen führt zur schlechteren Belichtung
- hoher Fugenanteil, Anschluss Keramik /Putz/Fenster kritisch (Seeklima)
- Wartungsintervall WDVS bei Seeklima 4 Jahre (Einrüstung erforderlich /Malerarbeiten)



Horizontalschnitt Außenecke

Fenster

Zusammenfassung

Erste subjektive Annahmen, wonach die Innendämmung deutlich ungünstigere energetische Werte aufweist, haben sich wie an anderer Stelle ausgeführt, nicht bestätigt. Vielmehr sind energetisch nur geringe Unterschiede, aufgrund des hohen Fensteranteils der Fassade, des hohen Einsparpotentials bei der WRG, der Lüftung der Labore und aufgrund des milden nahezu frostfreien Seeklimas gegenüber der Außendämmung festzustellen. Aus Sicht der Denkmalpflege wird die Innendämmung klar favorisiert, da nur die originale Substanz der Fassade in denkmalpflegerischer Sicht einen Wert darstellt. Die Veränderung der Proportionen der kleinteiligen seriellen Fassade stellt auch unter gestalterischen Gesichtspunkten die schlechtere Lösung dar. Die Sanierung des Betonskeletts und hier insbesondere der horizontalen Gesimse ist in beiden Fällen notwendig. Dies gilt auch für das Aufbringen von Blechabdeckungen auf den Gesimsen, die einen dauerhaften Schutz bieten sollen. Die Gegenüberstellung der Kosten belegt zwar einen geringen investiven Vorteil der Außendämmung, der sich jedoch im Rahmen der Gebäudeunterhaltung aufgrund kürzerer Wartungsintervalle relativiert. Aus bauphysikalischer Sicht stellen Wasseraufnahme und Abtrocknung der Fassade einen nicht zu unterschätzenden Aspekt dar. Der hohe Fugenteil und die Probleme der niedrigen Oberflächentemperatur bei WDVS Fassaden sind angesichts der Exposition Seeklima ein nicht zu unterschätzendes Problem. Die Folgen der Durchfeuchtung bei gleichzeitig niedrigen Oberflächentemperaturen sind Algen- und Sporenbildung, Verschmutzungen und Feuchteschäden.

Weiterverfolgt wird daher die Innendämmung der Fassade.

Kosten

Kostengegenüberstellung von 4 Fassadenvarianten Aussen-, Innendämmung und hinterlüfteten Vorhangfassade als Paneel- oder Glasfassade, bezogen auf die opaken vertikalen Fassadenbereiche des Green House.

Auflistung der variierenden Bestandteile in den Varianten. Fensterflächen und -preise, Dachanschlüsse sowie die Betonsanierung sind für alle Varianten als identisch angenommen und hier nicht aufgeführt.

Alle Kosten sind Nettokosten (ohne Mwst.), und ohne Faktor „Helgoland“.

Variante Aussendämmung

	Fassadenfläche in m ²	Kosten in €/m ²	Kosten gesamt in €
Aussendämmung, 16cm WLG 040 inkl. Putz + Farbe	265,00 m ²	92,00 €/m ²	24.380,00 €
Aussendämmung, 16cm WLG 040 als Untergrund für keramischen Plattenbelag	580,00 m ²	76,00 €/m ²	44.080,00 €
keramischer Plattenbelag an Flächen Sparverblender + schw. Riemchen inkl. Verfugung	580,00 m ²	78,00 €/m ²	45.240,00 €
Kosten zur Befestigung der neuen Fenster in der Dämmebene pro Fensterelement	423,00 stk	50,00 €/stk	21.150,00 €
horizontale Abdeckbleche aus Edelstahl der hervorspringenden Deckenbereiche im EG + DG zum Erhalt der Räumlichkeit der Fassade	320,00 m	115,00 €/m	36.800,00 €
Perimeterdämmung an erdberührten Außenwände + 1m breite Horizontaldämmung auf Gründungshöhe	600,00 m ²	27,00 €/m ²	16.200,00 €
Variante Aussendämmung gesamt, inkl. Putz + Farbe			187.850,00 €

Variante Innendämmung

Innendämmung vertikal	890,00 m ²	87,00 €/m ²	77.430,00 €
Innendämmung vertikal (Kleinflächen)	510,00 m ²	92,00 €/m ²	46.920,00 €
Innendämmung horizontal	380,00 m ²	87,00 €/m ²	33.060,00 €
Abbruch Estrich	190,00 m ²	28,50 €/m ²	5.415,00 €
Trennung Innenwände von Aussenwänden zur Reduzierung der Kältebrücken	240,00 m	19,00 €/m	4.560,00 €
Abbruch Putzflächen	510,00 m ²	10,50 €/m ²	5.355,00 €
horizontale Abdeckbleche aus Edelstahl der hervorspringenden Deckenbereiche im EG + DG zum Erhalt der Räumlichkeit der Fassade, inkl. Einarbeitung der Bleche in die Sparverblenderebene	320,00 m	140,00 €/m	44.800,00 €
Variante Innendämmung gesamt, inkl. Putz + Farbe			217.540,00 €

Variante hinterlüftete Vorhangsfassade Plattenwerkstoff (Harzkompositplatte)

hinterlüftete Vorhangsfassade Plattenwerkstoff mit Edelstahl-Unterkonstruktion, inkl. entsprechender Dämmschicht WLG 040 + inkl. Anschlüsse an neue Fenster	845,00 m ²	300,00 €/m ²	253.500,00 €
Kosten zur Befestigung der neuen Fenster in der Dämmebene pro Fensterelement	423,00 stk	50,00 €/stk	21.150,00 €
Perimeterdämmung an erdberührten Außenwände + 1m breite Horizontaldämmung auf Gründungshöhe	600,00 m ²	27,00 €/m ²	16.200,00 €
Variante hinterlüftete Vorhangsfassade Plattenwerkstoff			290.850,00 €

Variante hinterlüftete Vorhangsfassade Glas (ESG-Verglasung)

hinterlüftete Vorhangsfassade Glas mit Edelstahl-Unterkonstruktion, inkl. entsprechender Dämmschicht WLG 040 + inkl. Anschlüsse an neue Fenster	845,00 m ²	500,00 €/m ²	422.500,00 €
Kosten zur Befestigung der neuen Fenster in der Dämmebene pro Fensterelement	423,00 stk	50,00 €/stk	21.150,00 €
Perimeterdämmung an erdberührten Bauteilen + 1m breite Horizontaldämmung auf Gründungshöhe	600,00 m ²	27,00 €/m ²	16.200,00 €
Variante hinterlüftete Vorhangsfassade Glas			459.850,00 €

Wartungskosten der Fassade im Aussenbereich

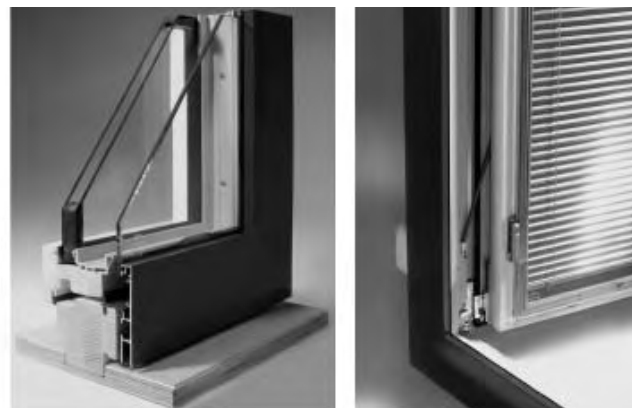
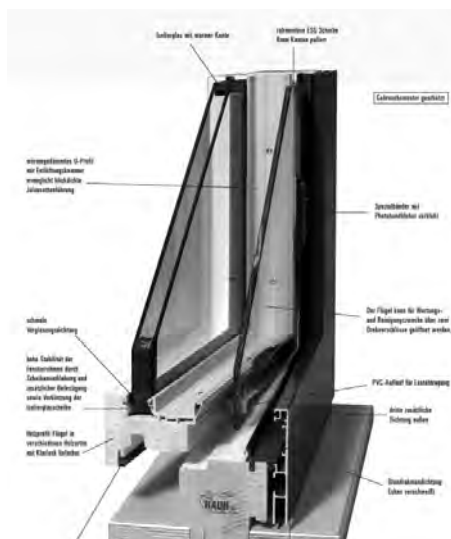
Wartungskosten	26.000,00 €
-----------------------	--------------------

Wartungsintervall	
Variante Aussendämmung	4 Jahre
Variante Innendämmung	8 Jahre

Die beiden Varianten der hinterlüfteten Vorhangsfassade sind hier nicht aufgeführt.
Sie sind bei einer Ausführung ohne dauerelastische Fugenausbildung als annähernd wartungsfrei anzusehen.

Fenster

Entsprechend der Ergebnisse der Simulation werden für die Fenster des Bauteil C Holz-Aluminium-Fenster mit einer 2-Scheiben WSV und einer vorgesetzten dritten Scheibe vorgeschlagen (z.B. Rauh Tri-Star). Im Scheibenzwischenraum zwischen der WSV und der äußeren dritten Scheibe befindet sich ein handelsüblicher Sonnenschutzbehang in Form eines Aluminium Raffstores. Dieser ist aufgrund der Lage im Scheibenzwischenraum sturmsicher und dennoch zu Wartungszwecken leicht erreichbar. Dies geschieht indem die äußere Scheibe bei geöffnetem Flügel entriegelt und aufgeklappt wird. Der Behang kann sowohl elektrisch wie auch manuell betrieben werden. Empfohlen wird der elektrische Betrieb über Schalter, der auch die Aufschaltung auf eine zentrale Steuerung ermöglicht. Der Holzrahmen bietet gute wärmedämmende Eigenschaften und ausreichende Stabilität angesichts der Größe der Fenster. Die Aluminiumdeckschale ist durch Anodisation gegen Filiformkorrosion geschützt (Seeklima) und pulverbeschichtet und damit wartungsfrei. Die Fenster im Bauteil C sollen zusätzlich mit innenliegendem Blendschutz ausgerüstet werden, um in der Heizperiode passive Energiegewinne zu erzielen. Die Fenster sind mit Spaltlüftungsbeschlägen ausgestattet.



Tri - Star Holz-Alu-Verbundfenster

Im Blue House kommen Holz-Aluminium-Festverglasungen als Dreifachverglasungen mit integrierten – Lamellen-Raffstores aus Aluminium zum Einsatz. Eine Wartung der Behänge ist nur mit erhöhtem Aufwand, in Verbindung mit einem Ausbau der Scheibe möglich.

Dächer

Die Dämmung der Dächer erfolgt als EPS Flachdachdämmung mit einer Stärke von 16 cm und einer Eindeckung aus Folie. Favorisiert wird die Belegung der Dachfläche mit planparallel aufgeständerten PV-Modulen. Die Entwässerung erfolgt über aufliegende Rinnen in neuen wärmegeämmten, in Schächten vor den Pfeilern verlegten, Fallrohren. Der Bereich der Traufe wird wie bisher durch eine Verblechung geschützt, die unter die Rinne greift.

Kelleraußenwand

Die Kellerwände aus Beton erhalten eine Innendämmung aus Schaumglas. Die Gebäudesohle wird auf Grund der thermisch weniger anspruchsvollen Nutzung nur in Teilbereichen gedämmt.

6. Technische Gebäudeausrüstung

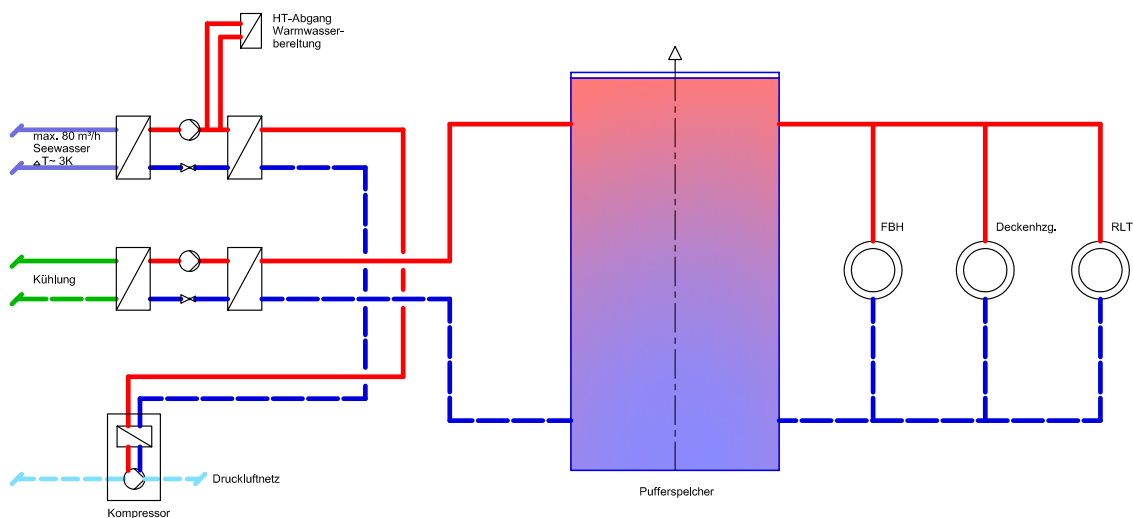
Wärme

Die benötigte Wärme wird durch eine seewassergekoppelte Wärmepumpe bereitgestellt. Außerdem wird die Abwärme aus den Kältemaschinen und der Drucklufttechnik zur Beheizung des Gebäudes verwendet.

Die Komponenten, denen Wärme zur Beheizung entzogen werden kann, werden alle auf einen groß dimensionierten Pufferspeicher aufgeschaltet. Aus diesem Pufferspeicher werden dann die Fußbodenheizung, die Deckenstrahlheizung und die Heizregister der raumlufttechnischen Geräte versorgt. Überall wird dabei stets darauf Wert gelegt, dass die Systemtemperaturen so niedrig wie möglich gehalten werden. Dies erhöht einerseits die Effizienz der Wärmepumpe und macht andererseits mehr Abwärme nutzbar, da auch Geräte einbezogen werden können, deren Abwärme mit Temperaturen von ca. 30-40°C anfallen.

Bei den Heizungspumpen wird flächendeckend darauf geachtet, dass nur Hocheffizienzpumpen zum Einsatz kommen.

Das nachfolgende Schema zeigt dabei die geplante Einbindung der Geräte:



*Heizungsschema
(Pahl und Jacobsen)*

Kälte

Zur Bereitstellung der nötigen Kälte werden je nach Anforderungen an die Vorlauftemperatur unterschiedliche Anlagentechnik eingesetzt.

Wird Kälte in einem Temperaturbereich benötigt, die durch das Seewasser bereitgestellt wird, so wird dieser Bedarf auch ohne Einsatz einer Kältemaschine durch das Seewasser gedeckt. Hierzu wird ein Wärmetauscher in den Seewasserkreislauf eingebunden. In diesem Fall wird das Seewasser erwärmt und damit der gewünschte Bereich gekühlt. Das erwärmte Seewasser kann dann der Wärmepumpe zugeführt werden, welche durch die Vorerwärmung dann noch effizienter arbeitet.

Ist das frei zur Verfügung stehende Temperaturniveau nicht ausreichend, so wird der Bedarf durch eine Kältemaschine gedeckt. Die Wärme, welche bei dem Betrieb der Kältemaschine

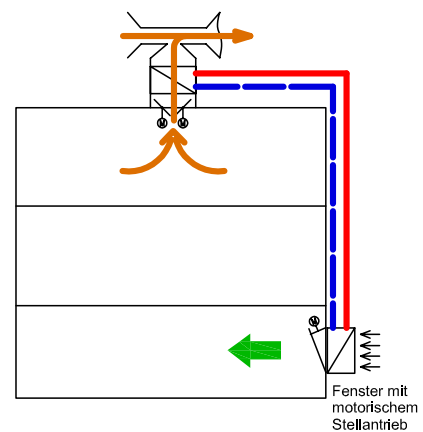
entsteht, wird in den Heizungspufferspeicher eingespeichert. Ist eine Wärmeabgabe an den Heizungspufferspeicher z.B. im Sommer nicht möglich, weil dieser vollgeladen ist, oder kein Heizbedarf besteht, so erfolgt die Rückkühlung direkt über das Seewassernetz. Ein effizienter und doch sicherer Betrieb der Kälteanlagen ist damit sichergestellt.

Aquarien

Der Bereich der Aquarien wird durch freie Lüftung be- und entlüftet. Dabei muss auch hierbei nicht auf eine Wärmerückgewinnung verzichtet werden.

Die Zuluft strömt durch Klappen im unteren Geschoss in das Gebäude ein. Zusätzlich wird die Luft durch ein Register geleitet, welches als Wärmerückgewinnung dient. Dieses Register ist mit einem Register im Abluftkanal verbunden. Durch diesen Abluftkanal strömt die Abluft aus dem Raum über Dach ins Freie. Die Abluft wird hierbei durch einen Windlüfter unterstützt, der einen Unterdruck erzeugt.

freie Lüftung
(baulich unterstützt) mit
WRG als KVS-System



Lüftungsschema Aquarium
(Pahl und Jacobsen)

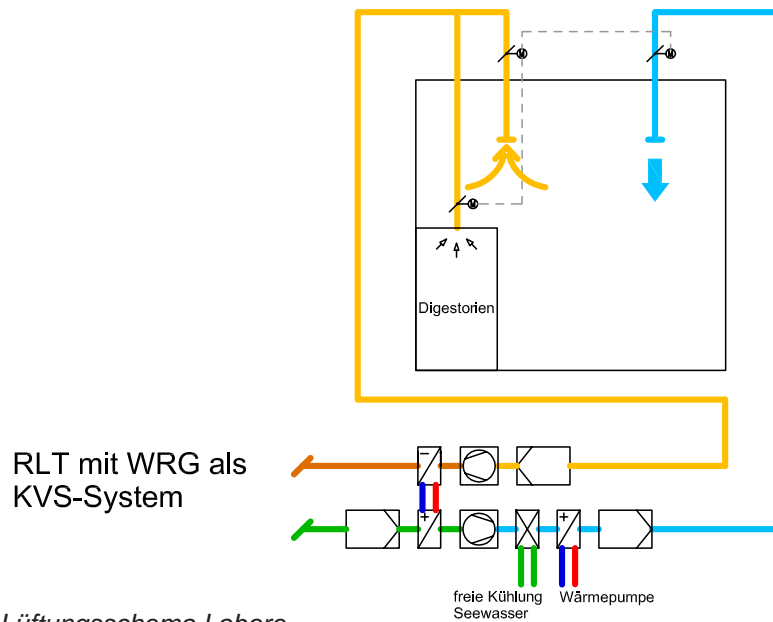
Labore

Die Lüftung der Labore erfolgt unter Verwendung moderner Regelungstechnik.

Sensoren erfassen den Bedarf an Abluft an den Digestorien und passen darauf die Luftzu- und Luftabfuhr aus dem Raum an. Dieser Vorgang erfolgt stetig und vollautomatisch.

Durch diese Technik wird der Luftvolumenstrom immer nur so einreguliert, wie es auch der aktuelle Betrieb erfordert. Die Lüftungswärmeverluste werden damit auf ein unumgängliches Maß reduziert. Das Lüftungsprinzip erfolgt dabei entsprechend der aktuellen Regeln der Technik für Laborlüftung als Mischluft.

Die Geräte der Laboreinrichtung (Abzüge etc.), welche dem aktuellen Stand der Technik entsprechen und auch noch voll funktionstüchtig sind, werden eingelagert und nach Abschluss der Maßnahme weiterverwendet.



Lüftungsschema Labore
(Pahl und Jacobsen)

Seminarräume etc.

Die übrigen Räume, welche mechanisch be- und entlüftet werden, sind je nach Betriebsart und Anforderung mit Quell- oder Mischluft versorgt.

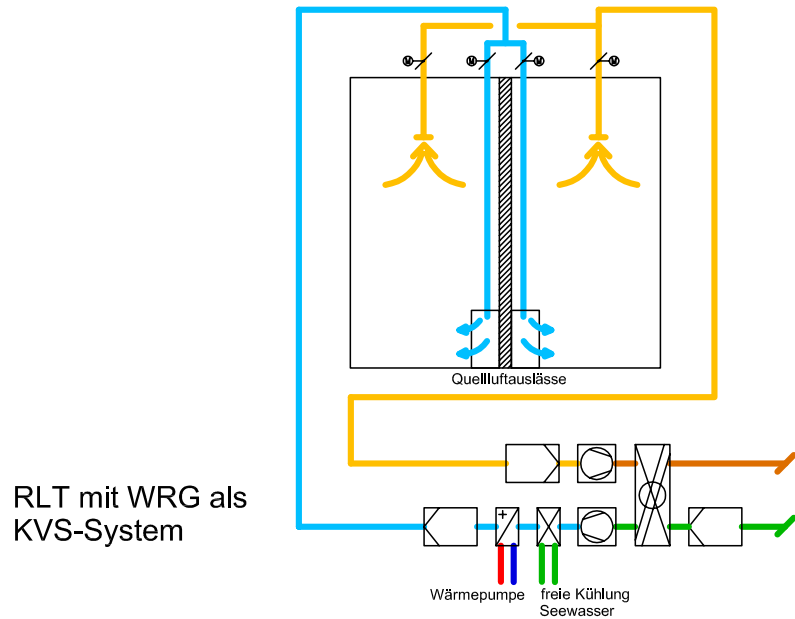
Die Seminarräume werden bedarfsgesteuert, z.B. mit Quellluft, über spezielle Auslässe versorgt.

Die Wärmerückgewinnung erfolgt für diese Räume über ein Wärmerad mit einer hohen Rückwärmezahl.

Sämtliche zentrale RLT-Geräte können mit einem Register zur freien Kühlung ausgestattet werden. Durch diese wird die Wärme aus der angesaugten Frischluft auf das Seewasser übertragen. Die Leistung dieser Kühlung ist zwar stark von der vorherrschenden Wassertemperatur der Nordsee abhängig und lässt sich ohne weiteres nicht beeinflussen, trotzdem handelt es sich hierbei aber um eine Kühlung unter minimalem Energieeinsatz. Auch ist bei dieser Art der Kühlung die Taupunkttemperatur der Luft stets mit zu beachten.

Die Ventilatoren der Lüftungsgeräte werden mit stromsparenden, direktgetriebenen EC-Motoren angetrieben, was den elektrischen Energieeinsatz deutlich vermindert.

Wie bereits im Abschnitt Heizung erwähnt, werden die Heizregister der zentralen RLT-Geräte bewusst groß ausgelegt, um auch hier die nötige Heizleistung mit möglichst niedrigen Vorlauftemperaturen zu erreichen.



Lüftungsschema Kursräume etc.
(Pahl und Jacobsen)

Elektrotechnik

Eine neue Notstromversorgung wird für das Gebäude vorgesehen, um die relevanten Verbraucher auch bei einem Stromausfall mit elektrischer Energie versorgen zu können. Zusätzlich wird eine Zentralbatterieanlage als Sicherung der Notbeleuchtung vorgesehen.

Die gesamte Beleuchtung wird im Gebäude nach energetischen Aspekten optimiert, so dass dort wo es sinnvoll ist, LED-Beleuchtung flächendeckend zum Einsatz kommt. Außerdem wird in Räumen, in denen es sinnvoll ist, eine präsenzgesteuerte Beleuchtungssteuerung und / oder tageslichtabhängige Steuerung eingesetzt.

Auf dem Dach wird eine großflächige Photovoltaikanlage mit einer Gesamtfläche von 760 m² vorgesehen.



PV-Module

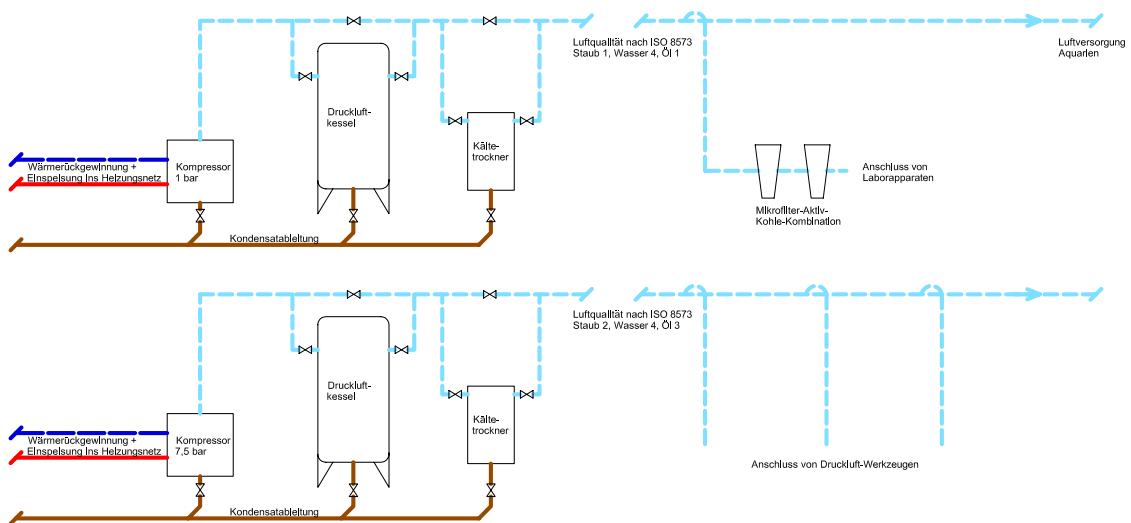
Druckluft

Die Druckluft wird in zwei Qualitäten erzeugt.

Druckluft mit durchschnittlichen Qualitätsanforderungen und einem Druck von ca 8 bar wird hauptsächlich für den Werkstattbereich vorgesehen. Aber auch die Labore werden mit dieser Druckluft versorgt.

Für die Labore und die Aquarien wird zusätzlich noch ein Druckluftnetz vorgehalten, welche die Entnahme von Druckluft mit ca. 1 bar zulässt. Hierbei handelt es sich dann um besonders saubere Luft, welche zu Versuchszwecken oder der Aquarienbelüftung hergenommen werden kann.

Folgendes Schema zeigt die Druckluftherzeugung und -verteilung inkl. Wärmerückgewinnung.



Schema Druckluft
(Pahl und Jacobsen)

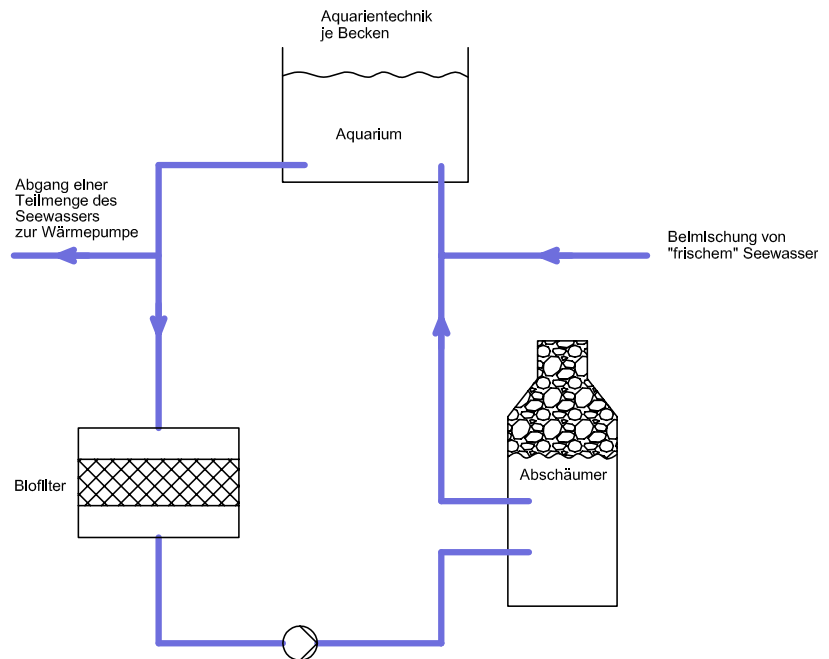
Seewasser

Das Seewasser wird nicht nur zur Versorgung der Aquarien, sondern auch zu Versuchszwecken und als Energiequelle genutzt. Hierbei wurde die Anbindung der einzelnen Komponenten in optimierter Reihenfolge vorgesehen.

Eine Vakuumanlage stellt sicher, dass die Versorgung wieder aufgenommen werden kann, selbst wenn die Leitung ins Meer einmal trocken fallen sollte.

Die Labore können wahlweise mit Nordseewasser von zwei Qualitäten versorgt werden. Je nach Anforderung kann unaufbereitetes Seewasser oder gefiltertes Seewasser verwendet werden.

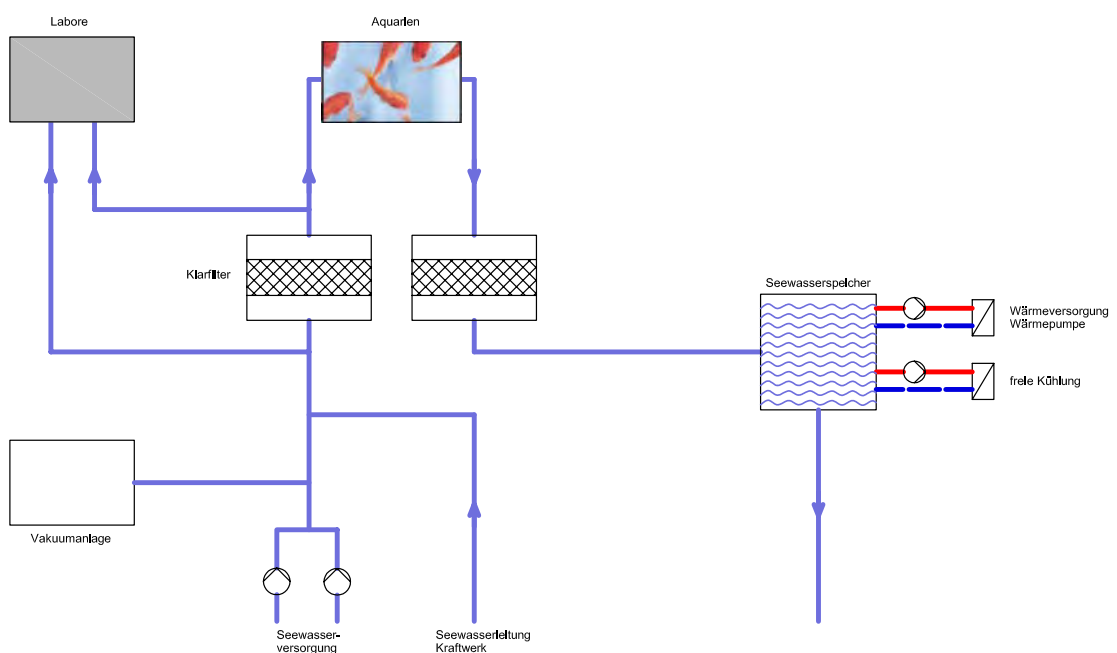
Die Aquarien werden außerdem stetig mit frischem Seewasser versorgt, wobei die Seewassermenge, welche durch die Seewasserzuleitung und die vorgesehene Pumpentechnik begrenzt wird, nicht alleine zu einer Aufrechterhaltung der gewünschten Qualität beitragen kann. Die großen Aquarien erhalten aus diesem Grund jeweils eine eigene Seewasseraufbereitungstechnik. Die Seewasserqualität in den kleinen Aquarien wird hingegen durch reinen Seewasseraustausch sichergestellt.



Schema Aquarientechnik
(Pahl und Jacobsen)

Die Menge Seewasser, welche dem Aquarienkreislauf zugeführt wird, wird diesem auch entnommen. Diese entnommene Wassermenge wird dann der energetischen Nutzung zugeführt. Hier wird dem Seewasser je nach Bedarf des Gebäudes Wärme entzogen, oder Wärme an das Seewasser abgeben. Die Wärmeaufnahme und -abgabe erfolgt dabei durch die Wärmepumpe, die Kältemaschinen und die freie Kühlung.

Die Abgabe von Energie in Form von Wärme an das Seewasser erfolgt aber stets nur, wenn die Wärme in dem Gebäude nicht benötigt wird, und auch keine Möglichkeit der Pufferung besteht.



Seewasserschema

Schlussbetrachtung Energiekonzept

Ziel der Studie ist die Untersuchung der Transformation der denkmalgeschützten Gebäude der Biologischen Anstalt Helgoland in ein CO₂ neutrales Institut für Klimafolgenforschung.

Der Heizenergiebedarf des Hauses kann auch unter Wahrung der Denkmaleigenschaften des Hauses, d.h. unter Verwendung einer Innendämmung, drastisch, d.h. um 52% des derzeitigen Verbrauchs, gesenkt werden. Dies entspricht einer Reduktion von 627 MWh/a auf 306 MWh/a. Mit einer Außendämmung würde der Verbrauch um weitere 32 MWh/a gesenkt werden, was einer Reduktion um weitere 5% entspräche. Dies wird aber unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen und denkmalpflegerischen Aspekten verworfen, ohne dabei das Ziel zu gefährden.

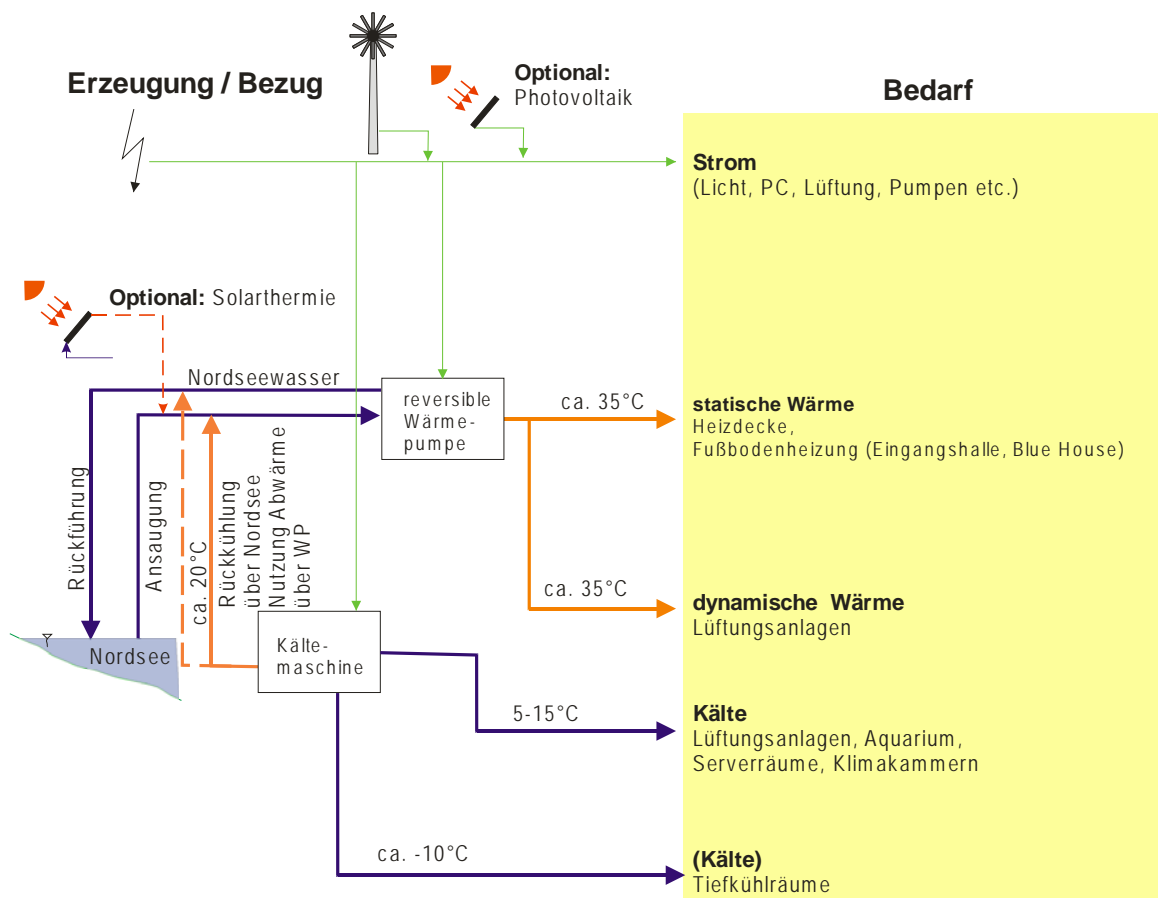
Neben der Verbesserung der thermischen Gebäudehülle trägt vor allem die Einführung von Wärmerückgewinnungsmaßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs bei. Durch die Nutzung der Abwärme, die bei der Kälteerzeugung für die Kühlung der Aquarien, der Klimakonstanträume, der Serverräume und der Lüftung anfällt, kann rund 15% des Heizwärmebedarfs gedeckt werden.

Die CO₂ neutrale Versorgung des Gebäudes mit Heizwärme ist möglich, wenn der Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpe, die unter anderem für die Nutzung der Wärme aus dem Meer sorgt, regenerativ erzeugt wird. Die Energiemenge kann durch eine PV Anlage, die auf den Dächern des Instituts installiert wird mit einer Leistung von 51 kW PV und einer Windanlage mit einer Leistung von 6 kW, die auf der Forschungsplattform des Blue House installiert wird, bereitgestellt werden.

Die so für den Heizbetrieb eingesparten CO₂ Emissionen betragen 34.800 kg/a.

Um darüber hinaus den Strombedarf von 169 MWh/a für den Gebäudebetrieb für Lüftung, Pumpen und Antriebe aufzubringen würde eine größere Windanlage mit einer Leistung von 90 kW benötigt werden.

Um den gesamten Strombedarf des Instituts auch für Licht, Computer und Laboranalytik von 473 MWh/a abzudecken, wäre eine installierte Leistung von 240 kW in Form einer Windanlage nötig.



Schema zur Energieerzeugung zur Deckung des Bedarfs
(Transsolar)

7. Kosten

Allgemein

Die Kostenermittlung erfolgte bauteilweise auf Grundlage von Daten des Baukosteninformationszentrums der Architektenkammern (BKI) sowie Kosten eigener abgerechneter Bauwerke. Aufgrund der Planungstiefe handelt es sich um eine grobe Schätzung der Kosten. Für einzelne Bauteile, wie z.B. die spezialisierten Fenster, wurden die geschätzten Kosten in Form einer Angebotseinholung überprüft. Das Büro verfügt über Erfahrungen mit den Besonderheiten des Bauens auf Inseln, wenn auch in Helgoland ganz spezielle Rahmenbedingungen gelten. Bei den ermittelten Kosten handelt es sich grundsätzlich um Nettoszahlen, da Helgoland von der Mehrwertsteuer befreit ist. In den Baukosten des Blue House wurden die Anteile für die drei Großaquarien Felswattbecken, Schwarmbecken und Ringstrombecken für Baukonstruktion und Technische Gebäudeausrüstung separat abgebildet. Diese betragen 2,9 Mio.€ zzgl. Inselzuschlag 4,0 Mio.€. Einen wesentlichen Anteil machen dabei die Kosten für die Scheiben der Aquarien aus. Nicht enthalten sind ausstellungsspezifische Kosten wie Vitrinen, Kleinaquarien, Effektbeleuchtung etc.

In den Bauwerkskosten nicht enthalten sind Kosten für Außenanlagen (KG 500), wobei alle zum Haus gehörigen Terrassen- und Flachdachbeläge, wie auch der Belag des Wirtschaftshofs und die Stützmauer zum Hang in den Kosten enthalten sind.

In den Bauwerkskosten des Green House sind alle festeingebauten Labormöbel sowie die dazugehörigen Installationen berücksichtigt (KG 470). Weiterhin enthalten sind Kosten für den Wiedereinbau zwischengelagerter neuwertiger Labormöbel.

Inselfaktor

Für den Teuerungsfaktor für Baumaßnahmen auf der Insel gegenüber dem Festland wird ein Wert von 1,4 angesetzt. Starke Schwankungen machen es jedoch schwer den Wert richtig einzuschätzen. So ist in Phasen starker Baukonjunktur wie z.B. in den Jahren 07/08 mit einem höheren Faktor zu rechnen, da Firmen gut ausgelastet sind und sich den erhöhten Aufwand für Arbeiten auf der Insel entsprechend hoch vergüten lassen. Die Größe einer Baumaßnahme wirkt sich dagegen aus Erfahrungen anderer Inselprojekte (Klinikum auf Amrum) mindernd auf den Faktor aus. Größere Baumaßnahmen ermöglichen Vorkehrungen in der Infrastruktur einer Baustelle, wie Flächen für Baustelleneinrichtung für die Bereitstellung von Unterkünften (Wohncontainern) und andere kostenmindernde logistische Maßnahmen.

Sinnvoll erscheint eine Bündelung der Rohbaumaßnahmen von Blue House und Werkstattgebäude, um Synergieeffekte in der Erstellung des hier anfallenden Rohbaus nutzen zu können. Im Gewerk Fensterbauarbeiten, wo eine Angebots-einholung stattfand, wirkt sich der Inselfaktor lediglich in einer Größenordnung von 5% verteuern aus. Eine stark gewerke-abhängige Schwankung des Teuerungsfaktors bestätigt sich hier ebenfalls.

Kostenschätzung Blue House

alle Kosten netto (ohne MwSt.)

KG	Kosten BlueHouse in Euro	Kosten Großaquarien in Euro	Kosten gesamt in Euro	
300	2.625.000,00 €	1.850.000,00 €	4.475.000,00 €	73%
400	1.149.400,00 €	492.600,00 €	1.642.000,00 €	27%
300 + 400	3.774.400,00 €	2.342.600,00 €	6.117.000,00 €	100%
700 (23,5% von 300+400)	886.984,00 €	550.511,00 €	1.437.495,00 €	
Summe 300, 400 + 700	4.661.384,00 €	2.893.111,00 €	7.554.495,00 €	
Faktor "Helgoland" 1,4	6.525.937,60 €	4.050.355,40 €	10.576.293,00 €	

Kostenschätzung Green House

alle Kosten netto (ohne MwSt.)

KG	Kosten GreenHouse in Euro		Kosten gesamt in Euro	
300	4.363.000,00 €		4.363.000,00 €	46%
400	5.092.000,00 €		5.092.000,00 €	54%
300 +400	9.455.000,00 €		9.455.000,00 €	100%
700 (23,5% von 300+400)	2.221.925,00 €		2.221.925,00 €	
Summe 300, 400 + 700	11.676.925,00 €		11.676.925,00 €	
Faktor "Helgoland" 1,4	16.347.695,00 €		16.347.695,00 €	

Kostenschätzung Neubau Werkstatt

alle Kosten netto (ohne MwSt.)

KG	Kosten Werkstatt in Euro		Kosten gesamt in Euro	
300	1.332.600,00 €		1.332.600,00 €	76%
400	414.900,00 €		414.900,00 €	24%
300 +400	1.747.500,00 €		1.747.500,00 €	100%
700 (17% von 300+400)	297.075,00 €		297.075,00 €	
Summe 300, 400 + 700	2.044.575,00 €		2.044.575,00 €	
Faktor "Helgoland" 1,4	2.862.405,00 €		2.862.405,00 €	

Kostenschätzung gesamt

alle Kosten netto (ohne MwSt.)

KG	Kosten gesamt ohne Großaquarien in Euro	Kosten Großaquarien in Euro	Kosten gesamt mit Großaquarien in Euro	
300	8.320.600,00 €	1.850.000,00 €	10.170.600,00 €	59%
400	6.656.300,00 €	492.600,00 €	7.148.900,00 €	41%
300 +400	14.976.900,00 €	2.342.600,00 €	17.319.500,00 €	100%
700	3.405.984,00 €	550.511,00 €	3.956.495,00 €	
Summe 300, 400 + 700	18.382.884,00 €	2.893.111,00 €	21.275.995,00 €	
Faktor "Helgoland" 1,4	25.736.037,60 €	4.050.355,40 €	29.786.393,00 €	

Kosten Neubau

Im Vergleich zur energetischen Sanierung des denkmalgeschützten Gebäudes wurden Kosten für die Erstellung eines Neubaus gleicher Größe ermittelt. Die Kosten wurden auf Basis von BKI-Werten ermittelt. Als Vergleichsobjekte dienten kompakte mehrgeschossige Institutsbauten mit Labornutzung und einem TGA- Kostenanteil von 40%. Hinzugerechnet wurden die Kosten für die Großaquarien sowie der Inselzuschlag. Kosten für den Abbruch des Altbaus wurden hinzugerechnet wobei der Abtransport des anfallenden Bauschutts, der nicht auf der Insel „deponiert“ werden kann, gesondert berücksichtigt wurde.

Die Kosten der KG 300/400 und 700 für den Neubau belaufen sich auf 25,9 Mio. €, respektive 36,1 Mio. € incl. Inselzuschlag gegenüber vergleichbaren Sanierungskosten von 21,2 Mio. € respektive 29,7 Mio. €. Die Sanierungskosten entsprechen damit einem Anteil von 82% eines Neubaus und liegen damit in einem üblichen Verhältnis vergleichbarer Sanierungen.

Der Anteil denkmalbedingter Mehraufwendungen wurde exemplarisch für den Bereich der Fassade des Green House ermittelt und liegt hier in einer Größenordnung von 50 T€. Angesichts der Kosten für Baukonstruktion (KG 300), die im Green House anfallen, entspricht dies einer Größenordnung von 1% und ist daher zu vernachlässigen.

Kostenschätzung

Berechnung Neubau nach Baukostenindex (BKI), bezogen auf BGF
alle Kosten netto (ohne MwSt.)

KG	BGF in m ²	BKI in €/m ²	Kosten in €	
300 + 400 (BlueHouse GreenHouse) für Laborgebäude nach EnEV 2009	7.278,00 m ²	2.500,00 €/m ²	18.195.000,00 €	100%
davon (nach BKI)				
300			10.917.000,00 €	60%
400			7.278.000,00 €	40%
700 (23,5% von 300+400)			4.275.825,00 €	
Summe 300, 400 + 700			22.470.825,00 €	
Summe 300, 400 + 700 Großaquarien			2.893.111,00 €	
Neubau inkl. Aquarien				
Summe 300, 400 + 700 gesamt			25.363.936,00 €	
Faktor "Helgoland" 1,4			35.509.510,40 €	

300 + 400 (Abbruch gesamt)		520.000,00 €
700 (17% von 300+400)		88.400,00 €
Abbruch komplett inkl. Faktor "Helgoland"		
Summe 300, 400 + 700 gesamt		608.400,00 €

Neubau, Abbruch inkl. Aquarien		
Summe 300, 400 + 700 gesamt		25.972.336,00 €
inkl. Faktor "Helgoland"		36.117.910,40 €



Bauabschnitte

Variante A

In einem ersten Bauabschnitt wird das Green House saniert. Das Aquarium als 2. Bauabschnitt bleibt in seinem Betrieb aufrecht erhalten und steht Besuchern und Forschung auch während der Bauzeit des Gros der Maßnahme zur Verfügung. Versorgung und Beheizung erfolgen wie bisher über Fernwärme.



Variante A



1. BA		13.721.500,00 €	19.210.100,00 €
2. BA		7.554.495,00 €	10.576.293,00 €

Variante B

Das Blue House als Kopf der Anlage und wichtiges Element zur Wissensvermittlung wird in einem ersten Bauabschnitt realisiert. Der öffentlich wirksame Teil der Anlage steht zur Verfügung während das Gros der Maßnahmen umgesetzt wird, das sich vorwiegend im Inneren und auf der Rückseite des Gebäudes abspielt.



Variante B

1. BA		7.554.495,00 €	10.576.293,00 €
2. BA		13.721.500,00 €	19.210.100,00 €

Variante C

In einem ersten Bauabschnitt werden die Neubauteile realisiert. Hier sind die höchsten Störungen zu verzeichnen, die durch die Rohbauten und die damit verbundenen Erdbewegungen ausgelöst werden. Nach Abschluss der Maßnahme steht das Blue House wie in Variante B bereits zur Verfügung, um im zweiten Abschnitt das Green House realisieren zu können. Das Werkstattgebäude dient zwischenzeitlich als Ort zur Einlagerung der wiederverwendbaren Laborausstattung. Vorteilhaft wirkt sich die Bündelung der Rohbaumaßnahmen auch unter Kostengesichtspunkten aus.



Variante C

1. BA	9.599.070,00 €	13.438.698,00 €
2. BA	11.676.925,00 €	16.347.695,00 €

Fazit

Aus planerischer Sicht wird die Umsetzung der gesamten Maßnahme empfohlen, da hier die maximalen logistischen Optimierungen vorgenommen werden können. Dies ist vor dem Hintergrund des Bauens am exponierten Standort mit seinen Auswirkungen auf den Tourismus von zentraler Bedeutung. Ein abschnittsweises Umsetzen muss unter Einbeziehung der Belange der Nachbarn geprüft werden. Variante C wird aus planerischer Sicht der Vorzug aufgrund oben beschriebener Vorteile gegeben

8. Anhang

8.1 Abkürzungen

AWI	Alfred-Wegener-Institut
BAH	Biologische Anstalt Helgoland
BHKW	Blockheizkraftwerk
EPS	expandierten Polysterolpartikelschaum
RLT	Raumluftechnik
PV	Photovoltaikanlage
WRG	Wärmerückgewinnung
WSV	Wärmeschutzverglasung

8.2 Literatur- und Quellenverzeichnis

Dr. Klaus Alberts und Ulrich Höhns (Hrsg.), *Architektur in Schleswig-Holstein seit 1945, Hamburg 1994*

Biologische Anstalt Helgoland, *Zurück auf Helgoland seit 50 Jahren*. 2009

Mina Borchert, *Das alte Helgoland zwischen 1918 und 1930*. Helgoland 2003

Ulrich Höhns, *Eine Insel im Aufbau Helgoland 1952-62*. Otterndorf/Helgoland 1990

Christian Müller und Henry P. Rickmers, *Auf Helgoland ist alles anders*. Hamburg 2002

Paul Schmidt-Thomé, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.), *Geologisches Jahrbuch, Reihe A*, 1982

Elisabeth Wallmann (Hrsg.), *Die Zerstörung Helgolands durch die Bombardierung am 18. April 1945. Helgoländer erinnern an diesen Tag vor 50 Jahren*. 4. Auflage, Helgoland 2001

Elisabeth Wallmann (Hrsg.), *Helgoland ist frei! Zum 1. März 1952*. Helgoland 2007

8.3 Abbildungsnachweis

Aus: Dr. Klaus Alberts und Ulrich Höhns (Hrsg.), *Architektur in Schleswig-Holstein Seit 1945*
S. 19

Archiv AWI Helgoland
S. 6,115o, 21, 27, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36o

Aus: Begleitheftchen für das Helgoländer Forschungs-, Lehr- und Schauaquarium
S. 28ml

Aus: Biologische Anstalt Helgoland, *Zurück auf Helgoland seit 50 Jahren*
S. 9, 10, 11

Aus: Mina Borchert, *Das alte Helgoland zwischen 1918 und 1930*
S. 13ul

Aus: Mina Borchert, *Architektur in Schleswig-Holstein Seit 1945*,
S. 13

Aus: Ulrich Höhns, *Eine Insel im Aufbau Helgoland 1952-62*
S. 12, 14, 15u, 18

Aus: Christian Müller und Henry P. Rickmers, *Auf Helgoland ist alles anders*
S. 13

Aus: Paul Schmidt-Thomé, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.), *Geologisches Jahrbuch, Reihe A*
S. 13mul

Aus: Wir bauen die Zukunft, Rauh SR Fenster Bau GmbH
S. 75

Fotos: petersen pörksen partner, Lübeck
S. 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 36u, 37, 62, 68

Grafik: impuls-design, Erlangen
S. 49

Grafik: Pahl und Jacobsen, Heide
S. 38, 40, 41, 53o, 77, 78, 79, 80, 81, 82

Grafik: petersen pörksen partner, Lübeck
S. 19, 20, 22, 31, 44, 47, 48, 50,, 51, 52, 53u, 54, 55, 63, 65, 67, 69, 70, 71, 89, 90

Grafik: Transsolar, Stuttgart
S. 42, 56, 57, 58, 60, 84

7.5 Liste der Beteiligten

Auftraggeber	<p>AWI Bremerhaven Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in der Helmholtz-Stiftung Am Handelshafen 12, 27570 Bremerhaven Beteiligte: Dieter Neumann, Dieter Kolthoff</p>
	<p>AWI Helgoland Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Meeresstation Helgoland Kurpromenade 201, 27498 Helgoland Beteiligte: Prof. Dr. Karen Wiltshire, Prof. Dr. Maarten Boers- ma, Dr. Gunnar Gerdts, Dr. Philipp Fischer, Heino Peters</p>
Auftragnehmer	<p>ppp architekten gmbh Kanalstraße 52, 23552 Lübeck info@ppp-architekten.de</p>
	<p>Architektonisches Konzept petersen pörksen partner architekten + stadtplaner bda Kanalstraße 52, 23552 Lübeck Beteiligte: Markus Kaupert, Klaus Petersen, Heiner Grews- mühl, Claudia Schallert, Henning Dehn</p>
	<p>Energetisches Konzept Klimaengineering Transsolar Energietechnik GmbH Curiestrasse 2, 70563 Stuttgart Beteiligte: Alexander Knirsch</p>
	<p>Technische Gebäudeausrüstung Pahl und Jacobsen Ingenieurbüro für Technische Gebäudeausrüstung Schillerstrasse 37, 25746 Heide Beteiligte: Uwe Jacobsen</p>
Studie Ausstellung	<p>Impuls-Design GmbH & Co.KG Ausstellungen - Medien - Kommunikation Gerberei 19, 91054 Erlangen Beteiligte: Peter Zeiss, Matthias Kutsch</p>
	<p>pro publico e.V. zur Förderung des Dialogs Wissenschaft und Gesellschaft Wilhelm-Herbst-Straße 12, 28359 Bremen Beteiligte: Dr. rer. pol. Martin Mehrrens</p>

Beratende
Ingenieure

Statik
Horn + Horn
Ingenieurbüro für Bauwesen Beratende Ingenieure VBI
Sauerbruchstraße 39 - 41, 24537 Neumünster
Beteiligte: Andreas Peglow

Bauphysik
knp.bauphysik
Ing.büro für Bauakustik, Wärmeschutz und
innovative Energienutzung
Frohnhofstraße 177a, 50827 Köln
Beteiligte: Christoph Hämmerling

Baustoffprüfung
Hansa-Nord-Labor GmbH
Ingenieur- und Prüfgesellschaft
Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg
Beteiligte: André Brand

Beteiligte Behörden

Landesamt für Denkmalpflege Schleswig-Holstein
Wall 47/51 (Sartori & Berger-Speicher), 24103 Kiel
Beteiligte: Herr Dr. Helmut Behrens

Kreisverwaltung Pinneberg
Referat I Regionalmanagement und Europa Denkmalschutz
Moltkestrasse 10, 25421 Pinneberg
Beteiligte: Annelie Fesser

Kreisverwaltung Pinneberg
Bauaufsicht
Moltkestrasse 10, 25421 Pinneberg
Beteiligte: Christian Senst

Gemeinde Helgoland
Am Lung Wai, 27498 Helgoland
Beteiligte: Frank Botter, Hendrik Hagemeyer,

Machbarkeitsstudie

Teil 2 Energetisches Konzept

Verfasser

Transsolar Energietechnik GmbH
Curiestraße 2
70563 Stuttgart

transsolar@transsolar.com

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	2
2.	Einleitung und Aufgabenstellung	3
3.	Bestandsanalyse	6
3.1.	Bauphysikalische Untersuchungen	6
3.2.	Anlagentechnik	21
3.3.	Energiekosten, Energiebedarf und CO ₂ Emissionen	24
4.	Dynamische Gebäudesimulation	27
4.1.	Grundlagen zur Untersuchung	27
4.2.	Randbedingungen der Simulation	27
4.3.	Thermische Zonen	33
4.4.	Bauliche und bauphysikalische Randbedingungen	35
4.5.	Technische Randbedingungen	35
4.6.	Variantenuntersuchung Büroraum	38
4.7.	Variantenuntersuchung Labor	43
4.8.	Schlussfolgerungen	45
5.	Tageslichtuntersuchungen	47
5.1.	Büroraum Erdgeschoß	47
5.2.	Laborraum Obergeschoß	49
5.3.	Schlussfolgerungen Tageslichtuntersuchung	50
5.4.	Besonnungsstudie	50
6.	Energie- und Lüftungskonzept	51
6.1.	Gesamtkonzept	51
6.2.	Versorgungskonzept für Wärme und Kälte	58
6.3.	Einsatz zukunftsünftiger Technologien	60
6.4.	Fazit	62
7.	Simulation Gesamtenergiebedarf	63
7.1.	Wärme- und Strombedarf	63
7.2.	Kältebedarf	67
7.3.	Gesamtbilanz	70
8.	Anhang	75
8.1.	Thermische Gebäudesimulation	75
8.2.	Raumklima und thermischer Komfort	76
8.3.	Berechnung Ventilatorleistung	77
8.4.	Undichtigkeit und n50-Wert	77
8.5.	Bauphysikalische Untersuchungspunkte	78
8.6.	Besonnungsstudie	79

1. Zusammenfassung

Das Gebäude Haus C und Aquarium der BAH auf Helgoland bedarf einer dringenden Sanierung, da die Gebäude nach über 50 Jahren Nutzung aufgrund eines mangelnden Wärmeschutzes und veralteter Anlagentechnik ein hoher Energiebedarf entsteht. Neben hohen Energiekosten entstehen auch gleichzeitig hohe CO₂ Emissionen von rd. 600.000 kg/a die zur Klimaerwärmung beitragen.

Im Rahmen der hier vorliegenden Machbarkeitsstudie wird aufgezeigt, dass durch eine energetische Sanierung und mit einem geeigneten Energiekonzept der CO₂ Ausstoß für den Gebäudeheizbetrieb von 200.000 kg/a auf 5.800 kg/a gesenkt werden kann.

Die Kombination einer Innendämmung und sehr guter Wärmeschutzverglasung verbessert den Wärmeschutz und den thermischen Komfort. Gleichzeitig werden ungewollte Lüftungsverluste durch eine dichte Gebäudehülle auf ein Mindestmaß reduziert. Mit einer effizienten Lüftungstechnik mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung wird dann der Heizwärmebedarf um 50% auf rd. 306 MWh/a. gesenkt. Durch die Innendämmung kann auch der Denkmalschutz gewahrt werden. Auf eine sehr genaue Ausführung der Innendämmung ist dabei jedoch zwingend zu achten.

Die Beheizung des Gebäudes erfolgt mittels Flächenheizsystemen und einer Wärmepumpe die die Energie aus der Nordsee gewinnt. Der dafür erforderliche Strombedarf wird durch eine effiziente Photovoltaikanlage auf dem Dach des Gebäudes übers Jahr erzeugt.

Soll der gesamte Strombedarf des sanierten Gebäudes von rd. 473 MWh/a (ohne Strom für die Wärmepumpe) erzeugt werden um die CO₂ Emissionen nahezu ganz zu vermeiden, besteht die Möglichkeit diesen über eine Windanlage von rd. 240 kW zu erzeugen.

Festzuhalten ist, dass der Nutzer, wie in anderen Studien aufgezeigt wurde, einen sehr hohen Einfluss von bis zu 100% auf den Energiebedarf eines Gebäudes hat. Die Installation von Messgeräten die den Energiebedarf – aber auch die Energieerzeugung z.B. der Photovoltaik aktuell anzeigen, kann eine Sensibilisierung der Nutzer im bewussten Umgang mit Energie befördern. Gleichzeitig erlauben die Messgeräte eine korrekte Funktionsprüfung der Anlagentechnik.

2. Einleitung und Aufgabenstellung

Die biologische Anstalt Helgoland (BAH) wurde in den 50er Jahren nach den damals gültigen Baustandards errichtet. Sowohl die bauphysikalischen als auch die energetische Aspekte waren zu diesem Zeitpunkt noch keine feste Größe bei der Gebäudeplanung und blieben wegen niedriger Energiepreise weitgehend unberücksichtigt.

Im Gegensatz zu heute üblichen bzw. gesetzlich erforderlichen Standards (Stichwort Energieeinsparverordnung - EnEV) besitzen sowohl die Klinkerfassade als auch alle an die Außenluft oder das Erdreich angrenzende Bauteile nahezu keinen Wärmeschutz. Die Klinkerfassade weist aber trotz der vor Ort herrschenden extremen Witterungsbedingungen der Nordsee nur geringe Schäden auf.

Im Lauf der Jahre wurde mehrmals umgebaut und es wurden kleinere Teilsanierungen vorgenommen, in dessen Zuge auch die Fenster im Haus C ausgetauscht worden sind. Auflagen des Denkmalschutzes gab es zu diesem Zeitpunkt noch nicht und konnten damals auch noch nicht berücksichtigt werden. Nach und nach sind auch Lüftungsanlagen für nachgerüstete oder erweiterte Labore und auch Klimakammern (Thermokonstanträume) hinzu gekommen. Insbesondere die in den 80er Jahren eingebaute Lüftungstechnik für die Labore entspricht nicht mehr dem heutigen Stand der Technik, da insbesondere keine Wärmerückgewinnung installiert wurde. Dies ist sicher auch dem Umstand geschuldet, dass die damaligen Energiepreise noch keine nennenswerten Kosten verursacht hat.

Dies hat sich in den letzten 20 Jahren jedoch drastisch geändert, so dass nun hohe Heiz- und Energiekosten für den Betrieb des Hauses entstehen, die einen signifikanten Anteil des Gesamtbudgets ausmachen. In der Bestandsanalyse wird näher auf die Energiekostensteigerung eingegangen.

Ein wesentlicher Aspekt für die dringend notwendigen Sanierungsmassnahmen ist neben den hohen Energiekosten auch die Tatsache, dass dadurch sehr hohe CO₂ Emissionen entstehen und die Biologische Anstalt selbst einen Beitrag zur Erderwärmung leistet, obwohl sie u. a. auch Klimafolgen erforscht und untersucht.

Die BAH hat bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) einen Antrag auf finanzielle Förderung einer vertieften Untersuchung im Rahmen einer Machbarkeitsstudie gestellt. Diese Untersuchung soll - neben anderen Aspekten - aufzeigen, wie eine energetische Sanierung aussehen kann, die den CO₂ Ausstoß für den Gebäudebetrieb stark reduziert bzw. sogar CO₂ neutral werden lässt.

Die daraus resultierende Planungsaufgabe ist neben den üblichen entstehenden Problemen bei Sanierungen noch schwieriger, da das Gebäude der BAH unter Denkmalschutz steht. Nach einem Auswahlverfahren wurde das Planungsteam aus Architekturbüro Petersen Pörksen Partner, das Haustechnikbüro Pahl und Jacobsen sowie das Ingenieurbüro für die Energiekonzeption und Simulationen Transsolar Energietechnik GmbH für die Machbarkeitsstudie ausgewählt.

Letztere können mittels dynamischer Gebäudesimulation Auswirkungen verschiedener Maßnahmen sehr genau ermitteln und daraus Empfehlungen für die weitere Planung für die Haustechnik und architektonische Belange ableiten.

Im nachfolgenden Kapitel wird zunächst auf den Bestand eingegangen um eine ausreichend genaue Grundlage für die weitere Planung zu haben. Diese Bestandsaufnahme beinhaltet neben einer bauphysikalischen Untersuchung sowohl die Anlagentechnik als auch eine Analyse des derzeitigen Energiebedarfs.

Die für die dynamischen Simulationen erforderlichen Eingabewerte (Randbedingungen) wie klimatische Verhältnisse, Verglasungsqualität, Sonnenschutz, Wärmedämmung, interne Wärmelasten etc. wurden mit den Planungspartnern abgestimmt bzw. festgelegt. Diese sind in diesem Bericht in Kapitel 4 zusammengestellt. Als Grundlage der Berechnungen dienten zu diesem Zeitpunkt die vorhandenen Bestandspläne.

Mit den festgelegten Randbedingungen werden in Kapitel 4.6 und 4.7 die Untersuchungen für mögliche Energiekonzeptvarianten durchgeführt. Um die verschiedenen Konzepte auf Ihre Leistungsfähigkeit zu prüfen und insbesondere die energetischen Auswirkungen aufzuzeigen werden zwei Bereiche für die thermische Gebäudesimulation herausgegriffen. Diese Bereiche sind ein 1-2 Personenbüro mit üblicher Büroausstattung und eine größere Laborzone mit zugehöriger Laborausstattung. Für das Büro wurde die Orientierung Südwest und für die Laborzone Nordost gewählt.

Zur Bewertung des thermischen Komforts werden Diagramme erstellt, die die minimalen sowie die max. Raumlufttemperaturen resp. operativen Temperaturen aufzeigen. Gleichzeitig werden in Temperaturstatistiken die konzeptionellen Varianten untereinander bewertet.

Aus den Simulationsergebnissen wird ein Energiekonzept für die Büros, die Labore und auch für andere wesentliche Bereiche wie z.B. die neue Eingangshalle (Zwischenbau) und das Blue House erarbeitet.

Nach Festlegung des Energiekonzepts und der haustechnischen Komponenten wird mittels thermischer Gebäudesimulati-

on der Gesamtenergiebedarf (Heizbedarf, Kältebedarf, elektrischer Bedarf für den Gebäudebetrieb) weiterer thermischer Zonen bestimmt. Ebenso wird der Energiebedarf der Thermokonstanträume ermittelt, wobei verschiedene Raumtemperaturen (+5, +10 und +15) in den Konstanträumen angenommen werden um ein Gesamtlastprofil zu ermitteln.

Das Gesamtlastprofil der Wärme- resp. Kälteleistung wird überprüft wann und wie viel des Wärmebedarfs aus der Abwärme gedeckt werden kann.

3. Bestandsanalyse

3.1. Bauphysikalische Untersuchungen

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie sind die Möglichkeiten der energetischen Ertüchtigung der vorhandenen Gebäudehülle näher zu untersuchen. Hierbei sind die Rahmenbedingungen zu klären, unter denen eine nachträgliche Außen- bzw. Innendämmung der Bauteile erfolgen kann. Als Grundlage hierfür wurde zu Beginn der Bearbeitung ein Ortstermin zur Bestandsaufnahme durchgeführt. Hierbei wurden sowohl die vor Ort verwahrten Planunterlagen als auch die Bausubstanz an sich in Augenschein genommen. Ziel der Ortsbegehung war es, genauere Kenntnisse über die vorhandenen Bauteilaufbauten und Bauteilanschlüsse zu gewinnen. Eine feuchtetechnische Bestandsaufnahme bzw. eine umfassende Zustandsdokumentation ist nicht Bestandteil der Bearbeitung. Die detaillierte Bestandsaufnahme sowie die darauf aufbauende Bearbeitung beziehen sich im Wesentlichen auf das Verwaltungs- und Laborgebäude Haus C (Green House). Aufgrund der vergleichbaren Bauweise lassen sich die gewonnenen Erkenntnisse jedoch auch auf das Aquarium (Blue House) übertragen.

3.1.1 Bestandsaufnahme

Im Rahmen der Bearbeitung wurde eine Ortsbegehung am 23.04.09 vorgenommen, um genauere Kenntnisse über die vorhandene Bausubstanz zu gewinnen. Im Rahmen der Ortsbegehung wurden in Zusammenarbeit mit dem technischen Leiter vor Ort exemplarische Bauteilöffnungen vorgenommen. Die einzelnen Positionen der Untersuchungspunkte sind in Anhang 8.5 zusammengestellt.

3.1.2 Untersuchte Bauteilaufbauten

Im Rahmen der Ortsbegehung wurden folgende Bauteilaufbauten näher untersucht:

AW1	Außenwand Brüstungsbereich
AW2	Außenwand Stirnseiten
AW3	Außenwand gegen Erdreich
AW4	Außenwand Dachaufkantung
D1	Dachfläche allgemein
G1	Fußboden gegen Erdreich UG2
G2	Fußboden gegen Erdreich UG1
G3	Geschossdecke
F1	Verglasung allgemein

Der genaue Aufbau der Dachfläche konnte nicht untersucht werden, da eine hierzu erforderliche Bauteilöffnung die Abdichtungsebene zerstört hätte. Da eine kurzfristige fachgerechte Wiederverschließung der Öffnung nicht sichergestellt werden konnte, wurde auf eine Bauteilöffnung verzichtet. Nach telefonischer Auskunft des ehemaligen technischen Leiters Herr Knoll ist von einer ca. 12cm starken „Styropordämmung“ auszugehen, die zu einem unbekanntem Zeitpunkt nachträglich aufgebracht wurde.

Die genaue Verglasungsqualität konnte aufgrund nicht vorhandener Unterlagen ebenfalls nicht genau bestimmt werden. Die ursprüngliche Verglasung aus dem Jahre 1956 wurde im Laufe der Zeit gegen eine Zweischeibenverglasung mit Kunststoffrahmen ausgetauscht. In der Plankammer fanden sich entsprechende Planunterlagen aus dem Jahr 1980. Zweischeibenverglasungen aus diesem Zeitraum können mit einem U-Wert von ca. 3,0 W/m²K angenommen werden.

Bauteilaufbauten

Der Übersicht halber werden an dieser Stelle nicht die gesamten Bauteilaufbauten detailliert wiedergegeben. Eine genaue Auflistung der untersuchten Bauteile inkl. der dazugehörigen Fotodokumentation erfolgt in Anhang 8.5 und der Fotodokumentation die als CD dem Bericht beigelegt ist. Die prinzipielle Vorgehensweise wird im Folgenden exemplarisch am Bauteil AW1 (Außenwand Brüstungsbereich) veranschaulicht.



Abbildung 1: Bauteilöffnung: Freilegung der äußeren Schale



Abbildung 2: Bauteilöffnung: Kernbohrung durch den Gesamtaufbau zur Ermittlung der Aufbaustärken

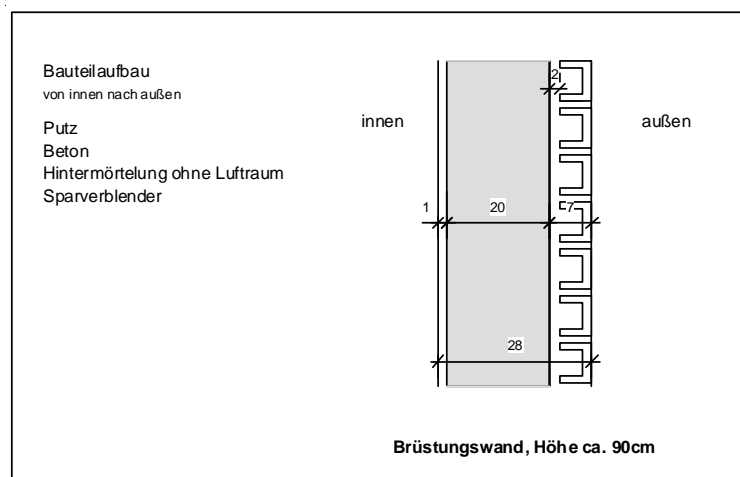


Abbildung 3: Ermittelter Bauteilaufbau auf Grundlage der Bauteilöffnung

3.1.3 Baurechtliche Anforderungen bei der Sanierungsmaßnahme

Im Wesentlichen maßgebend für die Ausführung der Arbeiten sind:

- [1] DIN 4108 - Wärmeschutz im Hochbau, insbesondere mit den Teilen 2 + 3
- [2] Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV), Veröffentlichung (i.d. Fassung der Bekanntmachung vom 18.03.2009)
- [3] DIN EN ISO 10211 - Wärmebrücken im Hochbau

Bei der wärmetechnischen Betrachtung der möglichen Varianten Innen- und Außendämmung sind die DIN 4108 „Wärme-

schutz im Hochbau“ sowie die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 als maßgebliche Regelwerke zu beachten. Die Denkmalbehörde kann in besonderen Fällen eine Befreiung von den Anforderungen der EnEV 2009 aussprechen. Die Anforderungen der DIN 4108 sind jedoch auch bei der nachträglichen Dämmung denkmalgeschützter Gebäude einzuhalten, da hierüber der hygienische Mindestwärmeschutz sowie die Bauschadensfreiheit gewährleistet werden soll. Im Folgenden werden auf die jeweiligen Anforderungen der DIN 4108 / EnEV 2009 näher eingegangen.

3.1.4 DIN 4108-02 Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

Die DIN 4108 ist über die Liste der technischen Baubestimmungen bauaufsichtlich verbindlich eingeführt. Die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 erfolgen mit der Zielsetzung, dass zum einen die Wohnbarkeit der Gebäude durch ausreichend hygienische Verhältnisse und zum anderen die Bauschadensfreiheit der Gebäudehülle sichergestellt werden. Für den ungestörten eindimensionalen Bauteilquerschnitt werden die Anforderungen an die einzelnen Bauteile über den Wärmedurchlasswiderstand R [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$] definiert, der nicht unterschritten werden darf. Die nachfolgende Tabelle gibt die Anforderungen für eine Auswahl von Bauteilen wieder:

Bauteil	erf. R [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]
Wände gegen Außenluft	1,2
Außenwände gegen Erdreich	
Dächer	
Fußböden gegen Erdreich bis zu einer Raumtiefe von 5m	0,9

Tabelle 1: Anforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand von Bauteilen nach DIN 4108-02

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass sich die Anforderungen an Fußböden gegen Erdreich nur auf den Randbereich bis zu einer Raumtiefe von 5m beziehen, da mit zunehmendem Abstand zur Außenluft die Wärmeverluste über das Erdreich abnehmen. An Fenster stellt die DIN 4108 keine Anforderungen an den Mindestwärmeschutz in Form von einem konkreten R-Wert, sondern fordert lediglich den Einsatz von Doppel- und Isolierverglasungen.

Im Bereich von zweidimensionalen Wärmebrücken wird an der ungünstigsten Stelle die Einhaltung von mindestens 12,6°C auf der Innenseite der Bauteiloberfläche gefordert. Diese Anforderung beruht auf den normierten klimatischen Bedingungen, die beim rechnerischen Nachweis der Oberflächentemperatur zugrunde gelegt werden (Innenluft: 20°C, 50% rel. Luftfeuchte; Außenluft: -5°C, 80% rel. Luftfeuchte). Auf der Bauteiloberfläche stellt sich bei den normierten Innenluftverhältnissen und einer Bauteiloberflächentemperatur von 12,6°C eine relative Luftfeuchte von 80% ein und liegt somit unterhalb dem für das Schimmelpilzwachstum kritisch angesehenen Bereich. Beträgt die relative Luftfeuchte aufgrund niedrigerer Oberflächentemperaturen mehr als 80% besteht bei den zugrunde gelegten Innenraumkonditionen die Gefahr von Schimmelpilzbildung. Mit der im Rahmen der Sanierungsmaßnahmen aufgebrachten Wärmedämmung muss somit sichergestellt werden, dass die Temperatur von 12,6°C auf allen Bauteiloberflächen eingehalten wird. Gemäß DIN 4108-2 ist diese Anforderung im Zweifelsfall über die Berechnung von zweidimensionalen Wärmebrücken nachzuweisen.

3.1.5 Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009

Die EnEV 2009 stellt zu Zwecken der Energieeinsparung weitergehende Anforderungen an die wärmetechnische Qualität von Gebäuden. Werden bei Bestandsgebäude Bauteile erneuert oder ersetzt und betrifft die Bauteiländerung mehr als 10% der jeweiligen Bauteilfläche, so sind die entsprechenden Anforderungen der EnEV für das Bauteil einzuhalten. Diese werden nicht wie bei der DIN 4108 auf den Wärmedurchlasswiderstand R sondern auf den Wärmedurchgangskoeffizienten U („U-Wert“) in [W/m²K] bezogen. Dabei wird zum einen nach Bauteil (Außenwand, Dach, Fenster etc.) sowie nach Art der geplanten Maßnahme (Ersatz, neue Dämmschicht als Innen- oder Außendämmung etc.) unterschieden. Zusätzlich erfolgt für Nichtwohngebäude eine weitere Unterteilung für Bereiche mit Innentemperaturen $\geq 19^\circ\text{C}$ und Bereiche mit Innentemperaturen von 12°C bis $< 19^\circ\text{C}$. Die nachfolgende Tabelle gibt für eine Auswahl von Bauteilen die jeweiligen Anforderungen wieder:

Bauteil	erf. U-Wert [W/m ² K]	
	T $\geq 19^\circ\text{C}$	12 \leq T < 19°C
Außenwände gegen Außenluft (Außendämmung)	0,24	0,35
Außenwände gegen Außenluft (Innendämmung)	0,35	0,35
Außenwände gegen Erdreich	0,30	-
Flachdächer	0,20	0,35

Fußböden gegen Erdreich (Innendämmung)	0,50	-
Fenster (Rahmen + Verglasung)	1,30	1,90

Tabelle 2: Übersicht über die Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von Bauteilen bei erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung nach EnEV 2009 (Bestandsgebäude)

Beim hier vorliegenden Bauvorhaben sind die Bereiche im EG / OG als normal beheizt mit Innentemperaturen $\geq 19^{\circ}\text{C}$ zugrunde zu legen. In den Untergeschossen ist je nach Nutzung auch eine Auslegung als niedrig beheizter Bereich denkbar ($12^{\circ}\text{C} \leq T < 19^{\circ}\text{C}$). Die genaue Auslegung ist im Zusammenhang mit der geplanten Nutzung festzulegen.

3.1.6 Untersuchung der möglichen Sanierungsvarianten

Bei der nachträglichen Sanierung der Gebäudehülle bestehen die grundsätzlichen Möglichkeiten einer Innendämmung bzw. Außendämmung. Die beiden Varianten unterscheiden sich hinsichtlich der erreichbaren Dämmqualitäten sowie der konstruktiven Randbedingungen. In den folgenden zwei Abschnitten werden daher die konstruktiven und wärmetechnischen Zusammenhänge der jeweiligen Dämmvarianten näher erläutert.

Außendämmung

Die Außendämmung stellt die übliche Vorgehensweise bei Neubauten dar, da sie eine Reihe von Vorteilen bietet. So wird z.B. durch die außen liegende Dämmung die eigentliche Baukonstruktion vor Temperaturschwankungen geschützt, sodass Schäden an der Bausubstanz aufgrund von thermischen Spannungen ausgeschlossen werden können. Zudem sind die Außenbauteile an das Innenklima angekoppelt und können somit als Speichermasse wirken, was insbesondere bei massiven Bauteilen einen positiven Einfluss auf das Raumklima hat. Gleichzeitig sind ohne Reduzierung des vorhandenen Raumvolumens in der Regel große Dämmstoffstärken umsetzbar. Die weiteren Randbedingungen bei Außendämmung lassen sich wie folgt beschreiben:

Konstruktionen

Für die nachträgliche Anbringung von Außendämmung sind aus konstruktiver Sicht verschiedene Ausführungen denkbar. Im Flachdachbereich können außen liegende Dämmungen als Warmdach (nicht belüftete Dämmschicht), Kaltdach (belüftete Dämmschicht) oder Umkehrdach (Dämmung über Abdichtung) ausgeführt werden. Auch so genannte Duodächer (nachträgliche Dämmung + Abdichtung auf vorhandenen Warmdachaufbau) sind unter bestimmten Voraussetzungen denkbar. Im Au-

ßenwandbereich stehen grundlegende Konstruktionsprinzipien wie Wärmedämmverbundsysteme oder hinterlüftete Vorhangfassaden zur Verfügung. Die jeweiligen Konstruktionsprinzipien sind unter Berücksichtigung weiterer Aspekte wie Anschlussdetaillierung, Gestaltung, Witterungsschutz etc. nach den örtlichen Begebenheiten auszuwählen.

Dämmstärken

Bei der Dimensionierung der Dämmstärken sind die Anforderungen der DIN 4108 und der EnEV 2009 aus Abschnitt 3.1.3 zu beachten. Da bei einer Außendämmung problemlos größere Dämmstärken realisiert werden können ist eine Auslegung nach DIN 4108 nicht sinnvoll, sodass hier nur auf die erforderlichen Dämmstärken nach EnEV 2009 näher eingegangen wird. In der nachfolgenden Tabelle sind die erforderlichen Dämmstärken in [cm] in Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit der Dämmung für Bereiche mit Innentemperaturen $\geq 19^\circ\text{C}$ angegeben.

Bauteil	Anforderung EnEV 2009	Wärmeleitfähigkeit der Dämmung [W/mK]			
	U-Wert [W/m ² K]	0,025	0,032	0,035	0,040
Flachdächer	0,20	13 cm	16 cm	17 cm	20 cm
Außenwand gegen Außenluft	0,24	--	13 cm	14 cm	16 cm
Außenwand gegen Erdreich	0,30	--	--	11 cm	13 cm

Tabelle 3: Erforderlichen Dämmstärken [cm] bei Außendämmung in Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit für Bereiche mit Innentemperaturen $\geq 19^\circ\text{C}$

Wärmebrücken

Der Einfluss der Wärmebrücken auf den Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle fällt geringer aus als bei der Variante mit Innendämmung, da die Außendämmung im Regelfall lückenlos um die Gebäudehülle geführt werden kann. Werden die Wärmebrücken nach den Planungsbeispielen der DIN 4108 Beiblatt 2 ausgeführt, kann der Einfluss der Wärmebrücken nach EnEV 2009 über einen pauschalen Aufschlag von $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf die U-Werte der ungestörten Bauteile angenommen werden. Am Beispiel des Flachdaches bedeutet dies eine Verschlechterung des U-Wertes von $0,20$ auf $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, d.h. durch den Einfluss der Wärmebrücken erhöht sich der Transmissionswärmeverlust des Bauteils um 25%.

Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 Bei der Außendämmung erübrigt sich der Nachweis des Mindestwärmeschutzes im Bereich der ungestörten Bauteilauf-

bauten, da die Dämmstärken nach der EnEV 2009 ausgelegt werden, die weitaus höhere Anforderungen als die DIN 4108 stellt. Im Bereich der Wärmebrücken erfolgt die Auslegung nach den Planungsbeispielen der DIN 4108 Beiblatt 2, sodass auch hier im Regelfall kein gesonderter Nachweis des Mindestwärmeschutzes erforderlich wird. Sollten in einigen Anschlussbereichen die Planungsbeispiele aufgrund von gegebenen Anschlussdetails im Bestand nicht umsetzbar sein, ist die erforderliche Oberflächentemperatur nach DIN 4108 über Wärmebrückenberechnungen nachzuweisen.

3.1.7 Innendämmung

Im Gegensatz zur Außendämmung wird eine Innendämmung in der Regel nur bei nachträglichen Dämmmaßnahmen im Bestand eingesetzt, wenn eine Außendämmung nicht umsetzbar ist. Durch die Innendämmung reduziert sich dabei das vorhandene Raumvolumen. Gleichzeitig werden die Außenbauteile durch die Innendämmung vom Innenraumklima abgekoppelt, sodass diese als Speichermasse für das Innenklima nicht mehr zur Verfügung stehen. Zudem werden die gedämmten Bauteile durch das Innenklima nicht mehr erwärmt, sodass sich die Bauteile stark abkühlen können.

Je nach Konstruktion kann dies zu thermischen Spannungen und Schäden an der Bausubstanz führen. Gleichzeitig verlängern sich durch die niedrigeren Bauteiltemperaturen die Trocknungszeiten, da eine Abtrocknung nach innen nicht mehr bzw. nur noch erschwert erfolgen kann. Hierdurch bleiben die Bauteile z.B. bei Schlagregenbeanspruchung länger durchfeuchtet. Um diese Einflüsse zu begrenzen sind bei der Innendämmung zu große Dämmstärken zu vermeiden. Als sinnvoll wird im Allgemeinen eine Dämmstoffstärke von 6 - 8cm angesehen. Da sich zusätzlich der Einfluss von Wärmebrücken bei der Innendämmung viel stärker auswirkt als bei der Außendämmung, sind Dämmstärken über 8cm meist auch aus energetischer Sicht nicht zielführend (siehe hierzu auch die nachfolgenden Erläuterungen unter „Einfluss Wärmebrücken“).

Des Weiteren sind bei der Planung von Innendämmungen auch feuchtetechnische Belange zu beachten. Durch die Anbringung der Dämmung auf der warmen Seite des Bauteils verlagert sich der Taupunkt zur Innenseite des Bauteils. Hierdurch besteht die erhöhte Gefahr, dass die in der Raumluft enthaltene Feuchtigkeit im Bauteilquerschnitt auskondensiert und so zu Feuchteschäden führen kann. Daher sind bei der Innendämmung einige konstruktive Randbedingungen einzuhalten, die im Weiteren näher beschrieben werden.

Konstruktion

Für die Anbringung der Innendämmung sind verschiedene Konstruktionsprinzipien denkbar. Aufgrund der angesprochenen Gefahr der Taupunktunterschreitung im Bauteilquerschnitt sind unabhängig vom gewählten Konstruktionsprinzip folgende grundlegende Planungshinweise zu beachten:

Auf der Innenseite der Wärmedämmung ist eine dampfdichte Ebene anzuordnen, damit keine feuchtigkeitsangereicherte Raumluft in die Dämmebene gelangen kann und dort auskondensiert. Wird als Dämmmaterial Schaumglas verwendet übernimmt das Material aufgrund seiner stofflichen Eigenschaften die Funktion der Dampfsperre. Zugleich ist ebenfalls auf der Innenseite der Dämmung eine luftdichte Ebene anzubringen, da ansonsten aufgrund konvektiver Prozesse große Mengen an Raumluft in die Dämmebene gelangen können. Fehlende bzw. fehlerhafte Luftdichtigkeitsebenen verursachen im Regelfall größere Feuchtigkeitsschäden als fehlerhafte Dampfsperren, da der Feuchteintrag über konvektive Prozesse um ein Vielfaches über den diffusionsbedingten Einträgen liegt. Daher ist die sorgfältige Ausführung der Luftdichtigkeitsebene bei Innendämmung von oberster Priorität. Bei der Verwendung von geeigneten PE-Folien können die Folien sowohl die Funktion der Luftdichtigkeit als auch die der Dampfdichtigkeit übernehmen. Weiterhin ist darauf zu achten, dass in der nachträglich aufgebrachten Konstruktion keine Hohlräume verbleiben, da hier im Laufe der Zeit über Luftzirkulation bzw. über kleinere Fehlstellen in den Dichtigkeitsebenen Feuchteschäden entstehen können. Vor dem Hintergrund dieser grundsätzlichen Ausführungshinweise lassen sich folgende Konstruktionsprinzipien in Abhängigkeit des gewählten Dämmmaterials aufzählen:

- Herkömmliche Vorwandkonstruktion (z.B. GK - Leichtbauwand) mit Dämmung und Dampfbremse auf der Innenseite der Wärmedämmung. Nachteil: Hohes Risiko von Fehlstellen bei der Dampfbremse und der Luftdichtigkeitsebene in den Anschlussbereichen an die bestehenden Bauteile
- Innendämmung aus dem Material Schaumglas: Bei fachgerechter Verarbeitung übernimmt der Dämmstoff die Funktion der Dampfsperre und der Luftdichtigkeitsebene. Auf dem Material können sowohl Putz als auch keramische Beläge aufgebracht werden. Nachteil: maximal in der Wärmeleitfähigkeit 040 (0,040 W/mK) erhältlich, daher ggf. größere Dämmstärken als bei anderen Systemen erforderlich. Die Mindeststärke der Platten beträgt 3cm, Formteile wie keilförmig auslaufende Dämmplatten sind nicht erhältlich.
- Verbundplatten (z.B. GK-Platten mit EPS) mit integrierter Dampfbremse. Die Dämmung ist in der Wärmeleitfähigkeit 032 (0,032 W/mK) erhältlich, sodass sich Dämmstoffstärken reduzieren lassen. Zudem bieten die Hersteller Laibungsplatten mit einer der Wärmeleitfähigkeit von 0,025 W/mK sowie Dämmkeile für Wärmebrückendämmungen an. Nachteil: Die Dampfbremse ist im Fugenbereich (Plattenstoß) unterbrochen. Bei einer luftdichten Ausführung der Stoßstelle ist dies zwar im Wesentli-

chen unkritisch, jedoch gibt es hierüber keine Langzeiterfahrungen, da die Produkte relativ neu auf dem Markt sind. Der Einsatz solcher Verbundplatten ist daher mit gewissen Unsicherheiten behaftet.

- Innendämmung aus Calciumsilikatplatten. Das Material ist in der Lage anfallende Feuchtigkeit einzuspeichern und über kapillare Prozesse schnell wieder an die warme Raumluft abzugeben. Eine Dampfbremse muss daher nicht ausgeführt werden, wodurch die Schadensanfälligkeit reduziert und die Montage vereinfacht wird. Nachteil: Das Material gibt es nur mit höheren Wärmeleitfähigkeiten (λ 0,045 - 0,065 W/mK), d.h. es werden dickere Dämmschichten erforderlich. Hinzu kommt, dass die Schadensfreiheit des Bauteils nach dem normierten Verfahren der bauaufsichtlich eingeführten DIN 4108-3 (Glaserverfahren) nicht nachgewiesen werden kann, da dieses den angesprochenen Speicher- und Abgabeeffekt des Materials nicht berücksichtigt. Die TU Dresden hat am Institut für Bauklimatik Bauteilaufbauten mit Calciumsilikatplatten als Innendämmung in der Vergangenheit an gebauten Beispielen über einen längeren Zeitraum untersucht. Hierbei hat sich herausgestellt, dass die Bauteilaufbauten in den untersuchten Fällen schadensfrei blieben. Entsprechende Langzeiterfahrungen sind bei der Verwendung der Calciumsilikatplatten ebenfalls vorhanden.

Dämmstärken

Bei der Dimensionierung der Dämmstärken sind analog zur Betrachtungsweise bei der Außendämmung die Anforderungen der DIN 4108 und der EnEV 2009 aus Abschnitt 3.1.3 zu beachten. Aufgrund der eingangs des Abschnitts aufgeführten bauphysikalischen Zusammenhänge sind die Dämmstärken bei Innendämmungen auf maximal 6 - 8cm begrenzt, da ansonsten das Bauschadensrisiko steigt. Zudem sind vor dem Hintergrund des Wärmebrückeneinflusses höhere Dämmstärken energetisch meist nicht sinnvoll. Die Energieeinsparverordnung hat dies bis zur Fassung 2007 insofern mitberücksichtigt, als das als Anforderungswert für Außenwände mit Innendämmung ein U-Wert von 0,45 W/m²K vorgeschrieben wurde. Bei einer Dämmung mit einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,040$ W/mK und einem wärmetechnisch schlechten Bestandsbauteil entspricht dies den 8cm Wärmedämmung, die sich aus den oben genannten Gründen als maximale Dämmstoffstärke ergeben. In der EnEV 2009 wurde der Anforderungswert auf 0,35 W/m²K angehoben, sodass ca. 10-11cm Wärmedämmung erforderlich werden. Allerdings ist dieser Anforderung der Zusatz beigefügt, dass die Anforderungen auch dann als erfüllt gelten, wenn die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,040$ W/mK) eingebaut wird. Aufgrund der vorangegangenen Erläuterungen beträgt die höchstmögliche Dämmschichtdicke 8cm, sodass als Anforderungswert für Außenwände mit Innendämmung die 0,45 W/m²K entsprechend der EnEV 2007 zugrunde gelegt werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt die erforderlichen Dämmstoffdicken in Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit nach EnEV 2009:

Bauteil	Anforderung EnEV 2009	Wärmeleitfähigkeit der Dämmung [W/mK]				
	U-Wert [W/m ² K]	0,025	0,032	0,035	0,040	0,045
Außenwand (Innendämmung)	0,45	--	6 cm	7 cm	8 cm	9 cm
Fußboden gegen Erdreich	0,50	4 cm	5,5 cm	6 cm	7 cm	8 cm

Tabelle 4: erforderlichen Dämmstärken [cm] für Innendämmung in Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit nach EnEV 2009 für Bereiche mit Innentemperaturen $\geq 19^{\circ}\text{C}$

Die Anforderungen der DIN 4108 wurden bereits in Tabelle 5 dargestellt. Zur Einhaltung der geforderten Wärmedurchlasswiderstände R werden folgende Dämmstoffstärken in Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit benötigt:

Bauteil	Anforderung DIN 4108-2	Wärmeleitfähigkeit der Dämmung [W/mK]				
	R [m ² K/W]	0,025	0,032	0,035	0,040	0,045
Außenwand (Innendämmung)	1,20	3 cm	4 cm	4 cm	5 cm	6 cm
Fußboden gegen Erdreich	0,90	2 cm	3 cm	3 cm	3,5 cm	4 cm

Tabelle 5: erforderliche Dämmstärken [cm] für Innendämmung in Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit nach DIN 4108

Wie bereits in Abschnitt 3.1.4 erwähnt ist der Mindestwärmeschutz für Fußböden nur in einem Randbereich von 5m Raumtiefe einzuhalten. Sollte keine Erneuerung der Fußbodenaufbauten im Rahmen der Sanierung geplant sein, kann der erforderliche Wärmedurchlasswiderstand über die Berücksichtigung der Wärmeverluste über das Erdreich nachgewiesen werden. Hierfür ist im Regelfall eine Randdämmung von 2m im Außenbereich erforderlich. Die genaue Ausbildung der Randdämmung kann über Wärmebrückenberechnungen optimiert werden.

Einfluss Wärmebrücken

Der Einfluss der Wärmebrücken fällt bei der Innendämmung weitaus höher aus als bei der Außendämmung, da einbindende Bauteile wie Innenwände, Dächer oder Geschossdecken nicht wirksam gedämmt werden können. Gemäß EnEV erfolgt die pauschale Berücksichtigung daher über einen absoluten Zuschlag von 0,15 W/m²K auf die U-Werte der ungestörten Bauteile, d.h. der Einfluss auf den Transmissionswärmeverlust ist dreimal so hoch wie bei der Außendämmung. Bei Außenwänden mit Innendämmung verschlechtert sich somit der U-Wert

von 0,45 W/m²K durch die Berücksichtigung der Wärmebrücken auf 0,60 W/m²K (Verschlechterung von 33%). Legt man beispielsweise den U-Wert für Außenwände mit Außendämmung zugrunde (0,24 W/m²K) beträgt die Verschlechterung durch die Wärmebrücken sogar 66%. An diesem Beispiel wird deutlich, dass hohe Dämmstoffstärken bei Innendämmungen aus energetischer Sicht meist nicht zielführend sind.

Mindestwärmeschutz nach DIN 4108

Für den eindimensionalen Bereich der ungestörten Bauteilaufbauten wurden die erforderlichen Dämmstoffstärken nach DIN 4108 bereits in Tabelle 4 angegeben. Für die Anschlussbereiche von einbindenden Bauteilen ist wie in Abschnitt 3.1.4 beschrieben die Einhaltung des Mindestwärmeschutzes über zweidimensionale Wärmebrückenberechnungen nachzuweisen. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden daher jeweils 2 horizontale und 2 vertikale Standard - Wärmebrücken exemplarisch untersucht. Da es sich hierbei um eine konkrete projektbezogene Auslegung in Abstimmung mit den Architekten handelt, werden die Ergebnisse der Wärmebrückenberechnungen im folgenden Abschnitt behandelt.

3.1.8 Projektbezogene Auslegung der Dämmmaßnahmen

In den beiden vorangegangenen Abschnitten wurden die grundlegenden Planungskriterien für die Außen- und Innendämmung näher beschrieben. Bei der Variante „Außendämmung“ stehen vorrangig gestalterische Aspekte im Zusammenhang mit dem Denkmalschutz im Vordergrund. Aus bauphysikalischer Sicht stellt diese Variante die Standardlösung dar, da die entsprechenden Bauteilaufbauten in den allgemeinen Regelwerken ausführlich beschrieben werden. Daher wurde im Rahmen der Machbarkeitsstudie vor allen Dingen die Variante „Innendämmung“ in Zusammenarbeit mit den Architekten näher untersucht. Da hier insbesondere die Fensterfassade aufgrund der vorhandenen Stützen und Anschlusspunkte von besonderem Interesse war, wurden für die Außenwand Wärmebrückenberechnungen für 4 Standard - Anschlusspunkte durchgeführt. Anhand der Wärmebrückenberechnungen wurden die erforderlichen Dämmmaßnahmen zur Einhaltung der DIN 4108 optimiert, d.h. die dargestellten Maßnahmen stellen die notwendigen Mindestmaßnahmen zur Sicherung des hygienischen Mindestwärmeschutzes dar. Unabhängig hiervon ist im Rahmen der Detailplanung ist zu prüfen, inwieweit die vorhandenen Anschlusspunkte von Fenstern etc. höhere Dämmstärken (bis max. 8cm) zur Begrenzung der Energieverluste zulassen.

Die gesamte Dokumentation der Wärmebrückenberechnung ist der vorliegenden Bearbeitung als Anlage auf der CD beigefügt. Im Folgenden wird beispielhaft auf den Anschlusspunkt Außenwand - Dach näher eingegangen.

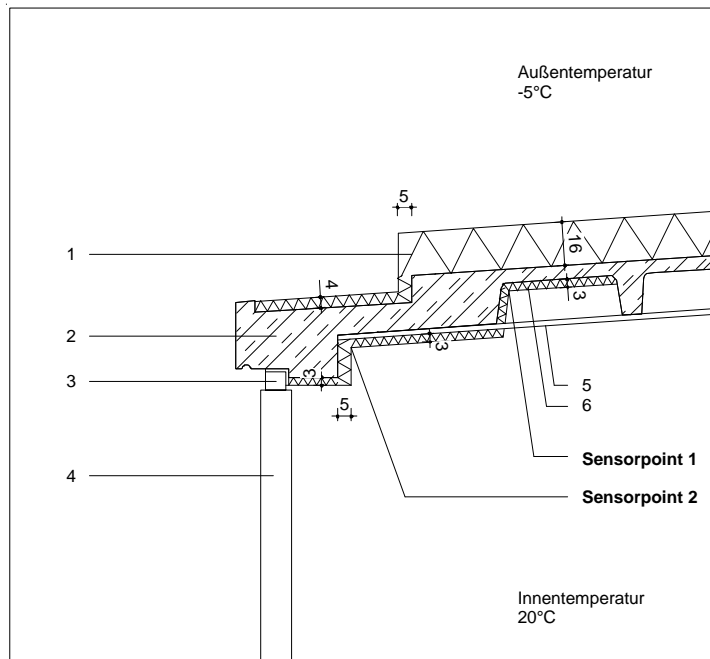


Abbildung 4: Prinzipschnitt zur vertikalen Wärmebrücke Außenwand – Dach

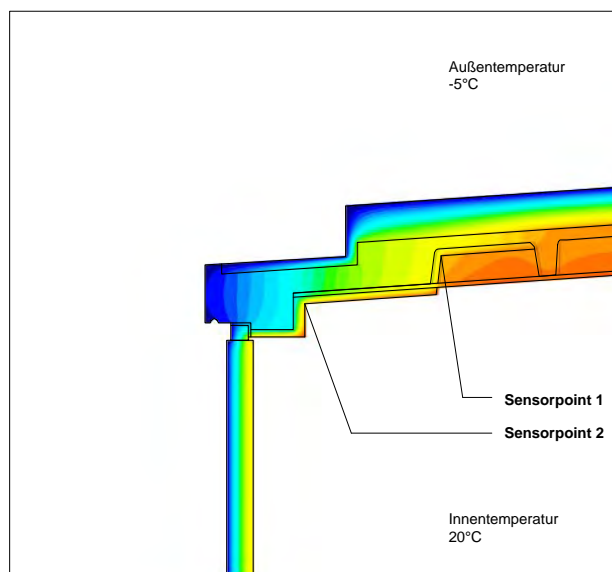


Abbildung 5: grafische Ergebnisdarstellung der vertikalen Wärmebrücke Außenwand - Dach

Farbe	Typ	Name	tmin [°C]	tmax [°C]	Str.ein [W/m]	Str.aus [W/m]
95	MATERIAL	Sensorpoint 2	14.14	14.14		
96	MATERIAL	Sensorpoint 1	14.98	14.99		
101	BC_SIMPL	Außenluft	-5.00	-2.91	0.00	44.01
108	BC_SIMPL	Innenluft	9.99	19.45	44.01	0.00

Tabelle 6: Textliche Ergebnisdarstellung der vertikalen Wärmebrücke Außenwand – Dach

Den Abbildung 4 und Abbildung 5 ist zu entnehmen, dass durch die in Tabelle 4 dargestellten Dämmschichten die erforderliche Mindesttemperatur nach DIN 4108 von 12,6°C an den ungünstigsten Stellen (Sensorpoint 1 und 2) eingehalten wird. Die hierbei angenommenen Dämmstoffstärken betragen 5 cm im Sturzbereich sowie 3 cm im Laibungsbereich. Im Zusammenhang mit der Betonkassettendecke ist zu erwähnen, dass der erste Hohlraum zu dämmen und luft- und dampfdicht abzuschließen ist. Dies gilt auch für die Geschossdecke zwischen EG und OG (siehe WB2_V in Anlage 2)

Aufgrund der vorgenommenen Wärmebrückenberechnungen sowie den allgemeinen Randbedingungen aus Abschnitt 3.1.6 werden folgende Dämmmaßnahmen für die Variante „Innendämmung“ vorgesehen:

Dachdämmung	Die Dachdämmung erfolgt als Außendämmung nach den Anforderungen der EnEV 2009. In den Randbereichen wird die Dämmung nach den Anforderungen der DIN 4108 für Wärmebrücken reduziert, um das ursprüngliche Erscheinungsbild der Dachabschlüsse so weit wie möglich zu wahren (siehe Abbildung 4).
Außenwand Kopfseiten	Die Außenwände an den Kopfseiten des Gebäudes erhalten eine Innendämmung aus Schaumglas in 8cm Dicke bei einer Wärmeleitfähigkeit (WLF) von 0,04 W/mK.
Außenwand Fensterfassade	Innendämmung aus Schaumglas mit einer WLF von 0,04 W/mK. Die erforderliche Dämmstoffstärke zur Einhaltung der Anforderungen nach DIN 4108 betragen im Brüstungs- und Sturzbereich 5cm. Hier ist unter Berücksichtigung von weiteren Aspekten wie Raumverlust und Anschlussdetails zu prüfen, ob analog zu den Kopfseiten die Dämmstoffstärke auf 8cm erhöht werden kann. In den Laibungsbereichen der Stützen und Fenster sowie innerhalb des ersten Deckenhohlraumes erfolgt die Dämmung in einer Stärke von mindestens 3cm.
Außenwand gegen Erdreich	Die Außenwand im Untergeschoss grenzt teilweise gegen Außenluft und teilweise gegen Erdreich. Im oberen Bereich gegen Außenluft wird eine Innendämmung aus Schaumglas mit einer WLF von 0,04 W/mK vorgesehen. Die erforderliche Dämmstoffstärke zur Einhaltung der Anforderungen nach DIN 4108 beträgt 5cm. Der Einbau von 8cm ist analog zur Fensterfassade unter den weiteren Aspekten wie Raumverlust etc. zu prüfen. Der Bereich gegen Erdreich wird zusätzlich von außen mit 8cm Perimeterdämmung mit einer WLF von 0,035 W/m ² K gedämmt.
Fußboden gegen Erdreich	Auf eine Dämmung im Fußbodenaufbau der Untergeschosse kann verzichtet werden, wenn zusätzlich eine Randdämmung von 1m im Außenbereich ausgeführt wird. Dies gilt nicht, wenn in einem Randabstand von 5m zur Außenkante der Bodenplatte

Anforderungen an die Behaglichkeit gestellt werden (z.B. beheizte Aufenthalts- oder Arbeitsräume mit dauerhaft sitzender Tätigkeit). In diesem Fall ist durch eine zusätzliche Wärmedämmung ein Wärmedurchlasswiderstand von $R \geq 0,9 \text{ m}^2\text{K/W}$ für den Fußbodenaufbau sicherzustellen

Fenster

Die Fenster werden nach den Anforderungen der EnEV 2009 ausgelegt. Die weitere Spezifikation der Fenster wird im Rahmen der folgenden Gebäudesimulation näher untersucht (s. Kapitel 4).

3.1.9 Zusammenfassung

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die vorgenommene Bestandsaufnahme sowie die zu beachtenden Randbedingungen bei nachträglichen Innen- und Außendämmung näher beschrieben. Des Weiteren wurde in Abschnitt 3.1.8 auf die projektbezogene Variante „Innendämmung“ detailliert eingegangen. Zusätzlich wurden für die Variante „Außendämmung“ die erforderlichen Dämmstoffstärken angegeben.

Aus energetischer Sicht ist eine Außendämmung immer einer Innendämmung vorzuziehen, da im Regelfall größere Dämmstärken realisiert werden können und gleichzeitig die Einflüsse der Wärmebrücken geringer ausfallen. Eine Innendämmung stellt aber bei sorgfältiger Ausführung nach den Rahmenbedingungen aus Abschnitt 3.1.7 immer dann eine sinnvolle Alternative dar, wenn eine Außendämmung nicht umgesetzt werden kann. Beim hier vorliegenden Bauvorhaben ist die zu wählenden Dämmmaßnahmen zudem im Zusammenhang mit denkmalpflegerischen Aspekten und vor dem Hintergrund des Gesamtenergiebedarfs (Haustechnik inkl. Laborbetrieb) zu bewerten. (vgl. Ergebnisse im Rahmen der Gebäudesimulation in 4) Unabhängig hiervon wird auch bei denkmalpflegerischen Auflagen empfohlen, im Dachbereich und im Bereich der erdberührten Außenwände eine Außendämmung zu realisieren und die Innendämmung somit nur auf die Wände gegen Außenluft zu beschränken.

3.2. Anlagentechnik

Die Anlagentechnik ist überwiegend veraltet und sehr ineffizient wie nachfolgende Abschnitte aufzeigen.

3.2.1 Lüftungsanlagen

Zwei wesentliche Lüftungsanlagen in Haus C versorgen die Laborbereiche. Diese Anlagen stammen aus den 80er Jahren und haben eine Luftmenge von je rd. 10.000 m³/h. Die genaue Betriebszeit der Anlagen konnte nicht ermittelt werden. Es wird zur Energiebedarfsberechnung jedoch von einer üblichen Labornutzung ausgegangen. In nachfolgender Tabelle 6 ist eine Zusammenstellung der Anlagen aufgeführt. In Bezug auf die Laufzeiten und die installierten Leistungen der Ventilatormotoren wurden Annahmen getroffen, um den bisherigen Energiebedarf abzuschätzen.

Lfd Nr.	Hersteller	Nutzung	Luftmenge	Antriebsleistung	spez. Antriebsleistung	Laufzeit [1/h]	Strombedarf [kWh]
1	robatherm	Labore EG / UG	10000 m ³ /h	5.5 kW	0.55 Wm ³ /h	6000	33'000
2	robatherm	Labore OG	10100 m ³ /h	5.5 kW	0.54 Wm ³ /h	6000	33'000
3	?	Kursraum	3000 m ³ /h	1.5 kW	0.50 Wm ³ /h	2000	3'000
4	?	Materiallager UG	1200 m ³ /h	0.6 kW	0.50 Wm ³ /h	3500	2'100
5	?	Werkstattbereich	1500 m ³ /h	0.7 kW	0.47 Wm ³ /h	3500	2'450
6	?	WC-Anlagen / Umkleiden	1400 m ³ /h	0.7 kW	0.50 Wm ³ /h	3500	2'450
7	robatherm	Aquarium	3500 m ³ /h	2.0 kW	0.57 Wm ³ /h	4000	8'000

16.5 kW

Gesamt = 84'000 kWh

Tabelle 6: Zusammenstellung Lüftungsanlagen Haus C und Aquarium

3.2.2 Abluftanlagen und Digestorien

In Bezug auf die Betriebsweise der Abluftanlagen liegen keine gesicherten Erkenntnisse vor. In der Regel haben Abluftanlagen einen geringeren Druckverlust und damit auch geringere Ventilatorleistungen. Der Strombedarf wird im wesentlichen von den zwei großen Lüftungsanlagen bestimmt und mit rd. 60% des Strombedarfs für die Zuluft angenommen, was einem Bedarf von weiteren 39.600 kWh /a entspricht.

3.2.3 Kälteanlagen

Es werden überwiegend Kleinkältemaschinen für die Klimakammern (resp. Thermokonstanträume) eingesetzt. Die Kälteleistungen der Geräte liegt im einstelligen kW Bereich wie aus nachfolgender Tabelle 7 zu entnehmen ist. Es gibt lediglich zwei größere Anlagen mit je 18 kW die für die Seewasserkühlung erforderlich sind.

Die Wirkungsgrade kleiner Kälteanlagen sind in der Regel recht gering. Da aber die Rückkühlung mittels einer Ringleitung (Süßwasser gekühlt über Seewasser) mit sehr niedrigen Temperaturen erfolgt, kann man von etwas besseren Wirkungsgraden (COP = Coefficient of Performance) ausgehen. Der COP gibt den Nutzen zum Aufwand an. Bei einer strombetriebenen Kältemaschine ist der Aufwand der Stromverbrauch und der Nutzen die Kälteenergie die daraus erzeugt wird. Übliche durchschnittliche Werte liegen bei 3. Dies bedeutet, dass mit dem Einsatz von 1 kWh Strom 3 kWh Kälte bereitgestellt werden (incl. Hilfsstrom für Pumpen etc.).

Die Tabelle 7 zeigt den derzeit vorhandenen Strombedarf für den Betrieb der Klimakammern incl. der Seewasserkühlung.

Lfd Nr.	Hersteller	Typ	Nutzung	Kälteleistung	COP	Leistung Verdichter	Laufzeit	Strombedarf [kWh]	Bemerkung
1	Bitzer	2KC-05.2	Klimakammern	1.2 kW	3.2	0.38	1500	563	1,2 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
2	Bitzer	2KC-05.2		1.2 kW	3.2	0.38	1500	563	1,2 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
3	Bitzer	2KC-05.2		1.2 kW	3.2	0.38	1500	563	1,2 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
4	Bitzer	2KC-05.2		1.2 kW	3.2	0.38	1500	563	1,2 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
5	Bitzer	2FC-05.2Y		3.4 kW	3.2	1.06	1500	1'594	3,4 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
6	Bitzer	2FC-05.2Y		3.4 kW	3.2	1.06	1500	1'594	3,4 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
7	Bitzer	2FC-05.2Y		3.4 kW	3.2	1.06	1500	1'594	3,4 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
8	Bitzer	2JC-07.2Y		3.27 kW	3.8	0.86	1500	1'291	3,27 kW bei 5° Verdampfungstemperatur
9	Bitzer	2HC-2.2 Y		3.27 kW	3.8	0.86	1500	1'291	3,3 kW bei 5° Verdampfungstemperatur
10	Bitzer	2CL- 3.2Y		5.10 kW	3.2	1.59	1500	2'391	5,1 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
11	Bitzer	2FC-22Y-40S		2.60 kW	3.2	0.81	1500	1'219	2,6 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
12	Bock	AM 3/ 153-4		4.10 kW	2.6	1.58	1500	2'365	4,1 kW bei -25° Verdampfungstemperatur
13	Bock	AM 2/ 95-4		2.50 kW	2.4	1.04	1500	1'563	2,5 kW bei -25° Verdampfungstemperatur
14	Bock	AM 2/121-4		6.40 kW	3.2	2.00	1500	3'000	6,4 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
15	Bitzer	2FC 2.2Y		6.50 kW	2.6	2.50	1500	3'750	
16	Bitzer	2HC 2.2Y		1.60 kW	3.2	0.50	1500	750	1,6 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
17	Bitzer	2JC-07.2Y		3.27 kW	3.8	0.86	1500	1'291	3,27 kW bei 5° Verdampfungstemperatur
18	Bitzer	2FC-22Y-40S		3.40 kW	3.2	1.06	1500	1'594	3,4 kW bei -10° Verdampfungstemperatur
19	Bock	HGX 4/650-4	Seewasserkühlung	18.00 kW	2.6	6.92	1000	6'923	18 kW bei -20° Verdampfungstemperatur
20	Bock	HGX 4/650-4	Seewasserkühlung	18.00 kW	2.6	6.92	1000	6'923	18 kW bei -20° Verdampfungstemperatur

Verdichterleistung Energiebedarf
 93.0 kW Gesamt = 32.2 kW Gesamt = 41'381 kWh

Tabelle 7: Zusammenstellung Kleinkältemaschinen und angenommener Strombedarf

Die angenommenen Laufzeiten der Kompressoren wurden im Zuge der weiteren Planung angepasst, da eine realistische Abschätzung des Kältebedarfs erforderlich wird, da die Abwärme aus diesen Klimakammern in Zukunft ja zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden soll. Aus diesem Grund werden die Wärmegewinne - und damit der Kältebedarf - einer Klimakammer üblicher Größe (Abmaße 3 m x 5 m x 3 m B x T x H) ermittelt. Auf die Ermittlung des Kältebedarfs der Klimakammern nach dem Umbau wird in Kapitel 7.2 eingegangen.

3.2.4 Druckluftkompressoren

Es stehen insgesamt 4 Druckluftkompressoren mit einer Leistung von je 7.5 kW zur Verfügung wie aus Tabelle 8 hervorgeht.

Lfd Nr.	Hersteller	Typ	Betriebsdruck	Liefermenge	Motorleistung	Laufzeit	Strombedarf [kWh]
1	Kaeser	SM 11	7.5	1.20 m ³ /min	7.5 kW	2000	15'000
2	Kaeser	SM 11	7.5	1.20 m ³ /min	7.5 kW	2000	15'000
3	Kaeser	SM 11	7.5	1.20 m ³ /min	7.5 kW	2000	15'000
4	Kaeser	SM 12	7.5	1.20 m ³ /min	7.5 kW	2000	15'000

Motorleistung Gesamt = 30.0 kW 60'000 kWh

Tabelle 8: Zusammenstellung Druckluftkompressoren und angenommener Strombedarf

Ein genauer Bedarf für Druckluft konnte nicht ermittelt werden, jedoch ist lt. Aussage des Hautechnikbüros Pahl und Jacobsen die Luftleistung beachtlich, was bedeutet, dass für die zukünftige Planung ein genauere Luftbedarf noch zu ermitteln ist. Für die weitere Planung wird von zwei Kompressoren mit einer elektrischen Leistung von 15 kW ausgegangen. Dies ist, wie auch bei den Klimakammern, von Bedeutung da auch die Druckluftkompressoren im Betrieb gekühlt werden müssen und die Abwärme zu Heizzwecken genutzt werden kann.

3.2.5 Pumpen

Pumpen werden in der BAH für die Seewasseraquarien wie auch für die Ringkühlleitung benötigt. In der Tabelle 9 sind die wichtigsten Pumpen aufgeführt.

Lfd Nr.	Hersteller	Typ	Nutzung	Fördermenge	Förderhöhe	Antriebsleistung	Laufzeit	Strombedarf [kWh]
1	Friatec	FNC 65/320 CN2	Ansaugpumpen Seewasser für Plattenkühler Ringkühlung	40 m ³ /h	11 m	2.4 kW	6000	14'400
2	Friatec	FNC 65/320 CN2		40 m ³ /h	11 m	2.4 kW	6000	14'400
3	ASV Stübbe	NB 40-200	Umwälzpumpen Süßwasser für Ringkühlleitung	20 m ³ /h	12 m	1.5 kW	6000	9'000
4	ASV Stübbe	NB 40-200		20 m ³ /h	12 m	1.5 kW	6000	9'000
5	ASV Stübbe	NM 65 - 315	Pumpen zum Befüllen der Hochbehälter unfiltriert/ filtriert zur Versorgung vom Aquarium und Wissenschaft Haus C	50 m ³ /h	30 m	11.0 kW	500	5'500
6	ASV Stübbe			50 m ³ /h	30 m	11.0 kW	500	5'500
7	ASV Stübbe			50 m ³ /h	30 m	11.0 kW	500	5'500
8	ASV Stübbe			50 m ³ /h	30 m	11.0 kW	500	5'500
9	ASV Stübbe	NB 40-200		20 m ³ /h	12 m	1.5 kW	6000	9'000

Antriebsleistung Gesamt = 53 kW

Gesamt = 77'800 kWh

Tabelle 9: Zusammenstellung wesentliche Pumpen und angenommener Strombedarf

Das installierte hydraulische System kann als nicht optimal bezeichnet werden, da z.B. die Ringkühlung größtenteils in Betrieb sein muss, um die Abwärme der Kleinkältemaschinen aufzunehmen. Dies erfordert einen sehr hohen Strombedarf für die Pumpen. Gleichzeitig wird die Abwärme in die Nordsee abgeleitet und nicht genutzt.

Das Wasser für die Aquarien kann ebenfalls einfacher über Filtersysteme erzeugt werden, wodurch auch hier Pumpenstrom eingespart werden kann (vgl. Haustechnikkonzept Pahl & Jacobsen).

3.3. Energiekosten, Energiebedarf und CO₂ Emissionen

In einem ersten Ansatz wurde der Energiebedarf des BAH analysiert. Dazu standen aufbereitete Tabellen der BAH über mehrere Jahre zur Verfügung, die den monatlichen Wärmebedarf aufzeigen. Die Daten für den Strombedarf wurden als jährliche Summe zur Verfügung gestellt.

Die Energiekosten der BAH die dem Antrag für die DBU zugrunde liegen zeigen einen eindeutigen Trend nach oben und auf einem sehr hohen Niveau. Die jährlichen Heizkosten betragen rd. 145.000.-€ und sind somit seit dem Jahr 2000 um rd. 40% gestiegen.

Der Gesamtbedarf für Heizung (und Warmwasser) lässt sich zu rd. 1.380 MWh/a berechnen, wenn man einen spezifischen Wärmepreis von 0.105 €/kWh zugrunde legt (vgl. Abbildung 7).

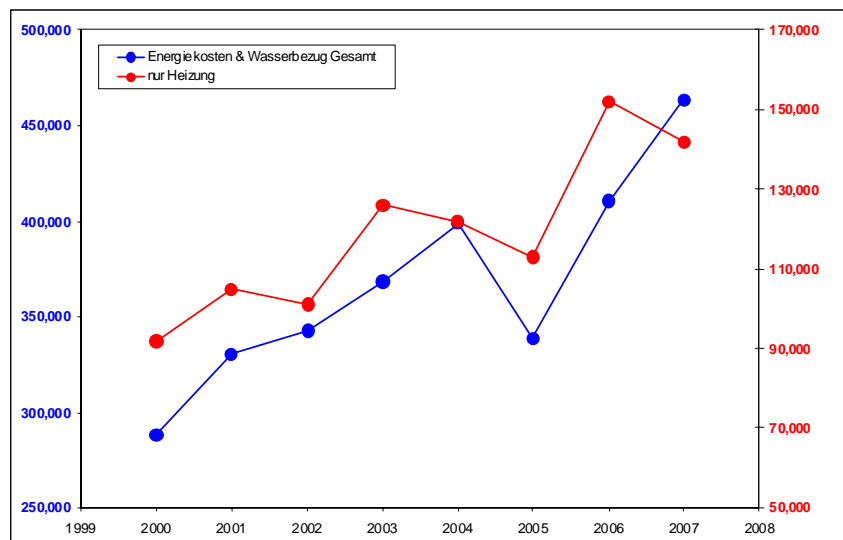


Abbildung 6: Jährliche Kosten für Heizung und Energiekosten & Wasserbezug gesamt in €

3.3.1 Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf für das Haus C und das Aquarium beträgt im Jahr 627.1 MWh/a wie aus Tabelle 10 zu entnehmen

ist. Damit entstehen für das Haus C und das Aquarium insgesamt Kosten von rd. 66.000 €

2008	Verbrauch	Kosten in €
Monat	in MWh	inkl. MwSt
Haus C / Aquarium		
Januar	76.43	6'492.10
Februar	80.70	6'791.00
März	85.78	7'146.60
April	62.65	5'527.50
Mai	39.62	4'303.68
Juni	20.31	2'762.74
Juli	18.54	2'621.49
August	17.57	2'651.71
September	25.22	3'739.66
Oktober	50.71	6'365.13
November	55.96	6'905.88
Dezember	93.56	10'778.68

	gesamt	627.1 MWh/a	66'086 €
Bezugsfläche	4800 m ²	130.6 kWh/m ² a	0.105 Cent/kWh
Bezugsfläche	2900 m ²	216.2 kWh/m ² a	

Tabelle 10: Monatlicher Wärmebedarf und Gesamtwärmebedarf Haus C und Aquarium für das Jahr 2008

Die Analyse zeigt auch, dass die aufgeführten Kosten für Heizung noch andere Gebäude beinhalten muss, die vermutlich ebenfalls dringend saniert werden sollten, da noch ein Wärmebedarf von rd. 753,852 kWh/a verbleibt der sich aus den Kosten ermittelt.

Der spezifische Wärmebedarf von Haus C und dem Aquarium ist bezogen auf die gesamte Fläche der BAH mit 130 kWh/m²a noch nicht übertrieben hoch. Da aber davon ausgegangen werden kann, dass im UG wie auch im Aquarium einige Bereiche nicht oder nur gering beheizt werden, kann man auch die Bezugsfläche auf rd. 2900 m² verringern, wodurch der spezifische Wärmebedarf auf 216 kWh/m²a ansteigt. Dies ist sicher ein realistischer Wert für das Gebäude unter Berücksichtigung der Nutzung incl. Labortechnik.

3.3.2 Strombedarf

Der Strombedarf hat eine ähnliche Größenordnung wie der Heizwärmebedarf und beträgt für das Jahr 2008 664 MWh/a. Der durchschnittliche Strompreis beträgt 0.167 €/kWh. Die Jahreskosten belaufen sich auf über 110.000 €/a.

2008	Verbrauch	Kosten in €
Haus C / Aquarium		
gesamt	664.0 MWh/a	110'626 €
Bezugsfläche	4800 m ²	138.3 kWh/m ² a
Bezugsfläche	2900 m ²	229.0 kWh/m ² a

Tabelle 11: Strombedarf und jährliche Kosten für das Jahr 2008

Mit der Analyse der Anlagentechnik und des damit einhergehenden Strombedarfs kann eine Übersicht gegeben werden wie

sich der Strombedarf unter den getroffenen Annahmen für die BAH aufteilt. In nachfolgender Abbildung 7 ist dies in Form eines Kuchendiagramms dargestellt.

Dabei wurden für Licht noch eine spezifischer Bedarf von 20 kWh/m²a angesetzt und für Computer, (Mess)Geräte, Serverräume etc. 55 kWh/m²a.

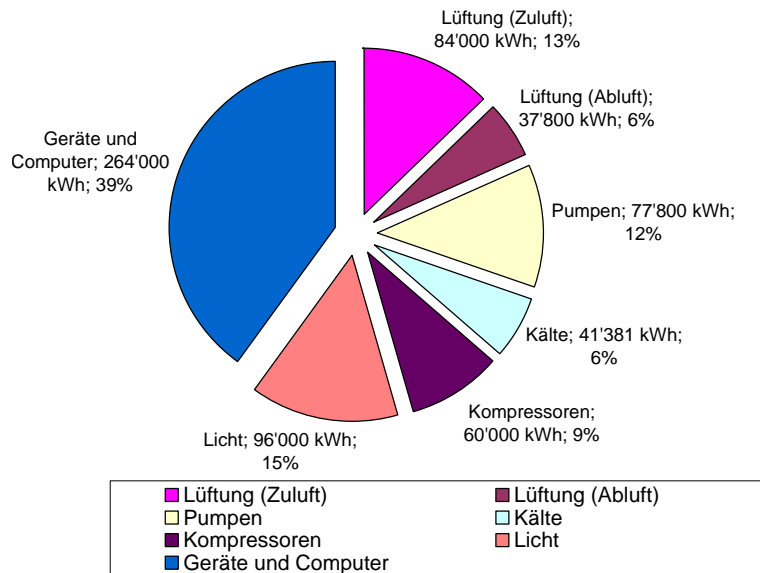


Abbildung 7: Aufteilung Strombedarf auf einzelne Verbrauchsgruppen

Aus der Graphik geht hervor, dass man durch eine Gebäudesanierung auf rd. 60% des Strombedarfs Einfluss ausüben kann. Insbesondere lässt sich der Strombedarf für Licht durch effiziente Leuchtmittel, Präsenzmelder und Tageslichtsensoren nahezu halbieren. Auch im Bereich der Pumpen und bei der Lüftung lassen sich große Einsparungen realisieren.

3.3.3 CO₂-Emissionen

Der Wärme- und Strombedarf der BAH verursacht jährlich CO₂ Emissionen von rd. 600.000 kg/a. Da Helgoland seit kurzem über ein Stromkabel an das Stromnetz des Festlandes angeschlossen ist, wird für die Berechnung der CO₂-Emissionen der Bundesdurchschnitt verwendet. Für Strom werden 596 g/kWh und für die Wärmeerzeugung über Öl im Inseleigenen Kraftwerk 320 g/kWh angesetzt. Eine „Gutschrift“ für die Stromerzeugung wird nicht berücksichtigt.

4. Dynamische Gebäudesimulation

4.1. Grundlagen zur Untersuchung

Die zur Bewertung des thermischen Komforts stehen Simulationsprogramme zur Berechnung der thermischen Vorgänge in Gebäuden zur Verfügung. Für die thermische Simulation wird das Simulationsprogramm TRNSYS (Transient System Simulation Program) eingesetzt, das die simultane Modellierung von thermischem Gebäudeverhalten, verschiedenen Heizungs- und Kühlsystemen sowie solaren bzw. konventionellen Anlagen zur Wärmeerzeugung erlaubt. Für diesen Untersuchungszweck wird das eigens mit der EMPA Dübendorf (Schweiz) entwickelte Modell zur Heiz-/Kühldeckenmodell eingesetzt. Weitere Informationen hinsichtlich thermisch dynamischer Gebäudesimulation ist im Anhang 8.1 beschrieben.

4.2. Randbedingungen der Simulation

Um bei dynamischen Simulationsprogrammen zu aussagefähigen Ergebnissen zu gelangen sind die Eingabewerte – die Randbedingungen – von entscheidender Bedeutung. Nachfolgend sind die klimatischen Randbedingungen sowie die baulichen Randbedingungen dokumentiert. Darüber hinaus wird auch auf die installierte Technik die Regelung und der Regelungsparameter eingegangen.

4.2.1 Klimatische Randbedingungen

Für den Standort Helgoland gilt das Testreferenzjahr 1 Bremerhaven wie aus dem nachfolgend dargestellten Kartenausschnitt des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zu entnehmen ist.



Abbildung 8: Ausschnitt Karte des Deutschen Wetterdienstes mit Klimaregionen

Der Messdatenbereich umfasst für die Standardjahre die Messperiode von 1961 bis 1990. Zusätzlich zum Standardjahr stehen

für jede Region Extremdaten für 3 Wintermonate und 3 Sommermonate zur Verfügung. Aus diesen Datensätzen zusammen mit dem Standardjahr wurde ein „künstliches“ Extremjahr erstellt. Die Extremjahrdaten sind so beschaffen, dass sie für die Auslegung von Heiz- und Kühlanlagen geeignet sind.

Die Daten für extreme Witterungsabschnitte wurden aus der Analyse der Messperiode von 1961-Winter 1995/96 ermittelt. Bei einer Sortierung nach den kältesten Wintern und heißesten Sommer liegen diese Perioden an jeweils 3. Stelle. Dies wurde so gewählt um eine ökonomisch sinnvolle Auslegung mit diesen Daten zu ermöglichen.

Zum Vergleich wird in einem ersten Schritt die zur Verfügung stehenden Datensätze ausgewertet um einen Einblick für die klimatischen Verhältnisse an dem Standort zu erhalten. Zur Unterscheidung der Datensätze wird die Bezeichnung TRY_x eingeführt.

Testreferenzjahr

Testreferenzjahre liegen in stündlicher Auflösung vor. Aus diesen Werten wird auf den verwendeten Simulationszeitschritt von 0,25 Stunden interpoliert. Ein Testreferenzjahr (TRY) enthält den charakteristischen Wetterverlauf der entsprechenden Region. Die Jahresmittelwerte der meteorologischen Parameter wie Strahlung, Außentemperatur rel. Luftfeuchtigkeit etc. des Testreferenzjahrs entspricht den langjährigen Jahresmittelwerten der TRY-Region.

Die Region Bremerhaven zählt zu den gemäßigten Regionen Deutschlands. Das wird zum Beispiel deutlich in der Statistik sommerlicher Außentemperaturen. Die Anzahl der Stunden mit Temperaturen über 25°C liegt bei nur 10 Stunden pro Jahr. In anderen Regionen sind über 300 Stunden bis über 500 Stunden pro Jahr möglich.

Die jährliche horizontale Einstrahlungssumme liegt bei 998 kWh/m²a, die Jahresmitteltemperatur beträgt rd. 9.3°C.

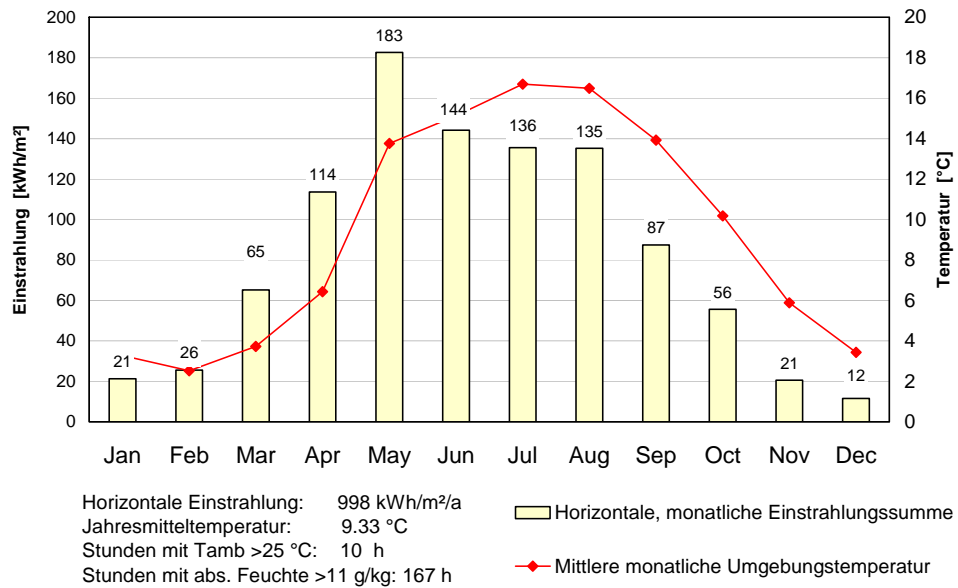


Abbildung 9: Statischste Daten Testreferenzjahr Bremerhaven

Dieses Testreferenzjahr ist zur Untersuchung des sommerlichen Überhitzungsverhaltens in einer extremen Schönwetterperiode nicht geeignet. Deshalb wird hierfür das Extremjahr des DWD herangezogen, im folgenden TRYx benannt.

Die Anzahl der Stunden mit Temperaturen über 25°C liegt bei 157 Stunden pro Jahr und liegt damit deutlich über einem typischen Jahr. Die jährliche horizontale Einstrahlungssumme liegt bei 1086 kWh/m²a, und liegt 88 kWh/m²a oder rd. 8% über dem Durchschnitt (vgl. mit Abbildung 9)

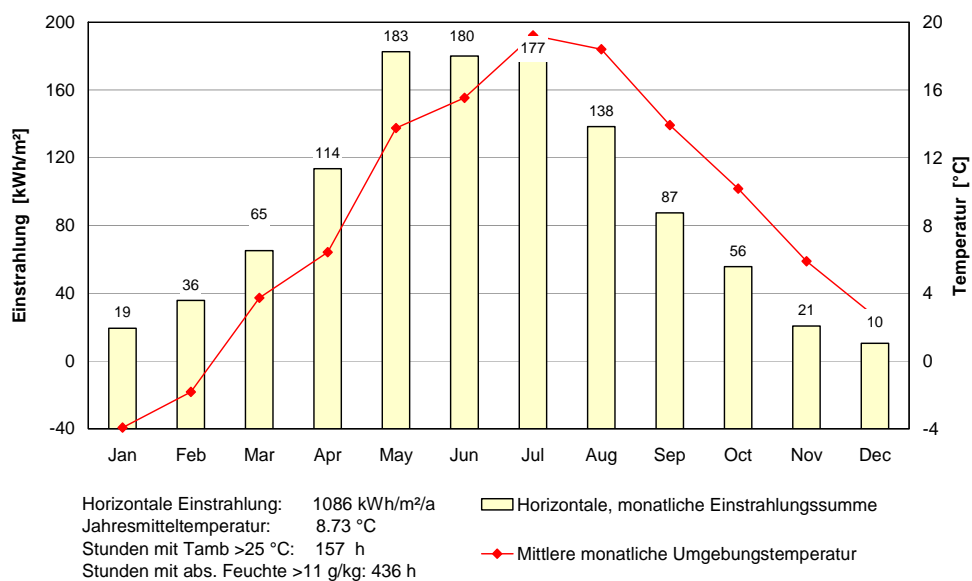


Abbildung 10: Statischste Daten Extremjahr Testreferenzjahr Bremerhaven (TRYx)

Aus Abbildung 11 ist der Jahresverlauf der Außentemperatur für das TRY12 und TRYx12 dargestellt. Zu erkennen ist, dass während der Sommer wie auch der Winterperiode extremere Temperaturen auftreten. Die Bereiche Herbst und Winter sind deckungsgleich da die gleichen Daten Verwendung finden.

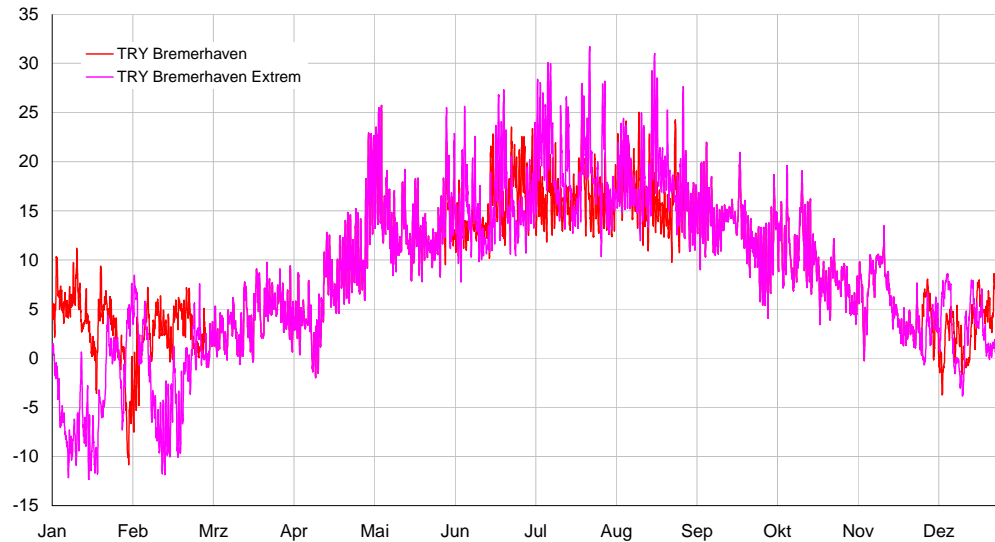


Abbildung 11: Jahresverlauf der Außentemperatur für das TRY und das TRYx

Die Abbildung 12 zeigt die auftretenden Stunden $> 25^{\circ}\text{C}$ im Vergleich.

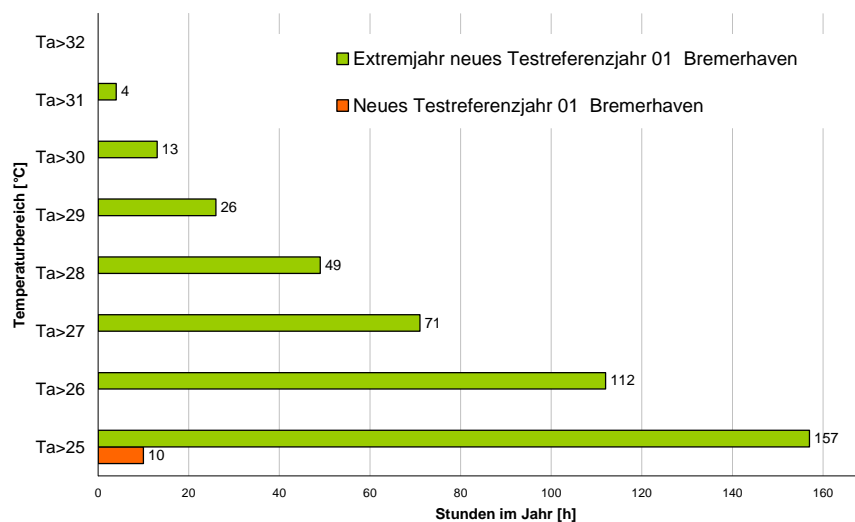


Abbildung 12: Vergleich der Statistik der Außentemperatur für die zwei Datensätze TRY und TRYx

Beim Vergleich der Windhäufigkeit unterscheiden sich die Datensätze nur unwesentlich wobei festgestellt werden kann, dass es fast nie Windstill ist.

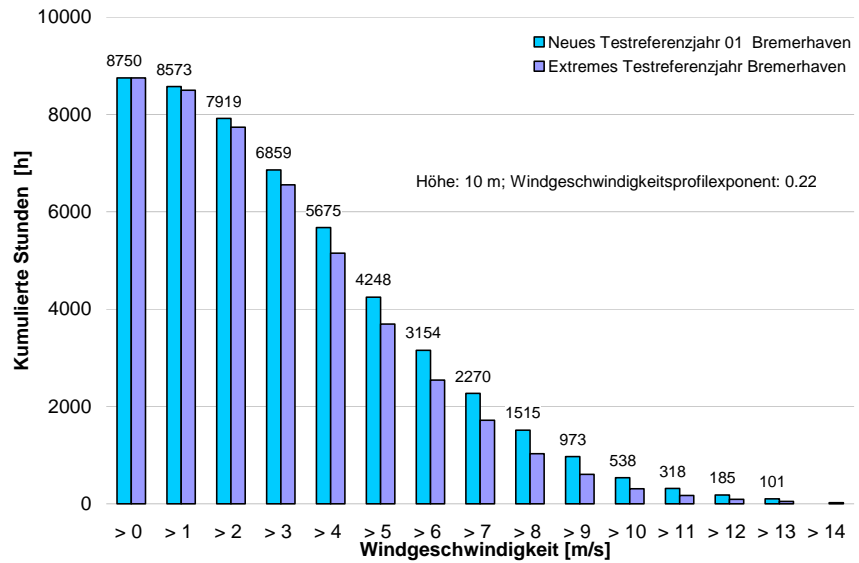


Abbildung 13: Vergleich der auftretenden Windgeschwindigkeiten für TRY und TRYx Bremerhaven

Die nachfolgenden Windrosen der zwei Datensätze zeigen ein recht unterschiedliches Bild. Die Hauptwindrichtung ist Südwest während aus Abbildung 15 keine eindeutige Windrichtung ablesbar ist.

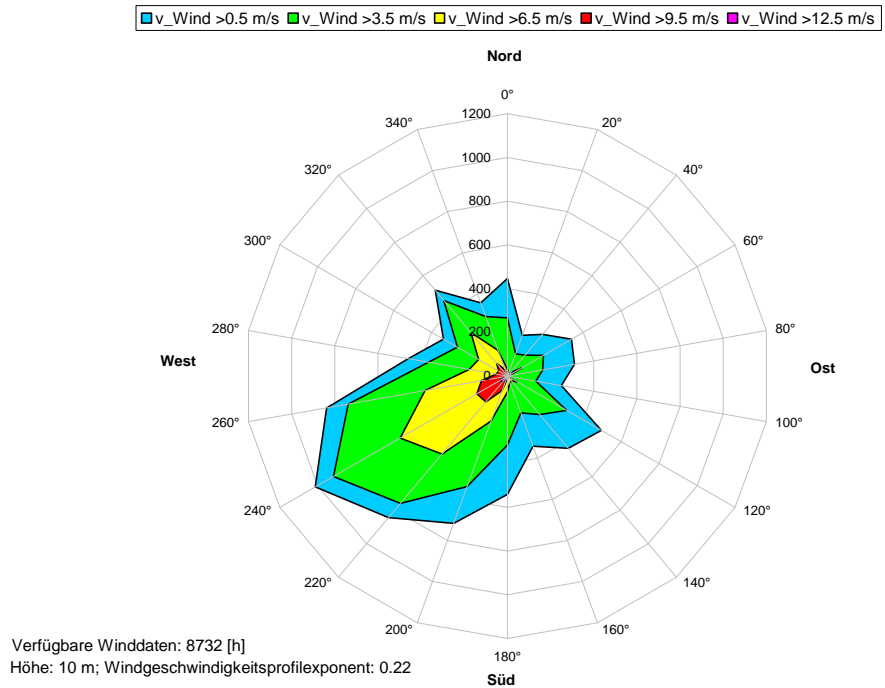


Abbildung 14: Windrose für TRY Bremerhaven

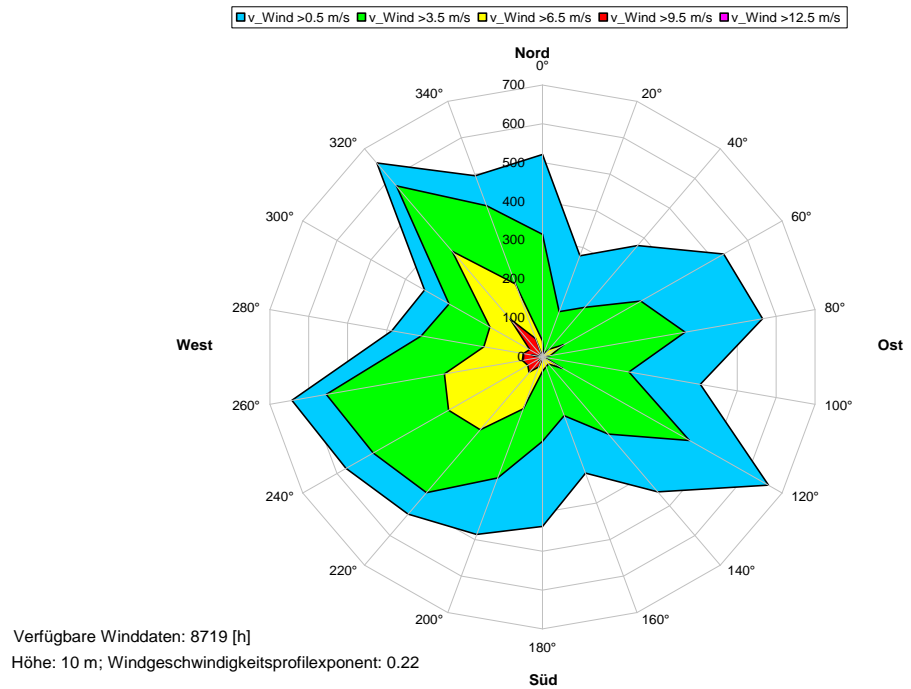


Abbildung 15: Windrose für TRYx Bremerhaven

4.2.2 Schlussfolgerung aus den Abbildungen

Die klimatischen Verhältnisse der nur ca. 60 km entfernten Insel werden ähnlich sein wie auf dem Festland in Bremerhaven. Lediglich die Windgeschwindigkeiten werden noch etwas höher sein und konstanter auftreten. Dies

Aufgrund der hohen Windgeschwindigkeiten ist auf eine hohe Luftdichtigkeit der Gebäudehülle zu achten um ungewollte Lüftungsverluste zu verringern. Andererseits erlaubt die hohe Windgeschwindigkeit die Nutzung von Windrädern oder auch die eine windunterstützte natürliche Lüftung.

Aufgrund der hohen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten ist der übliche Ansatz für die Berechnung der „ungewollten“ Lüftungsverluste (Infiltration) nicht ausreichend. Deshalb wird ein anderer Ansatz gewählt der die Windgeschwindigkeit berücksichtigt.

Auch wenn die letzten Jahre zeigen dass immer häufiger sommerliche Extrempereoden auftreten ist die Insel Helgoland aufgrund Ihrer Lage nach weniger betroffen. Die Simulationen werden deshalb mit dem typischen Testreferenzjahr durchgeführt und nur im Bedarfsfall zum Aufzeigen der Funktion des Energiekonzepts auch mit dem Extremjahr durchgeführt.

4.3. Thermische Zonen

In nachfolgendem Abschnitt wird auf die untersuchten thermischen Zonen und die zugehörigen Flächen aufgezeigt.

4.3.1 Untersuchte thermische Zonen

Für die Untersuchung werden ein Büroraum im DG mit einer Fassade nach Südwest sowie ein Laborraum mit einer Fassadenseite nach Nordost. In Abbildung 16 ist der Grundriss des DG dargestellt, in dem die untersuchten thermischen Zonen gekennzeichnet sind. Der Büroraum im Dachgeschoss ist in der derzeitigen Nutzung so nicht vorhanden wurde aber für die Berechnung des Energiebedarfs so angesetzt da es die ungünstigste Variante darstellt.

Aus der Abbildung ist auch ersichtlich, dass das Gebäude um ca. 45° aus der Hauptorientierung gegen den Uhrzeigersinn gedreht ist, wodurch die Südfassade zur Südwestfassade und die Nordfassade zur Nordostfassade wird.

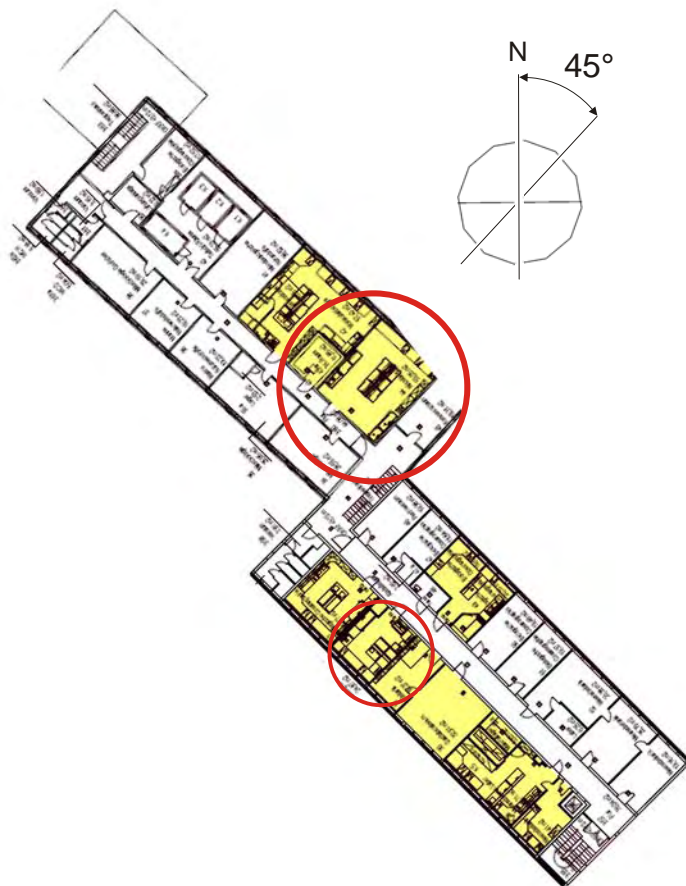


Abbildung 16: Grundriss Dachgeschoss mit schematischer Lage der untersuchten thermischen Zonen mit Nordpfeil und Drehung gegenüber Nord

Bürraum

Das Achsraster ist rd. 1.15 m. Ein Büro mit z.B. 3 Achsen kann z.B. mit 2 Arbeitsplätzen ausgestattet sein. Der Aufbau der Fassade ist in Abbildung 17 dargestellt.

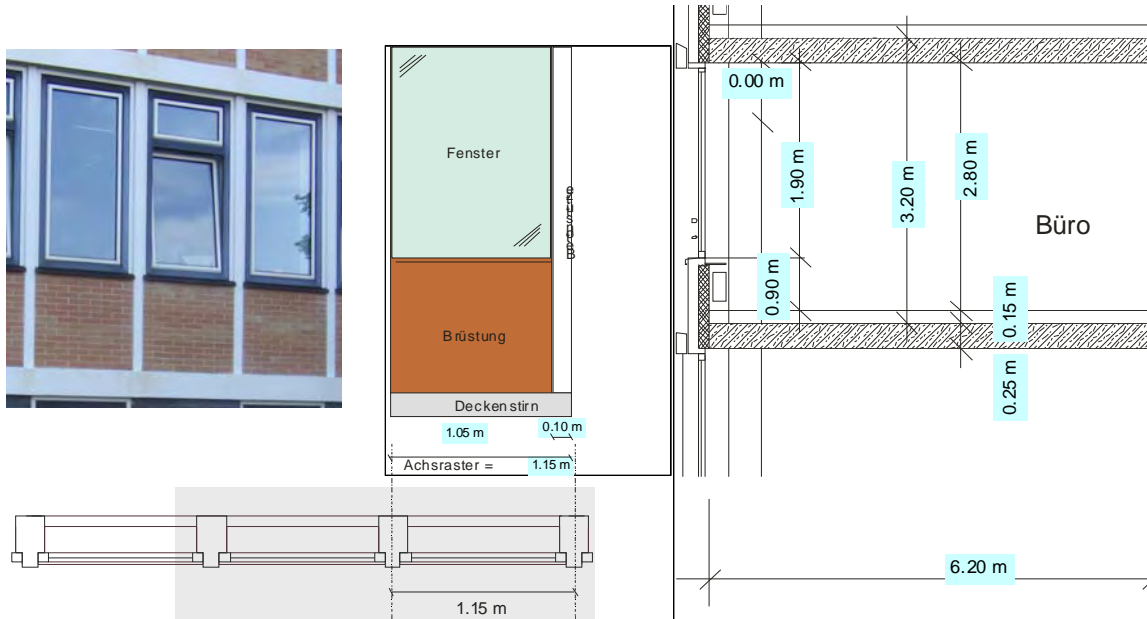


Abbildung 17: Schematische Fassadenansicht, Fassadenraster und Schnitt Büroraum

Die sich ergebenden thermisch relevanten Flächen sind der Tabelle 12 zu entnehmen.

Achsraster =	1.15 m	
Anzahl Achsen =	3	
Raumbreite =	3.45 m	
Raumhöhe =	3.20 m	
Raumtiefe =	6.20 m	
Abmaße (brutto)		
Grundfläche =	21.4 m ²	
Volumen =	59.9 m ³	
Fassadenflächen		
Gesamtfläche =	11.0 m ²	
Fensterfläche (gesamt) / Fensterflächenanteil =	6.0 m ²	54%
Brüstung =	2.8 m ²	
Betonstütze =	0.8 m ²	
Deckenstirn =	1.4 m ²	
Summe opake Wandfläche =	5.1 m ²	

Tabelle 12: Thermisch relevante Flächen Büroraum

Labor

Die Fassade des Laborraums unterscheidet sich nur in der Breite und in der Tiefe. Die Fassade selbst ist mit der des Büroraums identisch.

Die sich ergebenden thermisch relevanten Flächen sind der Tabelle 13 zu entnehmen.

Achsraster =	1.15 m	
Raumbreite =	6.90 m	
Raumhöhe =	3.25 m	
Raumtiefe =	8.60 m	
Anzahl Achsen =	6	
Abmaße (brutto)		
Grundfläche =	59.3 m ²	
Volumen =	169.1 m ³	
Fassadenflächen		
Gesamtfläche =	22.4 m ²	
Fensterfläche (gesamt) / Fensterflächenanteil =	12.3 m ²	55%
Brüstung =	5.7 m ²	
Betonstütze =	1.7 m ²	
Deckenstirn =	2.8 m ²	
Summe opake Wandfläche =	10.1 m ²	

Tabelle 13: Thermisch relevante Flächen Labor

4.4. Bauliche und bauphysikalische Randbedingungen

Nachfolgend sind die U-Werte der thermisch relevanten Wand-Dach- und Fensterflächen aufgeführt.

4.4.1 Büroraum

U-Wert Brüstung (Klinker/Beton): ca. 2.80 W/m²K

U-Wert Betonstütze: ca. 3.60 W/m²K

U-Wert Deckenstirn: ca. 3.60 W/m²K

U-Wert Dach (ca. 10 cm Dämmung) : ca. 0.36 W/m²K

Isolierverglasung

U-Wert Glas (ohne Rahmen): ca. 3.0 W/m²K

U-Wert Rahmen (Kunststofffenster): ca. 2.3 W/m²K

Tageslichttransmission τ : 80%

Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert): 60%

Rahmenanteil (Fenster ohne Oberlicht) : 20%

Die Undichtigkeit der Fassade konnte nur abgeschätzt werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Fassade wie auch Türen und Fenster relativ undicht sind. Bei einem angenommenen n50-Wert ergibt sich eine durchschnittlicher Luftwechsel durch Undichtigkeit von 0.35 1/h (n50-Wert siehe Anhang 8.4)

4.4.2 Labor

Die U-Werte der Laborfassade sind identisch zu den vorgeannten.

4.5. Technische Randbedingungen

4.5.1 Nutzungszeiten und Wärmegewinne

Interne Wärmegewinne werden im Sommer zu 100% als wirksam angesehen. Im Winter werden diese zur Berechnung eines

realistischen Energiebedarfs auf 50% reduziert. Dies soll die nur teilweise besetzten Arbeitsplatz berücksichtigen, andererseits gewährleisten, dass sich ein unrealistisch geringer Energiebedarf aufgrund hoher interner Wärmelasten entsteht. Die Nutzungszeiten sind von 8 bis 18 Uhr.

Beschreibung			Gesamt	spezifisch
Anzahl/Abwärme der Personen	2	75 W/Person	150 W	7 W/m ²
Anzahl/Abwärme der Computer	2	120 W/Computer	240 W	11 W/m ²
Installiertes Kunstlicht:	21.4 m ²	17 W/m ²	364 W	17 W/m ²
installierte Wärmegewinne excl. Kunstlicht			390 W	18 W/m²
installierte Wärmegewinne incl. Kunstlicht			754 W	35 W/m²

Tabelle 14: Interne Wärmegewinne - Büroraum

Beschreibung			Gesamt	spezifisch
Anzahl/Abwärme der Personen	4	75 W/Person	300 W	4 W/m ²
Anzahl/Abwärme der Computer	4	200 W/Computer	800 W	12 W/m ²
sonstige elektrische Geräte (Kühlschränke, Brutschränke etc.)	1	2'250 W/Gerät	2250 W	33 W/m ²
Installiertes Kunstlicht:	67.5 m ²	10 W/m ²	675 W	10 W/m ²
installierte Wärmegewinne excl. Kunstlicht			3350 W	50 W/m²
installierte Wärmegewinne incl. Kunstlicht			4025 W	60 W/m²

Tabelle 15: Interne Wärmegewinne - Labor

Zusätzlich werden noch solare Wärmelasten berücksichtigt. Je nach Sonnenstand und Sonnenschutzsystem entstehen über 50 W/m². Bei Fensterlüftung entstehen im je nach Außenbedingungen auch Lüftungsgewinne die berücksichtigt werden.

4.5.2 Sollwerte

Raumtemperaturen

Winter tags: 22 °C

Winter nachts: 15 °C

Sommer tags: gleitend entsprechend Leistung System

4.5.3 Technik/Regelung

Büro

Heizung: Referenzfall: Radiatorheizung

Lüftung tagsüber: manuelle Fensterlüftung, hygienischer Luftwechsel 0.85-facher LW

Ablüften: wenn $T_{\text{Raum}} > T_{\text{Außenluft}}$ und $T_{\text{Raum}} > 24^{\circ}\text{C}$

Nachtlüftung: Referenzfall – nicht vorhanden

Sofern vorhanden wird in Abhängigkeit der Außentemperatur und Raumtemperatur ein (ca. 3-facher Luftwechsel bei $dT = 5\text{ K}$ zw. Raum und Außen) Um den o. g. Luftwechsel zu erreichen wird ein ausreichender freier Lüftungsquerschnitt durch das Kipfenster angenommen.

Regelung: automatisch gesteuert ja

Schaltwerte: $T_{\text{amb},24} > 12^{\circ}\text{C}$ und $T_{\text{R}} > 24^{\circ}\text{C}$

Labor Lüftung tagsüber: mechanische Lüftung 25 m³/h
 → 8.8-facher LW gemäß Richtlinien reine Außenluft

Lüftung nachts: mechanische Lüftung 6 m³/h → 2.1-facher LW reine Außenluft

Heizung: Erwärmung der Außenluft auf eine Zulufttemperatur von 20°C

Keine Wärmerückgewinnung

Kühlung: nicht vorhanden

Regelung Kunstlicht: Beim Kunstlicht wird angesetzt, dass bei Überschreitung einer bestimmten Außenhelligkeit (Strahlungsintensität auf die Horizontale) das Licht nicht als Wärmegewinn wirksam wird.

Regelung Sonnenschutz: Um einen optimalen Nutzen des Sonnenschutzes zu gewährleisten wird angesetzt, dass der Sonnenschutz aber einer bestimmten Strahlungsintensität je Fassadenebene automatisch geschlossen wird. Wird ein Grenzwert unterschritten wird der Sonnenschutz automatisch geöffnet.

Schließen: 150 W/m²

Öffnen: 60 W/m²

Hinweis Es wird vorausgesetzt, dass eine automatische Steuerung (je Fassadenorientierung) den optimalen Betrieb insbesondere auch an den Wochenenden sicherstellt. Windeinflüsse werden nachfolgend nicht berücksichtigt da das Konzept einen windgeschützten Sonnenschutz vorsieht.

4.6. Variantenuntersuchung Büroraum

Mit Hilfe der thermischen Gebäudesimulation soll im wesentlichen der Einfluss verschiedener Dämmmaßnahmen auf den Wärmebedarf abgebildet werden. Für alle Varianten gelten die oben beschriebenen Randbedingungen. Die Abweichungen sind für die einzelnen Varianten nachfolgend beschrieben. Bei allen Varianten wird die installierte Lichtleistung von 17 W/m² angesetzt um den Einfluss der Regelung resp. der Glasqualität zu ermitteln. Eine geringere installierte Leistung, und oder eines effizienteren Systems – wie dies auch mit LED Leuchten möglich ist - wird zu weiteren Einsparungen führen.

Bei der Dichtigkeit der Gebäudehülle (die zu ungewollten Lüftungsverlusten führen) wird im Bestand von einem üblichen Wert ausgegangen. Bei der Verbesserung wird der Wert nicht zu günstig angesetzt, da bei einer Sanierung nicht zwingend alle Maßnahmen umgesetzt werden können um eine Dichtigkeit ähnlich eines Neubaus zu erreichen. Bei Planungen von Passivhäusern wird als Zielwert ein Undichtigkeitswert von 0.6 1/h angestrebt. Für die Untersuchung wird von einem Wert von 1 1/h ausgegangen.

Bei der Durchführung der Simulation sind noch Planungsparameter eingeflossen die in die Variantenuntersuchung ebenfalls noch eingeflossen sind. Zum besseren Verständnis ist die favorisierte Variante in Abbildung 18 dargestellt. Für die Ermittlung des Wärmebedarfs ist das Heizsystem von untergeordneter Bedeutung da nicht die Art der Wärme- resp. Energieerzeugung betrachtet werden soll.

Variante 0: Bestand

Variante 1: ☞ Erneuerung der Fenster (Verglasung und Rahmen)

Parameter der 2-fach Wärmeschutzverglasung:

U-Wert Glas (ohne Rahmen):	ca. 1.1 W/m ² K
U-Wert Rahmen:	ca. 1.6 W/m ² K
Tageslichttransmission τ :	78%
Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert):	60%

☞ Verringerung der Undichtigkeit der Gebäudehülle n50-Wert: 1.0 1/h auf ca. 0.15 1/h Winddruckabhängig berechnet – diese ist für alle nachfolgenden Varianten gleich

Variante 2: ☞ Erneuerung der Fenster (Verglasung und Rahmen)

Parameter der 3-fach Wärmeschutzverglasung:

U-Wert Glas (ohne Rahmen): ca. 0.65 W/m²KU-Wert Rahmen: ca. 1.6 W/m²KTageslichttransmission τ : 70%

Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert): 50%

Variante 2a: ☞ zusätzliche Verbesserung des Rahmens auf 1.2 W/m²K**Variante 3:** ☞ wie Variante 1 zusätzliche Innendämmung☞ Brüstung ca. 6 cm: U-Wert = 0.54 W/m²K☞ Betonflächen ca. 5 cm: U-Wert = 0.65 W/m²K☞ Dach 20 cm: U-Wert = 0.18 W/m²K**Variante 4:** ☞ wie Variante 3 jedoch mit 3-fach Wärmeschutzverglasung**Variante 5:** ☞ wie Variante 3 jedoch mit außenliegendem Sonnenschutz**Variante 6:** ☞ wie Variante 1 zusätzlich Außendämmung☞ Brüstung ca. 14 cm: U-Wert = 0.23 W/m²K☞ Betonflächen ca. 12 cm: U-Wert = 0.27 W/m²K☞ Dach 20 cm: U-Wert = 0.18 W/m²K

☞ ohne außenliegenden Sonnenschutz

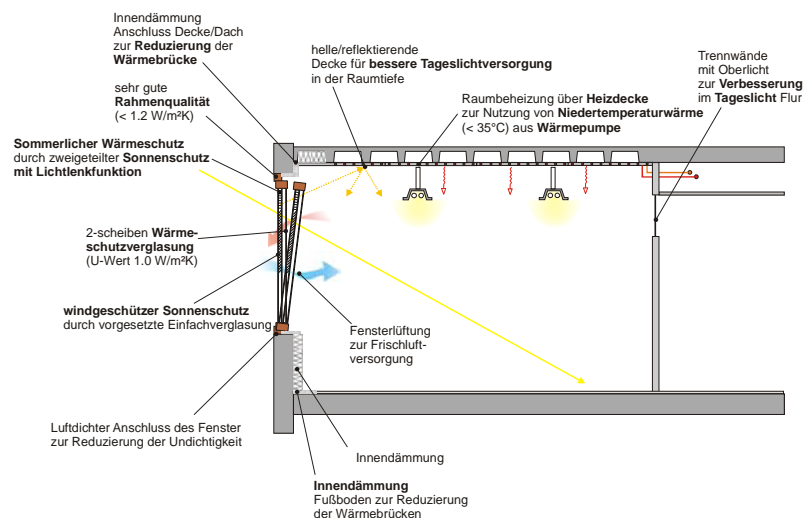
Variante 7: ☞ wie Variante 6 jedoch mit außenliegenden Sonnenschutz

Abbildung 18: Favorisierte Variante – Innendämmung mit Elementen des Energiekonzepts

4.6.1 Ergebnisse Thermische Gebäudesimulation von Büroraum Südwest

In nachfolgenden Abschnitten wird auf die Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulationen für die o. g. Varianten eingegangen. Die Simulationen werden für 1 Jahr durchgeführt.

Für die ausgewählte Bürozone ist der Einfluss der unterschiedlichen Sanierungsmassnahmen auf den Heizwärmebedarf und des Strombedarfs für Licht dargestellt. Bei der Bestandsvariante wurde davon ausgegangen, dass die Regelung des Kunstlichts gleich der sanierten Varianten ist da alle anderen Annahmen sehr ungenau wären.

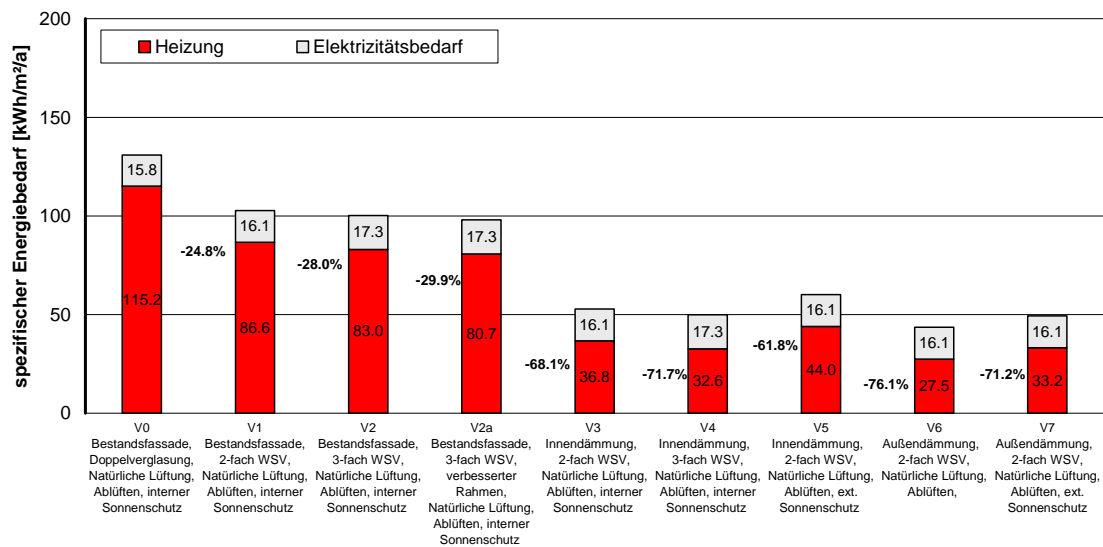


Abbildung 19: Vergleich des spezifischen Jahresenergiebedarfs und der erzielbaren Einsparungen für Raumheizung und Licht für die untersuchten Varianten

Aus dem Vergleich geht hervor, dass sich allein durch das austauschen der Fenster ein beachtlicher Wärmebedarf von ca. 25% einsparen lässt – insbesondere für die ausgewählte Orientierung Südwest. Bei der Kombination der Sanierungsmassnahmen (Wärmeschutzverglasung und Innendämmung) lassen sich beachtliche Einsparungen von rd. 68% erzielen.

Interessant ist, dass durch eine 3-fach Wärmeschutzverglasung, kein großer zusätzlicher Einspareffekt mehr erzielt werden kann (vgl. Variante 3 und Variante 4). Prozentual ergibt sich eine Reduzierung von rd. 12% zwischen Variante 3 und 4 was einer Einsparung 4.2 kWh/m²a entspricht.

Die 3-fach Verglasung führt u. a. deshalb nicht zu höheren Einsparungen, da einerseits der Rahmen einen nennenswerten Einfluss auf den Gesamt U-Wert des Fensterelements hat und bei der vorhandenen Fenstergröße einen relativ großen Anteil (ca. 20%) hat. Gleichzeitig weist die Klimaregion Bremerhaven statistisch gesehen eine geringere Anzahl von Stunden unter

0°C (ca. 350 Stunden < 0°C gegenüber ca. 650 Stunden < 0°C z.B. im Süden von Deutschland). Zum Verständnis muss hier erläutert werden, dass der U-Wert einer Verglasung eine Messgröße bei einer Temperaturdifferenz von 15 K ermittelt wird. Bei höherer Differenz steigt der U-Wert an. Dies kann bei einer 2-fach Wärmeschutzverglasung die einen gemessenen U-Wert von 1.1 W/m²K auf bis zu 1.5 W/m²K ansteigen bei einer Temperaturdifferenz von 32°C die sich bei Raumtemperaturen von 22°C und einer Außentemperatur von -10°C ergibt.

Eine 3-fach Verglasung weist dieses extreme Verhalten nicht auf wie aus Abbildung 20 hervorgeht. Aufgetragen ist die Veränderung des U-Wertes in Abhängigkeit der Außentemperatur bei einer konstanten Raumtemperatur von 22°C.

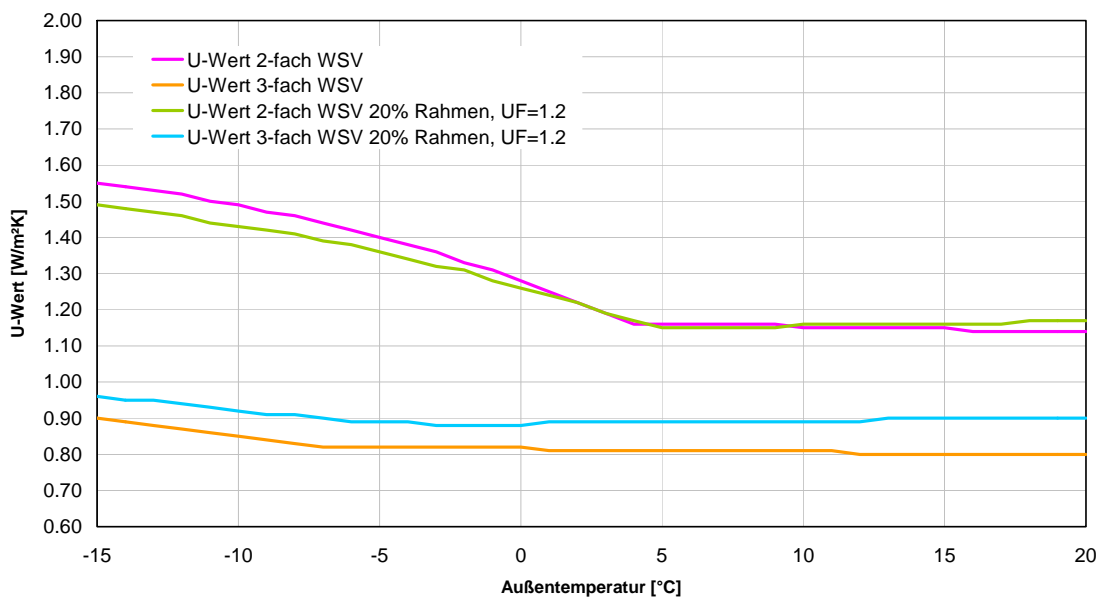


Abbildung 20: Vergleich des Einflusses des U-Wertes einer 2- und 3-fach Wärmeschutzverglasung über der Außentemperatur mit und ohne Einfluss des Rahmens

Mit der Variante V6 mit Außendämmung hat mit rd. 76% die höchste Einsparung gegenüber der Bestandsvariante. Aber auch gegenüber der Variante 3 mit Innendämmung kann noch eine Einsparung von rd. 9 kWh/m²a oder 25% erzielt werden. Grundsätzlich wäre diese Variante der Varianten mit Innendämmung vorzuziehen um einen möglichst geringen Heizwärmebedarf zu erzielen. Aus Denkmalschutzgründen ist dies aller Voraussicht nach schwierig zu realisieren – insbesondere mit den angenommenen Dämmstärken von rd. 14 cm auf der Außenwand.

Die oben beschriebenen Varianten haben in allen Fällen einen innenliegenden Sonnen-/Blendschutz. Um einen ausreichenden sommerlichen Wärmeschutz ohne Kühlung sicherstellen zu können wird für die Fenster ein außenliegender Sonnenschutz vorgeschlagen (der entsprechend windstabil ausgeführt werden

muss). Zieht man diesen in Betracht und geht davon aus, dass kein Blendschutz vorhanden ist, da davon ausgegangen wird, dass der außenliegende Sonnenschutz dann auch als Blendschutz „missbraucht“ wird hat das auf den Heizwärmebedarf einen negativen Effekt wie die Varianten 5 (mit Innendämmung) und Variante 7 (mit Außendämmung) aufzeigen. Der spezifische Heizwärmebedarf geht jeweils merklich nach oben. Eine intelligente Regelung des Sonnenschutzes, so dass dieser bei niedrigen Außentemperaturen geöffnet bleibt und der Installation eines Blendschutzes ist sinnvoll um ein Optimum zu erreichen.

Der erreichbare sommerliche Wärmeschutz wird mit Hilfe des Raumtemperaturverlaufs für eine wärmere Sommerperiode für die Variante 3 und 5 (jeweils mit Innendämmung) mit innen- resp. externem Sonnenschutz aufgezeigt werden. Dazu wird statt des bisher gewählten Testreferenzjahr das Extremjahr verwendet da das typische Jahr keine hohen Außentemperaturen aufweist.

In Abbildung 21 ist der Raumtemperaturverlauf für die Varianten V3 und V5 mit Innendämmung ohne und mit externem Sonnenschutz dargestellt. Die Raumtemperaturen ohne Sonnenschutz erreichen sehr hohe Werte bis über 34°C. Die Temperaturen für die Variante mit Sonnenschutz bleiben überwiegend unterhalb der Außentemperatur bis auf den letzten Tag. Berücksichtigt man noch eine Nachtlüftung (z.B. Kippstellung des Fensters) können immer Werte unter der Außentemperatur erreicht werden.

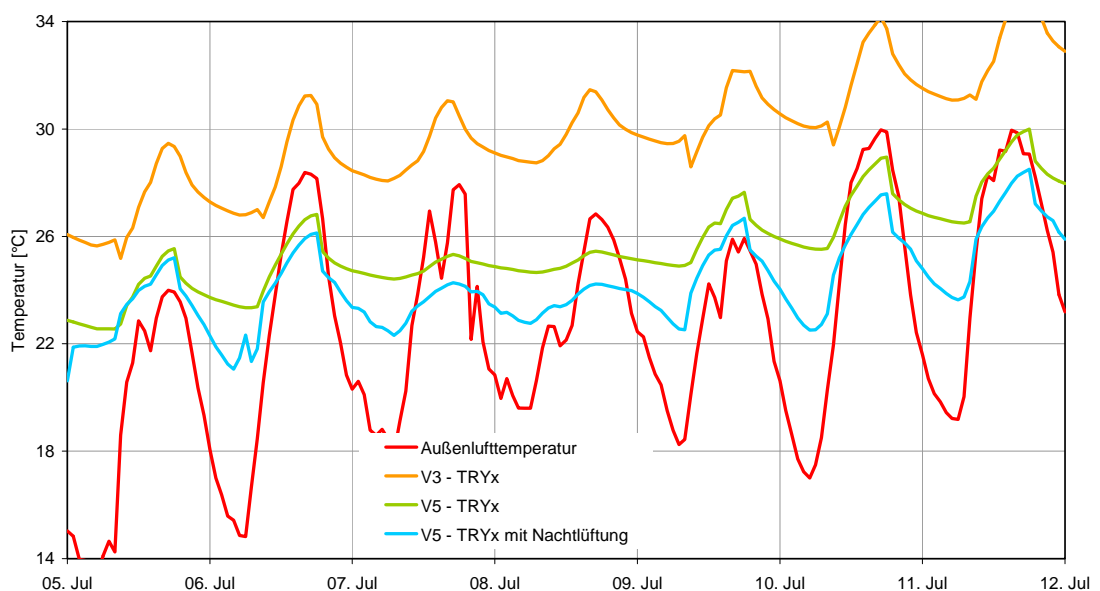


Abbildung 21: Vergleich des Raumtemperaturverlaufs für die Varianten 3 und 5 (mit Innendämmung) sowie die Variante 5 mit Nachtlüftung während einer sommerlichen Periode (Wetterdaten: TRYx Bremerhaven)

In Abbildung 22 ist die Temperaturstatistik dargestellt. Diese gibt die auftretenden Stunden der Übertemperatur des Raumes während der Arbeitszeit an. Während die Variante ohne Sonnenschutz stark überhitzt und in keinem Fall als komfortabel angesehen werden kann ist. Dennoch werden bei Variante 5 ohne Nachtlüftung auch Raumtemperaturen von 29°C erreicht. Eine deutliche Verbesserung wird erreicht, wenn zusätzlich noch eine Nachtlüftung berücksichtigt wird.

Da die Untersuchung mit Hilfe der extremen Wetterdaten durchgeführt wurde, ist in der Regel aber nicht geringeren Raumtemperaturen zu rechnen. Grundsätzlich kann mit dem vorgeschlagenen Heizdeckensystem aber auch im Bedarfsfall gekühlt werden.

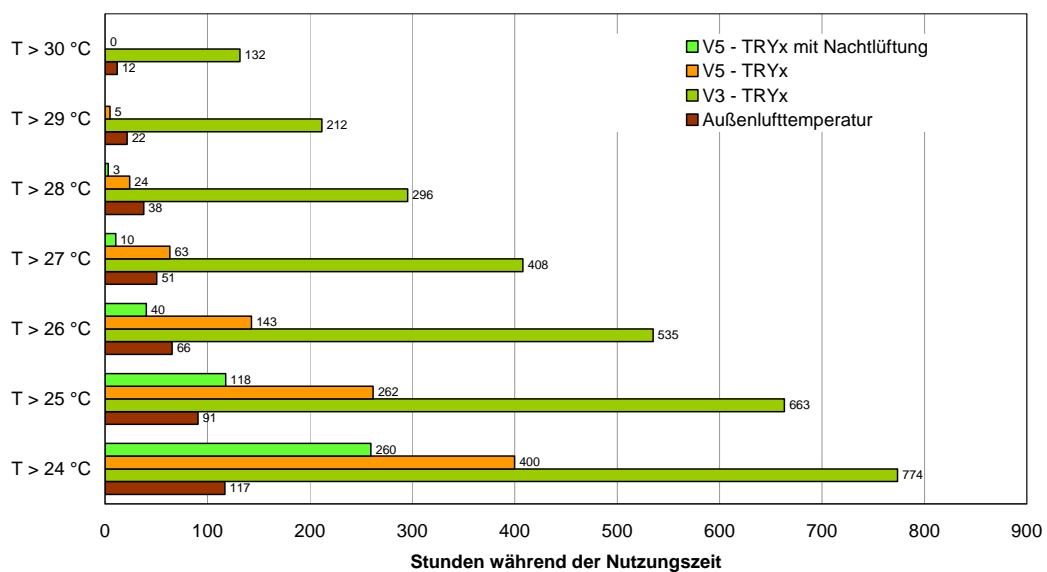


Abbildung 22: Temperaturstatistik der Raumtemperatur für die Varianten 3 und 5 (mit Innendämmung) sowie die Variante 5 mit Nachtlüftung während einer sommerlichen Periode (Wetterdaten: TRYx Bremerhaven)

4.7. Variantenuntersuchung Labor

Für die ausgewählte Laborzone wird ebenfalls mit Hilfe der thermischen Gebäudesimulation der Einfluss verschiedener Faktoren auf den Wärmebedarf untersucht werden. Für alle Varianten gelten die oben beschriebenen Randbedingungen. Die Abweichungen sind für die einzelnen Varianten nachfolgend beschrieben.

Variante 0: Bestand

Variante 1: ☞ Erneuerung durch 2-fach Wärmeschutzverglasung (WSV)

Variante 2: ☞ Erneuerung durch 3-fach Wärmeschutzverglasung

Variante 3: wie Variante 1 zusätzliche Innendämmung

- ☞ Brüstung ca. 6 cm: U-Wert = 0.54 W/m²K
- ☞ Betonflächen ca. 5 cm: U-Wert = 0.65 W/m²K
- ☞ Dach 20 cm: U-Wert = 0.18 W/m²K

Variante 4 wie Variante 0

- ☞ zusätzlich Wärmerückgewinnung in der Lüftungsanlage Wirkungsgrad Wärmerückgewinnung $\eta = 0.7$

Variante 5 alle Maßnahmen kombiniert,

- ☞ Innendämmung + 2-fach WSV
- ☞ zusätzlich Wärmerückgewinnung in der Lüftungsanlage Wirkungsgrad Wärmerückgewinnung $\eta = 0.7$

4.7.1 Ergebnisse Thermische Gebäudesimulation Labor Nordost

Für die ausgewählte Laborzone ist der Einfluss der unterschiedlichen Sanierungsmassnahmen auf den Heizwärmebedarf in Abbildung 23 dargestellt.

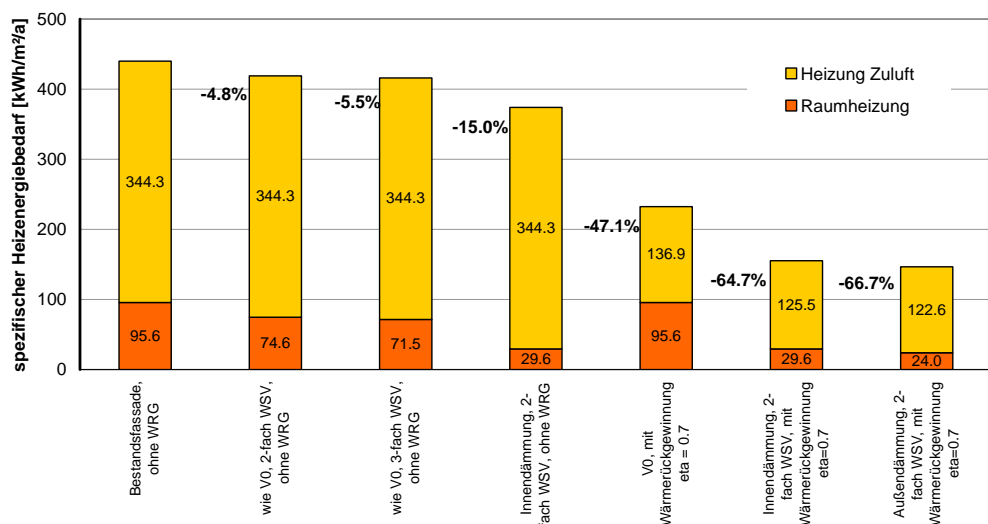


Abbildung 23: Vergleich des spezifischen Jahresenergiebedarfs für Raumheizung und Zulufterwärmung

Es zeigt sich deutlich, dass der spezifische Heizwärmebedarf maßgeblich durch die Lüftung verursacht wird die derzeit ohne Wärmerückgewinnung betrieben wird.

Die Transmissionsverluste belaufen sich auf nur ca. 20% des Gesamtbedarfs. Die Einsparung durch eine Fassadensanierung ist entsprechend gering. Hier spielt somit auch die Wahl der Verglasung eine untergeordnete Rolle. Alle Maßnahmen kom-

biniert, ermöglicht jedoch eine Energieeinsparung von ebenfalls > 60%. Diese lassen sich noch erhöhen wenn die Lüftungsanlage während der Nachtstunden abgestellt werden kann. Ebenfalls sollten die Räume mit einem Präsenzmelder ausgestattet werden, so dass auch im Tagbetrieb die Lüftung reduziert werden kann, sofern ein Raum und oder die Digestorien nicht genutzt wird.

Dies ist auch deshalb anzustreben, da der Strombedarf für den Lufttransport ebenfalls einen erheblichen Energieaufwand darstellt. Bei einer spezifischen Ventilatorleistung SFP 5 (specific fan power) für die Zuluft und SFP 3 für die Abluft gemäß DIN EN 13779 (vgl. Tabelle 16) ergibt sich ein Strombedarf von rd. 60 kWh/m²a. Die Berechnung hierfür ist in Anhang 8.3 dargestellt.

Kategorie	P_{SFP} in W · m ⁻³ · s
SFP 1	< 500
SFP 2	500 – 750
SFP 3	750 – 1 250
SFP 4	1 250 – 2 000
SFP 5	2 000 – 3 000
SFP 6	3 000 – 4 500
SFP 7	> 4 500

Tabelle 16: Klassifizierung der spezifischen Ventilatorleistung

4.8. Schlussfolgerungen

Die Schlussfolgerungen aus den Simulationen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

4.8.1 Büroflächen

- Eine Reduktion des Wärmebedarfs von größer 60% ist auch mit einer Innendämmung erreichbar. Mit einer Außendämmung werden Energieeinsparungen von > 70% erreicht.
- Eine 3-fach Verglasung mit einem Rahmenanteil von rd. 20% und dem milden Klima führt zu einer geringen zusätzlichen Energieeinsparung. Unter Berücksichtigung des favorisierten Fensterelements (vgl. Kapitel 6) mit einer zusätzlichen Scheibe für eine windstabile Ausführung im Scheibenzwischenraum würde zu einem 4-Scheibenaufbau führen und den Tageslichtquotient reduzieren und den entsprechenden Einspareffekt beim Heizwärmebedarf aufgrund des Mehrbedarfs an Kunstlicht kompensieren.
- Ein externer Sonnenschutz führt zu geringeren solaren Wärme gewinnen wodurch die Energieeinsparung reduziert wird. Ein zusätzlicher innenliegender Blendschutz erlaubt den Sonnenschutz im Winter (bei Heizbedarf) geöffnet zu lassen und dennoch einen blendfreien Arbeitsplatz zu realisieren
- Eine Kühlung für normale Büroräume ist nicht erforderlich sofern ein aussenliegender Sonnenschutz resp. ein Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum eingesetzt wird. Zur Vermeidung von Überhitzung – insbesondere unter extremen sommerlichen Bedingungen ist eine zusätzliche Nachtlüftung anzustre-

ben. Diese automatisiert auszuführen ist nicht zwingend erforderlich. Grundsätzlich kann unter extremen Bedingungen die Heizdecke als Kühldecke eingesetzt werden und mit freier Kühlung über die Nordsee eine Spitzenkühlung erreicht werden ohne nennenswerten zusätzlichen Energieaufwand da nur Pumpenstrom für den Kühldeckenkreis erforderlich ist.

4.8.2 Labore

- In Laborräumen spielen die Lüftungsverluste eine dominierende Rolle, so dass der verbesserte Wärmeschutz durch eine Außendämmung der Fassade gering ist wenn man die bauphysikalischen Probleme unberücksichtigt lässt. Eine Reduktion des Wärmebedarfs von größer 60% ist erreichbar, wenn ein sehr hoher Wärmerückgewinnungsgrad von $\geq 70\%$ in der Lüftungsanlage erreicht wird und zusätzlich der überwiegende Teil aus den Digestorien der Wärmerückgewinnung zugeführt werden.
- Mit einer Außendämmung wäre eine Energieeinsparung von weiteren 2% möglich. Dies entspricht einer weiteren absoluten Einsparung von 8.5 kWh/m²a.
- Die Digestorien wie auch die Laborlüftung sollten generell mit Präsenz und Nutzungszeiten betrieben werden, so dass auch im Betrieb nicht genutzte Labore und Digestorien etc. ganz abgeschaltet werden können. Mit Volumenstromreglern lässt sich dies bewerkstelligen.
- Der hohe Strombedarf für den Lufttransport ist durch geeignete Wahl der Komponenten (Ventilatoren, Frequenzumformer etc.) und einer druckverlustarmen Auslegung zu optimieren. Optional sollten für besondere Bereiche wie Chemikalienschränke einzelne kleinere Einheiten vorgesehen werden um nicht eine große Lüftungsanlage nur betreiben zu müssen um einen kleinen Bereich(Raum/Schrank) zu be- und entlüften.
- Ein externer Sonnenschutz ist auch hier für die Sommermonate erforderlich um die Raumtemperaturen zu begrenzen, insbesondere für die südwestorientierten Labore.
- Eine zusätzliche Kühlung der Außenluft im Sommer kann über die Nordsee erfolgen um die Raumtemperaturen auch bei höheren internen Lasten zu begrenzen.

5. Tageslichtuntersuchungen

Für die Untersuchung der Tageslichtverhältnisse ist die Ausführung der Fassadenrenovierung als Kastenfenster von entscheidender Bedeutung. Ein Simulationsvergleich der Ergebnisse vor und nach der Fassadensanierung zeigt die Auswirkung der geplanten Rahmenprofile auf. Durch die zusätzliche Scheibe und größere Rahmenprofile wird der Lichteintrag reduziert.

In den Laborräumen besteht die Möglichkeit einer zusätzlichen Belichtung durch einen Oberlichtstreifen in der Wand über dem Flurbereich, was mittels Simulation gesondert untersucht wird.

Bauteil		Lichttransmission	Reflexionsgrad
Boden			30%
Decke			70%
Wand			50%
Fenster alt	Isolierglas	72%	
Fenster neu	Wärmeschutzglas	72%	
Kastenfenster	Einfachglas	87%	

Tabelle 17: Lichttransmissions- und Reflexionsgrade der Bauteile

5.1. Büroraum Erdgeschoß

In den Büroräumen soll gemäß DIN EN 12464 im Arbeitsbereich (Schreibtisch) eine Beleuchtungsstärke von 500 lx erreicht werden. Wird dieses Beleuchtungsniveau durch Tageslicht erreicht, darf gemäß DIN 5034-1 der 0,6fache Wert der Nennbeleuchtungsstärke angesetzt werden, also 300 lx. Dies entspricht bei bedecktem Himmel mit 10000 lx Außenbeleuchtungsstärke einem Tageslichtquotienten (Verhältnis der Innenbeleuchtungsstärke zur Außenbeleuchtungsstärke,) von 3%. Unterhalb dieser Schwelle muss Kunstlicht zugeschaltet werden.

Bei Räumen mit Licht von einer Seite in halber Raumtiefe und im Abstand von 1 m von beiden Seitenwänden muss im Mittel wenigstens $D_m \geq 0,9\%$ und am ungünstigsten Punkt der Nutzebene der Mindesttageslichtquotient $D_{\min} \geq 0,75\%$ erfüllt sein. In Abbildung 24 sind diese Werte dargestellt.

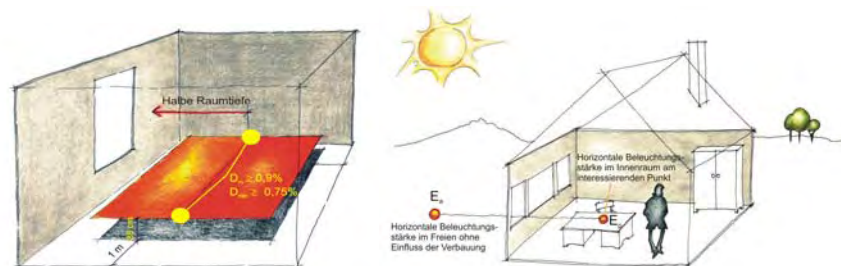


Abbildung 24: Mindest erforderlicher mittlerer und kleinster Tageslichtquotient auf der Nutzebene in halber Raumtiefe bei einseitiger Belichtung; Definition Tageslichtquotient

Abbildung 25 zeigt für ein Büro die Lichtverhältnisse im Bestandsgebäude. Bis zur Raummitte werden Tageslichtquotienten von über 3.5% erreicht. Für fassadennahe Arbeitsplätze werden sowohl die Mindestanforderungen als auch die am Arbeitsplatz erforderlichen Werte überschritten.

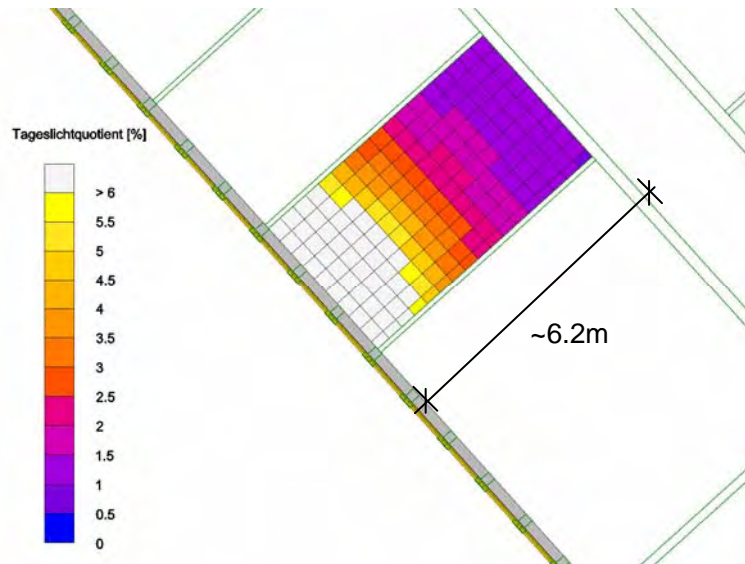


Abbildung 25: Tageslichtquotienten Bestand Büro Erdgeschoß

Das Kastenfenster reduziert die Tageslichtquotienten im Büroraum vor allem in der Raumtiefe. Abbildung 26 zeigt das Ergebnis der Simulation. Die Mindestanforderungen der DIN 5034 (Teil 1) werden aber erreicht.

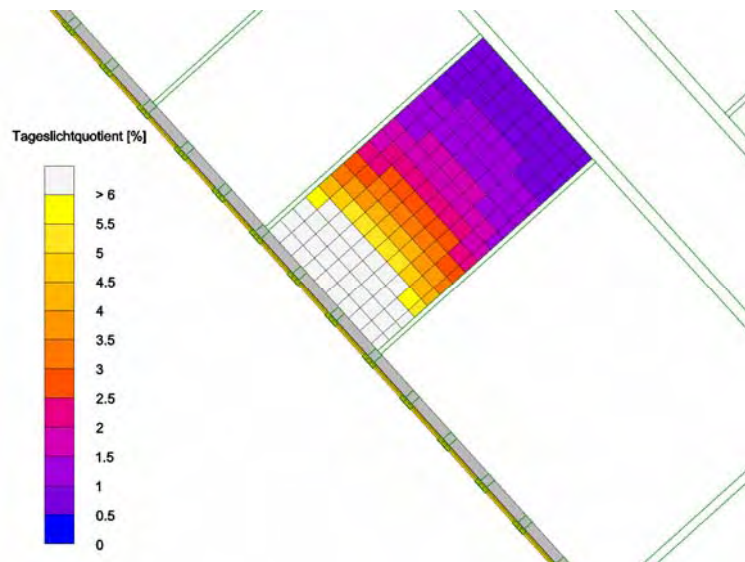


Abbildung 26: Tageslichtquotienten Optimierung Büro Erdgeschoß

5.2. Laborraum Obergeschoß

Die Laborräume im Obergeschoß sollen eine Nennbeleuchtungsstärke von 500 lx gemäß DIN EN 12464 aufweisen. Bei bedecktem Himmel bedeutet dies ein zu erreichender Tageslichtquotient von 5%. Mit ihrer großen Raumtiefe von ca. 8.20 m sind diese Räume schwer von einer Fassadenseite zu belichten. Abbildung 27 zeigt das Simulationsergebnis für den Bestand. In etwa einem Viertel der Grundfläche werden die geforderten Tageslichtquotienten von 5% bei bedecktem Himmel erreicht.

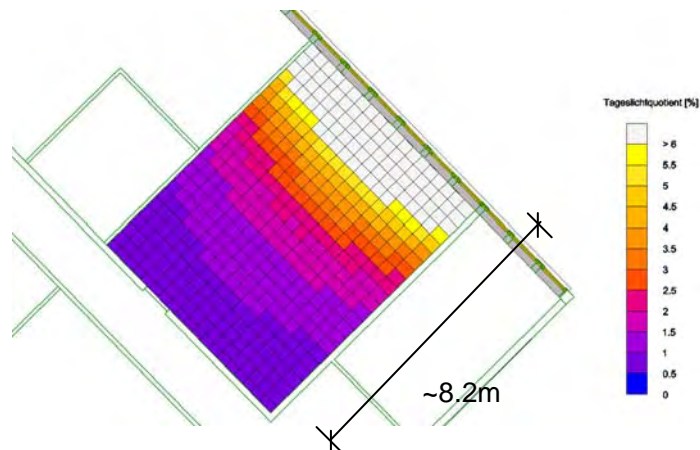


Abbildung 27: Tageslichtquotienten Bestand Labor, Obergeschoß

Auch im Obergeschoß macht sich die zusätzliche Scheibe des Kastenfensters hinsichtlich der Tageslichtquotienten besonders im der Fassade abgewandten Raumteil Licht reduzierend bemerkbar. Die Mindestanforderungen der DIN 5034 für Tageslichtquotienten in halber Raumtiefe im Abstand von einem Meter von den Seitenwänden werden gerade noch erreicht.

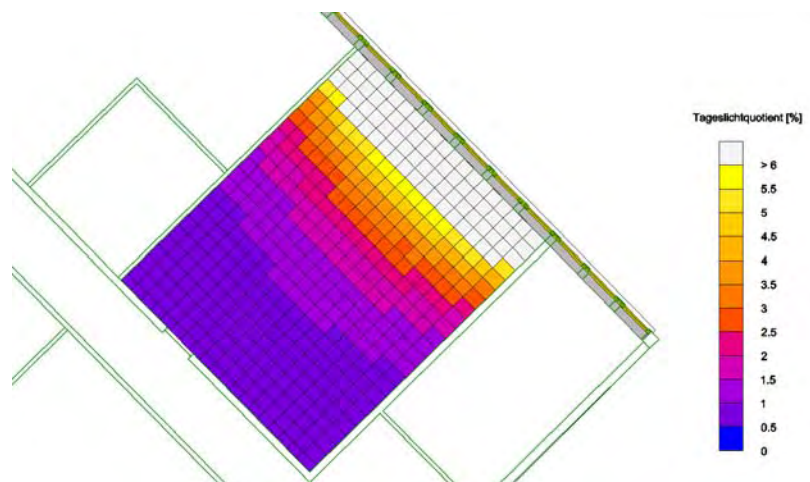


Abbildung 28: Tageslichtquotienten Optimierung Labor, Obergeschoß

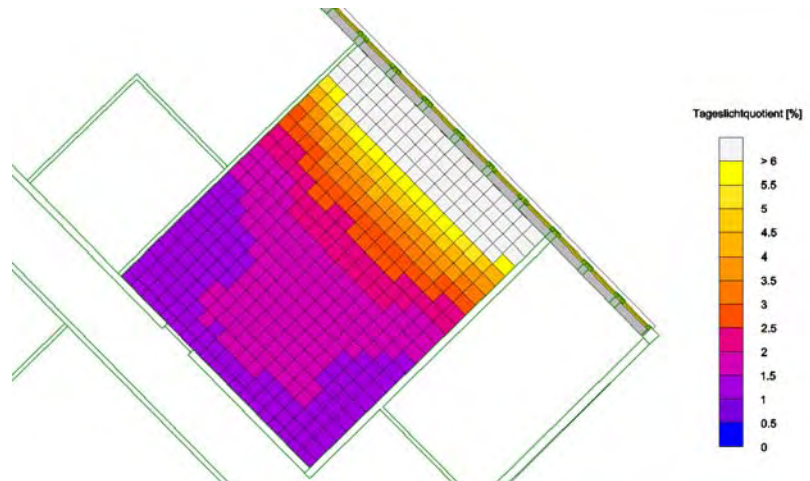


Abbildung 29: Tageslichtquotienten Optimierung Labor mit Oberlicht, Obergeschoß

5.3. Schlussfolgerungen Tageslichtuntersuchung

5.3.1 Büro

Die richtige Wahl der Verglasung führt zu keiner nennenswerten Reduzierung der Tageslichtverhältnisse wobei im hinteren Raum Drittel leichte Einbusen nicht vermieden werden können.

5.3.2 Labor

Die richtige Wahl der Verglasung führt zu keiner Nennenswerten Reduzierung der Tageslichtverhältnisse wobei im hinteren Raum Drittel leichte Einbusen nicht vermieden werden können. Im Obergeschoß führt das Oberlicht zu einer deutlichen Verbesserung und zu einem Tageslichtquotienten von in der Raumtiefe von 1.5 bis 2%

5.4. Besonnungsstudie

Die Besonnungsstudie zeigt für 3 wichtige Zeiten im Jahr alle Oberflächen, die zum jeweiligen Zeitschritt besonnt sind. Alle nicht sichtbaren Flächen liegen im Schatten.

Die wichtigen Zeiten sind

- Tag- und Nachtgleiche am 21. März / September
- Sommersonnenwende am 21. Juni
- Wintersonnenwende am 21. Dezember

Die Bilder der Besonnungsstudie sind im Anhang aufgeführt.

6. Energie- und Lüftungskonzept

Die vorangegangenen Untersuchungen zeigen, dass eine energetische Sanierung auch mittels einer Innendämmung zu einer nennenswerten Reduzierung des Wärmebedarfs des Gebäudes führt. Auch wenn die Laborfläche bezogen auf das Green House nur rd. 25% beträgt führt die Laborlüftung dazu, dass anteilig der Wärmebedarf > 50% durch die Labore verursacht wird (unter den angesetzten Nutzungszeiten). Ein wesentlicher Aspekt für die Reduzierung des Wärmebedarfs wird durch die Wahl der Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage beeinflusst.

Für ein funktionierendes Energiekonzept ist es wesentlich dass Messgeräte und Komponenten zur Energiebedarfsermittlung (Wärmemengenzähler, Strommengenzähler) installiert werden mit der die Funktion überprüfen kann wie auch der Energiebedarf aufgezeigt werden kann.

6.1. Gesamtkonzept

Das bisherige Konzept favorisiert eine Innendämmung mit entsprechenden Verbesserungen der entstehenden Wärmebrücken um dem Denkmalschutz Rechnung zu tragen. Eine Beheizung der Räume erfolgt ausschließlich mit einer Flächenheizung an der Decke (z.B. Heizdecke oder Kapillarrohrmatte) da aufgrund des gemäßigten Klimas keine hohen Heizleistungen entstehen. Damit können niedrige Vorlauftemperaturen für die Heizung eingehalten werden wodurch eine effiziente Anlagentechnik (Wärmepumpenbetrieb) ermöglicht wird.

Die wesentlichen Merkmale des Konzepts sind:

Green House

- Aus bauphysikalischer Sicht maximal möglicher Wärmeschutz resp. Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz (Stichwort: Betonstützen).
- sehr gute 2-fach Wärmeschutzverglasung mit guter Rahmenqualität
U-Glas ca. 1.1 W/m²K Tageslichttransmission (T_{vis}) ca. 70%, Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) ca. 54%.
- U-Rahmen ca. 1.0 W/m²K
- Luftdichte Bauweise zur Verringerung der unbeabsichtigten Lüftungsverluste Zielwert: n₅₀ < 0.6 1/h
- Natürliche Lüftung der Bürobereiche
- Mechanische Belüftung der Labore und der Kursräume
- Winter: Beheizung mittels Flächenheizung erlaubt effiziente Energieerzeugung
- **Sommer:** Keine aktive Kühlung

- **Sommerlicher Wärmeschutz** durch effizienten im Scheibenzwischenraum liegenden beweglichen Sonnenschutz, dadurch windstabil
- Hocheffiziente Wärmerückgewinnung zur Reduzierung des Lüftungswärmebedarfs der Labor.
- Effiziente **Photovoltaik** auf dem Dach zur regenerativen Energieerzeugung. **Optional: Folien-PV** zur integrierten **regenerativen Stromerzeugung** und **Dachabdichtung**

Blue House

- Reduzierung der Raumtemperatur auf ca. 10 – 12 °C gemäß Ausstellungskonzept „Tiefsee“
- Natürliche Belüftung des Gebäudes mit Hilfe von Windlüftern auf dem Dach
- Dadurch Betrieb einer Wärmerückgewinnung über Kreislaufverbundsystem möglich
- **Erldkanal zur Temperierung** der Zuluft (Winter: Vorerwärmung; Sommer: Temperierung).
- **Beheizung** Erdgeschoss und Eingangshalle (Neubau) mittels **Fußbodenheizung** zur Beibehaltung des niedrigen Temperaturniveaus des Heizsystems
- **3-fach Wärmeschutzverglasung** mit teilweise integriertem Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum
- **Natürliche Belüftung** und Ablüften der Eingangshalle über Fassadenklappen
- Hoher Wärmedämmstandards des Dachs (Neubau)
- **Optional:** Solarthermische Anlage für Brauchwarmwasser sofern größerer Warmwasserbedarf vorhanden ist

In nachfolgenden Abbildungen ist das Konzept schematisch dargestellt für die verschiedenen Bereiche dargestellt.

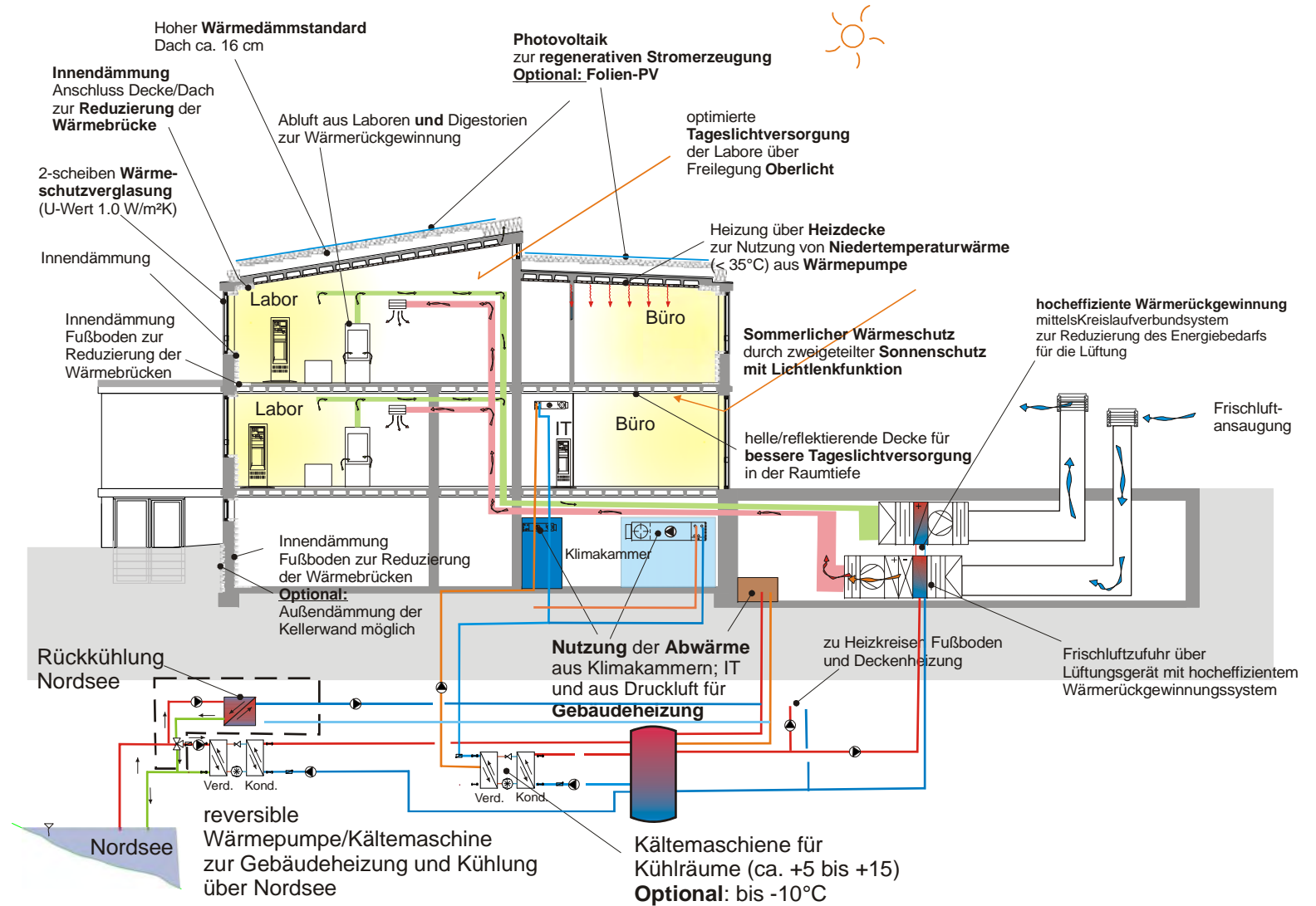


Abbildung 30: Überblick Gesamtenergiekonzept Green House

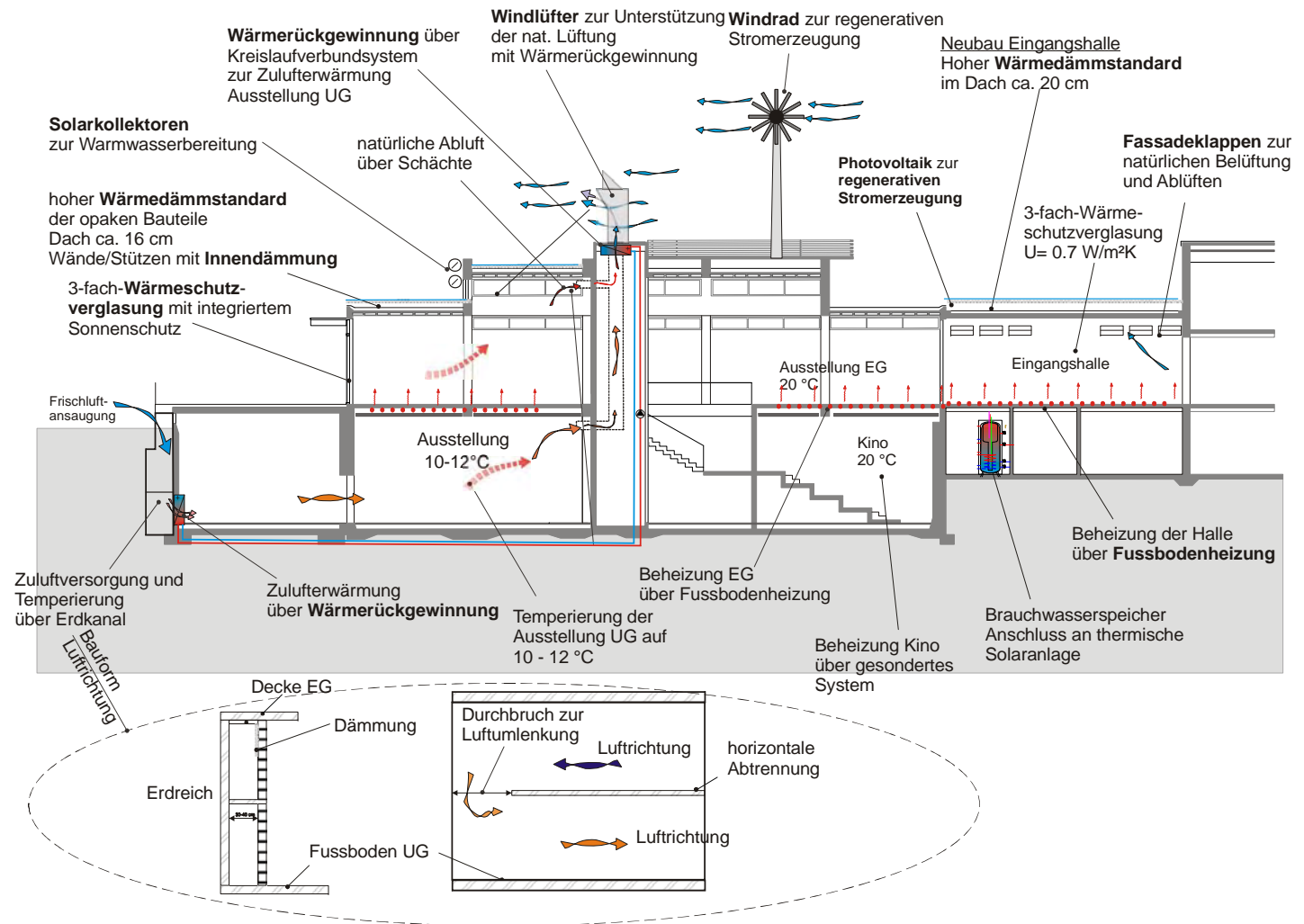


Abbildung 31: Überblick Gesamtenergiekonzept Blue House

6.1.1 Bürobereiche

Die Innendämmung reduziert die Transmissionswärmeverluste der Fassade wobei sich dabei auch die Oberflächentemperaturen der Wände erhöhen, wodurch der thermische Komfort verbessert wird. Die Frischluftversorgung erfolgt manuell über Fenster. Die Beheizung erfolgt über eine Flächenheizung die an der Decke angebracht wird. Dies ermöglicht die effiziente Versorgung mittels eines Niedertemperatursystems von $\leq 35\text{ °C}$.

Durch die Innendämmung wird ein Teil der thermischen Masse abgekoppelt so dass die Büroräume sich grundsätzlich schneller erwärmen. Da der vorhandene Verglasungsanteil nur ca. 54% beträgt und gleichzeitig die solaren Wärmelasten durch einen effizienten beweglichen Sonnenschutz kontrolliert werden können, führt dies zu keiner nennenswerten sommerlichen Überhitzung. In Abbildung 32 ist das Konzept exemplarisch für ein Büro dargestellt.

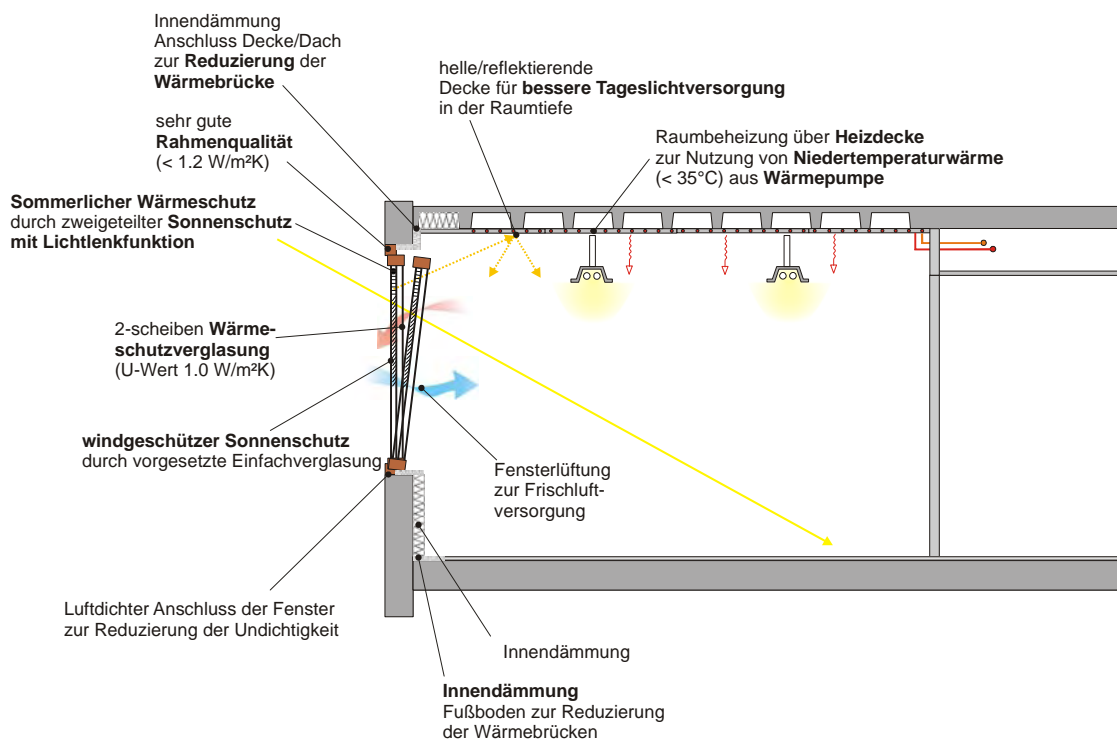


Abbildung 32: Schematischer Detailschnitt Bürobereich mit Konzeptelementen der energetischen Sanierung

Die Fensterlüftung soll dahingehend optimiert werden indem ein besonderer Beschlag eingesetzt wird, der ein öffnen von nur wenigen Millimetern ermöglicht, so dass überwiegend ohne Zugerscheinungen gelüftet werden kann. Ein möglicher Hersteller ist die Fa. Rauh, die einerseits sehr gute Fenstereigenschaften mit Sonnenschutz und der Beschlagtechnik kombiniert.



Abbildung 33: Fenster mit scheibenintegriertem Sonnenschutz mit „Sparlüftungsbeschlag“ (Quelle: Fa. Rauh)

6.1.2 Labore

Die Labore erhalten eine zentrale mechanische Lüftungsanlage die im Technikbereich untergebracht wird. Für die Wärmerückgewinnung wird ein hocheffizientes Wärmerückgewinnungssystem im Kreislaufverbundsystem eingesetzt da vermieden werden muss, dass die Laborabluft die Zuluft verunreinigen kann. Verschiedene Hersteller (SEW, Konvekta, Polyblock) bieten entsprechende effiziente System an. Entscheidend ist, dass auch die Abluft aus den Digestorien an das Wärmerückgewinnungssystem angeschlossen wird. Abbildung 34 zeigt einen schematischen Schnitt eines Labors.

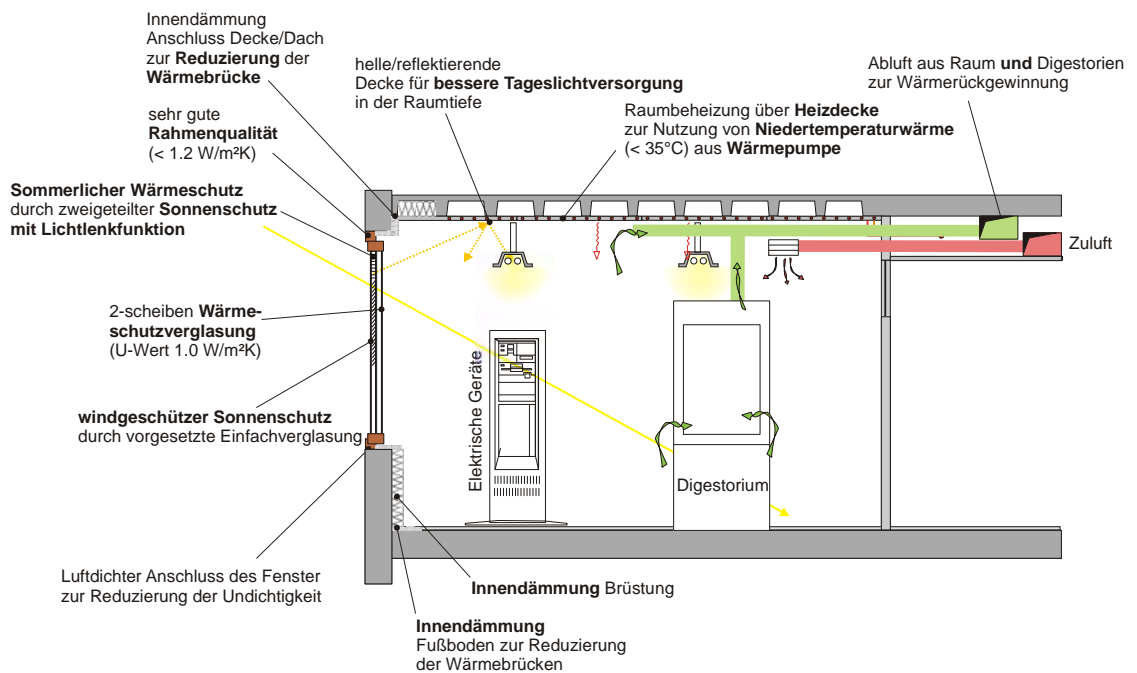


Abbildung 34: Schematischer Detailschnitt Laborbereich mit Konzeptelementen der energetischen Sanierung und der mechanischen Lüftung

Die Luftwechselrate wird entsprechend der gültigen Richtlinien ausgelegt, so dass ein ca. 8-facher Luftwechsel bezogen auf das Raumvolumen erreicht wird. Zu prüfen wird sein, ob mit Hilfe von Präsenzmelder die Luftmengen entsprechend auf einen minimalen Wert zurückgenommen resp. ganz abgestellt werden

kann, da die Labore „nur“ die Klassifizierung S1 und S2 entsprechen.

6.1.3 Kursräume

Die Kursräume werden an die vorhandene zentrale Lüftungsanlage angeschlossen und im Bedarfsfall über Präsenzmelder mechanisch belüftet. Die Abluft wird entsprechend der Wärmerückgewinnung zugeführt. Die Zuluft einbringung erfolgt mittels Quellluft, so dass eine hohe Lüftungseffizienz erreicht wird. In nachfolgender Abbildung 33 ist das Konzept schematisch dargestellt.

Die Luftmenge in der zentralen Lüftungsanlage sollte möglichst gering ausgelegt werden da davon ausgegangen wird, dass die Laborlüftung überwiegend nicht 100% in Betrieb ist.

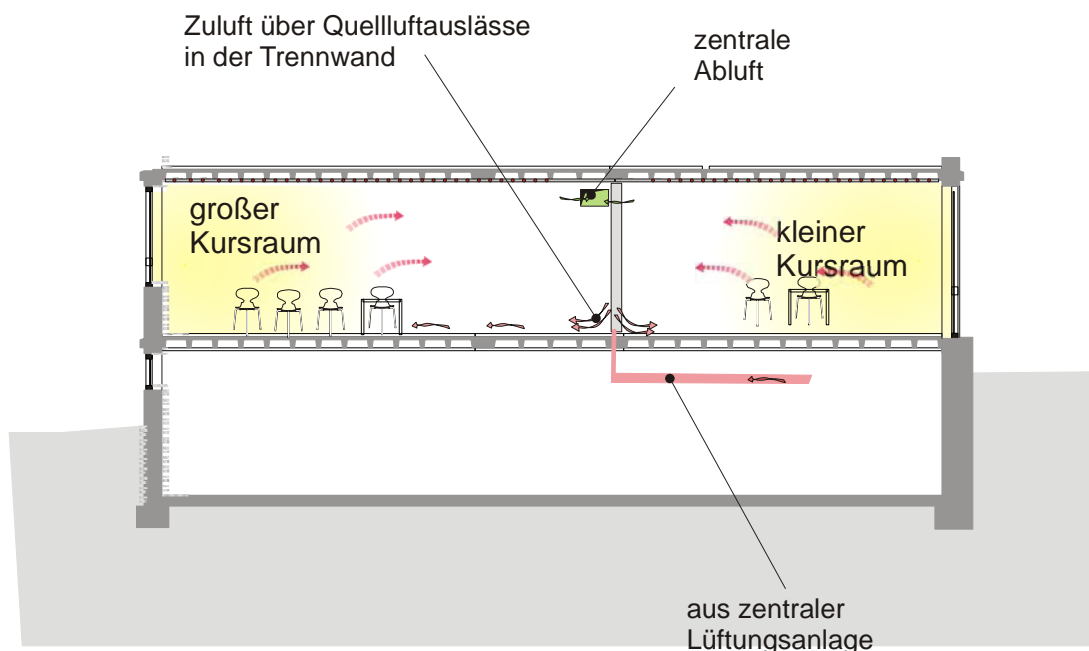


Abbildung 35: Lüftungskonzept kleiner und großer Kursraum

6.1.4 Eingangshalle

Die Eingangshalle wird nur natürlich belüftet da nur wenige ständige Arbeitsplätze vorhanden sind. Zur Belüftung dienen Klappen in der Fassade und im Dach. Für die Beheizung der Eingangshalle dient eine Fußbodenheizung. Durch die gute 3-fach Verglasung sind keine zusätzlichen Heizkörper oder Unterflurkonvektoren erforderlich.

Für den sommerlichen Wärmeschutz dienen Fassadenklappen die eine gute Querlüftung ermöglicht. Ein zusätzliches Sonnenschutzsystem ist nicht erforderlich sofern auch Raumtemperaturen von 28°C akzeptiert werden.

6.1.5 Blue House

Das Blue House wird im Untergeschoss nur gering beheizt da das Ausstellungskonzept „Nordsee“ und „Unterwasserwelt“ zum Thema hat. Der Energiebedarf kann damit deutlich verringert werden. Die Luftversorgung erfolgt über einen natürlichen thermischen Antrieb der von einem Windlüfter auf dem Dach unterstützt wird. Die Windunterstützung ermöglicht die Installation eines Wärmerückgewinnungssystems mit der die Abluft über Dach abgeführt und der Zuluft Wärme aus der Abluft zugeführt wird. Die Beheizung des Erdgeschoßes erfolgt mit Hilfe einer Fußbodenheizung auf normale Raumtemperaturen. Die Systemtemperaturen für die Fußbodenheizung ist gleich der Deckenheizung. Der Kinobereich im UG erhält eine gesondertes Heizsystem – voraussichtlich eine dezentrale Umluftanlage.

6.1.6 Werkstattgebäude

Das Werkstattgebäude wird neu errichtet und hat entsprechend einen sehr guten Dämmstandard. Entsprechend den Anforderungen des Betriebs der Arbeitsbereiche werden teilweise Lüftungsanlagen erforderlich. Diese erhalten ebenfalls eine Wärmerückgewinnung zur Reduzierung des Energieaufwands für die Lufterwärmung.

6.2. Versorgungskonzept für Wärme und Kälte

Die Anlagentechnik wird so aufgebaut, dass die Wärmeerzeugung mittels einer reversiblen strombetriebenen Wärmepumpe/Kältemaschine erfolgt. Als Energiequelle dient die Nordsee die im Winterhalbjahr sehr konstante Temperaturen von 4 bis 10 °C aufweist wie aus Abbildung 36 hervorgeht.

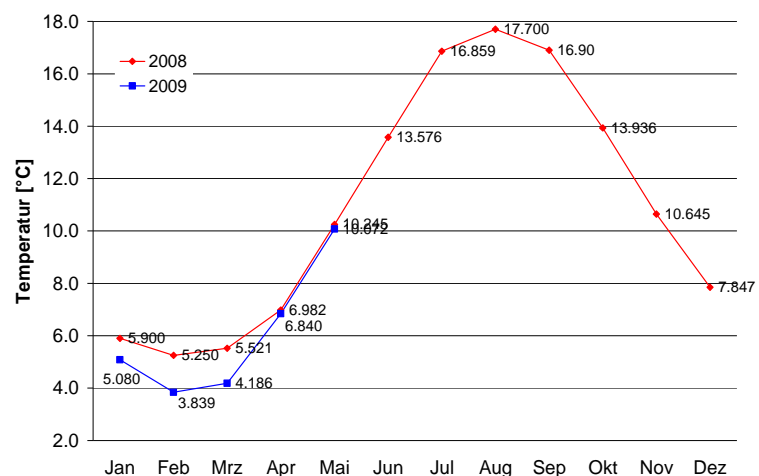


Abbildung 36: Verlauf der Wassertemperatur der Nordsee für 2008 und 2009 (Quelle: BAH)

Der erforderliche Wassermassenstrom aus der Nordseewassers wird im Blue Haus für die künftigen Seewasserbecken

(Felswattbecken, Ringstrombecken und Schwarmbecken) benötigt, so dass Nordseewasser im Haus zur Verfügung steht.

Die Nutzung von Niedertemperaturwärme (über Fußboden-, und Deckenheizung) bietet sich auch deshalb an, da gleichzeitig die Klimakammern und auch die Serverräume (Computer-räume) mit in das Konzept integriert werden können. Die Klimakammern benötigen ganzjährig Kühlung um diese auf ca. +5 bis +15°C zu kühlen. Die Serverräume sind ganzjährig auf ca. 24°C zu kühlen. Die dabei entstehende Abwärme kann zu Heizzwecken genutzt werden.

Die Nordsee hat während eines kalten Winters keine Temperaturen um eine direkte freie Kühlung der Klimaräume zu realisieren oder wenn nur sehr eingeschränkt über max. 2 Monate. Deshalb wird eine gesonderte Kältemaschine vorgesehen, die die Klimakammern auf die eingestellten Sollwerte klimatisiert. Die Abwärme aus diesem Prozess wird dann zu Heizzwecken eingesetzt. Im Sommer wird die Nordsee zur Rückkühlung eingesetzt. Mit dem System wird eine höhere Flexibilität erreicht, für den Fall, dass auch tiefere Temperaturen (bis ca. -10°C) benötigt werden.

Andere Aggregate wie z.B. Druckluftkompressoren werden ebenfalls zu Heizzwecken durch entsprechende hydraulische Verschaltung eingebunden.

Durch das Konzept mit der reversiblen Wärmepumpe/Kältemaschine kann eine hohe Jahresarbeitszahl (JAZ) erreicht werden zumal die Nordsee günstige Temperaturen aufweist. Die Jahresarbeitszahl ist definiert als das Verhältnis von Nutzen (Wärmeabgabe) zu Aufwand (Strominput in die Wärmepumpe incl. aller Hilfsaggregate wie Pumpen).

Das Konzept der Wärme- und Kälteerzeugung wie auch der Versorgung ist in nachfolgender Abbildung 37 schematisch dargestellt. Optional ist eine thermische Solaranlage dargestellt, die dann sinnvoll ist wenn ein gewisser Warmwasserbedarf (z.B. eine Kantine/Cafeteria) vorhanden ist. Die thermische Energie kann dann einerseits für die Brauchwasserbereitung aber auch bei Überangebot für die Heizungsunterstützung auf der Wärmepumpenseite eingesetzt werden.

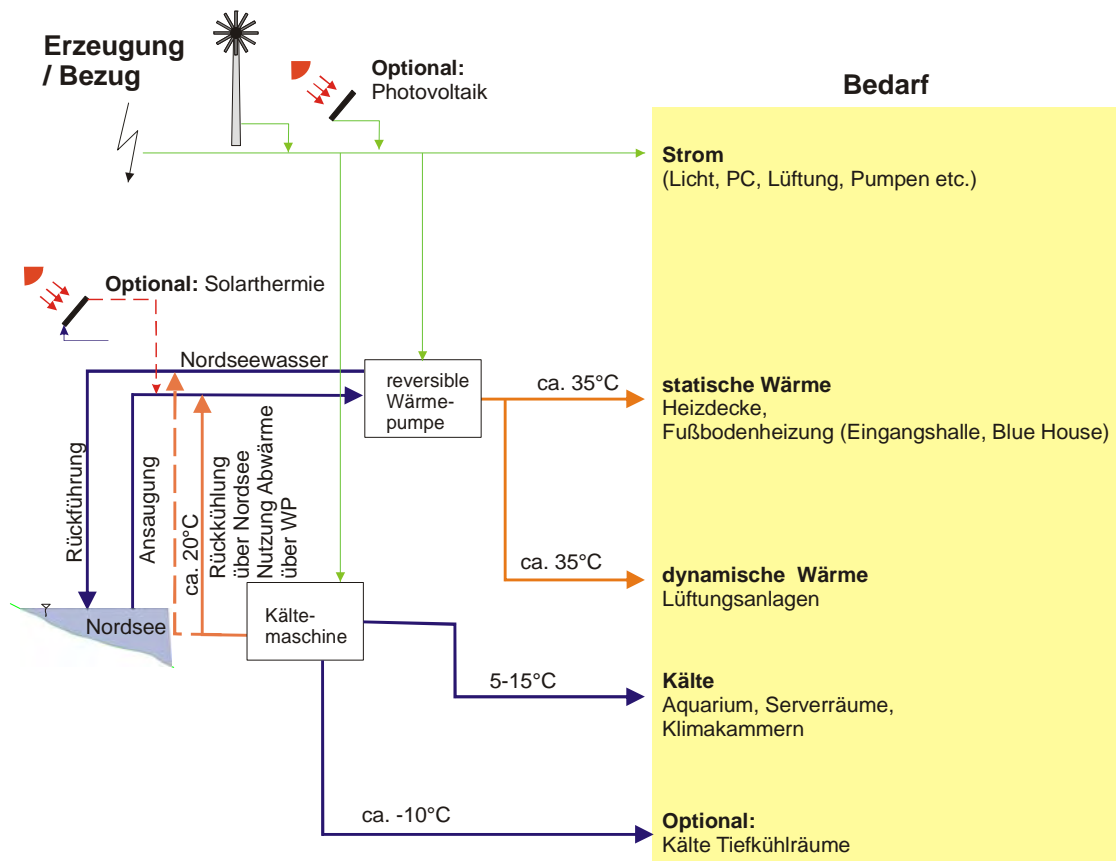


Abbildung 37: Schematische Darstellung der Energieerzeugung zur Deckung des Bedarfs

6.3. Einsatz zukünftiger Technologien

Das Energiekonzept ermöglicht auch den Einsatz zukünftiger Technologien die noch nicht marktüblich sind. Nachfolgend sind zwei Techniken kurz beschrieben.

6.3.1 Wärmepumpe mit CO₂ als Kältemittel

Das Kältemittel in Wärmepumpen resp. Kältemaschinen hat in der Regel ein sogenanntes Treibhauspotential (Global Warming Potential GWP). Dieser Faktor gibt an, wie viel eine festgelegte Menge eines Treibhausgases zum Treibhauseffekt beiträgt. Als Vergleichswert dient dazu Kohlendioxid (CO₂). Der Wert beschreibt die mittlere Erwärmungswirkung über einen bestimmten Zeitraum; oft werden 100 Jahre betrachtet.

Ein übliches Kältemittel ist R134a das ein Treibhauspotential von rd. 1430 hat. Da man nicht ganz sicherstellen kann, dass das Kältemittel aus Kälteanlagen entweicht gibt es Weiterentwicklungen mit Kohlendioxid als Kältemittel.

Kohlendioxid (CO₂) ist aus ökologischer und sicherheitstechnischer Sicht ein nahezu ideales Kältemittel. Es ist weder giftig

noch brennbar, es besitzt kein Ozonabbaupotential, ist chemisch inaktiv und ausgesprochen billig. Daher gibt es keine Notwendigkeit zur Rückgewinnung oder Entsorgung.

Derzeit problematisch sind beim Einsatz des Kältemittels noch die erforderlichen hohen Drücke, die besondere Anforderungen an technische Komponenten wie Verdichter und Wärmeübertrager stellen. Ein Vorteil ist demgegenüber die kompaktere Bauform von Komponenten.

Zukünftig kann Kohlendioxid als Kältemittel in verschiedenen Anwendungsbereichen einen Beitrag bei der Substitution klimarelevanter Kältemittel leisten – in der Kältetechnik wie auch bei Wärmepumpen.

6.3.2 Wärmerückgewinnung mittels Wärmerad

Wärmeräder werden in Lüftungsanlagen sehr häufig für die Wärmerückgewinnung eingesetzt da sich diese durch hohe Übertragungsraten ($\eta > 75\%$) auszeichnen. Bei Wärmerädern, auch als Rotoren bezeichnet, muss man zwischen Kondensationsrotoren, hygroskopischem Rotor („Enthalpiorotor“) und dem Sorptionsrotor unterscheiden, wobei auf die unterschiedlichen Systeme hier nicht genauer eingegangen werden soll. Wichtigster Unterschied zur Wärmerückgewinnung mittels Kreislaufverbundsystem und Luft-Luft-Wärmetauscher ist, dass bei Rotoren eine Feuchteübertragung (=latente Energierückgewinnung) möglich ist. Ebenfalls vorteilhaft ist, dass bei kalten Außentemperaturen keine Frostgefahr besteht die den Wärmerückgewinnungsgrad bei üblichen Systemen reduziert. In Abbildung 38 ist ein Rotor und das Prinzip abgebildet.

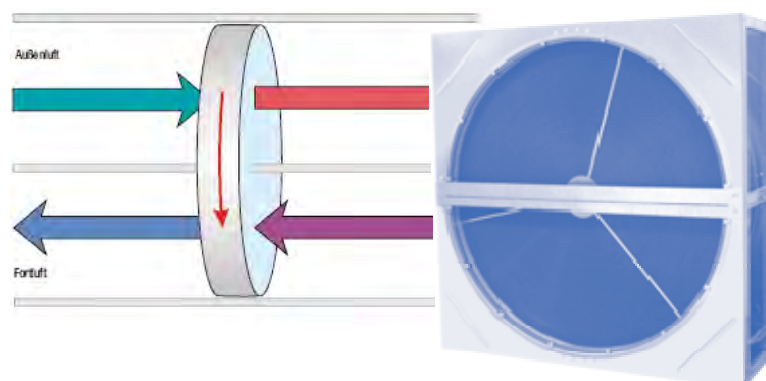


Abbildung 38: Rotor zur Wärmerückgewinnung (Quelle: Klingenburg)

Nachteilig bei dieser Art der Wärmerückgewinnung ist, dass die Abluft nicht zu 100% von der Zuluft (= Frischluft) getrennt ist. Es gibt eine Leckluft rate die zur „Verunreinigung“ der Zuluft durch

die Abluft führt. Diese Verunreinigung liegt zwar sehr niedrig und üblicherweise im Bereich von ca. 1% die im allgemeinen kein Problem darstellt. Bei kontaminierter Abluft wie sie in Laboren vorkommt, ist dies jedoch in der Regel ein Ausschlusskriterium.

Es gibt jedoch neuere Entwicklungen aus den USA die entsprechenden Dichtungen, einer Spülzone wie auch einer speziellen Beschichtung die Leckluftrate so weit senken, dass eine Kontamination der Zuluft auf ein zulässiges Minimum reduziert wird. Am Richardson College for the Environment at the University of Winnipeg (Kanada) wird derzeit ein derartiger Rotor für die Wärmerückgewinnung für die Laborlüftung eingebaut.

6.4. Fazit

Mit dem aufgezeigten Energiekonzept ist es möglich einen ressourcenschonenden Gebäudebetrieb zu ermöglichen wobei ein guter thermischer Komfort erreicht wird. Der Einsatz zukunftsfähiger Technologien (CO₂ als Kältemittel) ist ebenso möglich und könnte ebenso als Forschungsobjekt genutzt werden.

Im nachfolgenden Kapitel wird mittels dynamischer Simulation der Gesamtwärme- Kälte- und Strombedarf ermittelt. Mit einer daran anschließenden Anlagensimulation wird der Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpe ermittelt um zu prüfen ob ein CO₂ neutraler Gebäudeheizbetrieb möglich ist sofern die Stromproduktion durch eine Photovoltaik- und/oder Windanlage regenerativ erzeugt werden kann.

7. Simulation Gesamtenergiebedarf

Nachfolgend wird der Gesamtenergiebedarf (Wärme, Kälte, Strom) für den Gebäudebetrieb der BAH mittels dynamischer Gebäudesimulation ermittelt. Dabei wird von üblichen Betriebszeiten 8 – 18 Uhr von Mo. – Fr. ausgegangen. Außerhalb der Arbeitszeit wird davon ausgegangen, dass die Lüftungsanlagen für die Labore nicht abgeschaltet werden können. Grundsätzlich besteht hier aber noch ein Einsparungspotential, da die Labore nur die Sicherheitsklassen S1 und S2 haben und geringe Kontamination außerhalb der Nutzungszeiten zu erwarten sind, so dass dies möglich ist.

Der Gesamtbedarf ist von Interesse, da dann ermittelt werden kann, inwieweit die Abwärme aus den Klimakammern oder der erforderlichen Seekühlung für die Becken im Blue House zu Heizzwecken genutzt werden kann. Auch von Interesse ist die Nutzung der Abwärme der Druckluftkompressoren. Weitere relevante Randbedingungen für die Simulationen sind in den einzelnen Abschnitten beschrieben. Die Ergebnisse sind nur auszugswise dargestellt, um den Umfang übersichtlicher zu halten.

Für die Ermittlung der Gesamtlast wurde der Planstand der Architekten vom Nov. 2009 verwendet.

7.1. Wärme- und Strombedarf

7.1.1 Green House – Büros

Der Wärmebedarf sowie der Strombedarf für Licht und Hilfsenergie (Pumpstrom Heizung) der Büros wurde durch Simulationen der zwei Orientierungen Südwest und Nordost sowie für das EG und das DG ermittelt. Der Energiebedarf ist Abbildung 39 dargestellt der zwischen 34.5 kWh/m² und 56.5 kWh/m² a variiert. Der Strombedarf nimmt auch leicht zu da die

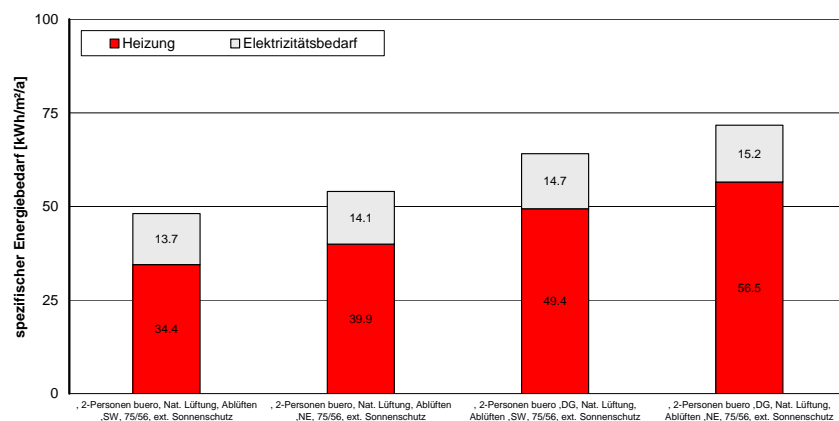


Abbildung 39: Spezifischer Energiebedarf der Büros mit unterschiedlicher Ausrichtung für EG und DG

Der Wärmebedarf für den Bereich Cafeteria (60 m²) wird dahingehend angenähert, dass eine Bürozone mit 2 W/m² interne Wärmegewinne und einer anwesenden Person betrachtet wird. Die Orientierung ist Südwest gemäß Planunterlagen.

7.1.2 Green House (Haus C) – Labore

Wie bei den Büros wurde der Wärmebedarf sowie der Strombedarf für Licht und Hilfsenergie (Ventilatorstrom und Pumpstrom Heizung) der Labore wurde durch Simulationen der zwei Orientierungen Südwest und Nordost sowie für das EG und das DG ermittelt. Der Energiebedarf ist in Abbildung 40 dargestellt der zwischen rd. 130 kWh/m² und 158 kWh/m² a variiert. Eine Kühlung wurde nicht berücksichtigt, da es nicht erforderlich ist wenn man von extremen Wettersituationen absieht. Das Energiekonzept sieht aber die Möglichkeit der Kühlung vor, die dann über eine freie Kühlung über die Nordsee erfolgt, so dass der dafür erforderliche Energiebedarf (Strombedarf) nicht ins Gewicht fällt.

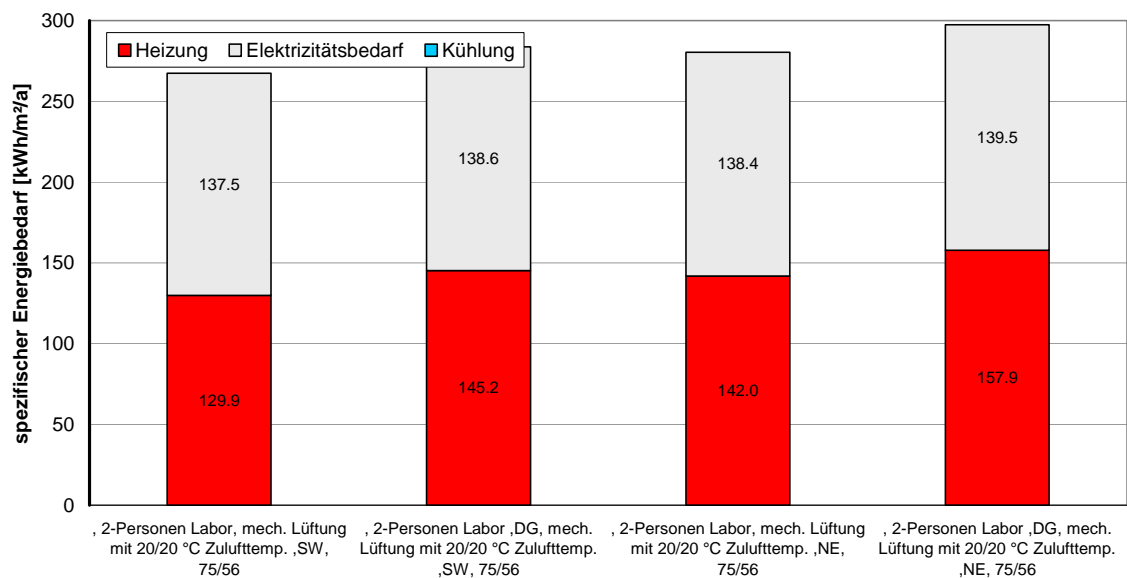


Abbildung 40: Spezifischer Energiebedarf der Labore mit unterschiedlicher Ausrichtung für EG und DG

7.1.3 Untergeschoss

Das Untergeschoss wurde als eine thermische Zone abgebildet, ohne wesentliche interne Gewinne. Die Bereiche der Klimakammern wurden ausgenommen, da diese in der Regel nicht beheizt werden. Ebenso Lagerflächen und Hälterung wurden nicht als beheizte Bereiche berücksichtigt.

7.1.4 Kursräume

Für die Kursräume wurde angenommen, dass die zentrale Lüftungsanlage für die mech. Belüftung zur Verfügung steht. Für die Untersuchung wurde angenommen, dass der Kursraum zw.

9 und 11 Uhr und zwischen 15 und 17 Uhr genutzt resp. mechanisch belüftet wird. In den anderen Stunden wird die mech. Lüftung abgeschaltet. Die Kursräume sind je nach Südwest und Nordost orientiert. Eine Kühlung ist nicht berücksichtigt. Die Simulation für die Orientierung Südwest zeigt jedoch Raumtemperaturen von über 26°C so dass hier evtl. gekühlt werden muss.

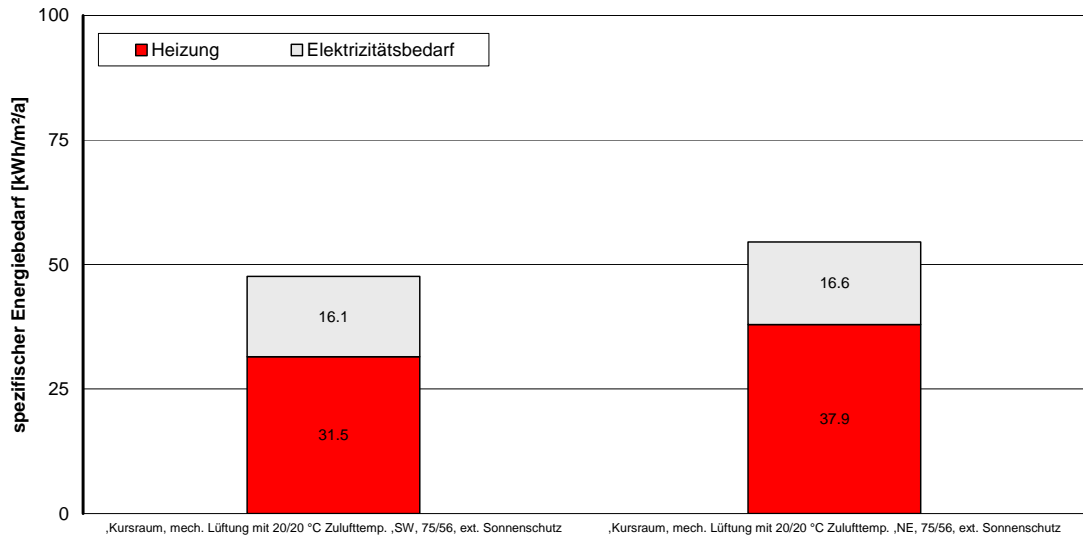


Abbildung 41: Spezifischer Energiebedarf der Kursräume mit unterschiedlicher Ausrichtung

7.1.5 Eingangshalle (Neubau)

Die neue Eingangshalle oder besser der Verbindungsbau zwischen Green House und Blue House wird neu errichtet und hat einen entsprechend guten Wärmedämmstandard mit 3-fach Verglasung und Isolierung im Dach. Der Energiebedarf ist in Abbildung 41 dargestellt.

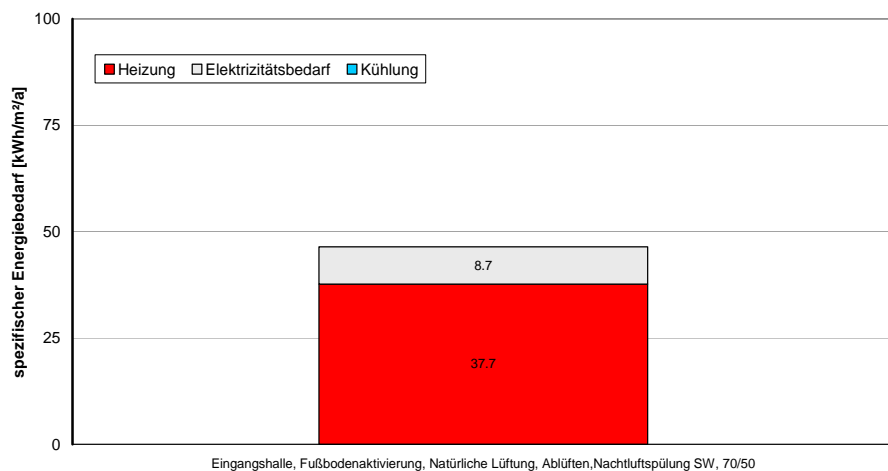


Abbildung : Spezifischer Energiebedarf der Eingangshalle

7.1.6 Blue House (Aquarium)

Das Blue House wird überwiegend nur im Ausstellungsbereich im Erdgeschoss beheizt. Die Fassade wird komplett durch eine 3-scheiben Wärmeschutzverglasung ausgetauscht. Die opaken Wand- und Stützen und Dachflächen erhalten eine Kombination aus Innen- und Außendämmung. Der Energiebedarf für das Blue House ist in Abbildung 42 dargestellt.

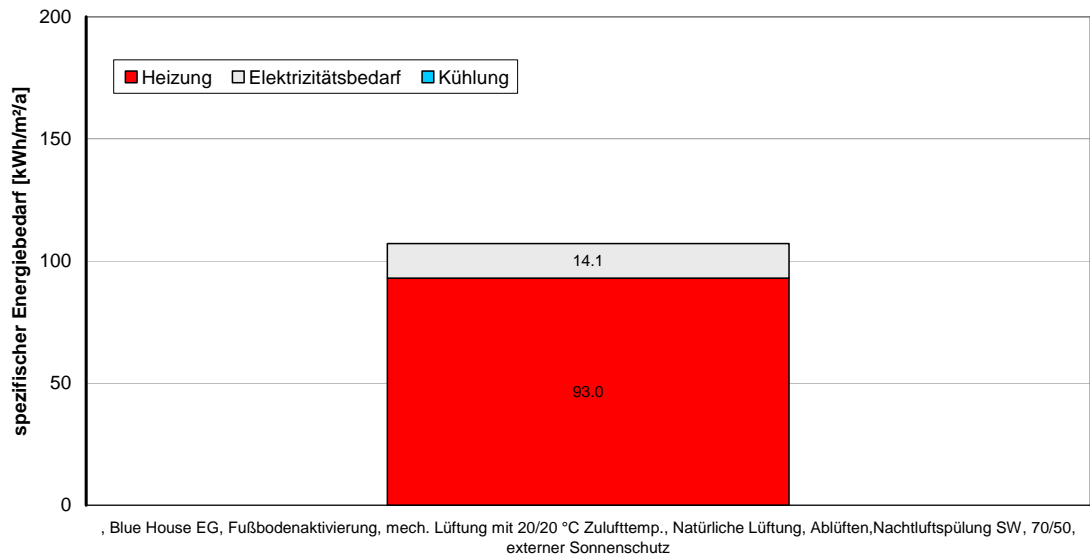


Abbildung 42: Spezifischer Energiebedarf Blue House

Der Wert ist relativ hoch aber die Nutzungszeiten wurden auch ganzjährig zwischen 8⁰⁰ und 18⁰⁰ Uhr angesetzt. Gleichzeitig ist ein großes Volumen zu beheizen, da die Raumhöhe rd. 5.5. m beträgt. Bei genaueren Nutzungszeiten kann hier noch eine Reduzierung erreicht werden. Der oben dargestellte Energiebedarf berücksichtigt nicht die sog. Event- und/oder Effektbeleuchtungen die evtl. erforderlich ist.

7.1.7 Werkstatt

Die Werkstatt ist ein Neubau der entsprechend energetisch optimal ausgeführt werden kann. Aufgrund der Nutzung als Werkstatt und der großen Tore sowie den geringen internen Wärmelasten ist der spezifische Energiebedarf dennoch nicht so niedrig. In Abbildung 43 der Energiebedarf dargestellt.

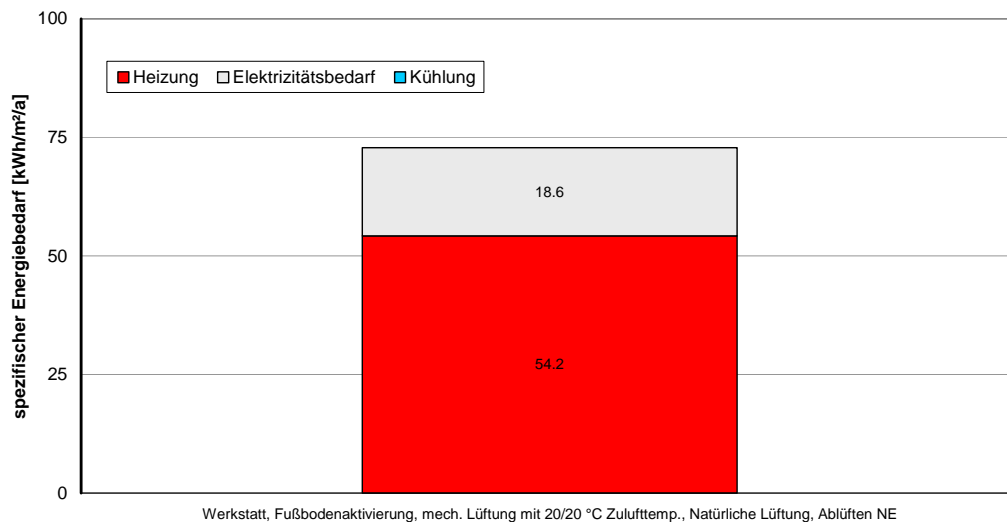


Abbildung 43: Spezifischer Energiebedarf Werkstatt

7.2. Kältebedarf

Der Kältebedarf für das Haus C ist sehr gering wenn man die übliche Büro- und Labornutzung betrachtet. Der derzeitige Kältebedarf im Haus C entsteht im wesentlichen durch die Klimakammern die – teilweise ungünstig – die Abwärme nicht an die derzeit vorhandene Ringkühlung, sondern in den Raum in dem die Klimakammer steht abgeben. Für die Kälteerzeugung werden, energetisch ungünstig, viele kleine Kältemaschinen betrieben. Beides ist energetisch betrachtet nicht sinnvoll. Das Energiekonzept sieht hierfür eine eigens dafür abgestimmte Kältemaschine vor die die Abwärme ins Heiznetz einspeist (vgl. Abbildung 45). Dies ermöglicht auch den Betrieb weiterer Klimakammern oder auch die Kühlung auf andere Temperaturen.

7.2.1 Green House – Klimakammern

In der neuen Planung stehen alle Klimakammern im „kühlen“ geringer beheizten Bereich des Untergeschosses. Die Klimakammern sind auf verschiedene Temperaturen von ca. +5 bis +15 °C gekühlt. Die Planung sieht insgesamt 10 Klimakammern vor. Für die Ermittlung des Kältebedarfs wird davon ausgegangen, dass 3 Kammern auf + 5°C 4 Kammern auf 10°C und 3 Kammern auf +15 °C gekühlt werden. Die Kühlung erfolgt wie im Konzept dargestellt über eine zentrale Kältemaschine die die Abwärme in einen Pufferspeicher der Heizung einspeist.

Für die Ermittlung des Kältebedarfs werden folgende weitere Annahmen getroffen:

Abmaße je Klimakammer: 3 m x 5 m x 3 m A = 15 m² und = 45m³

Dämmstärke von 10 cm mit Isoliermaterial mit der Wärmeleitfähigkeit von 0.035 W/mK. Die Raumtemperatur im UG wird mit 20°C festgelegt.

Um auch Türöffnungen und damit Wärmeeintrag zu berücksichtigen wird davon ausgegangen, dass 10 x am Tag eine Türöffnung von 6 Minuten stattfindet.

Grundsätzlich ist hier keine dynamische Simulation erforderlich jedoch für die Erstellung eines Jahresprofils praktisch.

Der spezifische Kältebedarf für die 3 Kammern ist in nachfolgender Abbildung 44 dargestellt.

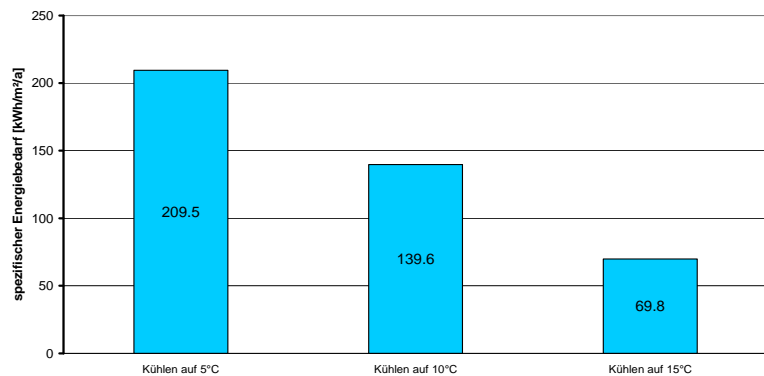


Abbildung 44: Spezifischer (thermischer) Kältebedarf Klimakammern unterschiedlicher Temperatur

Der spezifische Wert ist relativ hoch, absolut betrachtet ergibt sich aber nur ein Gesamtkältebedarf von insgesamt rd. 21.000 kWh (thermisch). Dieser Kältebedarf entspricht einer Kondensatorleistung (=Abwärmeleistung) mit einer zugrunde gelegten Arbeitszahl (COP) von 4 rd. 26.000 kWh. Diese Abwärme fällt aber fast konstant ganzjährig an, so dass die Abwärme zu gewissen Zeiten nicht genutzt werden kann. Dies wird in der Gesamtbilanz in Abschnitt 7.3 erläutert und bilanziert.

7.2.2 Green House – Serverkühlung

Für die zentralen IT Dienste wurde davon ausgegangen, dass ca. 5 kW Kälteleistung benötigt wird. Für die Bereitstellung der Kälte wird die gleiche Kältemaschine verwendet, die für die Klimakammern eingesetzt wird. Die (Kondensator)Abwärme wird ebenfalls ins Heiznetz (resp. Pufferspeicher) eingespeist.

Da die Abwärmeleistung aus den Serverräumen nicht immer konstant ist und um diese nicht zu überschätzen, wird nur 3 kW als konstant angesetzt. Dies ergibt über ein Jahr eine Abwärmeleistung von rd. 35.000 kWh/a bei einem angenommenen COP =4.

7.2.3 Seewasserkühlung - Blue House

Für das Blue House wird ein Teilmassenstrom der aus der Nordsee für die Becken gefördert wird mit einer Temperatur von rd. 10°C benötigt. Die Seewasserkühlung wird dann erforderlich wenn die Nordsee 10 °C überschreitet (vgl. Abbildung 36)

Derzeit stehen hierfür 2 Kältemaschinen mit einer Kälteleistung von je 18 kW Leistung zur Verfügung was einem max. Massenstrom von 3.9 m³/h entspricht. Da keine genaueren Informationen vorlagen wird, um dies nicht zu überschätzen, bei der Berechnung des Bedarfs der Seewasserkühlung von einem zukünftigen Bedarf von 2.5 m³/h ausgegangen.

Die Seewasserkühlung ist von Interesse um zu untersuchen, wie viel des Wärmebedarfs zu Heizzwecken genutzt werden kann. Die Summe aus der Abwärmeleistung und einer Überlagerung mit der Gesamtleistung für den Wärmebedarf wird dies aufzeigen. In Abbildung 45 ist die Kühlleistung (in Watt) über ein Jahr dargestellt.

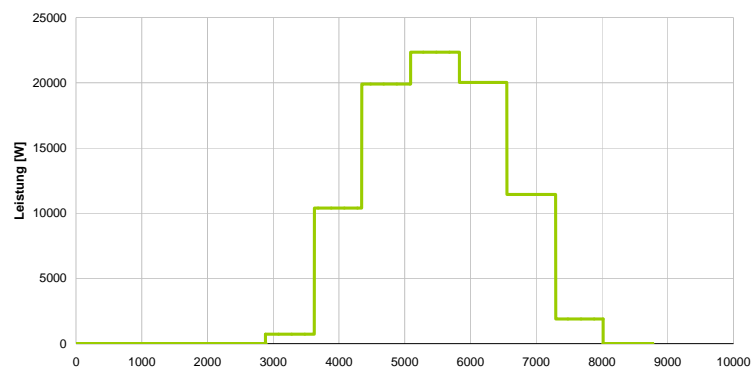


Abbildung 45: Spezifischer (thermischer) Kältebedarf für Seewasserkühlung von 2.5 m³/h

7.2.4 Abwärme aus Druckluft

Bei der Erzeugung von Druckluft die mit Kompressoren erzeugt wird besteht die Möglichkeit, dass die entstehende Motorwärme zu Heizzwecken zu nutzen. Die haustechnische Auslegung geht von 15 kW Leistung aus. Bei einem angenommenen Nutzungsgrad der Abwärme von 65% können also rd. 10 kW genutzt werden wenn die Anlage in Betrieb ist.

Als Betriebsstunden wird angenommen, dass während der Arbeitszeit zwischen 8 und 18 Uhr (Mo. - Fr.) die Anlage ca. 3 Stunden täglich in Betrieb sind. Dies ergibt über ein Jahr eine Wärmeleistung von rd. 7500 kWh.

7.2.5 Strombedarf Pumpen Blue House

Der Strombedarf für die Seewasserpumpe(n) wie auch der Umwälzpumpen der Seewasserbecken führen zu einem hohen Strombedarf sofern ein kontinuierlicher Betrieb erforderlich ist. Die haustechnische Auslegung geht von folgenden Größen aus:

- Seewasserpumpe (80 m³/h): 15 kW
- Umwälzpumpe Becken (400 m³/h): 6 kW

Bei ganzjährigem Betrieb ergeben sich rd. 183.000 kWh/a was rd. 25% des zukünftigen Strombedarfs bedeutet. Hier ist zu einem späteren Zeitpunkt noch eine genaue Auslegung für die Seewasserförderung und Umwälzung durchzuführen.

7.3. Gesamtbilanz

Die Jahresheizleistungen sind in nachfolgender Abbildung 46 abgebildet. Ersichtlich ist, dass die max. Heizleistung rd. 400 kW beträgt was 100% entspricht. Berücksichtigt man hingegen nur die 99.6% Heizlast fällt diese bereits auf 269 kW ab. Die Größe und Leistung der Anlagentechnik kann entsprechend angepasst werden.

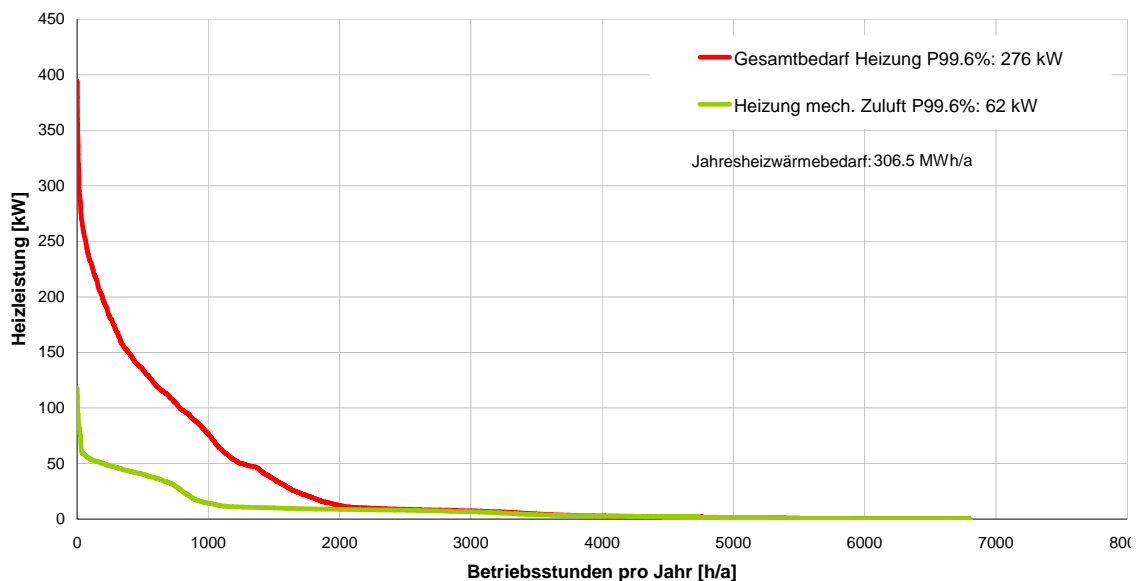


Abbildung 46: Jahresdauerlinie der Gesamtheizleistung und für die Heizung der mechanischen Zuluft

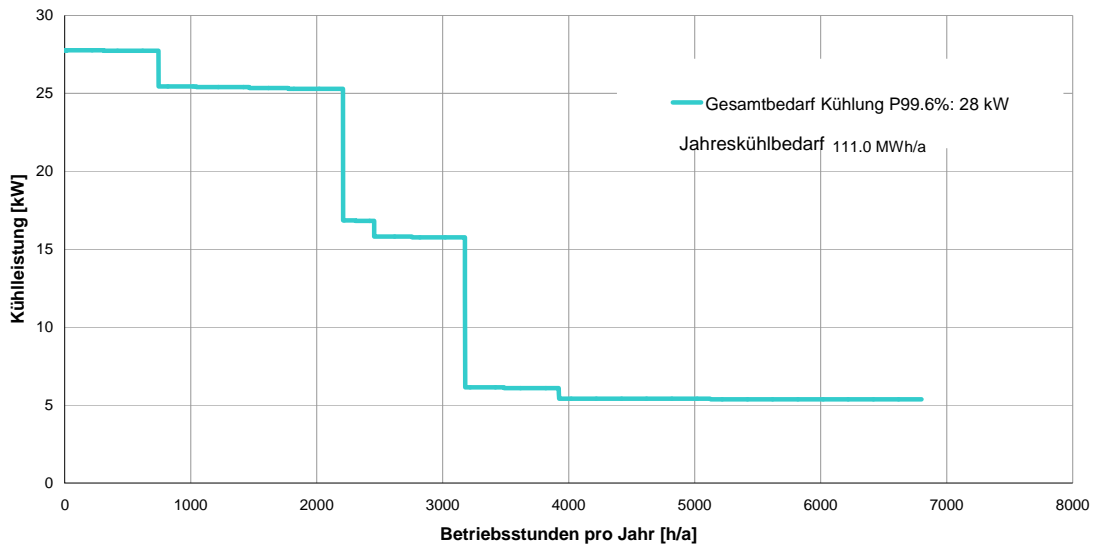


Abbildung 47: Jahresdauerlinie der Gesamtkühlleistung

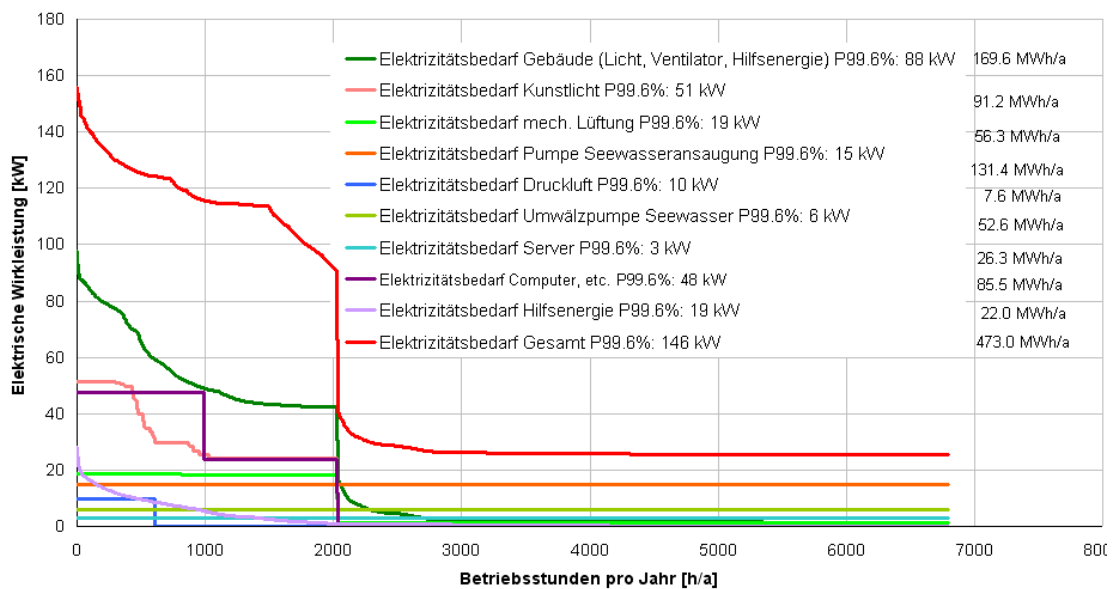


Abbildung 48: Jahresdauerlinien elektrische Leistung für Gebäudebetrieb und Gesamtleistung

Den Wärme- und Kältebedarf in einem Jahresprofil, wie in Abbildung 49 dargestellt, zeigt auf, inwieweit eine Abwärmenutzung möglich ist. Es zeigt sich, dass der Heizwärmebedarf um ein vielfaches höher ist, als der Kältebedarf resp. die daraus entstehende Abwärme. Zudem tritt der Kältebedarf überwiegend in den Zeiten auf wenn der Heizwärmebedarf sehr gering ist da die Seewasserkühlung nur in wärmeren Monaten des Jahres erforderlich ist.

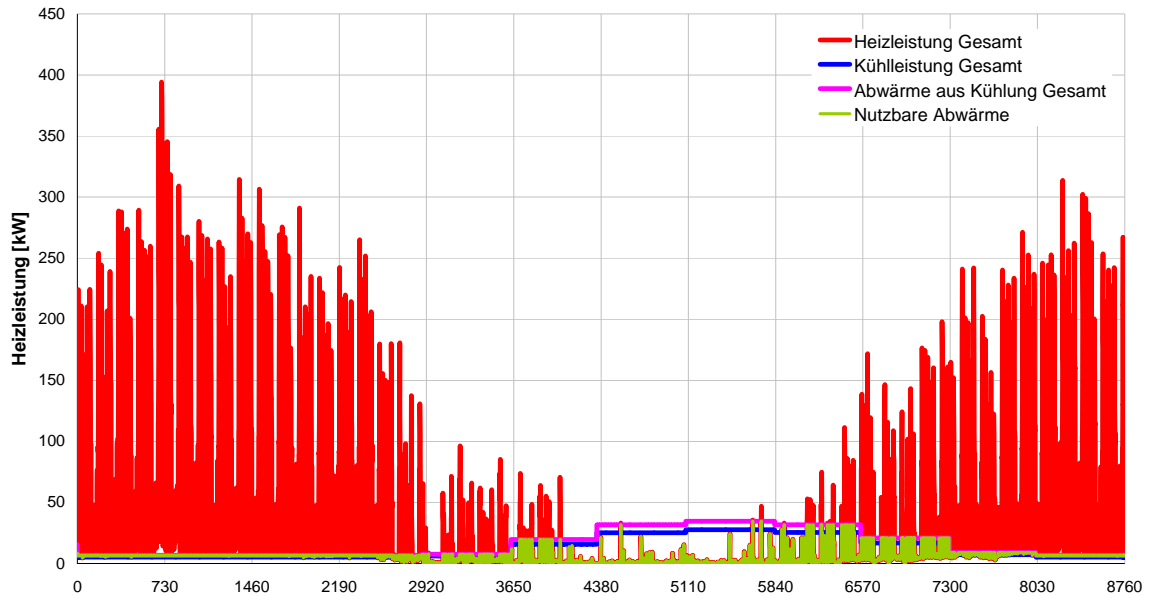


Abbildung 49: Jahresprofil Heiz- und Kühlleistung Green House / Blue House

Der effektive nutzbare Beitrag zur Heizung ist nur rd. 35% des vorhandenen Abwärmepotentials von rd. 138 MWh/a. Dies entspricht 48.9 MWh/a. Andererseits entspricht dies aber immerhin rd. 16% des Gesamtwärmebedarfs.

Wird die Abwärmenutzung mit in die Bilanz einbezogen ergibt sich ein verbleibender Wärmebedarf von rd. 258 MWh/a der mittels einer Wärmepumpe bereitgestellt werden muss.

7.3.1 CO₂ neutraler Gebäude(heiz)betrieb

Der ermittelte Wärmebedarf wird ausschließlich mittels Strom mit Hilfe einer Seewasser-Wärmepumpe erzeugt. Zur Ermittlung der entstehenden CO₂-Emissionen wird der Bundesdurchschnitt von 596 g/kWh_{el} herangezogen, da Helgoland seit einigen Monaten vom Festland Strom bezieht.

Für die Berechnung des Strombedarfs für die Gebäudebeheizung wird eine Simulation durchgeführt, mit dessen Hilfe die Arbeitszahl (COP) in Abhängigkeit der Seewassertemperatur ermittelt wird. In Abbildung 50 ist der Verlauf für den COP dargestellt. Für die Ermittlung des COP wird angesetzt, dass die Gebäudeheizung auf eine Temperatur von 35°C ausgelegt ist.

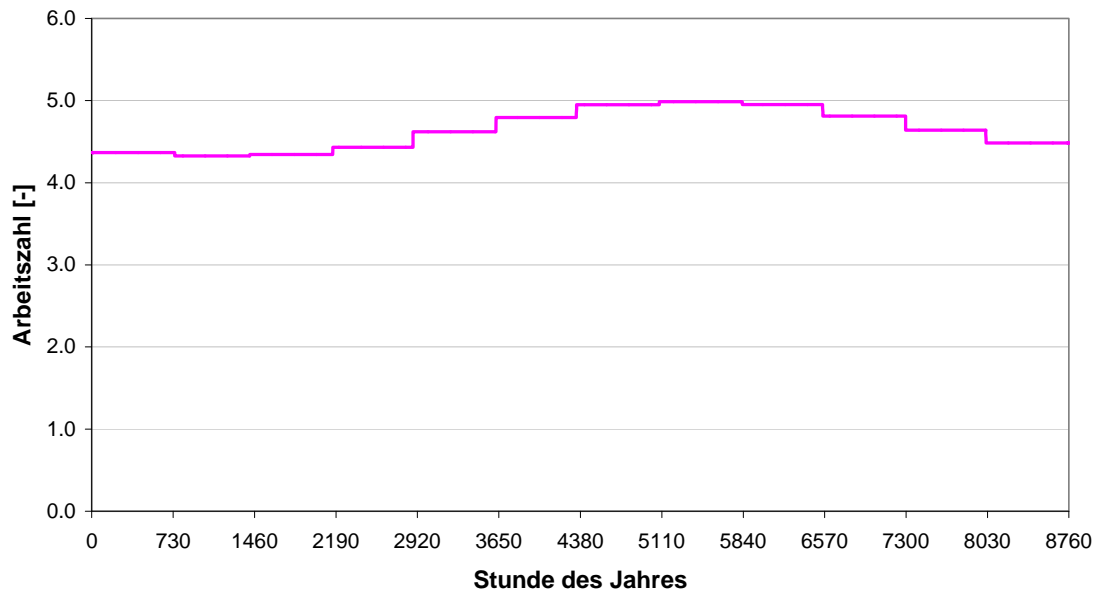


Abbildung 50: Jahresprofil der Arbeitszahl der Wärmepumpe in Abhängigkeit der Seewassertemperatur

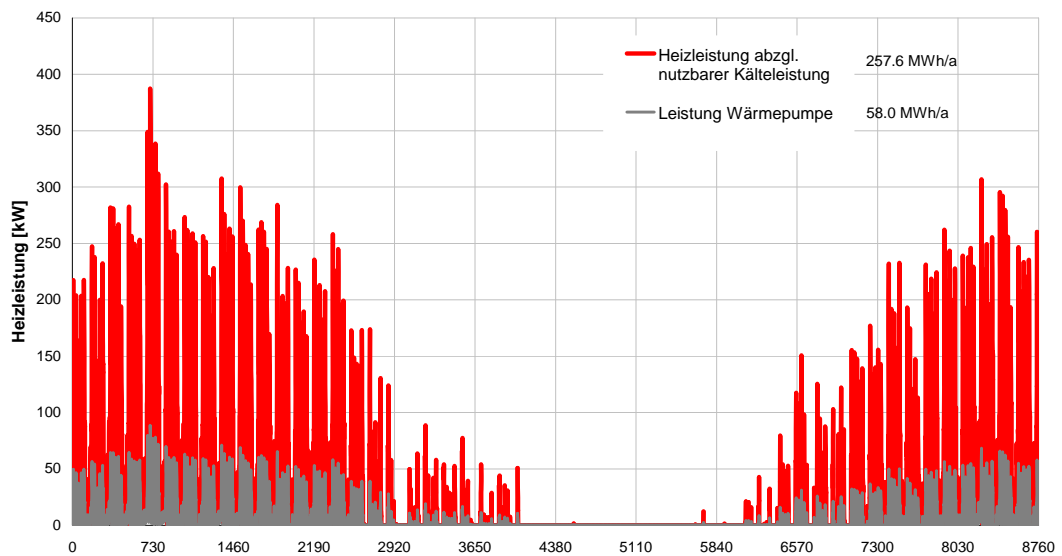


Abbildung 51: Jahresprofil der „Netto“-Heizleistung und des Strombedarfs für die Wärmepumpe

Aus Abbildung 51 geht der „Netto“-Heizwärmebedarf und der Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpe hervor. Insgesamt werden 58 MWh/a Strom für die Gebäudebeheizung benötigt was rd. 34,6 t CO₂ Emissionen pro Jahr entspricht.

Dieser Strombedarf könnte z.B. mittels einer Photovoltaikanlage mit einer Leistung von rd. 65 kW erzeugt werden (ca. 900 kWh/kW_{el} a). Alternativ könnte eine kleinere Windanlage einen Teil davon abdecken. Eine realistische Größe ist z.B. 6 kW die

rd. 12.000 kWh/a erzeugt. Letztlich verbleiben noch 46.000 kWh/a wodurch die PV-Anlage nur noch eine Leistung von 51 kW benötigt.

Wird dieser Strom ausschließlich über PV erzeugt, entstehen noch rd. 5.800 kg/a an CO₂ Emissionen da auch bei PV durch die Erzeugung der PV-Paneele noch ca. 100 g/kWh an CO₂ Emissionen entstehen. Gegenüber den derzeitigen Emissionen von rd. 200.000 kg/a für die Gebäudeheizung ist dies jedoch eine signifikante Reduktion.

8. Anhang

8.1. Thermische Gebäudesimulation

8.1.1 Was versteht man unter dynamischer Simulation?

Der Begriff "Simulation" wird nach der VDI-Richtlinie 3633 folgendermaßen definiert:

"Simulation ist das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierfähigen Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind."

Die Simulation spielt in den unterschiedlichsten technischen Bereichen eine sehr große Rolle. Die Simulation ermöglicht es vor dem Bau eines Gebäudes detaillierte Voraussagen über das thermische Verhalten und somit auch über den zu erwartenden Komfort zu machen. Darüber hinaus können anhand des Wärme- und Kältebedarfes z.B. auch Aussagen über die zu erwartenden Betriebskosten gemacht werden.

8.1.2 Simulationsprogramm TRNSYS

Das dynamische Simulationsprogramm TRNSYS (Transient System Simulation Program) wurde von der University of Wisconsin in Madison (U.S.A.) im Jahre 1975 erstellt. Es wird seitdem kontinuierlich weiterentwickelt und in zahlreichen nationalen und internationalen Forschungsprojekten, beispielsweise

- der Internationalen Energie Agentur (IEA),
- des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT)
- und der Kommission der europäischen Gemeinschaft (EU)

eingesetzt und validiert. Ein Validierungsbeispiel ist das vom BMFT geförderte "Energieautarke Haus" in Freiburg.

Die Berechnung des dynamischen thermischen Verhaltens von Gebäudeteilen (Wände, Decken, etc.) beruht bei TRNSYS auf dem Faltungsprinzip. Durch z-Transformation werden die Übertragungsfunktionen erhalten, mit denen das instationäre Verhalten des Gebäudes beschrieben wird. Das Verfahren wurde von der ASHRAE bereits in den siebziger Jahren entwickelt und hat nun auch Eingang in die VDI-Richtlinie 2078 gefunden. Unter anderem können mit TRNSYS folgende Vorgänge berücksichtigt werden:

- Beliebige Beschattung der Fenster und Außenflächen (wandernde Schatten)
- Beliebige Betätigung des beweglichen Sonnenschutzes

- Winkelabhängige Transmission und Absorption der Solarstrahlung durch Fenster
- Berechnung der sich ergebenden Raumtemperaturen
- Aufteilung der inneren Wärmelasten in Konvektiv- und Strahlungsanteile
- Bestimmung des erforderlichen Heizwärmebedarfs
- Jahressimulation mit unterschiedlichen Wetterdaten
- Interzonaler Luftwechsel

Für die Simulation des Gesamtsystems Heizung / Kühlung - Gebäude stehen in TRNSYS detaillierte Modelle für verschiedene Heiz- und Kühlsysteme zur Verfügung. Dadurch lassen sich die dynamischen Wechselwirkungen zwischen dem Gebäude selbst und den aktiven Anlagen zur Heizung und Klimatisierung des Gebäudes detailliert untersuchen.

8.2. Raumklima und thermischer Komfort

Komfort ist eine subjektive Größe, die von jeder Person individuell je nach Bekleidung, Tätigkeit und auch Tagesform unterschiedlich beurteilt wird. Das individuelle Komfortempfinden und die Leistungsfähigkeit einer Person wird von einer Reihe von Aspekten wie z.B. Lufttemperatur, Strahlungstemperatur, Luftfeuchte, Strömungsverhältnissen, Luftqualität, Geräuschbelastung, Lichtverhältnissen usw. beeinflusst.

Deshalb ist die Definition des Komforts und vor allem der Komfortgrenzen außerordentlich schwierig. Sie ist aber von besonderer Bedeutung in Gebäuden mit ökologisch und ökonomisch sinnvollen Klima- und Energiekonzepten. Die wichtigsten Parameter zur Komfortbeurteilung sind in dem unten stehenden Beispiel eines Büroraumes dargestellt.

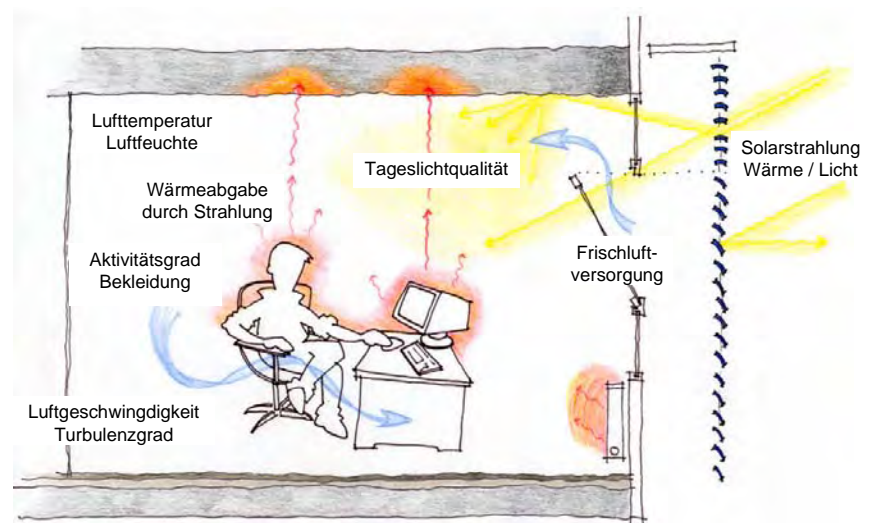


Abbildung 52: Einflussparameter auf die Komfortbeurteilung

Thermische Behaglichkeit ist gegeben, wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht.

Im Rahmen dieses Berichtes wird unter Komfort der thermische Komfort oder auch die thermische Behaglichkeit verstanden.

8.3. Berechnung Ventilatorleistung

Zuluft: $SFP = 5 = 2500 \text{ W/m}^3/\text{s} \rightarrow 0.69 \text{ W/m}^3/\text{h}$

Abluft: $SFP = 3 = 1000 \text{ W/m}^3/\text{s} \rightarrow 0.28 \text{ W/m}^3/\text{h}$

Raumvolumen Laborraum: $166 \text{ m}^3/\text{h} * 8.8 \text{ l/h} = 1460 \text{ m}^3/\text{h}$

Ventilatorleistung Zuluft: $1460 \text{ m}^3/\text{h} * 0.69 \text{ W/m}^3/\text{h} = 1007 \text{ W}$

Ventilatorleistung Abluft: $1460 \text{ m}^3/\text{h} * 0.28 \text{ W/m}^3/\text{h} = 409 \text{ W}$

Ventilatorleistung Gesamt: 1416 W (1.4 kW)

Betriebszeit Volllast:

52 Wochen a 5 Tage / Woche a 10 h / Tag = 2600 h

Energiebedarf gesamt: $1.4 \text{ kW} * 2600 \text{ h} = 3640 \text{ kWh}$

Energiebedarf spezifisch : $3640 \text{ kWh} / \text{Laborfläche } 59 \text{ m}^2 = 61 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

8.4. Undichtigkeit und n50-Wert

Die **Luftwechselrate n_{50}** ist ein Maß für die Luftdichtigkeit eines Gebäudes. Diese Zahl ergibt sich aus dem Luftvolumenstrom der sich pro Stunde einstellt, wenn eine Druckdifferenz von 50 Pa (zwischen Innen und Außen) erzeugt wird, dividiert durch das Gebäudevolumen. Je kleiner die Zahl ist, desto dichter ist das Gebäude. Die Druckdifferenz von 50 Pa entspricht etwa den Druckverhältnissen bei Windstärke 6.

8.5. Bauphysikalische Untersuchungspunkte

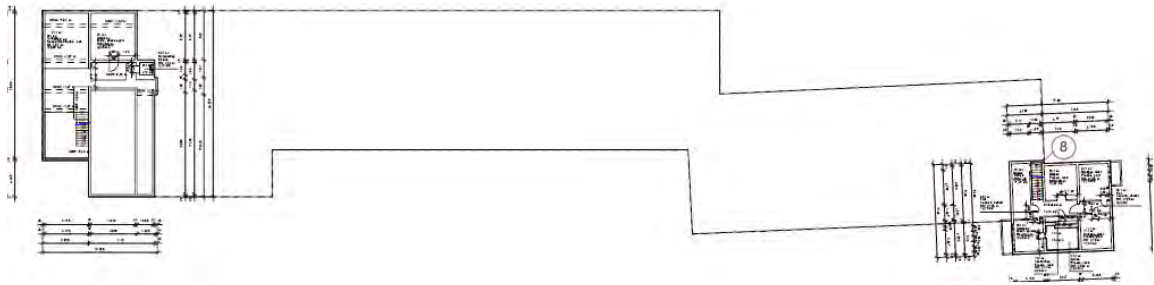


Abbildung 53: Lage der Untersuchungspunkte – 2. Untergeschoss M1:500

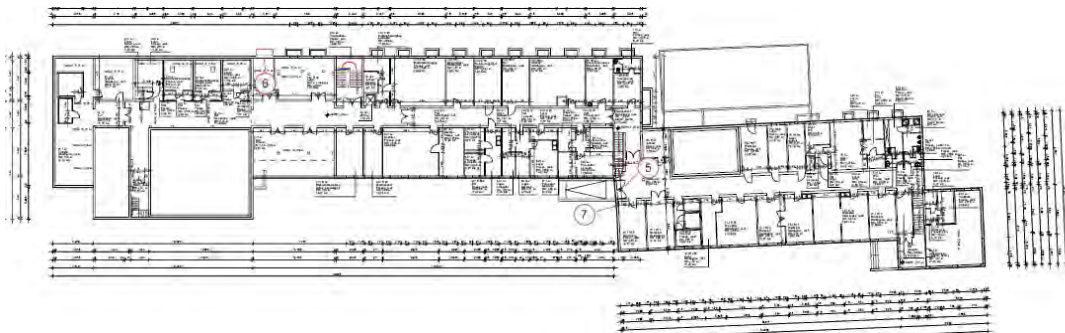


Abbildung 54: Lage der Untersuchungspunkte – 1. Untergeschoss M1:500

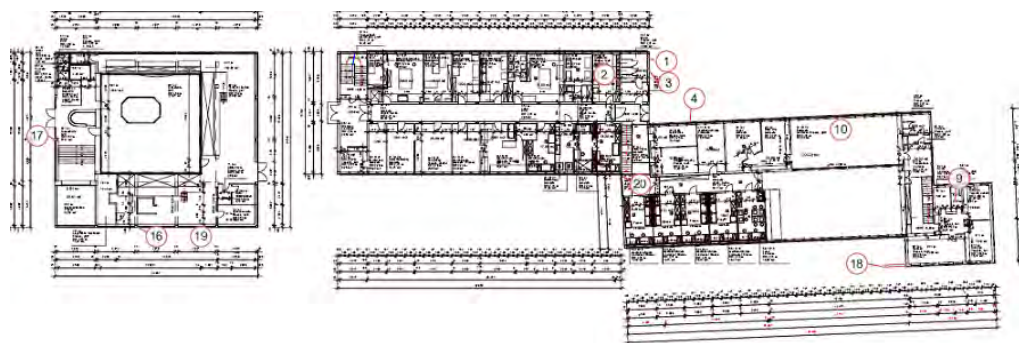


Abbildung 55: Lage der Untersuchungspunkte – Erdgeschoss M1:500

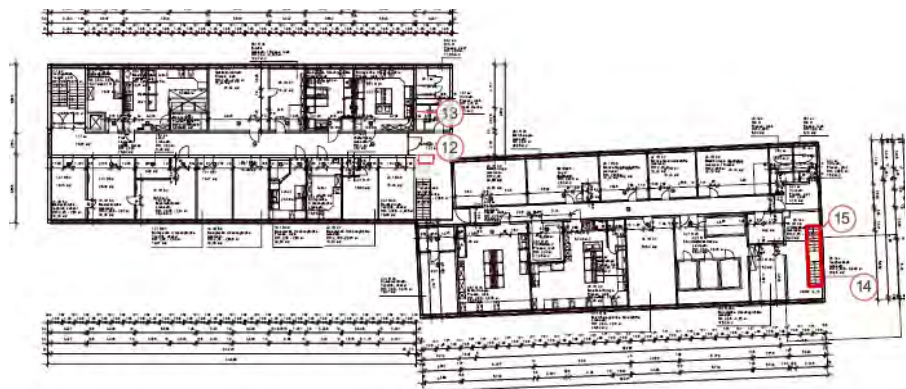
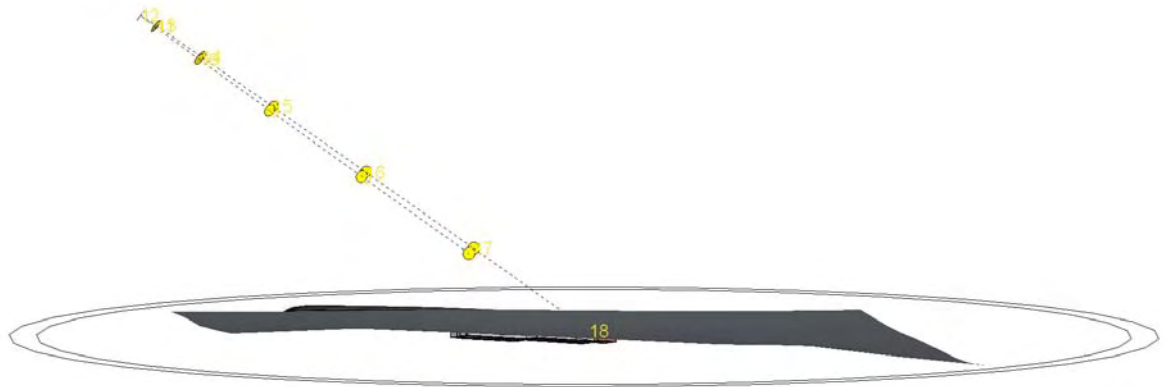


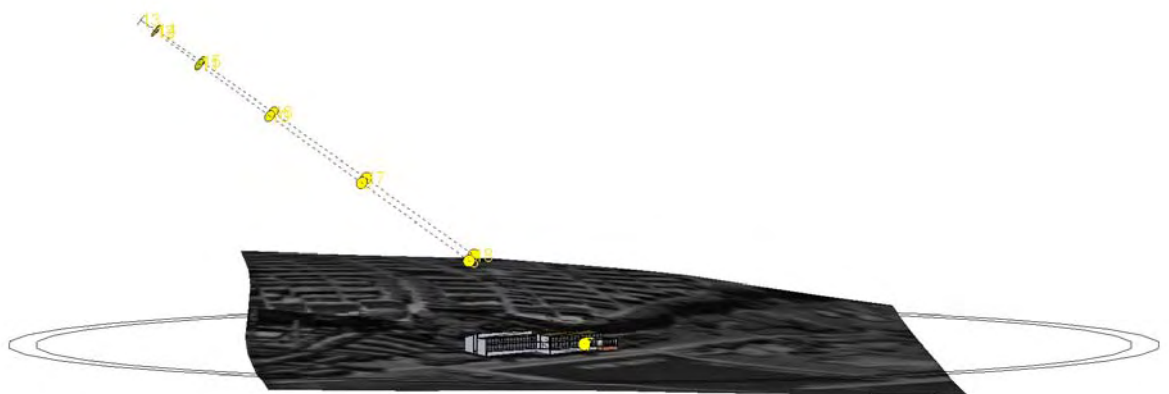
Abbildung 56: Lage der Untersuchungspunkte – Dachgeschoss
M1:500

8.6. Besonnungsstudie

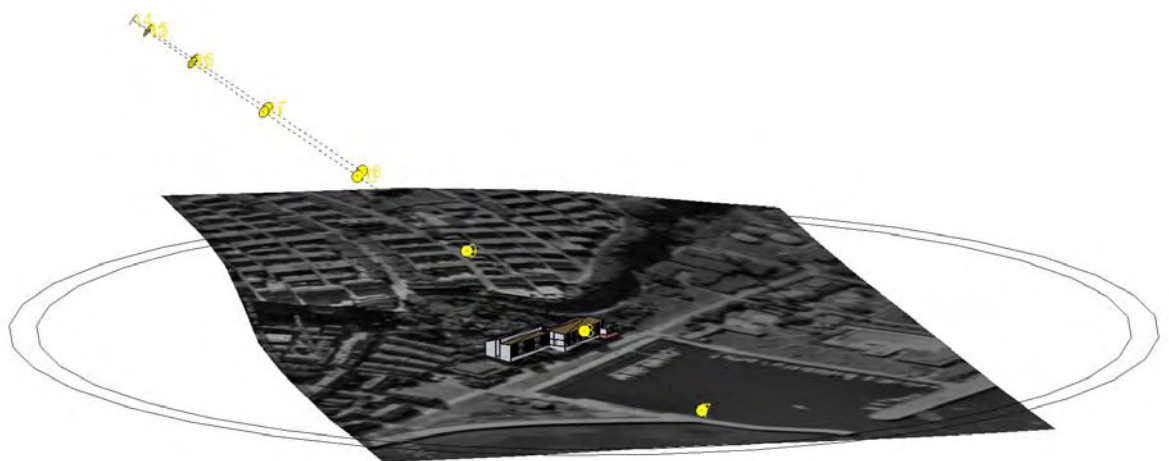
21. März / September



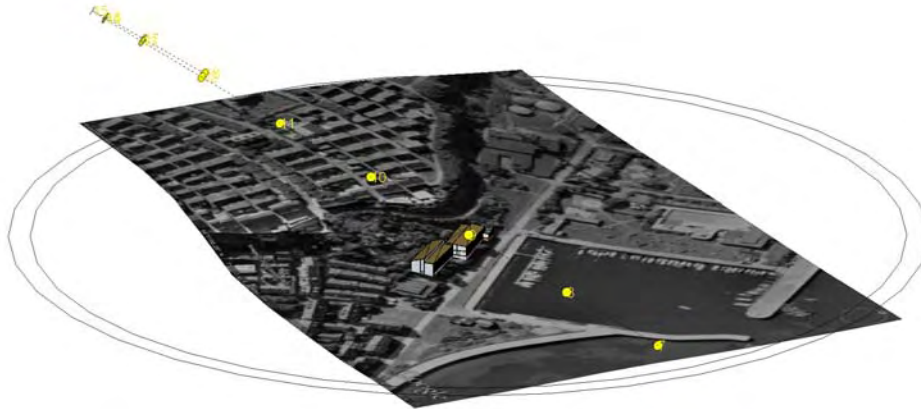
6:00 Uhr



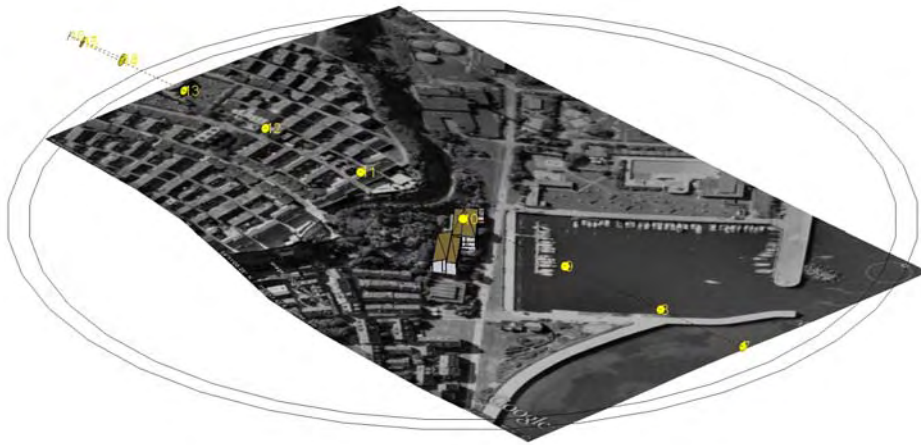
7:00 Uhr



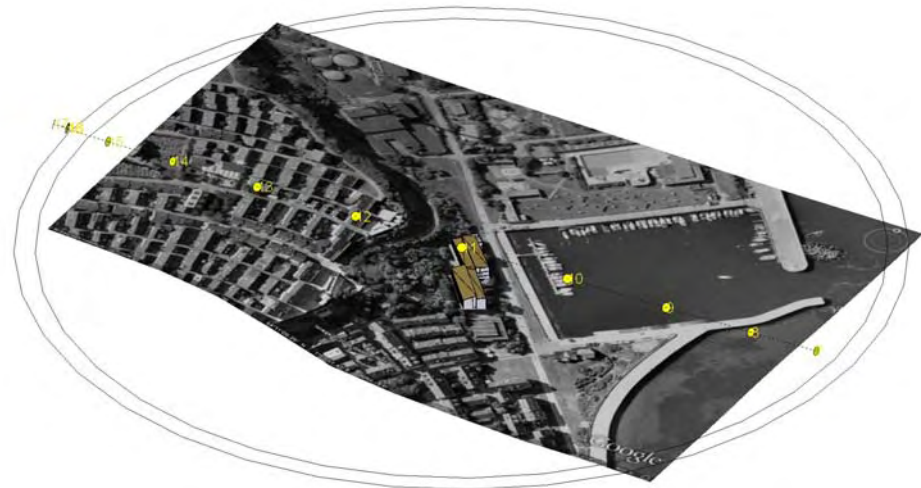
8:00 Uhr



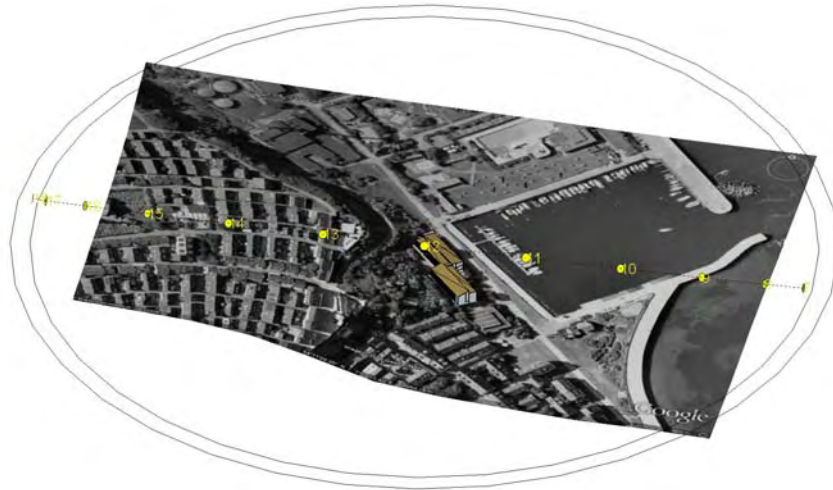
9:00 Uhr



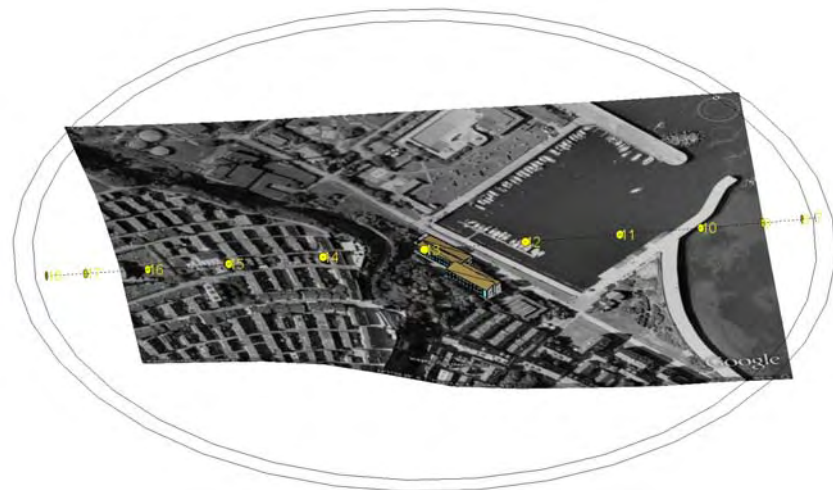
10:00 Uhr



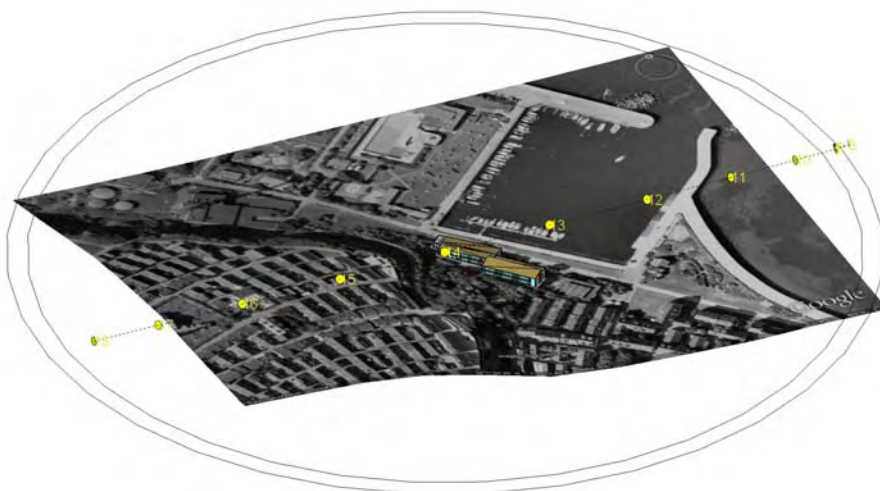
11:00 Uhr



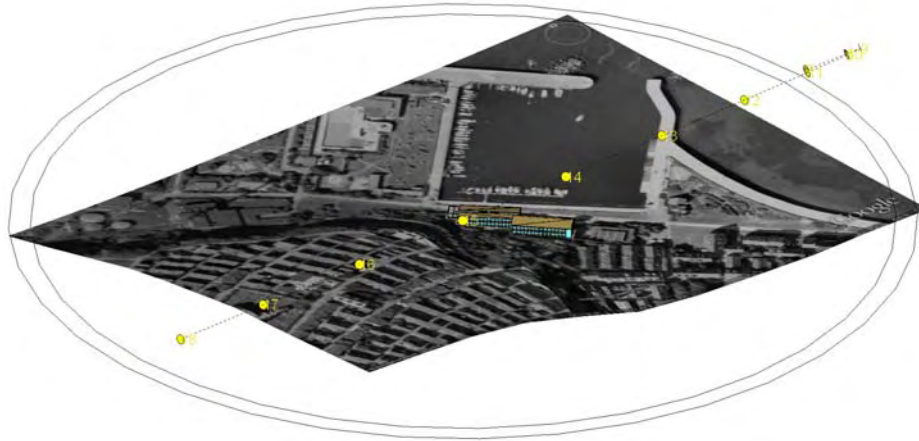
12:00 Uhr



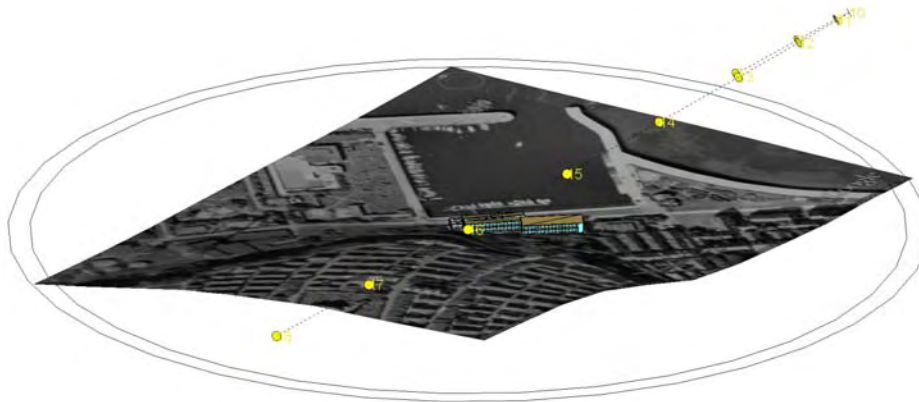
13:00 Uhr



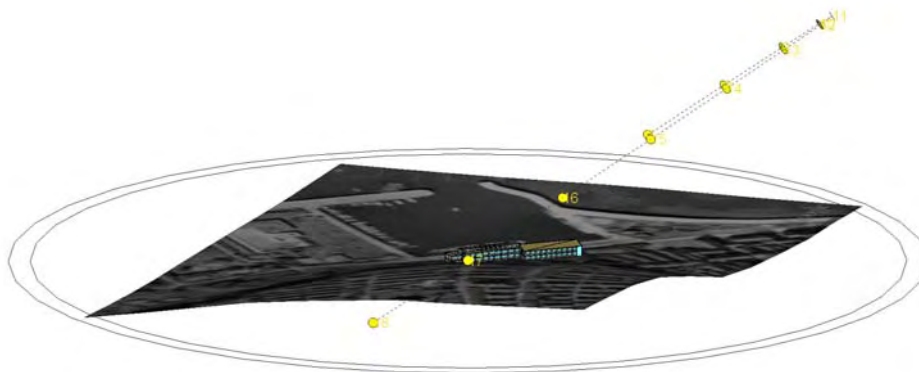
14:00 Uhr



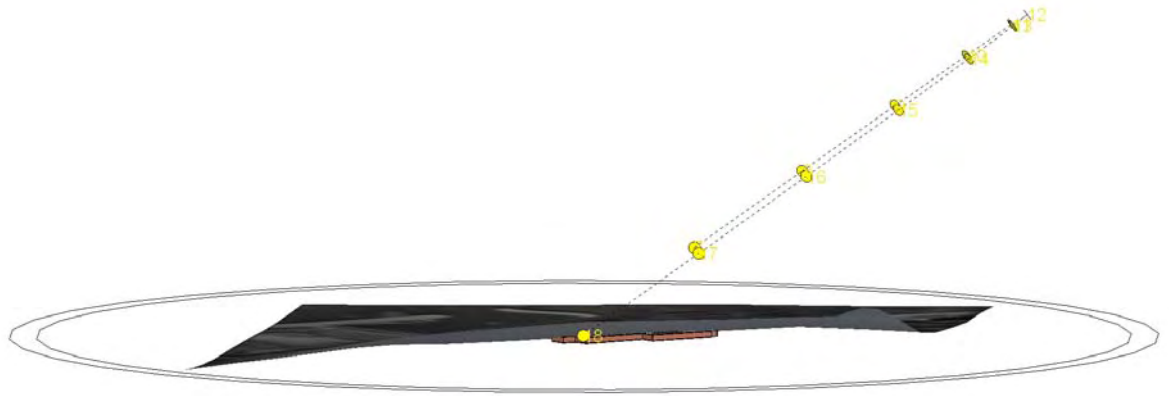
15:00 Uhr



16:00 Uhr

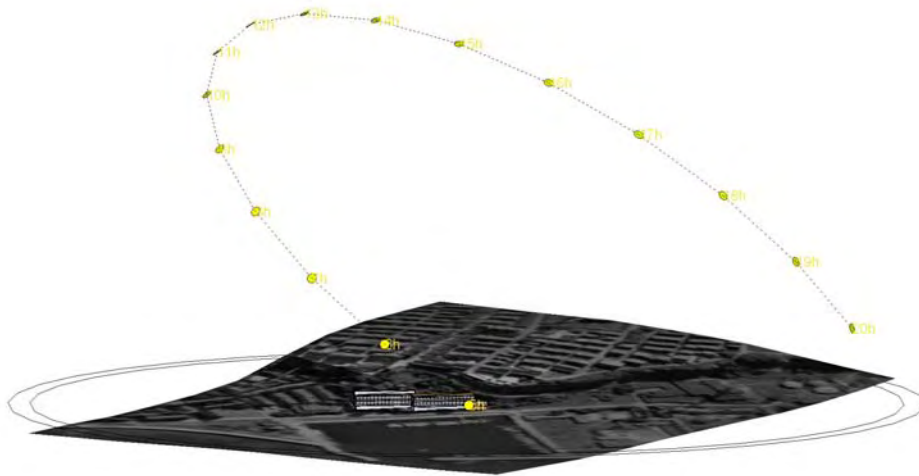


17:00 Uhr

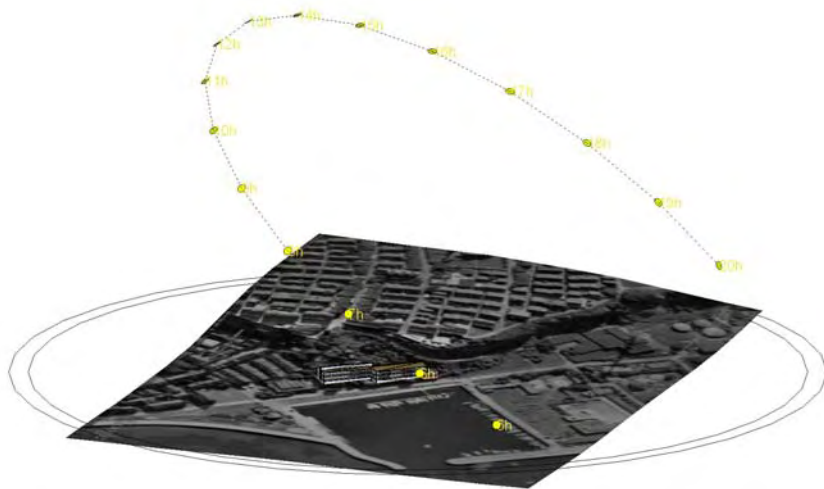


18:00 Uhr

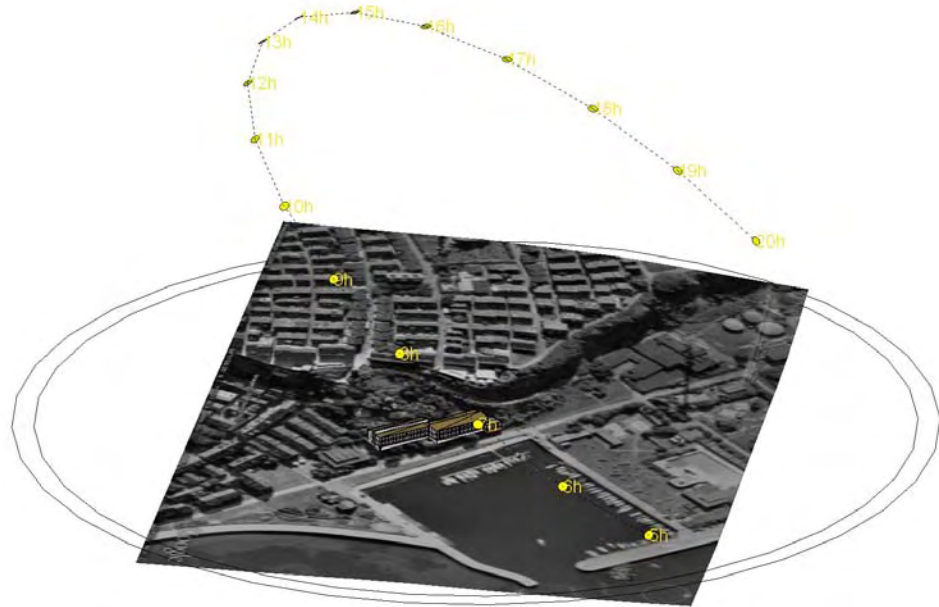
21. Juni



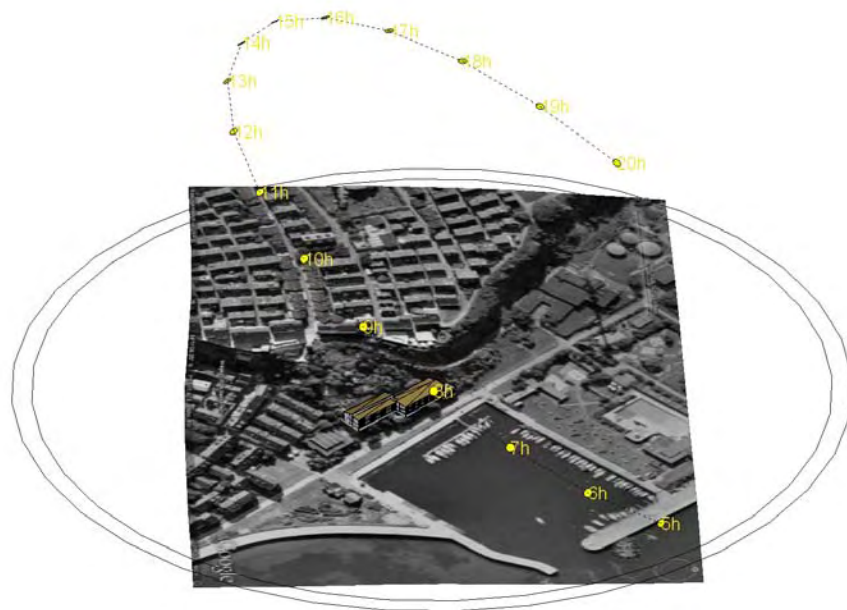
5:00 Uhr



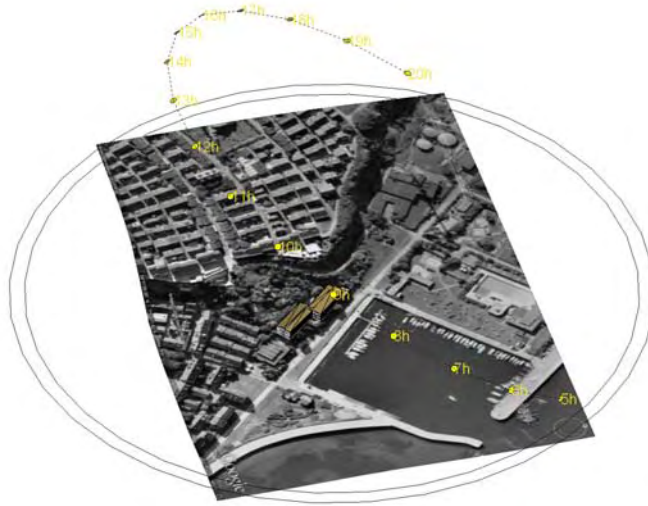
6:00 Uhr



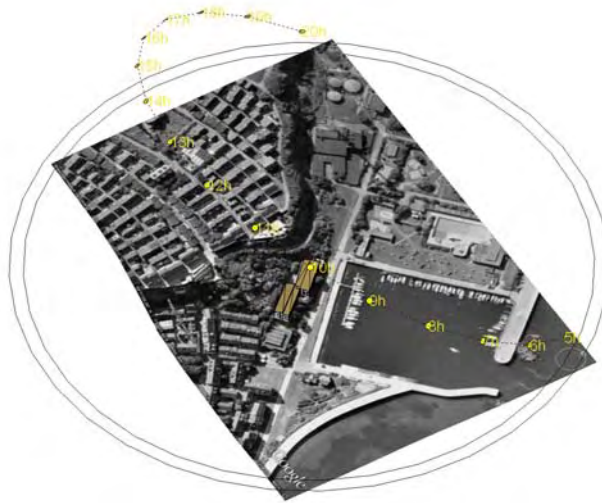
7:00 Uhr



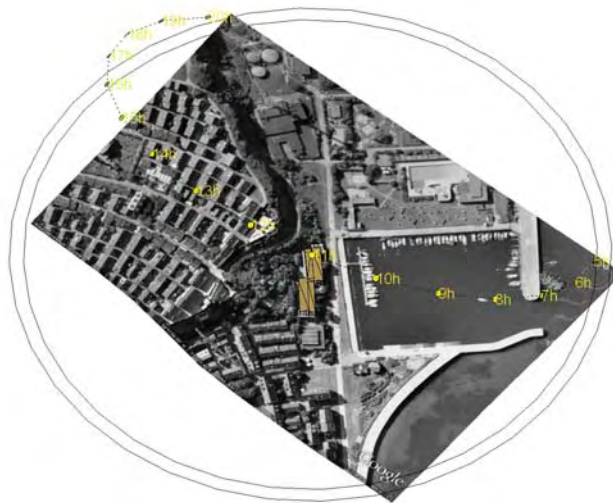
8:00 Uhr



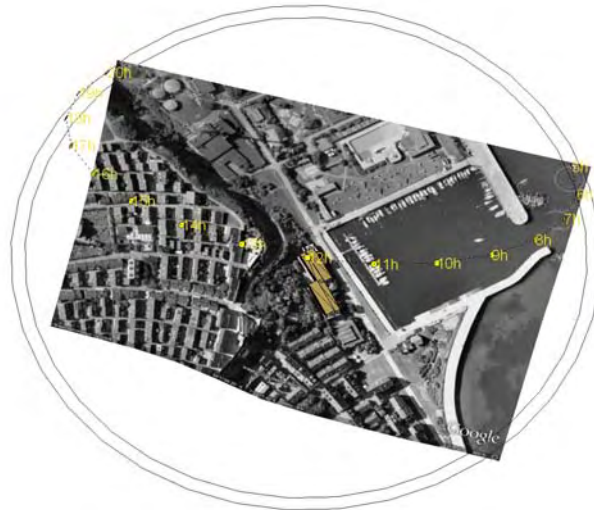
9:00 Uhr



10:00 Uhr



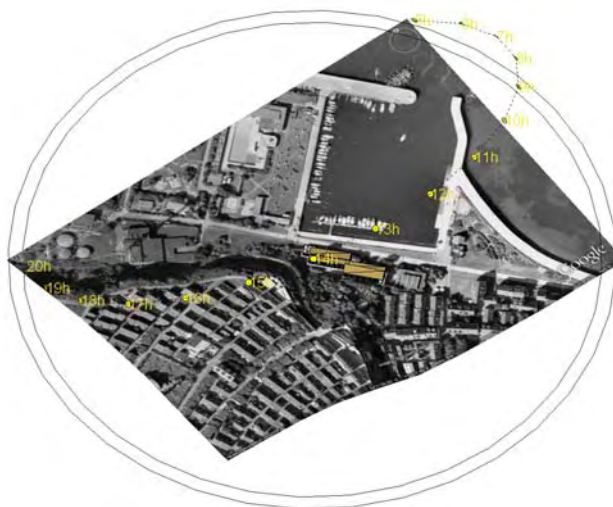
11:00 Uhr



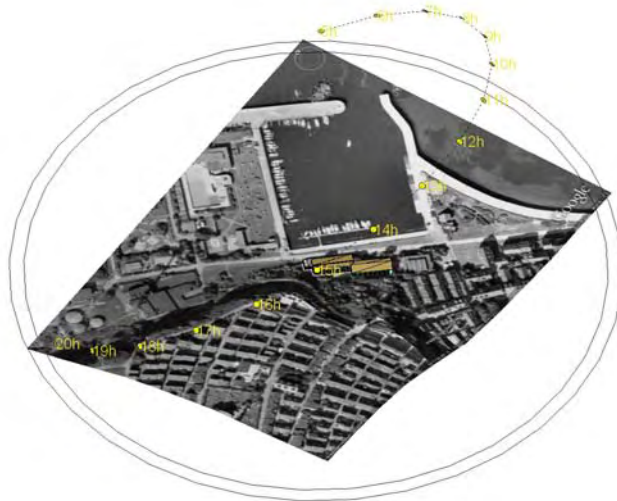
12:00 Uhr



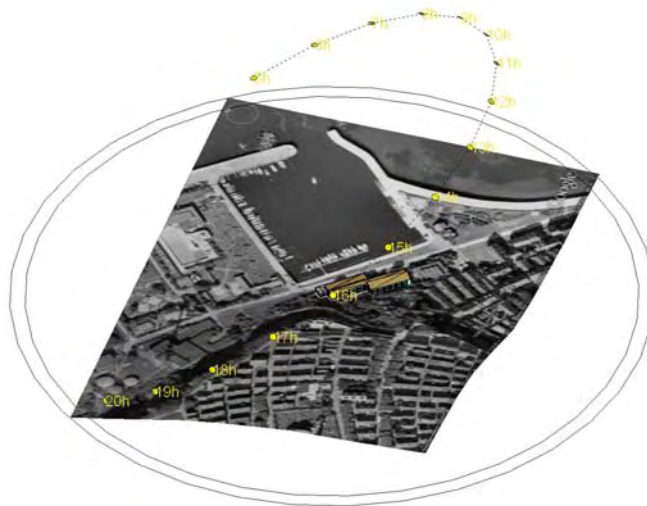
13:00 Uhr



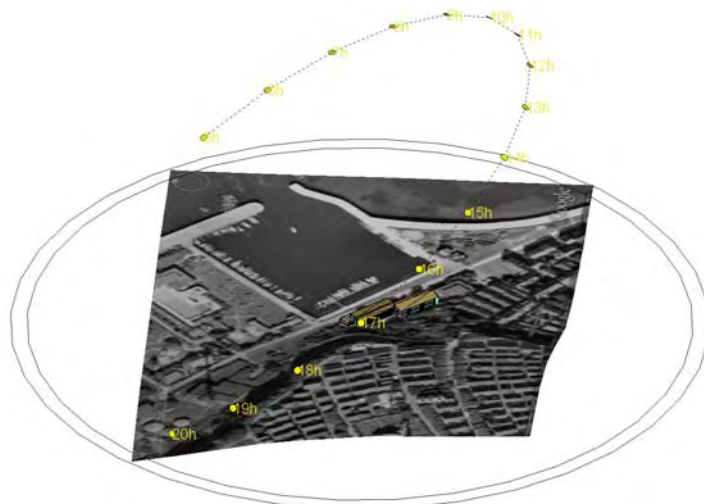
14:00 Uhr



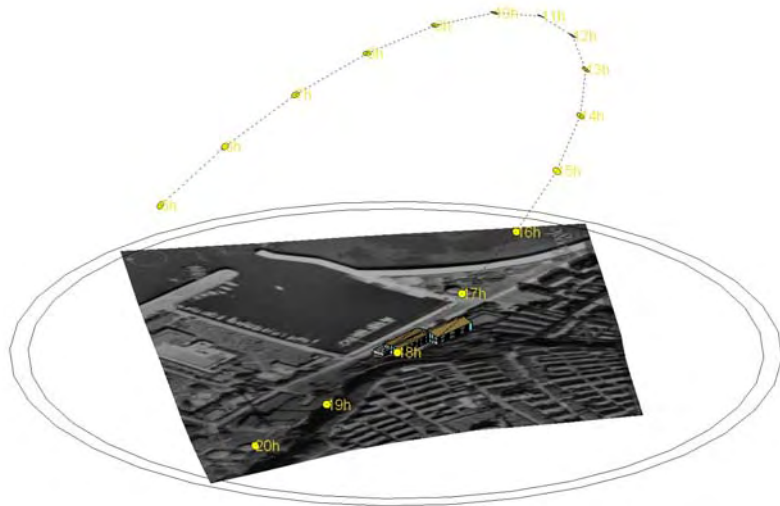
15:00 Uhr



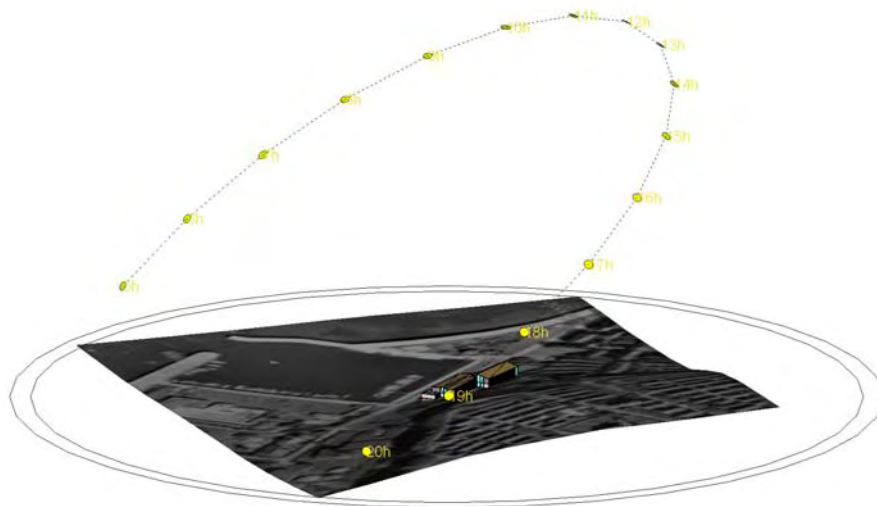
16:00 Uhr



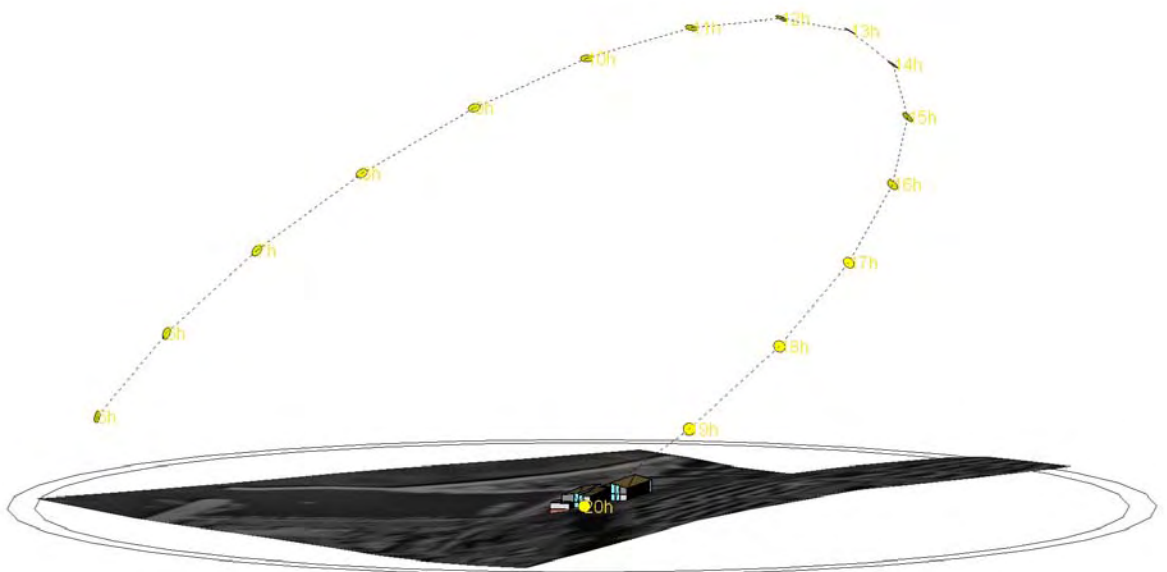
17:00 Uhr



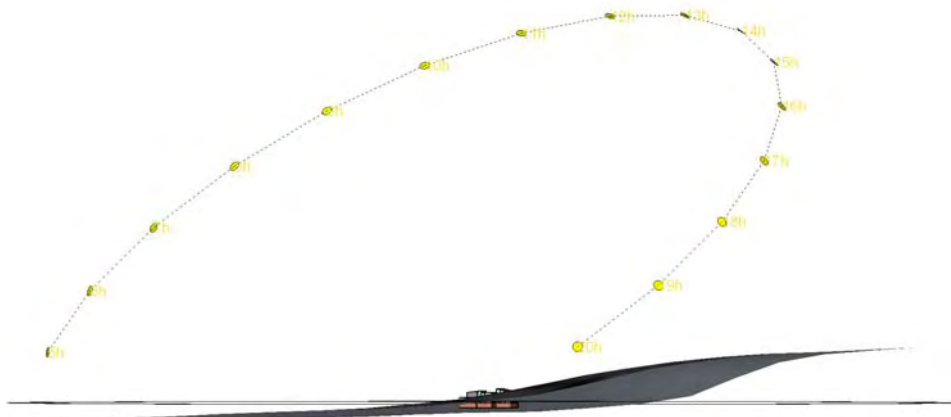
18:00 Uhr



19:00 Uhr

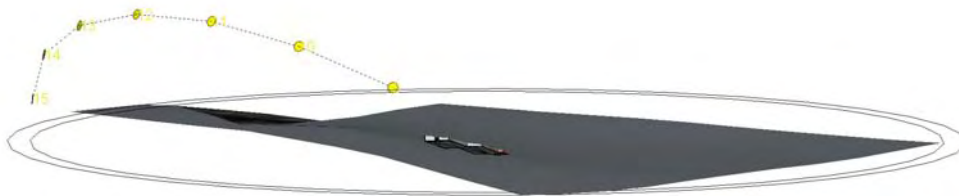


20:00 Uhr

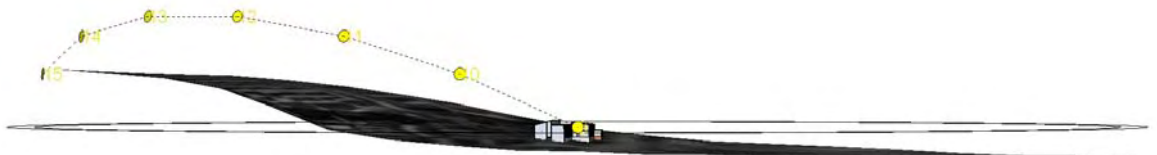


21:00 Uhr

21. Dezember



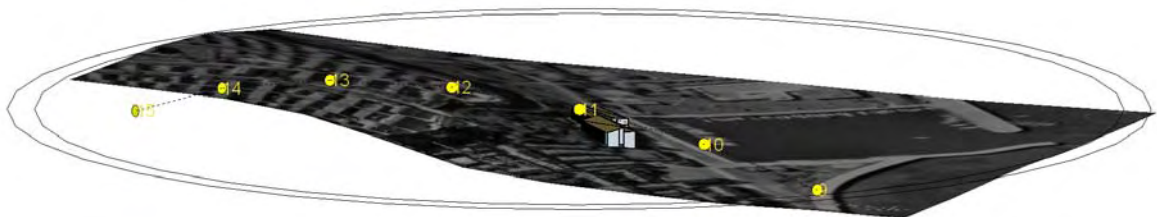
8:00 Uhr



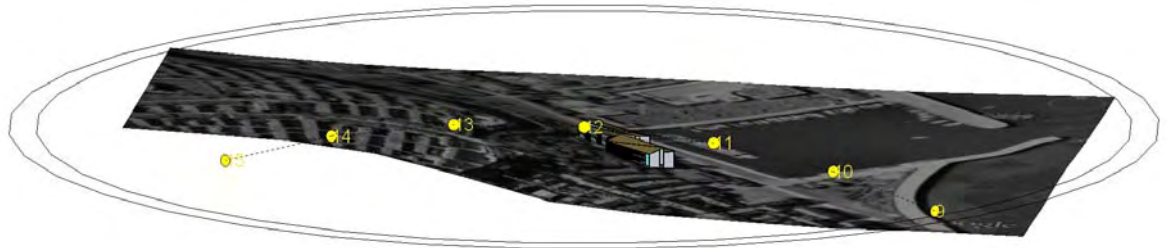
9:00 Uhr



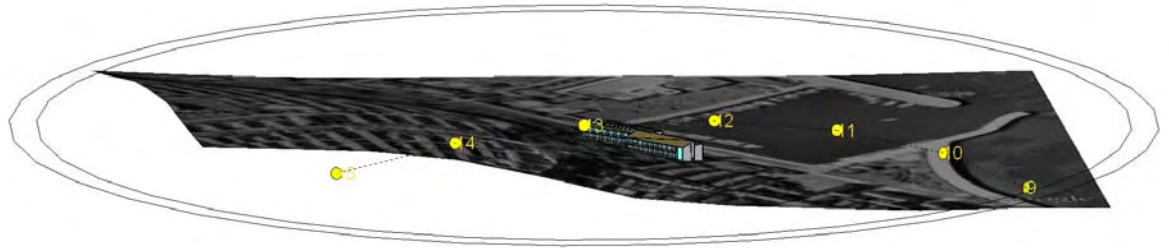
10:00 Uhr



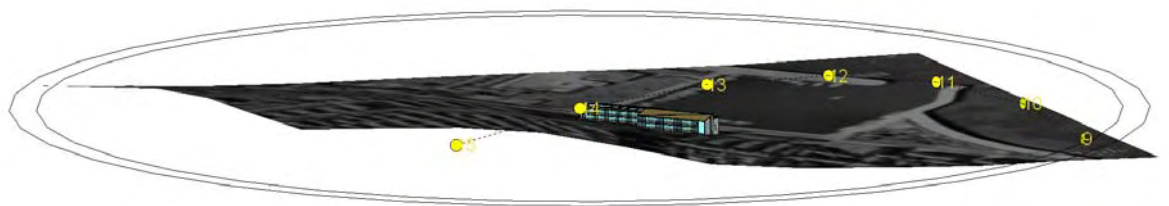
11:00 Uhr



12:00 Uhr



13:00 Uhr



14:00 Uhr



15:00 Uhr



16:00 Uhr

Machbarkeitsstudie

Anlagen

Anlage 1
Pläne

Anlage 2
Protokoll zur Ortsbegehung

Anlage 3
Dokumentation
Wärmebrückenberechnung