

Verbindung innovativer Strategien und Technologien zu einem ganzheitlichen, ressourcenschonenden Plusenergiegebäude

FUTUREbase

A. Preisler
U. Schneider
G. Rauhs
O. Pol
S. Gosztanyi
E. Haslinger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

21/2014

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Verbindung innovativer Strategien und Technologien zu einem ganz- heitlichen, ressourcenschonenden Plusenergiegebäude

FUTUREbase

Ing. Anita Preisler, DI Olivier Pol,
DI Susanne Gosztonyi, Dr. DI Edith Haslinger
AIT

Arch. DI Ursula Schneider
pos architekten

DI Gregor Rauhs
Wirtschaftsagentur Wien

Wien, Juni 2012

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse www.HAUSderZukunft.at Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	15
1.1	Allgemeine Einführung in die Thematik.....	15
1.2	Ausgangssituation/Motivation des Projektes.....	16
1.3	Zielsetzungen des Projektes.....	17
1.4	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Kapitel) des Endberichts.....	17
2	Hintergrundinformationen zum Projektinhalt.....	18
2.1	Beschreibung des Standes der Technik.....	18
2.2	Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema.....	19
2.3	Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts).....	19
2.4	Verwendete Methoden.....	20
2.5	Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten.....	22
3	Ergebnisse des Projektes.....	25
3.1	Technologiescreening.....	25
3.1.1	Natürliche Lüftung.....	25
3.1.2	Multifunktionale Fassadensysteme.....	27
3.1.3	Bionische Fassadenmaterialien.....	32
3.1.4	Einbindung von Kleinwindkraftanlagen.....	37
3.1.5	Bodengebundene Kühlsysteme (Soil Cooling).....	37
3.1.6	Pflanzeneinbindung in Büro- und Gewerbeimmobilien zur Raumluft- befeuchtung.....	39
3.1.7	Recyclinganteil von Baumaterialien.....	41
3.2	Gebäudeübergreifende Energieflussanalysen.....	44
3.2.1	Gebäudeübergreifendes Energiekonzept.....	44
3.2.2	Bodenanalysen.....	60
3.3	Nachhaltiges Gebäudekonzept.....	65
3.3.1	Ziele.....	65
3.3.2	Architekturbriefing.....	65
3.3.3	Planungsgrundlagen.....	66
3.3.4	Entwurfsparameter des städtebaulichen Entwurfes.....	67
3.3.5	Städtebauliche Studien.....	68
3.3.6	Gebäude.....	74
3.3.7	Fassadenstudie.....	88

3.4	Plusenergiekonzepte	97
3.4.1	Dynamische Simulationen	97
3.4.2	Optimierte Gebäuderegung	106
3.4.3	Plusenergiekonzept Variante 1	112
3.4.4	Plusenergiekonzept Variante 2	114
3.4.5	Plusenergiekonzept Variante 3	116
3.4.6	Plusenergiekonzept Variante 4	118
3.4.7	Zusammenfassung Plusenergiekonzepte	119
3.5	Material-/Struktur-/Betriebskonzept.....	120
3.5.1	Materialkonzept	120
3.5.2	Strukturkonzept	123
3.5.3	OI3 Bewertung	129
3.5.4	Betriebskonzept.....	132
3.5.5	Lebenszykluskostenprognose	135
4	Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms.....	142
4.1	Einpassung in das Programm	142
4.2	Beitrag zum Gesamtziel des Programms	142
4.3	Einbeziehung der Zielgruppen (Gruppen, die für die Umsetzung der Ergebnisse relevant sind) und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt	144
4.4	Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse.....	144
5	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	145
6	Ausblick und Empfehlungen	148
7	Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis	150

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Die Wirtschaftsagentur Wien plant, im 21. Wiener Gemeindebezirk unmittelbar zwischen den Gebäudekomplexen TECHbase und ENERGYbase eine weitere innovative Büro- und Gewerbeimmobilie mit ca. 13.000 m Nutzfläche zu errichten. Wie bereits bei ENERGYbase sollten anhand einer Durchführbarkeitsstudie visionäre Ideen für ein weiteres europaweites Vorzeigeprojekt, diesmal aber in Richtung der weiter reichenden Vision eines nachhaltigen, Plusenergie-Bürogebäudes, vorab wissenschaftlich untersucht werden. Aufbauend auf die Ergebnisse dieser Studie soll dann die Vorverwertung und Realisierung der Immobilie begonnen werden.

Inhalte und Zielsetzungen

Das übergeordnete Ziel dieses Projektes ist es, durch diese technische Durchführbarkeitsstudie neue, innovative Technologien und Strategien anhand eines konkreten Bauvorhabens vorab zu untersuchen, um so zu einem schlüssigen Plusenergiegebäudekonzept mit minimalem Umsetzungsrisiko zu kommen. Die Einbindung der Planungs-, Bau- und Betriebserfahrungen von Best Practice Beispielen wie ENERGYbase aus Sicht der involvierten Gruppen (Immobilienentwicklung, Architektur, Haustechnik und Facility Management) spielt dabei eine wichtige Rolle.

Methodische Vorgehensweise

Die Studie wurde in drei Schritten erarbeitet:

- Evaluierung der derzeitigen Einsetzbarkeit neuer, innovativer Strategien und Technologien im Gebäudebereich entsprechend des aktuellen Erkenntnisstandes aus Forschungsvorarbeiten (HDZ, HDZplus, Neue Energien 2020, usw.) anhand eines konkreten Bauvorhabens.
- **Energieflussanalysen:** Energiebilanzierung für den Standort des Bauvorhabens mit den umschließenden Gebäudekomplexen. Potenzialabschätzung für bodengebundene Kühlsysteme.
- Entwicklung nachhaltiger **Plusenergiegebäudekonzepte** mit hohem Multiplikationspotenzial und einer hohen Signalwirkung. Parallel dazu wurde ein ökologisches Materialkonzepts über den Lebenszyklus mit Materialminimierungsstrategien und Lebenszykluskostenoptimierung entwickelt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Folgendes Konzept ist das Ergebnis des integralen Planungsprozesses zur Entwicklung eines nachhaltigen Plusenergiegebäudes am Standort FUTUREbase:

- 2.850m gebäudeintegrierte Photovoltaik

- 400m vertikale Vakuum-Röhrenkollektoren an Südfassade
- 1.100m thermischer Mittelzeitspeicher (Abwärmenutzung aus industriellem Kälteprozess)
- Erdwärme-/ und kältenutzung über Fundamentplatte
- Aktivierung von Speichermassen (Holz-Stahlbeton-Verbunddecken oder Massivdecke)
- Solare DEC-Anlagen (40.000m/h) zur Feuchteregulierung in den Bürobereichen

Folgende Strategien wurden untersucht bzw. angewendet und werden bei der Realisierung von FUTUREbase empfohlen:

- Energiemanagement im lokalen Verbund: Klima-Windkanal der RTA, ENERGYbase, TECHbase, FUTUREbase
- Schaffung von nutzbaren Freiflächen, Restaurant, Fitnessraum usw. um FUTUREbase zu einem Verbindungsglied zwischen den bestehenden Gebäudekomplexen ENERGYbase und TECHbase zu machen
- Passivhausbauweise
- Plusenergiekonzept inkl. Nutzerstrom
- Innovative Ost-/Westfassadenlösung
- Verwendung von ökologische Baumaterialien (Holzkonstruktion; Holz-Stahlbeton-Verbunddecken)
- Weitere Optimierung des Gesamtkonzepts hinsichtlich Lebenszykluskosten

Ausblick

Als nächste Schritte für eine Umsetzung des hier entwickelten Plusenergiegebäudekonzepts gilt es, die in dieser Studie aufgezeigten Forschungsfragen weiter zu bearbeiten.

Forschungsfragen Industrielle Prozesse:

- Detaillierte Analyse des Energiebedarf der bestehenden Gebäudekomplex TECHbase und ENERGYbase als Wärmesenke für Großrückkühleinheiten des industriellen Kälteprozesses hinsichtlich Adaptierbarkeit der bestehenden Heizungsregelung um die Nutzung des bestehenden Abwärmepotenzials zu erhöhen
- Energiemanagement industrielle Rückkühlenergie zur Raumheizung (Speichergröße, ein oder mehrere Speicher, Einbindung in bestehende haustechnische Systeme, Hydraulik, Regelung, Back-up Strategien)
- Speicherspezifikation: Speichergeometrie, Speicherschichtung, Be- /Entladebetrieb, usw.
- Ökologische Rückkühlung über Mittelzeitspeicher durch Erdkälte (Grundwassernutzung, ΔT -Garantie)
- Betreibermodelle (Finanzierung, Wärmeabnahmeregelung, usw.)

Forschungsfragen Fassadentechnologien:

- Optimierung von Ost-/Westfassadenkonzepten (Heiz-/Kühlenergiebedarf, Tageslichtversorgung Sommer/Winter, Ausblick, natürliche Lüftungsstrategien, Luftströmung an Fassade, Sonnenschutzdesign, Wartbarkeit, Reinigung)
- Integration von Vakuumröhrenkollektoren in Fassade
- Kühlpotenzial von Fassadenbegrünung durch Verdunstungskühlung
- Adaptive Wärmedämmung (Bewegliche Lamellen, bionische Ansätze)
- Regelstrategien für Verschattung und Lüftungsöffnungen (Nachtlüftung)

Forschungsfragen Energiekonzepte:

- Flächenheiz-/kühltechnologien für Stahlbetong/Holz Verbund-Konstruktionen bzw. Holz-Konstruktionen (Energetisches Potenzial im Vergleich zu Bauteilaktivierung in Stahlbetondecken, Innenraumkomfort)
- Optimierung Solarenergienutzung (PV, Solarthermie) auf Dach/Fassade für Plusenergiekonzepte
- Optimierung Lüftungsdesign (Kernzonenlüftung, Lüftung für Bereiche mit offenbaren Fenstern, Feuchterückgewinnung im Winter über Sorptionsrotoren)
- Regelungsoptimierung PV-Strom Nutzung am Standort

Abstract

Starting point/Motivation

The Vienna Business Agency is planning – after the success of the office building ENERGYbase which meets the passive house standard - to build yet another innovative office and commercial building with a net floor space of 13.000 m in between the office buildings TECHbase and ENERGYbase in the 21st district of Vienna. Like for the ENERGYbase, visionary ideas were evaluated for another pan-European reference project. This time, however, the project aims at the more ambitious target of a sustainable, energy plus office building, which is to be reached with a wide variety of scientific methods. Based on the results of the proposed project, the first steps of realization of the office building shall be taken.

Contents and Objectives

The overarching goal of this project is to assess innovative technologies and strategies of a concrete building project by means of a technical feasibility study. Thus, a coherent concept for a 'Plus energy'-building with minimized realization risk shall be achieved. The integration of planning, construction and operation knowledge of best practice examples such as the ENERGYbase from the viewpoint of involved stakeholders (i.e. real estate developers, architects, building services and facility management) is therefore very important.

Methods

The study was elaborated in three steps:

1. **Technology screening:** Evaluation of present status of applicability of new, innovative strategies and technologies in the building sector based on the state-of-the-art of precursory projects (of the funding programs 'Haus der Zukunft', 'Haus der Zukunft plus', 'Neue Energien 2020') for a concrete building project.
2. **Energy flow analyses:** Energy balance for the location of the building project with the enclosing building complexes. Potential estimation for soil cooling systems.
3. Development of sustainable **'Plus energy' building concept** with high multiplication and signaling effect. In parallel to these developments an ecological material concept with consideration of the life cycle as well as aiming at minimization of material use and optimization of life cycle costs was set up.

Results

Following concept is the result of the integrated planning process for the development of a sustainable Plus energy building on the location FUTUREbase:

- 2.850m building integrated Photovoltaic
- 400m vertical evacuated tube collectors on south facade

- 1.100m medium-term thermal storage (usage of waste heat from industrial cooling process)
- Usage of earth for heating and cooling purposes in the foundation plate
- Activation of storage mass (wood-concrete-composite floors or concrete floors)
- Solar DEC system (40.000m/h) for humidity control in office area

Following strategies were analysed and respectively applied and are particularly recommended for FUTUREbase realisation:

- Energy management in a local association: climatic wind tunnel of RTA, ENERGYbase, TECHbase, FUTUREbase
- Creation of an architectural link between existing buildings ENERGYbase and TECHbase with joint usage of outdoor spaces, restaurant, fitness centre, etc.
- „Passivhaus“ standard
- Plus energy concept including energy demand of users
- Innovative east-/west facade solution
- Ecological building materials (wood constructions, wood-concrete-composite floors)
- Further optimization towards life cycle costs

Prospects / Suggestions for future research

As a next step for the realization the here developed Plus-energy concept the following list of research questions have to be answered.

Research topics concerning industrial processes:

- Detailed analysis of the energy demand from the existing building complexes TECHbase and ENERGYbase as heat sink for the heat rejection in the industrial cooling process concerning adaptability of existing heating control systems to increase the usage of available waste heat
- Energy management of industrial heat rejection unit for room heating (size of thermal storage, single or multi storage systems, integration in existing heating system, hydraulic adaptation, control, back-up strategies)
- Storage specification: optimized storage geometry, storage stratification, loading and unloading strategies, etc.
- Ecological heat rejection by medium-term storage using earth cooling (ground water, ΔT guarantee)
- Business model (Financing, conditions for heat supply, etc.)

Research topics concerning facades:

- Optimization of east-/west facade taking following parameters into account: heating/cooling demand, daylight summer/winter, view, natural ventilation strategies, air flow on facade, shading, anti-glare, maintenance, cleaning
- Integration of evacuated tube collectors in facade
- Cooling potential of facade greenery by evaporative cooling
- Adaptive insulation (movable fins, bionic systems)

- Control strategies for shading devices and ventilation openings (night ventilation)

Research topics concerning energy concepts:

- Radiant panel heating and cooling technologies for wood-concrete-composite floors
- Optimization of solar gains (PV, ST) on roof/façade for plus energy concepts
- Optimized ventilation design (core cone ventilation, ventilation for areas with openable windows, humidity recovery in winter by enthalpy wheel)
- Control optimization for direct use of PV electricity on site

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik

Neben dem klassischen Wohnbau ist vor allem das große Segment des Büro- und Gewerbebaus einfachen bis mittleren Standards (1.200 – 1.600 € Nettoherstellkosten/m_{NFL}) für einen Großteil der jährlichen Neubauproduktion verantwortlich. Jedoch nutzt genau dieses Marktsegment die Chancen und Qualität innovativer Gebäudetechnik derzeit noch kaum bis gar nicht. Mit dem Demogebäude ENERGYbase¹ wurde genau für diesen Sektor ein Prototyp realisiert, der den Weg für zukünftige Gebäudeentwicklungen in diesem Bereich vorgibt.

Mit dem Projekte FUTUREbase sollten die Chancen und Potenziale, die dieser Weg verspricht, weiterentwickelt werden und der nächste Schritt - der Schritt zum „nachhaltigen Plusenergiehaus“ - konzeptionell erarbeitet werden.

In der Stadt Wien werden derzeit jährlich zwischen 150.000 und 250.000 m Bürofläche allein für den Mietenmarkt neu errichtet (siehe Tabelle 1). Ein wesentliches Ziel des Projektes FUTUREBase ist, dass die Ergebnisse im großen Umfang für all diese Neubauprojekte aber auch für andere Sanierungsprojekte von deutlicher Relevanz sind. Die Aufgabenstellungen bei der Entwicklung von Büroimmobilien ist weitestgehend bei allen Projekten eine sehr ähnliche, nur dass bis jetzt energetische und ökologische Fragestellungen - aufgrund mangelnden Bewusstseins, Zeit und Kenntnis - sehr oft noch unberücksichtigt bleiben.

Tabelle 1: Übersicht über den Wiener Büromarkt (Stand: 02.02.2009)

Anzahl	Bürogebäude	Nutzfläche
47	Baujahr vor 1990	302.411 m
209	Baujahr 1990-2006	2.211.610 m
11	Baujahr 2007	145.405 m
10	Baujahr 2008	177.643 m
7	Fertigstellung 2009	143.200 m
21	in Planung	822.884 m
305	Gesamt	3.803.153 m

¹ www.energybase.at

1.2 Ausgangssituation/Motivation des Projektes

Die Wirtschaftsagentur Wien plant, im 21. Wiener Gemeindebezirk unmittelbar zwischen den Gebäudekomplexen TECHbase und ENERGYbase eine weitere innovative Büro- und Gewerbeimmobilie mit ca. 13.000 m Nutzfläche zu errichten. Wie bereits bei ENERGYbase sollten anhand einer Durchführbarkeitsstudie visionäre Ideen für ein weiteres europaweites Vorzeigeprojekt, diesmal aber in Richtung der weiter reichenden Vision eines nachhaltigen, Plusenergie-Bürogebäudes, vorab wissenschaftlich untersucht werden. Aufbauend auf die Ergebnisse dieser Studie soll dann die Vorverwertung und Realisierung der Immobilie begonnen werden.

Bis jetzt haben sich die Möglichkeiten einer nachhaltigen Bauweise vorrangig im Wohnbau (Einfamilienhaus, mehrgeschossiger Wohnbau) durchgesetzt. Dies ist wahrscheinlich auf den direkteren Bezug zwischen Gebäudeerrichter und Nutzer zurückzuführen. Im Bereich der Gewerbeimmobilien und hier speziell im Bereich des anonymen Mietbüros sind hingegen solche Überlegungen noch äußerst selten anzutreffen, da zumeist der Gebäudeerrichter und der Nutzer nicht unmittelbar dieselben Interessen verfolgen (niedrige Investitionskosten versus niedrige Lebenszykluskosten). Dahingehend soll das gegenständliche Projekt dazu beitragen, einen weiteren großen Schritt in der Entwicklung von energieoptimierten nachhaltigen Gebäuden zu machen. Durch die Weiterentwicklung von ENERGYbase (jetzt schon ein europäisches Vorzeigeprojekt) zum Plusenergiegebäude FUTUREbase durch die Wirtschaftsagentur Wien soll der gesamten Branche vermittelt werden, in welchem rasanten Tempo die Entwicklung des nachhaltigen Bauens tatsächlich vor sich geht. Dadurch soll ein gewisser Druck, mithalten zu müssen, auf die weiteren wichtigen Player der Branche erzeugt werden. Darüber hinaus müsste auch ein Fokus auf bewusstseinsbildenden Maßnahmen bei den Büronutzern gelegt werden. Denn erst wenn der klassische Büromieter bewusst ein nachhaltiges Büroangebot nachfragt, wird der private Developermarkt anfangen, ein solches Angebot in einem größeren Maßstab zur Verfügung zu stellen.

Aufgrund der Neuheit des Sektors „Plusenergiegebäude“ und den damit verbundenen Mehrkosten in der Erstinvestition sehen viele Immobilienentwickler eine Barriere in der Umsetzung. Durch die hier durchgeführten Analysen hinsichtlich Einsetzbarkeit neuer, innovativer Technologien und die Anwendung an einem konkreten Fallbeispiel soll ein Beitrag zum Abbau dieser Barrieren geschaffen werden.

In der Haustechnikbranche ist derzeit recht wenig Know-how zur nachhaltigen Konzeption von Plusenergiekonzepten vorhanden, da nur „Integration von genug Photovoltaik“ noch keine ausreichende Aussage dafür ist. Insbesondere die mit der Integration von großen PV-Anlagen an einem Gebäude verbundenen Problematiken hinsichtlich Eigenstromnutzung und Netzeinspeisung sind noch nicht gelöst. Auch die Integration von Abwärme aus einem industriellen Kälteprozess für einen Gebäudeverbund ist ein bisher kaum beachtetes Feld dieser Branche.

1.3 Zielsetzungen des Projektes

Das übergeordnete Ziel dieses Projektes ist es, durch diese technische Durchführbarkeitsstudie neue, innovative Technologien und Strategien anhand eines konkreten Bauvorhabens vorab zu untersuchen, um so zu einem schlüssigen Plusenergiegebäudekonzept mit minimalem Umsetzungsrisiko zu kommen. Die Einbindung der Planungs-, Bau- und Betriebserfahrungen von Best Practice Beispielen wie ENERGYbase aus Sicht der involvierten Gruppen (Immobilienentwicklung, Architektur, Haustechnik und Facility Management) spielt dabei eine wichtige Rolle.

Aufbauend auf den derzeitigen Stand der Forschung zu einer höchsteffektiven, zukunftsorientierten nachhaltigen Bauweise im Allgemeinen, weiters auf den Erkenntnisstand von „Haus der Zukunft“ Vorprojekten sowie im Besonderen auf die speziellen kumulativen Forschungs- und Realisierungskennnisse und Erfahrungen der Projektpartner sollte für die 3. Baustufe auf dem Grundstück Giefinggasse 4 in 1210 Wien ein Plusenergiebürogebäudekonzept erarbeitet werden. Eine hohe stofflichen Kreislauffähigkeit und die Verwendung von Materialien und Systemen mit geringen CO₂-Emissionen ist ebenfalls ein wesentliches Ziel. Zusätzlich zu dieser schon sehr weitgesteckten Zielsetzung sollte auch noch erstmals gebäudeübergreifend ein regionaler energetischer Verbund zwischen dem TECHbase, ENERGYbase und dem Klima-Windkanal der Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH (RTA) in unmittelbarer Nachbarschaft geschaffen werden. Ziel dieser Untersuchung ist die Prüfung der Machbarkeit der Nutzung von Abwärme aus dem Betrieb von Klima-Windkanälen der RTA in den Gebäuden des Standorts Giefinggasse 2-6, 1210 Wien (TECHbase, FUTUREbase und ENERGYbase). Ziel ist die Nutzung von vorhandenen Energiepotenzialen in der direkten Umgebung des geplanten Gebäudes FUTUREbase, um die Installation von zusätzlichen Energieerzeugungsanlagen am Standort zu vermeiden.

Um diese ambitionierte Aufgabe auch zu einem wirtschaftlichen Erfolg und einer finanziellen Umsetzbarkeit zu führen, war es erforderlich, dass der Gebäudeentwurf a priori aus den Prämissen der energetischen, ökologischen und betriebstechnischen Parameter heraus entwickelt wurde. Mit einem integralen Planungsansatz und einem gemeinsamen interdisziplinären Verstehen der komplexen Zusammenhänge sollten auch formal neue Lösungen im Baukonzept entwickelt werden, wie dies im klassischen Planungsprozess nicht möglich ist. Die Erfahrung der Partner hat gezeigt, dass mit dieser Arbeitsweise bei gleichen Kosten deutlich ambitioniertere Ziele erreicht werden können.

1.4 Kurzbeschreibung des Aufbaus (Kapitel) des Endberichts

Der Endbericht ist in 6 Hauptkapitel + Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis (Kapitel 7) unterteilt:

1. Einleitung: Die Einleitung beschäftigt sich mit einer allgemeinen Einführung in die Thematik, der Ausgangssituation bzw. Motivation zur Durchführung des Projekts und den Zielsetzungen des Projekts.

2. Hintergrundinformationen zum Projektinhalt: In den Hintergrundinformationen wird kurz auf den Stand der Technik zu den behandelten Themen im Rahmen dieser Studie eingegangen, die relevanten Vorarbeiten aufgelistet, sowie auf die Neuerung gegenüber dem Ist-Stand aufgrund der Ergebnisse dieses Projektes eingegangen.
3. Ergebnisse des Projekts: Das umfangreichste Kapitel ist Kapitel 3, da hier alle wesentlichen Ergebnisse und Erkenntnisse der Studie zusammengefasst dargestellt sind. Diese reichen von den Erkenntnissen aus dem Technologiescreening, der Darstellung des entwickelten Plusenergiegebäudekonzeptes, bis zu den Erkenntnissen aus den begleitenden Analysen hinsichtlich Material-/Struktur- und Betriebskonzepte.
4. Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms: In diesem Kapitel sind die Ergebnisse des Projektes in Zusammenhang mit der Einpassung in das Programm, sowie der Beitrag zum Gesamtziel des Programms „Haus der Zukunft Plus“ dargestellt. Weiters wird auf die Einbeziehung der Zielgruppen eingegangen, sowie zu den Umsetzungspotenzialen Stellung genommen.
5. Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen
6. Ausblick und Empfehlungen

2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

2.1 Beschreibung des Standes der Technik

Für den Plusenergiestandard gibt es heute noch keine eindeutige Definition und Berechnungsmethode. In der Literatur wird ein Plusenergiegebäude meist als ein Gebäude mit hohem Wärmedämmstandard (Passivhaus-Standard, oder nahe Passivhaus-Standard) beschrieben, das über ein Jahr betrachtet mehr Energie gewinnt, als es verbraucht (Voss & Musall, 2011). Diese Definition geht allerdings nicht konkret darauf ein, welcher Energieverbrauch gemeint ist, z.B. ob nur jene Energie, die für die Gebäudefunktion (Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, usw.) oder die gesamte verbrauchte Energie inklusiver aller Geräte der Nutzer oder Bewohner abgedeckt werden muss. Mit der Klärung dieser Fragestellungen beschäftigt sich derzeit die Internationale Energieagentur im Rahmen des SHC Task 40/ ECBCS Annex 52 „Towards Net Zero Energy Solar Buildings“, welcher noch bis September 2013 läuft. Die in dieser Studie entwickelten Plusenergiekonzepte beinhalten den gesamten Energiebedarf des betrachteten Gebäudes inklusive aller Geräte der Nutzer.

Das durchgeführte Technologiescreening beschäftigte sich mit einer Vielzahl von Technologien und Strategien. Der Stand der Technik jeder dieser Technologien und Strategien ist in Anhang A 1 dargestellt.

2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Die Studie setzt auf die Erkenntnisse folgender Vorprojekte aus „Haus der Zukunft“ und „Neue Energien 2020“ auf (Auszug):

- ENERGYbase: Betriebserfahrungen aus drei Jahren
- HDZplus Leitprojekt: Leuchtturm Gugler (Leitung: pos architekten)
- HDZplus Leitprojekt: Plusenergie-Büro (Leitung: Schöber&Pöll)
- Bioskin (Leitung: AIT)
- Baubionik Potenziale (Leitung: AIT Energy)
- Sunpower City (Leitung: HEI, Partner: AIT Energy, pos architekten, WWFF)
- LifeCycleTower (Leitung: Rhomberg Bau)
- COP5+ (Leitung: Fronius)
- ProKlim - Energieeffizienzsteigerung in der automatisierten Gebäudeklimatisierung durch Regelung mit Wetterprognosen (Partner: AIT)
- IPPONG - Einsatz von numerischer Strömungssimulation zur optimalen Positionierung von Kleinwindkraftanlagen im städtischen Bereich (Leitung: AIT)
- Sunny Research (Leitung: AIT, Partner: pos architekten)
- Sunny Energy Building (Leitung: ÖGUT, Partner: AIT Energy, pos architekten, WWFF)
- Passive Kühlungskonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude mittels luft- bzw. wasserdurch-strömten Erdreichwärmetauschern (Leitung: AEE INTEC)

2.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts)

Das Alleinstellungsmerkmal dieser Studie und des darauf folgend realisierten Gebäudes ist die Kombination der Zusammenarbeit von drei Partnern im Sektor der gewerblichen Büromietimmobilie, die in den Schlüsseldisziplinen (Immobilienentwicklung, Energiekonzept und Architektur) hohe und auch gemeinsame Innovationserfahrung haben und denen dazu noch Erfahrung mit ebenso erfahrenen Partnern aus allen anderen notwendigen Disziplinen zur Verfügung stehen. In den meisten Projekten mit ähnlichem Anspruch wird ein Team aus Konsulenten und Ingenieuren für die Bereiche Energieeffizienz und Nachhaltigkeit einem konventionellen Architektenteam als Unterstützung beigelegt. Angesichts der Komplexität der Zusammenhänge ist die Nachhaltigkeitserfahrung und eingespielte Kommunikation aller Partner ein wesentlicher Vorteil, der es ermöglicht, weiter gesteckte Ziele zu erreichen, als dies sonst der Fall wäre. Diese neue Art der intensiven aber gleichzeitig harmonischen Kommunikation im großen Team wird prägend für die Erfolge in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts sein.

Die in dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse werden vor allem für den Gebäudetypus Bürobau von wesentlicher Bedeutung sein. In diesem Bereich sind die Ergebnisse jedoch sowohl für den Bereich des klassischen Mietbüros als aber auch für den privaten Entwickler mit der Absicht der Eigennutzung von Interesse. Besonders bei Gebäudeerrichtern mit der

Absicht der Eigennutzung besteht ein verstärktes Interesse an effizienten und sparsamen Gebäudetechnologien, da speziell in diesem Fall ein direkter Zusammenhang zwischen Investitionskosten und laufenden Betriebskosten für den Entscheidungsträger (Bauherr) zum Tragen kommt.

Die Ergebnisse veranschaulichen, welche Effizienzsteigerungen bei gleichzeitiger Optimierung der Behaglichkeitskriterien durch den Einsatz moderner Technologien in Verbund mit intelligenter Planung möglich sind.

Für viele Immobilienspezialisten - aber auch zukünftige Gebäudenutzer - ist es noch immer nicht vorstellbar, dass ein Haus in klimatischen Breiten wie Österreich weitestgehend ohne herkömmliche Heizung auskommen kann.

2.4 Verwendete Methoden

Die Studie wurde mithilfe folgender Methoden erarbeitet:

Technologiescreening: Evaluierung der derzeitigen Einsetzbarkeit neuer, innovativer Strategien und Technologien im Gebäudebereich entsprechend des aktuellen Erkenntnisstandes aus Forschungsvorarbeiten (HDZ, HDZplus, Neue Energien 2020, usw.) anhand eines konkreten Bauvorhabens.

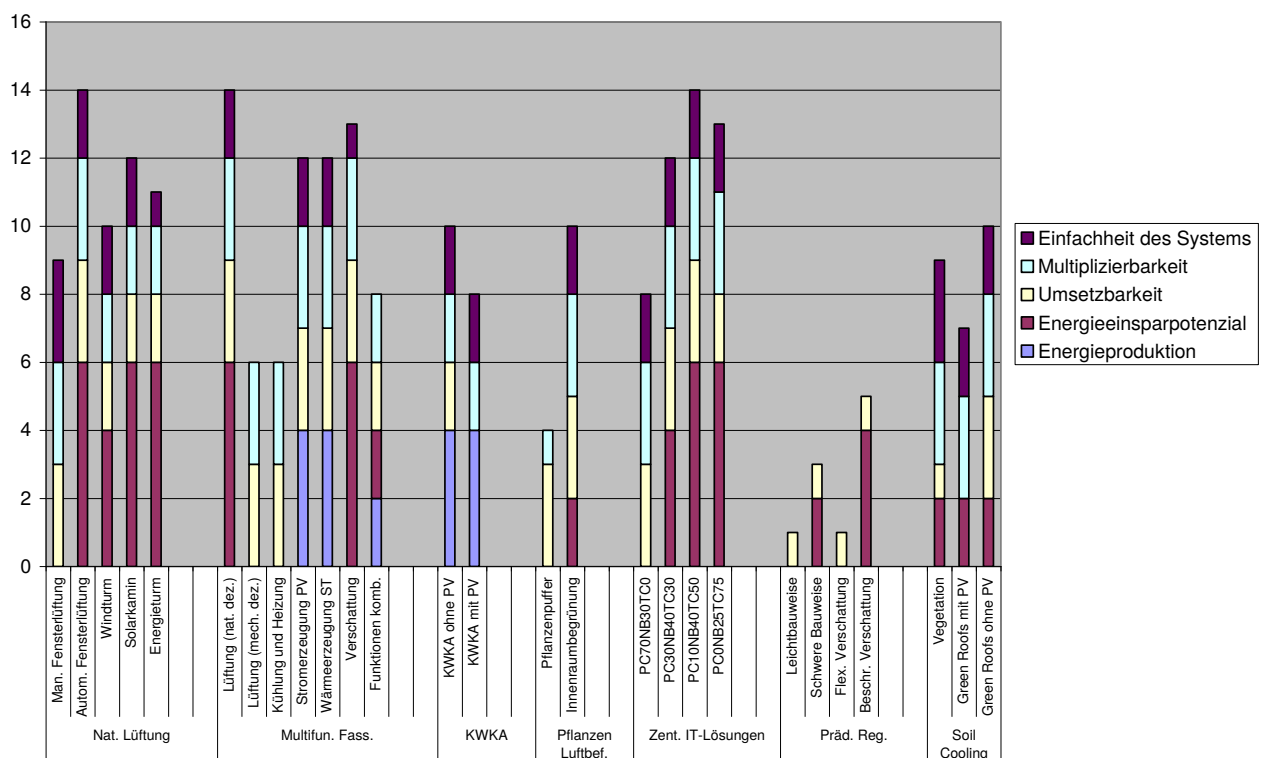


Abbildung 1: Zusammenfassung Bewertungsmatrix Technologiescreening

Zu diesem Zweck wurde eine Bewertungsmatrix erstellt, wobei folgende Eigenschaften mit Punkten von 0 (wenig geeignet bzw. geringer Beitrag zu Plusenergiekonzept) bis 6 (sehr gut geeignet bzw. hoher Beitrag zu Plusenergiekonzept) bewertet wurden (Ergebnisse siehe Abbildung 1):

- Einfachheit des Systems
- Multiplizierbarkeit
- Umsetzbarkeit am konkreten Bauvorhaben FUTUREbase
- Energieeinsparpotenzial
- Energieproduktion

Energieflussanalysen: Energiebilanzierung für den Standort des Bauvorhabens mit den umschließenden Gebäudekomplexen. Potenzialabschätzung für bodengebundene Kühlsysteme.

Die Machbarkeitsprüfung besteht zuerst aus einer qualitativen Potenzialerhebung, auf deren Basis die sinnvollsten Möglichkeiten der Energierückgewinnung identifiziert wurden. Anschließend erfolgte für die ausgewählten Bereiche eine Quantifizierung der Potenziale, wo die Energieverfügbarkeit anhand von drei wesentlichen Indikatoren charakterisiert wird:

- Die Häufigkeitsanalyse ermöglicht eine zeitliche Charakterisierung der Energieverfügbarkeit: nur während den Betriebszeiten der RTA kann Energie (insbesondere Abwärme) direkt genutzt oder gespeichert werden
- Durch die Analyse der Temperaturniveaus in verschiedenen Prozesspunkten erfolgt die Prüfung der Energienutzbarkeit aufgrund eines ausreichenden Temperaturniveaus
- Zuletzt erfolgt die Analyse der zur Verfügung stehenden Leistung in der Form einer Jahresdauerlinie

Entwicklung **Gebäudekonzept:**

Im Gebäudekonzept wurden die erhobenen Grundlagen und die Analysen zu Parametern verarbeitet. Diese wurden im integralen Entwurfsprozess kreativ zu einem nachhaltigen Konzept zusammengeführt. Die Studie der Energieflussanalysen ergibt Vorschläge für Nutzungen, daraus wird ein Raumprogramm erarbeitet und ein grober Gebäudestandard definiert. Die städtebaulichen Möglichkeiten und Bürogrundrisstypologien dienen als Ausgangspunkt für den Grundrissentwurf. Beschattungsstudien ergeben die Möglichkeiten für solar aktive oder passive Flächen, daraus wurde die optimale Nutzungsgeometrie über Dach und Fassade erarbeitet und mit den anderen Parametern (Dachnutzung, Grundrissanlage, Konstruktion) auf konträre Anforderungen untersucht. Damit wurde die am Gebäude solar erzeugbare Energie festgelegt.

Das Technologiescreening ergibt Hinweise auf Material und Fassade, die in der gemeinsamen Auseinandersetzung einer kreativen Lösung zugeführt wurden. Das Plusenergiekonzept gibt Hinweise auf die Minimierbarkeit der inneren Lasten. Auf diese

Weise wurden alle entwurfsrelevanten innovativen Parameter analysiert und auf widersprüchliche Anforderungen untersucht (klassischer Konflikt z.B. Belichtung kontra außeninduzierter Kühlbedarf). Aus dieser multiplen Vorprüfung in Kombination mit der Planungserfahrung der Projektpartner wurde ein Gebäudekonzept erstellt. Dieser synthetisiert die Analyseergebnisse und stellt auch von Seiten der Gebäudekonfiguration und Hülle die Minimierung des Verbrauches und die Maximierung der vor Ort erzeugbaren Energie sicher. Der Gebäudeentwurf wurde daraufhin in den verschiedenen Spezialrechenverfahren wiederholt überprüft und bewertet (statische Dimensionierung, Berechnung der Ökoindizes, dynamische Gebäudesimulation). Anhand der jeweiligen Teilergebnisse wurde der Gesamtentwurf schrittweise optimiert.

Plusenergiekonzepte:

Aus den Ergebnissen der Best Practice-Untersuchungen, F&E-Projekte und der Lastanalyse wurden Energiekonzepte in enger Zusammenarbeit mit dem Gebäudekonzept entwickelt.

Die Erstellung und Analyse der Energiekonzepte erfolgt in folgenden Arbeitsschritten:

- Erstellung eines vereinfachten Gebäudemodells mittels dynamischer Simulation zur Ermittlung des Energiebedarfs für Heizung, Kühlung und Belüftung
- Erstellung von Energiekonzepten unter Verwendung der Ergebnisse aus AP2, sowie unter Berücksichtigung der am Standort vorhandenen natürlichen Energieressourcen
- Optimierung der erstellten Energiekonzepte durch Variation der Technologiekombinationen und Anlagenkonfiguration mittels dynamischer Simulation

Material/Struktur und Betriebskonzept:

In der Material/Struktur- und Betriebsbewertung wurde das Projekt (neben seiner Plusenergiequalität) auch als stoffliches Gebäude über den Lebenszyklus optimiert. Anhand von Lebenszyklusanalysen und in Kombination mit einem Strukturkonzept (statische Überprüfung) wurden ein Materialkonzept und ein Tragstrukturmaterialminimierungs-Konzept erarbeitet. Durch Einbinden einer Facility Management Beratung bzw. Lebenszykluskostenanalyse schon vor Planungsbeginn konnte auf weitere Kostenfaktoren bei den Betriebskosten (Reinigung, Wartungskosten, usw.) schon frühzeitig eingegangen werden. Die Ergebnisse flossen in mehreren Optimierungsschleifen in das Gebäudekonzept ein.

2.5 Beschreibung der Vorgangsweise und der verwendeten Daten

Im **Technologiescreening** wurden folgende Technologien vertieft untersucht:

- Natürliche Lüftung
- Multifunktionale Fassadensysteme
- Einbindung Kleinkraftanlagen
- Pflanzeneinbindung zur Raumluftbefeuchtung
- Zentrale IT-Lösungen zur Verringerung der internen Lasten

- Wetterprognosegesteuerte Regelung
- Bodengebundene Kühlsysteme
- Bionische Konzepte für Gebäude

Diese Technologien wurden auf folgende Aspekte hin analysiert:

- Vor- und Nachteile zu Standardlösungen
- Technische Einsatzgrenzen
- Umsetzbarkeit im Bauprozess
- Auswirkungen auf Energiebilanz

Weiters wurde für das Themenfeld Bionik gesondert ein vertieftes Technologiescreening für folgende Bereiche durchgeführt:

- Architektur: Gebäudehülle
„produktives Element“ des Gebäudes
 - Adaptiv multifunktionale Elemente in Gebäudehülle
 - Ohne Hilfsenergie steuerbar (z.B.: ohne Motoren)
 - Kombination mehrerer Funktionen in einem Element/Material (Smarter Baustoff)
 - Bepflanzung
 - Belüftung / Kühlung / Belichtung
- Innenausbau: Multifunktionsbaustoffe,-bauteile
 - Kombination mehrerer Funktionen in ein Element/Material (Smarter Baustoff)
 - Bepflanzung
 - Belüftung / Kühlung / Belichtung
- Haustechnik
 - Reduktion Hilfsenergie
 - Optimierung Komponenten für Belüftung / Kühlung / Belichtung
 - Optimierung Regelung/Steuerung / Energieverbrauch
 - Optimierung Monitoring

Die Ergebnisse zum Technologiescreening, sowie die verwendeten Daten mit Quellenverweisen sind in Kapitel 3.1, sowie in Anhang A 1 dargestellt.

Die Vorgehensweise zur **Analyse der Energieflüsse** gestaltete sich folgendermaßen:

- Häufigkeitsanalyse zur zeitlichen Charakterisierung der Energieverfügbarkeit
- Analyse der Temperaturniveaus in verschiedenen Prozesspunkten
- Analyse der zur Verfügung stehenden Leistung in der Form einer Jahresdauerlinie
- Energiebilanzierung für den Standort des Bauvorhabens unter Berücksichtigung aller umschließenden Gebäudekomplexe (TECHbase, ENERGYbase, FUTUREbase, RTA).
- Ermittlung des Energiespeicherbedarfs auf Basis eines Energiebilanzierungsverfahrens auf Tagesbasis
- Berechnung des Deckungsgrades des Kühlenergiebedarfs mit Geothermie

Die Ergebnisse zu den Energieflussanalysen, sowie die verwendeten Daten mit Quellenverweisen sind in Kapitel 3.2 dargestellt.

Das **Plusenergiegebäudekonzept** wurde in folgenden Schritten erarbeitet:

- Bebauungsstudien mit resultierendem städtebaulichem Entwurf
- Erstellung Gebäudemodell FUTUREbase mit den angrenzenden Gebäuden ENERGYbase und TECHbase
- Grundrisspläne, Schnitte, Flächenaufstellung
- Zusammenstellung möglicher PV-Flächen mit erwarteten Stromerträgen
- Thermische Simulationen zur Ermittlung von Minderungsfaktoren der PV-Stromerträge durch Verschattung und Ermittlung Heiz-/ Kühlenergiebedarf
- Erstellung von Energiekonzeptvarianten mit effizienter Nutzung der am Standort vorhandenen natürlichen Energieressourcen zur Erreichung Plusenergie
- Entwicklung innovativer Ost-/Westfassadenlösungen unter Berücksichtigung folgender Faktoren: Heiz-/Kühlenergiebedarf, Tageslichtversorgung Sommer/Winter, Ausblick, natürliche Lüftungsstrategien, Luftströmung an Fassade, Sonnenschutzdesign, Wartbarkeit, Reinigung
- Entwicklung von Bürogrundrissvarianten: Zellenbüros und Open Space
- Freiraumgestaltung zur gemeinsamen Nutzung für Mieter in TECHbase, ENERGYbase und FUTUREbase
- Erstellung von Renderings zur besseren Visualisierung des entwickelten Konzepts

Die Ergebnisse zum entwickelten Plusenergiegebäudekonzept, sowie die verwendeten Daten mit Quellenverweisen sind in Kapitel 3.3 und 3.4 dargestellt.

Für das begleitende **Material-/Struktur- und Betriebskonzept** wurden folgende Analysen durchgeführt:

- Analyse folgender Varianten zur Erreichung eines nachhaltigen Material-/Strukturkonzeptes:
 - Außenwand Leichtbau
 - Geschoßdecke in Varianten: Holz-Stahlbeton-Verbunddecke, Massivholzbau, Holzrahmenbau, Hohldielendecke, Stahlbetondecke (Vergleichsvariante)
- Zur Entwicklung des Strukturkonzepts wurde RWT PLUS ZT GmbH (Statikbüro) beigezogen. Die Ergebnisse sind in das Gebäudekonzept eingeflossen
- Für die Lebenszykluskostenanalysen (LZK) wurde Felis – Facilitäre Forschungs- und Beratungsgesellschaft m.b.H. beigezogen
- Für die ökologische Bewertung der verwendeten (Haupt-)Baumaterialien wurde das IBO beigezogen
- Um ein effizientes Betriebskonzept für die FUTUREbase zu entwickeln wurde von der Wirtschaftsagentur Wien eine Zusammenstellung der jährlichen Facility Management Kosten des ENERGYbase vorgestellt und diskutiert

Die Ergebnisse zum Material-/Struktur- und Betriebskonzept, sowie die verwendeten Daten mit Quellenverweisen sind in Kapitel 3.5 dargestellt.

3 Ergebnisse des Projektes

3.1 Technologiescreening

3.1.1 Natürliche Lüftung

Im Rahmen dieser Technologiescreening galt es die derzeitigen Einsatzmöglichkeiten von natürlicher Lüftung für die Frischluftversorgung und Kühlung von Bürogebäuden im mitteleuropäischen Klima aufzuzeigen. Natürliche Lüftung gilt generell als vielversprechende Technologie um Plusenergie zu erreichen, da dadurch ein Teil des Energiebedarfs der mechanischen Lüftung und Kühlung substituiert werden kann. Zu diesem Zweck wurden die vorhandenen Strategien zur natürlichen Belüftung von Gebäuden im Rahmen einer begleitenden Masterarbeit zur Studie erhoben, analysiert und zum Einsatz für das Bauvorhaben FUTUREbase bewertet (Moser, 2011), welche Anhang A 1 dieses Berichtes ist.

Diese Analysen beinhalten folgende Strategien zur natürlichen Lüftung in Gebäuden:

- Fensterlüftung (manuell, automatisch)

Die Fensterlüftung stellt eine der ältesten Formen der freien Lüftung dar, die dann sinnvoll ist, wenn keine äußere Schadstoffbelastung vorherrscht, der Schallpegel im Raum nicht unzulässig erhöht wird und entsprechende Druckverhältnisse am und im Gebäude vorliegen. Die Wirksamkeit der Fensterlüftung wird vor allem durch die Fensterform und deren Lüftungseffektivität, den effektiven freien Querschnitt und die Höhe des Fensters bzw. der Höhendifferenz zwischen zwei Lüftungsöffnungen bestimmt. Bei der Fensterlüftung wird zwischen der einseitigen Lüftung und der Querlüftung unterschieden. Einseitige Lüftung besteht dann, wenn in einem Raum ein Fenster geöffnet wird, hier ist eine intensive Durchlüftung des Raums möglich, wenn die Raumtiefe nicht mehr als das Zweifache der Raumhöhe ausmacht. Beträgt die Raumtiefe drei Mal mehr als die Raumhöhe, ist eine eingeschränkte Durchspülung von 60 bis 70% möglich. Bei der Querlüftung werden Fenster in gegenüberliegenden oder orthogonal angeordneten Außenwänden geöffnet, der Raum wird dabei vollständig durchspült. (Moser, 2011)

In Bezug auf wie die Fenster geöffnet werden, kann man zwischen manueller und automatischer Fensterlüftung unterscheiden. Bei der manuellen Fensterlüftung werden die Fenster einfach per Hand durch den Nutzer geöffnet. Bei der automatischen Fensterlüftung werden die Fenster über Motoren geöffnet. Diese kann wahlweise temperatur- und zeitabhängig, manuell mittels Fernbedienung oder mittels CO₂-Sensoren gesteuert werden. Die Steuerungen lassen sich mit einem Elektroinstallationsbus in eine Gebäudeautomation integrieren. (Moser, 2011)

- Windtürme

Windtürme oder Bagdirs, wie man sie auf Persisch nennt, werden seit Jahrhunderten in trockenen heißen Regionen des Irans und der Länder am Persischen Golf verwendet, um

natürliche Lüftung und passive Kühlung zu gewährleisten. Wind und thermischer Auftrieb ermöglichen die natürliche Lüftung eines Gebäudeteils. (Moser, 2011)

- Solarkamine

Solarkamine sind eine Weiterentwicklung von Windtürmen und passive Lüftungssysteme und als solche nicht neu. Es gibt Berichte, wonach diese Technik seit dem 16. Jahrhundert verwendet wird. Ein Solarkamin hat das Ziel, die Luftströmung durch solare Gewinne zu erhöhen indem ein genügend großer Temperaturunterschied zwischen Innen- und Außenluft erzeugt wird. Speziell an heißen Sommertagen ist der Temperaturunterschied zwischen Innen- und Außenbereich relativ gering. Folglich sind in einem normalen Kamin die thermisch induzierten Druckunterschiede wie oben beschrieben nicht ausreichend, um einen befriedigenden Luftaustausch zu gewährleisten. Durch einen Solarkamin kann ein hinreichender Temperaturunterschied erzeugt werden, indem man solare Strahlung nutzt. (Moser, 2011)

- Vorgehängte Fassaden

Vorhangfassaden werden in der heutigen Architektur immer öfter angewandt. Dafür gibt es verschiedene Gründe, zum Beispiel dass im städtischen Bereich die Lärmsituation es nicht zulässt, normale Fensterlüftung zu betreiben. Oder aber auch für Hochhäuser, wo versucht wird, den Einfluss von Windkräften zu vermeiden, indem man eine Glasfassade vor dem Gebäude anbringt und somit ermöglicht wird, auch in höheren Stockwerken Fenster zu öffnen. Ferner sollen die äußere Wärmebelastung im Sommer und die Wärmeverluste im Winter reduziert werden. (Moser, 2011)

Funktionsweise: Im Sommer sind die Lüftungsklappen unten und oben in der vorgehängten Fassade weit geöffnet. Der solare Eintrag erhöht die Temperatur im Fassadenzwischenraum und verstärkt den thermischen Auftrieb. Die Fenster sollen während des Tages geschlossen bleiben, ein äußerer Sonnenschutz verhindert eine Überwärmung der Räume durch Solarstrahlung. Im Winterbetrieb sind die Lüftungsklappen unten und oben geschlossen. Der Solar Eintrag erhöht die Temperatur im Fassadenzwischenraum und verringert die Transmissionswärmeverluste. Im Fassadenzwischenraum bildet sich eine konvektive Eigenströmung, indem sich die Luft an der kalten Glaswand abkühlt. Sowohl im Winter als auch im Sommer ist bei geöffnetem Fenster aufgrund der schallharten Vorsatzschale die Luftschallübertragung von einem Raum zum anderen Raum erhöht. (Moser, 2011)

Im Detail galt es die Funktionsprinzipien und quantifizierbare Werte der Wirkungsweise dieser Strategien zu erheben. Für all diese Strategien gibt es Richtwerte für erzielbare Luftwechselraten und somit auch Beitrag zur Deckung des Kühlenergiebedarfs, jedoch sind die Schwankungsbereiche dieser Richtwerte sehr groß. Da es einen starken Zusammenhang zwischen den Windverhältnissen (Windstärke, Windrichtung) und der Effektivität all dieser untersuchten natürliche Lüftungsstrategien gibt, sind verlässliche Aussagen hinsichtlich erzielbarer Luftwechselraten nur durch CFD Simulationen zu erlangen.

Für die weitere Konzeption von FUTUREbase wurden folgende Strategien als weiter verfolgungswürdig erachtet:

- Fensterlüftung manuell in den Bürobereichen: Diese Maßnahme ist einfach und kann bei einer entsprechenden Trennung des mechanischen Lüftungssystems in Randzonengerät und Lüftungsgerät für innenliegende Bereiche in der Übergangszeit die mechanische Lüftung weitgehend substituieren.
- Fensterlüftung automatisch in Bürobereichen: Die Ausstattung eines Fensterteils (Bsp.: Oberlichtenbereich) mit Motoren zur gezielten Öffnung im Sommer als Nachtlüftung trägt auch bei konservativen Annahmen den Luftwechsel betreffend, wesentlich zur Verringerung des Kühlenergiebedarfs bei, da dadurch Speichermassen über Nacht gekühlt werden können.
- Stiegehäuser als Windtürme: Um der Überwärmung der Stiegehäuser mit möglichst wenig Energieaufwand entgegen zu wirken erscheint das Prinzip der Windtürme als eine interessante Möglichkeit.

3.1.2 Multifunktionale Fassadensysteme

Ein wesentliches Potenzial zur Effizienz- und Komfortsteigerung von Gebäuden sowie zur Energiegewinnung liegt in der Fassade. Die Fassade stellt im Allgemeinen den größten Flächenanteil der Gebäudehülle und ist somit für das Komfortempfinden und die Gesamtenergiebilanz eines Gebäudes ein maßgeblicher Faktor. Bis zu 70 % der energetisch relevanten Transmissionsverluste gehen zu Lasten der Fassade. Um der Zielsetzung ‚Plusenergiegebäude‘ nachzukommen, muss die Fassade neben hochwertigen funktionalen, konstruktiven und formal-ästhetischen Qualitäten auch über integrierte solare Energietechnologien zur regenerativen Energiegewinnung verfügen. Diese Anforderungen werden mit sogenannten ‚funktionsintegrierten‘ Fassadensystemen am besten erfüllt. Funktionsintegrierte Fassaden sind aktive, und häufig auch modulare, Fassadensysteme, welche auf verändernde Standortkonditionen und Nutzungswünsche dynamisch reagieren können und die Energiebilanz positiv beeinflussen können. ‚Multifunktionsfassaden‘ sind funktionsintegrierte Fassaden, deren integrierte Elemente oder Komponenten mehrere Funktionsanforderungen abdecken und/oder einen Mehrfachnutzen als Fassadenbauteil übernehmen können und damit einen weiteren Beitrag zur Effizienz im Sinne der Nachhaltigkeit leisten.

Im Folgenden wird ein Überblick über jene potenziellen multifunktionalen Fassadensysteme gegeben, deren funktionale Qualität unter Betrachtung der energetischen Performance sehr hoch ist und die für die Integration solarer Energiesysteme geeignet erscheinen. Der Inhalt dieses Kapitels gibt sinngemäß Inhalte der Dissertation zu „Biomimetic energy efficient façades - Analysis of the implementation potential of biological principles to the integral design for energy-efficient adaptive facades“ (Gosztonyi, 2012) wieder und beruht auf Recherchen in Fachliteratur (Vgl Knaack et al, 2007), Ableitungen aus aktuellen Forschungsprojekten sowie aus Gesprächen mit VertreterInnen der Fassadenforschung und –industrie. Der Anpassungsfähigkeit der Fassade an dynamische Bedingungen (=Adaptivität) und der Integrationsfähigkeit (=Integration) von dezentraler Gebäudetechnik bzw. von solaren Energietechnologien wird dabei ein besonderes Augenmerk gegeben.

3.1.2.1 Begriffsbestimmungen und Selektionskriterien zur Erhebung

Die Technologieansätze unterschiedlicher Fassadenlösungen nehmen in den letzten Jahren an Vielfalt zu und führen mitunter zu Irritation bezüglich der Benennung und der Haupteigenschaften der jeweiligen Lösung. Jene Begriffe, welche im Rahmen der Recherche gehäuft unterschiedlich interpretiert gefunden wurden bzw. jene, die als Selektionskriterium für die ausgewählten multifunktionalen Fassadensysteme herangezogen wurden, werden daher eingangs erläutert:

- **Funktionale Qualität** = der Begriff „funktionale Qualität“ wurden für die Recherche auf jene Eigenschaften der Fassade reduziert, welche auf die Energiebilanzierung des Gebäudes Einfluss nehmen. Grundsätzlich geht der Trend moderner Fassaden weg von einer konstanten Gewährleistung bauphysikalischer Eigenschaften hin zur Anpassungsfähigkeit bzw. dynamischen Reaktion der Fassade auf ändernde Bedingungen oder Nutzungsanforderungen. Auf energetischer Ebene bedeutet dies, dass Transmission (z.B. Wärme), Konvektion (z.B. Luftaustausch) und Strahlung (z.B. Licht) dynamisch auf die jeweilige Tages- oder Jahressituation angepasst werden können. Fassaden werden bei diesem Ansatz künftig über deren Gesamtperformance im Betrieb bzw. über bestimmte Zyklen (z.B. adaptive U-Werte) und nicht über genormte konstante Laborwerte bewertet werden müssen.
- **Aktive oder passive Fassadenelemente / Komponenten** = Für diese Erhebung werden *dynamisch reagierende* Fassadenelemente oder Komponenten in passiv und in aktiv unterteilt. Dabei bedeutet ‚passiv‘, dass die Fassadenelemente anpassungsfähige Material- oder Struktureigenschaften besitzen, die keinen mechanischen Antrieb oder haustechnische Hilfstechnik benötigen (z.B. Phase Change Materials, die die Fähigkeit besitzen, Wärme zu speichern und zeitversetzt abzugeben; Lichtlenksysteme, die fix installiert sind und durch deren Oberflächenbeschichtung oder -strukturierung lichtlenkende Eigenschaften besitzen). ‚Aktiv‘ sind damit dann jene technischen Komponenten mit „aktiv reagierenden“ mechanischen Eigenschaften (z.B. beweglicher Sonnenschutz, Lüftungsklappen, dezentrale Haustechnikkomponenten).
- **Adaptivität** = Tageszeit-, jahreszeit- oder nutzungszyklusabhängige Anpassungsfähigkeit von dynamisch reagierenden passiven oder aktiven Komponenten oder Elementen, unabhängig von deren Steuerungsfähigkeit.
- **Intelligente Fassaden** = Der Begriff „Intelligenz“ bei Fassaden subsumiert jene Lösungen, die mithilfe von intelligenter Automation dynamische Prozesse in der Fassade steuern können. Indirekt wird hier auch die intuitive Bedienungsfreundlichkeit der adaptierbaren Komponenten bzw. die Interaktion der Fassade mit dem Nutzer berücksichtigt.
- **Modularität** und **Ressourcenschonung** = Um die nachhaltige Qualität bei den identifizierten Fassadensystemen ansatzweise darzustellen, wurden sowohl die *Modularität* (Lösungen zur Austauschbarkeit für Wartung, Erweiterung oder Adaption der Funktionalität von Komponenten oder Fassadenelementen, Vorfertigungsgrad) als auch

die *Ressourcenschonung* (Robustheit, Dauerhaftigkeit, Materialeinsatz, Recyclingfähigkeit) berücksichtigt.

- **Integration regenerative solare Energietechnologien** = Zusätzlich zu den bekannten Integrationslösungen, wie gebäudeintegrierte Photovoltaikmodule (BiPV) oder Solarthermiekollektoren (BiST) werden hierbei auch Solarluftkollektoren berücksichtigt. Insbesondere sind hierbei die „Transpired Solar Collector“ (TSC) und Hybrid-Kollektoren (PVT) zu erwähnen. Obwohl auch fassadenintegrierte Mikrowindturbinen zu regenerativen Systemen zählen, wurde diese Option aus Mangel an umgesetzten marktreifen Produktbeispielen nicht berücksichtigt.
- **Technische Einsatzgrenzen** = Die technischen Einsatzgrenzen in diesem Zusammenhang hängen primär davon ab, welche Funktion durch die Fassade erfüllt werden soll und mit welchem technischen und ökonomischen Aufwand dies umgesetzt werden kann. Lüftung über die Fassade kann z.B. einfacher als Kühlen oder Heizen durch dezentral erzeugte Wärme oder Kälte aufgrund der hohen Komplexität der Systeme verwirklicht werden. Wartung, Montage und bautechnische Bedingungen werden nur ansatzweise berücksichtigt.

3.1.2.2 Vor- und Nachteile von Multifunktionsfassaden

Die Vorteile von Multifunktionsfassaden im Allgemeinen sind (a) der Raumgewinn (v.a. Raumhöhe durch Wegfall von abgehängten Deckensystemen, Reduktion von Schächten und Kanälen) durch Verlagerung von haustechnischen Aufgaben in die Fassadenebene, (b) der höhere Vorfertigungsgrad einzelner Komponenten oder/und Fassadensystems und eine mögliche Senkung der Kosten und Fehleranfälligkeit bei Montage, (c) die Verlagerung von Versorgungsfunktionen in die Fassade und das damit gute Potenzial für Bestandssanierung sowie (d) die hohe Qualität der Einzelkomponenten und (e) der höhere Nutzerkomfort durch individuelle Regelung dezentraler Komponenten.

Die Nachteile sind i.A. (a) der erhöhte Automatisierungsbedarf und damit verbundene Steigerung der Fehleranfälligkeit im Betrieb, (b) der erhöhte Aufwand in Herstellung, Montage und Betrieb und damit kombinierte höhere Kosten, (c) die ungenügend vorhandene Standardisierung von Einzelkomponenten und damit einhergehender schlechteren Austauschbarkeit, (d) die größere Wartungsintensität durch Vielzahl dezentraler Komponenten und (e) die Gewährleistung des Zugangs zu allen dezentralen Funktionskomponenten und der damit verbundenen wirtschaftliche und logistische Aufwand im Facility Management sowie (f) der möglicherweise höhere Energieverbrauch durch individuelles (uneffizientes) Nutzerverhalten.

3.1.2.3 Übersicht multifunktionaler Fassadensysteme

Alle, in Tabelle 2 vorgestellten Multifunktionsfassaden erfüllen in unterschiedlicher Intensität die oben genannten Selektionskriterien. Um die unterschiedlichen Trendansätze systematisch zu erfassen, wurden die multifunktionalen Fassadensysteme nach deren Hauptmerkmale untergliedert und deren wesentlichste Vor- bzw. Nachteile angegeben. Die

hier vorgestellten Beispiele haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und dienen nur als exemplarische Auswahl.

Tabelle 2: Typologien ausgewählter multifunktionaler Fassadensysteme

Typologie	Hauptmerkmale	Vorteile / Nachteile	Beispiele
Passive Solarfassaden (oder „Multi-Layer Fassaden“)	Multifunktionsfassaden, in welche passive Fassadenelemente integriert sind, wie z.B. transluzente Wärmedämmungen oder Speichermaterialien. Meist bestehen die Lösungen aus einem mehrschichtigen Aufbau mit einer solaraktiven (z.B. absorbierenden) Schicht und einer solarpassiven (z.B. dämmenden bzw. speichernden) Schicht.	<ul style="list-style-type: none"> - Vorteile: Keine beweglichen Teile, keine MRS nötig, geringer Wartungsaufwand, „low tech“ Ansatz ermöglicht ökologische Qualität - Nachteile: Adaptivität auf Eigenschaften der Elemente limitiert (z.B. keine Nachführung); solare Gewinne versus thermische Qualität des Aufbaus nicht für alle Bedingungen gut gelöst 	<ul style="list-style-type: none"> - Transluzente Wärmedämmsysteme (TWD) für Wand und Glas (z.B. gap-solution GmbH, Lucido®) - hochwirksame Wärmedämmstoffe im Nanometerbereich (Aerogele, VIP) - Speichermaterialien (Phase Change Materials PCM, wie z.B. GlassX AG) <p>Klassiker:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trombe-Wand - Polyvalente Wandaufbau nach M. Davis
Grünfassaden	Sonderform der <i>passiven Solarfassaden</i> mit Schwerpunkt auf flächige Begrünung zur positiven Beeinflussung des Mikroklimas und passiver Kühleffekte (Lösungsansätze zur Steigerung des Mikroklimas in der direkten Umgebung zur Fassade).	<ul style="list-style-type: none"> - Vorteile: Aufwertung Stadtbild (urbane Grünflächen), klimatisch und energetisch wirksam, Lärmschutz, sehr gute Lebenszyklusqualität - Nachteile: Pflege und Wasserbedarf, keine aktive Nutzung der Solarenergie im oben genannten Sinn möglich, Kostenfaktor versus Energieeinsparung (Kosten vergleichbar mit Vorhangsfassade) 	<p>Fassadengebundene Begrünung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - flächige oder offenporige Grünschicht (z.B. System Vertigreen von Fa. Zinco) - Vorgehängte Kassetten- oder Wannensysteme (z.B. System Fassadengarten-Optigrün International AG) - Vorkultivierte Fertigteil-systeme (z.B. System Vertiko-Vertiko GmbH, Sempergreen®) <p>Bodengebundene Begrünung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Traditionelle Begrünung durch Kletterpflanzen
Ökofassaden	Sonderform der <i>passiven Solarfassaden</i> mit Schwerpunkt auf den Einsatz ökologischer natürlicher Baustoffe oder Elemente, die energetisch relevant sind (meist Dämmstoffe, Holzkonstruktionen).	<ul style="list-style-type: none"> - Vorteile: sehr gute Lebenszyklusqualität durch ressourcenschonendes nachwachsendes Material, integrierbar in WDVS, hoher Vorfertigungsgrad - Nachteile: abhängig vom gewählten Rohstoff; meistens größere Wandstärken, häufig geringere Bauhöhen, kostenintensiver, Verarbeitung vor Ort aufwendiger, genaues fachkundiges Arbeiten nötig 	<ul style="list-style-type: none"> - Natürliche Rohstoffe für Dämmung (z.B. Schafwolle, Hanf, Faserdämmstoff, etc.) - Natürliche Rohstoffe für Konstruktion (Holzbau, Lehm- oder Lehm-Systeme wie z.B. Lehm-Passivhaus-Systeme der Fa. Natur & Lehm, Holzbau, Strohhaus, wie z.B. S-House, GrAT, TU Wien)

Typologie	Hauptmerkmale	Vorteile / Nachteile	Beispiele
Komponentenfassaden (oder „Integralfassaden“)	Fassadenintegration von technischen Systemen : (a) dezentrale Haustechniksysteme für Lüftung, Klimatisierung, Heizung, Beleuchtung (Verlagerung von haustechnischen Aufgaben in die Fassadenebene), (b) adaptive Fassadenelemente, wie zB bewegliche Sonnenschutzsysteme, Lichtlenksysteme, (c) solare Energietechnologien (siehe <i>Energiefassaden</i>).	<ul style="list-style-type: none"> – Vorteile: hohe Adaptivität und hohe funktionale Qualität durch Steuerbarkeit der Komponenten, Vorfertigungsgrad durch Baukastensystem hoch, Raumgewinn durch Wegfall/Verringerung von Technikzentrale, Schächte, Kanäle, Deckensystemen, teilweise individuelle Regelung des Komfortbereichs einer Einheit – Nachteile: Wartungsintensität höher durch mechanische Einzelteile, intelligente Automation nötig, Kosten höher, ökologische Qualität muss gesondert bewertet werden, keine Standards vorhanden 	Gesamtlösungsansätze für Komponentenfassaden (Baukastensysteme) sind z.B.: <ul style="list-style-type: none"> – Schüco: e Fassade, – Hydro Building Systems: Wicono - TEmotion Fassade, – GIG Fassaden GmbH: LEDES Fassadensystem, – Forschungsprojekt: MPPF – Multifunctional Plug&Play Facade (MPPF, 2012).
Energiefassaden (oder „Aktive Solarfassaden“)	Sonderform der <i>Komponentenfassaden</i> , spezialisiert auf Integration von solaren Energietechnologien, wie zB Photovoltaik, Solarthermie- oder Solarluftkollektoren (Sonderform wären TSC-Systeme), Hybridsysteme und Mikrowindturbinen.	<ul style="list-style-type: none"> – Vorteile: Umwandlung von Solarenergie in Strom/Wärme, Multifunktionale Fassadenelemente – Nachteile: Investition höher, Amortisation abhängig von Gebäudetypus und Verbrauch und alternativer nachhaltiger Energieversorgung vor Ort; 	– Beispiele sind in diversen Technologie-Plattformen angegeben, sowie auf der Website IEA SHC Task 41 (www.iea-shc.org/task41) zu finden.
Adaptive Fassaden (oder „Hybridfassaden“)	Neue Ausformung der <i>Komponentenfassaden</i> , welche durch Optimierungs- und Minimierungsstrategien von Element- und Komponenteneigenschaften in Richtung Autoreaktion und verbesserte Adaptivität und Materialeffizienz abzielt.	<ul style="list-style-type: none"> – Vorteile: eingebettete Multifunktionalität in Baustoffe verspricht geringere Wartung, Vorfertigungsgrad steigt, ökologische und funktionale Qualität könnte steigen, autoreagierende eingebettete Automation – Nachteile: noch im Forschungsstadium, keine Erkenntnisse zu Langzeitperformance des Gesamtsystems im Betrieb vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> – Smart Structures (z.B. Faltsysteme, Projekte zu Membran-Leichtbau) – Smart Materials (z.B. effektive oder selektive Beschichtungstechnologien, adaptive hochwirksame Wärmedämmstoffe im Nanometerbereich (Aerogele, VIP), Speicher-materialien für höhere Energiedichten, funktionale Textilien und Membranen – Systementwicklungen für (adaptive) thermische Speicherung oder verbesserte Schaltbarkeit (z.B. Verglasung) – Bionische Systeme (z.B. bionischer Sonnenschutz Flectofin ®)

3.1.2.4 Schlussfolgerungen für FUTUREbase

Prinzipiell sind für die Errichtung von FUTUREbase alle Versionen der Multifunktionsfassaden möglich. Dezentrale Haustechniksysteme über die Fassade sollten aufgrund der technischen Komplexität der Systeme und der wirtschaftlichen Bedenken jedoch gut gegen

zentrale Versorgungssysteme abgewogen werden. Auch würde der Wartungs- und Betriebsaufwand dezentraler Haustechniksysteme der Idee des simplen Facility Managements widersprechen. Natürliche Lüftung und Steuerung des solaren Strahlungseintrags über die Fassade mittels dezentraler steuerbarer Klappen, Fenster und beweglicher Sonnenschutzsysteme ist energetisch für den Standort und Nutzung sinnvoller als vollintegrierte dezentrale Klimatisierung. Fassadenintegrierte regenerative Energieerzeugung durch Solarthermie oder Photovoltaik sind zur Erreichung der Plusenergiestrategie notwendig, entsprechende Produkte sind am Markt sowohl für die Erreichung der architektonischen als auch der energetischen Ziele erhältlich. Die Zweckmäßigkeit von TSC-Systemen (Transpired Solar Collectors) wäre für den Gebäudetypus und Standort gesondert zu analysieren, birgt jedoch durchaus Potenzial. Die Begrünung von bestimmten Fassadenflächen kann zu einer deutlichen Komfort- und Identitätssteigerung führen und wird daher empfohlen. Insgesamt ist eine Einbindung der adaptiven Fassadenkomponenten in ein intelligentes Automationssystem zu beachten. Ein modularer Aufbau der Fassadenkonstruktion ermöglicht nicht nur eine Reduktion der Kosten durch Vorfertigung, sondern auch die spätere Nachrüstung bzw. den Austausch von einzelnen Füllelementen oder Fassadenteilen gegen innovative Weiterentwicklungen.

3.1.3 Bionische Fassadenmaterialien

Für das Technologiescreening im Rahmen des Projekts wurden auch hochinnovative, sogenannte „emergente“ Entwicklungen erhoben, welche Potenzial zur Energieeinsparung und Komfortsteigerung, sowie Steigerung der Nachhaltigkeit eines künftigen Bauprojekts haben. In diesem Sinne sind Recherchen in Bereichen der Bionik unerlässlich, da die Funktionsvielfalt und das Einsparpotenzial (Energie, Material) in der Natur enorm sind und bionische Produkt- und Konzeptentwicklungen an Relevanz für die Baubranche zunehmen.

Grundsätzlich ist dazu festzustellen, dass die Produktpalette markterprobter bionischer Materialien noch sehr gering ausfällt, da die Forschungsdisziplin selbst, als auch die Produktentwicklung bionischer Materialien im Bausektor noch sehr jung sind. Häufig kann jedoch auf entwickeltes Know-how aus branchenfremden Disziplinen, wie der Automotivindustrie, Flugzeug- und Raumtechnik oder der Medizintechnik zurückgegriffen werden, da die Anwendungen ähnliche Zielsetzungen verfolgen. Aus einer breit angelegten Recherche im Forschungsbereich „Bionik und Energie“ wurden jene bionische Strukturen, Materialien oder Strategien selektiert, welche für energieeffiziente Gebäude zurzeit erforscht werden und welche für einen eventuellen Einsatz heute schon geeignet sein könnten. Die Forschungsfelder für innovative Fassadenmaterialien stehen dabei in diesem Kapitel im Vordergrund.

Aufgrund der Komplexität und des Novums des Themas wird zuerst eine Kurzeinführung zum Begriff „Bionik“ und der Zweckmäßigkeit für Fassaden und anschließend eine auszugsweise Übersicht von Entwicklungen und Trends für bionische Fassadenmaterialien gegeben.

3.1.3.1 Terminologie und Gliederung

Bionik bzw. Biomimetik befasst sich mit der systematischen Übertragung von Funktionen auf Material-, Struktur oder Prozessebene aus der Natur für unterschiedlichste Anwendungen.

Der VDI (Verein Deutscher Ingenieure) definiert in der 2011 herausgegebenen Richtlinie „Bionik“ wie folgt: *„Bionik als wissenschaftliche Disziplin befasst sich mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktions-, Verfahrens- und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme.“* (VDI 6220, Entwurf 2011-06). Bionik dient also dazu, Wissen aus der Analyse lebender Systeme in der Natur nutzbar zu machen, um technische Problemlösungen, Erfindungen und Innovationen vorantreiben zu können. Dabei stellt die Übertragung von der Biologie zur Technik die zentrale Aufgabe der Bionik, also Funktionsprinzipien zu verstehen, zu abstrahieren und daraus technische Lösungen oder Strategien zu erarbeiten.

Braun teilt Anwendungen der Bionik für Gebäudehüllen in bionisch inspirierte Materialien, bionisch inspirierte Strukturen und bionisch inspirierte Funktionen ein (Braun, 2008, S. 78). Zusätzlich wird in der Literatur häufig von bionisch inspirierten Verhalten gesprochen.

Wie Recherchen zeigen, beschäftigen sich eine Vielzahl von Universitäten, Instituten und Unternehmen mit dem Thema Bionik für Fassaden bzw. Gebäudehüllen. Dabei ist die überwiegende Anzahl noch im Forschungs- bzw. Entwicklungsstadium. Einige Beispiele, welche Potenzial für Fassadenprodukte in naher Zukunft zeigen, wurden in Tabelle 3 zusammengefasst. Dabei wurde die Strukturierung von Braun aus zweckmäßigen Darstellungsgründen übernommen, und um biologische Vorbilder, Hauptmerkmale und entsprechende Forschungsaktivitäten sowie Referenzen erweitert. Tabelle 3 stellt einen exemplarischen Auszug bionischer Potenziale für die Fassade dar.

Tabelle 3: Zusammenfassung exemplarischer Beispiele bionischer Entwicklungen (Moser, 2011; Gosztanyi, 2012)

Bionische Materialien (Ein- oder Mehrkomponentenwerkstoffe, deren Eigenschaften anpassungsfähig sind, reagieren auf Änderungen in Spannung, Temperatur, Feuchte, Strahlung, etc.)			
Thema/Funktion	Biologisches Vorbild	Wirkungsprinzip	Problemlösung
Intelligente „atmende“ Hightech-Textilien	Pflanzen	Pflanzlicher Gasaustausch über Spaltöffnungen: Über regulierbaren Poren gibt die Pflanze Wasserdampf ab, wobei die Verdunstungsrate von der internen Wasserversorgung abhängt.	Entwicklung von Textilien, die nach dem Vorbild pflanzlicher Spaltöffnungen den Wasserdampfaustausch selbstständig an das jeweilige Umgebungsklima anpassen (Entwicklung von „Chitosan“- Polymer auf Chitinbasis) <u>Weiterführende Information:</u> Arbeitsgruppe Funktionelle Morphologie und Biomimetik, Universität Tübingen, Dr. Anita Roth-Nebelsick (Roth-Nebelsick) ITV Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf, Dr. Thomas Stegmaier (Stegmaier, 2012)

Bionische Materialien (Ein- oder Mehrkomponentenwerkstoffe, deren Eigenschaften anpassungsfähig sind, reagieren auf Änderungen in Spannung, Temperatur, Feuchte, Strahlung, etc.)

Thema/Funktion	Biologisches Vorbild	Wirkungsprinzip	Problemlösung
Entwicklung extrem harter Materialien	Perlmutter (Polymer-Keramik Verbindung)	Ein Werkstoff mit dieser Kombination erreicht eine extrem effektive Stabilität und Beständigkeit, sowie Spannungsaufnahme (Zugkraft)	Entwicklung von extrem stabilen, leichten und schlanken Materialien (Fassadenprofile), die je nach Beanspruchung (z.B. Windkraft) stabilisierend wirken <u>Weiterführende Information:</u> INM Leibnitz-Institut für neue Materialien, Biomaterialisation (INM, 2012)
Funktions-Holzgemisch (Belüftung der Gebäudehülle)	Hornissen-nester	Hornissennester bestehen aus einem Holz-Speichel-Gemisch, das die Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Nest konstant hält. Entwicklung einer Leichtbaukonstruktion, die mit natürlicher Thermoregulation eine konstante Innentemperatur gewährleistet.	Die Entschlüsselung der relevanten thermodynamischen Vorgänge dieser Konstruktion könnten zukünftig belüftbare Gebäudehüllen ermöglichen oder den Werkstoff Holz als passiven Dämpfer gegen unerwünschte Schwankungen des Rauminnenklimas nutzbar machen. <u>Weiterführende Information:</u> Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA, R. Klingner (Klingner, 2012)
Membran-Leichtbau	Flugtiere mit Membranbespannung (Pterosauriers bzw. Fledertiere)	Flughäute von Tieren haben ein enormes Potenzial zur Optimierung von pneumatischer Stabilisierung, kraftaufnehmenden Anbindesystemen, Verringerung der Materialschädigung durch Faltung der Membranen (Transport, Montage und Nutzungsphase temporärer oder wandelbarer Anwendung)	Faserverstärkte Membranwerkstoffe für textile faltbare Fassaden, gespannte Membranen können neben Wetterschutz auch klimatisierende Aufgaben übernehmen (Integration von Heizung, Kühlung, Lüftung und solarer Aspekte) <u>Weiterführende Information:</u> ITV Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf, Dr. Thomas Stegmaier (Stegmaier, 2012)

Bionische Strukturen

Thema/Funktion	Biologisches Vorbild	Wirkungsprinzip	Problemlösung
Struktur-optimierte Naturfaser-Verbundmaterialien	Pfahlrohr (Arundo donax); Winterschachtelhalm (Equisetum hyemale)	Durch Graduierung und dem Aufbau von hierarchischen Strukturebenen wird ein Verbundwerkstoff hergestellt, der hohe Festigkeiten aufweist und dort wo notwendig, hohen Belastungen standhält und wo wenig Belastung auftritt, Gewicht gespart wird.	„Technischer Pflanzenhalm“ – strukturoptimiertes Faserverbundmaterial (Reduzierung des Gewichts von Bauteilen, Verminderung von grauer Energie, hohe Stabilität, hervorragende Energiedämpfungseigenschaften, gute Bruchverhalten, geringes Gewicht) <u>Weiterführende Information:</u> Plant Biomechanics Group Freiburg, Prof. Thomas Speck (Speck, 2012) ITV Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf, Dr. Thomas Stegmaier (Stegmaier, 2012)

Bionische Strukturen			
Thema/Funktion	Biologisches Vorbild	Wirkungsprinzip	Problemlösung
Selbstreinigende Oberflächen	Lotus Effekt ®	Durch super-hydrophobe Materialien und Nano-Oberflächenstrukturierung perlt Wasser ab und reißt so Schmutzpartikel mit.	Dachziegel, Fassadenputze und Fassadenfarbe und Glasflächen wurden entwickelt, die sich bei Wasserzufuhr selbst reinigen. <u>Weiterführende Information:</u> Nees-Institut für Biodiversität der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Prof. Dr. Wilhelm Barthlott (Barthlott, 2012)
Antireflexion	Flügel der Zikade	Nanostruktur der Flügel verhindert Reflexionen	Reflexionen von solarthermischen oder PV Modulen kann stark vermindert werden -> keine Blendeffekte mehr <u>Weiterführende Information:</u> Beijing National Laboratory for Molecular Sciences (Beijing National Laboratory, 2012) College of Chemistry and Molecular Engineering, Universität Peking (Universität-Peking, 2012)

Bionische Strukturen			
Thema/Funktion	Biologisches Vorbild	Wirkungsprinzip	Problemlösung
Energieproduktion	Photo-biologische Wasserstoffproduktion	Ziel hierbei ist, mittels einer künstlichen Symbiose aus photoautotrophen Grünalgen und photoheterotrophen schwefelfreien Purpurbakterien, Wasser in Sauerstoff und den universell einsetzbaren Energieträger Wasserstoff zu spalten	Energieproduktion (Wasserstoff) am Gebäude, das System kann in die Fassade integriert werden. Beitrag zum Plusenergiegebäude (Brennstoffzelle) <u>Weiterführende Information:</u> Fachgebiet für Bionik und Evolutionstechnik der Technischen Universität Berlin (Technischen Universität Berlin, 2012)
Gelenkfreie Klappen	Paradiesvogelblume (Strelitzia reginae)	Bestäubungs-mechanismus zeigt reversible elastische Deformation. Biegedrillknicken kann gelenkfreie Klappen ermöglichen (Flectofin®)	Gelenkfreie Fassadenverschattung, Minimierung des Wartungsaufwandes für Verschattungssysteme <u>Weiterführende Information:</u> Plant Biomechanics Group Freiburg, Prof. Thomas Speck (Speck, 2012) itke Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen, Universität Stuttgart, Prof. J. Knippers (Knippers, 2012) ITV Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf, Dr. Thomas Stegmaier (Stegmaier, 2012)

Bionische Strukturen			
Thema/Funktion	Biologisches Vorbild	Wirkungsprinzip	Problemlösung
Selbstreparierende Stoffe	Pfeifenwinde (eine nord-amerikanische Liane)	Die Pfeifenwinde repariert einen Riss in ihrem Festigungsgewebe dadurch, dass sie ihn mit Zellen aus dem Grundgewebe stopft, die in den Riss hineinquellen. Dann beginnen sich die Grundgewebezellen zu teilen und dichten die Verletzung völlig ab.	Nach diesem Prinzip entwickelten Wissenschaftler einen Polyurethanschaum, in dem Überdruck und Vorspannung herrscht, und beschichteten damit Membranen (Tensairity-Technologie). Die Zeitspanne, in der der Druck im Inneren der Membrankörper absinkt, konnte bei Verletzungen mit Nägeln auf das 100- bis 1000-fache verlängert werden <u>Weiterführende Information:</u> Plant Biomechanics Group Freiburg, Prof. Thomas und Olga Speck (Speck, 2012) prospective concepts ag (prospective concepts ag, 2012)
Methoden zur Formoptimierung und Materialreduktion	Fresszellen (Osteoclasten) in Knochen beseitigen nicht tragende Bereiche;	SKO-Methode (Soft-Kill-Option), mit der Leichtbauteile über Computersimulation optimiert werden, indem nur für die Funktion wesentliches Material im Bauteil verwendet wird (Belastungsspitzen können vorkommen)	Kombination beider Methoden führt zu hochbelastbaren, form- und gewichtsoptimierten Leichtbauweisen, Effiziente Verwendung von Baumaterialien, Gewichtersparnis <u>Weiterführende Information:</u> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Materialforschung II, Abteilung Biomechanik, Prof. C. Mattheck (Mattheck, 2012)
	Wuchsformen von Bäumen, mechanisch belastete Strukturen, wie Astgabelungen bei Bäumen, Knochen	CAO-Methode (Computer Aided Optimisation), die die Formgebung von belasteten Bereichen technischer Bauteile solange strukturell optimiert bis eine konstante Oberflächenspannung eintritt	

3.1.3.2 Schlussfolgerungen für FUTUREbase

Es ist festzustellen, dass vor allem im Bereich des Leichtbaus die Architekturbionik bereits entscheidende Fortschritte getan hat und künftig eine nachhaltige Rolle bei der Tragwerksplanung bei großen Spannweiten und Membrankonstruktion spielen könnte. Obwohl im Moment noch wenige Bionik-Lösungen für Bauwerke auf dem Markt erhältlich bzw. Architekturbionik-Projekte umgesetzt worden sind, gilt es die Forschungen und Entwicklungen weiterhin zu verfolgen, um zukunftsnahe Anwendungen für FUTUREbase zu identifizieren. Dabei erscheinen vor allem bionische Materialentwicklungen mit z.B. selektiven Eigenschaften und Selbstreparatureigenschaften oder adaptive flexible Verschattungssysteme für den Einsatz in FUTUREbase vielversprechend. Ein modularer Aufbau der Gebäudehülle, oder zumindest Komponenten der Gebäudehülle, würde eine Nachrüstung bionischer Applikationen ermöglichen und damit dauerhafte Optimierung des Bauwerks zu einem intelligenten innovativen System erlauben.

3.1.4 Einbindung von Kleinwindkraftanlagen

Windkraft hat in den letzten Jahren einen starken Aufschwung erlebt. Seit dem Jahr 2000 hat sich die installierte Leistung weltweit mehr als verzehnfacht (Moser, 2011). Windkraft spielt heute bei der Erzeugung von erneuerbaren Energieträgern in Europa eine wichtige Rolle. 86.075 MW an Leistung sind in Europa installiert, 1.011 MW davon in Österreich (Moser, 2011). Obwohl dabei bisher die großen Multi-Megawatt Windparks die größte Aufmerksamkeit auf sich ziehen konnten, könnten Kleinwindkraftanlagen als dezentrale Stromerzeugungseinheiten zukünftig eine wichtige Rolle spielen. Großes Interesse für Kleinwindkraft liegt bei Endkonsumenten definitiv vor, die IG Windkraft (österreichische Interessensvertretung der Windenergieerzeuger) meldet diesbezüglich einige Anfragen pro Woche. Gründe dafür sind der eigene Beitrag zum Klimaschutz oder die verringerte Abhängigkeit von großen Energieversorgern. Ein weiterer Hinweis dafür, dass in Österreich das Interesse für die Kleinwindkraft stetig wächst, ist die Tatsache, dass Plattformen wie „www.kleine-windkraft.at“ geschaffen wurden. Die Nachfrage für Kleinwindkraft scheint es also gegeben.

Im Rahmen des Technologiescreenings wurden folgende Recherchen, Analysen und Bewertungen in Bezug auf Klein-Windkraftanlagen (KWKA) durchgeführt (Moser, 2011):

- Beschreibung der vorhandenen Technologien
- Rahmenbedingungen Standort FUTUREbase: Windgeschwindigkeiten, vorhandene Bebauung durch Nachbargebäude, usw.
- Umsetzbarkeit im Bauprozess FUTUREbase: Situierungsmöglichkeiten, baulich erforderliche Maßnahmen, Bewilligungsverfahren, usw.
- Beitrag zu Plusenergiekonzept

Schlussfolgerungen: Der Einsatz von KWKA am Standort FUTUREbase ist hinsichtlich auftretender Windgeschwindigkeiten aus technischer Sicht sinnvoll und könnte somit neben Photovoltaik und Solarthermie einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung von Plusenergie leisten. Die Analysen hinsichtlich Situierungsmöglichkeiten am Standort FUTUREbase haben jedoch gezeigt, dass bei der Integration von KWKA am Dach integrierte Photovoltaik verschattet werden würde. Auch eine Situierung am nördlichen Rand des Grundstückes ist nicht möglich, da dadurch die bereits vorhandene Photovoltaikanlage von ENERGYbase verschattet werden würde.

3.1.5 Bodengebundene Kühlsysteme (Soil Cooling)

Unter bodengebundenen Kühlsystemen versteht man in der Literatur vorwiegend diejenigen Systeme, die mittels einer Art Wärmetauscher die kühlere Temperatur im Erdreich nutzen und den abgekühlten Wärmeträger (Luft oder Wasser) über ein Rohrsystem in das Gebäude transportieren. Diese Systeme stellen heute den Stand der Technik dar und werden häufig eingesetzt. Zu diesen Systemen gehören bekannte Technologien wie Luft-Erd-Register,

Erdwärmesonden und erdberührte Bauteile wie Energiepfähle und Energiebodenplatten (Zimmermann, 2003; Schweizer Vereinigung für Geothermie, 2005).

Neben diesen schon üblichen Methoden der Kühlung mittels erdgekoppelter Systeme sollten auch andere Methoden der Kühlung mit dem Untergrund untersucht werden, da der Liegenschaftsverwalter – die Wirtschaftsagentur Wien – explizit auch die Möglichkeiten des Einsatzes von Low- oder No-Tech-Maßnahmen am Standort ausloten wollte.

Im Bereich erdgebundener Kühlmöglichkeiten wurde daher das so genannte ‚Soil Cooling‘ in das Technologiescreening mit aufgenommen.

3.1.5.1 Betrachtung der No-Tech-Maßnahme ‚Soil Cooling‘

‚Soil Cooling‘ bedeutet, dass die Kühle des Bodens oder die Verdunstung, die von offenen Flächen oder Bepflanzungen rund um ein Gebäude ausgehen, zur Kühlung des Gebäudes oder zur Verbesserung des Mikroklimas um das Gebäude genutzt werden. Die Literatur zum Thema ‚Soil Cooling‘ ist allerdings spärlich; die meisten Studien beziehen sich auf Wasserflächen neben Gebäuden oder (Dach-)Begrünungen auf und rund um Gebäude. In sehr heißen und trockenen Gegenden in Florida, Texas und Israel wurden experimentelle Versuche durchgeführt, in denen man untersucht hat, wie die Temperatur des Bodens rund um ein Gebäude beeinflusst werden kann. Dabei spielt Art der Befeuchtung, Art des Bodens oder Verwendung von Kies eine besondere Bedeutung (Givoni, 2006). Laut Givoni gibt es zwei grundsätzliche Arten, wie man diese kühle Erde nutzen kann, um damit ein Bauwerk zu kühlen, nämlich erstens die Gebäude thermisch mit der Erde zu verbinden und zweitens, Wärmetauscher für jene Bauten zu verwenden, die nicht mit der Erde gekoppelt werden können. Letztere Variante führt wieder zu den weiter oben besprochenen Technologien Erdregister, Erdsonden oder Energiepfählen.

Unter thermischer Verbindung versteht Givoni ein mit Erde bedecktes Gebäude oder ein bedecktes Dach. Diese thermische Verbindung ist allerdings in Gebieten mit kalten Wintern nicht möglich, da die Wände und das Dach aufgrund der Kälte isoliert werden müssen und kein direkter Kontakt mit dem kühlen Erdreich möglich ist, damit Wärmeverluste im Winter vermieden werden können. Evaporative Kühlung des Mikroklimas um ein Gebäude kann man durch bepflanzte Dächer (Green Roofs), Bepflanzung der Gebäudeumgebung oder der Anlegung einer künstlichen Wasserfläche erreichen. Dachbepflanzungen, Grünflächen oder Wasserflächen um ein Bauwerk haben einen positiven Einfluss auf das Mikroklima um ein Gebäude und somit auch auf das Klima innerhalb des Gebäudes.

Soil Cooling durch thermische Kopplung des Gebäudes mit dem Erdreich ist in Gegenden mit kalten Wintern nicht sinnvoll, da es bei niedrigen Temperaturen zu Wärmeverlusten aus dem Gebäude in das Erdreich führen würde. Vegetation im Gebäudeumfeld und Dachbepflanzungen haben einen positiven Effekt auf das Mikroklima, dem das Bauwerk ausgesetzt ist. Durch kühlere Luft wird der Energiebedarf für die Kühlung der Zuluft minimiert, Schätzungen gehen davon aus, dass die Temperatur durch Begrünung des Umfelds und Green Roofs im Sommer zu einer Verringerung der Temperatur von 1 – 4 °C führen können.

Green Roofs können vor allem bei älteren Gebäuden, bei denen noch keine Dachisolierung durchgeführt worden ist, zu einer Verringerung des Heizbedarfs im Winter und Kühlbedarfs im Sommer führen, da die Erd- und Pflanzenschicht eine Isolierung darstellt und somit Temperaturverluste minimiert werden. Für neue Gebäude im Passivhausstandard, wie die FUTUREbase eines sein wird, sind diese Einsparpotenziale vernachlässigbar, da Dächer nach heutiger Bauweise sehr gut gedämmt werden und Wärmeverluste kaum noch auftreten. Grün- oder Wasserflächen benötigen viel Raum. Gerade im städtischen Bereich ist freie Fläche ein kostbares und teures Gut, weshalb danach getrachtet wird, so viel Fläche wie möglich zu verbauen, damit mehr Gebäudenutzfläche und somit Erlös generiert werden kann. Green Roofs stehen heute in Flächenkonkurrenz mit PV-Modulen oder solarthermischen Elementen. Bei dem als Plusenergiegebäude geplanten FUTUREbase wird die gesamte Dachfläche für Photovoltaikmodule benötigt, um den Plusenergiestandard erreichen zu können, für begrünte Dächer wird dabei keine Fläche übrig bleiben.

3.1.5.2 Umsetzungspotenzial des Soil Cooling für das FUTUREbase

„Soil Cooling“ in Verbindung mit Wasser- und Grünflächen wäre bei diesem Bau eine kostengünstige Möglichkeit, ein günstiges Mikroklima rund um das Gebäude zu schaffen und dadurch zu einem geringen Teil den Energiebedarf der Kühlung herabzusetzen. Begrünte Dachflächen wären eine Möglichkeit, den Heizenergiebedarf geringfügig herabzusetzen. Allerdings sind die Beiträge dieser beiden No-Tech-Maßnahme mit derzeit vorhandenen Methoden weder quantifizierbar noch vorhersagbar. Es sind dazu Grünflächen rund um das Gebäude und im östlichen Bereich der Liegenschaft vorgesehen. In den Innenhöfen werden zwei Erdkoffer aus der Tiefgarage ausgespart um große Bäume zu pflanzen (je 180 m). Die Vorgaben seitens Architektur/Liegenschaftseigentümer zum Erscheinungsbild des Gebäudes sprechen gegen Green Roofs.

Für die Ermittlung des Potenzials des Untergrunds zur Heizung/Kühlung werden konventionelle bzw. durchaus auch innovative Systeme von bodengebundenen Kühlsystemen weiterbehandelt (siehe Kapitel 3.2.2).

3.1.6 Pflanzeneinbindung in Büro- und Gewerbeimmobilien zur Raumluftbefeuchtung

Vor allem während der Heizperiode im Winter ist es notwendig, die Zuluft von Lüftungsanlagen in Bürogebäuden zu befeuchten, da in Österreich die relative Luftfeuchtigkeit unter den für Wohn- und Arbeitsräumen empfohlenen Bereich von 40 % relativer Luftfeuchte liegt. Zu trockene Luft beeinträchtigt funktionell und organisch die Schleimhäute der oberen Atemwege, besonders des Nasenraumes, was zu gesundheitlichen Problemen und Unbehaglichkeit führen kann. Die Befeuchtung in zentralen Lüftungsanlagen erfolgt durch Zerstäuben von Wasser oder Einblasen von Dampf. Die befeuchtete Luft wird über Lüftungskanäle den einzelnen Räumen zugeführt. Im Rahmen des Technologiescreening sollte untersucht werden, welche Auswirkungen Pflanzeneinbindung zur Raumluftbefeuchtung für das Luftbefeuchtungskonzept für das

Projekt FUTUREbase haben können. Diesbezüglich wurde auf die wissenschaftlichen Erkenntnisse von zwei Projekten zurückgegriffen, die Pflanzeneinbindung zur Raumluftbefeuchtung verwenden. Bei den zwei Gebäuden handelt es sich zum einen um das Bürogebäude ENERGYbase in Wien und zum anderen um den Biohof Achleitner in Oberösterreich, wobei zwei äußerst verschiedene Ansätze gewählt wurden. (Moser, 2011)



Abbildung 2: Position Pflanzenpuffer ENERGYbase, (Moser, 2011)

Die ENERGYbase ist mit vier zentralen Pflanzenpuffern ausgestattet, die sich im Wesentlichen an vier Standorten im Gebäude befinden. Wie Abbildung 2 zeigt befinden sich zwei Puffer an der Ost- und Westfassade des Gebäudes und zwei Pflanzenpuffer in der Gebäudemitte hinter der verglasten Südfassade. Die Gesamtfläche der Puffer beträgt rund 175 m. Jeweils ein außen und innen liegender Puffer sind in einer Einheit der Lüftungsanlage zusammengefasst. Die Regelung erfolgt über jeweils zwei Volumenstromregler je Lüftungsanlage, wobei einer für den inneren und einer für den äußeren Pflanzenpuffer zur Anwendung kommt. In der ENERGYbase kommt eine einzige Pflanze, eine Sorte von Zyperngras zur Anwendung, die über eine besonders hohe Feuchteabgabekapazität verfügt. Grundsätzlich wurde davon ausgegangen, dass die Menge der Feuchteabgabe von Pflanzen primär von den Lichtbedingungen abhängig ist. Eine Bachelorarbeit an der Fachhochschule Technikum Wien zum Thema Pflanzenpuffer in der ENERGYbase hat allerdings gezeigt, dass die Temperatur im Pflanzenpuffer ein wesentlicher Einflussfaktor ist (Hamp, 2011). Sogar kleinere Temperaturschwankungen in den Puffern haben einen erheblichen Einfluss auf den Feuchtegewinn. (Moser, 2011)

Der Biohof Achleitner wählte eine andere Strategie. Wie Abbildung 3 zeigt, ist hier der gesamte Bürobereich sowie Teiles des Bio-Kulinariums und des Bio-Frischmarktes mit großzügig dimensionierter und dauerhafter funktionaler Innenraumbegrünung ausgestattet. Anders als in der ENERGYbase kommen im Biohof Achleitner verschiedenste Pflanzen als Feuchtespender zur Anwendung. Sie sind direkt in den Büros und Verkaufsf lächen platziert,

weshalb Mitarbeiter und Kunden in direkten Kontakt mit den Pflanzen kommen. (Moser, 2011)

Im Rahmen des Technologiescreenings wurden folgende Analysen anhand dieser beider Beispiele durchgeführt (Moser, 2011):

- Vor- und Nachteile zu Standardlösungen
- Technische Einsatzgrenzen
- Umsetzung im Bauprozess
- Auswirkung auf Energiekonzept



Abbildung 3: Innenraumbegrünung Biohof Achleitner, (Moser, 2011)

Schlussfolgerungen: Die beiden untersuchten Beispiele haben gezeigt, dass Pflanzen gezielt zur Befeuchtung der Raumluft eingesetzt werden können und auch noch den Mehrwert der „Verschönung“ des Bürobereichs haben, sowie Staub aus dem Innenraum an den Blattoberflächen binden. Der Aufwand zur Pflege der Pflanzen (siehe Abbildung 109), sowie der höhere Strombedarf (siehe Abbildung 83) sprechen jedoch aus energetischer und ökonomischer Sicht gegen den Einsatz von Pflanzenpuffern wie in ENERGYbase verwendet. Das Konzept des Biohofs Achleitners ist für ein mehrgeschossiges Bürogebäude aufgrund der fehlenden Belichtung von oben in allen Geschossen nicht ratsam. Weiters kann von einem anonymen Nutzer nicht vorausgesetzt werden diese Vielzahl an Pflanzen im Innenraum habe zu wollen.

Das Projektteam hat sich daher entschlossen das Konzept der natürlichen Befeuchtung der Raumluft im Winter über Pflanzen weiter zu verfolgen, jedoch mit einer weit einfacheren Strategie. Die Bürobereiche werden mit kleinen Balkonen ausgestattet, auf denen die Nutzer Pflanzen vom Innenraum im Sommer hinausstellen können (siehe Kapitel 3.3.7.6.).

3.1.7 Recyclinganteil von Baumaterialien

Immer mehr rückt im Bauwesen die Ressourcenknappheit neben der Knappheit an nicht erneuerbarer Energie in den Vordergrund. Jedoch im Vergleich zur Forschung und zum Stand der Technik im Bereich der hocheffizienten Nutzung von Energie und des Umstieges auf erneuerbare Energien im Allgemeinen und im Bauwesen im Besonderen, ist der Stand der Technik des Recyclierens und recycelbaren Konstruierens über die Ansätze aus den

achtziger Jahren nicht sehr weit hinaus gekommen. Derzeit gehen ins Bauwesen in Österreich jährlich 110 Millionen Tonnen an Stoffen, und nur etwa ein Zehntel davon, nämlich 11 Millionen Tonnen kommen jährlich aus dem Bauwesen durch Abbruch usw. wieder heraus (Gugler, laufend).

Selbst wenn also alle aus dem Bauwesen zurückströmenden Baumaterialien zu 100 % recycelbar wären, würde damit dennoch nur 10% der neuen Stoffe abgedeckt werden können. Dazu kommt, dass durch die lange Lebensdauer von Immobilien zum Teil ganz andere Stoffe aus Abbruchobjekten retour gelangen, als heute verbaut werden. Im Projekt Leuchtturm Gugler (Gugler, laufend) wurde in einem eigenen Projekt der Stand des Anteils an recycelten Stoffen in heutigen Baumaterialien untersucht. Es wurde eine Liste von Baustoffen für zahlreiche Anwendungen erstellt, die Sekundärrohstoffe, sogenannte Recycros enthalten. Viele sind es dennoch nicht.

Generell kann ausgesagt werden, dass im Bereich der Metalle und der mineralischen Materialien wie Ziegel und Beton schon eine signifikante Wiederverwertung stattfindet. Stahl, Aluminium und Kupfer bestehen schon zu einem größeren Teil aus Sekundärrohstoffen. Beton wird im Abbruch schon oft mit mobilen Brecheranlagen gebrochen und einige Firmen verarbeiten Ziegel zu Granulat unterschiedlicher Körnung, vom Splitt für Dachbegrünungen bis zum Tennissand. Betongranulat kann für alle Arten von Beschüttungen eingesetzt werden, für den Straßenunterbau ebenso wie für die Hinterfüllung von Künetten oder als massegebende Beschüttung im Deckenaufbau von Holzkonstruktionen zur Erhöhung der Speichermasse und des Trittschallschutzes. Geschredderter Beton kann auch als Zuschlagstoff zum Beton wieder eingesetzt werden, dies ist in Österreich jedoch noch keine gängige Praxis, und nicht verfügbar. Für die Herstellung von Beton selbst kann Zement durch Hüttensand ersetzt werden, einem Abfallprodukt aus der Stahlerzeugung. Dies ergibt zwar für die direkte Anwendung sehr gute ökologische Werte, ist jedoch keine beliebig vervielfältigbare Methode, da nicht ausreichend Hüttensand zur Verfügung steht.

Ziegelsplitt kann als Zuschlagstoff für Betonsteine oder für Beton verwendet werden, daneben als Beigabe zu Dachbegrünungssubstraten oder als Schüttung sofern keine Frostfreiheit gewährleistet werden muss.

Generell wäre das kleine Format des Ziegels, wie er aus älteren Häusern abgebrochen wird, prädestiniert dazu in derselben Form wiederverwendet zu werden. In allen heute üblichen Anwendungsformen findet ja ansonsten ein downcycling statt. Das kleine Modul des Ziegels war über Jahrhunderte bestens als recycelbarer Baustoff in Verwendung und Wiederverwendung. Lediglich das überproportionale Anwachsen der Kosten des Faktors Arbeit in unserer Zeit verhindert die Weiterführung der extrem sinnvollen Verwendung dieses ökologischen Materials.

Auch das Material Lehm wäre als Stampflehm oder Lehmstein ein perfekt kreislauffähiges Material, für Anwendungen in mehrgeschossigen Bauten bestens geeignet. Derzeit ist in Österreich jedoch keine Anwendung in dieser Art gegeben und auch nicht in normalem Maßstab verfügbar.

Wenn wir also die ökonomisch zur Verfügung stehenden Konstruktionsweisen betrachten, so könnte der eingesetzte Stahlbeton mit Flugasche hergestellt werden und es könnte Betongranulat als Zuschlagstoff verwendet werden. Eine Konstruktion aus Stahl würde ebenfalls signifikant Sekundärrohstoffe verwenden, lediglich eine Holzkonstruktion könnte keinen Einsatz von Sekundärrohstoffen nachweisen.

Daraus wird ersichtlich, dass die alleinige Optimierung des Sekundärrohstoffanteiles nicht zielführend ist. Oberstes Ziel muss immer der gesamte ökologische Aufwand bleiben und vor allem das Bemühen, für jede Konstruktion und jeden Bauteil nur das Material einzusetzen, das für die konkreten Anforderungen notwendig ist. Ein Bürogebäude mit 4-7 Geschossen kann durchaus aus Holz errichtet werden, das wesentlich energieintensivere Material Stahl kann Einsatzgebieten vorbehalten bleiben, wo Holz nicht mehr zielführend eingesetzt werden kann – etwa wenn sehr schlanke Dimensionen gewünscht sind – wie bei deckengleichen Unterzügen.

Was die Dämmmaterialien betrifft steht für Anwendungen im erdberührten Bereich Glasschaumschotter zur Verfügung. Dieser kann unter der Bodenplatte (wenn gedämmt werden muss) und als Perimeterdämmung eingesetzt werden. Glasschaumschotter wird aus Recyclingglas hergestellt. Oberirdisch kann Zellulosedämmung für fast alle Anwendungen eingesetzt werden. Sie wird aus Altpapier hergestellt, hat einen ähnlichen Lambda-Wert wie herkömmliche Dämmungen und kann daher mit ähnlichen Dämmstoffdicken angewandt werden. Leider ist derzeit ausschließlich ein Material verfügbar, das mit Borsalz gewisse brandhemmende Eigenschaften erlangt, auch wenn dies im Innenbereich nicht erforderlich wäre. Alternativ kann Stroh eingesetzt werden, eines der wenigen Dämmmaterialien, das ohne Zusatzstoffe angewendet werden kann. Stroh ist im engeren Sinne kein recycelter Rohstoff, ökologisch – als Abfallprodukt aus der Landwirtschaft – aber jedenfalls sehr sinnvoll einzusetzen. Leider hat es einen deutlich schlechteren Lambda-Wert, weswegen für Passivhausstandard zumeist Dämmstärken von 40 cm in der Wand und 50 cm im Dach erforderlich sind. Damit kommt es für Anwendungen wo die BGF oder die bebaubare Fläche limitiert ist nicht in Frage. Als Trittschalldämmung ist nur ein Material mit Recyclinganteil verfügbar, nämlich Glaswolle.

Aluholzfenster können den Sekundärrohstoffanteil im Aluminium nachweisen, und sind jedenfalls eine sinnvolle Anwendung, da das Aluminium in geringer Masse nur für die Deckschalen eingesetzt wird, genau dort, wo die Beanspruchung des Fensters extrem hoch ist und die Anwendung des Materials Aluminium wegen seiner hohen und pflegelosen Haltbarkeit gerechtfertigt ist.

Im Innenausbau gibt es schon ein paar Materialien wie z.B. Fliesen am Markt die Sekundärrohstoffe enthalten. Gipskarton enthält derzeit nur Abfälle aus der eigenen Produktion, den VerfasserInnen ist jedoch zumindest eine österreichische Firma bekannt, die in Zukunft auch Abfälle aus dem Bauwesen in ihrer Produktion verwerten wollen. Gips ist derzeit ein problematisches Material, weil es derzeit gemischt mit mineralischen Materialien fast ausschließlich deponiert wird, es hätte jedoch ein ausgezeichnetes Potential im Kreislauf geführt und immer wieder eingesetzt zu werden.

Gegenüber dem Einsatz von Sekundärrohstoffen ist eine recycelbare Konstruktionsweise eigentlich ein wesentlich wichtigerer Faktor eines Gebäudes. Auch dazu wurde im Projekt Leuchtturm Gugler ein eigenes Grundlagenforschungsprojekt verfasst. Es geht dabei im Wesentlichen darum, zuerst die Lebensdauer eines Gebäudes und der darin enthaltenen Materialien zu verlängern, sodass erst gar nicht recycelt werden muss. Das bedeutet, dass je nach der Beanspruchung möglichst wartungsarme Materialien eingesetzt werden sollten, und dass die Konstruktionen so aufgebaut sein sollen, dass eine Wartung bzw. ein Austausch von kurzlebigeren Bauteilen und Schichten leicht möglich ist.

Generell ist auf die Wartbarkeit und Servicierbarkeit eines Gebäudes wesentlich mehr Bedacht zu nehmen, als dies in bisherigen Planungen der Fall war.

Schlussendlich ist darauf zu achten, dass Konstruktionen verwendet werden, die wieder demontierbar sind. Dies ist z.B. bei einer hinterlüfteten vorgehängten Fassade in viel größerem Ausmaß der Fall als beim konventionellen Vollwärmeschutz. Dabei sollte die Materialvielfalt möglichst niedrig gehalten werden, damit in der Entsorgung die Wahrscheinlichkeit größer wird, dass die einzelnen Fraktionen auch separat getrennt und einer Wiederverwertung zugeführt werden.

Weiters ist es wesentlich, wie gut einzelne Materialien wieder recycelbar sind. Estrich z.B. kann nur noch inert deponiert werden, während aufgeständerte Fußbodenaufbauten mehr Potential haben wiederverwendet zu werden.

Zu guter Letzt muss ein Gebäude das für sich in Anspruch nimmt recycelbar zu sein, einen genauen Materialausweis vorweisen können und es muss in der Detailplanung gleichzeitig ein Demontageplan ausgearbeitet werden. Dieser muss zur späteren Verwendung der Gebäudedokumentation beigelegt werden.

3.2 Gebäudeübergreifende Energieflussanalysen

Die Energieflussanalyse dient der energetischen Integration des Gebäudes FUTUREbase in seinem lokalen Kontext. Hauptaugenmerk dabei ist die Untersuchung der möglichen energetischen Synergienutzungen und Energieaustauschmöglichkeiten zwischen Gebäuden (insbesondere Abwärmenutzung) sowie der Energienutzungsmöglichkeiten aus dem Erdreich.

3.2.1 Gebäudeübergreifendes Energiekonzept

Die energetische Integration des Gebäudeenergiekonzeptes für FUTUREbase im lokalen Verbund basiert auf die Nutzung von vorhandenen Energiepotenzialen in der direkten Umgebung des geplanten Gebäudes. Damit soll einerseits die Installation von zusätzlichen Energieerzeugungsanlagen am Standort FUTUREbase vermieden werden, andererseits für alle betrachtete Gebäude im Verbund eine primärenergetisch optimierte Lösung erarbeitet werden. Der Stadtteil ist als Gewerbegebiet gewidmet und bietet daher gute Voraussetzungen für energetische Synergienutzungen an. Abgesehen von den bestehenden

Energieerzeugungskapazitäten bei den Gebäuden ENERGYbase und TECHbase ist das größte Potenzial in der direkten Nachbarschaft bei den Anlagen der RTA zu finden, wo zum Betrieb der Klimawindkanäle große Wärme- und Kältemengen erzeugt und abgeführt werden sollen (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Luftbild des Standortes

Ziel der folgenden Untersuchung ist daher die Überprüfung der technischen und ökonomischen Machbarkeit der Abwärmenutzung aus dem Betrieb von Klima-Windkanälen der RTA in den Gebäuden des Standorts Giefingasse 2-6, 1210 Wien (TECHbase, FUTUREbase und ENERGYbase).

3.2.1.1 Methodik

Die Machbarkeitsprüfung besteht zuerst aus einer qualitativen Potenzialerhebung, auf deren Basis die sinnvollsten Möglichkeiten der Energierückgewinnung identifiziert werden. Anschließend erfolgt für die ausgewählten Bereiche eine grobe Quantifizierung der Potenziale, wo die Energieverfügbarkeit anhand von drei wesentlichen Indikatoren charakterisiert wird (siehe Tabelle 4):

- Die Häufigkeitsanalyse der Anlagenbetriebszeiten ermöglicht eine zeitliche Charakterisierung der Energieverfügbarkeit. Nur während der Betriebszeiten der RTA kann Energie (insbesondere Abwärme) direkt genutzt oder gespeichert werden.
- Durch die Analyse der Temperaturniveaus in verschiedenen Prozesspunkten erfolgt die Prüfung der Energierückgewinnungsmöglichkeiten.

- Zuletzt erfolgt die Analyse der zur Verfügung stehenden Wärmeleistung in der Form einer Jahresdauerlinie.

Tabelle 4: Indikatoren der Energieverfügbarkeit

Indikator	Datenquelle
Zeitliche Häufigkeit Häufigkeitsanalyse für die Nutzung der Klimawindkanäle (entspricht der Energieverfügbarkeit): <ul style="list-style-type: none"> - Während der Betriebszeiten kann Energie direkt genutzt oder gespeichert werden. - Außerhalb der Betriebszeiten ist Energie nicht vorhanden. 	Belegungspläne der Klimawindkanäle (2007-2011)
Temperaturniveaus Vorhandene bzw. einzuhaltende Vor- und Rücklauf temperaturniveaus	Zentrale Erfassung der Betriebsdaten (15s Zeitschritt von 31.12.2009 bis 14.03.2011)
Leistung Zur Verfügung stehende Wärme- bzw. Kälteleistung während der Betriebszeiten	Technische Datenblätter der Anlage (Auslegungsdaten) und zentrale Erfassung der Betriebsdaten (15s Zeitschritt von 31.12.2009 bis 14.03.2011)

Anschließend erfolgte eine Energiebilanzierung für den Standort des Bauvorhabens unter Berücksichtigung aller umschließenden Gebäudekomplexe (TECHbase, ENERGYbase, FUTUREbase, RTA). Aufgrund der zeitlichen Energieverfügbarkeitsschwankungen kann die optimale Nutzung der Abwärme nur über ein Speicher gewährleistet werden. Basierend auf ein Energiebilanzierungsverfahren auf Tagesbasis wurde zuletzt der Energiespeicherbedarf ermittelt und quantifiziert.

Die Analyse der erfassten Daten in der Zeitperiode von 31.12.2009 bis 14.03.2011 ergibt nach Beseitigung von Datenlücken und Inkonsistenzen eine Auswertbarkeit von 8.293 Stunden, d.h. knapp ein Jahr (8.760 Stunden).

3.2.1.2 Qualitative Potenzialerhebung RTA

Basis für die Potenzialerhebung sind die in März 2011 organisierten Treffen mit den für RTA zuständigen Ansprechpartnern, wo in Kombination mit einer Führung durch die Anlage (siehe Abbildung 5) das gesamte Energiesystem präsentiert und hinsichtlich Optimierungs- und Energierückgewinnungspotenziale diskutiert worden ist. Im Laufe der Analyse und basierend auf der Kenntnisse der Anlagenbetreiber konnten die größten Potenziale der Energie(rück)gewinnungsmöglichkeiten im Bereich der in Tabelle 5 präsentierten Anlagenkomponenten identifiziert werden.

Tabelle 5: Ergebnisse aus der qualitativen Potenzialerhebung

Anlagenkomponente	Qualitative Beschreibung der Energie(rück)gewinnungsmöglichkeiten	Qualitative Bewertung der Potenziale
Kälteanlage (3 x 1,5 MW _{el} Schraubenverdichter, Kältemittel R507)	<ul style="list-style-type: none"> - Die Kondensationswärme der Kältemaschinen wird derzeit über vier Gruppen von Hybridkühltürmen (Naß- und Trockenbetrieb) abgeführt. Die Kältemitteltemperaturen am Verdichteraustritt liegen zwischen 50 und 60°C und eignen sich für Heizzwecke. - Zur Kühlwassererzeugung (Schneeerzeugung) steht ein 500 kW Wärmetauscher zur Verfügung, wo die Regelungstechnik zur Einhaltung von 2°C (Schneeerzeugung) eingestellt ist. Der Wärmetauscher ist selten in Betrieb. 	<ul style="list-style-type: none"> - Die Nutzung der Kondensationswärme würde ökologische und ökonomische Vorteile bringen. Das Potenzial wird daher in Detail charakterisiert. - Obwohl die Infrastruktur vorhanden ist, würde die Mehrnutzung des Wärmetauschers zur Kühlung von Nachbarbauten keinen ökologischen Vorteil zeigen. Dies könnte jedoch einen Beitrag zu Investitionseinsparungen leisten (Redundanzersatz).
Dampfkessel (2,2 MW)	<ul style="list-style-type: none"> - Der Dampfkessel ist selten völlig ausgelastet 	<ul style="list-style-type: none"> - Die Nutzung des selten ausgelasteten Gaskessels zur Wärmeerzeugung für Nachbarbauten würde keinen ökologischen Vorteil zeigen (Mehrbedarf an fossilen Brennstoffen), könnte jedoch einen Beitrag zu Investitionseinsparungen leisten (Redundanzersatz).
Sorptionsrad in Lufttrocknungsanlage (2 x 250 kW)	<ul style="list-style-type: none"> - Wenn trockene Luft gebraucht wird kommen zwei Sorptionsräder in Einsatz. Die Regeneration erfolgt über direkte Gasbrenner. Die weggeführte Wärme könnte zu Heizzwecke herangezogen werden. 	<ul style="list-style-type: none"> - Die sehr punktuell genutzte Trocknungsanlage lässt vorahnen, dass die Investition in eine Wärmerückgewinnungsinfrastruktur (Luft-Wasser-Wärmetauscher) sich nicht rentieren würde.

Basierend auf den Betrachtungen in

Tabelle 5 zeigt die Nutzung der Kondensationswärme aus den Kälteanlagen die größten Vorteile aus ökologischer und ökonomischer Sicht. Im Folgenden erfolgt eine ausführliche Quantifizierung der Potenziale.



Abbildung 5: Bilder zu den Anlagenkomponenten

3.2.1.3 Häufigkeitsanalyse

Die Häufigkeitsanalyse wird auf Basis der Belegungspläne der beiden Klimawindkanäle in der Periode 2007-2011 durchgeführt, weil die Belegung der Klimawindkanäle immer einem Luftkonditionierungsbedarf entspricht und daher die Kälteanlagen immer während diesen Tagen betrieben werden. Die Auswertung der Belegungspläne auf Tagesbasis erfolgt basierend auf die folgenden Informationen und Annahmen:

- Während eines Belegungstages werden entweder ein Klimawindkanal oder beide Klimawindkanäle betrieben. Es wird daher im Folgenden nicht mehr zwischen dem Betrieb von einem oder von zwei Windkanälen unterschieden.
- Während einer Belegungsperiode wird immer der erste Tag als Vorbereitungstag für den Aufbau der Versuchsanlage sowie die Installation der Messinfrastruktur gerechnet. Während diesen Tagen werden die Kälteanlagen nicht in Betrieb genommen.
- Ein Belegungstag dauert 24 Stunden.

Anzahl von Betriebs- und Stillstandstage

Die Analyse der Anzahl von Betriebs- und Stillstandstage zeigt, dass die Jahren 2010 bzw. 2008 als worst-case bzw. best-case Jahren hinsichtlich der Energierückgewinnungsmöglichkeiten herangezogen werden können (siehe Abbildung 6). Aufgrund von

unvollständigen Daten für 2007 und 2011 werden diese beiden Jahre nicht berücksichtigt, obwohl im Jahr 2011 eine noch bessere Anlagenauslastung als im Jahr 2008 festzustellen ist.

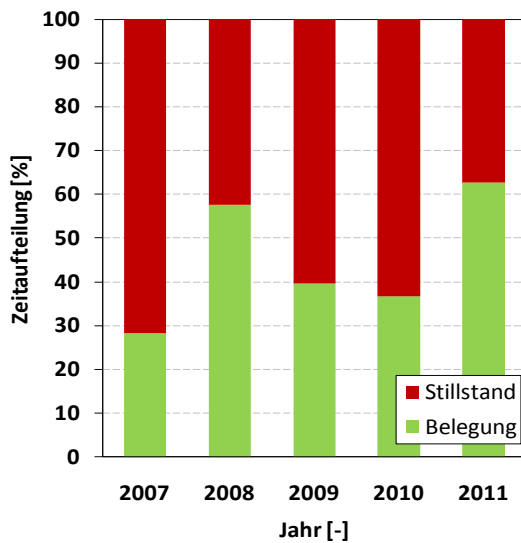


Abbildung 6: Jährliche Aufteilung der Stillstands- und Belegungszeiten (unvollständige Daten für 2007 und 2011)

Eine detaillierte Analyse der monatlichen Verteilung der Betriebszeiten (siehe Abbildung 7) zeigt eindeutig, dass die Belegung der Anlage nicht saisonal bedingt ist. Die einzige Ausnahme betrifft die Wartungspause in August, die jedoch die Abwärmenutzungsmöglichkeiten nicht einschränkt (kein Wärmebedarf in August).

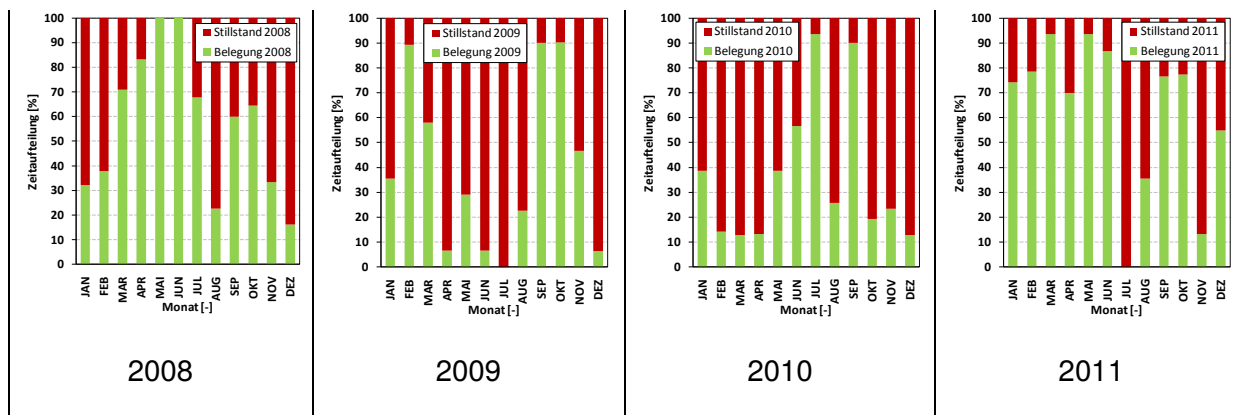
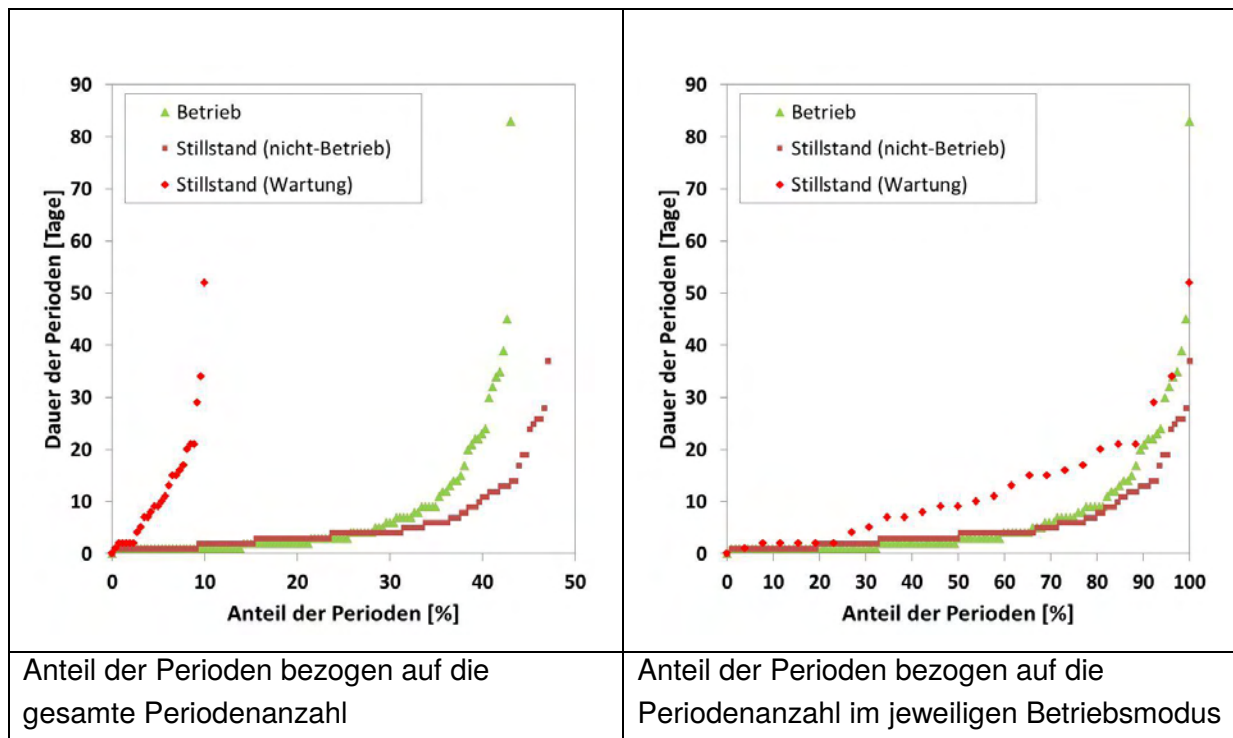


Abbildung 7: Monatliche Aufteilung der Stillstands- und Belegungszeiten (unvollständige Daten für 2011)

Dauer von Betriebs- und Stillstandsperioden

Neben der Analyse der Anzahl von Betriebs- und Stillstandstagen sind Angaben über die Dauer von Betriebs- und Stillstandsperioden relevant. Je länger die Stillstandsperioden, die in einem gegebenen Monat enden, desto unsicher ist die Wärmeverfügbarkeit in diesem Monat. Je kürzer die Betriebsperioden, die in einem gegebenem Monat enden, desto geringer sind die Möglichkeiten, in diesem Monat Energie zu speichern.



Anteil der Perioden bezogen auf die gesamte Periodenanzahl

Anteil der Perioden bezogen auf die Periodenanzahl im jeweiligen Betriebsmodus

Abbildung 8: Verteilung der Dauer der Betriebs- und Stillstandsperioden

In diesem Sinne zeigt Abbildung 8 (rechts), dass ca. 80% der Betriebs- und Stillstandsperioden weniger als 10 Tage dauern. Abbildung 8 bestätigt daher, dass das System im Allgemeinen eher für kurze bis mittlere Betriebs- und Stillstandsperioden ausgelegt sein soll, was den Bedarf an Mittelzeitspeicher bestätigt.

3.2.1.4 Temperaturniveaus

Die gemessenen Kältemitteltemperaturen am Austritt der drei Verdichter (siehe Abbildung 9) während der jährlichen Messperiode liegen immer über 45°C, wie auf Abbildung 10 ersichtlich. In 45% bis 50% der Betriebszeiten liegen die Temperaturen sogar über 60°C und reichen bis 80°C in einigen Stunden. Dies zeigt eine eindeutige direkte Abwärmenutzbarkeit zu Heizzwecken.

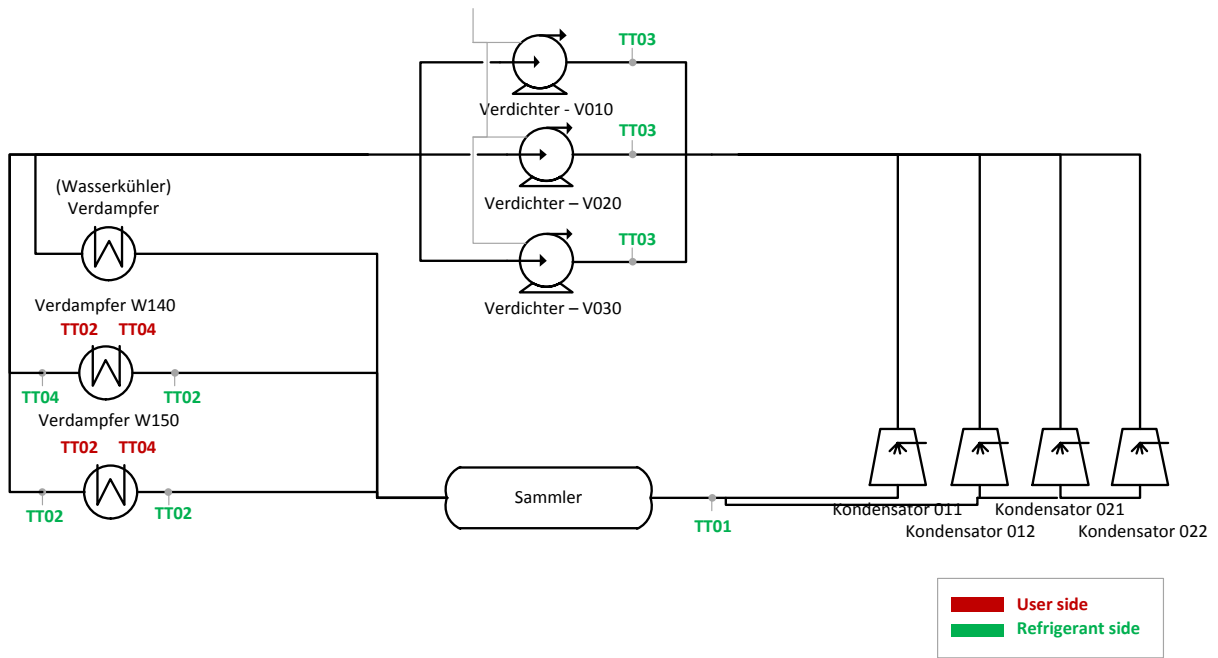


Abbildung 9: Schematische Darstellung des Kältemittelkreislaufs und der Positionierung der Temperaturfühler auf der Kältemittel- (grün) und Solesseite (rot)

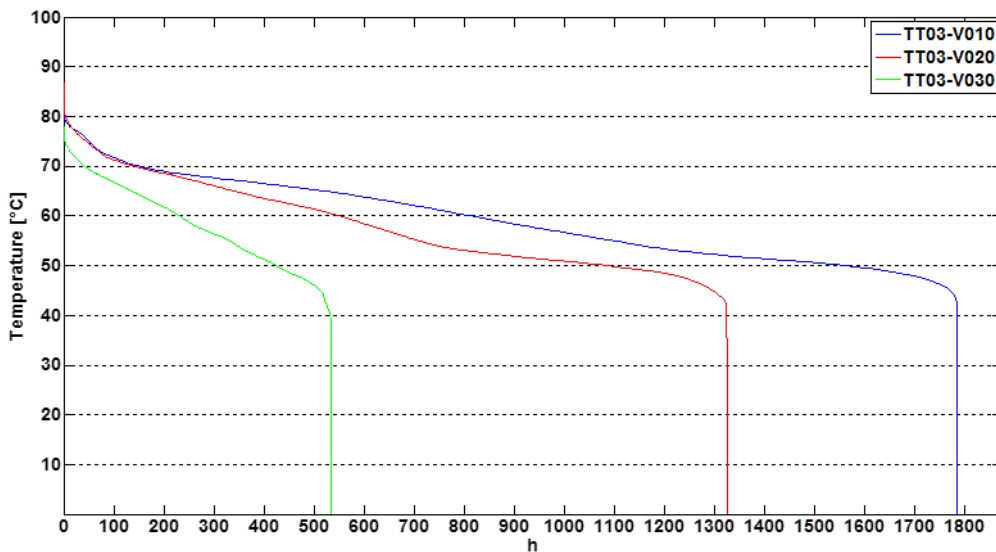


Abbildung 10: Sortierte Kältemitteltemperaturen am Austritt jedes Verdichters

3.2.1.5 Abwärmeleistung

Aus den Messdaten kann die Abwärmeleistung nicht direkt gerechnet werden, weil Volumenströme im Kältemittelkreislauf nicht gemessen werden. Zur Ermittlung der zeitlichen Entwicklung der Abwärmeleistung aus den Messdaten stehen jedoch zwei anderen Methoden zu Verfügung:

Methode 1: Basierend auf einer Berechnung der nominalen Abwärmeleistung (Kondensatorleistung, siehe Formel 1), kann der Teillastanteil über die Schieberposition bei den Schraubenverdichtern – die Schieberposition bestimmt die Kältemittelmenge, die tatsächlich

verdichtet wird, und ist daher ein Indikator des Teillastanteils – ermittelt werden. Dafür ist die Korrelation zwischen Schieberposition und Teillastanteil heranzuziehen (beispielhaft auf Abbildung 11 aus Herstellerangaben).

$$\dot{Q}_{kond} = \dot{Q}_{ver} + \dot{Q}_{kom} + \dot{Q}_{pum}$$

Formel 1

\dot{Q}_{kond}	Kondensatorleistung	7,5 MW – Nominalwert
\dot{Q}_{ver}	Verdampferleistung	2 x 1,5 + 1 x 0,5 MW – Nominalwert
\dot{Q}_{kom}	Verdichterleistung	3 x 1,3 MW – Nominalwert
\dot{Q}_{pum}	Pumpenleistung	Vernachlässigbar

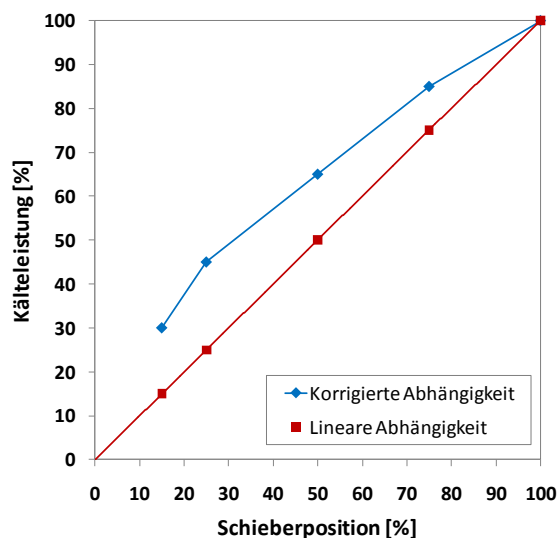


Abbildung 11: Abhängigkeit zwischen Kälteleistung und Schieberposition aus Unterlagen für kommerzielle Anlagen (Testo, Danfoss, Bitzer, Güntner, Leistungsregelung an Kälte- und Klimaanlage)

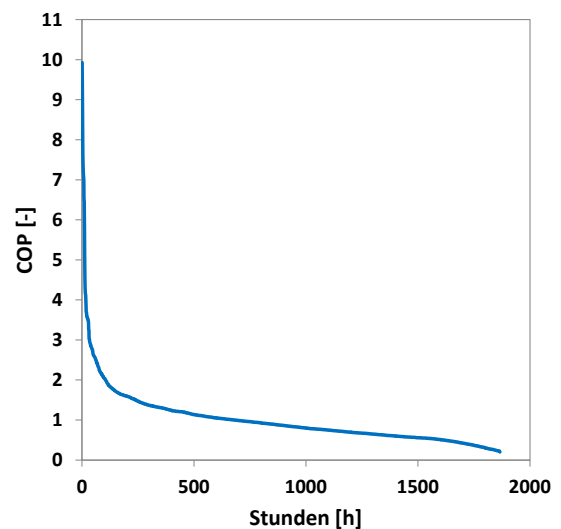


Abbildung 12: COP-Werte während der Messperiode

Das niedrige Verhältnis zwischen Verdampfer- und Verdichterleistung (Nominalwerte) entspricht den beobachteten COP-Werten während der Messperiode (siehe Abbildung 12: 0,9 als Mittelwert). Dieser kann anhand des soleseitigen Volumenstroms, der zusätzlich zwischen 27.05.2011 und 12.12.2011 aufgezeichnet wurde, ermittelt werden (die Verdampferleistung wird anhand der thermodynamischen Soleeigenschaften bei jedem Zeitschritt berechnet).

Die Jahresdauerlinie der Abwärmeverfügbarkeit (siehe Abbildung 13) zeigt eine „Grundlast“ von ca. 800 kW während ca. 3.200 Stunden. Während 1.200 Stunden steigt die

Abwärmeleistung bis zu den gerechneten 7,5 MW. In Abbildung 14 ist ersichtlich, dass die Verdichter V010 und V020 öfters herangezogen werden als Verdichter V030. Die mittlere Abwärmeleistung in den 3.200 Stunden beträgt 1.215 kW.

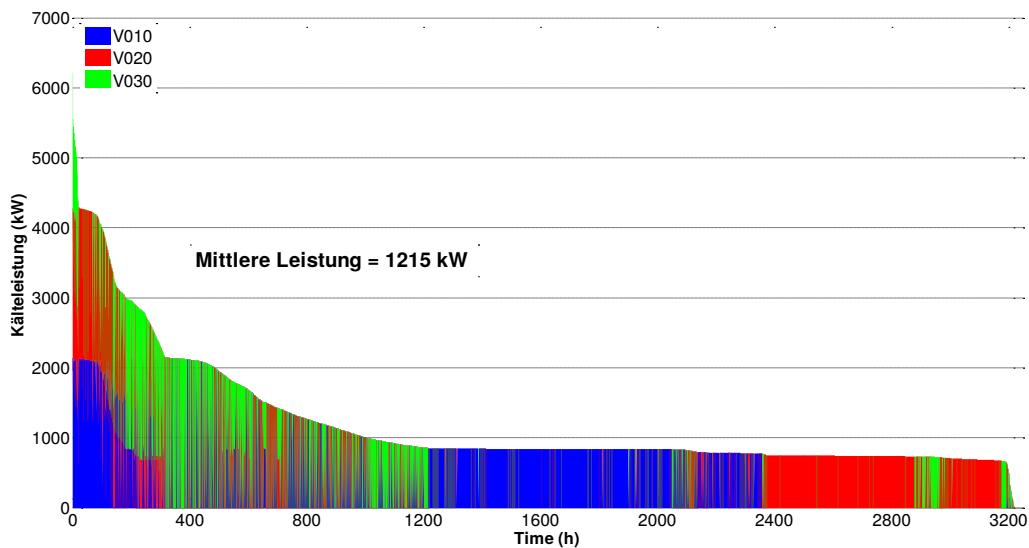


Abbildung 13: Gesamte Jahresdauerlinie der Abwärmeverfügbarkeit

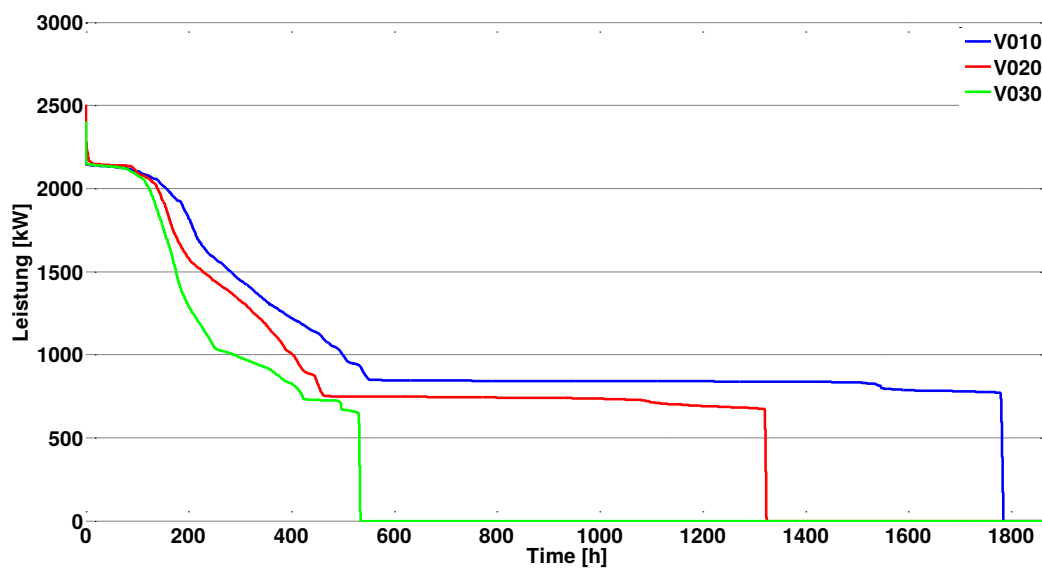


Abbildung 14: Jahresdauerlinie der Abwärmeverfügbarkeit je nach Verdichter

Methode 2: Hier kann über die Kenntnis des soleseitigen Volumenstroms, der zusätzlich zwischen 27.05.2011 und 12.12.2011 aufgezeichnet wurde, die Verdampferleistung anhand der thermodynamischen Soleeigenschaften bei jedem Zeitschritt ermittelt werden. Über die Anwendung von Formel 1. bei jedem Zeitschritt kann die Kondensatorleistung bestimmt werden.

Abbildung 15 zeigt die sich bei beiden Berechnungsmethoden ergebenden Jahresdauerlinien. Abgesehen davon, dass sich beide Methoden auf zwei unterschiedlichen Zeitperioden beziehen, ergeben sich trotzdem vergleichbare Wärmeleistungen (Werte über 1 MW).

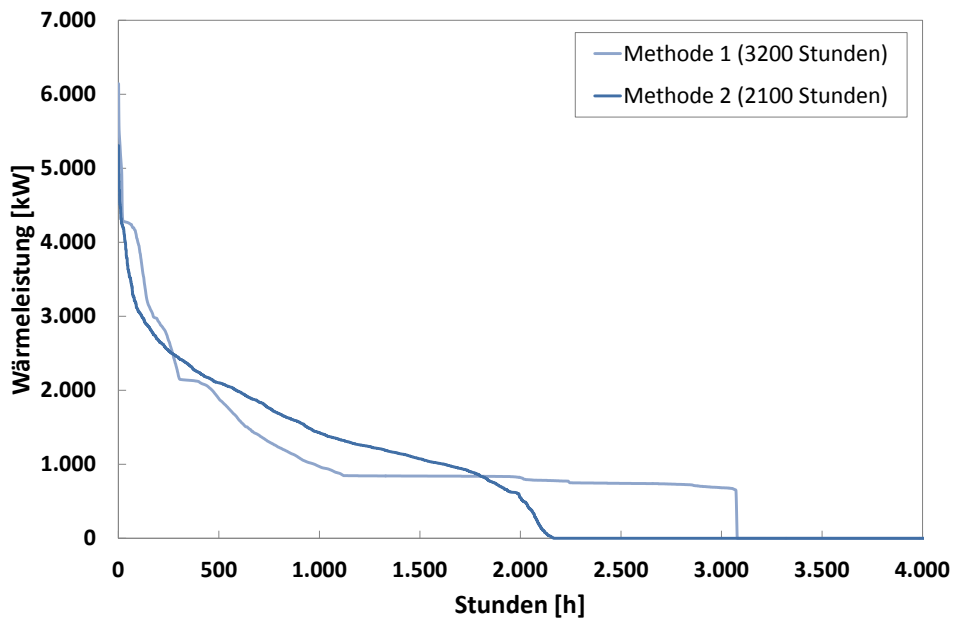


Abbildung 15: Gesamte Jahresdauerlinie der Abwärmeverfügbarkeit nach beiden Berechnungsmethoden

3.2.1.6 Abwärmemengen

Basierend auf der ermittelten Jahresdauerlinie und der monatlichen Anzahl von Betriebstagen im worst-case und im best-case werden die monatlich zur Verfügung stehenden Abwärmemengen berechnet (siehe Abbildung 16). Im worst-case bzw. im best-case stehen 3,3 bzw. 6,7 GWh/Jahr zur Verfügung.

Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Abwärmemengen nicht zu 100% nutzbar sind, weil im einzusetzenden Wärmetauscher die Kondensations- und Enthitzungsenthalpien auf unterschiedlichen Temperaturniveaus abgeführt werden. Der größte Anteil am Wärmeaustausch würde zwar bei konstantem Temperaturniveau erfolgen (Kondensationsenthalpie), die höchsten Temperaturniveaus sind jedoch bei der Enthitzung zu erreichen. Im Folgenden wird in erster Annäherung angenommen, dass die in Abbildung 16 angegebenen Abwärmemengen theoretisch zu 100% genutzt werden können. In einer zweiten Phase müsste jedoch der Pinch-Punkt berücksichtigt werden und die übertragbaren Enthalpien in einem Q-T Diagramm (in sog. Verbundkurven) dargestellt werden.

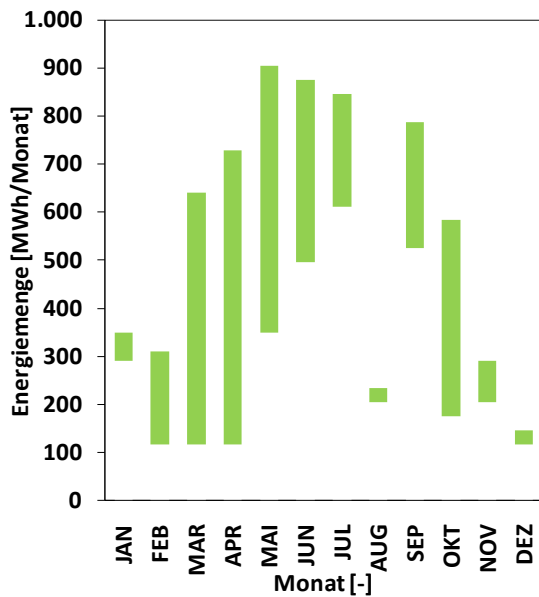


Abbildung 16: Monatlich zur Verfügung stehenden Abwärmemengen (worst-case – best-case)

Monatliche Wärmeenergiebilanz

Basierend auf Messdaten des Wärmeendenergiebedarfs (siehe Abbildung 17) der Gebäude TECHbase (Daten 2006) und ENERGYbase (Daten 2009-2010) sowie eine Hochrechnung des zukünftigen Wärmeenergiebedarfs des Gebäudes FUTUREbase aus den spezifischen Energieverbrauchswerten des Gebäudes ENERGYbase wird die monatliche Wärmeenergiebilanz aufgestellt (siehe Abbildung 18). Abbildung 18 zeigt deutlich, dass das Wärmeenergiepotenzial im worst-case den Wärmeenergiebedarf der Gebäude FUTUREbase und ENERGYbase theoretisch abdeckt. Daher ist keine saisonale Wärmespeicherung notwendig, sondern der Speicher muss zum Ausgleich von Tages- und Wochenschwankungen der Abwärmeverfügbarkeit ausgelegt werden (Mittelzeitspeicher).

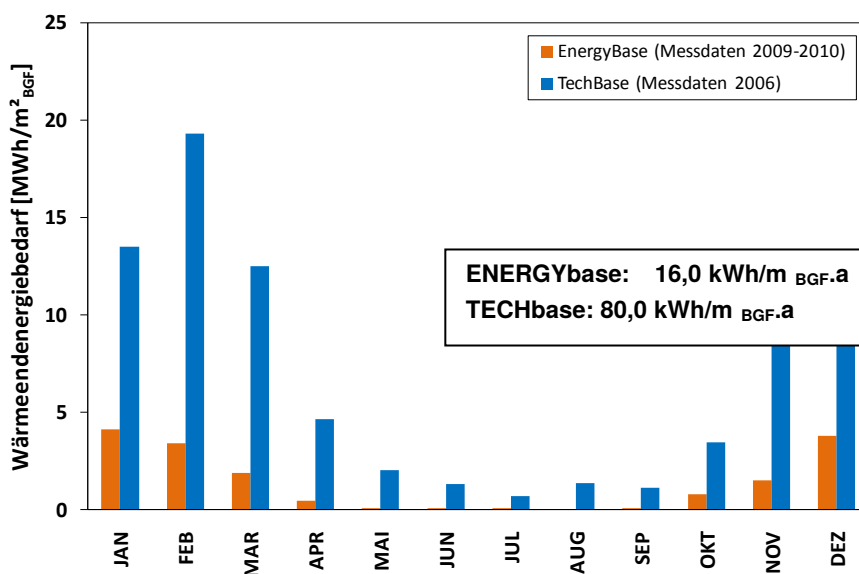


Abbildung 17: Spezifischer gemessener Wärmeendenergiebedarf

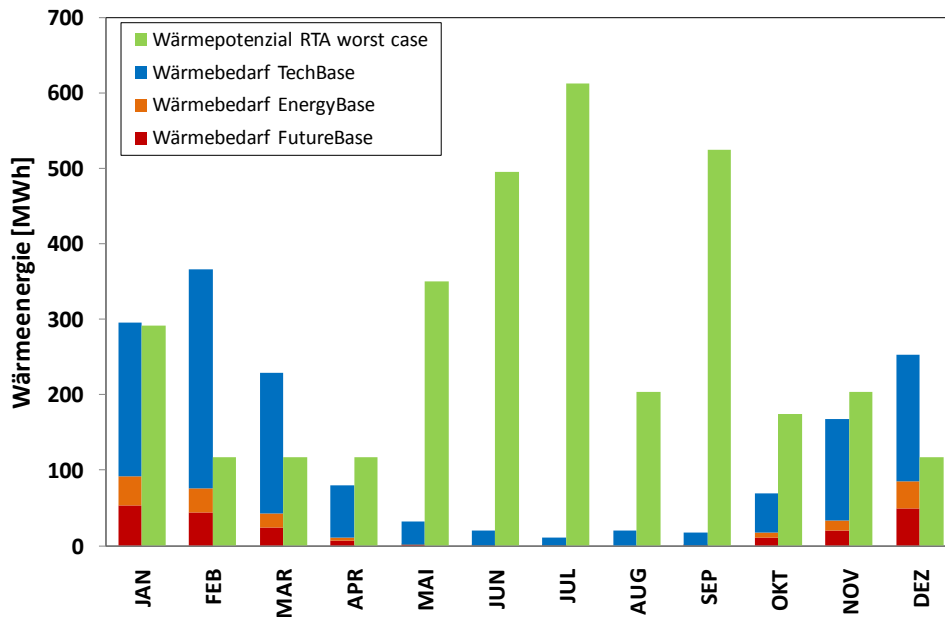


Abbildung 18: Monatliche Energiebilanz

Ermittlung der theoretisch notwendigen Speichergröße für das Gebäude FUTUREbase

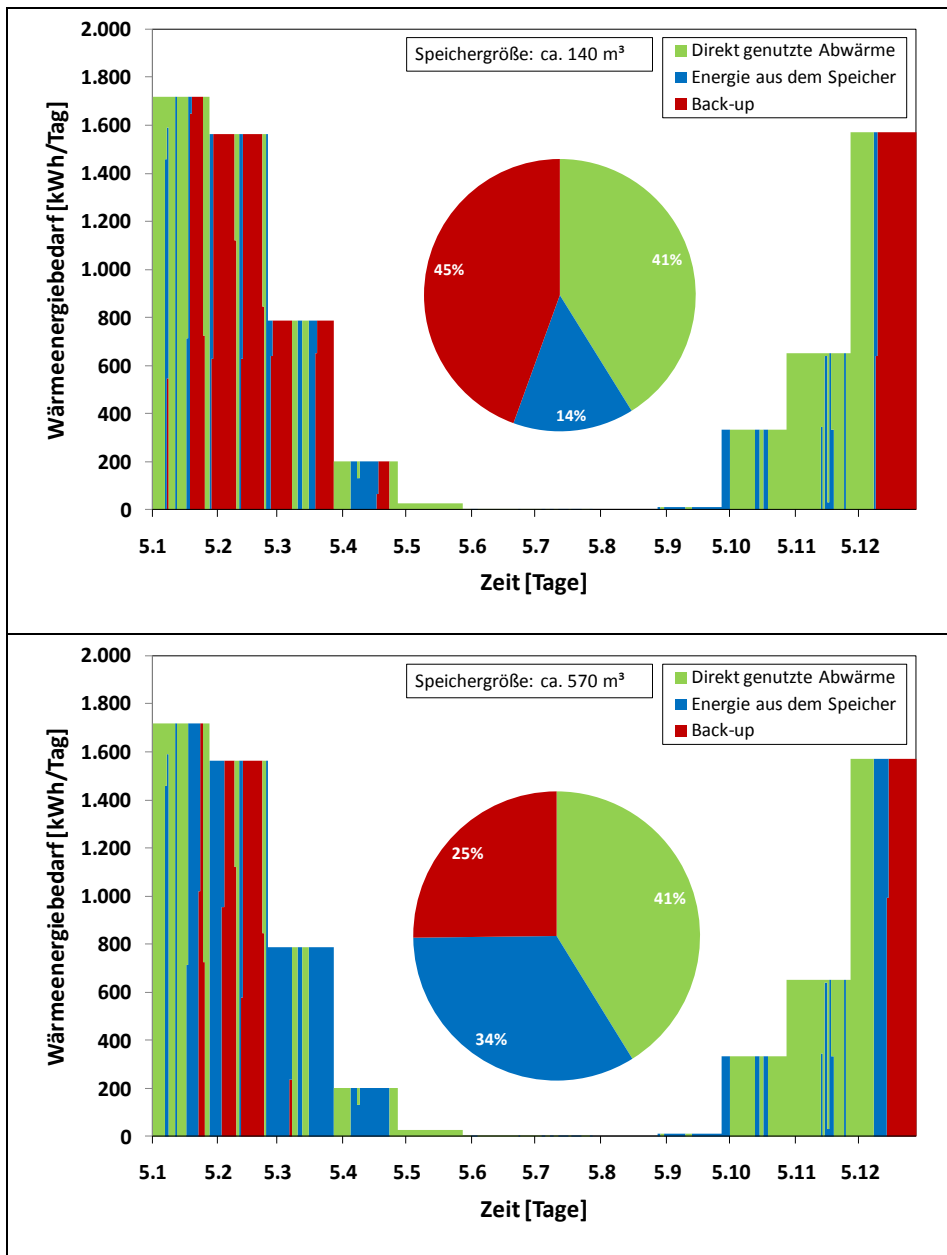
Ohne auf konstruktive Einschränkungen zu achten wird eine theoretisch notwendige Speichergröße für das Gebäude FUTUREbase ermittelt. Die Berechnung basiert auf den folgenden Annahmen:

- In erster Annäherung werden die Wärmeverluste nicht berücksichtigt (aufgrund der signifikanten Unterschiede zwischen Wärmepotenziale und Wärmebedarfswerte ist diese Annahme nachvollziehbar).
- Es wird eine Priorität für die direkte Abwärmenutzung gesetzt (der Speicherentladung gegenüber).
- Die Speichergröße (in m) wird aufgrund einer mittleren Temperaturspreizung von $60 - 45 = 15$ K gerechnet. Eine Berechnung mit einer kleineren Temperaturspreizung würde zu einer größeren Speichergröße führen.
- Abwärmeverfügbarkeit:
 - Die Messdaten 2010 – 2011 werden herangezogen. Die täglichen Gesamtmengen werden aufsummiert.
 - Die Nutzung der Messdaten führt zu einer jährlichen Gesamtwärmemenge von 3,9 GWh/a („worst case“: 3,3 GWh/a).
 - Die Abwärme fällt zu 100% auf einem nutzbaren Temperaturniveau.
 - Die anfallende Wärmeleistung kann ohne Einschränkung übertragen und gespeichert werden.
- Als vereinfachende Annahme werden tägliche Mittelwerte des monatlichen Wärmeenergiebedarfs angenommen, ohne Differenzierung zwischen Arbeits- und Wochenendtagen.

Die Berechnung erfolgt auf Tagesbasis für die in Tabelle 6 angegebenen Speichergrößen (die vorgeschlagenen Speicherhöhen bzw. -diameter dienen nur zur Vorstellung des notwendigen Platzbedarfs anhand von Beispielwerten).

Mit steigender Speichergröße reduziert sich der Bedarf an Back-up-Heizenergie: mit einem 140 m Speicher wird immer noch 45% des Wärmebedarfs des FUTUREbase Gebäudes über ein Back-up-Heizsystem abgedeckt, während mit einem 1.720 m-Speicher nur mehr 3% des Wärmebedarfs extern abgedeckt werden muss. Im letzten Fall würde die Speicherhöhe die Höhe des geplanten Gebäudes FUTUREbase (ca. 18 m) entsprechen.

Dabei wird auch die Abwärmenutzungsmöglichkeiten bei allen drei Bürogebäuden des Standortes (TECHbase, ENERGYbase und FUTUREbase) betrachtet.



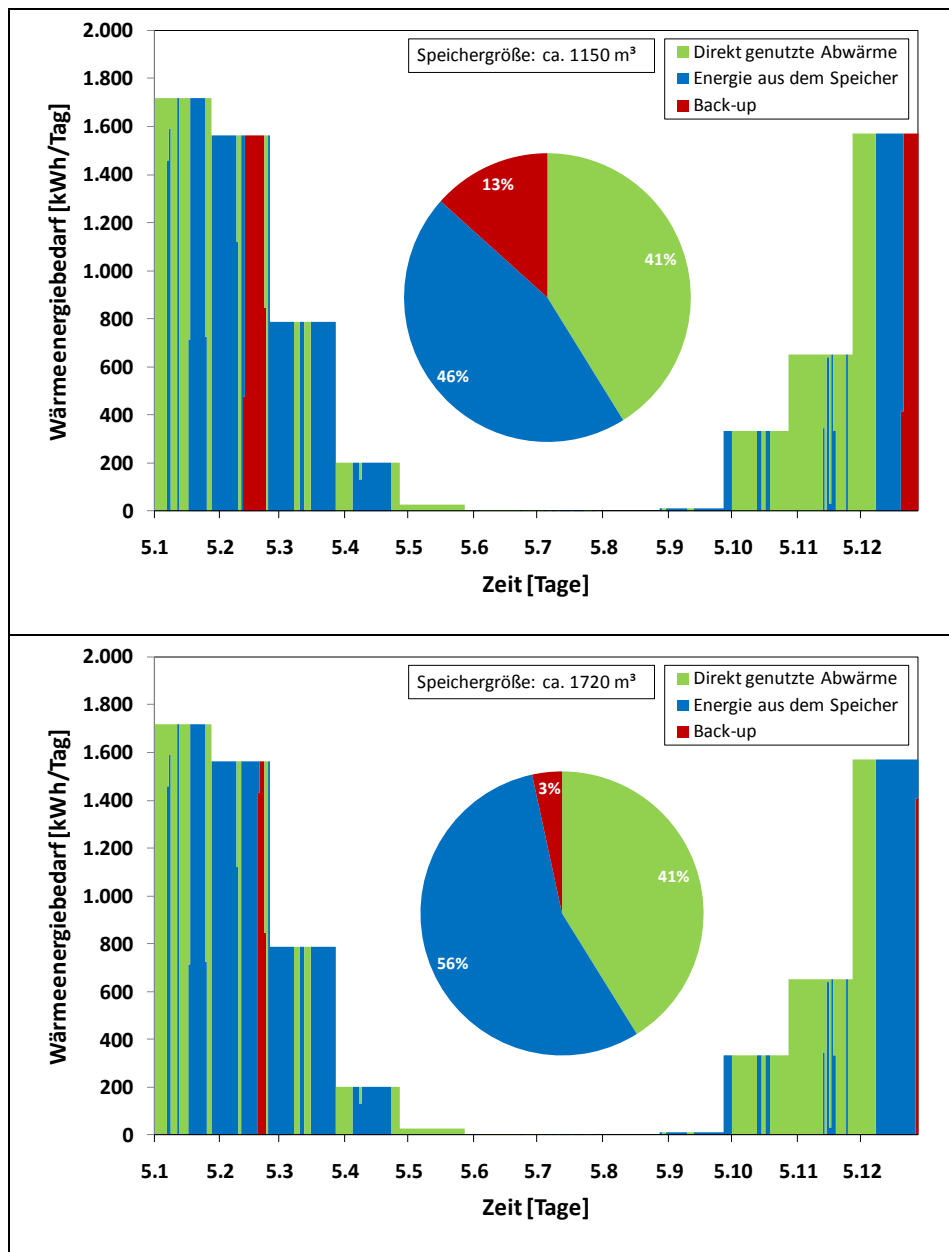


Abbildung 19: Wärmeenergiebedarfsabdeckung für verschiedene Speichergrößen

Diese erste grobe Berechnung dient nur zum Veranschaulichen der Auswirkungen verschiedener Speichergrößen auf die potenzielle Wärmebedarfsabdeckung durch die vorhandene Abwärme, ohne Berücksichtigung jeglicher konstruktiven und ökonomischen Einschränkung von der Wärmeübertragungsseite.

Tabelle 6: Speichergrößen

Speicherinhalt [kWh]	Speichervolumen [m]	Speicherhöhe [m]	Speicherdiameter [m]
2.500	140	6	5
5.000	290	7	7
10.000	570	18	8
20.000	1.150	18	9
30.000	1.720	18	11

Dieses Konzept wird einer LZK-Analyse (siehe Kapitel 3.5.5) unterzogen, wobei ein Mittelzeitspeicher von 1.100 m angesetzt wird. Die angenommenen Parameter für die LZK-Analyse sind in Tabelle 20 dargestellt, die Ergebnisse dazu in Kapitel 3.5.5. Dabei wird die Abwärmenutzungsmöglichkeiten bei allen drei Bürogebäuden des Standortes (TECHbase, ENERGYbase und FUTUREbase) betrachtet.

3.2.1.7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die durchgeführte Voranalyse bestätigt, dass das Abwärmenutzungskonzept über einen Mittelzeitspeicher für alle Gebäude des Standorts zu entwickeln ist. Zur optimalen Auslegung der notwendigen Wärmetauscher und Speicher soll in Zukunft:

- ein Optimierungsmodell aufgebaut und genutzt werden, das die Wärmetauschergröße und –positionierung im Kältekreislauf anhand der Verbundkurven und der Verbraucherprofile (Temperatur und Massenströme) optimiert. Dabei sollen die Investitionskosten für die Wärmetauscher und die Speicher berücksichtigt werden und die Stratifikation im Speicher in Abhängigkeit der eingespeisten Temperaturen und genutzten Wärmemengen abgebildet werden.
- weitere Rückkühlungsmöglichkeiten insbesondere durch Grundwassernutzung berücksichtigt werden.
- die durch die Abwärmenutzung bei der RTA erreichten Wasser- und Stromeinsparungen energetisch und kostenmäßig berücksichtigt werden.
- die mögliche Nutzung der Kältemaschinen bei der RTA als Wärmepumpen betrachtet werden. Außerhalb der Betriebszeiten der RTA könnten nämlich die Kältemaschinen als Wärmepumpen betrieben werden und dabei könnte die Kälte gespeichert werden.

In Tabelle 7 sind diese Aspekte sowie weitere organisatorische und technische Maßnahmen beschrieben, die für die Umsetzung des Abwärmenutzungskonzeptes der RTA in allen drei Gebäuden des Standortes durchzuführen sind.

Tabelle 7: Weiter Maßnahmen zur Umsetzung des Abwärmenutzungskonzeptes Klima-Windkanal der RTA

Art der Maßnahme	Kurzbeschreibung der Maßnahme
Auslegungsoptimierung	Optimierung der Wärmetauscher- und Speicherauslegung
	Überprüfung weiterer Rückkühlungsmöglichkeiten insbesondere durch Grundwassernutzung
	Untersuchung der möglichen Auswirkungen auf die Effizienzerhöhung bei der RTA (Modellierung und Simulation des Kälte- und Rückkühlkreislaufes)
	Berücksichtigung der Nutzung der Kältemaschinen als Wärmepumpen
Infrastruktur	Abwärmeauskopplung <ul style="list-style-type: none"> - Einbau von Wärmetauschern (genaue Übertragungsleistung zu definieren)
	Wärmetransport / Fernwärmeleitung <ul style="list-style-type: none"> - 2-Leiter, ausgelegt beispielsweise für 200 kW bzw. 500 kW (DN60 bzw. DN80 für 1,5 m/s, 15 K) - Erdverlegte Rohrleitungen: Straßenunterführung
	Speicher <ul style="list-style-type: none"> - Stahltankspeicher (herkömmlich) oder GFK-Speicher (Vorteile in der

	<ul style="list-style-type: none"> - Vorfertigung, geringer Gewicht, Korrosions-, UV- und Hitzebeständigkeit - Direkter Anschluss des Speichers - Speicherbeladung von oben, Entnahme von unten
	<p>Netzpumpe</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ca. 100 W (gerechnet mit 1,5 m/s, 200 m Vor- und Rücklaufleitung, 100 Pa/m Druckverlust)
	<p>Energiemonitoring</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fortsetzung der Monitoringtätigkeiten zur genaueren Potenzialabschätzung
Organisatorisch	<p>Geschäftsmodellbearbeitung</p> <p>Verschiedene Geschäftsmodelle sollen vorgeschlagen und hinsichtlich Vor- und Nachteile bewertet werden, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contractingmodell (ein Contractor investiert in die Energieinfrastruktur (mit/ohne Speicher) und finanziert sich über den Energieverkauf und die Energieeinsparung bei der RTA) - Alle Investitionen werden von dem Bauträger getragen. Die Abwärme wird kostenlos genutzt. Von der Energieeinsparung profitiert die RTA direkt. - Eine eigene Gesellschaft (ESCO) wird für die Abwärmenutzung gegründet. RTA und Bauträger sind Miteigentümer, tragen beide die Investitionskosten und profitieren beide von den Einsparungen.
	<p>Vertragsbearbeitung und Abkommen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einigung zwischen Bauträger und RTA um ein Geschäftsmodell - Falls das Contractingmodell ausgewählt wird: Ausschreibungsprozess (Definition von Ausschreibungskriterien usw.) - Vertragsvorbereitung und Verhandlungen - Vertragsabschluss
	<p>Detaillierte Anlagenplanung, basierend auf die Erkenntnisse der Auslegungsoptimierung</p>

3.2.2 Bodenanalysen

Bodengebundene Kühlsysteme sind in unseren Breiten vor allem in Form von erdgekoppelten Wärmepumpenanlagen, die im bivalenten Betrieb zum Heizen und Kühlen verwendet werden, bekannt. Zu diesen Systemen gehören bekannte Technologien wie Luft-Erd-Register und Erdwärmesonden (Zimmermann, 2003; Schweizer Vereinigung für Geothermie, 2005). Erdberührte Bauteile wie Energiepfähle und Energiebodenplatten werden seit einigen Jahren beim Neubau von modernen energieeffizienten Bürogebäuden eingesetzt, wobei die Flächen der Gründungsbauteile als wärmeübertragende Fläche genutzt wird. Sie werden in ein ohnehin statisch vorzusehendes Gründungsbauwerk integriert und sind dadurch äußerst kostensparend. Die Absorberleitungen werden unmittelbar in die Fundierungselemente verlegt, zusätzliche Einbauten im Erdreich sind nicht erforderlich (Adam, 2010; TU Braunschweig, 2010).

Die Entwicklung von Konzepten für die geothermische Nutzung für ein Gebäude und die Auslegung der Anlagen muss jeweils an die geologischen Verhältnisse am Standort, die Baukonstruktion und den Wärme- und Kältebedarf des Gebäudes angepasst werden. Daher ist bei der Planung für einen Neubau, indem die Nutzung des Untergrunds als Wärme- und/oder Kältequelle bzw. als saisonaler Speicher angedacht wird, ein integraler Planungsprozess zwischen Architekten, Statikern, Gebäudetechnikplanern und Geologen notwendig (Mangold & Schmidt, 2006).

Bei der energetischen Bewirtschaftung des Erdreichs für ein Bauwerk müssen folgende Parameter berücksichtigt werden (TU Braunschweig, 2010; Sasse, Schnürer, & Fisch, 2006)

- **Gebäudeparameter:** Energiekonzeption des Bauwerks; Wärme- und Kältebedarf; generelle Machbarkeit für geothermische Systeme (Erdwärmesonden, Energiefundierungen)
- **Bodenphysikalische (thermische) Parameter:** Aufbau des Untergrunds (Schichtung, Schichtmächtigkeit, Gesteinstyp, Bodenart); Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität der einzelnen Schichten
- **Hydrogeologische Parameter:** Tiefe und Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels; Grundwasserstockwerke; Grundwasserströmungsrichtung und Fließgeschwindigkeit; Durchlässigkeitsbeiwerte; Wassersättigung des Bodens

Grundsätzlich können zwei Möglichkeiten zur geothermischen Energiebewirtschaftung unterschieden werden:

- Einfache geothermische Energieentnahme bzw. -zufuhr;
- Saisonaler Betrieb mit Wärme- und Kältespeicherung.

Am Standort des FUTUREbase sind auf Grund der Gegebenheiten vor Ort sowohl die Wärme- und Kälteversorgung als auch die Möglichkeiten der Speicherung interessant. In einem ersten Schritt sollte vor allem die Möglichkeit, den Kühlenergiebedarf des Gebäudes mittels Geothermie zu decken, abgeschätzt werden.

3.2.2.1 Berechnung des Deckungsgrades des Kühlenergiebedarfs mit Geothermie

Vom Bau des ENERGYbase steht ein geotechnisches Gutachten zur Verfügung, das als Grundlage einer Grobabschätzung und erste Berechnungen des geothermischen Potenzials des Untergrunds herangezogen werden kann. Vor allem der sedimentologische Aufbau des Untergrunds und die Daten über den Grundwasserkörper am Standort sind dafür essenziell. Aus den sedimentologischen Daten kann man eine mittlere Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds ableiten. Laut geotechnischem Gutachten ist der Untergrund hauptsächlich aus Schichten mit schluffiger bis feinsandiger bzw. feinkiesiger Textur aufgebaut (VDI 4640, 2001). Für eine Grobabschätzung des Deckungsgrades des Kühlenergiebedarfs des FUTUREbase mittels Geothermie wurden die simulierten Kühlenergiebedarfswerte herangezogen (siehe Kapitel 3.4.1.2.). Aufbauend auf diesen Informationen konnte eine erste Abschätzung des geothermischen Potenzials am Standort errechnet werden.

Neben dem geotechnischen Gutachten gibt es auch ein hydrogeologisches Gutachten für den Standort des ENERGYbase. Von Seiten des Liegenschaftseigentümers war allerdings gewünscht, in einem ersten Schritt geothermische Konzepte ohne Grundwassernutzung zu entwickeln. Darum wurde bei der Berechnung des Entzugspotenzials des Untergrunds der Einfluss des Grundwassers am Standort vorerst nicht berücksichtigt. Bei weiteren und

vertieften Betrachtungen – vor allem in Bezug auf Speicherfähigkeit von Wärme und Kälte im Untergrund – muss auch die hydrogeologische Situation am Standort in die Berechnungen mit einfließen.

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der ersten Berechnungen zusammengefasst.

Folgende Annahmen dienen als Grundlage für die Berechnungen, wobei die Berechnungen mit konservativen Schätzungen für die Entzugspotenziale gerechnet wurden:

- Hauptbodenart am Standort: Schluff bis Feinsand und Feinkies – Rechenwert für Entzugspotenzial laut VDI 4640: **30 W/m**
- Kühlenergiebedarf laut ersten Berechnungen: **92,3 MWh in 10 Monaten**
- Grundfläche des Gebäudes: **2641 m**
- Entzugsleistung Energiepfahl 30 – 50 cm Ø (Adam, 2010): 40 – 60 W/m → Rechenwert **40 W/m**
- Entzugsleistung Energieschlitzwand (Adam, 2010): **30 W/m**
- Entzugsleistung Energiebodenplatte (Adam, 2010): 15 – 30 W/m → Rechenwert **20 W/m**

Die Ergebnisse zeigen, dass der Kühlenergiebedarf des Gebäudes relativ einfach mit Erdwärmesonden, thermisch aktivierten Bauteilen bzw. Energiefundierungen abgedeckt werden kann. Bei **Erdwärmesonden** könnten also 4 (mittlere Leistung) oder 8 (Spitzenleistung) Sonden mit ca. 103,5 m den Kühlenergiebedarf abdecken. **Energiepfähle** weisen typischerweise Längen von 10 – 30 m auf. Bei z.B. 20 m langen Pfählen könnte man also mit 16 bzw. 42 Pfählen den Kühlenergiebedarf decken. Diese Anzahl an Pfählen ist allerdings v.a. im Fall zur Abdeckung der Spitzenleistung unrealistisch, weshalb eine Kombination von Energiepfählen mit anderen Systemen (z.B. Energieschlitzwände, Energiebodenplatte) denkbar ist. Wenn für die Errichtung des Gebäudes Pfahlstrukturen geplant sind, sollte man diese aber auf jeden Fall thermisch aktivieren, da keine großen Mehrkosten entstehen. **Energieschlitzwände** können mit 827 m und 1.129 m den Kühlenergiebedarf abdecken, das wären bei 20 m tiefen Schlitzwänden ca. 41 m bzw. 56 m Länge bedeuten würde. Die thermische Aktivierung der **Bodenplatte** könnte mit 827 bzw. 2.258 m den Kühlenergiebedarf des Gebäudes decken. Da die Grundfläche des Gebäudes 2.641 m beträgt kann im Fall der mittleren Leistung auf jeden Fall und bei Spitzenleistung, wenn die gesamte Bodenplatte thermisch aktiviert werden kann, der Kühlenergiebedarf abgedeckt werden.

Tabelle 8: Berechnung des Entzugspotenzials des Untergrunds am Standort FUTUREbase

Mittlere Leistung	Kühlenergiebedarf (10 Monate)	92 MWh
	Bruttoarbeitszeit (10 Monate)	7440 h
	Mittlere Leistung bei Dauerbetrieb	12405,91 W
	Benötigte Sondenlänge bei Dauerbetrieb	414 m
	Benötigte Länge Energiepfahl	310,15 m
	Benötigte Fläche Energieschlitzwand	414 m
	Benötigte Fläche Energiebodenplatte	827 m
Spitzenleistung	Kühlenergiebedarf Juli	25,2 MWh
	Bruttoarbeitszeit Juli	744 h
	Leistung bei Dauerbetrieb	33871 W
	Benötigte Sondenlänge bei Dauerbetrieb	827 m
	Benötigte Länge Energiepfahl	847 m
	Benötigte Fläche Energieschlitzwand	1129 m
	Benötigte Fläche Energiebodenplatte	2258 m

3.2.2.2 Fazit

Für die Ausarbeitung eines Konzeptes für die geothermische Energiebewirtschaftung am Standort sollten idealerweise neue Untersuchungen über die geotechnischen und hydrogeologischen Verhältnisse inklusive Monitoring des Bodenfeuchtegehaltes durchgeführt werden, um die tatsächlichen Entzugspotenziale berechnen zu können. Zusätzlich wäre die Durchführung eines Thermal Response Tests zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds ratsam.

Für die Erarbeitung eines geothermischen Gesamtkonzeptes (Wärme-, Kältebereitstellung, saisonale Speicherung) ist neben einer geotechnischen/hydrogeologischen Bewertung des Standortes die enge Zusammenarbeit mit den Architekten und Energieplanern des Gebäudes bezüglich Machbarkeit von verschiedenen Systemen notwendig.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Standort des FUTUREbase hervorragend für die geothermische Energiebewirtschaftung inklusive Speicherung geeignet ist. Die Geothermie kann damit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Plusenergieziele leisten.

3.3 Nachhaltiges Gebäudekonzept

3.3.1 Ziele

Energie: **Plusenergiegebäude**: produziert auf der Hülle mehr als für Funktionsgewährleistung, Hilfsströme (Aufzug, Brandmeldeeinrichtungen, Fluchtwegsbeleuchtung, etc.) und Nutzerenergie (PCs, Teeküchen, etc.) erforderlich ist.

Materialkonzept: Nawaros: nachwachsende Rohstoffe, Untersuchung recycelbarer Konstruktionen, Anteil an Sekundärrohstoffen.

low tec Gebäude: möglichst natürliche Lüftung entweder ganzjährig oder in den Übergangszeiten (**atmende Fassade**), **Befeuchtung durch Pflanzen im Winter**, Weiterentwicklung von ENERGYbase: Keine Einbindung ins Lüftungssystem mehr aber intelligente Anordnung an der Fassade mit Zugehörigkeit zum Innenraum im Winter und Zugehörigkeit zum Außenraum im Sommer.

Gebäude- und Hofbegrünung zur sommerlichen Beschattung und Kühlung

Qualität für den Nutzer im Innen und Außenraum: Belichtung, Freiflächen, Treffpunkte

3.3.2 Architekturbriefing

3.3.2.1 Allgemeines

Das neue Gebäude soll ein Bindeglied zwischen ENERGYbase und TECHbase darstellen. Die 3 Gebäude sollen in Zukunft von den Mitarbeitern als ein Komplex wahrgenommen werden. An TECHbase kann angebaut werden. Von ENERGYbase und TECHbase aus gesehen soll ein attraktiver Raum entstehen, es soll gegenüber ENERGYbase keine geschlossene durchgehende Front gebildet werden.

Das Areal soll offen bleiben, die Eingänge werden nur abends versperrt. Es soll einen Haupteingang mit Foyer geben, Platz für einen Empfang oder Theke mit Büro. Ein Anbauen an das Gebäude TECHbase ist grundsätzlich möglich.

Für die Nutzer aller drei Gebäude sollen im Rahmen von FUTUREbase attraktive Außenbereiche und zusätzliche gastronomische Infrastruktur geschaffen werden.

3.3.2.2 Zu erzielende Nutzfläche

11.500 – 12.000 m vermietbare Nutzfläche,

d.h. 15.500 - 16.000 m BGF oberirdisch ohne Tiefgarage, zusätzlich Tiefgarage mit Anbindung an bestehende Tiefgarage von TECHbase

3.3.2.3 Umzusetzendes Raumprogramm

Erdgeschoß: Gewerbeflächen mit 4 m Raumhöhe netto, ca. 3.500 bis 4.000 m BGF, in Einheiten von 200-600 m teilbar, Belichtung von Seite und/oder oben lt. Arbeitnehmervorschriften. Zu lange und schmale Einheiten sind nicht gewünscht. Ideal ist für die Fläche einer Mieteinheit ein Seitenverhältnis von 1: 1,5 bis 1: 2.

Zu jeder Einheit muss man anliefern können mit 3,5 t LKW, Rolll Tore sind nur u.U. erforderlich, jedenfalls aber ein 2-flügeliges Tor mit min. 2m/2m. Eine Anlieferung auf der Südseite wird bevorzugt.

Obergeschosse: Büroflächen, ca. 200 bis 300 m je Einheit, sollen alle zusammenlegbar sein. Belegung der Büroflächen mit 15 m/Person. Staffelgeschosse mit Terrassen sind möglich, es muss jedoch eine sinnvolle Grundrisskonfiguration gegeben sein. Es soll attraktive Außenbereiche geben, z.B. Balkone. Nutzung von Pflanzen in den Büros ist gewünscht, allerdings einfacher als bei ENERGYbase.

An der Straße: Café-Restaurant, 150-200 m als Snack /Café/Stehbar, anderen Charakter als „Mensa“ im TECHbase.

Ein Teil der Gewerbefläche eventuell als Fitnessstudio, sinnvolle Größe: 2 Einheiten mit 400 m also in der Summe 800 m.

Das Gebäude soll in 2 Etappen errichtbar sein.

3.3.3 Planungsgrundlagen

Industriegebiet, Gebäudehöhe = Verschnitt Dachfläche mit Fassade: max. 21 m, ansonsten gelten die einschlägigen Paragraphen der Bauordnung für Wien, Umriss des Daches unter 45 ° bis max. 7,5 m über Gebäudehöhe, mögliche Giebelflächen 100 m, bei Bauteilen die mehr als 15 m von der Straße entfernt liegen, dürfen die Gebäudefronten in der Höhe bis zu einer Über- und Unterschreitung von 3 m gemittelt werden.

Wenn die Summe der Dachflächen und der versiegelten Bodenflächen 40% der Bauplatzgrößen überschreitet, sind die Dächer mit einer Dachneigung von maximal 10° zu begrünen.

Ost- und Westseite: Es gelten die Bau- bzw. Baufluchtlinien lt. Plandokument als max. Ausdehnung für Bebaubarkeit.

Nord- und Südseite: Da es keine Einschränkungen bzgl. Bauweise gibt, kann auch hier an den bestehenden Nachbargrenzen direkt angebaut werden. In diesem Fall gelten aber die Bestimmungen für die Ausführung als Feuermauern. Für Fenster ohne Brandschutzqualifikation müssen 2 m Abstand von der Grundgrenze eingehalten werden, für eine lokale Überschreitung der Höhe 3 m.

Bezüglich der Brandschutzbestimmungen siehe Kapitel 3.5.1.1.

Fluchtwege: Es gelten die üblichen Bestimmungen mit 40 m, und maximaler Länge des Brandabschnittes mit 60 m. Bezüglich der vertikalen Erschließung ist eine lichte Mindestbreite von 1,2 m vorschrieben (beiderseits zusätzlich Handlauf) plus 60 cm für bis zu jeweils 60 weitere Personen, 3 Geschosse müssen gleichzeitig berücksichtigt werden. Im Detail gelten die entsprechenden OIB Richtlinien.

Die erforderlichen Stellplätze sind nach Garagengesetz zu berechnen (je 80 m Aufenthaltsraum ein Stellplatz).

Weiters sind die Bestimmungen für Arbeitnehmer aus den einschlägigen Gesetzen und Verordnungen einzuhalten, dies betrifft im Besonderen die Belichtung der Gewerbeflächen (10% der Bodenfläche bei ortsgebundenen Arbeitsplätzen) und die erforderliche horizontale Sichtverbindung ins Freie bei ortsgebundenen Arbeitsplätzen (5%).

3.3.4 Entwurfsparameter des städtebaulichen Entwurfes

3.3.4.1 Ursprünglicher Bebauungsvorschlag Duniecki, Maurer: Stringenz

Der Bauplatz liegt zwischen ENERGYbase und TECHbase an der Giefinggasse im 21. Wiener Gemeindebezirk. Der ursprüngliche Bebauungsvorschlag für die Gesamtliegenschaft sah ein Kammsystem vor. Eine geschlossene Bebauung an der Giefinggasse und daran mit Stiegenhausbauteilen angehängt 4 Büroriegel. Einer davon, der von TECHbase wurde ausgeführt, der 4. wurde in Form von ENERGYbase realisiert. Für den Bauplatz von FUTUREbase wären also ursprünglich ebenfalls 2 südorientierte Zeilen mit Mindestabstand hinsichtlich der Belichtung vorgesehen gewesen. Dieses Konzept, seine Freiflächen und seine Tageslichtversorgung für die Büros entsprechen nicht mehr zeitgemäßem Planungsstandard.

3.3.4.2 Neue Aufgabe: Ensemble, Ausblick, Licht

Die Aufgabe lag nun vielmehr darin, einerseits den Rumpfbaukörper von TECHbase an der Giefinggasse weiterzuführen, andererseits im Inneren des Baublockes ein Ensemble zu schaffen, und darüber hinaus die Mitte in einer Weise freizuhalten, dass die 3 Gebäude als zusammen hängende Einheit erlebbar werden, mit ausreichend Belichtung und Ausblick für möglichst alle Büros aller Bauteile.

3.3.4.3 Freiflächen

Auch ein Freiflächenangebot ist derzeit so gut wie nicht vorhanden. Im Inneren des Baublockes FUTUREbase sollten also in Zukunft vielfältige, auch im Winter und der Übergangszeit besonnte Freiflächen für alle 3 Gebäude zur Verfügung stehen.

3.3.4.4 Solarpotenzial

Aus vorangegangenen Studien (Bomatter, et al., 2010) ist die Wichtigkeit der Dachfläche für die PV Nutzung klar hervorgegangen. Zusätzlich ist durch die große Höhe des Nordteiles

von TECHbase eine starke Verschattung einer potentiellen neuen Südfassade an der Südlichen Grundgrenze gegeben, mit Ausnahme des östlichsten Teils.

Eine große Dachfläche war also ein Ziel.

Andererseits bedingt die Energiefassade von ENERGYbase eine Beschränkung der Gebäudehöhe an der Nordgrenze des Ensembles. auf ca. 3-4 Geschosse.

3.3.5 Städtebauliche Studien



Abbildung 20: Bauplatz zwischen TECHbase (unten) und ENERGYbase (oben)

Ausgehend von den örtlichen Gegebenheiten (siehe Abbildung 20) wurden zahlreiche Städtebauliche Modelle geprüft, von denen nur einige hier wiedergegeben werden können. Modell Nr. 13 zeigt einen geschlossenen Körper mit maximaler Dachflächen, geringer Gesamthöhe (siehe Abbildung 21).

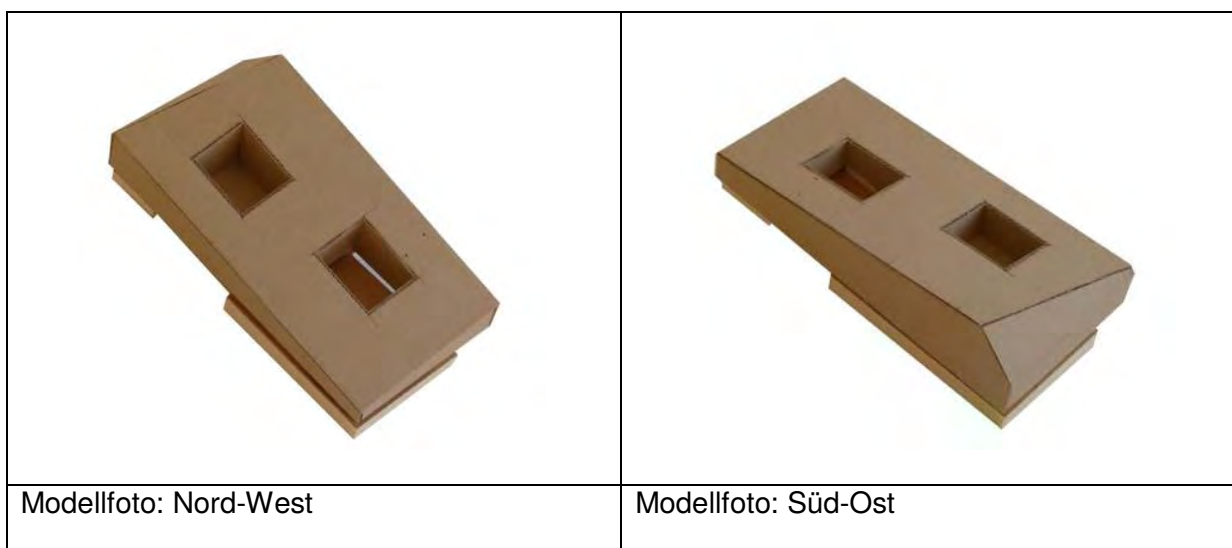


Abbildung 21: Modell Nr. 13

Modell Nr. 4 zeigt eine Variante mit Weiterführung der (höheren) Zeilenbebauung an der Giefinggasse und hofartigem, niedrigem Block im hinteren Grundstücksteil (siehe Abbildung 22).

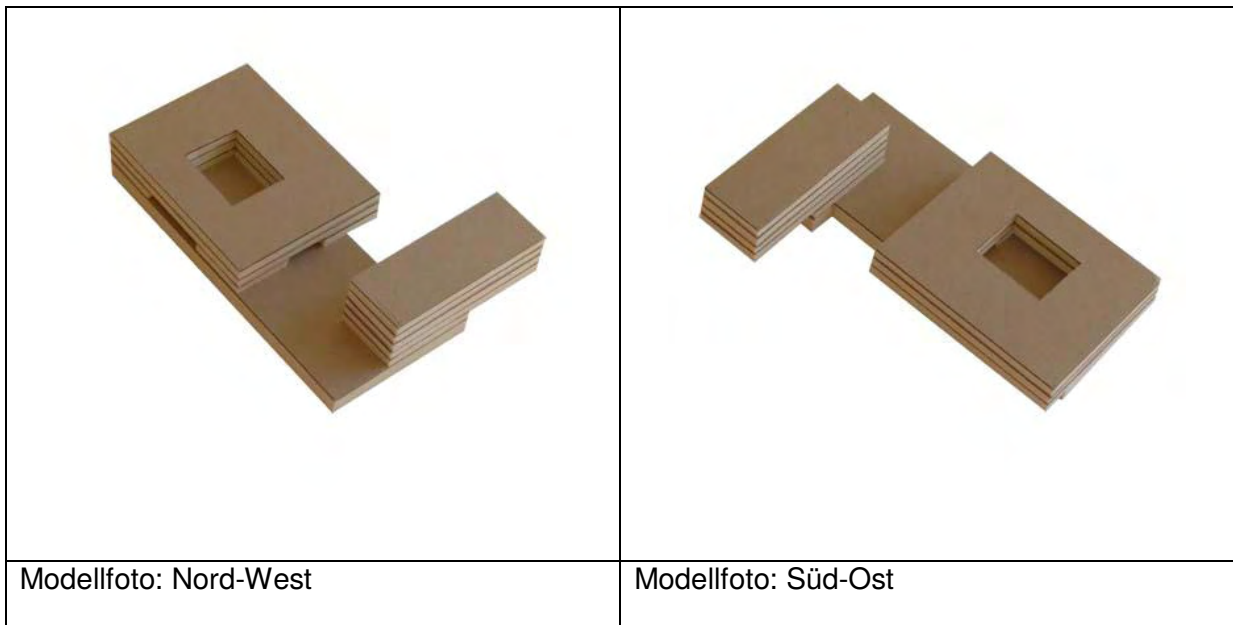


Abbildung 22: Modell Nr. 4

Modell Nr. 2 zeigt davon eine aufgelockerte Variante (siehe Abbildung 23).

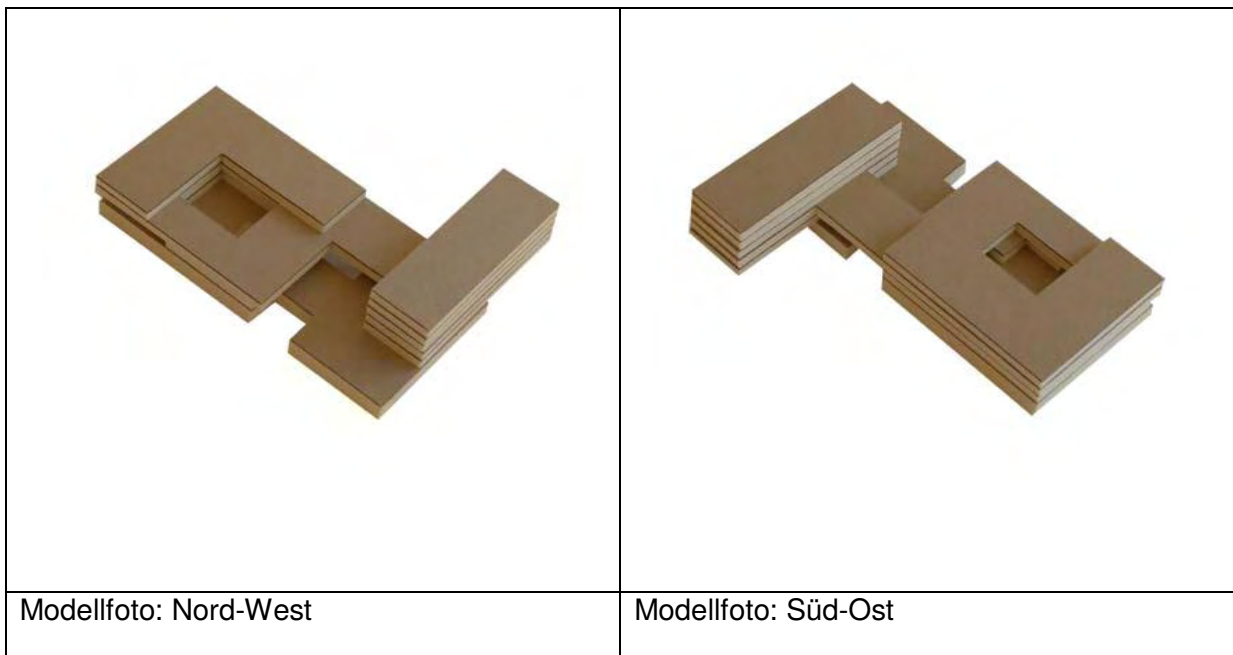


Abbildung 23: Modell Nr. 2

Modell Nr. 9 zeigt eine nach Süden abgetreppte Bebauung mit Terrassen, die allerdings gegenüber ENERGYbase zu hoch und zu geschlossen ist (siehe Abbildung 24).

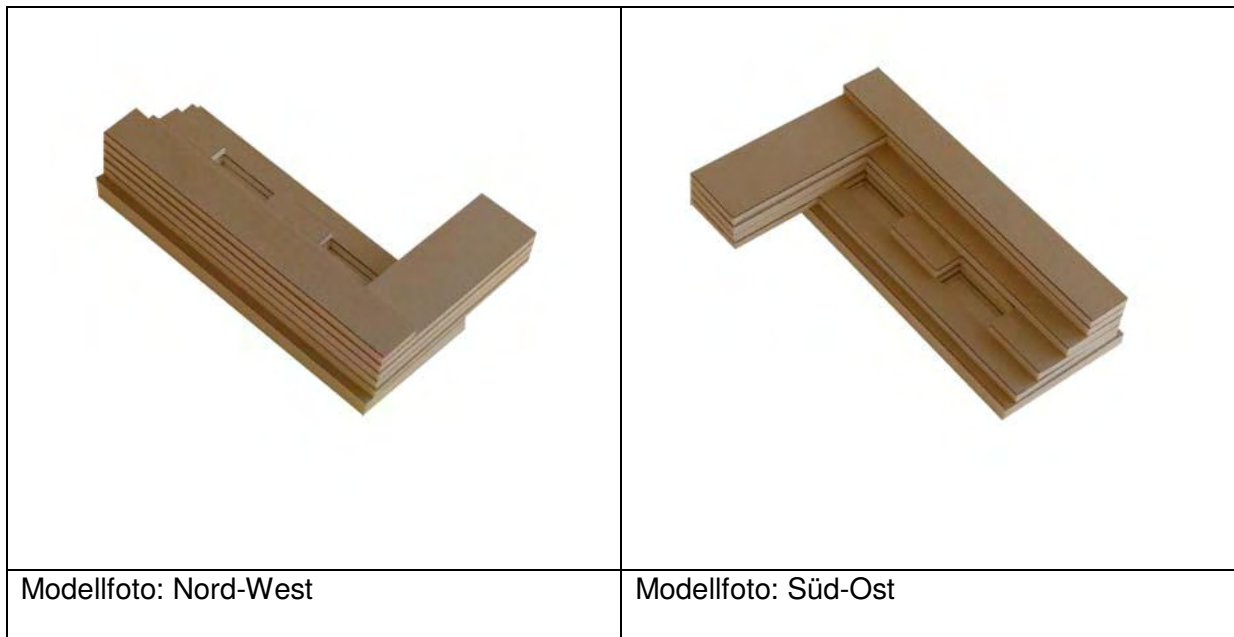


Abbildung 24: Modell Nr. 9

Modell Nr. 7 zeigt eine H förmige Bebauung mit Terrassen auf Nord und Südseiten, niedrigem Mittelteil und mittelgroßen Dachflächen (siehe Abbildung 25).

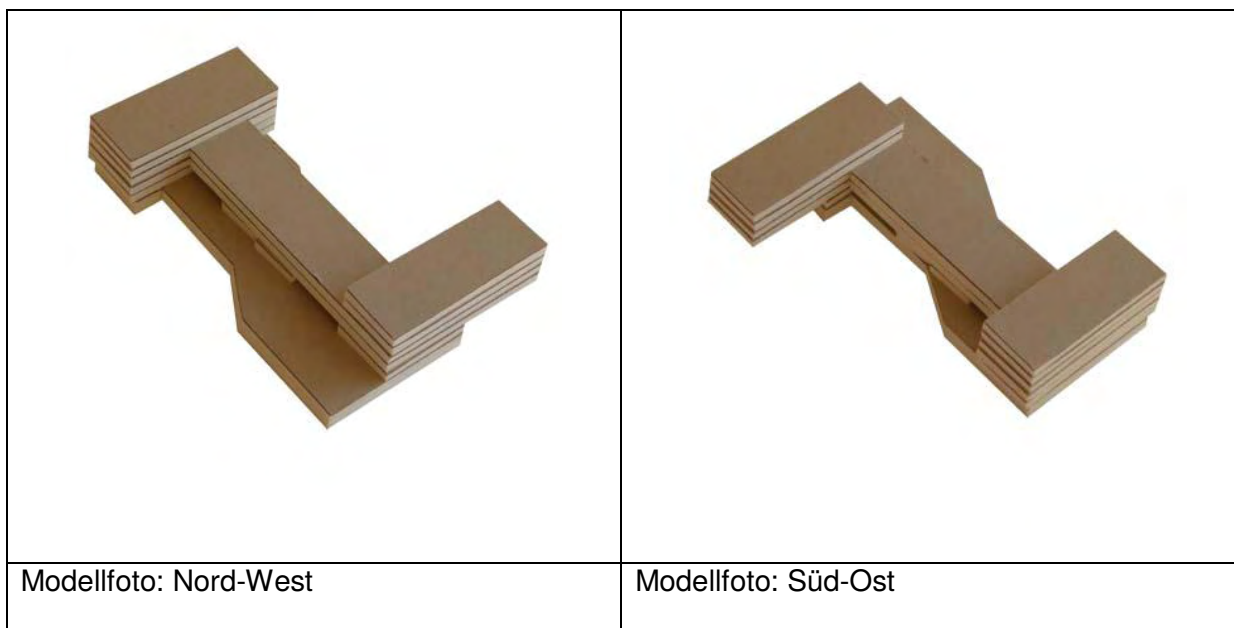


Abbildung 25: Modell Nr. 7

Modell Nr. 6 zeigt eine hohe Hakenförmige Bebauung mit Abrücken von der südlichen Grundstücksgrenze, im Süden vorgelagerten niedrigen Einzelbaukörpern mit Terrasseneignung. Geschlossene Rückseite zu ENERGYbase, aber ausreichender Abstand (siehe Abbildung 26).

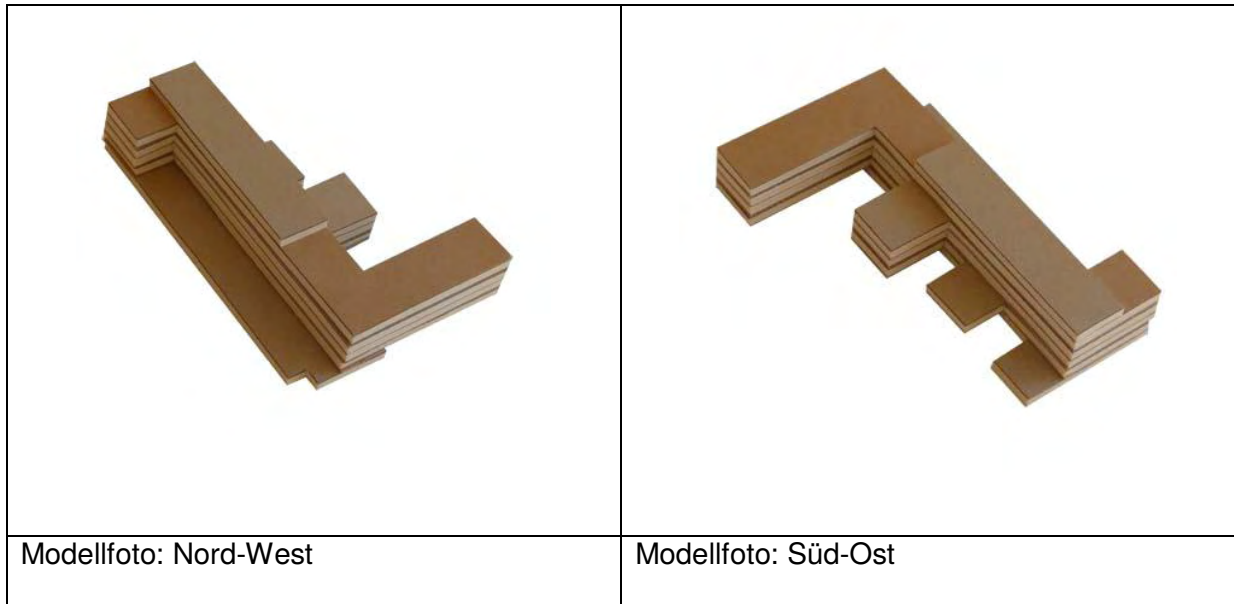


Abbildung 26: Modell Nr. 6

Modell Nr. 10 zeigt eine Kammartige Bebauung mit dem Hauptgebäudevolumen im Norden (siehe Abbildung 27).

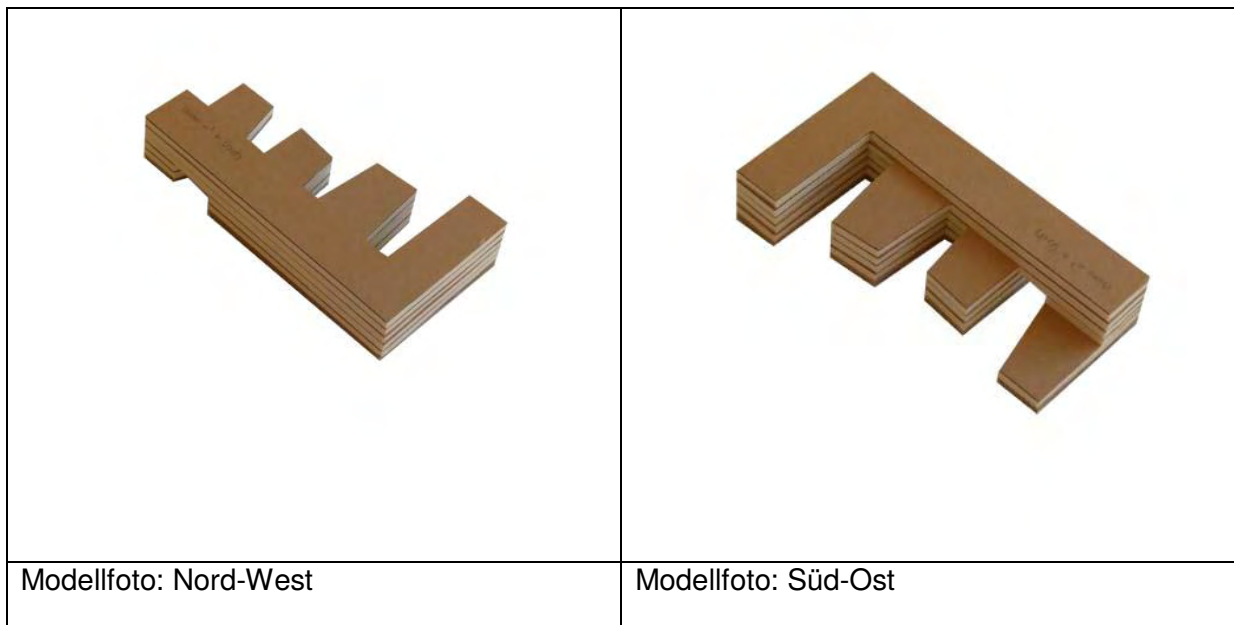


Abbildung 27: Modell Nr. 10

3.3.5.1 Städtebaulicher Entwurf



Abbildung 28: Lageplan

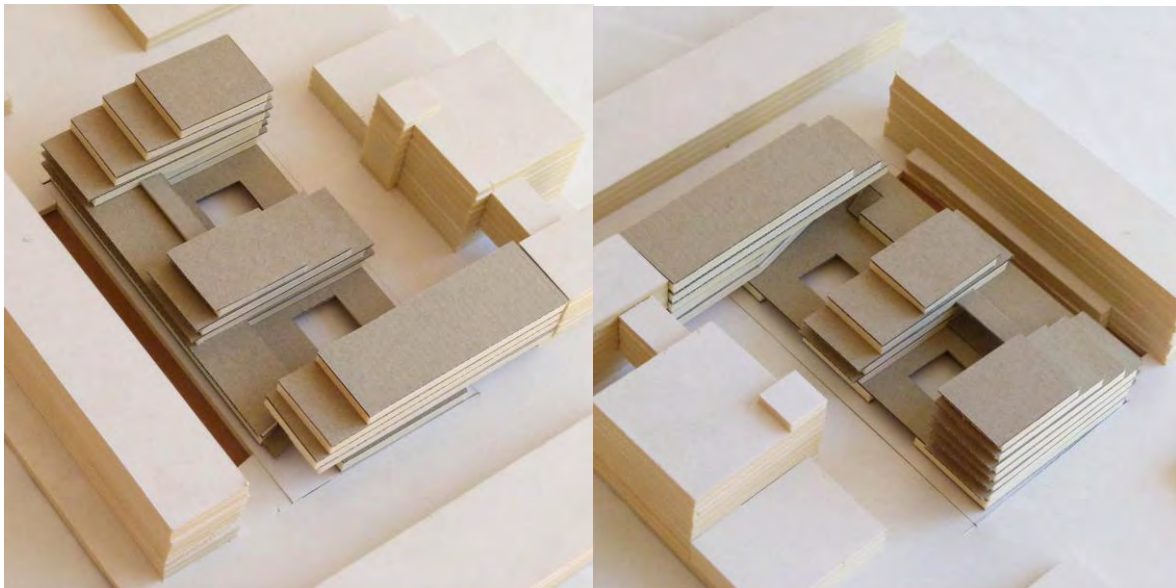


Abbildung 29: Baumassenmodell

Schlussendlich wurde das städtebauliche Konzept wie in Abbildung 28 und Abbildung 29 dargestellt ausgewählt. Seine wesentlichen Merkmale sind:

- **Kammartige Bebauung**

Kammartige Bebauung mit 3 Ost-West orientierten Gebäudehüften, an der Giefinggasse fortführen der ursprünglichen städtebaulichen Intention, in der Mitte ein niedrigerer Bauteil, auf der Ostseite der höchste Bauteil, hier wird die gesamte mögliche Gebäudehöhe inkl. Dach ausgeschöpft. Alle Baukörper sind so nach Norden abgetrept, dass nur eine geringe Beschattung der Energiefassade von ENERGYbase entsteht.

- **Solare Nutzung Dach und Südseite:**

Alle Dachflächen und die wenig beschattete Südseite von Bauteil C werden für solare Nutzung bereitgestellt (siehe Abbildung 30).

- **Belichtung und Ausblick: Ost und West**

Alle Ost- und Westseiten sind der Belichtung und dem Ausblick für die Büros vorbehalten.

- **Geschützte allgemeine Terrassen im 1. OG**

Die allgemeine Terrasse befindet sich im 1. OG und ist sowohl von Norden, Süden als auch von Westen frei zugänglich. Hier befinden sich allgemeine, geschützte Terrassenbereiche, nach Süden orientiert, im Winter besonnt.

- **Eigene Freifläche für jedes Büro in Form von Balkon oder Terrasse**

- **Bepflanzte Höfe**

Die beiden Höfe werden intensiv bepflanzt und erhalten in der Mitte einen Erdkoffer, um auch eine Pflanzung von sehr großen Laubbäumen zu ermöglichen.



Abbildung 30: Rendering, Vogelperspektive mit PV Flächen und begrünter Höfen

3.3.6 Gebäude

Tabelle 9: Flächenbilanz FUTUREbase inkl. Neubau auf Nachbargrund zu TECHbase, Stand 22.05.2012

Geschoss	m2 BGF		m² Nutzfläche						
	gesamt	Konstr.- Grundfläche Verkehrsflächen Funktionsflächen	gesamt	Büro	Gewerbe	Restaurant	Seminar	Allgemeinflächen	Terrassenflächen
EG	3.325	531	2.794	0	2.664	0	0	130	0
10G	3.051	597	2.454	2.008	0	327	0	119	326
20G	3.217	576	2.641	2.641	0	0	0		180
30G	2.741	522	2.219	2.219	0	0	0	0	225
40G	1.976	339	1.637	1.637	0	0	0	0	168
50G	1.459	275	1.184	1.184	0	0	0	0	283
60G	445	90	355	0	0	0	355	0	91
EG bis 60G	16.214	2.930	13.284	9.689	2.664	327	355	249	1.273
			vermietbare Nutzfläche				13.035		
							Allgemeinflächen		249

In Tabelle 9 ist die Flächenbilanz für alle Geschosse für FUTUREbase dargestellt, wobei in dieser Variante von einer Anbaumöglichkeit am TECHbase ausgegangen wird. Dies gilt es rechtlich noch zu klären, da sich damit ein Teil des Neubaus auf dem Nachbargrundstück (zu TECHbase gehörig) befindet. Die gewünschten vermietbaren Nutzflächen können in dieser Variante um ca. 13% überschritten werden.



Abbildung 31: Erdgeschoss

Die Flächen im Erdgeschoss sind der gewerblichen Nutzung vorbehalten (siehe Abbildung 31). Die Erschließungsflächen sind gelb gekennzeichnet, in der Mitte sind die grünen Pflanzinseln ersichtlich, im Osten eine Situierungsmöglichkeit für zwei thermische Speicher zur Abwärmenutzung des Klima-Windkanals (siehe Kapitel 3.2.1). Insgesamt können 10 Gewerbeflächen mit 160 bis 360 m Nettofläche angeboten werden. Die Erschließung für den Mieterverkehr erfolgt in einer Einbahnschleife, teilweise wird die bestehende Ausfahrt von ENERGYbase mitgenutzt (siehe Abbildung 32).

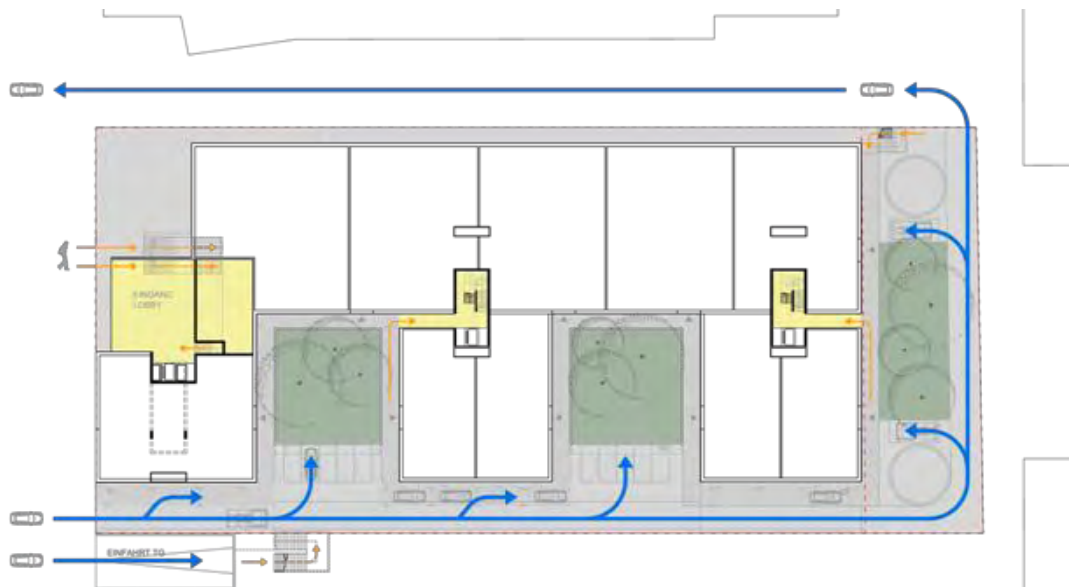


Abbildung 32: Äußere Erschließung

Ein großzügiges Eingangsfoyer an der Giefinggasse wird vom gemeinsamen Vorbereich ENERGYbase/FUTUREbase aus erschlossen (siehe Abbildung 33).



Abbildung 33: Eingangsbereich

Vom Eingangsbereich aus gelangt man ins 1. Obergeschoß, die allgemeine fußläufige Erschließungsebene (siehe Abbildung 34).



Abbildung 34: 1. Obergeschoß

Auf dieser Ebene befinden sich ein Galerie-Café und ein Restaurant. Vor dem Restaurant erweitert sich die allgemeine Erschließungszone zu einem zweigeschossigen, süd-orientierten Wintergarten, in dem man auch im Kernwinter zu Mittag die direkte Sonne genießen kann. Vorgelagert ein großzügiger allgemeiner Terrassenbereich, für den Sommer im Freien, von den großen, im gewachsenen Erdreich gepflanzten Laubbäumen beschattet und gekühlt.

Im Untergeschoß befindet sich eine Tiefgarage für 85 Stellplätze, diese ist mit der gemeinsamen Garagenabfahrt von TECHbase an die Straße angebunden; weiters die Haustechnikräume und ca. 800 m Lagerflächen für Büros und Gewerbe (siehe Abbildung 35). Die thermischen Speicher reichen ebenfalls bis ins Untergeschoß, damit sie oberirdisch nicht so hoch in Erscheinung treten, außerdem ist die Temperaturdifferenz zum Erdreich geringer als zur Außenluft.

Die weiteren Obergeschoße sind jeweils mit drei Stieghäusern erschlossen, an denen maximal jeweils 4 Nutzeinheiten/ Geschoss hängen können (siehe Abbildung 36 bis Abbildung 39). Die kleinsten Büroeinheiten sind ca. 200 m groß, zahlreiche Kombinationsformen sind möglich. Die Bürogeschoße im 2. Obergeschoß sind zusätzlich noch durch eine externe Stiege erschlossen, die gleichzeitig auch als zweiter Rettungsweg dient. Durch die nordseitige Schräge werden die Geschosse nach oben kleiner, der mittlere Baukörper endet im 4. Obergeschoß.

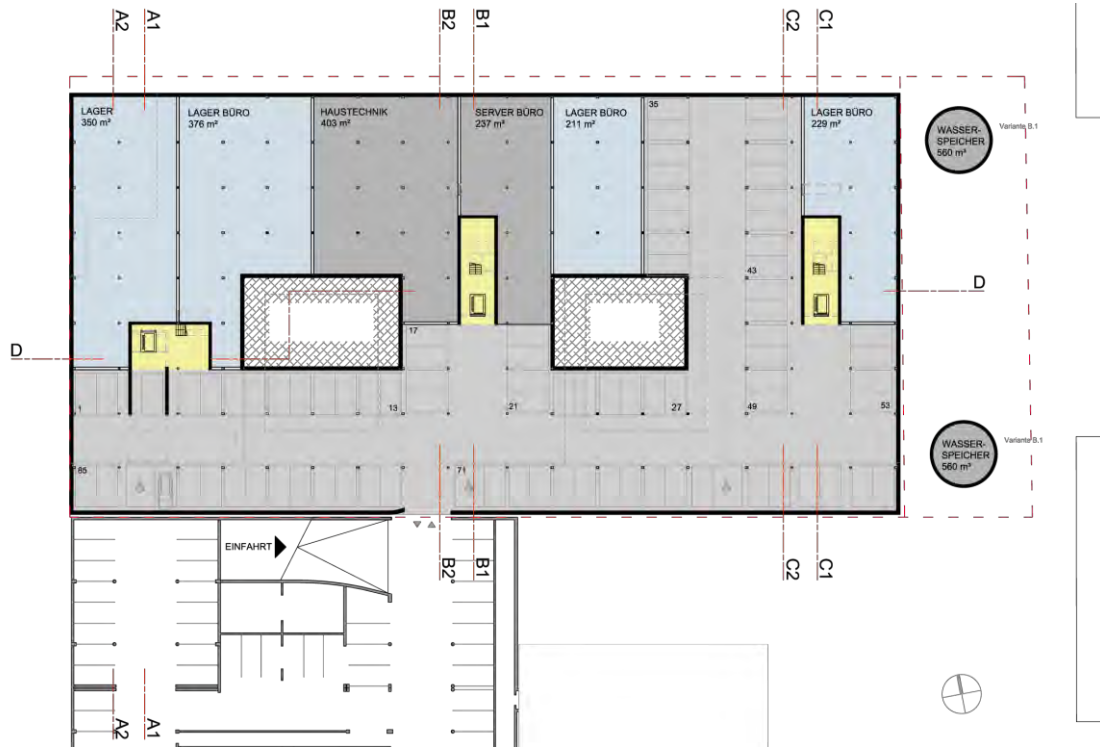


Abbildung 35: Kellergeschoß

Am höchsten ist Bauteil C im Osten ausgebildet. Dies deshalb weil hier ein schöner Ausblick bis zum Kahlenberg im 6. Obergeschoß realisiert werden kann, weil dadurch eine große, wenig beschattete Südseite entsteht und letztlich weil 15 m von der Straße entfernt mit einer aus niedrigeren und höheren Fassadenteilen gemittelten Gebäudehöhen gearbeitet werden kann, die das 6. Obergeschoß erst möglich machen (siehe Abbildung 51).

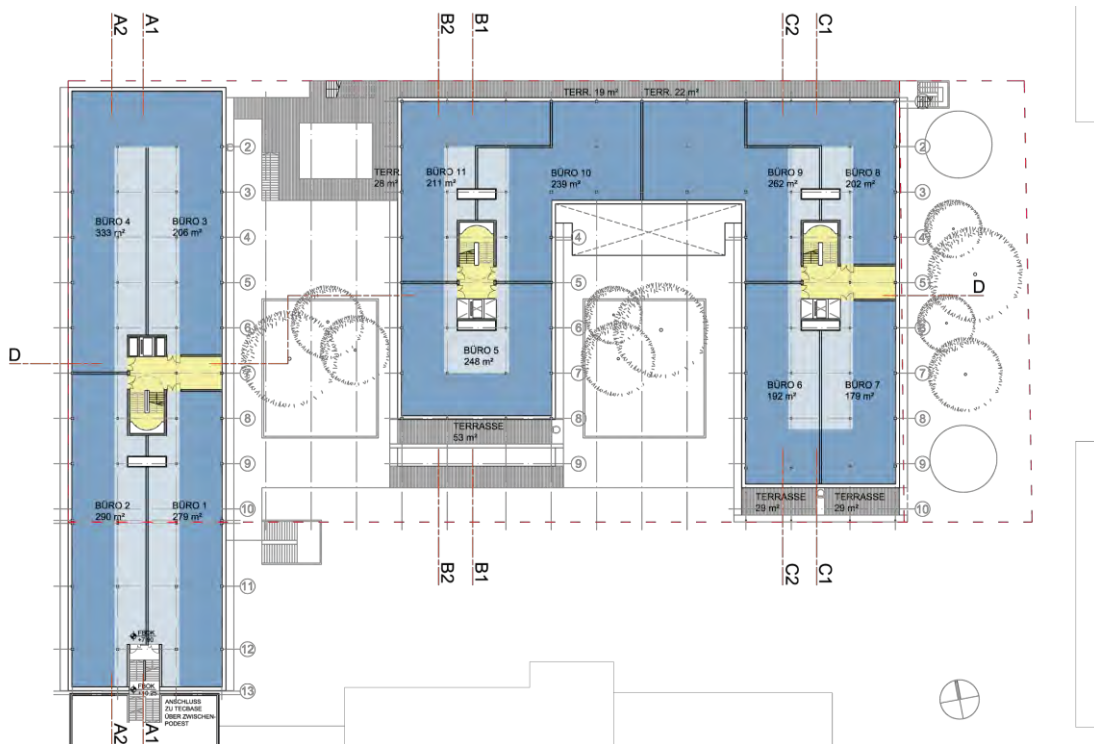


Abbildung 36: 2. Obergeschoß

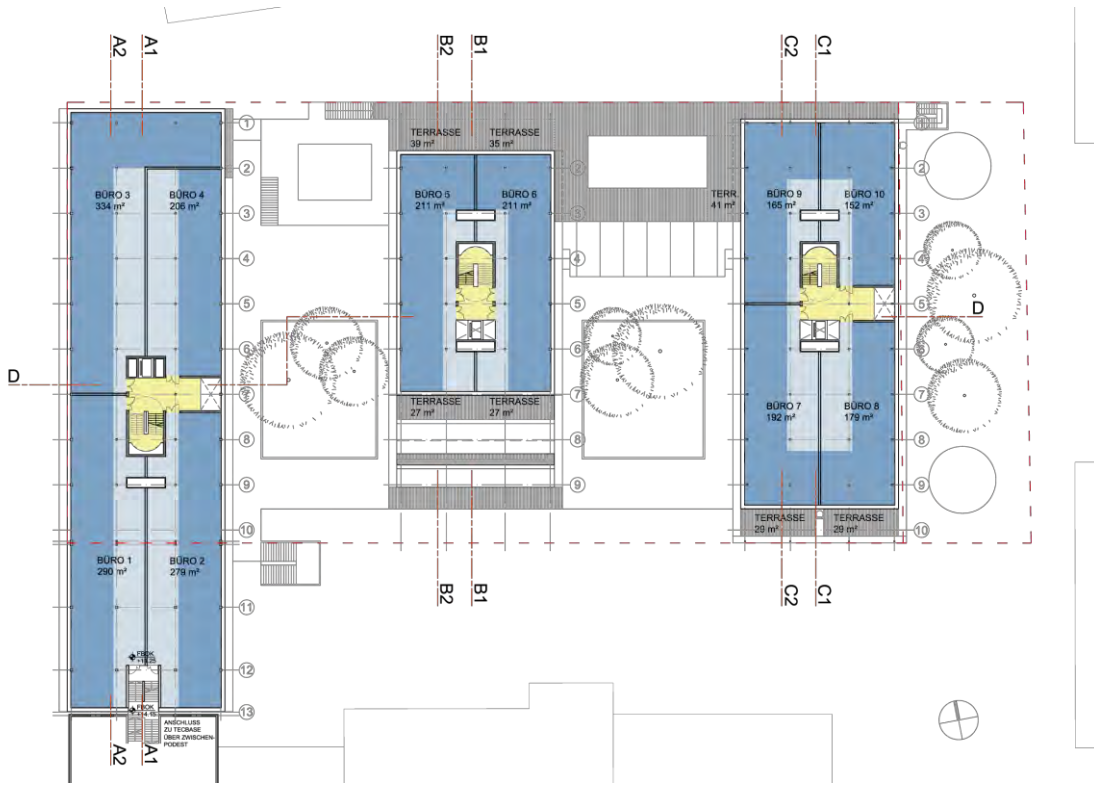


Abbildung 37: 3. Obergeschoß

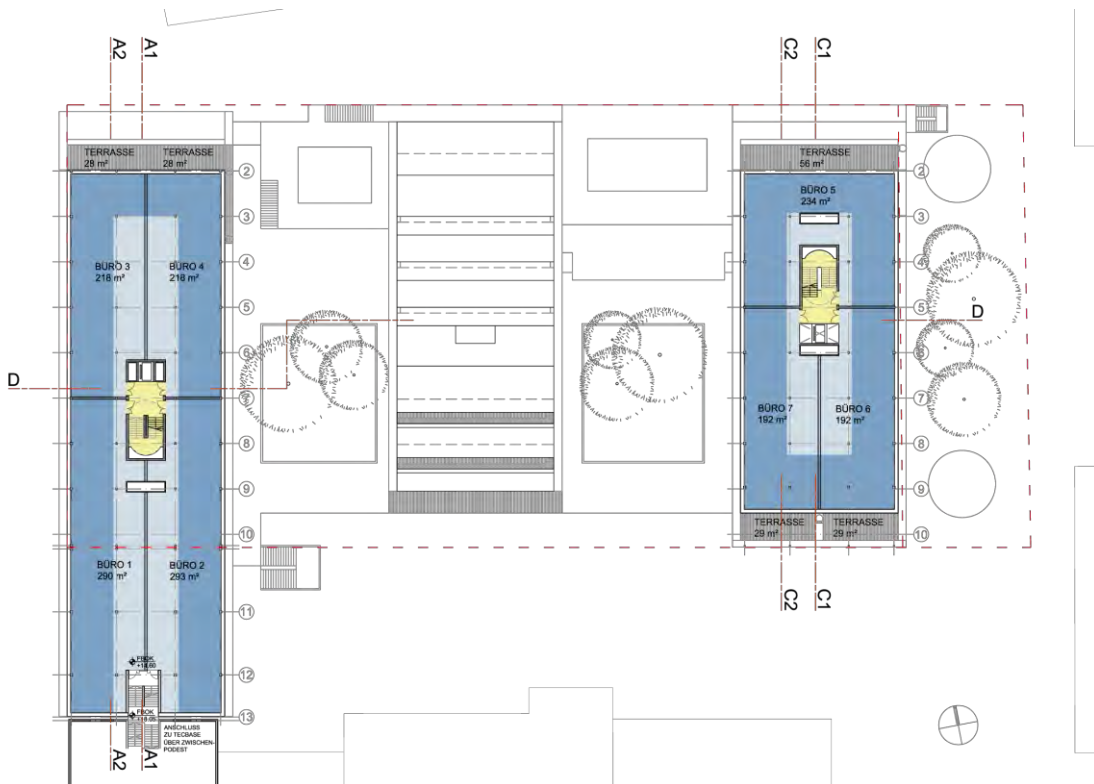


Abbildung 38: 4. Obergeschoß

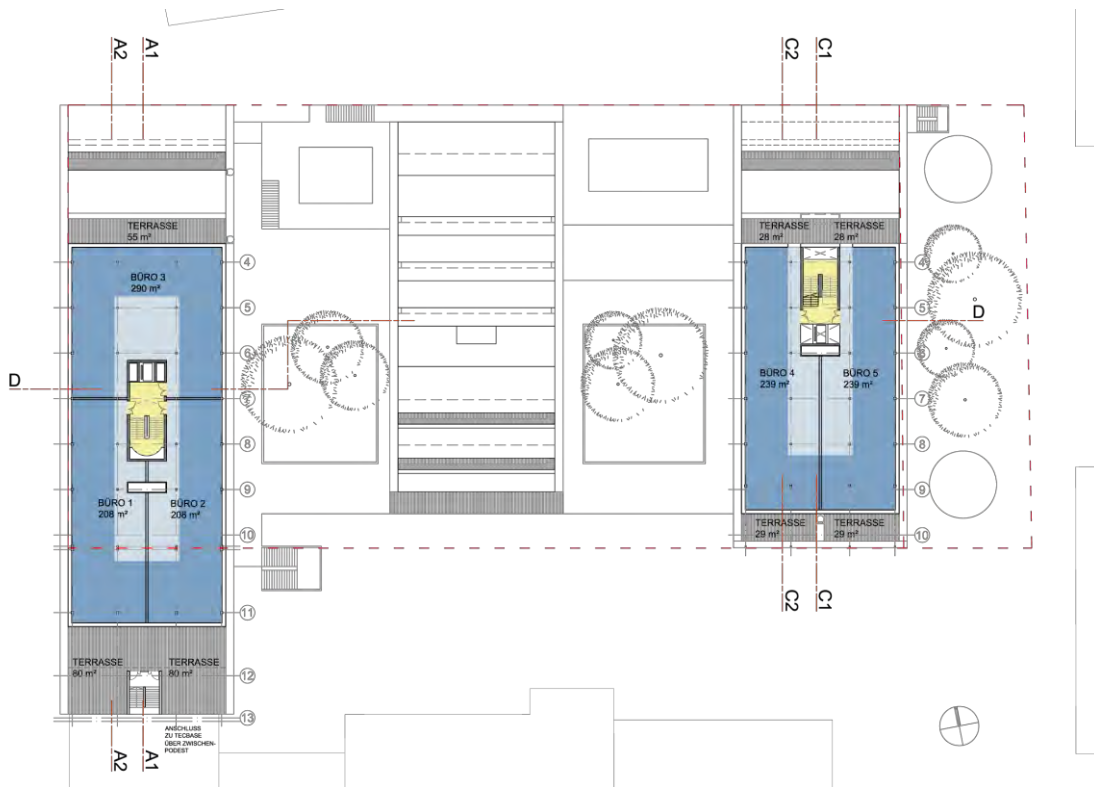


Abbildung 39: 5. Obergeschoß

3.3.6.1 Solares Konzept, PV Erträge

Der Standort von FUTUREbase kann als typischer städtischer Standort bezeichnet werden. Im Süden befindet sich das Gebäude TECHbase mit 21 m hoher Bebauung und 1,5 geschoßhohen Dachaufbauten. Im Norden soll FUTUREbase auf die Energiefassade von ENERGYbase einen Verschattungswinkel von 21° nicht überschreiten. Da für FUTUREbase weiters eher eine Ost-West orientierte Bebauung gewünscht war, ergibt sich sinnvoll, dass Dachflächen und unbeschattete Südflächen zur Solarnutzung herangezogen werden, und Ost- bzw. Westflächen für die Belichtung der Nutzflächen, und Begünung der Fassaden herangezogen werden. Abbildung 40 zeigt einen Schnitt durch Bauteil C um dieses Prinzip zu verdeutlichen.

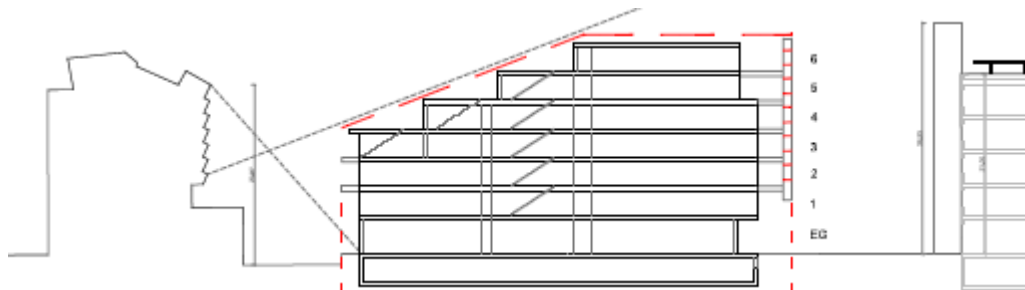


Abbildung 40: Schnitt Bauteil C

Um ausreichend Strom für ein Plusenergiegebäude zu erzeugen, wurde hier eine Strategie der Maximierung des Gesamtertrages verfolgt und bewusst in Kauf genommen, dass die einzelnen Flächen nicht optimal orientiert sind. Prinzipiell arbeitet FUTUREbase was die PV-

Flächen anbelangt mit horizontalen Flächen und 20° nach Norden bzw. Süden orientierten Flächen (siehe Abbildung 30).

Eine Verwendung von ausschließlich optimal 30° Süd orientierten Flächen ist vor allem solange wichtig, solange PV Paneele extrem teuer sind, und die erste Prämisse für die Realisierung der Preis ist. Damit lassen sich zwar die günstigsten Kosten pro kWh erzielen, jedoch bei weitem nicht der höchste Ertrag. In Zukunft, um das gemeinsame Ziel 100% Erneuerbare Energie zu erreichen, wird es allerdings notwendig und auch sinnvoll sein, den Ertrag einer zur Verfügung stehenden Gebäudeoberfläche (unter Berücksichtigung aller sonstigen Funktionen von Gebäudeoberflächen) zu maximieren. Unter dieser Prämisse sind horizontale oder leicht in alle Richtungen geneigte Dachflächen das Mittel der Wahl. Zusätzlich natürlich auch Fassadenflächen, zuerst Süd-Ost bis Süd-Westflächen und dann absteigend sogar bis hin zu Nordflächen. Dabei ist anzumerken, dass vertikale Südost bis Süd-Westflächen – wie sie heute schon ohne weiteres mit PV belegt werden – eine Ertragsminderung von ca. 40% gegenüber optimal orientieren Paneel aufweisen; Horizontale Dachflächen eine Minderung von ca. 16,5 % und 20° Nord geneigte Flächen eine Minderung von 37%. Nord geneigte Flächen dieser Neigung sind also noch besser als Vertikale Südflächen zu bewerten.

Die Orientierung nach Norden ist daher nicht so unsinnig wie sie vielleicht erscheinen mag.

Tabelle 10: PV-Erträge

				Max. Ertrag für PV optimaler Ausrichtung (kWh/m,a)						
				190						
Orientierung	Neigung	Breite Schnitt (m)	Länge Draufsicht (m)	tatsächliche PV Flächen (m ²)	Abminderungsfaktor Orientierung	Abminderungsfaktor Nachbarverschattung	Ertrag (kWh/a)	Ertrag pro m ² BGF (kWh/a/m ²)	Ertrag pro m ² vermietbare Nfl (kWh/a/m ²)	
1N	21 °	41,1	18,80	772,68	62%	99%	90.970	6,239	7,819	
2N	21 °	17,4	18,80	327,12	62%	99%	38.149	2,616	3,279	
3N	21 °	37,5	18,80	705,00	62%	100%	83.253	5,709	7,155	
1H	0 °	15,0	18,80	282,00	83%	100%	44.726	3,067	3,844	
2H	0 °	6,3	18,80	118,44	83%	98%	18.428	1,264	1,584	
3H	0 °	5,8	18,80	109,04	83%	100%	17.294	1,186	1,486	
1S	30 °	16,2	18,80	304,56	100%	100%	57.866	3,968	4,973	
2S	30 °	20,6	18,80	387,28	100%	90%	66.004	4,526	5,673	
3S	30 °	7,5	18,80	141,00	100%	100%	26.790	1,837	2,303	
				3147			443.481	30,413	38,116	

In weiterer Folge wurden die möglichen Flächen errechnet und eine Verschattungsanalyse durchgeführt um die Abminderung durch die Nachbarverschattung festzustellen (Verschattungsanalyse siehe Kapitel 3.4.1.1).

Weiters wurde allen Flächen entsprechend ihrer Orientierung ebenfalls ein Abminderungsfaktor zugewiesen. Tabelle 10 zeigt, dass für ein Gebäude in verschatteter Lage durch intelligente Anordnung der Flächen dennoch- und auch bei mäßiger

Effizienzmindering von maximal 39% - ca. 38 kWh Strom pro m vermietbarer Nutzfläche und Jahr erzeugt werden kann. Ein Wert mit dem sich Plusenergie erreichen lässt.

Die vertikale Südfäche von ca. 400 m wird dabei ausschließlich zur thermischen Solarnutzung in Form von Vakuum-Röhrenkollektoren verwendet.

Die Kombination von PV für die Dachflächen und Vakuum-Röhrenkollektoren für Fassadenflächen scheint prinzipiell eine für die Zukunft schlüssige und fast überall anwendbare Kombination zu sein. Es sind also keine geneigten Süddächer mehr erforderlich, wenn dies aus Gründen der Typologie oder des Städtebaus nicht erwünscht ist.

3.3.6.2 Freiräume

Zentrales Anliegen des Bauherren als auch der ArchitektInnen war es, nutzbare, vielfältige und angenehme Freiräume zu erzeugen. Dies einerseits um die sozialen Qualitäten für die Nutzer zu erhöhen, andererseits jedoch auch, um begrünte Flächen zu erzeugen, die einen wesentlichen positiven Beitrag zur Minderung der externen Lasten im Sommer leisten. Einerseits erfolgt dies durch Verdunstungskühle der Vegetation (wofür im Wesentlichen die Blattoberfläche und Pflanzenart ausschlaggebend ist) andererseits durch direkte Beschattung der Fassaden. Daher wurde ein Konzept gewählt, das zwei mittlere Höfe mit Erdkoffer und Bepflanzbarkeit durch große Laubbäume anbietet (siehe Abbildung 41 und Abbildung 43). Laubbäume deshalb, weil diese im Winter entlaubt wenig verschatten, während die Verschattung im Sommer maximal ist. Auf allen Ebenen finden sich Terrassenflächen, ebenfalls mit zahlreichen Pflanzbeeten und Sitzplätzen versehen (siehe Abbildung 42).



Abbildung 41: Freiräume 1. Obergeschoß

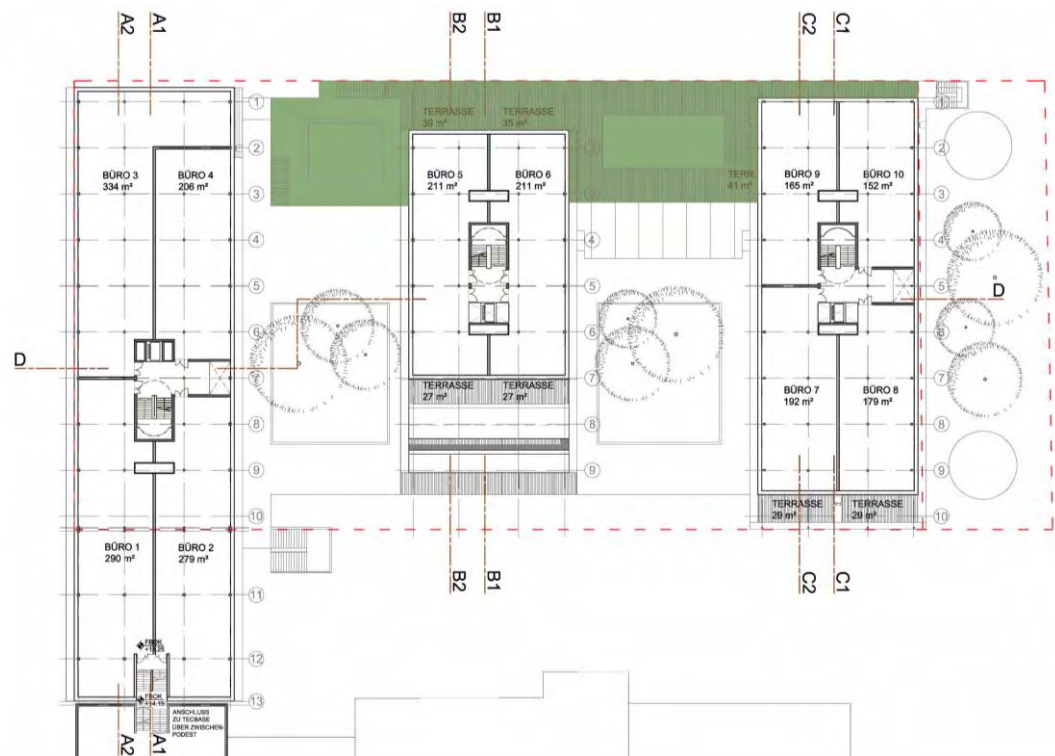


Abbildung 42: Freiräume 3. Obergeschoß



Abbildung 43: Laubbäume und begrünte Terrassen

In den Bürogeschossen finden sich ebenfalls Terrassen oder Balkone für jede Nutzeinheit. In den vergangenen Jahren hat sich heraus gestellt, dass nicht nur im Wohnbau sondern zunehmend auch im Bürobau nutzflächeneigene Freiflächen als Qualität wahrgenommen werden und den Wert einer Immobilie steigern (siehe Abbildung 44, Abbildung 45 und Abbildung 46). Alle Terrassen sind weiters Bestandteil des 2. Rettungsweges, von ihnen aus können Fluchtstiegen und Fluchtleitern erreicht werden.

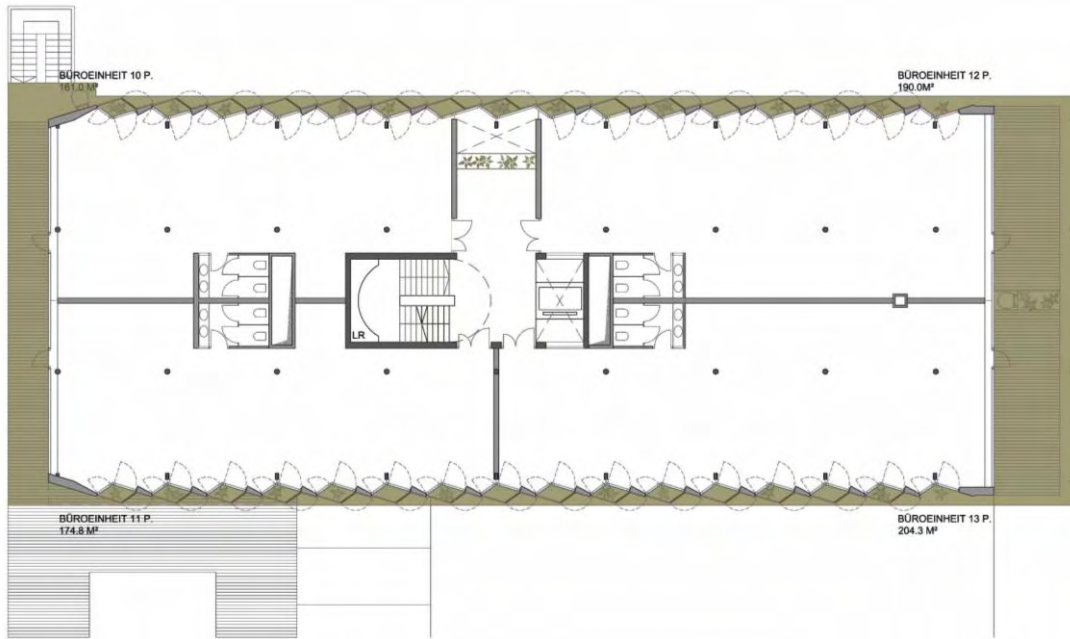


Abbildung 44: Geschossgrundriss mit Terrassen

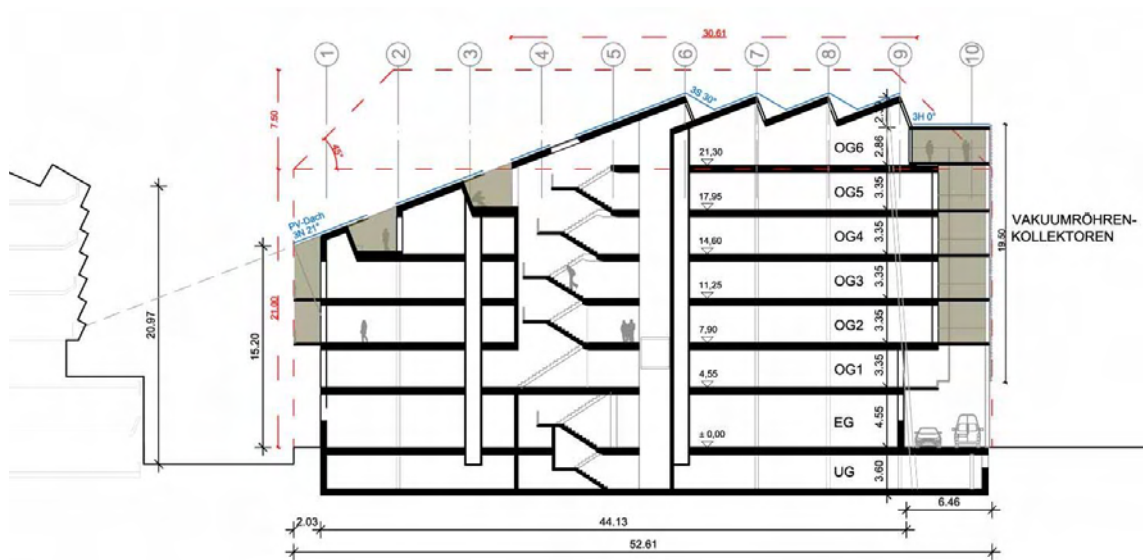


Abbildung 45: Balkone und Terrassen im Schnitt

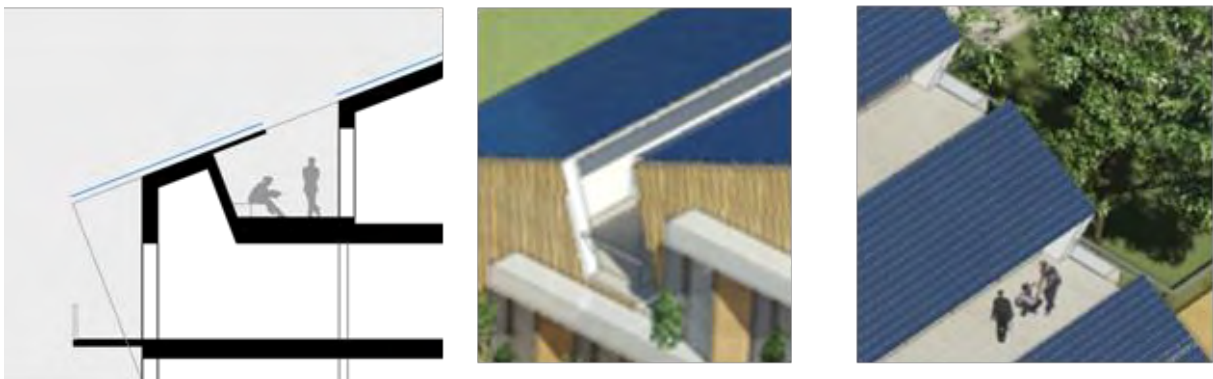


Abbildung 46: Eingeschnittene Terrassen in Schnitt und Rendering

3.3.6.3 Nutzungsflexibilität

Weitere Forderung des Bauherren war es in den Grundrissen Nutzungsflexibilität nachzuweisen. Jeder Geschossgrundriss ist daher rund um einen zentralen Stiegenhauskern organisiert, es gibt jeweils zwei Schächte, in denen die senkrechte technische Versorgung erfolgt. Diese Schächte sind betretbar und nachrüstbar. An dem zentralen Kern ist in wenigen Geschossen eine offene Zone angehängt, die zusätzlich zu den Oberlichtern Licht in den Kern bringt. Der restliche Grundriss beinhaltet lediglich tragende Stützen, alle anderen Wände sind nicht tragend und versetzbar. Auch die Fassade ist nicht tragend ausgebildet.

Der Achsraster wurde mit 1,35 m angenommen, der Stützenraster mit 5,4 m. In Abbildung 47 ist dazu ein Regelgrundriss für die Bürobereiche dargestellt.

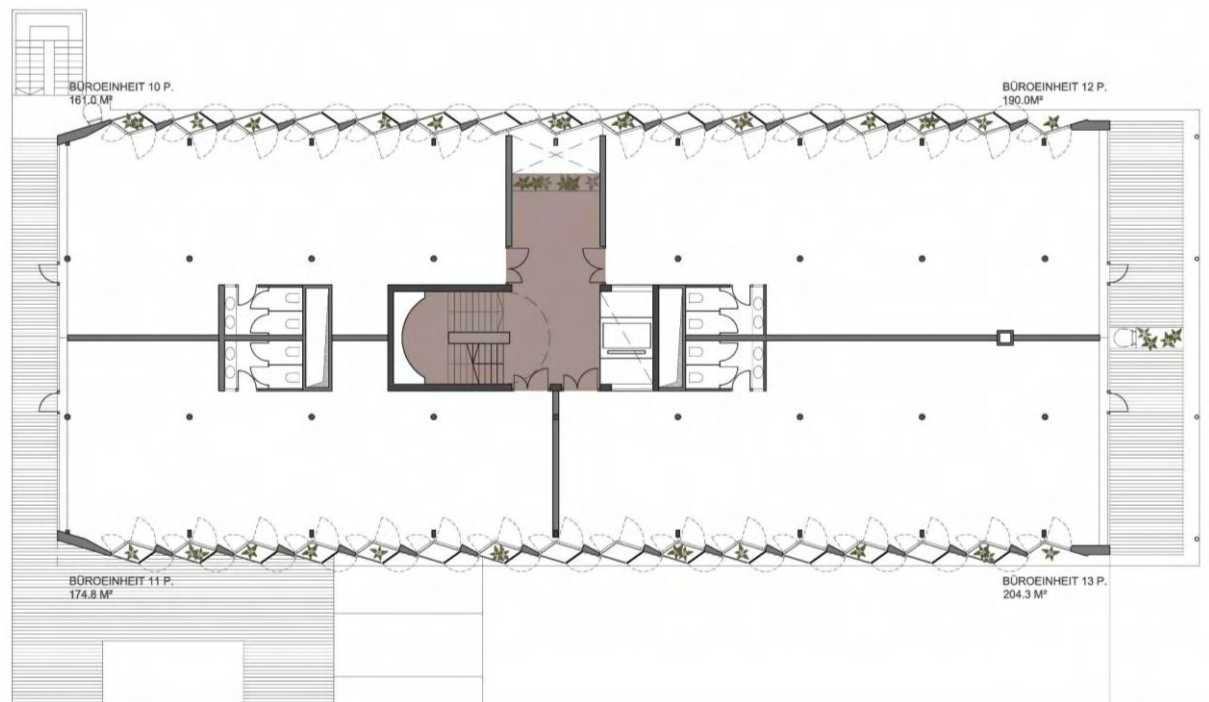


Abbildung 47: Regelgrundriss, 4 Einheiten, unmöbliert

Die konventionelle Möblierung zeigt eine Unterteilbarkeit minimal in Zellenbüros mit zwei Arbeitsplätzen und ca. 13,5 m (siehe Abbildung 48). in der Mittelzone sind die WCs, Abstellräume und Besprechungsräume angeordnet. Die Sozialräume am Ende der Mittelzone sind an die vorgelagerten Balkone angeschlossen.



Abbildung 48: Konventionelle Einteilung mit Zellenbüros



Abbildung 49: Open Office

In vier verschiedenen weiteren Grundrissen sind weitere Büromöblerungen dargestellt (siehe Abbildung 49). Die Büros können mit ca. 12 m Gesamtnutzfläche pro Person belegt werden, die Stiegen sind auf 15 m/Person ausgelegt, wie es den Anforderungen entspricht.

3.3.6.4 Sonderfunktionen

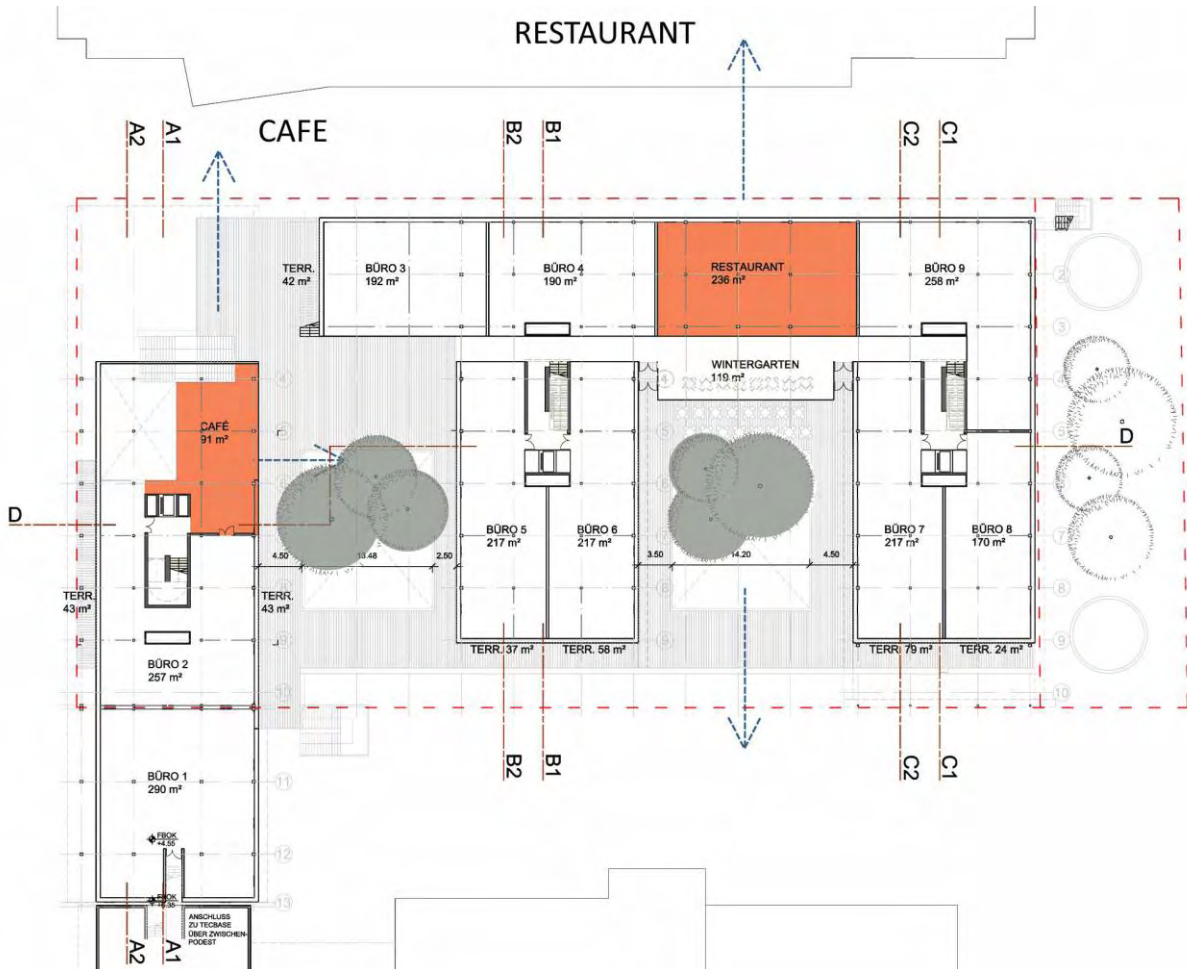


Abbildung 50: Restaurant / Café 1. Obergeschoß

Im 1. Obergeschoß sind ein Café und ein Restaurant vorgesehen, als kulinarisches Angebot auch für alle umliegenden Liegenschaften (siehe Abbildung 50).

Im 6. Obergeschoß mit herrlichem Ausblick und Anbindung an eine großzügige südseitige Terrasse ist ein Seminarbereich mit zwei Seminarräumen, Foyer, Küche, und Nebenräume vorgesehen (siehe Abbildung 51).

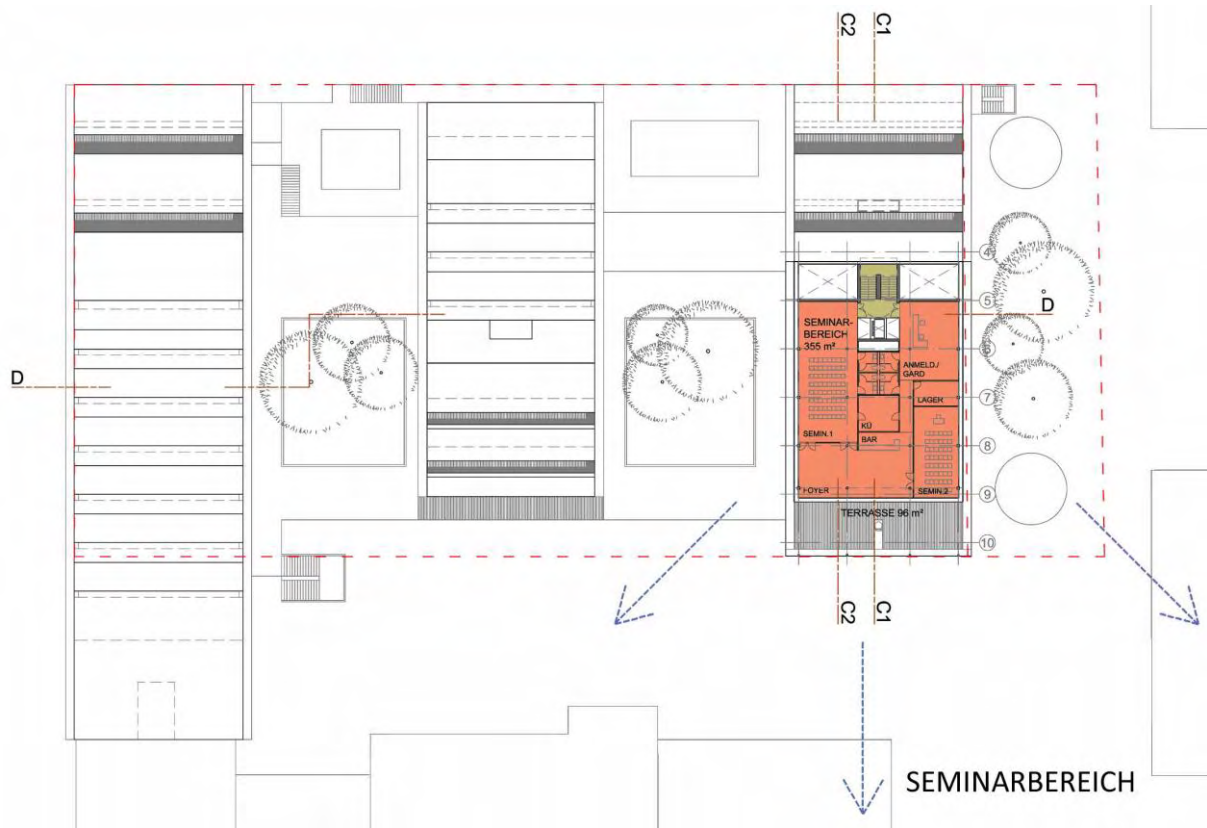


Abbildung 51: Seminarbereich 6. Obergeschoß

3.3.6.5 Tageslicht in allgemeinen Bereichen

Die allgemeinen Stiegenhausbereiche erhalten ihr Tageslicht von präzise gesetzten Öffnungen im Dach und der Fassade (siehe Abbildung 52 und Abbildung 53).

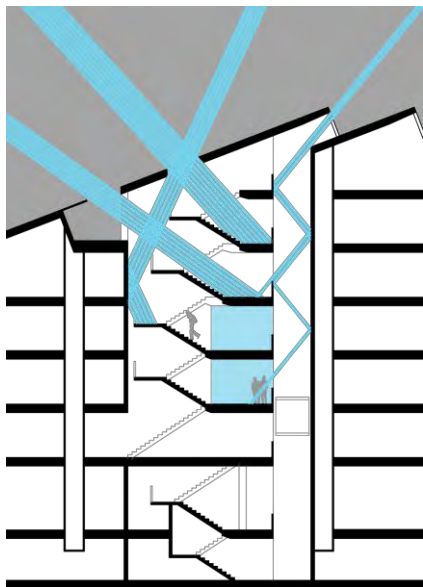


Abbildung 52: Belichtung Stiegenhaus von oben

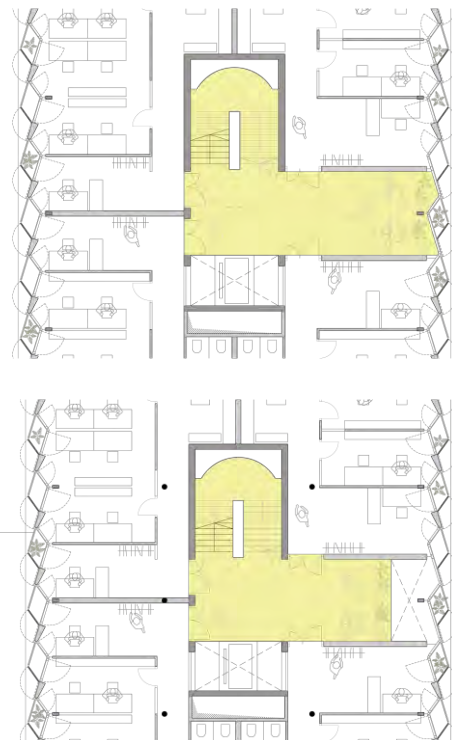


Abbildung 53: Belichtung Stiegenhaus von der Seite

Das Licht fällt über den Lichtschacht und zwei Dachflächenfenster ins Stiegenhaus. Es wird an den weißen Wänden und Stiegenhausbrüstungen bis ins 3. Obergeschoß geleitet. Die Geschosse 2 und 3 erhalten zusätzlich eine zweigeschossige Verbindung zur Fassade als öffentlicher Aufenthaltsbereich, im 3. Obergeschoß zurückgesetzt, um das Licht im 2. Obergeschoß bis in die Gebäudemitte zu leiten.

3.3.7 Fassadenstudie

3.3.7.1 Ziele

Die Fassade ist ein wesentlicher Bauteil eines Gebäudes der eine Vielzahl an Funktionen zu erfüllen hat. Im speziellen Fall sollte hier eine multiplizierbare Lösung für Ost- und Westfassaden von Bürogebäuden erarbeitet werden.

Die zu optimierenden Parameter sind:

- a) Blendfreies Tageslicht für die Arbeitsräume hinter der Fassade
- b) Maximierung der solaren Einträge im Winter
- c) Minimierung der externen Lasten im Sommer
- d) Bepflanzung zur Luftbefeuchtung im Winter
- e) Bepflanzung für Verdunstungskühle im Sommer
- f) Gleichzeitige Verfügbarkeit von Sonnenschutz und Ausblick im Sommer
- g) Regenfeste natürliche Lüftbarkeit in der Übergangszeit und in Sommernächten

3.3.7.2 Annahmen, Ausgangsvarianten und Simulationsergebnisse

Für ein erstes Studium der Fenstergrößen und Lage wurden vier Fassadentypen definiert, jeweils mit unterschiedlichen Formen des Sonnenschutzes. Für diese Fassaden wurde einerseits eine Tageslichtanalyse, andererseits eine Analyse der Punkte b) und c) (solare Lasten) mit ECOTECT durchgeführt. Die ECOTECT Analyse mit allen Parametern, Beschreibung und Diskussion findet sich im Anhang A 2.

Modellierung einer variablen Verschattung

Das besondere an der ECOTECT Analyse der solaren Einstrahlung ist, dass für alle Varianten ein „Designfall“ der Verschattung, also eine je nach Sonnenstand und Strahlungsintensität unterschiedliche Verschattung durch einen außen liegenden Sonnenschutz unterschiedlicher Form modelliert wurde. Der Designfall wurde aus den Kriterien „Minimierung externer Lasten“ und „Ausblick“ zusammengesetzt. In Zeiten ohne Bürobetrieb (0:00 bis 8:00 und 17:00 bis 24:00) wurde für Sommertage angenommen, dass der Sonnenschutz komplett geschlossen bleibt, am Vormittag öffnet sich der Sonnenschutz

mit der Sonne, so dass Direktstrahlung vermieden wird, und am Nachmittag wird eine Teilöffnung realisiert, die Ausblick gewährleistet.

Ausgangsvariante A

Die Ausgangsvariante A stellt dabei die „normale Bürofassade“ dar (siehe Abbildung 54). Pro Raum ein Fenster mit Parapet, Sturz ist Deckenunterkante, Stockaußenmaß 3,6 m, Glaslichte 2,72 m, das sind 20% der belichteten Raumfläche (13 m). 20% Belichtungsfläche hat sich in anderen von den Verfassern durchgeführten Forschungsprojekten (Grünes Licht, Forschungsprojekt FFG, Programmlinie Haus der Zukunft) als sinnvolle Generalannahme erwiesen.

Die Variante hat einen Pflanzsteg (ca. 80 cm), und drei Screens pro Fenster parallel zur Fassade an der Außenseite des Steges. Mit den Screens kann die Fassade im Sommer zu 100% geschlossen werden, im Winter können die Screens hintereinander geschoben werden, sodass 2/3 der Wandfläche unverschattet bleibt. Diese Screens werden in den dargestellten Berechnungen optimal verschoben (Verschattungsdesignstrategie).

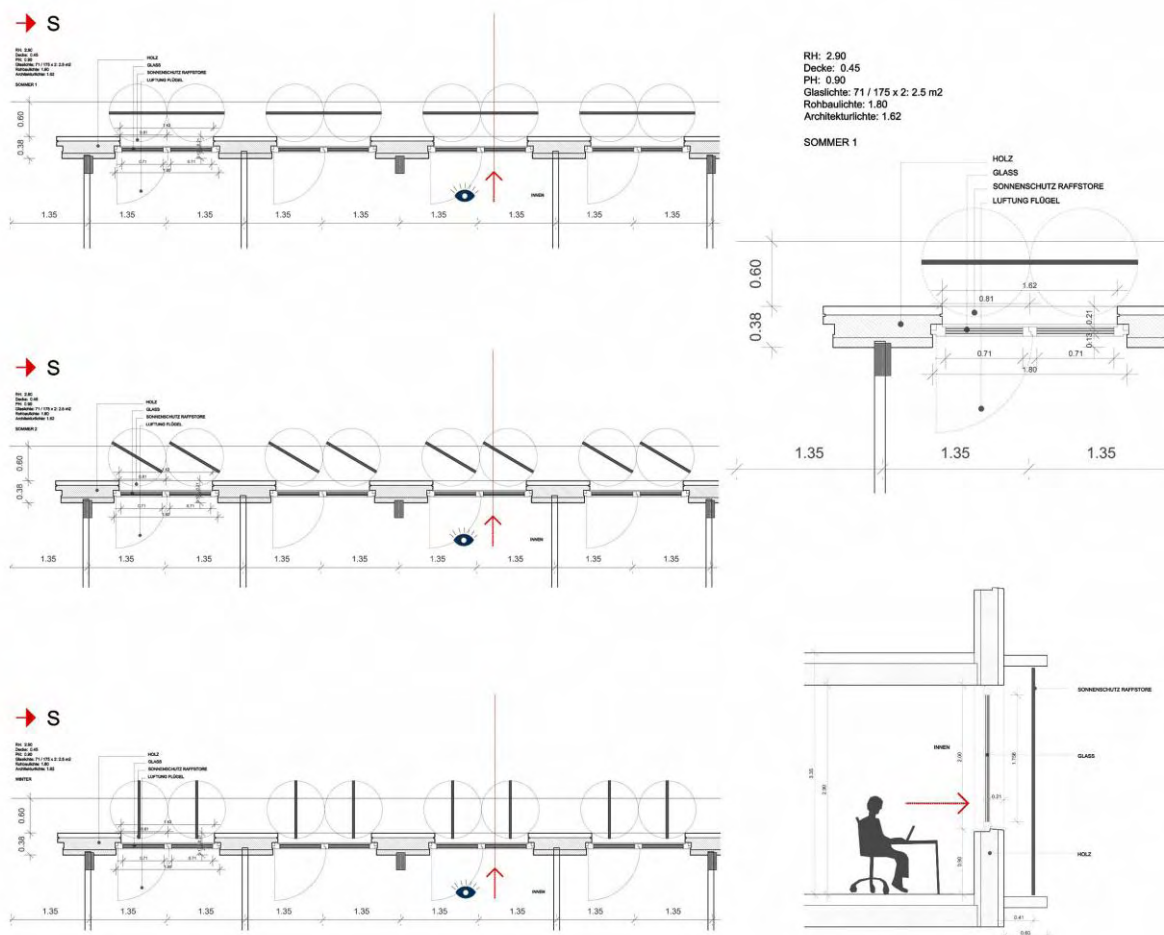


Abbildung 54: Fassadenvariante A

Im Winterfall also immer so, dass möglichst wenig Verschattung auf das Fenster kommt, im Sommerfall so, dass außerhalb der Betriebszeiten von 8:00 bis 17:00 maximal verschattet wird, innerhalb der Betriebszeiten am Vormittag wird mit einer 2/3 Beschattung 100% der Direktstrahlung vermieden und Nachmittags wird mit Teilabschattung (2/3 der Fassade) ein Kompromiss aus Ausblick und Komplettabschattung gewählt.

Variante B

Variante B ist eine Abwandlung von A: sie besitzt leicht nach Süden ausgedrehte Fenster für mehr solare Gewinne im Winter, allerdings statt Schiebescreens um eine vertikale Achse drehbare Screens die ebenfalls geeignet sind 100% der Direktstrahlung abzuschatten (siehe Abbildung 55).

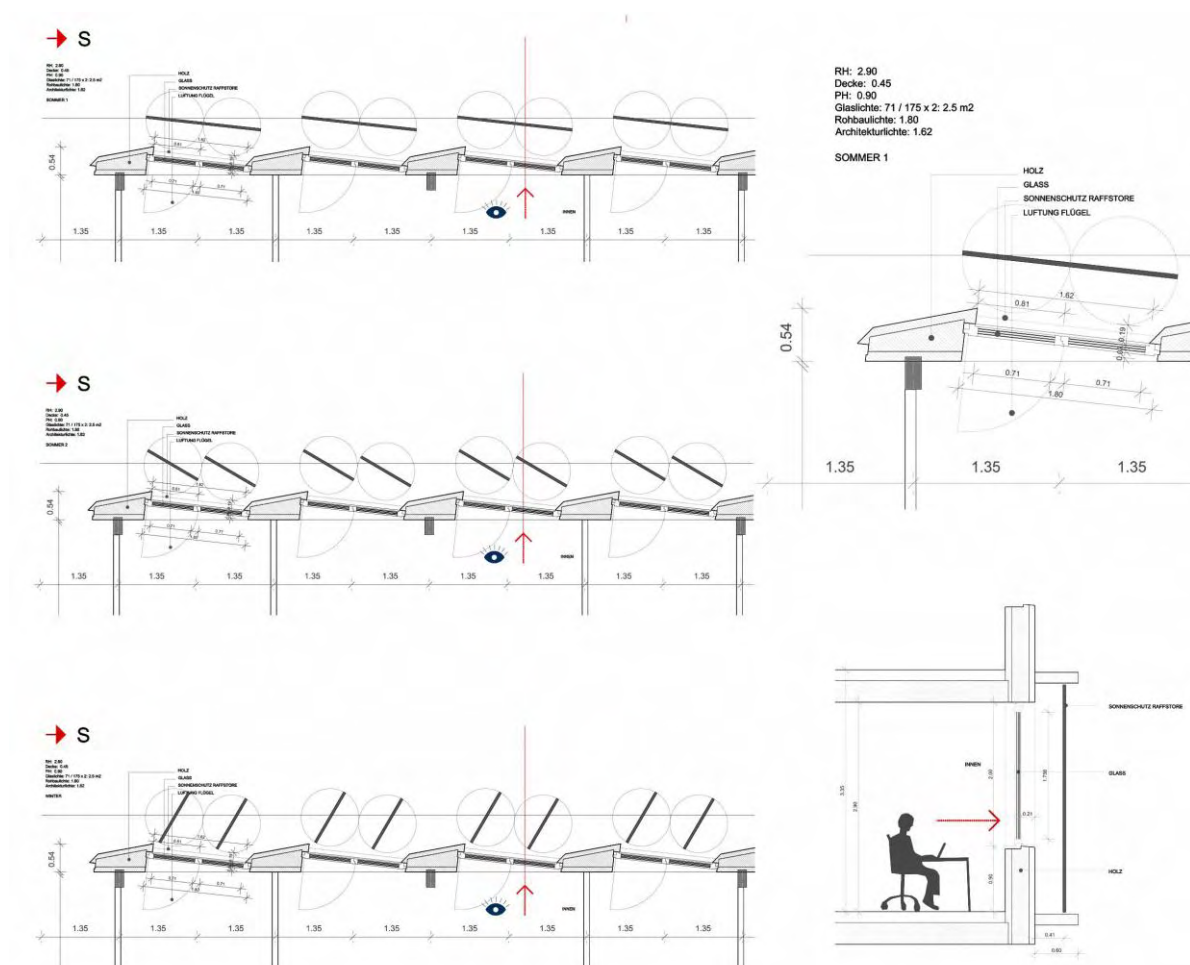


Abbildung 55: Fassadenvariante B

Variante C

Variante C ist eine typische Solarmaximierungsvariante, wie sie im Wohnbau jedenfalls Sinn machen würde. Das Hauptfenster ist maximal nach Süden ausgedreht, vor die Fassade gesetzt und reicht oben bis über die Sturzunterkante hinaus, seitlich entsteht durch das Ausdrehen ein opaker Seitenteil der zur natürlichen Lüftung verwendet werden kann und durch die Beschattungsdrehflügel vor Regen geschützt werden kann (siehe Abbildung 56). Die Nettoglasfläche ist wesentlich größer als bei den anderen Varianten, nämlich 4,79 m.

Beschattet wird Variante C zu 100 % durch zwei große Klappelemente, diese werden im Winter hintereinander eingeklappt, im Sommer werden sie mit fortschreitendem Vormittag aufgeklappt. Da sich dabei nur ein Flügel mit der Sonne dreht, dauert es länger bis ein gewisser Ausblick erreicht werden kann.

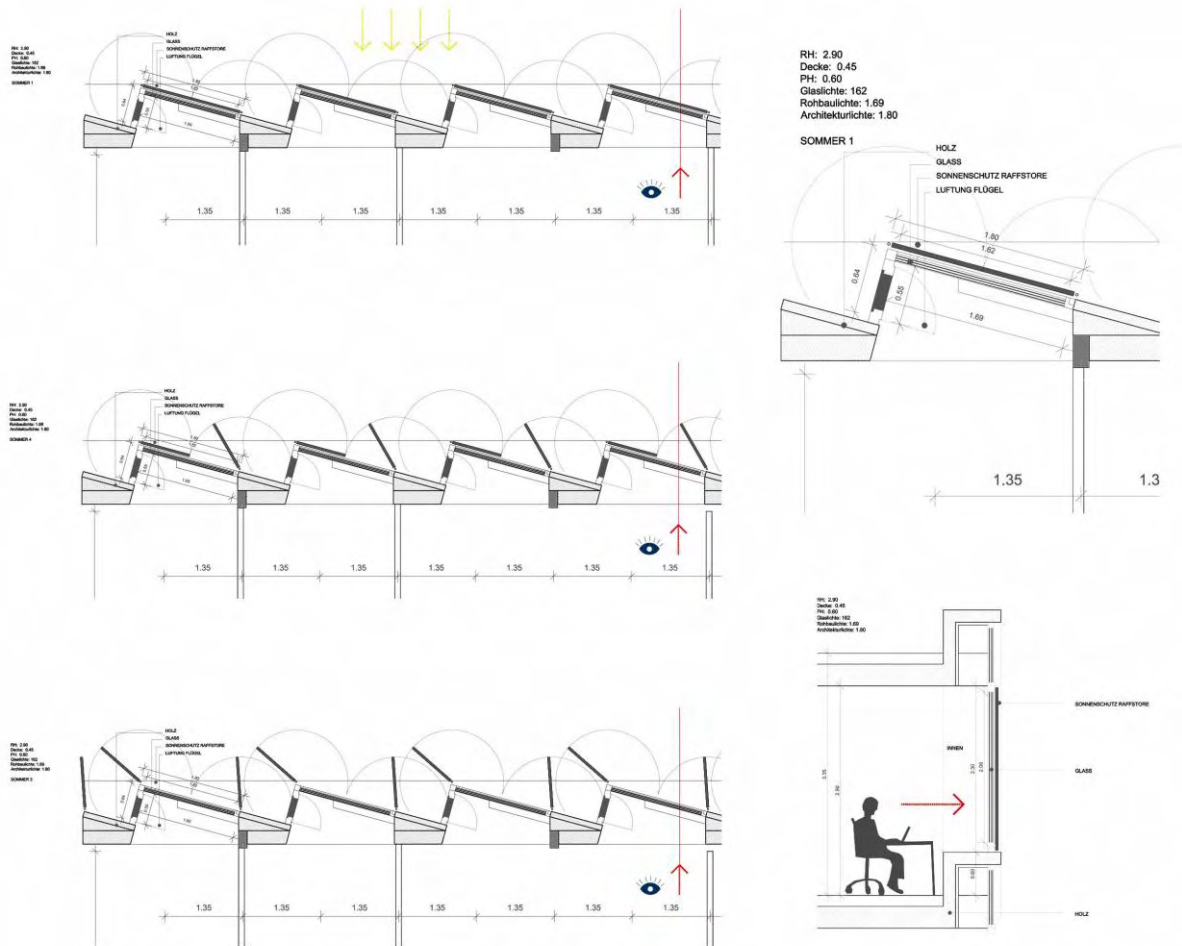


Abbildung 56: Fassadenvariante C

Auf Grund der größeren Verglasungsfläche ist die Tageslichtausbeute im Innenraum hier selbstverständlich wesentlich größer als bei den anderen Varianten, allerdings muss das natürlich mit wesentlich mehr solaren Einträgen auch im Sommer erkauft werden.

Variante D

Fassade D wiederum verfolgt die entgegengesetzte Strategie. Die Fassade ist durchgehend gezackt, die Besonderheit liegt darin, dass die Scheidewände so gesetzt sind, dass jede Raumeinheit für zwei Personen zwei Fenster besitzt, eines relativ stark nach Süden gedreht und eines eher nach Ost-Nord-Ost (siehe Abbildung 57). Die Fassadenoberfläche ist relativ groß, die solaren Gewinne im Winter sind moderat, die Verschattung im Sommer jedoch ist hervorragend, da mit einem Paneel beide Fenster beschattet werden können, das Paneel dreht sich mit der Sonne und gibt nach kürzester Zeit wieder freien Ausblick aus der Büroeinheit. Die Fensterfläche ist mit 4,02 m relativ groß, jedoch deutlich kleiner als bei Variante C. Beide Fenster können durch vorklappen des Verschattungselementes

regensicher geöffnet bleiben, auf dem Pflanzensteg kann vor jedem Fenster eine große Pflanze untergebracht werden.

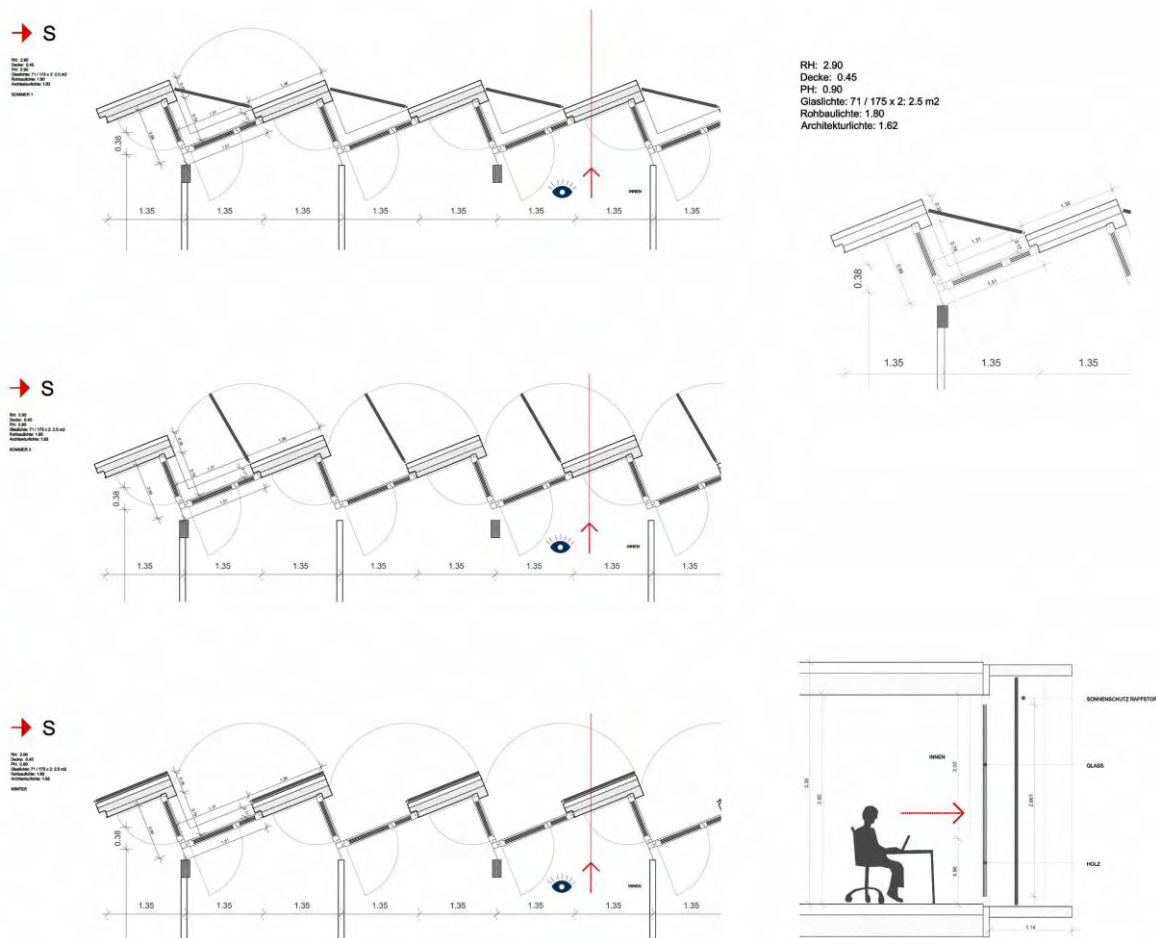


Abbildung 57: Fassadenvariante D

Diskussion der Ergebnisse

In Abbildung 58 ist für alle Varianten die solare Einstrahlung auf 1 m Fassade gemittelt auf 24 Stunden für Winter und Sommer dargestellt, es geht dabei nicht um die absoluten Zahlen, sondern eher um die relativen Unterschiede der Varianten untereinander.

Variante C bietet den höchsten Tageslichtquotienten und die höchsten Erträge im Winter. Allerdings muss bei Bürogebäuden nicht auf Strahlungsgewinne im Winter vorrangig abgestellt werden, da innere Lasten und eine gute Hülle in unserem Klima zu einer extrem kurzen Heizperiode führen (Dez.-Feb.). Wesentlich schwieriger zu beherrschen ist der Sommerfall. Daher schneidet in Bezug auf die solare Strahlung eigentlich Variante D am besten ab, sie hat im Vergleich zu A leicht höhere Erträge im Winter aber auf Grund der besonderen Konfiguration und dynamischen Verschattung auch niedrigere „Erträge“ im Sommer. Varianten B und C können im Sommerfall nicht genügend Reduktion der solaren Lasten vorweisen.

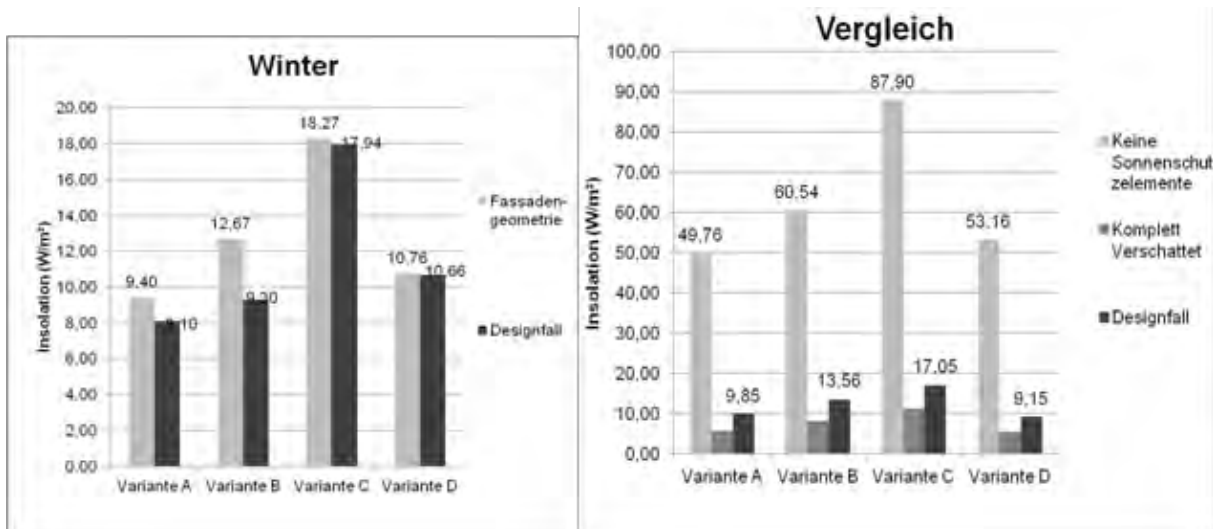


Abbildung 58: Variantenvergleich im Winter und Sommer

Es wurde daher eine Entscheidung zugunsten Variante D getroffen, jedoch mit der Auflage diese hinsichtlich des Tageslichtquotienten und des sehr großen Verschattungs-drehflügels noch zu verbessern.

3.3.7.3 Ausführungsvariante allgemein

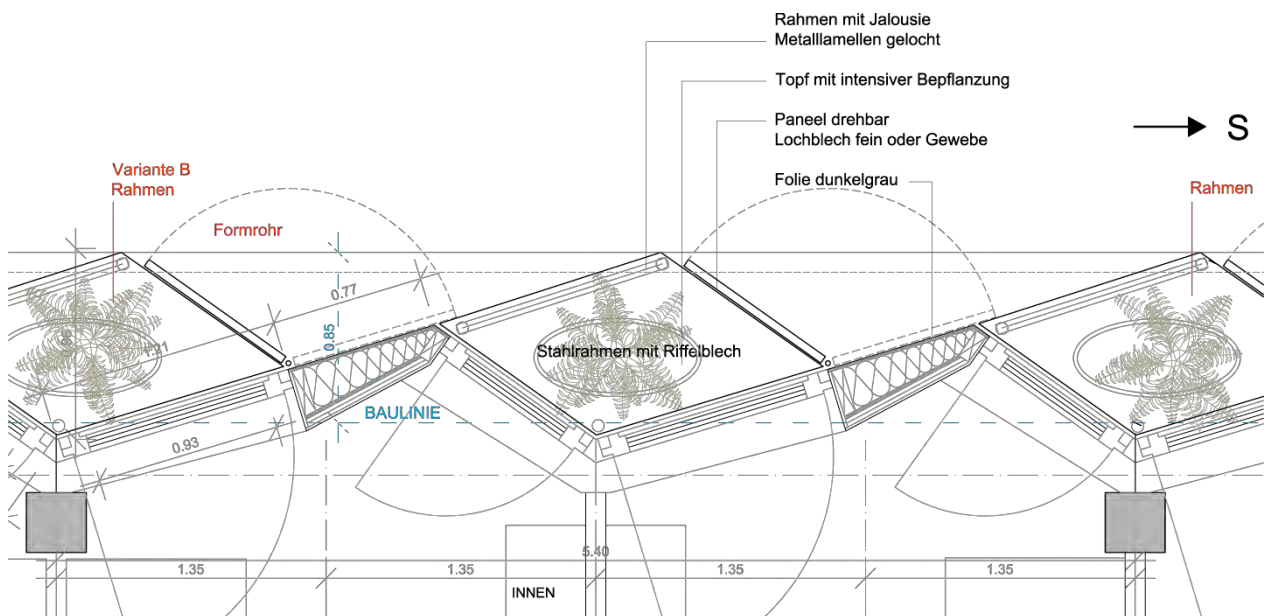


Abbildung 59: Ausführungsvariante Fassade

Gegenüber Variante D aus den Simulationen wurde die Ausführungsvariante deutlich abgeflacht (siehe Abbildung 59). Dies bringt eine Reduktion der Fassadenoberfläche und gleichzeitig verbesserte Belichtung. Das Verschattungssystem wurde in zwei Teile aufgelöst, einen deutlich verkleinerten Drehflügel und einen fixen Rahmen, in dem ein Raffstore

heruntergelassen werden kann. Ein Teil des fixen Rahmens wird gleichzeitig als Tragsystem für den außen liegenden Pflanzensteg verwendet.

3.3.7.4 Ausführungsvariante solare Erträge, Verschattung, Tageslicht

Ähnlich wie bei Variante D kann durch die Faltung der Fassade im Winter Sonne bis ca. 11:15 vormittags in jedes Zellenbüro dringen (siehe Abbildung 60). Bei dem Süd-Ost orientierten Fenster verhindert ein gelochter innerer Blendschutz gegebenenfalls die Blendung, beim Ost-Nord-Ost orientieren Fenster kann die Sonne ohne Blendschutz auf die Scheidewand fallen, hier wird das Licht dann diffus gestreut. Auf diese Weise ist an Wintertagen zumindest am Vormittag in jedem Büroraum direkte Sonne erlebbar, und dies ohne Blendung.

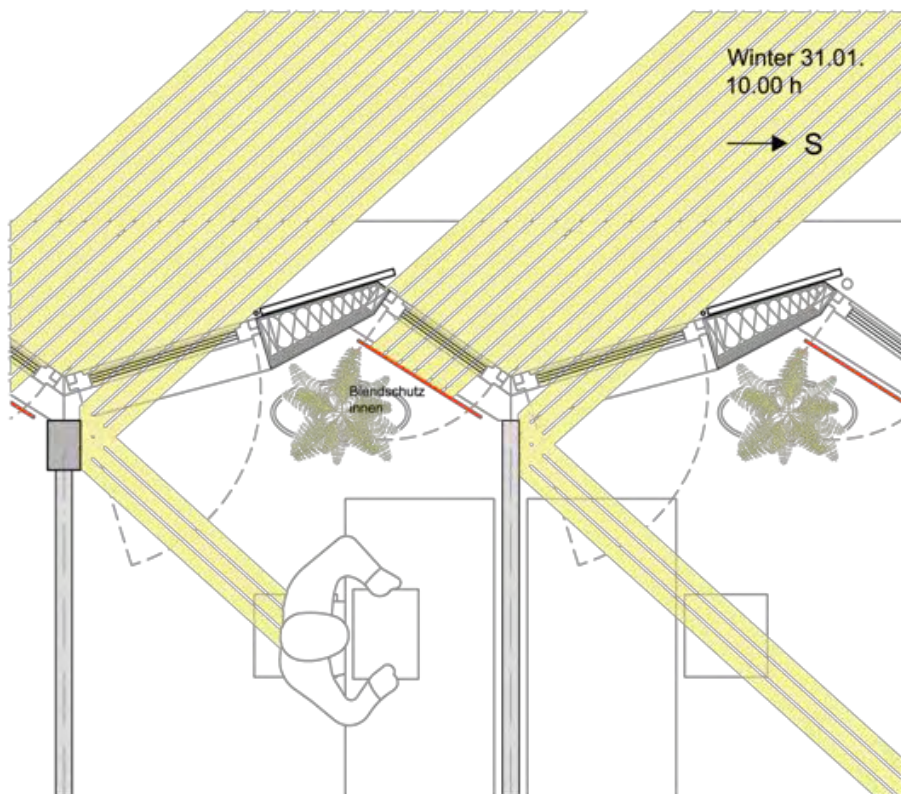


Abbildung 60: Solare Einstrahlung im Winter

Der äußere Sonnenschutz bleibt im Winter ohne Aktion, der fixe Rahmen mit dem Raffstore bleibt offen, das Drehpaneel bleibt an die Fassade angelegt.

Im Sommer wiederum wird für die außen liegende Verschattung dieselbe Designstrategie gefahren wie auch schon bei Variante D. In den Morgenstunden, in den Abendstunden oder in extremen Hitzeperioden ganztags bleibt der Sonnenschutz komplett geschlossen, die Lamellen des Raffstores sind mit einem Lochanteil von 12 % gelocht, das Drehpaneel ist opak (siehe Abbildung 61). So wird auch an Hitzetagen während des Tages eine ausreichende Belichtung gewährleistet.

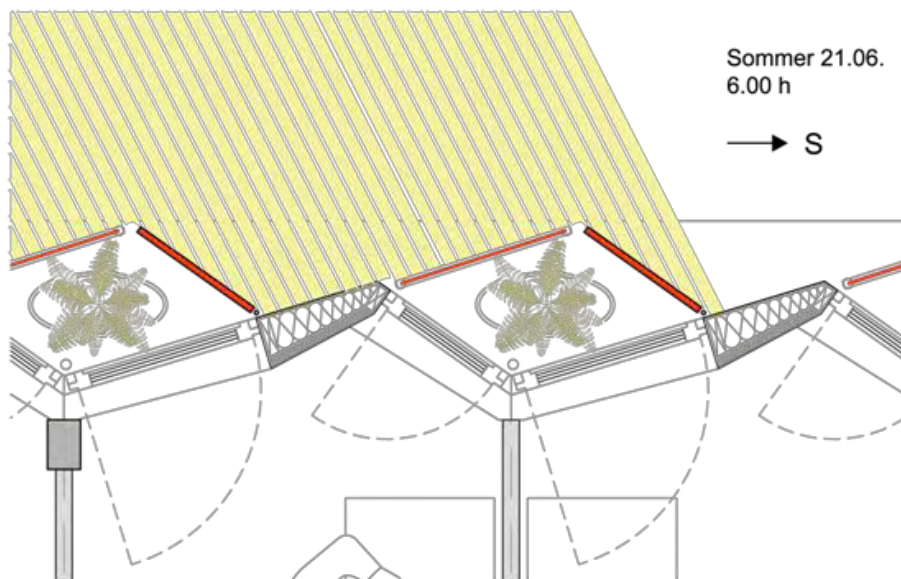


Abbildung 61: Totalverschattung im Sommer

Am Vormittag kann das Drehpaneel mit der Sonnenbahn aufgedreht werden, Direktstrahlung auf die Verglasung wird vermieden, spätestens ab 10:00 ist wieder Ausblick möglich (siehe Abbildung 62). Mit dem öffnen oder horizontal stellen des Raffstores ist noch eine zusätzliche feinere Regelungsmöglichkeit der Strahlung auf die transparenten Flächen je nach Außentemperatur und Strahlungsintensität gegeben.

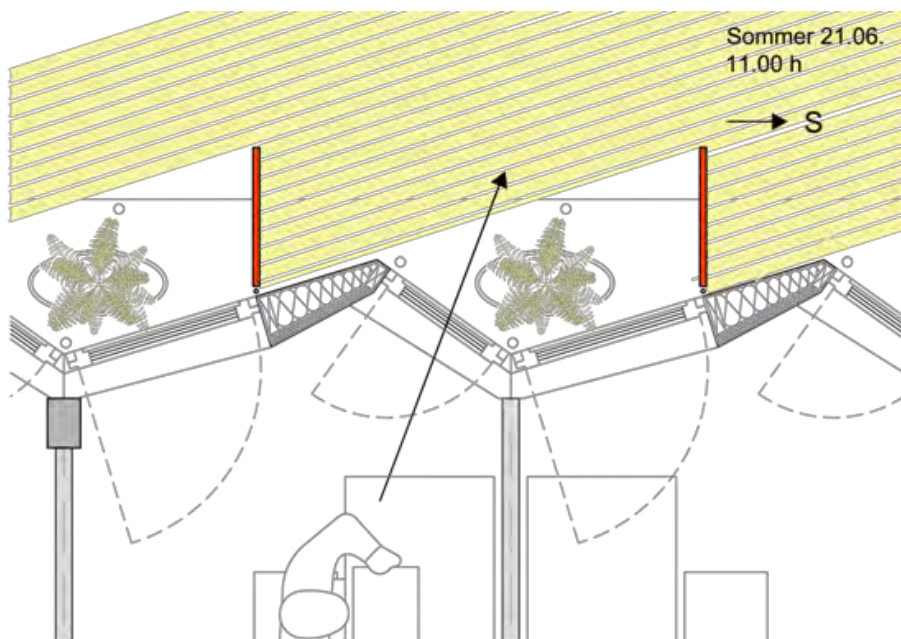


Abbildung 62: Ausblick bei gleichzeitiger Verhinderung von Direktstrahlung

3.3.7.5 Ausführungsvariante Natürliche Lüftung

Die großzügige natürliche Belüftbarkeit eines Raumes ist ein über die Lebensdauer des Gebäudes bleibender Wert, der mit etwas geringeren Investitionskosten im Fall mit Fixverglasung nicht aufgewogen werden kann. Daher sind in diesem Fall beide Fenster pro Raum zu 100 % öffnbar ausgeführt (siehe Abbildung 63). Die Fenster sind durch den

Pflanzensteg vor leichtem Schlagregen geschützt. Wenn die Fenster in Sommernächten zur Gänze offen stehen bleiben sollen und die Wettervorhersage ungewiss ist, kann der Sonnenschutz als Regenschutz verwendet werden. Durch die Anordnung von zwei Fenstern pro Raum und die Faltung kann, wenn alle Fenster einer Fassade geöffnet sind, ein gewisser „Arkadeneffekt“ erzielt werden. Bei Wind von Norden, Nord-West oder Nord-Ost kann diese Längsdurchströmbarkeit der Fassade noch zusätzlich unterstützend wirken.

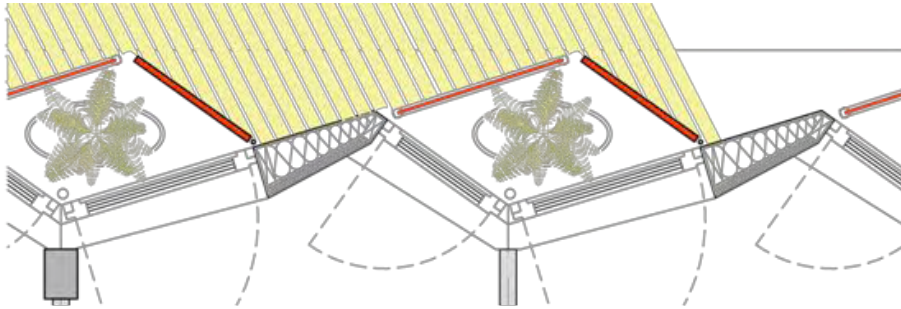


Abbildung 63: Nächtliche natürliche Lüftung

3.3.7.6 Ausführungsvariante Bepflanzung im Winter und Sommer

Aus dem Bürogebäude ENERGYbase ist der Beitrag der Pflanzen zur Luftbefeuchtung im Winter bekannt. Für FUTUREbase wurde einerseits eine einfachere Lösung gesucht, andererseits sollte auch der Verdunstungskühleffekt im Sommer genutzt werden.

Eine sinnvolle Lösung ist es daher, die Pflanzen fix in das Bürolayout mit einzubeziehen, aber so, dass sie im Sommer leicht aus dem Innenraum entfernt werden können.

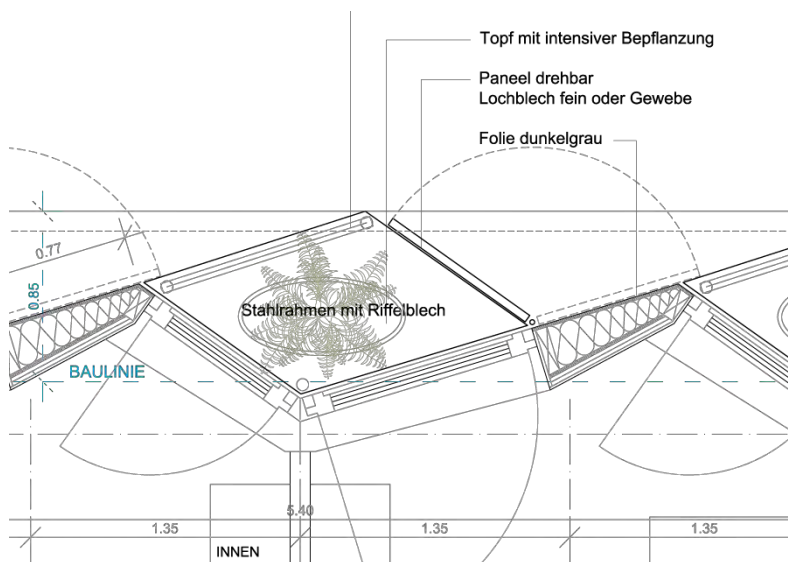


Abbildung 64: Bepflanzung der Fassade, Grundriss



Abbildung 65: Bepflanzung der Fassade, Rendering

Wie in Abbildung 64 und Abbildung 65 ersichtlich, findet je Zellenbüro eine große Pflanze in der Fassadennische Platz. Die Pflanze kann in der Winterzeit zur Befeuchtung des Raumes auf direktem Wege beitragen zusätzliche Aufwendungen für das Lüftungssystem. Im Sommer, wenn Befeuchtung nicht mehr gewünscht ist, wird die Pflanze vor das Fenster auf den Pflanzensteg gehoben und an eine künstliche Bewässerung angeschlossen. Es entsteht dadurch einerseits ein Grünfilter, andererseits eine zusätzliche Beschattung des Fensters und zu guter Letzt auch noch eine kleine Menge Verdunstungskühle im Außenraum, direkt am Fenster.

3.4 Plusenergiekonzepte

3.4.1 Dynamische Simulationen

Im Rahmen dieser Studie wurde ein Simulationsmodell des Bauvorhabens FUTUREbase in der Simulationsumgebung TRNSYS 17 erstellt um drei Fragestellungen zu beantworten:

- Verschattungsanalyse der Gebäudehülle zur aktiven Solarenergienutzung
- Jährlicher bzw. monatsweise Heiz- und Kühlenergiebedarf
- Wirkungsweise der Decken als Speichermasse

3.4.1.1 Ergebnisse Verschattungsanalysen

Abbildung 66 zeigt das erstellte 3-D Modell von FUTUREbase in Goolge Sketchup mit dem südlich angrenzenden Gebäudekomplex TECHbase. Die rot gefärbten Flächen sind jene, die zur aktiven Solarenergienutzung vorgesehen sind und daher einer Verschattungsanalyse unterzogen wurden.

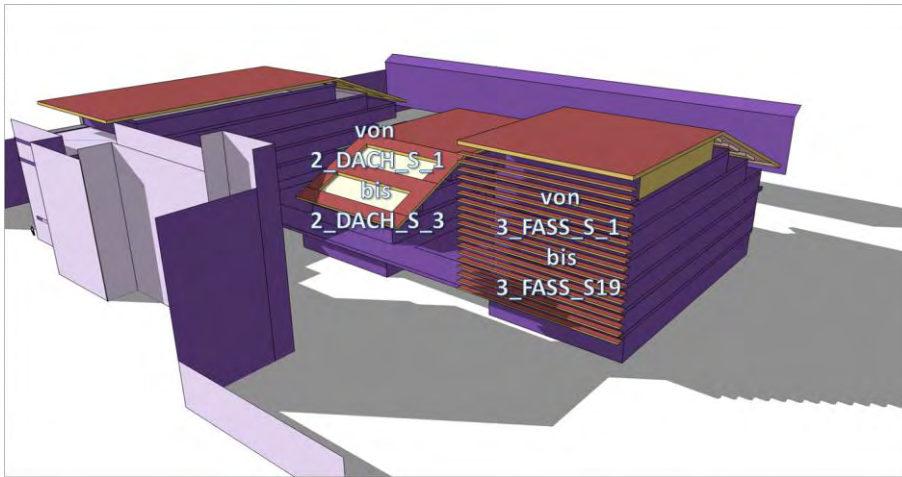


Abbildung 66: Simulationsmodell für Verschattungsanalysen

In Tabelle 11 sind die resultierenden Minderungsfaktoren bedingt durch die benachbarten Gebäude dargestellt. Es wurden in dieser Analyse auch noch zusätzliche Ost- und Westfassadenflächen analysiert, falls zur Erreichung von Plusenergie noch mehr Flächen zur aktiven Solarenergienutzung benötigt werden.

Tabelle 11: Minderungsfaktoren für Solarerträge aufgrund von Verschattung

Flächen	Minderungsfaktor	Flächen	Minderungsfaktor	Flächen	Minderungsfaktor
1_DACH_HOR	1,000	3_DACH_HOR:	1,000	3_FASS_S10	0,915
1_DACH_N	0,992	3_DACH_N	0,995	3_FASS_S11	0,905
1_FASS_W_1	0,903	3_FASS_S_1	1,000	3_FASS_S12	0,896
1_FASS_W_2	0,868	3_FASS_S_2	0,994	3_FASS_S13	0,890
1_FASS_W_3	0,869	3_FASS_S_3	0,991	3_FASS_S14	0,882
1_FASS_W_4	0,891	3_FASS_S_4	0,976	3_FASS_S15	0,875
2_DACH_HOR	0,981	3_FASS_S_5	0,969	3_FASS_S16	0,871
2_DACH_N	0,960	3_FASS_S_6	0,954	3_FASS_S17	0,868
2_DACH_S_1	0,953	3_FASS_S_7	0,947	3_FASS_S18	0,863
2_DACH_S_2	0,897	3_FASS_S_8	0,935	3_FASS_S19	0,861
2_DACH_S_3	0,851	3_FASS_S_9	0,922	3_FASS_W	1,000

3.4.1.2 Ergebnisse Heiz- und Kühlenergiebedarf

Mit Hilfe des hier erstellten Gebäudemodells, sollte der jährliche bzw. monatsweise Energiebedarf für Heizung und Kühlung in der FUTUREbase abgeschätzt werden.

Methode: Dynamische, thermische Simulation einiger ausgewählter Büroräume:

- Ausrichtungen N/O/S/W
- Jeweils drei Randbedingungen (über Tiefgarage, zwischen zwei Geschossen, oberstes Geschoß mit Dach)

Aus den Ergebnissen dieser Referenzräume wurde der Energiebedarf auf das gesamte Gebäude hochgerechnet.

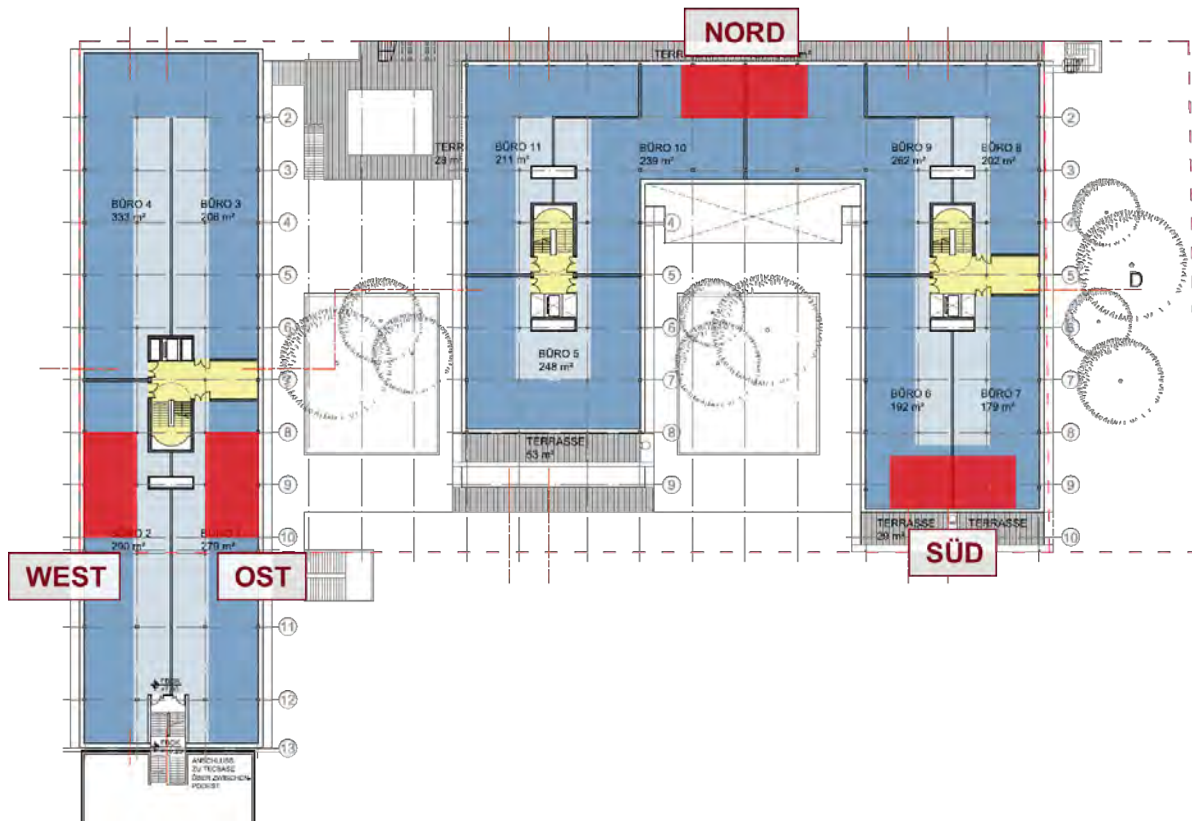


Abbildung 67: Referenzräume zur Berechnung Heiz- und Kühlenergiebedarf

Randbedingungen Simulation:

- Anwesenheitsprofile laut SIA2024
- Personen: 15 m/P mit 120 W/P (sensibel + latent)
- Beleuchtung: 4 W/m; wird bei Totalstrahlung von > 300 W/m ausgeschaltet
- Geräte: 83 W/P (Schöberl, 2011)
- Fenster: u-Wert: $0,7$ W/mK; g-Wert: $0,5$
- Verschattungssteuerung
 - „aktiv“ von Mai – September
 - Verschattungsfaktor: $0,8$
 - Bei Totalstrahlung > 300 W/m geschlossen
- Lüftung
 - 35 m/h.P Frischluft
 - Wärme- und Feuchterückgewinnung
- Idealisertes Heiz-/Kühlsystem
 - Setpoints: $20^{\circ}\text{C}/26^{\circ}\text{C}$
- Bauteile:
 - Außenwand u-Wert: $0,18$ W/mK
 - Decke (Beton-Hohldiele): $0,48$ W/mK
 - Zwischendecke: $0,33$ W/mK
 - Dach: $0,10$ W/mK
 - Fußboden gegen Erdreich: $0,2$ W/mK

Abbildung 68 zeigt die modellierten Fassaden hinsichtlich Geometrie, Fensterflächen und Eigenverschattung. In der rechten Abbildung ist ein Teil die Südfassade des Bauteil C dargestellt. Hier wurde auch die Eigenverschattung durch die Terrassen in der Simulation berücksichtigt.

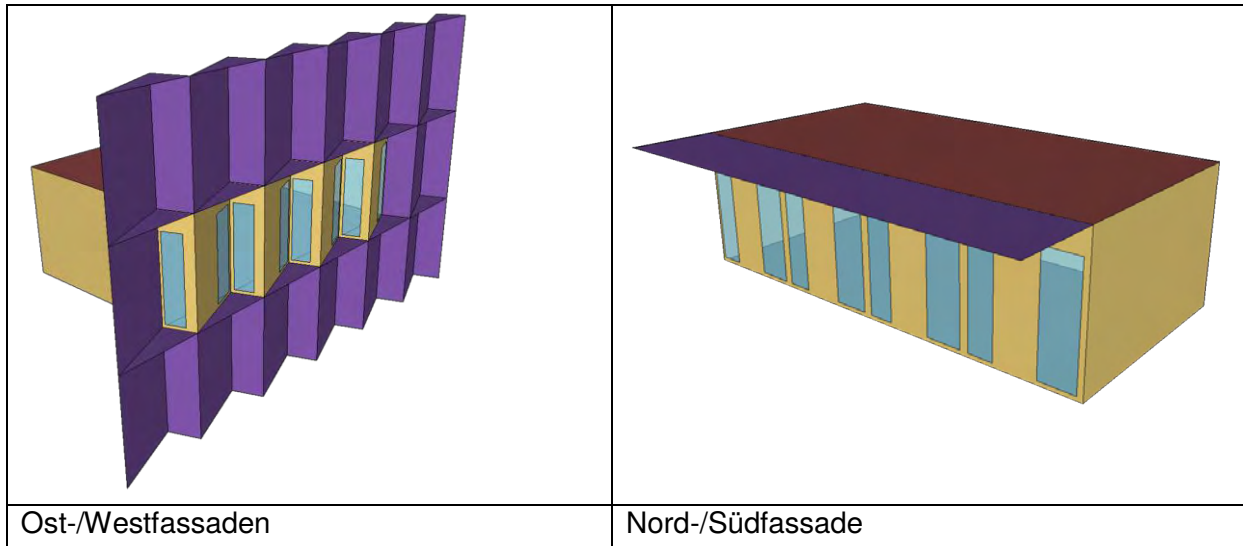


Abbildung 68: Modellierte Geometrie, Fensterflächen und Eigenverschattung für unterschiedliche Fassadenflächen

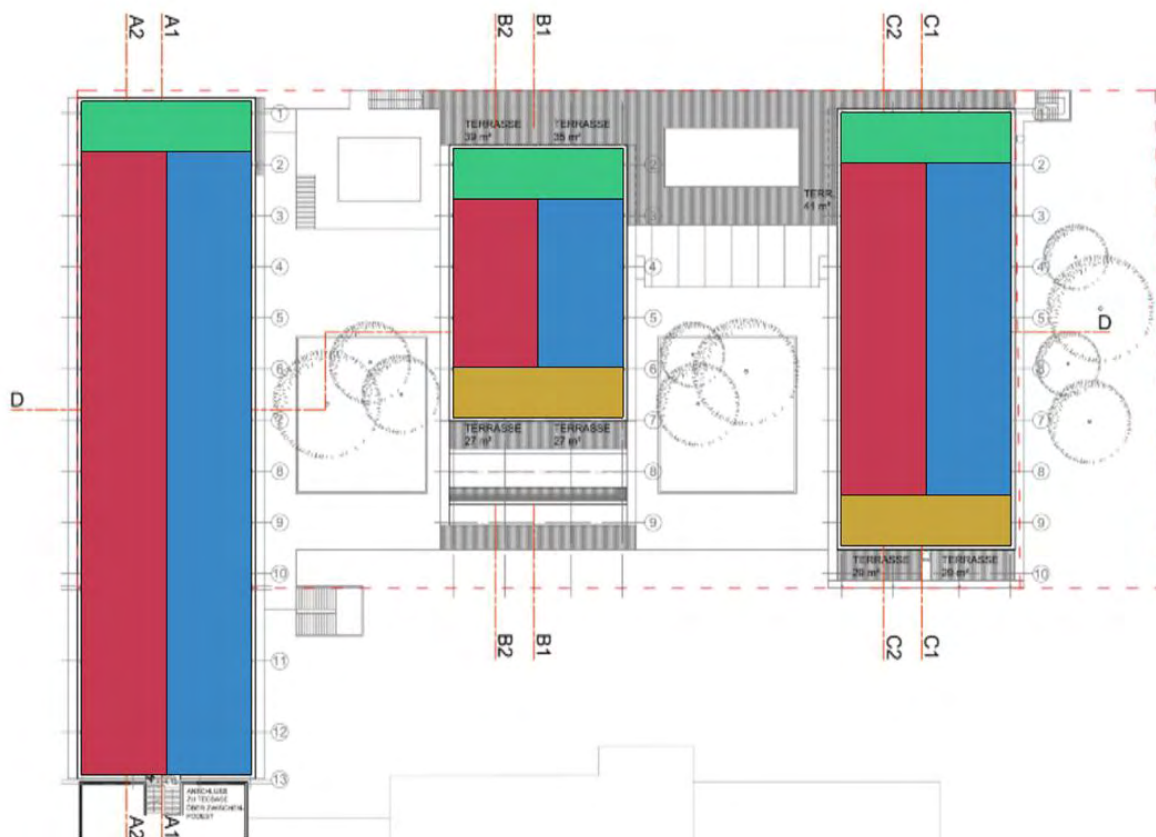


Abbildung 69: Einteilung der Büroflächen in N/O/S/W Zonen

Die resultierende Einteilung der Büroflächen in Zonen je entsprechenden Referenzraum ist in Abbildung 69. Dargestellt. Daraus ergeben sich folgende geschoßweise Gebäudeflächen wie in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Flächenaufstellung nach simulierten Zonen

[m ²]	NORTH	NORTH_GROUND	NORTH_ROOF	SOUTH	SOUTH_GROUND	SOUTH_ROOF	EAST	EAST_GROUND	EAST_ROOF	WEST	WEST_GROUND	WEST_ROOF
EG	-	930	-	-	712	-	-	737	-	-	737	-
1.OG	441	-	-	485	-	-	983	-	-	926	-	-
2.OG	500	-	-	405	-	-	1382	-	-	1382	-	-
3.OG	288	-	-	192	-	-	1066	-	-	1066	-	-
4.OG	177	-	-	188	-	-	745	-	-	745	-	-
5.OG	90	-	104	101	-	114	181	-	292	181	-	292
6.OG	-	-	97	-	-	104	-	-	97	-	-	97
SUMME	1496	930	201	1371	712	218	4357	737	389	4300	737	389

In Abbildung 70 sind die Ergebnisse der Heiz- und Kühlenergiebedarf monatsweise in absoluten Werten dargestellt. Mit 182,8 MWh/a überwiegt der Heizenergiebedarf deutlich über den Kühlenergiebedarf, welcher 87,6 MWh/a ausmacht. Der Hauptanteil des Heizenergiebedarfs konzentriert sich auf die Monate November bis Februar, in der Übergangszeit ist aufgrund der Passivhausbauweise kaum ein Heizenergiebedarf. Der Kühlenergiebedarf macht lediglich 32 % des Energiebedarf aus, erstreckt sich aber von April bis Oktober.

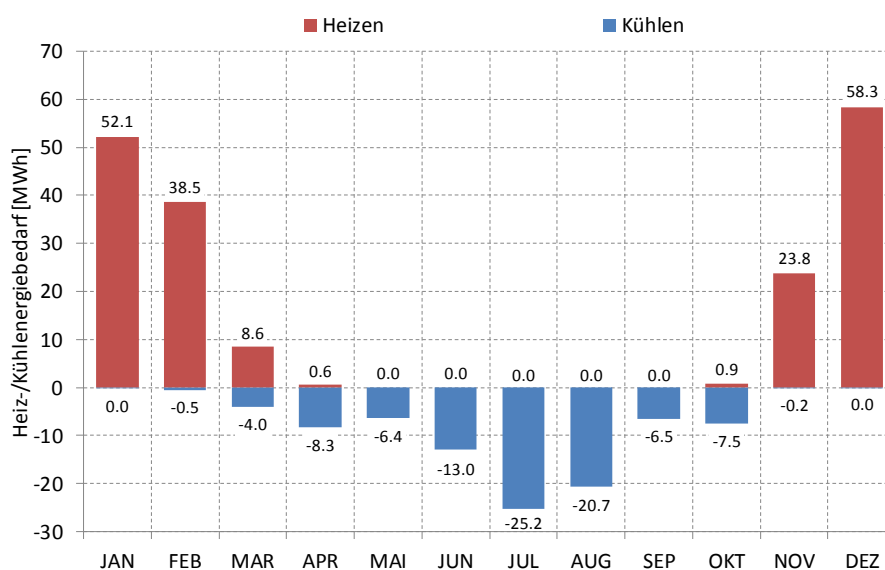


Abbildung 70: Ergebnisse Simulation Heiz- und Kühlenergiebedarf

3.4.1.3 Speichermassen

Folgende Fragestellung galt es mithilfe von dynamisch, thermischer Simulation zu beantworten:

- Einfluss der aktiven thermischen Speichermasse verschiedener Deckenkonstruktionen auf das Raumklima

Methode:

- Thermische Simulation Ost- und Westorientierter Büroräume
- Auswertung der Raumtemperaturverläufe für eine Woche in der Übergangszeit bzw. im Sommer – unterschiedliches Überschwingen durch variierende Speichermasse

Randbedingungen: siehe Kapitel 3.4.1.2

Folgende Deckenvarianten wurden simuliert (Aufbauten siehe Tabelle 13):

- Stahlbetondecke
- Beton Hohldieledecke
- Holz-Beton Verbunddecke
- LIGNO
- Holzrahmendecke

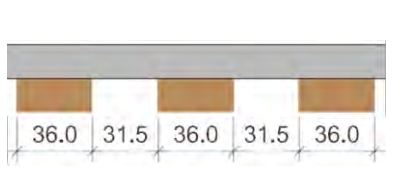
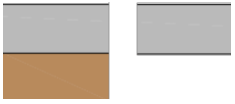
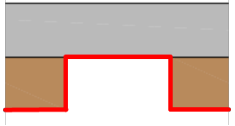
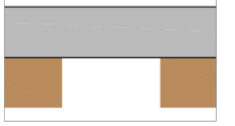
Tabelle 13: Aufbauten unterschiedlicher untersuchter Deckenkonstruktionen

	DE - Stahlbeton	DE - Beton Hohldiele	DE - Holz-Beton-Verbund	DE - LIGNO	DE - Holzrahmen				
1.Schicht (OUTSIDE)	Holzspanplatte	Holzspanplatte	Holzspanplatte	Holzspanplatte	Trockenestrich (Ziegelplatten)				
[m]	0,032	0,032	0,032	0,032	0,022				
lambda [W/m K]	0,12	0,12	0,12	0,12	0,7				
c [kJ/kg K]	2,5	2,5	2,5	2,5	0,9				
rho [kg/m ³]	600	600	600	600	1350				
2.Schicht	Luft waagr.	Luft waagr.	Luft waagr.	Glaswolle	Glaswolle				
[m]	0,080	0,080	0,08	0,080	0,03				
lambda [W/m K]	0,44	0,44	0,44	0,035	0,035				
c [kJ/kg K]	1,008	1,008	1,008	1,03	1,03				
rho [kg/m ³]	1,2	1,2	1,2	50	50				
3.Schicht	Glaswolle	Glaswolle	Glaswolle	Holzfaserverplatte	Schüttung (Splitt, trocken)				
[m]	0,050	0,050	0,05	0,015	0,04				
lambda [W/m K]	0,035	0,035	0,035	0,14	0,7				
c [kJ/kg K]	1,03	1,03	1,03	1,7	1				
rho [kg/m ³]	50	50	50	600	1800				
4.Schicht	Stahlbetondecke	Betonhohldiele	homogene Schicht	LIGNO Brettsperrholzelement	Vollholzschalung				
[m]	0,200	0,200	0,32	0,260	0,02				
lambda [W/m K]	2,3	1	1,249	0,273	0,15				
c [kJ/kg K]	1.116	1.116	1,45	1,2	1,61				
rho [kg/m ³]	2400	1400	1808	1400	600				
5.Schicht				LIGNO Unterseite	Vollholzsteher	Luft waagr.	äquiv. Schicht		
[m]				0,075	0,210	6%	0,210	94%	0,21
lambda [W/m K]				0,17	0,17		0,44		0,42
c [kJ/kg K]				1,61	1,61		1,009		1,05
rho [kg/m ³]				600	700		1,2		1,19
6.Schicht					Vollholzsteher	Schafwolle	äquiv. Schicht		
[m]					0,050	6%	0,050	94%	0,05
lambda [W/m K]					0,17		0,055		0,06
c [kJ/kg K]					1,61		1,7		1,69
rho [kg/m ³]					700		10		11,98
7.Schicht					Lattung	Luft waagr.	äquiv. Schicht		
[m]					0,027	15%	0,027	85%	0,03
lambda [W/m K]					0,15		0,44		0,40
c [kJ/kg K]					1,61		1		1,09
rho [kg/m ³]					600		1,2		1,17
8.Schicht					Holzspanplatte				
[m]					0,0125				
lambda [W/m K]					0,12				
c [kJ/kg K]					2,5				
rho [kg/m ³]					600				
U-Wert	0,51	0,48	0,47	0,25	0,39				

Bei inhomogenen Schichten wurden äquivalente homogener Schichten ermittelt (siehe Tabelle 14):

- λ [W/mK] / c [kJ/kgK] Anteilsmäßig
- ρ [kg/m] – äquivalente Wärmediffusion

Tabelle 14: Ermittlung äquivalenter homogener Schicht für Holz-Beton-Verbunddecke

Geometrie Holz-Beton-Verbunddecke	
Ermittlung der mittleren Wärmeleitfähigkeit für zwei Segmente der Decke	
Ermittlung der mittleren spezifischen Wärmespeicherkapazität durch anteilige Angriffsfläche [kJ/kgK]	
Ermittlung der Dichte durch anteilige Volumina [kg/m]	

In der Simulation wurden zwei Referenzräume (Ostbüroraum, Westbüroraum) modelliert (siehe Abbildung 71).

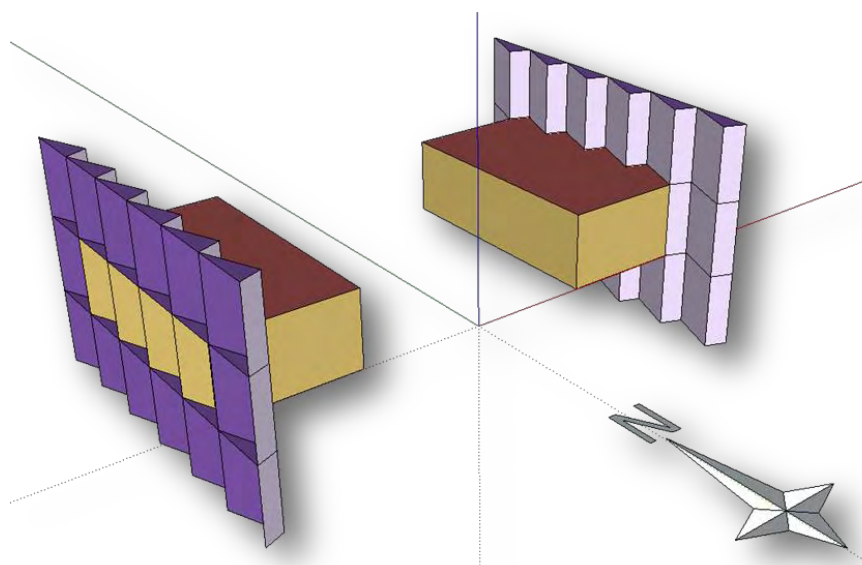


Abbildung 71: 3D Modell der simulierten Referenzräume

Die ersten Simulationsergebnisse zeigten, dass im Westbüroraum höhere Raumtemperaturen auftreten, als im Ostbüroraum. Grund dafür, ist das spätere Auftreten der einfallenden Solarstrahlung wenn der Büroraum bereits durch auftretende interne Lasten über den Tag aufgeheizt ist (siehe Abbildung 72). In der weiteren Simulation wurde daher nur mehr der Westbüroraum als „worst-case“ Fall betrachtet.

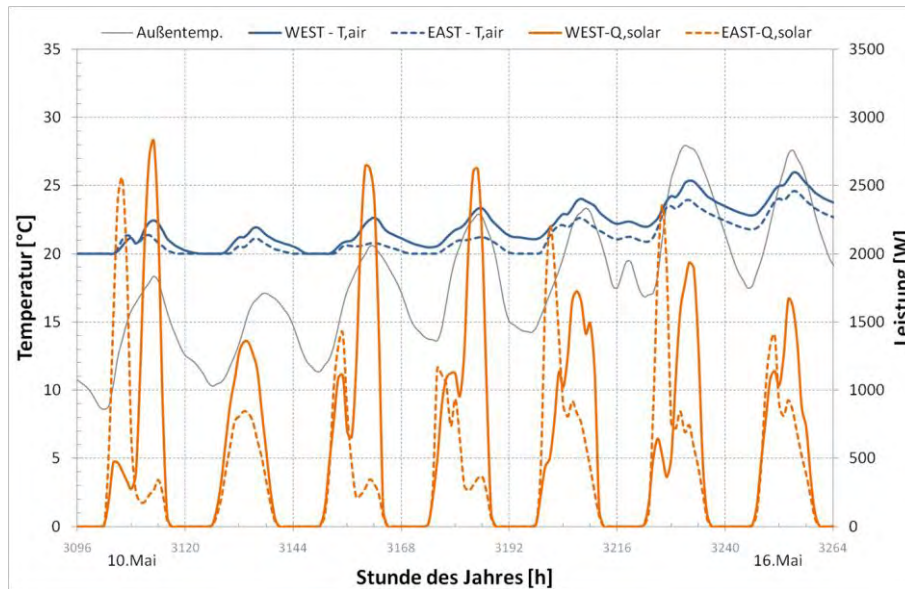


Abbildung 72: Ergebnis Vergleich Innenraumlufttemperatur West-/Ostbüroraum

In einem nächsten Schritt wurde Lufttemperaturverlauf bei unterschiedlichen Stahlbetonstärken der Deckenkonstruktion untersucht:

- 4 / 8 / 20 / 40 [cm]

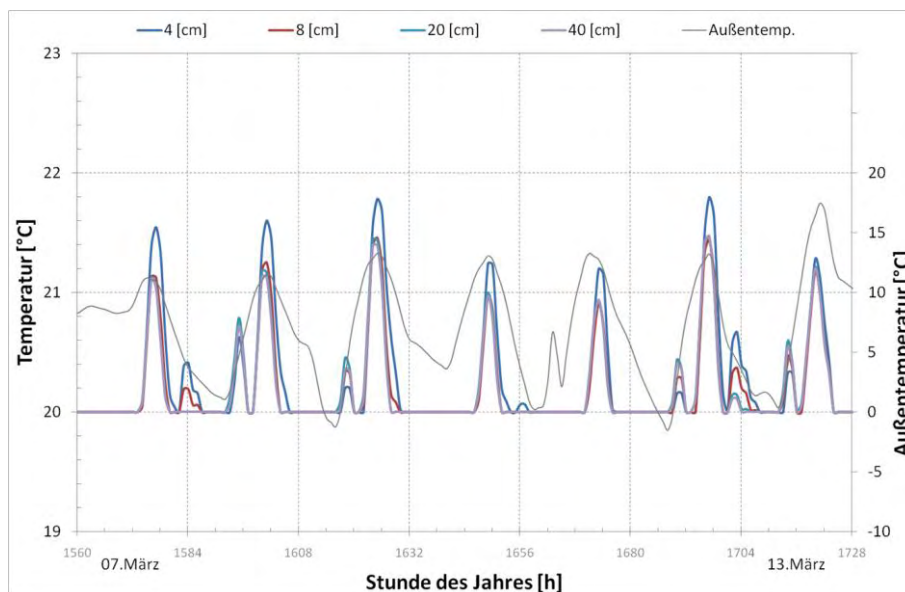


Abbildung 73: Raumlufttemperatur Westbüroraum in Übergangszeit bei unterschiedlichen Stahlbeton Deckenstärken

Folgende natürliche Lüftungsstrategien wurden dabei hinterlegt:

- 1-fach bei $5^{\circ}\text{C} < \text{Außentemperatur} < 20^{\circ}\text{C}$
ansonsten 0,2-fach

Der Einfluss der Dicke der Stahlbetondecke ist in den Stärken 4/8/20 cm deutlich ersichtlich, zwischen 20 und 40 cm ist wenig merkbarer Unterschied (siehe Abbildung 73 und Abbildung 74).

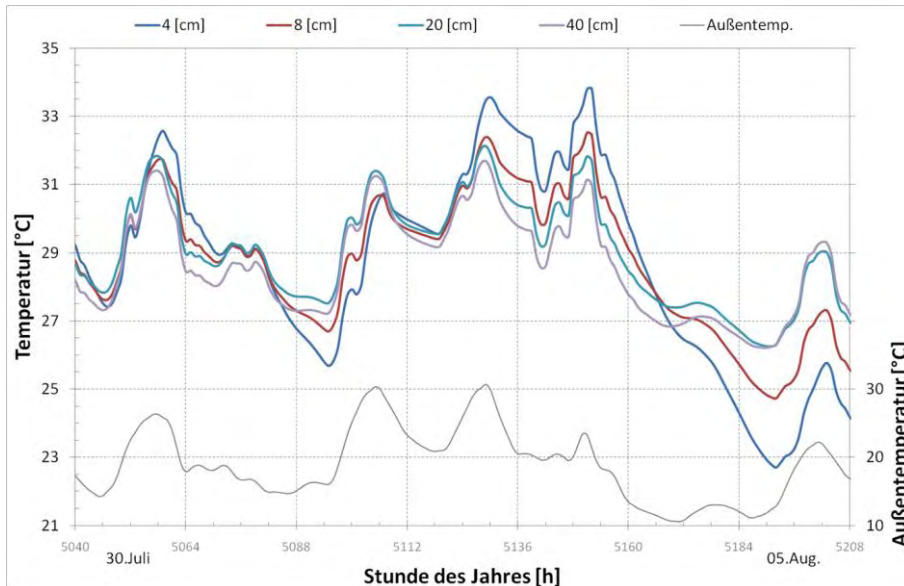


Abbildung 74: Raumlufttemperatur Westbüroraum im Sommer bei unterschiedlichen Stahlbeton Deckenstärken

Ausgehend von diesen Ergebnissen wurde das gleiche Gebäudemodell mit unterschiedlichen Deckenkonstruktionen (d.h. Speichermassen) laut Tabelle 13 simuliert.

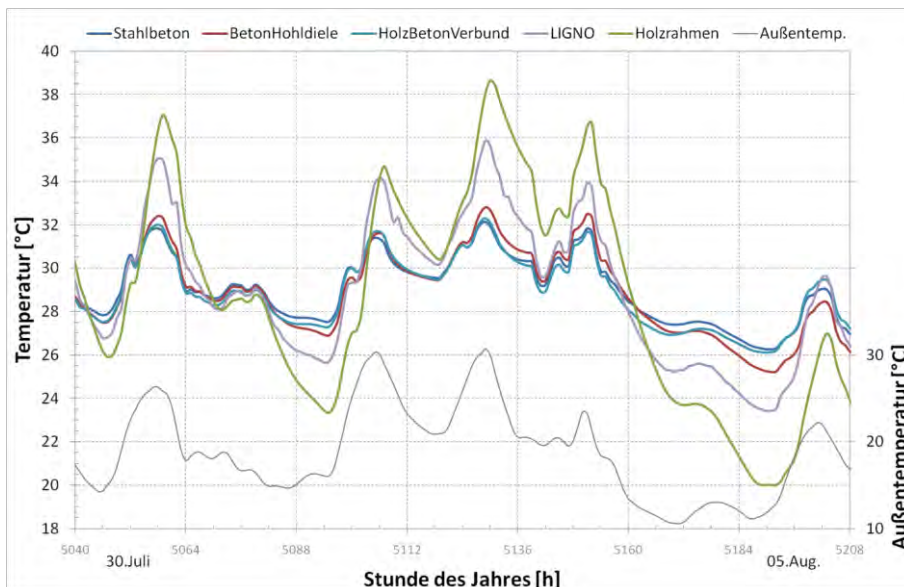


Abbildung 75: Raumlufttemperatur Westbüroraum Sommer ohne Verschattung

Varianten Verschattung:

- Keine Verschattung
- Verschattung ($f_c=0,8$) wird geschlossen bei direkter Strahlung auf die Fassade > 300 W/m von Mai-Sept

Wie die Unterschiedlichen Ergebnisse in Abbildung 75 und Abbildung 76 zeigen, hat die Verschattung einen wesentlichen Einfluss auf die Raumlufttemperaturen.

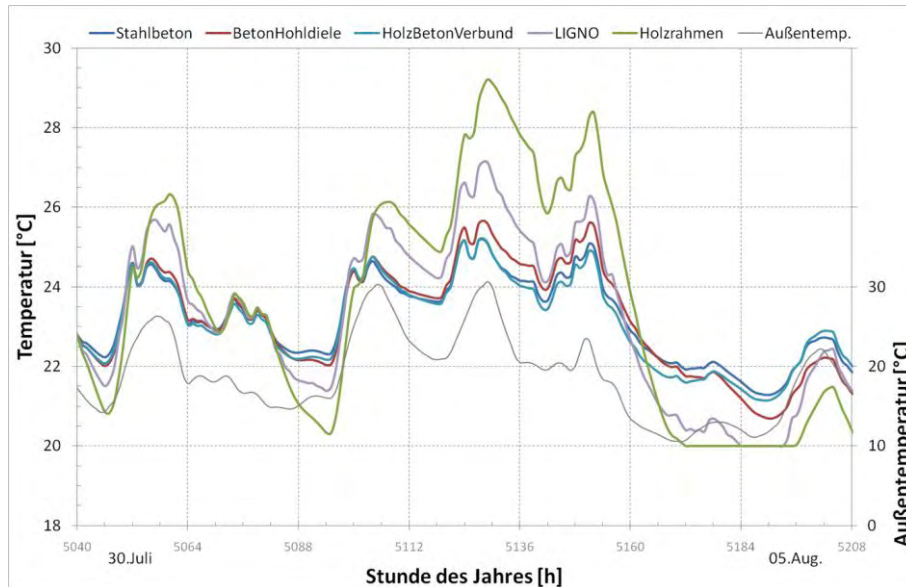


Abbildung 76: Raumlufttemperatur Westbüroraum Sommer mit Verschattung

Fazit: Vergleich Deckenkonstruktionen:

- LIGNO und Holzrahmen sind, bezogen auf die thermische Speicherkapazität, die leichtesten Konstruktionen und zeigen daher das größte Überschwingverhalten
- Leichtes Überschwingen bei Betonhohldiele (geringere Rohdichte als Stahlbeton)
- Stahlbeton und Holz-Beton Verbunddecke liegen sehr nahe aneinander
- Die Holz-Beton Verbunddecke zeigt bei 4 cm geringerer Stahlbetonstärke den gleichen Effekt auf den Raumtemperaturverlauf wie die reine 20 cm starke Stahlbetondecke
- Die Holzrahmendecke besitzt, durch die Dämmlage nach bereits einigen Zentimetern Holz, die geringste thermische Speicherkapazität
- Die Akustik-Version der LIGNO Decke weist, durch die zusätzliche Dämmschicht, eine noch geringere Speicherkapazität auf als die Standard-Version. Ihr Einfluss wird daher geringer ausfallen als der der LIGNO-Decke

Die Schlussfolgerungen für die weitere Konzeption des Gebäudekonzepts hinsichtlich Deckenkonstruktion sind in Kapitel 3.5.1.2 beschrieben.

3.4.2 Optimierte Gebäuderegulung

Wichtige Inputs zur Anlagenkonfiguration und Entwicklung einer optimierten Gebäuderegulung schon in der Konzeptphase konnten von den Monitoringergebnissen ENERGYbase

abgeleitet werden. Die ENERGYbase hat ebenfalls Passivhausstandard, nutzt erneuerbare Energietechnologien, wird zum überwiegenden Teil als Bürogebäude genutzt und hat den Anspruch auf hohen Innenraumkomfort. Im Rahmen der Studie FUTUREbase galt es nun aus den Erkenntnissen von ENERGYbase Optimierungen für FUTUREbase abzuleiten.

Der Endenergiebedarf von ENERGYbase setzt sich wie in Abbildung 77 dargestellt zusammen, der Nutzerstrom ist dabei nicht beinhaltet (wird in ENERGYbase nicht zentral gemessen). In der Auswertung für Beleuchtung ist daher auch nur der Strombedarf für die Beleuchtung der Allgemeinflächen beinhaltet, der Strom für Beleuchtung in den einzelnen Mietflächen wird über die Stromzähler der Mieter erfasst. Der Endenergiebedarf für Kühlung in ENERGYbase ist mit 4% sehr gering, was auf die Nutzung von Grundwasser in Verbindung mit Bauteilaktivierung zurück zu führen ist. Es ist aus wasserrechtlicher Sicht jedoch nicht zu erwarten, dass für FUTUREbase eine entsprechende Grundwassernutzung möglich sein wird. Daher wurden in Kapitel 3.2 alternative geothermische Nutzungsmöglichkeiten am Standort untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Hauptverbraucher Heizung, Lüftung und Restverbraucher sind. Ziel war es daher noch Optimierungsmöglichkeiten für diese drei Kategorien für die Energiekonzepte FUTUREbase zu finden.

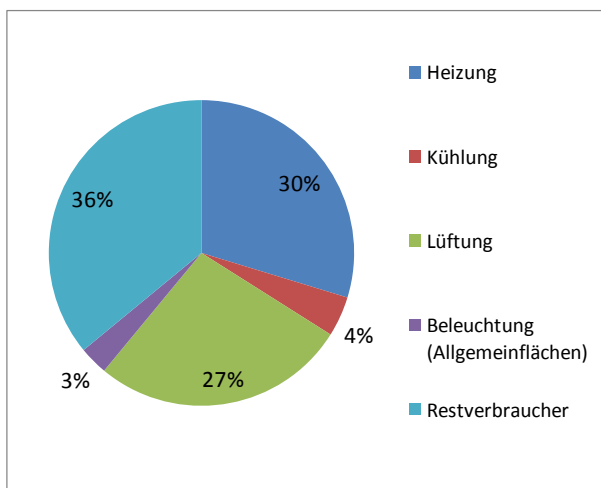


Abbildung 77: Zusammensetzung Endenergiebedarf (Strom) in ENERGYbase, Ergebnisse Monitoring 2010

3.4.2.1 Optimierungsmöglichkeiten Heizung

In der detaillierten Analyse des Strombedarfs für Heizung zeigt sich, dass 32% des Heizenergiebedarf (thermisch) von der Solarthermieanlage abgedeckt wird und 68% von der Wärmepumpenanlage (siehe Abbildung 78). Die 32% aus der Solarthermieanlage setzten sich aus 14,5% für Heizungsunterstützung und 17,5 % für solare Kühlung (Regeneration Sorptionsrotor) zusammen. Interessant ist hier nun der Vergleich des dafür erforderlichen Strombedarfs laut Abbildung 79. 96% des Strombedarfs für Heizung wird für den Betrieb der Wärmepumpenanlage benötigt und nur lediglich 1% für den Betrieb der Solarthermieanlage. Diese Ergebnisse zeigen deutlich, dass aus energetischer Sicht eine möglichst hohe solare Deckung für FUTUREbase angestrebt werden sollte.

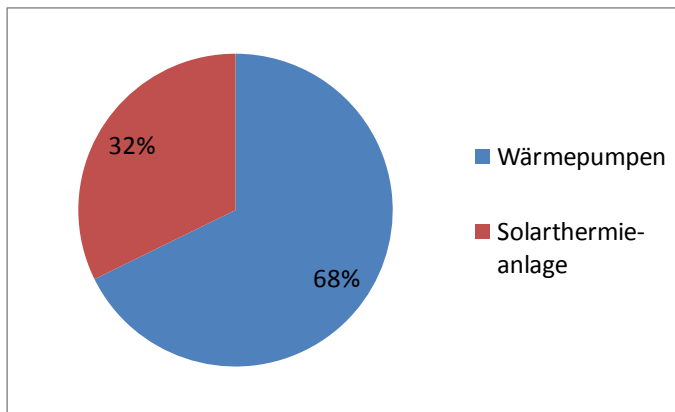


Abbildung 78: Zusammensetzung der Deckung des thermischen Energiebedarfs, Ergebnisse Monitoring 2010

Der hohe Strombedarf für die Wärmepumpenanlage in ENERGYbase wird einerseits durch die Verwendung von starren Pumpen (keine Drehzahlregelung) um die Wärmepumpen verursacht, und andererseits durch die Vorgabe einer bestimmten Mindestfrequenz der Brunnenpumpe. Die starren Pumpen sind eine Vorgabe des Wärmepumpenherstellers, da die Regelung der Wärmepumpen auf einen fixen Massenstrom ausgelegt ist. Da die Wärmepumpenanlage aber zumeist im Teillastbetrieb ist, verschlechtern die Pumpen um die Wärmepumpe die Gesamteffizienz der Anlage. Sowohl die Problemstellung des fixen Massenstroms um die Wärmepumpen als auch die Mindestfrequenz der Brunnenpumpe wurden mit den jeweiligen Herstellern diskutiert und es sind durchaus alternative Lösungen möglich, wenn diese vom Kunden angefordert werden.

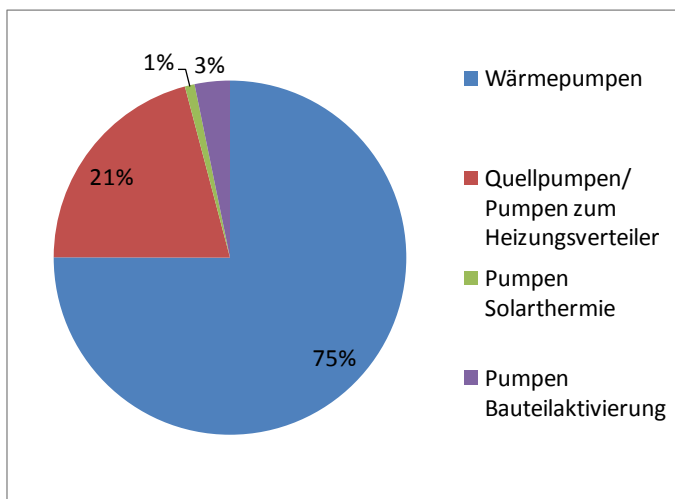


Abbildung 79: Zusammensetzung Endenergiebedarf (Strom) in ENERGYbase für Heizung, Ergebnisse Monitoring 2010

Die Auswertung der solarthermischen Heizungsunterstützung im Passivhaus-Bürogebäude ENERGYbase hat gezeigt, dass durch eine ungünstige Wahl der hydraulischen Heizungseinbindung die erwarteten solaren Deckungsgrade nicht erreicht werden können (siehe Abbildung 80). Weiters wurde deutlich sichtbar, dass das Angebot an Solarenergie mit dem Bedarf an Heizenergie bei Gebäuden in Passivhausbauweise noch weniger übereinstimmt als mit Gebäuden in Niedrigenergiestandard bzw. laut Bauordnung oder für

Sanierungen. Das ergibt sich dadurch, da einerseits gerade in der Übergangszeit, wenn die Solaranlage sehr hohe Erträge hat, noch kaum Heizenergie aufgrund der Passivhausbauweise anfällt und andererseits im Winter das geforderte Temperaturniveau zur Heizungsunterstützung mit Flachkollektoren zumeist nicht erreicht werden kann. Dadurch verringert sich die Zeit, in der die solarthermische Heizungsunterstützung ihren Beitrag leisten kann erheblich im Vergleich zu Gebäuden in Niedrigenergiestandard bzw. laut derzeitiger Bauordnung oder für Sanierungen. Eine logische Schlussfolgerung ist daher der Einsatz von Mittelt-emperatorkollektoren in der Fassade, um das geforderte Temperaturniveau zur Heizungsunterstützung auch im Winter zu erzielen. In FUTUREbase bieten sich als Abnehmer der Solarthermie in der Übergangszeit der Warmwasserbedarf der Sondernutzungen (Restaurant, Fitnessbereich, Café, usw.) an. Dadurch kann die solare Deckung erhöht werden und Stagnationszeiten vermieden.

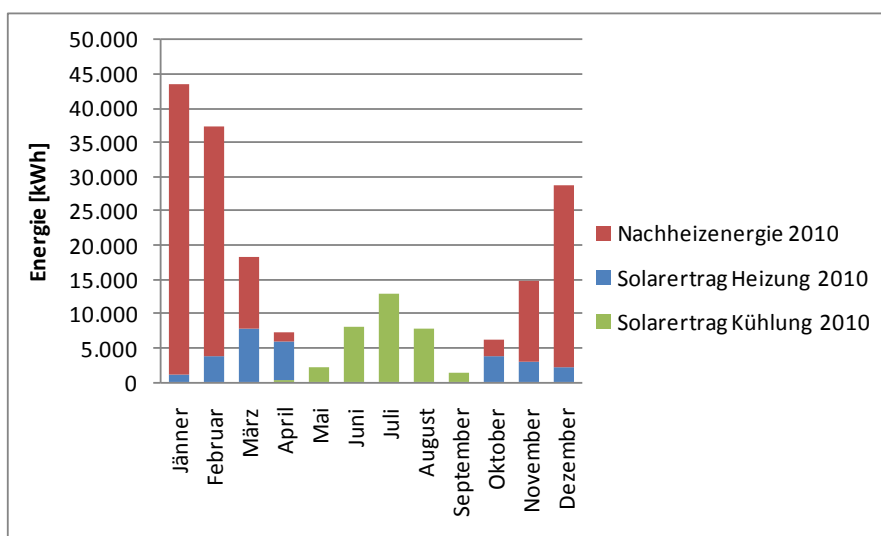


Abbildung 80: Beitrag Solarthermie zu Energiebedarf in ENERGYbase, Ergebnisse Monitoring 2010

Um eine höhere solare Deckung zur Heizungsunterstützung in FUTUREBase im Vergleich zu ENERGYbase zu erreichen sind weiters folgende Optimierungen möglich:

- Direkte Einbindung des Solarspeichers in die Heizungsverteilung
- Adaptierung der Speicherbeladung abhängig von der gewünschten Heizungs-Vorlauftemperatur

3.4.2.2 Optimierungsmöglichkeiten Lüftung

Zuerst galt es die Fragestellung zu beantworten, welches Lüftungssystem am energetisch sinnvollsten für FUTUREbase ist. Dazu wurden die Monitoringergebnisse von ENERGYbase mit simulierten Ergebnissen einer Standardlüftungsanlage (Referenzanlage) verglichen. Die Referenzanlage ist mit einer Wärmerückgewinnung (85%), einem Kühlregister, welches über eine Kompressionskälteanlage mit Kälte versorgt wird und Heizregistern, welche über einen Gaskessel mit Wärme beliefert werden, ausgestattet. Die verwendeten Parameter zur primärenergetischen Bewertung sind in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Parameter Primärenergiebewertung

PE Faktor Strom	2,5
PE Faktor Erdgas	1,11
SPF Kompressionskälte	2,8
Wirkungsgrad Gaskessel	0,95
JAZ Wärmepumpe ENERGYbase (gemessen)	3,2

Abbildung 81 und Abbildung 82 zeigen die Zusammensetzung des Primärenergiebedarfs der Referenzanlage (simuliert) bzw. der solaren DEC-Anlagen ENERGYbase für das Jahr 2010 (Preisler, Thür, Neyer, & Hilbert, 2012). Die Aufteilung der Referenzanlage zeigt, dass ein Großteil des Primärenergiebedarfs im Winter zur Bereitstellung der Wärme für die Heizregister in der Lüftungsanlage benötigt wird, der Strombedarf der Lüftungsanlage spielt dabei eine geringere Rolle. Um nicht nur die gewünschte Zulufttemperatur, sondern auch eine Zuluftfeuchte von 42% zu erreichen, wird in der Referenzanlage die Zuluft befeuchtet, kühlt dabei ab, und muss danach wieder aufgeheizt werden. Die solare DEC-Anlage hat hier den Vorteil, dass durch den Sorptionsrotor - der im Winter als Enthalpiorotor zur Wärme- und Feuchterückgewinnung fungiert - wesentlich weniger Wärmebedarf zur Nachheizung über Heizregister anfällt. Die Auswertung des Sommers der solaren DEC-Anlage zeigt, dass lediglich der Strombedarf für die DEC-Anlagen (Ventilatoren, Befeuchter, Rotoren) ausschlaggebend ist, da der Strombedarf der Solaranlage - welche zur Regeneration des Sorptionsrades erforderlich ist - sehr gering ist.

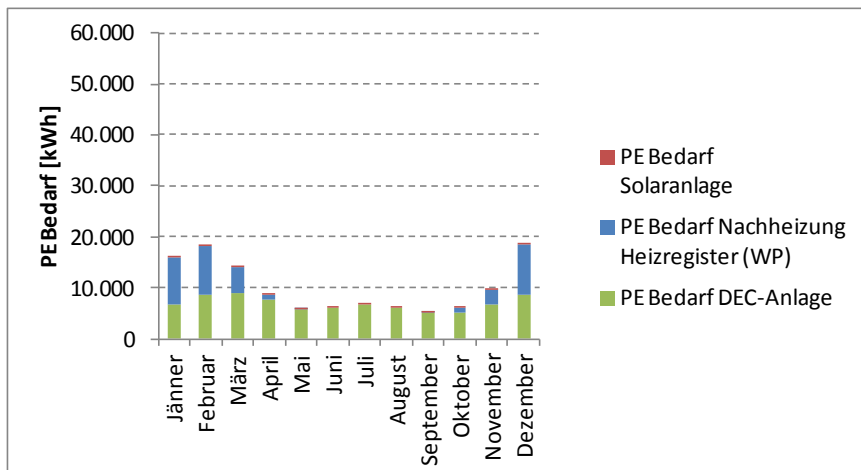


Abbildung 81: Aufteilung Primärenergiebedarf solare DEC-Anlagen in ENERGYbase, Ergebnisse Monitoring 2010

Das Potenzial zur Primärenergieeinsparung ist demnach im Winter am höchsten, da in den Monaten Jänner bis März und Oktober bis Dezember 73,9% der Primärenergieeinsparung erzielt wird. In den Sommermonaten (Juni, Juli, August) wird 18,2% der Primärenergieeinsparung erzielt. Die Übergangsmo-nate April, Mai und September erzielen den geringsten Anteil mit 7,9%. Hier zeigt sich deutlich, dass die solare DEC-Anlage bei hohem Heiz- und Befeuchtungsbedarf (Winter) und Kühlbedarf (Sommer) ein hohes

Potenzial zur Primärenergieeinsparung hat. Lediglich zu Zeiten, wo die Außenlufttemperatur annähernd bei der Zuluftsolltemperatur liegt, ist das Potenzial zur Primärenergieeinsparung im Vergleich zu einer Referenzanlage gering.

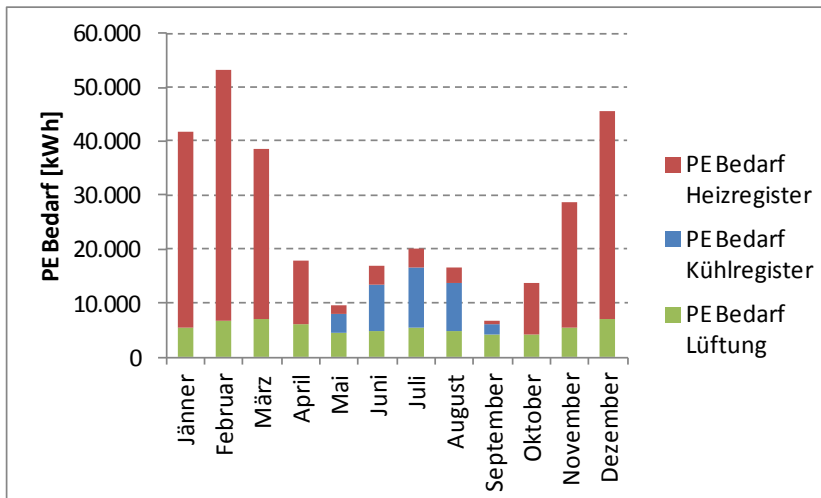


Abbildung 82: Aufteilung Primärenergiebedarf Standardlüftungsanlage (simuliert)

Diese Ergebnisse zeigen, dass eine (solare) DEC-Anlage aus energetischer Sicht einer Standardlüftungsanlage am untersuchten Standort in jedem Fall vorzuziehen ist. Die Konfiguration der DEC-Anlagen in ENERGYbase ist so gewählt, dass die Anlagen bei Anwesenheit der Mieter übers ganze Jahr im Betrieb sind. Selbst in der Übergangszeit, wenn durch das Öffnen von Fenstern ebenfalls eine gute Frischluftversorgung gewährleistet werden könnte, ist ein abschalten der Lüftungsanlagen nicht möglich, da auch alle innenliegenden Zonen auf die zentralen Geräte geschaltet sind. Wenn man nun eine Trennung der innenliegenden Zonen, welche ganzjährig mechanisch belüftet werden müsse, und den Randzonen mit offenbaren Fenstern vornehmen würde, so könnte die mechanische Belüftung der Randzonen in der Übergangszeit (abhängig von der Außenlufttemperatur) überwiegend ausgeschaltet werden.

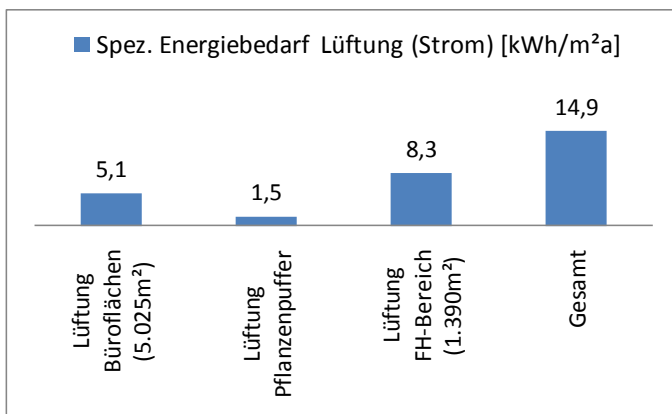


Abbildung 83: Zusammensetzung spezifischer Strombedarf für Lüftung in ENERGYbase, Ergebnisse Monitoring 2010

Abbildung 83 zeigt die Anteile der einzelnen Lüftungssysteme in ENERGYbase am Strombedarf für Lüftung. Der Strombedarf für den Betrieb der Pflanzenpuffer macht dabei

ca. 23% des Strombedarfs für die Bürobereiche aus. Das zeigt das Energieeinsparpotenzial beim Einsatz von DEC-Anlagen ohne Pflanzenpuffer für FUTUREbase.

3.4.2.3 Optimierungsmöglichkeiten Restverbraucher

Wie in Abbildung 77 dargestellt nehmen die Restverbraucher mit 36% einen großen Anteil des Strombedarf ENERGYbase ein. In Abbildung 84 ist die Zusammensetzung des Strombedarfs für Restverbraucher dargestellt. Den größten Anteil dabei nimmt die Sicherheitsbeleuchtung ein. Dieser Strombedarf könnte durch folgende Maßnahmen eklatant reduziert werden:

- Verwendung von Leuchten auf LED-Basis
- Verhandlung bei Brandschutzbedingungen, dass nicht alle Sicherheitsleuchten durchgehend im Betrieb sind, sondern nur ausgewählte ständig und alle anderen nur im Brandfall (in ENERGYbase sind derzeit immer alle Sicherheitsleuchten durchgehend im Betrieb)

Durch diese Maßnahmen ist eine Verringerung des Strombedarfs für die Sicherheitsbeleuchtung um ca. 80% zu erwarten.

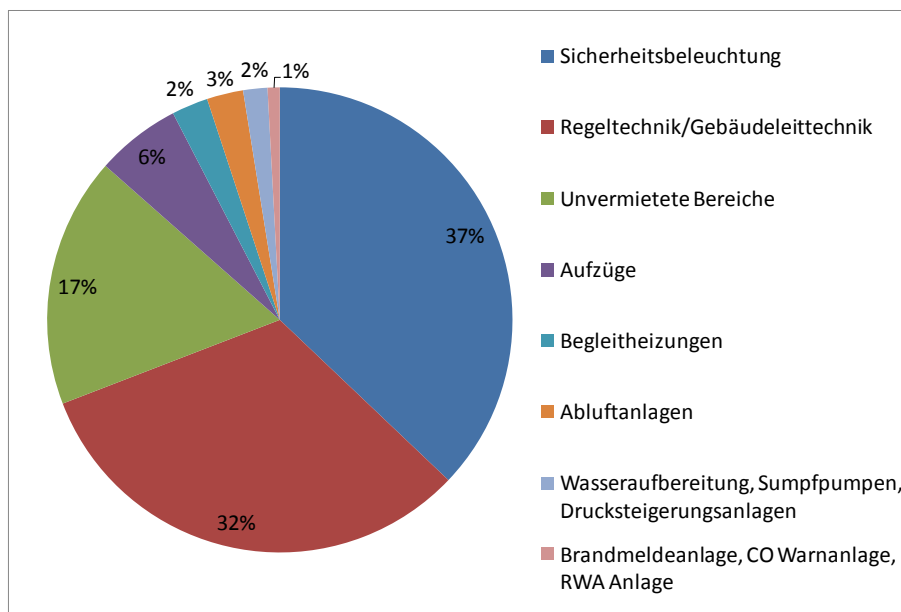


Abbildung 84: Zusammensetzung Strombedarf Restverbraucher in ENERGYbase, Ergebnisse Monitoring 2010

Der recht hohe Bedarf für Regeltechnik/Gebäudeleittechnik ist einerseits durch die hohe Anzahl von Messtechnik bedingt und andererseits durch die verwendeten EDV-Geräte für die Gebäudeleittechnik. Hier gilt es für FUTUREbase möglichst energieeffiziente Geräte auszuwählen um diesen Energiebedarf so gering wie möglich zu halten.

3.4.3 Plusenergiekonzept Variante 1

Die Energiekonzepte wurden in unterschiedlichen Varianten untersucht. Plusenergie umfasst hier nicht nur den Energiebedarf des Gebäudes für Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung

und Beleuchtung, sondern beinhaltet auch alle sonstigen Verbraucher (Arbeitshilfen, Steckdosen, Aufzüge, Notbeleuchtung usw.). Die spezifischen Energiekennwerte sind auf eine BGF von 16.214 m bezogen.

Plusenergiekonzept Variante 1 (siehe Abbildung 85):

- Wärmepumpenanlage Heizung, Warmwasser und Kühlung
- Brunnenanlage/Erdsondenanlage/Fundamentabsorber (Quelle für Wärmepumpe, Free-Cooling)
- Flächenheizung/-kühlung, Natürliche Lüftung
- Mechanische Lüftung (Klimatisierung):
 - Büroflächen, Gewerbeflächen: DEC-Anlage; LW: 1-fach; 40.000 m³/h; Regeneration über Gaskessel TECHbase
 - Seminar, Restaurant: Standardlüftung; LW: 7-fach; 6.200 m³/h; 5.700 m³/h
- Photovoltaik: **31,8 kWh_{End}/m_{BGFA}** → ca. 3.656 m mit 18% Wirkungsgrad

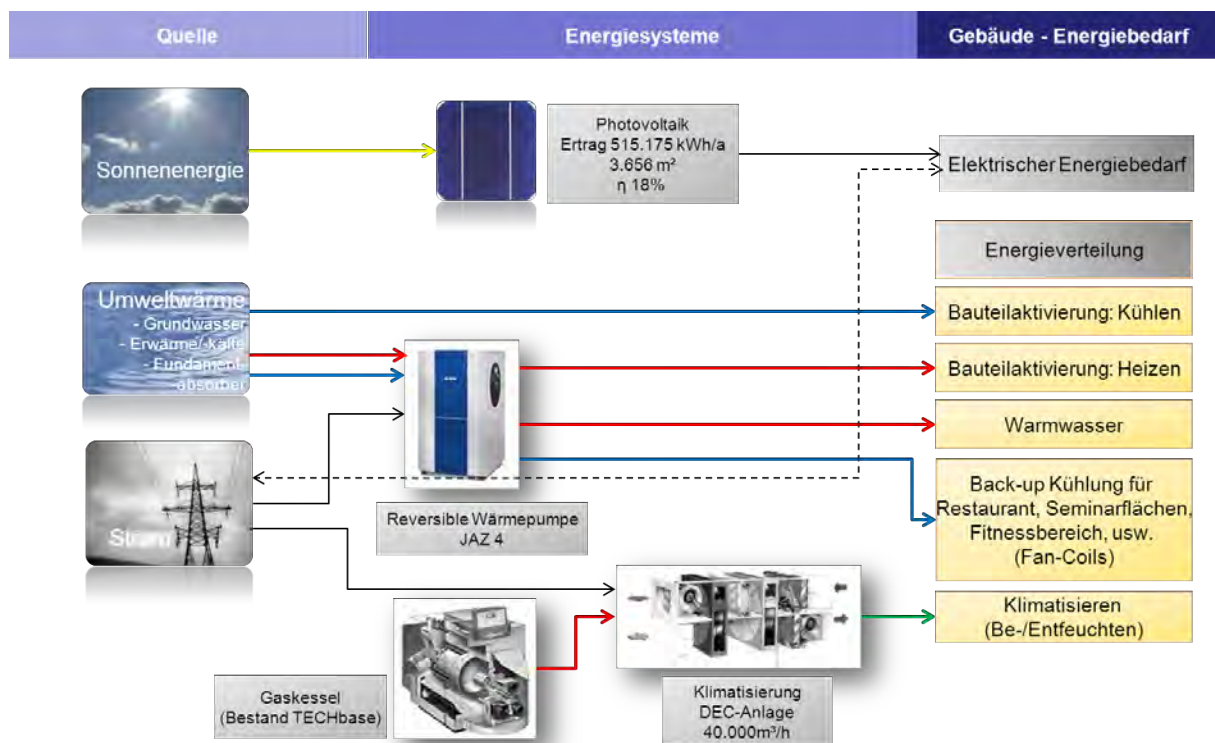


Abbildung 85: Schema Energieflüsse Plusenergiekonzept V1

In Abbildung 86 ist der benötigte Primärenergiebedarf² für die untersuchte Variant 1 dargestellt, welcher durch Erneuerbare am Gebäude bereitgestellt werden muss. In Variante 1 wurde ausschließlich Photovoltaik zur Erreichung des Plusenergiestandard eingesetzt. Die Integration der erforderlichen Photovoltaik in das Gebäudekonzept ist in Abbildung 30 dargestellt.

² Primärenergiefaktor Strom 2,6; Primärenergiefaktor Erdgas 1,1

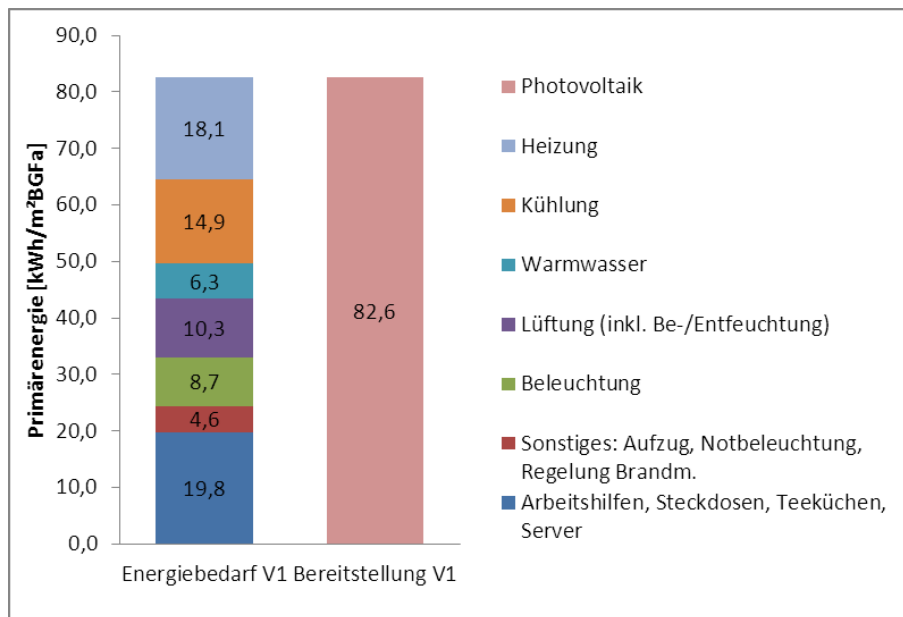


Abbildung 86: Primärenergetische Bewertung Plusenergiekonzept V1

3.4.4 Plusenergiekonzept Variante 2

Variante 2 unterscheidet sich von Variante 1 durch die Integration von Solarthermie in das Energiekonzept. Die hier vorgesehenen 400 m Vakuum-Röhrenkollektoren sind vertikal an der Südfassade des Bauteil C situiert (siehe Abbildung 30). Die Solarthermie trägt hier in dreifacher Weise zur Deckung des Energiebedarf bei: Heizungsunterstützung, Warmwasserbereitung, Klimatisierung (Regeneration Sorptionsrotor).

Plusenergiekonzept Variante 2 (siehe Abbildung 87):

- Wärmepumpenanlage Heizung, Warmwasser und Kühlung
- Brunnenanlage/Erdsondenanlage/Fundamentabsorber (Quelle für Wärmepumpe, Free-Cooling)
- Flächenheizung/-kühlung, Natürliche Lüftung
- Mechanische Lüftung:
 - Büroflächen, Gewerbeflächen: Solare Kühlung über DEC-Anlage; LW: 1-fach; 40.000m/h; Regeneration mit Solarthermie
 - Seminar, Restaurant: Standardlüftung; LW: 7-fach; 6.200 m/h; 5.700 m/h
- Photovoltaik: **24,8 kWh_{End}/m² BGFa** → ca. 2.852 m mit 18% Wirkungsgrad
- Solarthermie: 400 m; 300 kWh/ma
 - Vakuum-Röhrenkollektoren: Fassadenintegriert, Süd
 - Heizungsunterstützung: 20%, Warmwasser: 30%

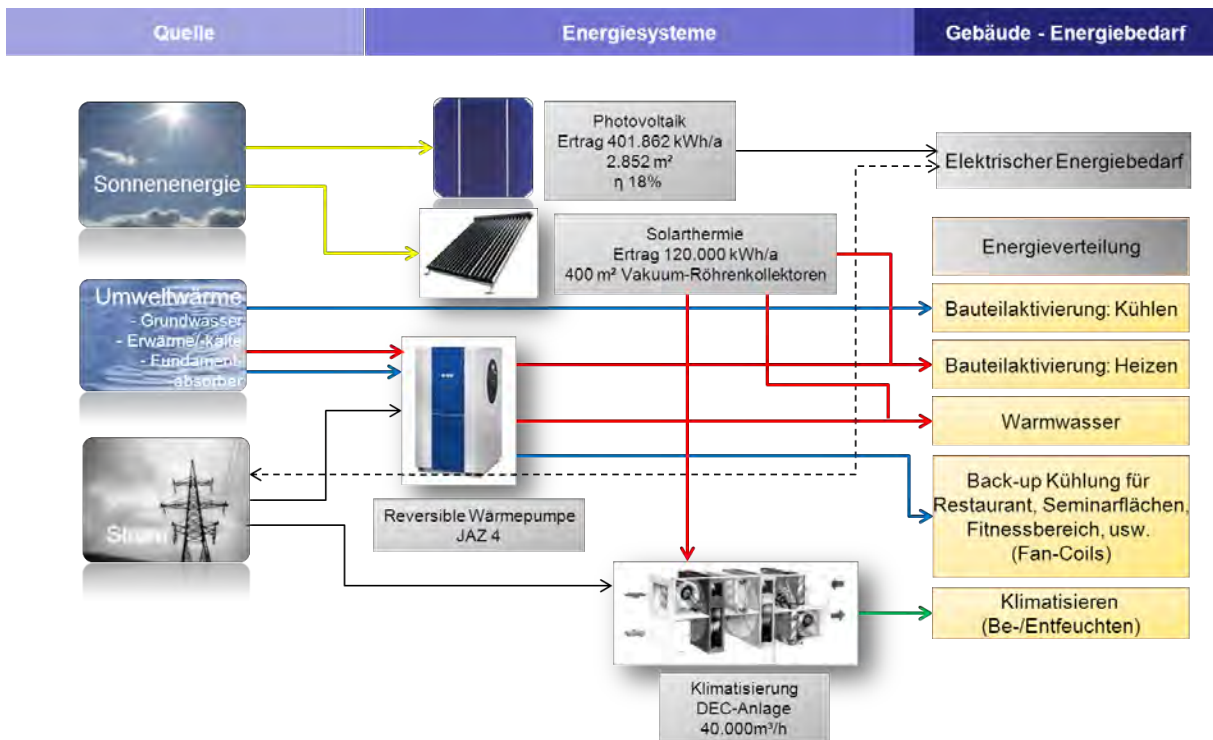


Abbildung 87: Schema Energieflüsse Plusenergiekonzept V2

Die Primärenergetische Bewertung³ in Abbildung 88 zeigt, dass eine Kombination von Photovoltaik und Solarthermie für den Energiebedarf von FUTUREbase ein deutlich besseres Ergebnis liefert, als nur Photovoltaik einzusetzen.

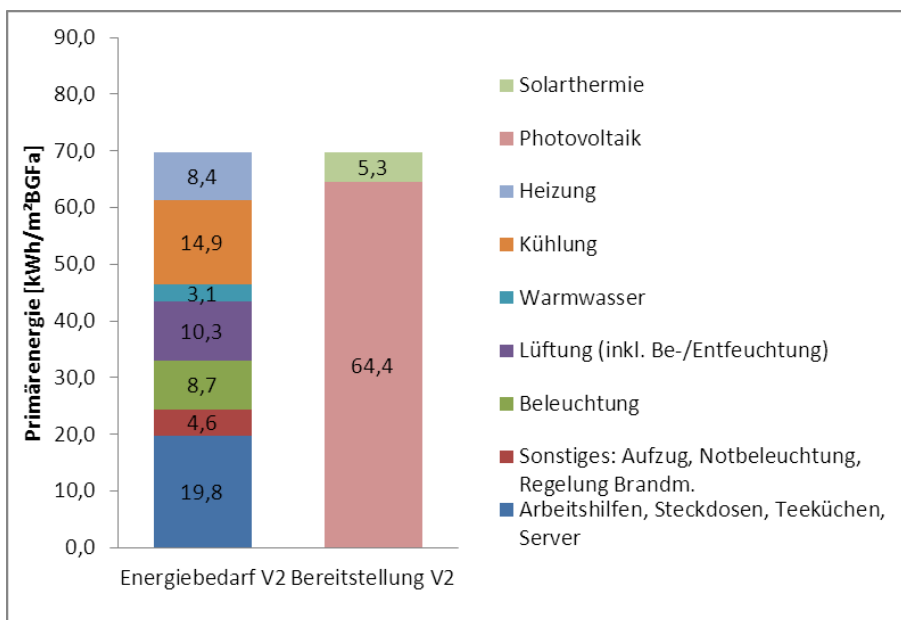


Abbildung 88: Primärenergetische Bewertung Plusenergiekonzept V2

³ Primärenergiefaktor Strom 2,6

3.4.5 Plusenergiekonzept Variante 3

In Variante 3 wurde die in Kapitel 3.2.1 beschriebene Abwärmenutzung des Klima-Windkanals der RTA in das Energiekonzept integriert. Um die Schwankungen der verfügbaren Abwärme zu Heizungszwecken auszugleichen ist ein thermischer Mittelzeitspeicher mit 1.100 m Fassungsvermögen vorgesehen. Mögliche Situierungen für diesen Mittelzeitspeicher am Standort FUTUREbase siehe Abbildung 89.

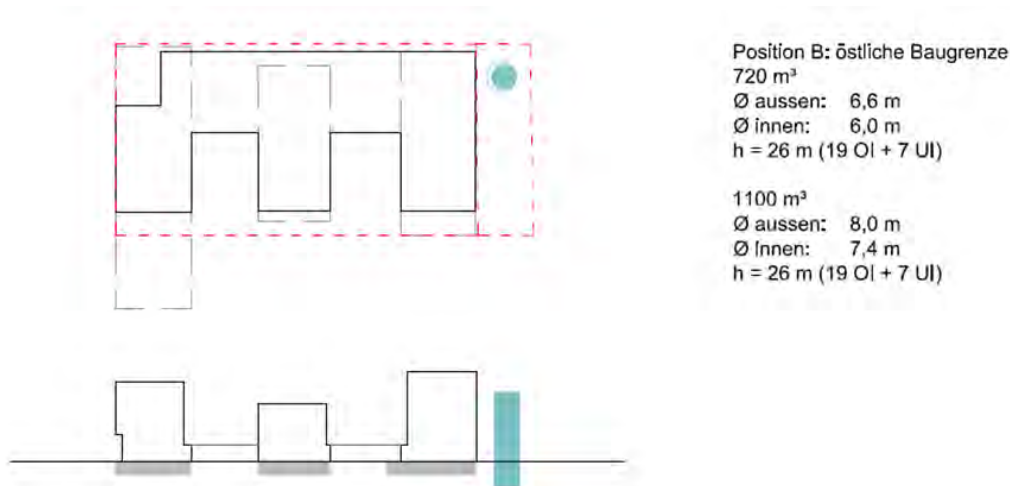


Abbildung 89: Mögliche Positionierung des Speichers am Standort des Gebäudes FUTUREbase (ein Vorschlag unter mehreren)

Plusenergiekonzept Variante 3 (siehe Abbildung 90):

- Abwärme RTA Kälteanlage: 75% Deckung Heizung
 - Mittelzeitspeicher: 1.100 m
 - Leistungsbegrenzung 500 kW (Wärmetauscher, Leitungen)
- Back-Up Heizung: 25% über Solaranlage ENERGYbase (10%), WP-Anlage ENERGYbase (30%), Gaskessel TECHbase (60%)
- Kompressionskälteanlage
- Brunnenanlage/Erdsondenanlage/Fundamentabsorber (Rückkühlung für Kompressionskälteanlage, Free-Cooling)
- Flächenkühlung, Natürliche Lüftung
- Mechanische Lüftung:
 - Büroflächen, Gewerbeflächen: DEC-Anlage; LW: 1-fach; 40.000 m/h; Regeneration über Gaskessel TECHbase
 - Seminar, Restaurant: Standardlüftung; LW: 7-fach; 6.200 m/h; 5.700 m/h
- Photovoltaik: **28,2 kWh_{End}/m_{BGFA}** → ca. 3.240 m mit 18% Wirkungsgrad

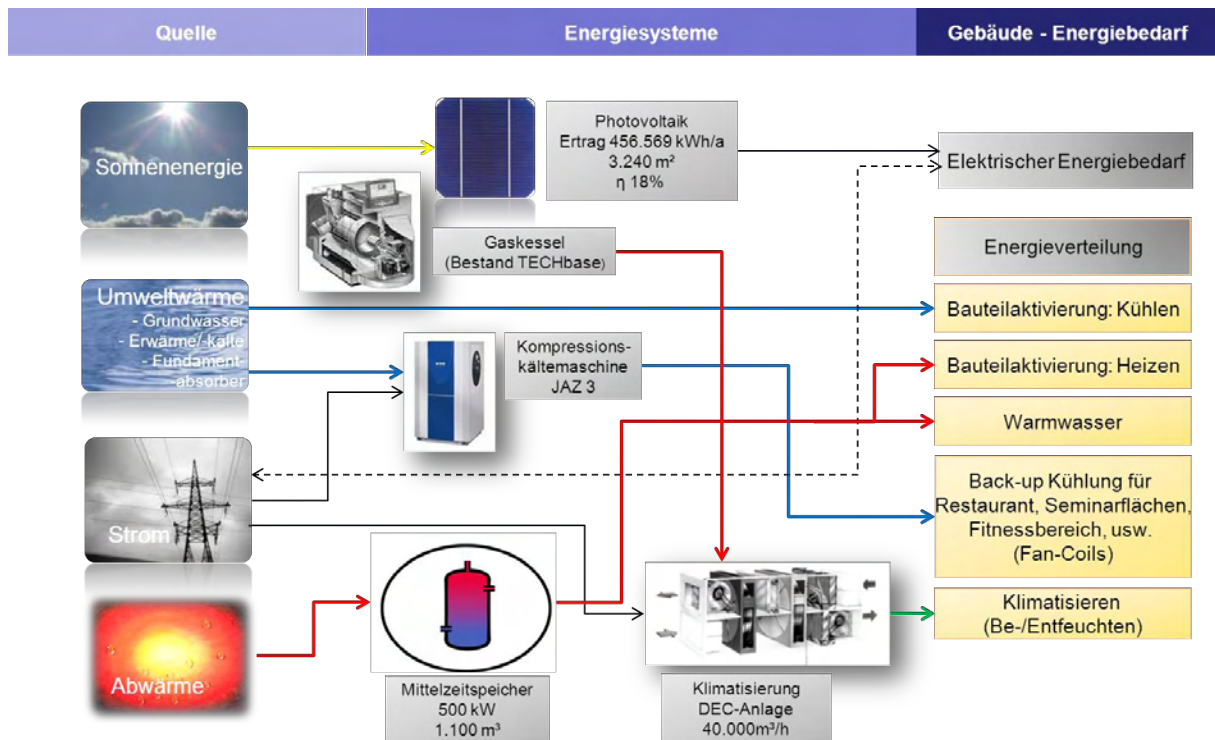


Abbildung 90: Schema Energieflüsse Plusenergiekonzept V3

Die Primärenergetische Bewertung⁴ in Abbildung 91 zeigt, dass diese Variante rein für FUTUREbase betrachtet zwar bessere Ergebnisse liefert als Variante 1, jedoch etwas schlechter abschneidet als Variante 2. Generell ist hier anzumerken, dass aus energetischer Sicht die Abwärmenutzung der RTA Kälteanlage nur dann energetisch und ökonomisch sinnvoll ist, wenn die bestehenden Gebäude ENERGYbase und TECHbase ebenfalls mit eingebunden sind (siehe Kapitel 3.2.1).

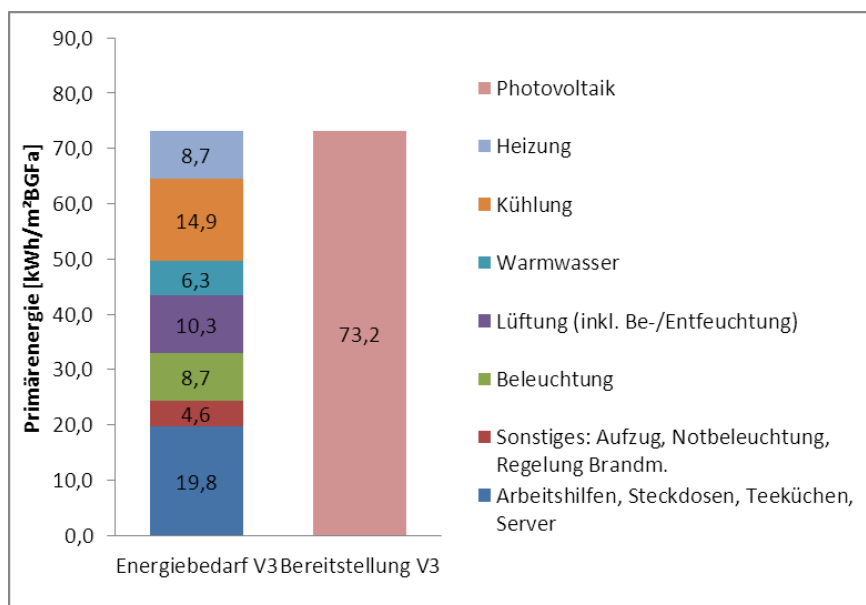


Abbildung 91: Primärenergetische Bewertung Plusenergiekonzept V3

⁴ Primärenergiefaktor Strom 2,6; Primärenergiefaktor Erdgas 1,1

3.4.6 Plusenergiekonzept Variante 4

Wie in Variante 2 wurde auch hier eine Vergleichsvariante mit Integration von Solarthermie gerechnet.

Plusenergiekonzept Variante 4 (siehe Abbildung 92):

- Abwärme RTA Kälteanlage: 75% Deckung Heizung
 - Mittelzeitspeicher: 1.100 m
 - Leistungsbegrenzung 500 kW (Wärmetauscher, Leitungen)
- Back-Up Heizung: 25% über Solaranlage ENERGYbase (10%), WP-Anlage ENERGYbase (30%), Gaskessel TECHbase (60%)
- Kompressionskälteanlage
- Brunnenanlage/Erdsondenanlage (Rückkühlung für Kompressionskälteanlage, Free-Cooling)
- Flächenkühlung, Natürliche Lüftung
- Mechanische Lüftung:
 - Büroflächen, Gewerbeflächen: Solare Kühlung über DEC-Anlage; LW: 1-fach; 40.000 m/h; Regeneration mit Solarthermie
 - Seminar, Restaurant: Standardlüftung; LW: 7-fach; 6.200 m/h; 5.700 m/h
- Photovoltaik: **22,8 kWh_{End}/m_{BGFA}** → ca. 2.618 m mit 18% Wirkungsgrad
- Solarthermie: 400m; 300 kWh/ma
 - Vakuum-Röhrenkollektoren: Fassadenintegriert, Süd
 - Heizungsunterstützung: 20%, Warmwasser: 30%

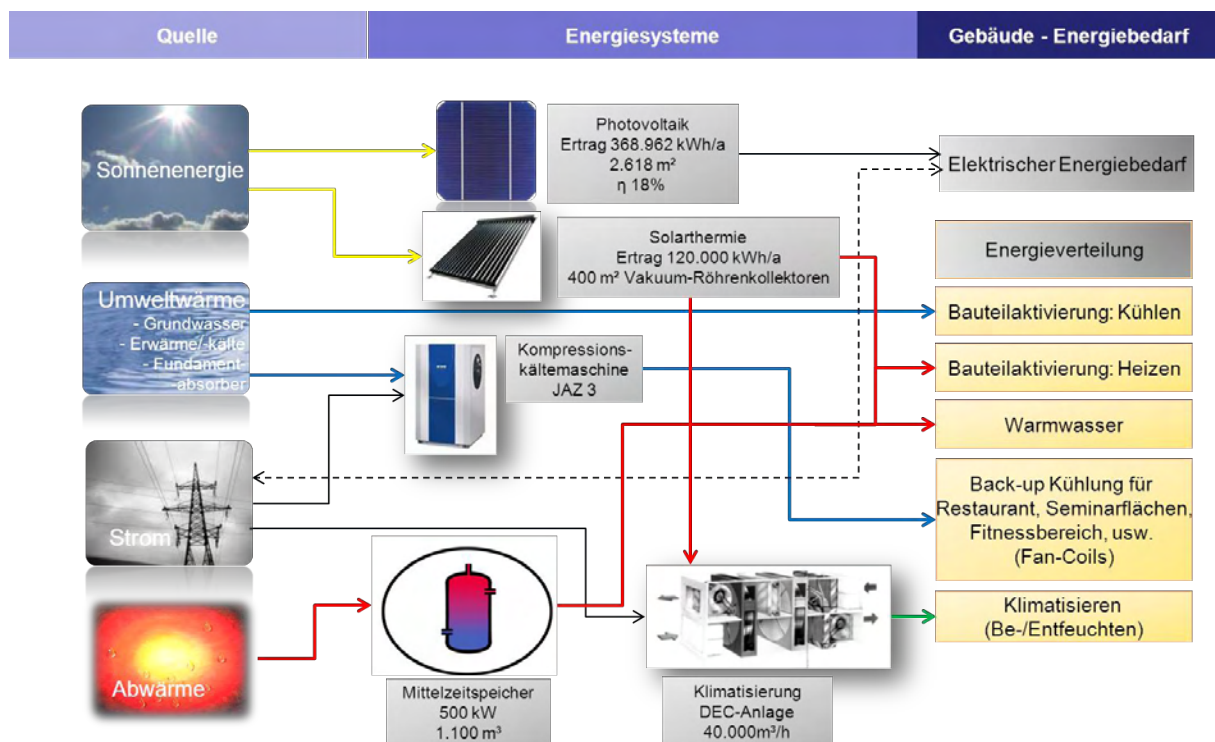


Abbildung 92: Schema Energieflüsse Plusenergiekonzept V4

Auch hier zeigt die Primärenergetische Bewertung⁵ in Abbildung 93, dass eine Kombination von Photovoltaik und Solarthermie ein deutlich besseres Ergebnis liefert, als nur Photovoltaik einzusetzen. Variante 4 hat somit auch den geringsten Primärenergiebedarf aller hier untersuchten Varianten.

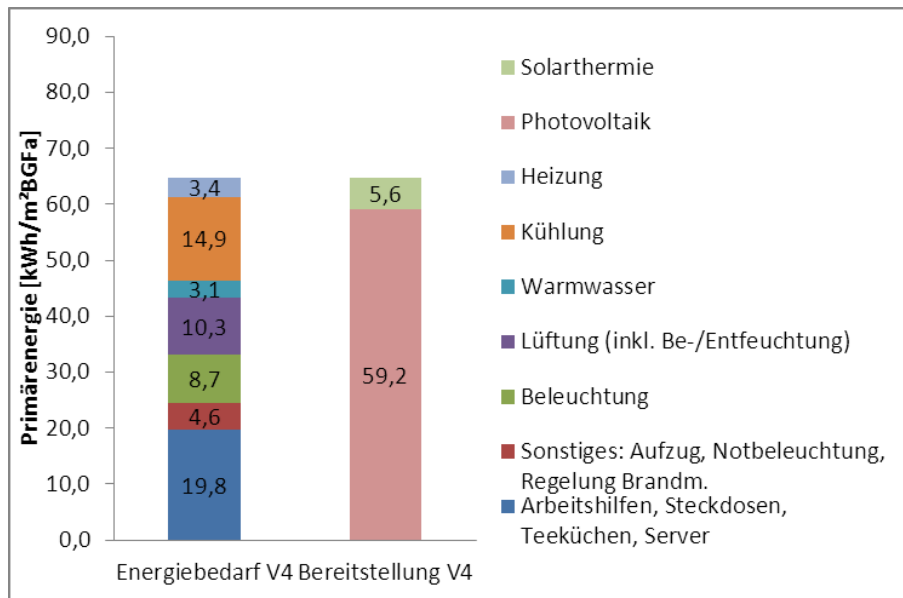


Abbildung 93: Primärenergetische Bewertung Plusenergiekonzept V4

3.4.7 Zusammenfassung Plusenergiekonzepte

Die hier dargestellten Plusenergievarianten unterscheiden sich im wesentlichsten dadurch, dass in Variante 1 und Variante 2 die Systemgrenze FUTUREbase ist und die benachbarten Gebäudekomplexe nicht Bestandteil der Energiekonzepte sind. Dafür wurden möglichst effiziente Energiekonzepte, mit der Nutzung der am Standort verfügbaren Ressourcen entwickelt. In Variante 3 und Variante 4 wurde die Systemgrenze erweitert, und die Gebäudekomplexe TECHbase, ENERGYbase und der Klima-Windkanal der RTA mit einbezogen. Beide Ansätze haben ihre Vor- und Nachteile aus energetisch/ökologischer Sicht, als auch hinsichtlich Umsetzbarkeit. Für Variante 3 und Variante 4 reichen die hier durchgeführten ersten Analysen noch nicht aus, um die wesentlichen Fragestellungen zur Umsetzung zu beantworten. Jedoch zeigen die ersten Ergebnisse, dass dieses Konzept aus energetischer Sicht das sinnvollste wäre (siehe Abbildung 94).

⁵ Primärenergiefaktor Strom 2,6; Primärenergiefaktor Erdgas 1,1

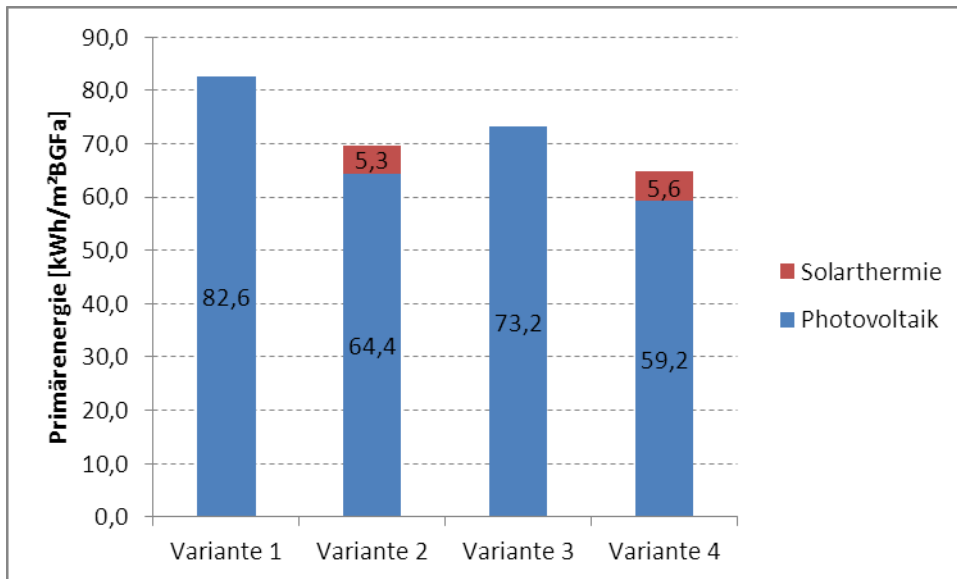


Abbildung 94: Vergleich erstellter Plusenergiekonzepte

3.5 Material-/Struktur-/Betriebskonzept

3.5.1 Materialkonzept

Hinsichtlich der Wahl der Konstruktion und der Materialien ist folgendes von Relevanz:

- Verwendung von erneuerbaren oder nicht erneuerbaren Ressourcen
- Ökologischer Aufwand für die Herstellung und auf eine gewisse Lebensdauer gerechnet
- Brandschutz
- Speichermasse
- Lebensdauer
- Nutzungsflexibilität
- Demontierbarkeit
- Trennbarkeit
- Recyclierbarkeit
- Wiederverwendbarkeit

Für das Gebäude FUTUREbase wurden daher drei Varianten ausgearbeitet, eine in Stahlbeton, eine in Holz-Beton-Verbund und eine in Holz-Stahlbeton. Passend zu den Varianten wurden auch die Dämmstoffe und sonstigen Ausbauteile teilweise unterschieden. Die Variante Stahlbeton verfolgt im Wesentlichen derzeitigen Baustandard, die beiden anderen Varianten verwenden ökologischere Dämmstoffe, Außenoberflächen u. a. mehr.

Der Passivhausstandard und die dafür erforderlichen Dämmstärken wurden in diesem Forschungsprojekt nicht berechnet sondern als Stand der Technik angenommen. Die dafür erforderlichen Dämmstärken wurden daher an Hand der Erfahrung der Verfasser geschätzt.

In Anhang A 3 findet sich eine Tabelle mit den vollständigen Aufbautenlisten für alle drei Varianten.

3.5.1.1 Grundlagen Brandschutz

Das Gebäude FUTUREbase ist mit seinen 7 Geschossen in die Gebäudeklasse 5 nach OIB Richtlinie 2 einzureihen (mehr als 4 oberirdische Geschosse, Fluchtniveau zwischen 11 und 22 m, mehr als 400 m BGF pro oberirdisches Geschoss).

Dies bedeutet in den Anforderungen an den Feuerwiderstand von Bauteilen für die tragenden Bauteile:

R 60 im obersten bzw. bei Bauteil A und B in den beiden obersten Geschossen, R 90 und A2 in allen übrigen Geschossen. 90 Minuten Brandwiderstandsdauer ist hoch, in Holz jedoch entweder durch Verkleidung oder durch Dimensionierung jederzeit möglich. Die Bestimmung A2 jedoch schließt Holz vorderhand aus, denn die Anforderung an einen Baustoff der Qualifizierung A ist die der Unbrennbarkeit.

Während in den Gebäudeklassen 3 und 4 noch unterschieden wird zwischen Brandabschnittsbildenden Wänden und Decken und sonstigen Decken und Dächern, und hier teilweise reduzierte Brandwiderstandsdauern von 60 teilweise sogar nur 30 Minuten und keine weitere Qualifikation für den Baustoff verlangt ist, ist in der Gebäudeklasse 5 durchgehend für alle Trennwände, Decken und Dächer, Treppenhäuser oder Außentreppen im Verlauf von Fluchtwegen bis auf die Dachgeschosse (mit REI 60) in allen anderen Geschossen REI bzw. EI bzw. R 90 aber jedenfalls immer A2 vorgeschrieben.

Lediglich in den nicht tragenden, vorgehängten, hinterlüfteten Fassadensystemen sind teilweise auch brennbare Baustoffe zulässig, allerdings nur bis 5 oberirdische Geschosse.

Damit wäre ein Bauvorhaben wie FUTUREbase prinzipiell nach OIB nicht bewilligbar.

Derzeit sind allerdings in Österreich verschiedene Bestrebungen im Gange, die Richtlinien insoweit zu reformieren, dass dem Baustoff Holz ein breiteres Anwendungsspektrum auch im Geschossbau ermöglicht wird.

Eine Genehmigung für FUTUREbase aus Holz müsste derzeit also als sogenannte Einzelgenehmigung erlangt werden. Hierbei wird für ein Gebäude mit einem Brandschutzsachverständigen ein komplettes durchgängiges Brandschutzkonzept erarbeitet, bei dem das Gebäude jedenfalls mit einer Rauchmeldeanlage, zumeist aber auch mit einer Sprinkleranlage versehen werden muss, um die geforderten Schutzziele zu erreichen.

Dies konnte im Rahmen von FUTUREbase nicht durchgeführt werden. Die Verfasser gehen davon aus, dass auch die Variante in Holz mit einem Brandschutzkonzept und einer Einzelgenehmigung in enger Abstimmung mit der Behörde bewilligbar ist.

3.5.1.2 Speichermasse

Speichermasse ist für die Nutzung von Umgebungswärme/-kühle ein wesentlicher Faktor.

Im Projekt FUTUREbase wurden daher vor der Auswahl der Aufbauten die Geschossdecken in verschiedenen Materialvarianten simuliert um eine Aussage über das freischwingende Temperaturverhalten im Raum im Sommerfall zu erhalten (ohne Kühlung). Besonders sommerliche nächtliche Lüftung mit niedrigeren Außentemperaturen funktioniert ja nach dem Prinzip Speichermasse in der Nacht zu entladen und tagsüber zur Verlangsamung des Temperaturanstieges zu verwenden.

Die Aufbauten sind in Tabelle 13 dargestellt.

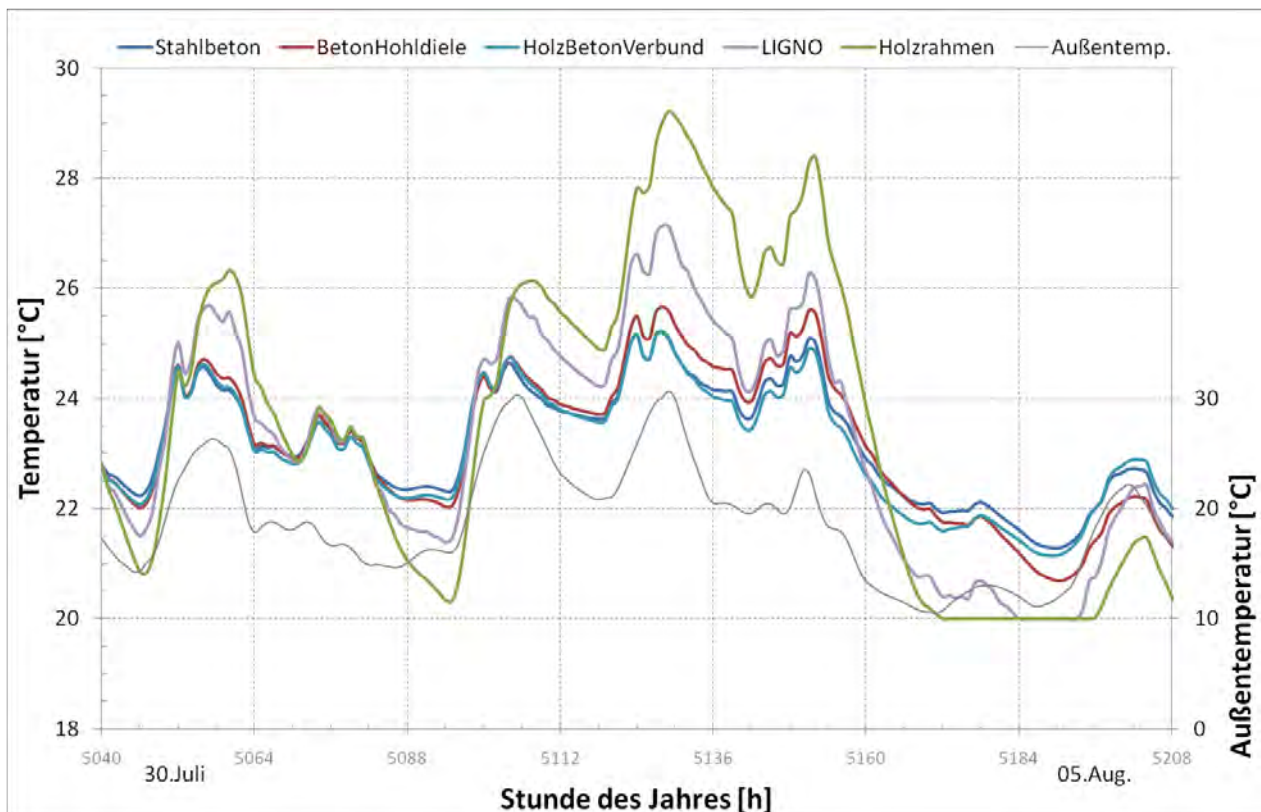


Abbildung 95: Raumtemperaturen in einem Büroraum bei unterschiedlichen Decksystemen

Untersucht wurde die klassische Stahlbetondecke in unterschiedlichen Dicken, eine Betonhohldiele mit wesentlich geringerer Masse durch den Hohlquerschnitt, eine Holz-Beton-Verbunddecke, eine Massivholzdecke und eine Holzrahmenbauweise (siehe Abbildung 95).

Die Stahlbetondecke weist in etwa das doppelte Gewicht/m auf als die Hohldielendecke. Sie wurde hier mit 20 cm angenommen, obwohl konstruktiv zumeist 24 -28 cm erforderlich. Die konstruktiven Mehrstärken bringen jedoch hinsichtlich der aktivierbaren Speichermasse keine Vorteile mehr. Die Holz-Beton-Verbunddecke mit 14 cm Stahlbeton und 14 cm Holzträgern ist etwas schwerer als die Hohldiele. Die Speichermasse des Stahlbetons ist durch die Abdeckung mit Holz teilweise nicht so gut zugänglich, die Oberfläche ist durch die Holzbalken jedoch fast auf das doppelte erhöht. Auch die Massivholzdecke mit integrierter Beschüttung hat eine Masse die der Hohldiele ähnlich ist, hier ist jedoch noch zusätzlich eine Akustikuntersicht angenommen, die die Zugänglichkeit der Masse deutlich behindert.

Aus dem Diagramm ersichtlich ist, dass die Holzbetonverbund decke hinsichtlich der Wirkung ihrer eingesetzten Masse optimiert ist, sie ist gleich gut wie die Stahlbetondecke hat

aber weniger Masse. Die Hohlziele kann auch noch ein fast gleiches Temperaturverhalten in dieser heißen Augustwoche erzielen wie die beiden vorigen, sie verliert bei mehreren heißen Tagen hintereinander gegenüber Stahlbeton und Hol-Beton-Verbund um 0,5 °C.

Die Holzmassivdecke (LIGNO) bewirkt um 1-1,5 °C höhere Temperaturspitzen, hier wirkt sich auch die Akustikuntersicht negativ aus. Weit abgeschlagen mit über 3 °C höheren Temperaturspitzen liegt die echte Holzrahmenleichtkonstruktion.

Massivholzdecken mit Splittschüttung- (aus Recyclingsplitt) scheinen hinsichtlich Material und Speichermasse den besten Kompromiss darzustellen.

Die Speichermasse im Raum könnte natürlich auch noch durch lokal in Möbel oder akustische Ausstattung integrierte PCM angehoben werden, hierfür sind allerdings noch keine Standardanwendungen am Markt verfügbar.

3.5.1.3 Aufbauten

Die kompletten Aufbauten sind in Anhang A 3 verfügbar.

Für die Stahlbeton Konstruktion wurde auch eine Stahlbeton Außenwand angenommen, allerdings mit einer hinterlüfteten Dämmkonstruktion aus Mineralwolle. Die Außenhaut ist aus Faserzementplatten wie bei ENERGYbase konzipiert.

Decken und Dächer sind durchgehend aus Stahlbeton mit Dämmungen aus Mineralfaser im Fußbodenaufbau bzw. EPS bei Warmdächer und XPS im erdberührten Bereich. Die Abdichtungen sind bituminös und verklebt angenommen. „Steildächer“ unter den die Dachhaut bildenden PV-Elementen sind mit Mineralfaser gedämmt. Der gesamte Innenausbau ist klassisch aus Gipskarton mit Metallstehern und Mineralfaserdämmung.

Die Fußböden aller drei Varianten sind mit einem Teppichbelag ausgestattet.

Die Holz-Beton-Verbundvariante verwendet als Dämmung im wesentlichen Zellulosefasern, in Vorsatzschalen Schafwolle. Auch Flachdächer sind mit Zellulose gedämmt, erhalten eine 12 cm Luftschicht zur Bewältigung des Dampfanfalles. Die Abdichtungen horizontal und am Dach sind aus PE und als Auflegebahnen unverklebt ausgebildet. Die Außenhaut wird ebenfalls aus Faserzement gebildet, der Innenausbau ist aus Gipskarton allerdings mit Holzstehern und Schafwolleinlage. Im erdberührten Bereich wird als Dämmung Glasschaumschotter eingesetzt.

Die Holzvariante verfolgt in allen Ausbauelementen und Dämmungen und Abdichtungen den gleichen Standard wie die Holz-Beton-Verbundvariante. Die Außenhaut ist hier allerdings aus Holz angenommen.

3.5.2 Strukturkonzept

Ziel des Forschungsprojektes war es unter anderem verschiedene Konstruktionsweisen und Materialien gegeneinander zu vergleichen. Dem wurde auch im Tragwerkskonzept

entsprochen. Es wurde drei Konstruktionsweisen entwickelt, die gemeinsam mit den Aufbauten Grundlage der ökologischen Analyse und der Lebenszyklusanalyse waren.

Das Konzept „Stahlbeton“ baut auf einer Stahlbetonkonstruktion mit Stahlbetonfassade und hinterlüfteter Fassade auf. Das Konzept Verbundbauweise auf einer Deckenkonstruktion in Holz/Beton Verbundbauweise und Außenwänden als Holzleichtbaukonstruktion, das Konzept Holz (Holzdecken und Holzleichtbauaußenwände) schließlich wurde in zwei Varianten erarbeitet, einmal mit einer reinen Holzdeckenkonstruktion, einmal mit deckenintegrierten Stahlunterzügen. Von der Variante Holz wurde dieses letztere System der ökologischen Bewertung unterzogen.

Generell wurde ein Tragsystem entwickelt, das in den beiden „alternativen“ Materialvarianten einen hohen Grad an Vorfertigungsmöglichkeit aufweist. Lediglich die Decken des Vergleichssystem Stahlbeton sind konventionell als punktgestützte Platten ausgebildet, wozu eine Ortbetonbauweise in den wesentlichen Konstruktionsteilen erforderlich ist. In allen Varianten ist der Stiegenhauskern aus Stahlbeton zugleich die Aussteifung des Gebäudes, wie dies im Bürobau sehr gängig ist.

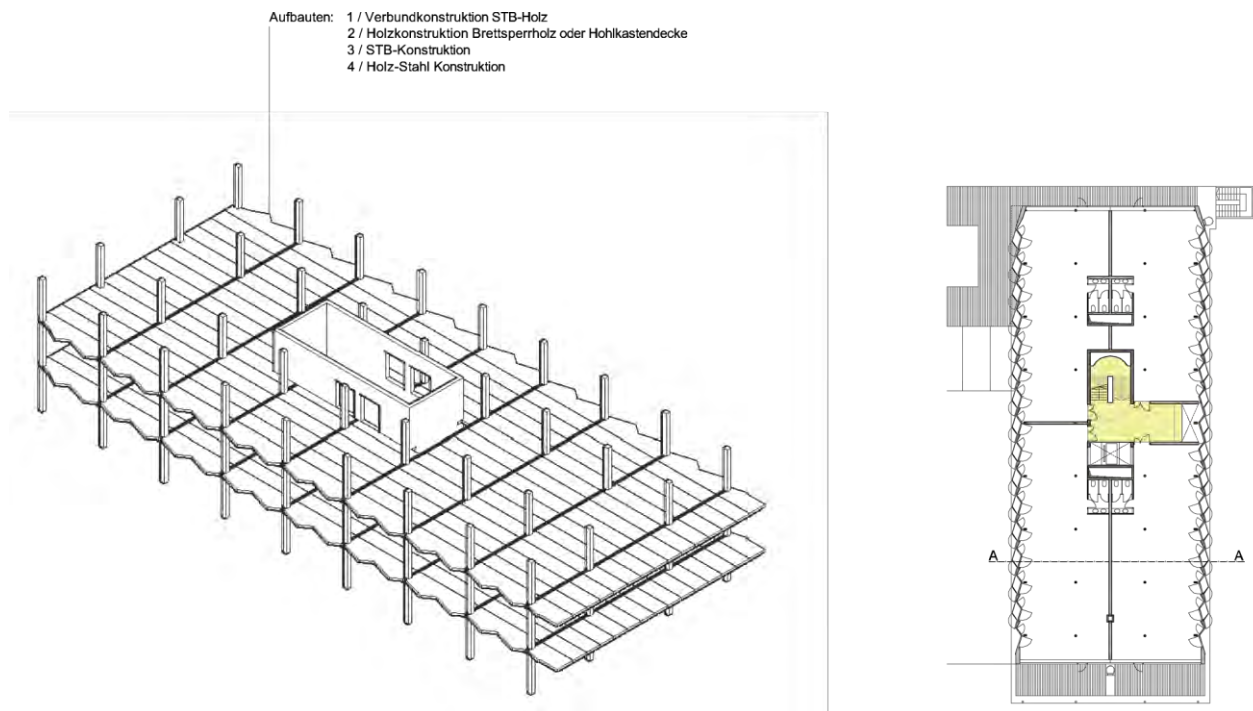


Abbildung 96: Tragkonstruktion

Variante B / Rahmenkonstruktion

Vorgehängter Wartungssteg
Nutzung nur für Wartungszwecke
und Pflanzenbeete, keine Balkonnutzlast

steifer Formrohrrahmen

Formrohr-Träger

Zwischenstücke in Dreiecke aufgelöst
punktweise an Deckenplatte befestigt

Befestigung an Stützen

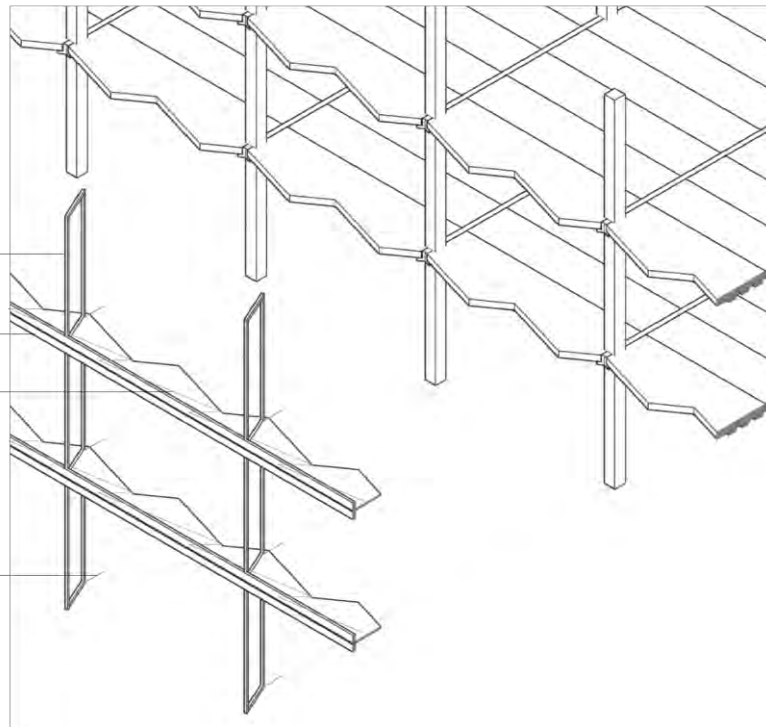


Abbildung 97: Konstruktion des Pflanzenbalkons

Wie in Abbildung 96 ersichtlich ist der Stiegenhauskern aus Stahlbeton und die tragenden Stützen in einem Raster von 5,4/ 5,4 -7,8m. Die Stützen sind durch teilweise deckengleiche Unterzüge verbunden, in diesen wiederum hängen die Deckenfelder mit einer Spannweite von 5,4 m, auch im Holzbau mit sinnvollen Konstruktionsstärken realisierbar. Das Deckenfeld an der Fassade folgt dem gezackten Verlauf der Fassade. Die Pflanzenbalkone sind in allen Varianten als Stahlkonstruktion an die Fassadenstützen im Deckenbereich angehängt. In Abbildung 97 sieht man den steifen Rahmen aus Formrohren, der punktuell pro Geschoss an die Fassade gehängt wird. Diese werden durch einen horizontalen Träger aus Stahlformrohr verbunden, eingehängt sind die Roste aus Riffelblech für die Bepflanzung/Wartung der Fassade.

3.5.2.1 Variante 1 Stahlbetonstruktur

Die Variante Stahlbeton ist als klassische punktgestützte Decke ausgebildet, in diesem Fall noch spannenweitenoptimiert hinsichtlich der Konstruktionsstärke. Die Felder an den beiden Längsfassaden sind daher nur 24 cm stark, das Mittelfeld auf Grund der höheren Spannweite 28 cm (siehe Abbildung 98). Die Fassade ist als Stahlbetonwand angenommen, es wäre jedoch ebenfalls möglich, die Fassade als Leichtbaufassade auszubilden wie in den andern Varianten.

Variante 3 / STB-Konstruktion - REI 60

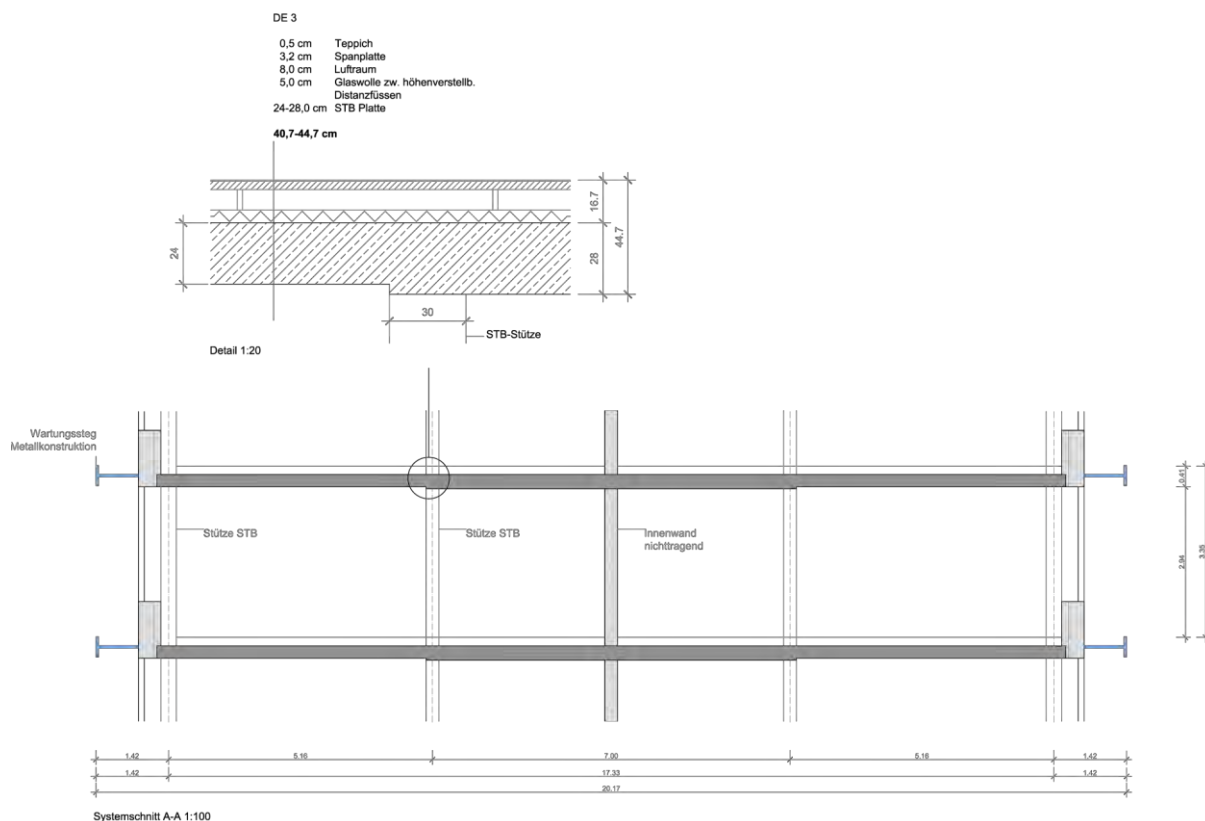


Abbildung 98: Stahlbeton Tragstruktur

3.5.2.2 Variante 2 Holz- Stahlbeton-Verbundsystem

Diese Variante enthält wie der Name sagt eine Decke aus einem Holz-Stahlbeton-Verbundsystem. Dabei werden die Zugkräfte an der Deckenunterseite durch Holzbalken aufgenommen, die Druckkräfte durch eine Stahlbeton Platte. Der Vorteil dieses Systems liegt in der Materialminimierung des Baustoffes Stahlbeton, es ist nur eine Plattenstärke von 14 cm erforderlich statt der 24-28 cm in der Stahlbeton Vollvariante. Für den Raum bleibt die Speichermasse des Stahlbetons erhalten.

Aufgelagert sind die π -förmigen Deckenelemente auf den Deckenebenen über umgekehrt t-förmige Stahlbetonunterzüge, die tragenden Säulen sind aus Holz (siehe Abbildung 99). Wenn die Decke sichtbar bleiben soll, müssen die Holzbauteile auf Abbrand dimensioniert werden, das heißt mit einer Überstärke von knapp 3 cm pro 30 Minuten gefordertem Brandwiderstand.

Variante 1 / Verbund-Konstruktion STB/Holz - REI 60

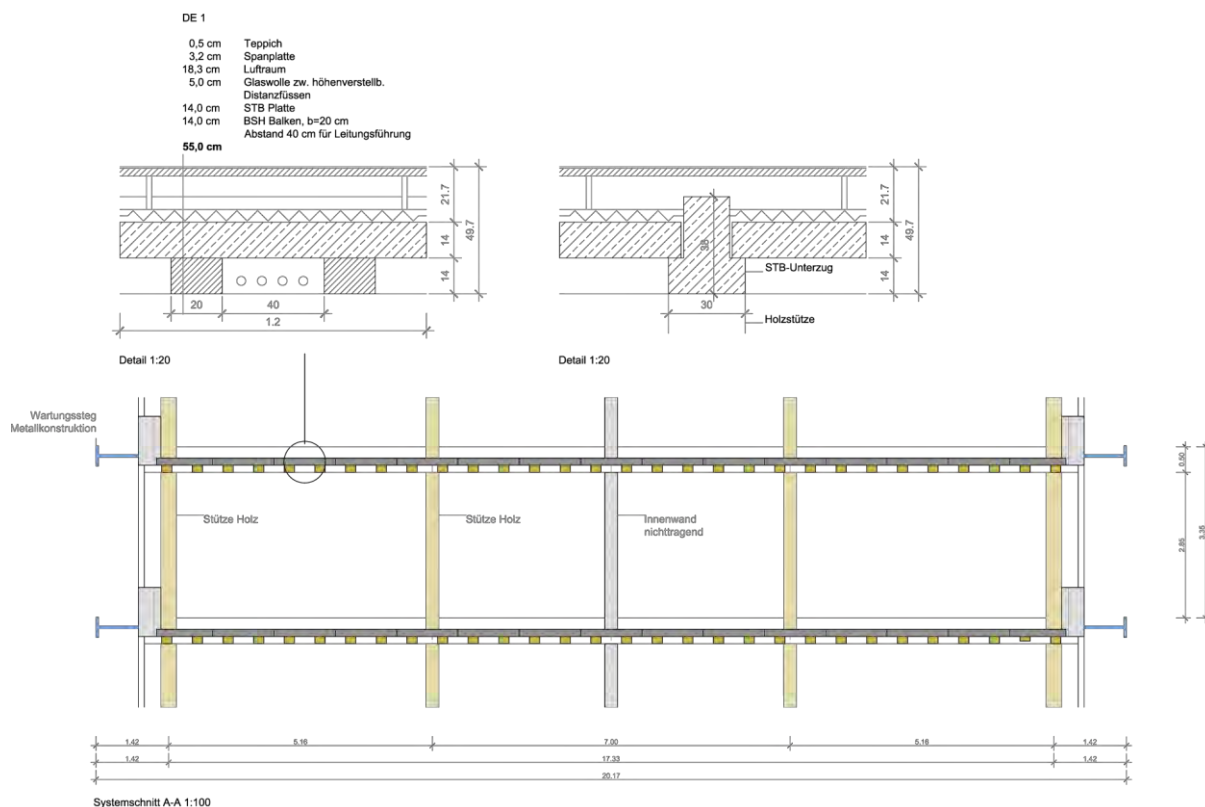


Abbildung 99: Tragstruktur Holz-Stahlbeton-Verbund

3.5.2.3 Variante 3 Holzkonstruktion

Die Variante Holz wurde in zwei Subvarianten entwickelt. Die Konstruktion in Abbildung 100 ist eine reine Holzkonstruktion hat aber den Nachteil, dass die Unterzüge über 7 m Spannweite in Holz schon 50 cm hoch werden, nicht mehr in die Decke integriert werden können und daher das Raumgefühl negativ beeinflussen würden. Die Deckenplatten können entweder massiv aus Brettschichtholz oder als Hohlkastendecken mit tragenden Trägern ausgebildet werden.

Auf dem Markt verfügbar sind auch kombinierte Systeme, bei denen Splitt als „Massebildner“ in das Element ebenso vorgefertigt integriert werden kann wie eine akustisch wirksame Untersicht. Der Vorteil solcher Elemente liegt im kürzeren Bauprozess, weil auf der Baustelle weniger Schritte ausgeführt werden müssen. Preislich sind fertige, kombinierte Systeme zumeist eher hoch angesetzt und bringen daher in dieser Hinsicht keinen Vorteil, außer wenn die leicht verkürzte Bauzeit entsprechend hoch monetär bewertet werden kann. Dies ist aber vom jeweiligen Projekt abhängig.

Daher wurde über eine weitere Variante nachgedacht, die den Unterzug im Material Stahl ausbildet (siehe Abbildung 101). Diese Variante wurde letztlich für die weitere Bearbeitung ausgewählt.

Variante 2a / Holz-Konstruktion Brettsperrholz - REI 60

Variante 2b / Holz-Konstruktion Hohlkastendecke - REI 60

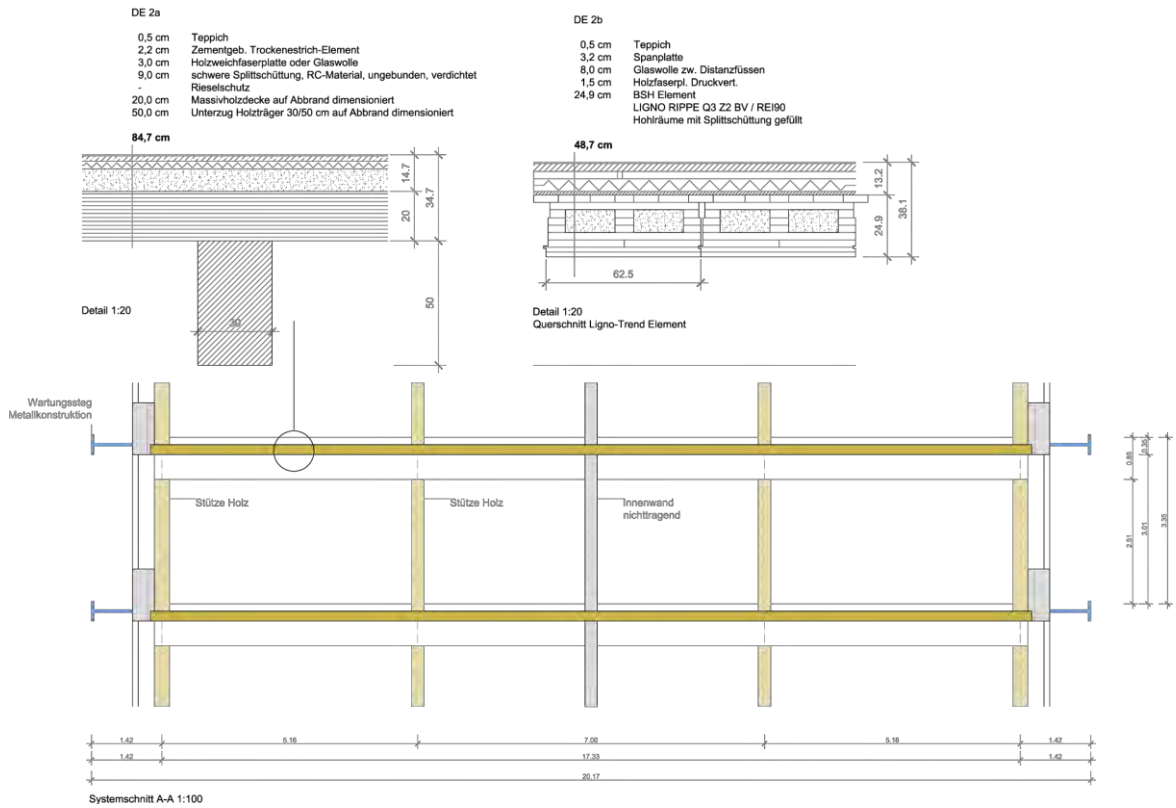


Abbildung 100: Tragstruktur aus Holz mit Holzunterzügen

Variante 4 / Holz-Stahl Konstruktion - REI 60

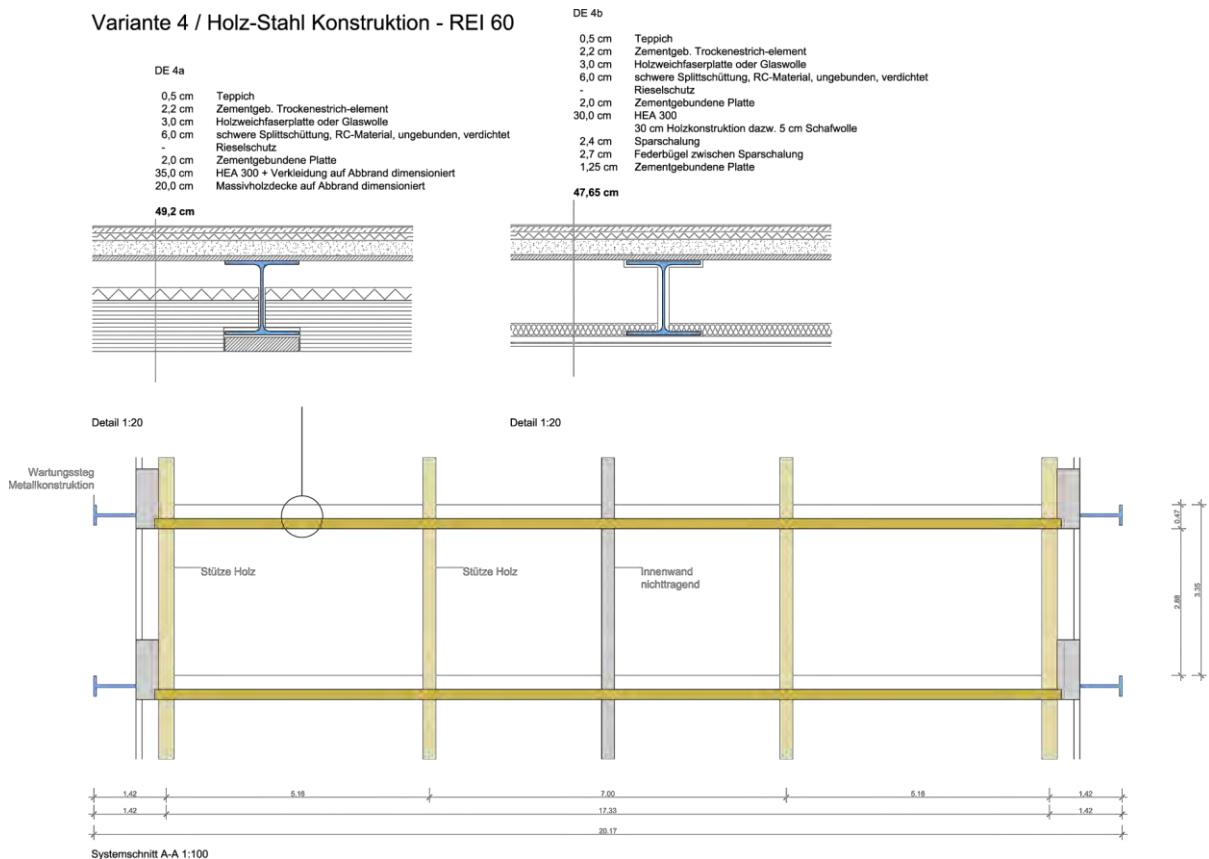


Abbildung 101: Tragstruktur aus Holz mit Stahlunterzügen

In der Variante Holz/Stahl sind die Unterzüge als HEA 300 Träger ausgebildet. Wenn eine Holzuntersicht gewünscht ist, müssen die Träger in die Decke versenkt werden und es muss ein Holzstafel den Brandschutz gewährleisten, wenn mit Gipskarton gearbeitet wird, können Stahl und Holzträger die gleiche Unterkante aufweisen. Bei allen Holzdecken ob massiv oder mit einer Tramlage muss mit Beschüttung zum Erreichen des erforderlichen Trittschallschutzes gearbeitet werden.

3.5.3 OI3 Bewertung

Die drei Varianten der Aufbauten und des Tragwerks (Stahlbeton, Holz-Stahlbeton-Verbund und Holz-Stahl) wurden zur ökologischen Bewertung einer OI Berechnung unterzogen. Die komplette Berechnung findet sich im Anhang A 4.

Die Ökobilanz als methodische Grundlage für die OI3 – Berechnung ist eine Methode zur quantitativen Abschätzung der mit einem Produkt verbundenen Umweltaspekte und produktspezifischen potentiellen Umweltwirkungen. Dabei erfolgt eine systematische Analyse und Bewertung „sämtlicher“ Inputs (Rohstoffe, Energie) und Outputs (Emissionen, Abfälle).

Gebäude werden umso besser bewertet, je niedriger ihr ökologischer Herstellungsaufwand gemessen mit dem Ökoindex OI3 ist. Der Wert des OI3-Index ist umso niedriger, je weniger nicht erneuerbare Energie, eingesetzt sowie je weniger Treibhausgase und andere Emissionen bei der Produktion der Baustoffe und des Gebäudes zum Zeitpunkt der Errichtung abgegeben werden.

Der OI3-Index verwendet von der Vielzahl an Umweltkategorien bzw. Stoffgrößen die folgenden drei:

- Treibhauspotential (100 Jahre bezogen auf 1994)
- Versauerungspotential
- Bedarf an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen

Für die Bilanzierung können unterschiedliche Bilanzgrenzen des Gebäudes herangezogen werden (mindestens ist aber die thermische Gebäudehülle inkl. aller Trenndecken = Bilanzgrenz 0 zu betrachten). Darüber hinaus sind weitere Bilanzierungsgrenzen möglich, bis hin zur Bilanzgrenze 6: gesamtes Gebäude (konditioniert und unkonditioniert) inkl. Haustechnik, Erschließung und Nebengebäude.

Für FUTUREbase wurden die Bilanzgrenzen 1 und 3 berechnet. Bilanzgrenze 1 beinhaltet die thermische Gebäudehülle mit vollständiger Konstruktion inkl. der Geschossdecken. Diese Grenze ist die am häufigsten verwendete, daher wurde sie auch hier berechnet. Nach Meinung des Projektteams erscheint es aber nicht sinnvoll bei der Betrachtung der verwendeten Materialien lediglich einen Teil des Gebäudes zu berechnen, da ja immerhin das ganze Gebäude errichtet wird und nicht nur die äußere Hülle. Außerdem war es für den

Vergleich der Konstruktion interessant zu sehen, wie groß der ökologische Aufwand des Kellergeschosses ist (das ja in allen Varianten aus Stahlbeton konstruiert wird) und wie sehr sich durch dieses die Unterschiede der oberirdischen Konstruktionen relativieren.

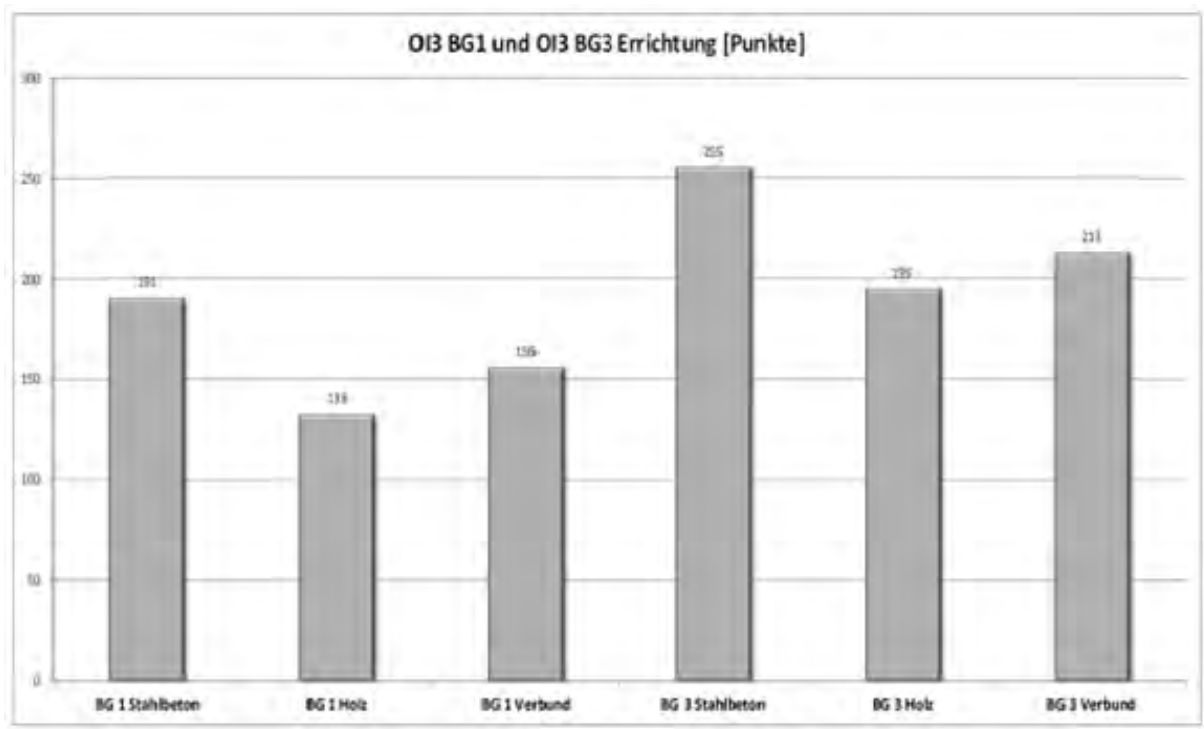


Abbildung 102: OIB-Index für die Errichtung des Gebäudes für alle Varianten mit Bilanzgrenze 1 und 3

In der Betrachtung der Varianten ausschließlich in der Errichtung des Gebäudes lässt sich der größte Unterschied zwischen den drei Konstruktionsarten erkennen (siehe Abbildung 102). Die Holz-Stahl Variante ist die beste mit nur 133 Punkten bei Bilanzgrenze 1 gefolgt von der Variante Holz-Stahlbeton-Verbund mit 156 Punkten (plus 17%). Am schlechtesten schneidet die Variante Stahlbeton ab mit 191 Punkten (plus 44%). Wenn Bilanzgrenze 3 betrachtet wird, schrumpft der Unterschied zwischen Holz und Stahlbeton auf 30 %. Der mineralische Keller aus Stahlbeton verschlechtert also wie erwartet das Ergebnis der Variante Holz-Stahl, es bleibt aber mit 30% Differenz dennoch signifikant kleiner als die Stahlbeton Variante.

Geringer allerdings werden die Unterschiede, wenn man nicht nur die Errichtung sondern auch die Erneuerung in Betracht zieht, und das mit Bilanzgrenze 3 (siehe Abbildung 103).

Zwischen Holz-Stahlbeton-Verbund und Holz-Stahl sind nun gar keine Unterschiede mehr erkennbar. Auch der Unterschied zwischen Holz-Stahl und Stahlbeton ist nun auf 13% zusammengeschrumpft.

Auch was das Versauerungspotential und den PEI ne (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar) angeht, liegen die 3 Varianten sowohl in Bilanzgrenze 1 also auch 3 ca. 10 % auseinander.

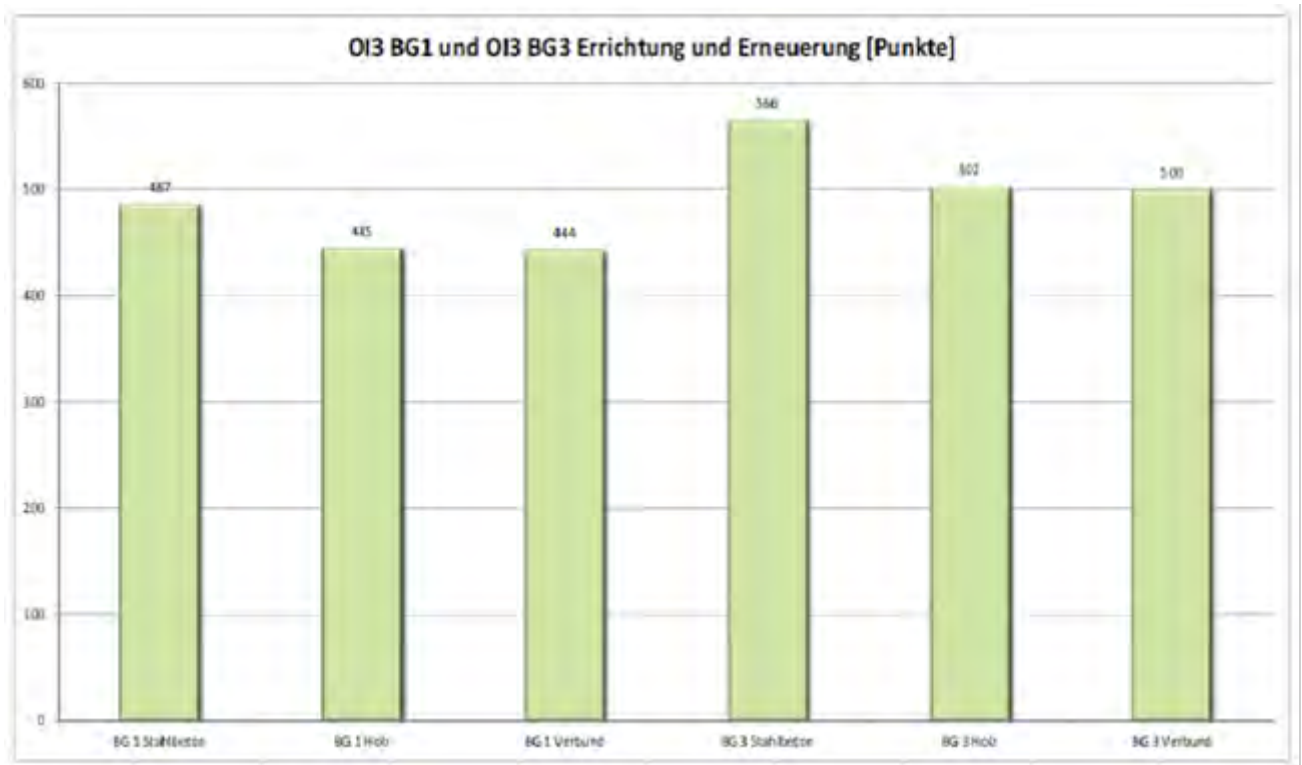


Abbildung 103: OI3-Index Errichtung und Erneuerung für alle Varianten mit Bilanzgrenze 1 und 3

Berücksichtigt man allerdings das im Holz gespeicherte CO₂, so wie dies beim Global Warming Potential 100 (GWP 100 Errichtung und Erneuerung) der Fall ist, so bleiben die Unterschiede signifikant, da die Variante Holz-Stahl in der Errichtung negative Werte ausweist (CO₂-Senke), die erst während der Lebensdauer durch die Erneuerungsphasen wieder etwas egalisiert werden.

Angesichts der Tatsache, dass die Reduktion von CO₂ derzeit eine der großen internationalen Herausforderungen darstellt, und auch Österreich in diesem Zusammenhang einen Beitrag leisten muss, kann die Bewertung des GWP 100 durchaus ausschlaggebend dafür sein, Gebäude in Zukunft verstärkt aus Holz zu errichten.

Für FUTUREbase kann nachgewiesen werden, dass das GWP 100 für Errichtung und Erneuerung bei Bilanzgrenze 3, die das Gebäude samt der vollständigen Konstruktionen innen und außen und auch die nicht konditionierten Bereiche enthält, für die Variante Holz-Stahl nur 43% der Stahlbeton Variante ausmacht (Abbildung 104). Um ein ökologisches Zeichen zu setzen, das den Anforderungen der Zeit entspricht, empfiehlt sich daher, die Holz-Stahl Variante zur weiteren Bearbeitung.

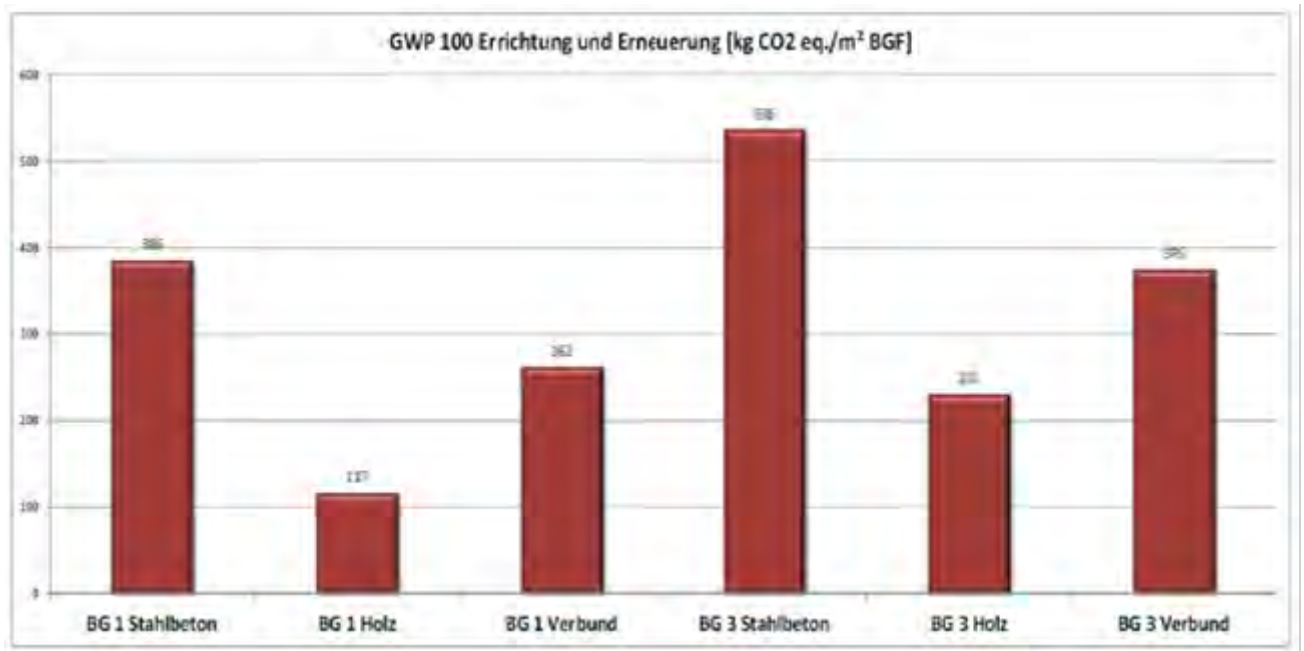


Abbildung 104: GWP 100 Errichtung und Erneuerung für alle Varianten mit Bilanzgrenze 1 und 3

3.5.4 Betriebskonzept

Um hinsichtlich Betriebskonzepts Optimierungsvorschläge zu erarbeiten wurden zunächst die Folgekosten (Definition siehe Tabelle 16) von ENERGYbase im Detail betrachtet, da das Projektteam in dieses Gebäude den besten Einblick hat und die Zielvorgaben ähnliche zu FUTUREbase waren.

In Abbildung 105 ist die Zusammensetzung der Folgekosten dargestellt. Insgesamt machen die Folgekosten bezogen auf 7.500 m Nutzfläche 26,6 €/m² aus, was nach Auskunft des Projektpartners Wirtschaftsagentur Wien ein erfreulich niedriger Wert, verglichen mit anderen Bürogebäuden der Wirtschaftsagentur Wien, ist.

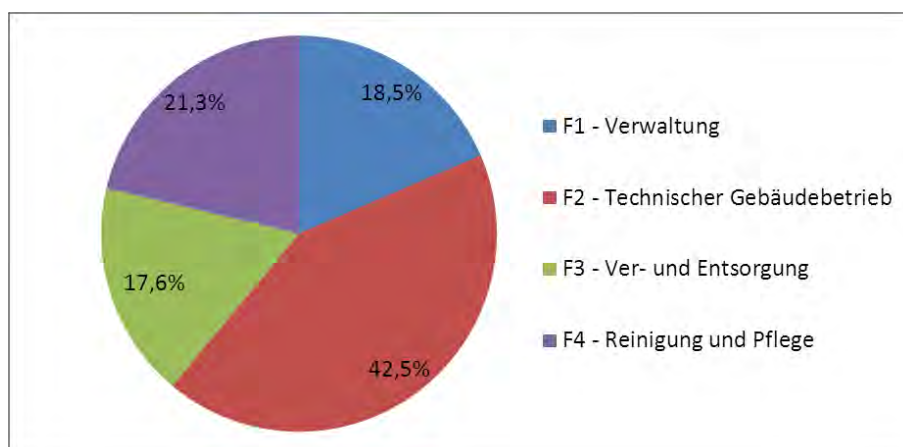


Abbildung 105: Zusammensetzung Folgekosten ENERGYbase, Auswertung 2010

Abbildung 106 zeigt die Aufteilung der 18,5% an Folgekosten für „Verwaltung“ in „Hausverwaltung“, „Gebäudeversicherung“ und „Grundsteuer“. All diese Werte liegen in einem üblichen Bereich und könnten über eine Adaptierung des Gebäude- und Energiekonzepts nicht merkbar verringert werden.

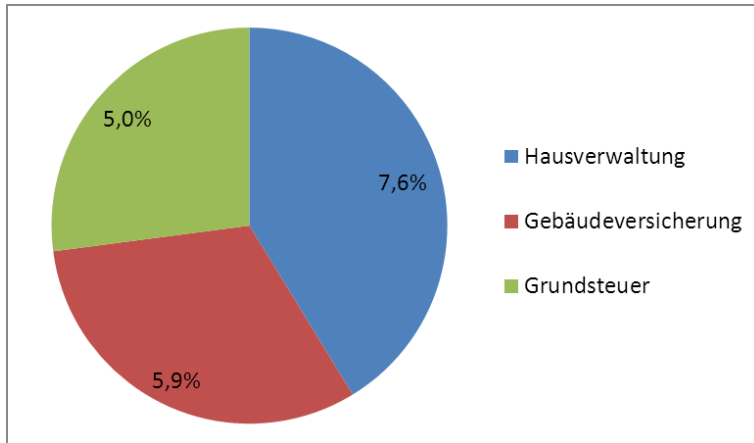


Abbildung 106: Zusammensetzung Kosten Verwaltung (F1) in ENERGYbase

Abbildung 107 zeigt eine detaillierte Zusammensetzung der 42,5% an den Folgekosten durch die Kostenkategorie „Technischer Gebäudebetrieb“. Obwohl der Anteil der „Betriebsführungstätigkeit“ mit 13,3% einen recht großen Anteil an den gesamten Folgekosten ausmacht, erscheint es dem Projektteam nicht ratsam hier Einsparungen für FUTUREbase vorzuschlagen, da dadurch ein energieeffizienter Gebäudebetrieb und auch die Nutzerzufriedenheit leiden würden. Alle anderen Anteile liegen in einem durchaus üblichen, sogar recht niedrigen Bereich und sind somit für die Betriebsführung von FUTUREbase zu empfehlen.

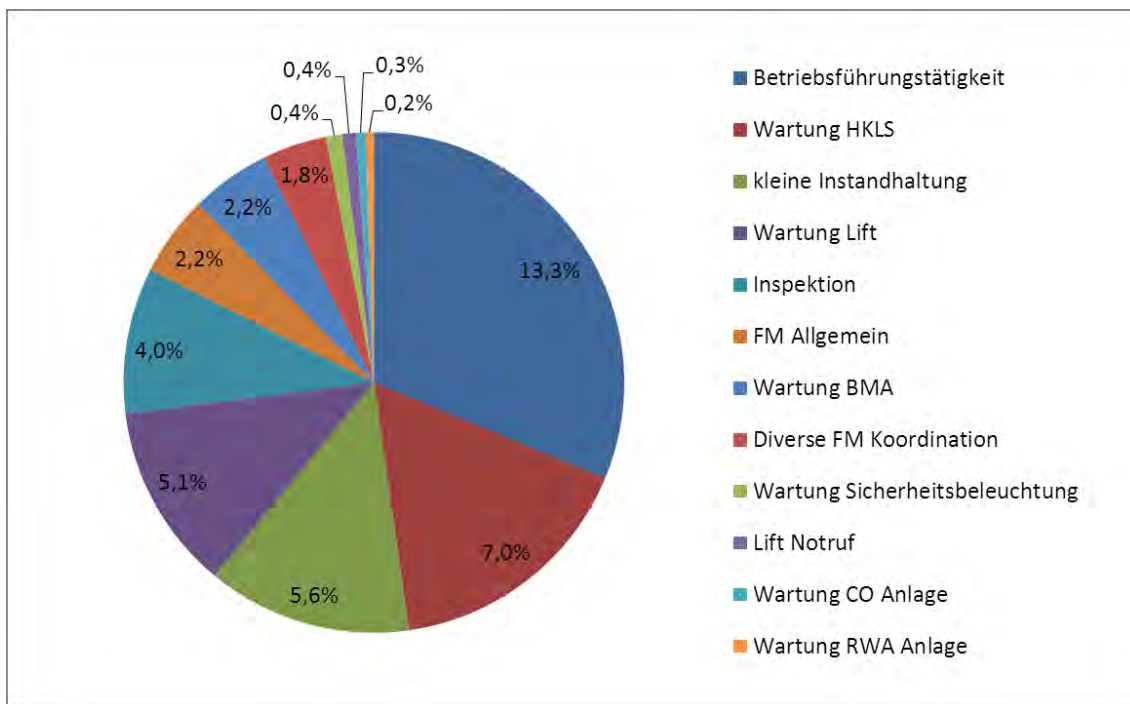


Abbildung 107: Zusammensetzung Kosten Technischer Gebäudebetrieb (F2) in ENERGYbase

Wie in Abbildung 108 dargestellt macht der Strombedarf für „Allgemein“ mit 14,9% den überwiegenden Anteil der „Ver- und Entsorgungskosten“ von insgesamt 17,6% der Folgekosten aus. Eine detaillierte Analyse und Optimierungsmöglichkeiten dafür ist in Kapitel 3.4.2.3 dargestellt.

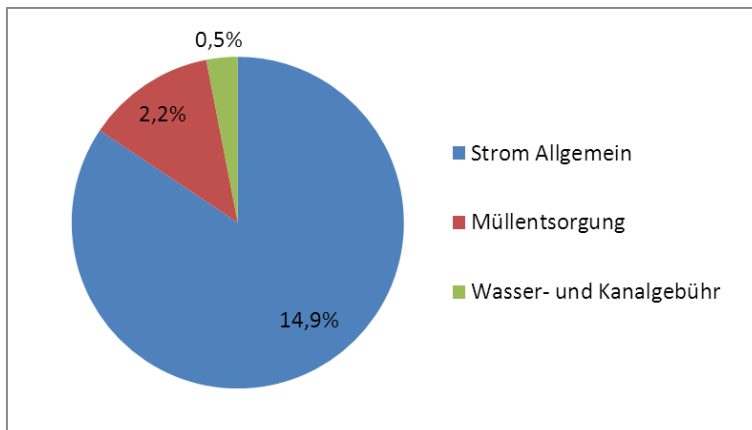


Abbildung 108: Zusammensetzung Kosten Ver- und Entsorgung (F3) in ENERGYbase

Den größten Anteil an der Kostenkategorie „Reinigung und Pflege“, welche 21,3% der Folgekosten ausmacht, hat die „Pflege Grünpuffer + Grüne Wand“ mit 8,1% (siehe Abbildung 109). Wie schon in der Planung von ENERGYbase erwartet sind die Kosten für die Pflege der Pflanzenpuffer ein wesentlicher Kostenfaktor in den Folgekosten. Der Anteil der Kategorie „Pflege Außenanlagen“ ist für FUTUREbase sicher höher anzusetzen, da im Vergleich zu ENERGYbase mehr bepflanzte Außenflächen vorgesehen sind.

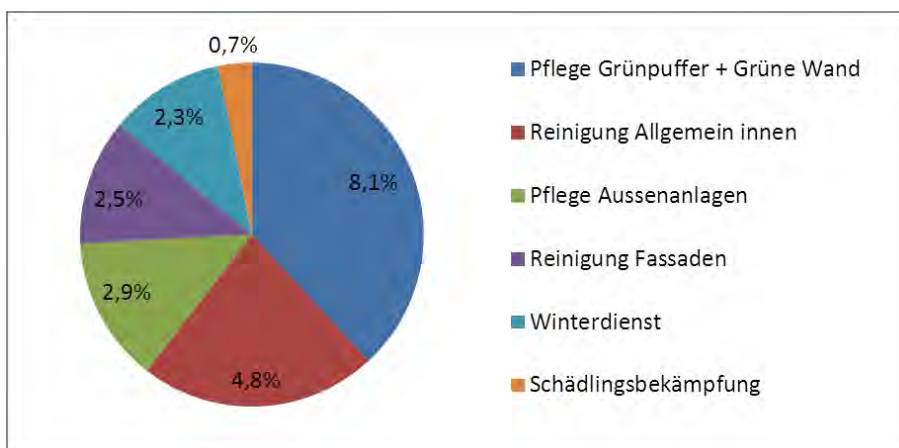


Abbildung 109: Zusammensetzung Kosten Reinigung und Pflege (F4) in ENERGYbase

Der Anteil für die Kategorie „Reinigung Fassade“ ist mit 2,5% der Folgekosten niedriger als in der Planung erwartet, da durch die gefaltete Fassade ein höherer Aufwand für die Reinigung erwartet wurde. Es hat sich gezeigt, dass nicht die Form der Fassade der ausschlaggebende Faktor für die Reinigungskosten ist, sondern die schnelle Erreichbarkeit aller Außenflächen durch das Reinigungspersonal mit ein und demselben Behelfsmittel (Bsp.: Korb auf fahrbaren Hebekran). Für FUTUREbase heißt das, dass die Erschließung um das Gebäude so konzipiert werden sollte, dass mit einem derartigen fahrbaren Hebekran möglichst alle Außenflächen, die gereinigt werden müssen, erreicht werden können.

3.5.5 Lebenszykluskostenprognose

Für das Projekt FUTUREbase wurde abschließend eine Lebenszyklusprognoseberechnung erstellt. Vollständige Berechnungen siehe Anhang A 5.

3.5.5.1 Definition

Die im Rechenprogramm LEKOS verwendete Berechnungsmethode der Lebenszykluskosten fußt auf dem Entwurf der „ÖNORM B 1801-2 Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 2: Objekt-Folgekosten“.

Es gelten die folgenden Definitionen:

Die Lebenszykluskosten (LZK) sind die Summe (der Barwerte) der Objekt-Errichtungskosten gemäß ÖNORM B 1801-1 und der Objekt-Folgekosten.

Die Folgekosten bzw. Objekt-Folgekosten (OFK) sind die Summe (der Barwerte) aller Kosten, die sich aus dem Betrieb und der Nutzung während der Nutzungsphase eines Objektes zuzüglich der Objektbeseitigungs- und Abbruchkosten ergeben und dem Objekt oder einem oder mehreren Elementen der Baugliederung gemäß ÖNORM B 1801-1 direkt zuordenbar sind, ergeben.

In der ÖNORM B 1801-2 sind die Folgekosten wie in Tabelle 16 dargestellt definiert.

Tabelle 16: Unterteilung der Folgekosten nach ÖNORM B 1801-2

Verwaltung	F1
Technischer Gebäudebetrieb	F2
Ver- und Entsorgung	F3
Reinigung und Pflege	F4
Sicherheit	F5
Gebäudedienste	F6
Instandsetzung, Umbau	F7
Sonstiges	F8
Objektbeseitigung, Abbruch	F9

Dabei enthält F2 das Management, Inspektionen, Wartung, Reparaturen, F3 enthält Energie-Wasser-, Abwasser- und Müllentsorgungskosten; während unter Gebäudedienste Post, Kommunikations- und Informationstechnik, Umzüge, Empfang und sonstiges subsummiert wird.

3.5.5.2 Annahmen

Als Vorarbeit für die LZK wurde unterschieden zwischen drei Errichtungskosten Varianten für Bauwerk Rohbau und Ausbau:

Stahlbetonbauweise, Holz-Stahlbeton-Verbundbauweise und Holz-Stahlbauweise. Die Aufbauten und Unterschiede in den Dämmsystemen der einzelnen Bauweisen wurden vorab bereits vorgestellt.

Weiters wurde unterschieden zwischen zwei Varianten für Bauwerk Technik Kosten:

Einmal V2 (siehe Kapitel 3.4.4) ohne Abwärmenutzung aus dem Klima-Windkanal und einmal V4 (siehe Kapitel 3.4.6) mit Abwärmenutzung aus dem Klima-Windkanal.

Zuletzt wurden zwei Varianten für die Finanzierung der PV-Anlage unterschieden:

- Investitionsförderung und Netzeinspeisung zu derzeit 7,72 Cent
- Volle Errichtungskosten aber Ökostromtarif mit 23 Cent je eingespeister kWh

Aus diesen theoretisch zwölf Varianten wurden sechs in der LZK-Prognose bewertet (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Variantenbeschreibung

Bezeichnung	Bauweise	Plusenergiekonzept	PV-Nutzung
Version 1 (STB/V2/Invest)	Stahlbeton	V2	Eigenstromnutzung
Version 2 (STB/V2/Ökostrom)	Stahlbeton	V2	Einspeisung
Version 3 (STB/V4/Invest)	Stahlbeton	V4	Eigenstromnutzung
Version 4 (STB/V4/Ökostrom)	Stahlbeton	V4	Einspeisung
Version 5 (Misch/V4/Ökostrom)	Holz-STB-Verbund	V4	Einspeisung
Version 6 (Holz/V4/Ökostrom)	Holz-Stahl	V4	Einspeisung

Die Lebensdauer des Objektes wurde auf 40 Jahre berechnet, Preissteigerungen und Verzinsung entsprechend Tabelle 18.

Tabelle 18: Finanzielle Parameter

Bezeichnung	Einheit	Wert
Preissteigerung Bau (PBAU)	%/a	3,30
Preissteigerung Technik (PTECHNIK)	%/a	2,50
Preissteigerung Verbrauchspreise (PALLG)	%/a	2,50
Preissteigerung (PENERG)	%/a	4,50
Preissteigerung Lohnintensiv (PLOHN)	%/a	2,50
Verzinsung (R)	%/a	1,00

Die wesentlichsten Objektkennndaten wurden wie in Tabelle 19 dargestellt errechnet.

Tabelle 19: Allgemeine Flächengrößen

allgemeine Flächengrößen	Kommentar
BGF	20.832 m ²
BGF ¹ _{beheizt}	16.214 m ²
BGF ⁴ _{klimatisiert}	16.214 m ²
BRI	75.257 m ³
NGF	18.947 m ²
Nutzfläche ohne Tiefgarage	15.723 m ²
beheizte/-lüftete Nutzfläche	13.284 m ²

Die Wartungskosten der Solarthermischen Anlage (Kostenposition E3.C.S Sonstige Wärmeversorgungsanlagen) wurden mit 0,0067 €/kWh pro Jahr berechnet. Unter die Wartungskosten fallen der Wechsel der Wasser-Glykol-Mischung (alle 5 Jahre) und die jährliche Reinigung der Wärmetauscher (Kalkbefall) und der Opferanode, sowie die Arbeits- und Anfahrtszeit des Installateurs.

Die Kosten für Wartung- und kleine Instandsetzung der PV-Anlage (Kostenposition E3.F.02 Eigenstromversorgung) wurden mit 0,5% der Errichtungskosten angesetzt.

Für Instandsetzung und Umbau wurde eine Erneuerung der kompletten PV-Anlage alle 25 Jahre und ein Austausch der Wechselrichter alle 10 Jahre angenommen, wobei die Investitionskosten der Wechselrichter mit 8,8% der Gesamtinvestitionskosten der PV-Anlage berücksichtigt wurden. Die wesentlichen Rechengrößen für die PV-Anlage und die Abwärmenutzung des Klima-Windkanals sind in Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20: Rechengrößen PV und Abwärmenutzung

Anlagenteile	Energiekonzept V2	Energiekonzept V4
PV-Fläche [m]	2.850	2.618
PV-Ertrag [kWh/a]	401.862	368.962
PV-Leistung [kW _{peak}]	518	476
Variante PV-Investitionsförderung		
Errichtungskosten [€/m ² _{PV-Fläche}]	439	439
Errichtungskosten [€]	1.251.150	1.149.302
Netz-Einspeisevergütung [c/kWh]	7,72	7,72
Variante PV-Ökostromanlage		
Errichtungskosten [€/m ² _{PV-Fläche}]	620	620
Errichtungskosten [€]	1.767.000	1.623.160

Anlagenteile	Energiekonzept V2	Energiekonzept V4
Netz-Einspeisevergütung [c/kWh]	23,00	
Inv. Kosten Wärme/Kälteversorgungsanlagen [€]	1.354.080	1.269.080
Inv. Kosten Abwärmenutzung Klima-Windkanal [€]		507.000
Verkaufspreis pro kWh Wärme [c/kWh]	9,00	
Wärmeverkauf/Abwärme TECHbase, ENERGYbase [€/a]		56.080
Einnahmen aus Rückkühlung für RTA [€/a]		56.100
Ausgaben für Back-Up Heizung [€/a]		4.775

3.5.5.3 Ergebnisse

Errichtungskosten und Folgekosten

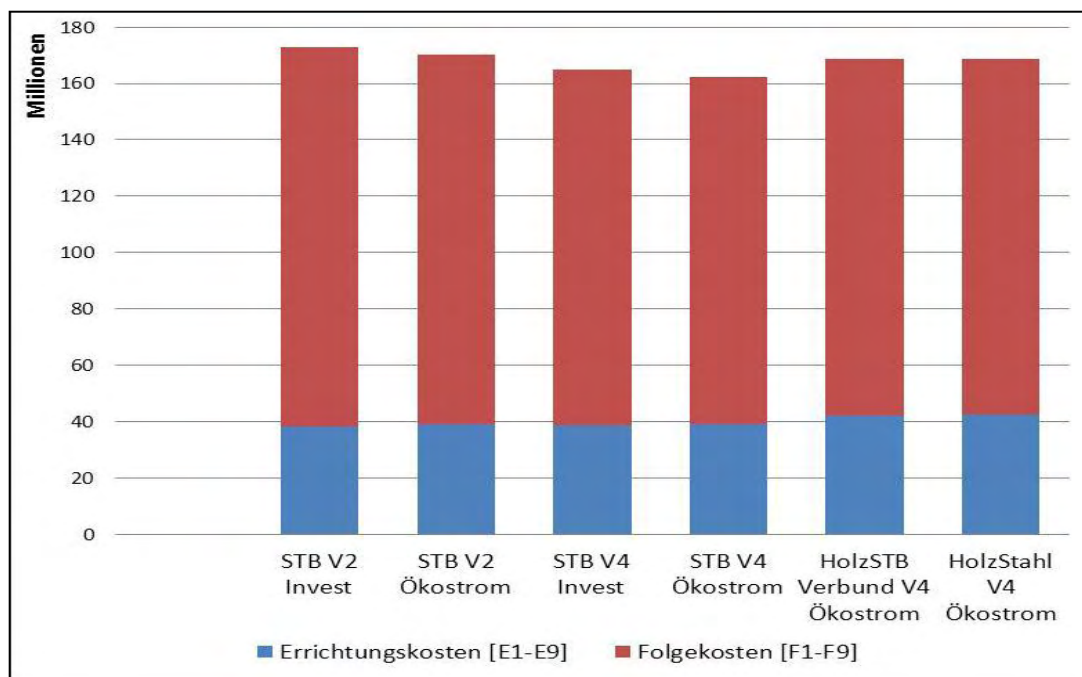


Abbildung 110: Errichtungs- und Folgekosten der berechneten Varianten

In Abbildung 110 ist klar zu erkennen, dass die Errichtungskosten weniger als 25% der Lebenszykluskosten ausmachen und dies, obwohl die Energiekosten durch das Plusenergiegebäude bereits teilweise deutlich negativ sind.

Die in Tabelle 21 näher beschriebenen Unterschiede in den Errichtungskosten von maximal etwas über 10% bewegen sich gegenüber den LZK in einem Bereich von etwa 2 %.

Tabelle 21: Errichtungskosten

Allgemein		STB V2 Invest	STB V2 Ökostrom	STB V4 Invest	STB V4 Ökostrom	Verbund V4 Ökostrom	Stahl V4 Ökostrom
Grund	E0	0	0	0	0	0	0
Aufschließung	E1	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000
Bauwerk - Rohbau	E2	8.434.596	8.434.596	8.434.596	8.434.596	10.400.923	10.685.953
Bauwerk - Technik	E3	8.825.100	9.343.800	9.105.484	9.581.960	9.790.280	9.790.280
Bauwerk - Ausbau	E4	10.454.793	10.454.793	10.454.793	10.454.793	10.561.724	10.846.754
Einrichtung	E5	208.320	208.320	208.320	208.320	208.320	208.320
Außenanlagen	E6	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000	210.000
Planungsleistung	E7	5.668.706	5.668.706	5.708.706	5.708.706	6.150.585	6.264.597
Nebenleistungen	E8	1.476.225	1.476.225	1.476.225	1.476.225	1.476.225	1.476.225
Reserven	E9	2.952.451	2.952.451	2.952.451	2.952.451	2.952.451	2.952.451
Bauwerkskosten [E2-E4]		27.714.489	28.233.189	27.994.873	28.471.349	30.752.927	31.322.987
Baukosten [E1-E6]		28.312.809	28.831.509	28.593.193	29.069.669	31.351.247	31.921.307
Errichtungskosten [E1-E9]		38.410.191	38.928.891	38.730.575	39.207.051	41.930.508	42.614.580

Die tatsächlichen Errichtungskosten sind in den Spalten 2, 4, 5 und 6 ablesbar, da in den Investvarianten die Investförderung abgezogen wurde. Dabei ist in Stahlbeton V2 und Stahlbeton V4 gleiche Bauweise (Stahlbeton) aber unterschiedliche Technikkosten ablesbar. In V4 ergeben sich Mehrkosten durch den Großspeicher für die Abwärmenutzung von ca. 278 000 € (PV-Anlage etwas kleiner) das sind 0,7% der Errichtungskosten. Die weiteren Mehrkosten ergeben sich durch die Bauweisen: Holz-Stahlbeton-Verbund: plus 7 % und Holz-Stahl plus 9,5 % gegenüber der Stahlbeton Variante.

Eine genauere Darstellung der Folgekosten im Vergleich aller Varianten zeigt Abbildung 111.

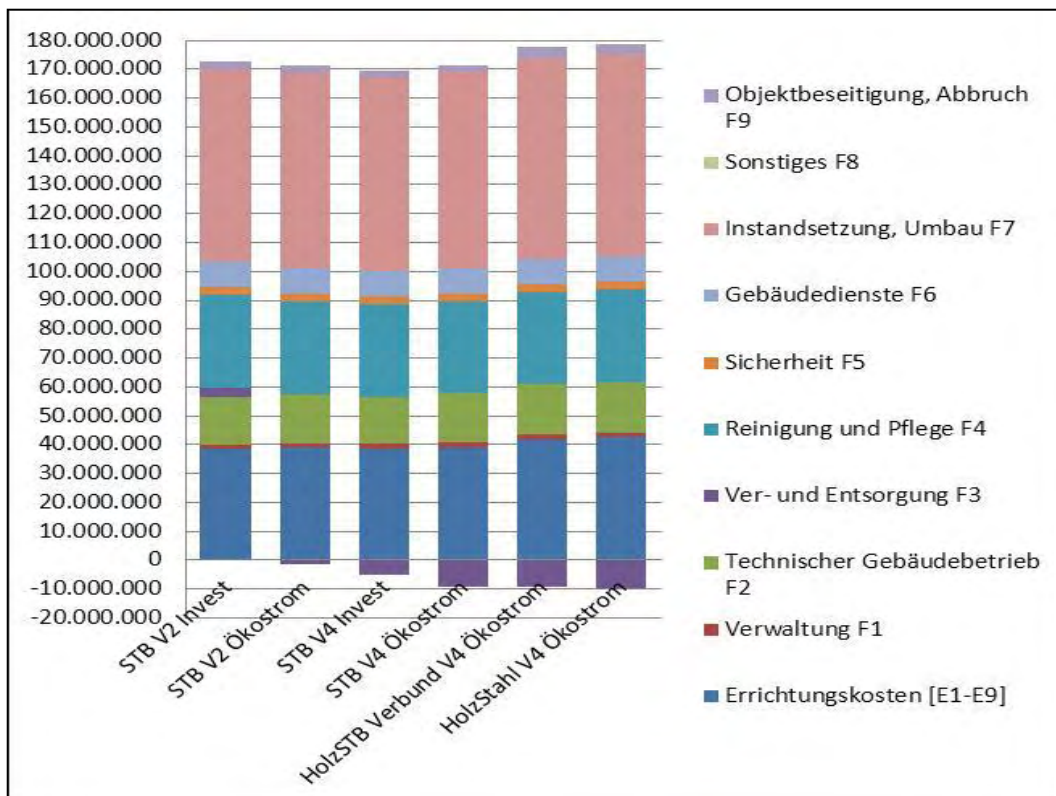


Abbildung 111: LZK der berechneten Varianten detailliert

Die Folgekosten F3 „Ver- und Entsorgung“ treten hier fast in allen Varianten nur als Gewinn in Erscheinung. Die Gesamtlebenszykluskosten erreichen bei Stahlbeton-V2-Invest einen Wert von 171,7 Mio €. Diese Kosten sinken bei Stahlbeton-V2-Ökostrom, obwohl die Investitionskosten höher sind, weil bereits hier die Kosten für Ver- und Entsorgung über 40 Jahre negativ werden. Dazu muss angemerkt werden, dass der Ökostromtarif über 40 Jahre voraussichtlich nicht erhalten bleiben wird, wodurch die Ökostromvarianten in dieser Hinsicht vielleicht ein etwas zu optimistisches Bild zeichnen.

Stahlbeton-V4-Invest: die Kosten sinken weiter, obwohl V4 hinsichtlich der Errichtung teurere Gebäudetechnikkosten aufweist wegen des Großspeichers zur Abwärmenutzung. Hier stehen investiven Gesamtmehrkosten von ca. 300.000 € **negative** Ver- und Entsorgungskosten (durch Wärme und Kälteverkauf) in der Höhe von 9,2 Mio € gegenüber. In der Variante V4 mit Ökostrom sieht es naturgemäß noch günstiger aus. Bei den letzten beiden Varianten steigen die Kosten wieder an, der ökologischen Bauweise steht in den Betriebskosten kein Einsparungsbenefit gegenüber, im Gegenteil, auch die Kosten für den technischen Gebäudebetrieb (Brandmeldeanlage, etc.), Instandsetzung aber vor allem die Abbruchkosten werden hier deutlich höher angesetzt (4,3 Mio bei Holz-Stahlbeton-Verbund kontra 2,6 Mio bei Stahlbeton). Ob dies in 40 Jahren wirklich der Realität entsprechen wird, mag dahingestellt bleiben. Es ist aber zu erwarten, dass die Kosten und Folgekosten von Bauwerken sich sehr langsam aber dennoch in Richtung volkswirtschaftliche Kostenwahrheit bewegen werden. Es ist daher zu erwarten, dass der Abbruch von Gebäuden aus Holz einmal wesentlich günstiger sein wird als der von Gebäuden aus Stahlbeton.

Jedenfalls kann festgestellt werden, dass selbst mit den angenommenen Kosten auch die Variante Holz-Stahl (die ökologisch zu bevorzugen ist) in der Version V4 (Abwärmenutzung) der Ausgangsvariante in Stahlbeton ohne Abwärmenutzung überlegen ist. Die finanziellen Gewinne aus dem Wärmeverkauf/Rückkühlung für RTA sind in der Lage die ökologischen Mehrkosten des Holzgebäudes deutlich zu kompensieren.

Da wir es hier mit einem Plusenergiegebäude zu tun haben, wurden die Ver- und Entsorgungskosten einer genaueren Betrachtung unterzogen (siehe Abbildung 112).

Selbst bei der Investitionsförderungsvariante stehen über 40 Jahre einer Anfangsinvestition von ca. 1,7 Mio € für die 2.700 m große PV-Anlage Erträge aus einer Einspeisung ins Netz (mit 7,72 cent/kWh abzüglich Wartung, Tausch von Anlagenteilen) von 2,4 Mio € gegenüber. Selbst bei dieser Variante können durch die laufenden Einnahmen die Ausgaben für Strom schon zu fast 100% gedeckt werden. Noch wesentlich besser mit Ökostromförderung. Noch besser sieht es mit der Abnahme von Wärme vom Klima Wind Kanal und dem Verkauf der Wärme an TECHbase aus (Abbildung 113). Den geringen Investitionsmehrkosten von 300.000 € stehen Erträge über 40 Jahre von 8,6 Mio € gegenüber.

In Anhang A 5 sind alle Varianten auch über die gesamte Lebensdauer dargestellt.

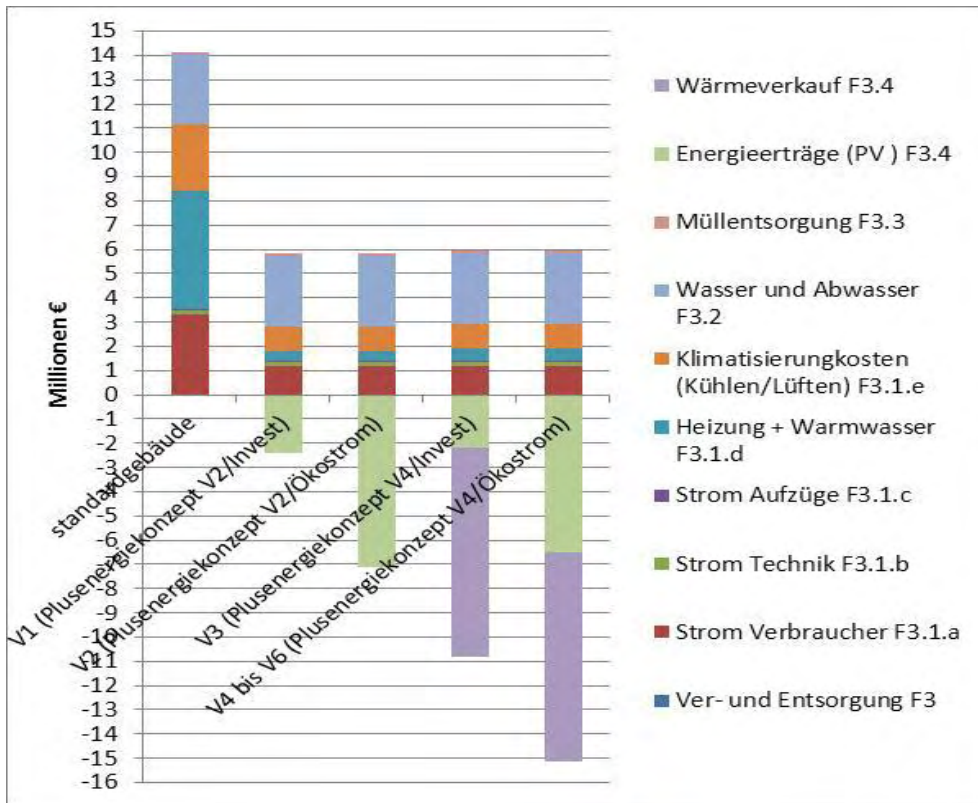
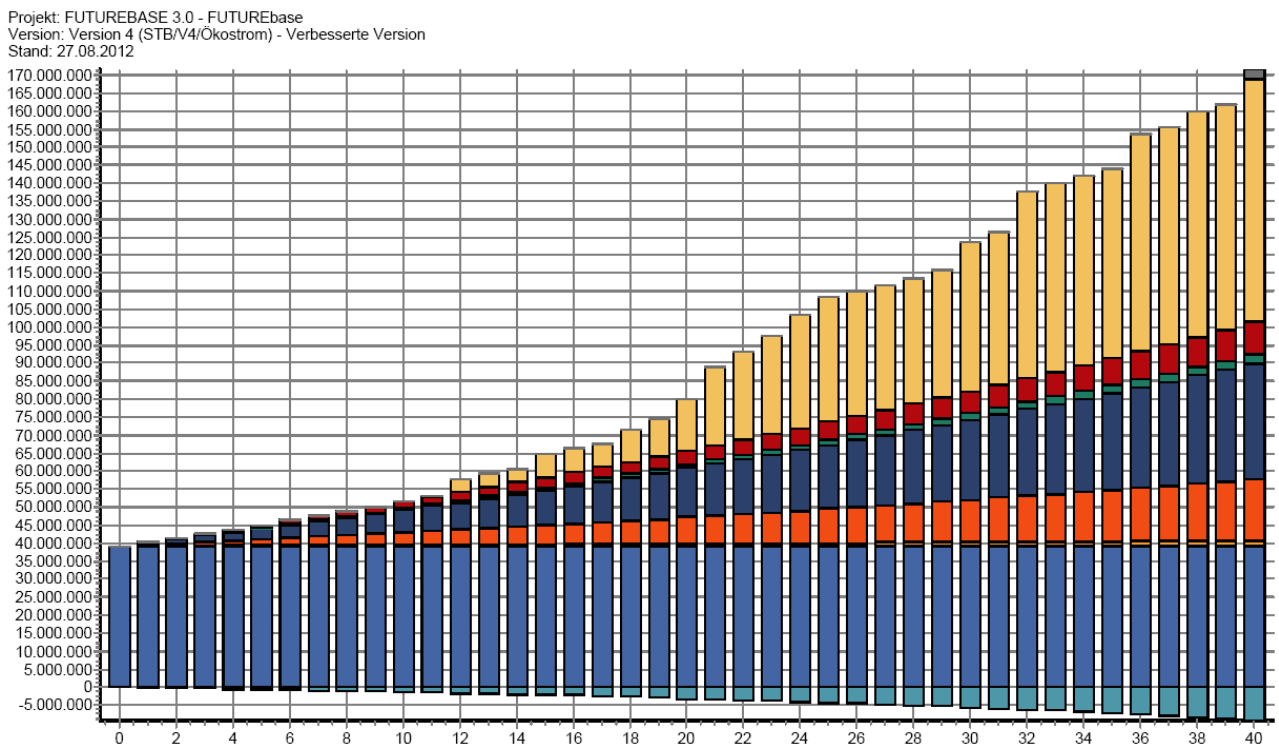


Abbildung 112: Ver und Entsorgungskosten (F3)



4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

4.1 Einpassung in das Programm

Aktionslinie: Schlüsseltechnologien und Konzepte für Gebäude der Zukunft

Thema: Demonstrationsgebäude in Bereichen mit hoher Signal – und Multiplikationswirkung

Wie schon in den oberen Abschnitten ausführlich dargelegt, ist der Kernpunkt dieses Projekts die Erstellung eines umfassenden Gebäudekonzepts unter Berücksichtigung neuer, hoch innovativer Technologien für einen geplanten Bürobau. Wie auch das Vorgängerprojekt ENERGYbase soll auch dieser Bau eine hohe Signalwirkung erzielen. Wie die Erfahrungen mit dem ENERGYbase mit zahlreichen Besuchern zeigen, interessiert sich ein breiter Personenkreis für solche energieeffiziente Bürobauten. Darüber hinaus wurde in dieser Studie auf eine möglichst hohe Anwendbarkeit der Konzepte auf andere, ähnliche Bauvorhaben geachtet, wodurch auch der Punkt der Multiplikationswirkung adressiert wurde.

4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

Schaffung der technologischen Basis für das Gebäude der Zukunft, insbesondere das Plusenergiehaus. Das Programm setzt einen weiteren Schwerpunkt auf Büro- und Betriebsgebäude sowie auf Gebäudemodernisierung

Diese technische Durchführbarkeitsstudie bezieht sich auf einen Neubau für eine Büro- und Gewerbeimmobilie mit ca. 13.000m Nutzfläche. Dies würde für das Thema Plusenergiehaus die potenzielle Umsetzung eines großen Bauvorhabens in Nicht-Wohngebäuden bedeuten. Das Thema Passivhaus hat gezeigt, dass die Überleitung von der Anwendung in Ein- und Zweifamilienhäusern auf die Anwendung im mehrgeschossigen Wohnbau und Nicht-Wohnbau sehr große Anstrengungen verlangt. Das Thema Plusenergiehaus könnte daher von Beginn an auch im Nicht-Wohnbau in einem größeren Umfang positioniert werden und Umsetzungsbarrieren wie im Passivhaus verringern.

Mit der Errichtung des Gebäudes ENERGYbase wurde ein essenzieller Meilenstein für den Weg in Richtung „Gebäude der Zukunft“ gelegt. Das Gebäudekonzept verfolgt neben dem Ansatz, den Energiebedarf gegenüber konventionellen Gebäuden deutlich zu reduzieren (ca. 80% Energieeinsparung) auch das Ziel, möglichst viel des verbleibenden Energiebedarfs durch erneuerbare Energieträger, und damit CO₂-einsparend, zu decken.

Im Rahmen dieses Projektes sollte eine Machbarkeitsstudie erarbeitet werden, welche aus den Erkenntnissen des ersten Demoprojektes „ENERGYbase“ am Standort sowie aus anderen HdZ-Projekten die Umsetzbarkeit des so genannten „ökologischen Plusenergiekonzeptes“ aufzeigt. Ziel ist es, die wesentlichen Eckpunkte für die Umsetzung einer großvolumigen Büro- und Gewerbeimmobilie als „ökologisches Plusenergiehaus“

aufzuzeigen und auf Basis des potenziellen Standortes in der Giefinggasse 4, 1210 Wien, auszuarbeiten.

Überleitung innovativer Technologien und Produkte zur Serien- bzw. industriellen Fertigung

Im Rahmen des Technologiescreenings wurden innovative, neue Technologien und Produkte auf ihre derzeitige Einsetzbarkeit anhand eines konkreten Bauvorhabens mit ca. 13.000 m Nutzfläche evaluiert. Dadurch soll für Technologien mit wenig bzw. keiner Erfahrung in der Gebäudeintegration (z.B. bionische Fassadenelemente, Kleinwindkraftanlagen, usw.) eine Möglichkeit zur Demonstration in einem relativ großen Bauvorhaben geschaffen werden.

Für nachhaltige Technologien und Maßnahmen wie beispielsweise „Soil Cooling“, zentrale IT-Lösungen, natürliche Lüftungsstrategien, „Plug and Play“ Fassadensysteme, Pflanzeneinbindung, wetterprognose-gesteuerte Regelung, die bisher nur vereinzelt zum Einsatz gekommen sind, sollte mittels dieser technischen Durchführbarkeitsstudie eine Basis für eine breitere Anwendung im Gebäudebereich geschaffen werden.

Initiierung von Demonstrationsprojekten (Gebäuden, Siedlungen, Netzen...), um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten

Zum Einen sollte durch das gegenständliche Projekt der Erfolg des Projektes ENERGYbase weiter untermauert werden und auch für die Fachwelt deutlich erkennbar werden, welche Potenziale im Bereich des energieeffizienten Bauens und des Einsatzes erneuerbarer Energieträger liegen.

Die Konzeptstudie stellt für den Projektpartner WWFF die wesentliche Voraussetzung für einen weiteren Schritt im Rahmen eines neuen Demogebäudes dar. Die wissenschaftlichen Grundlagenarbeiten sollen das Entwicklungsrisiko im Rahmen der Investitionsentscheidung auf ein vertretbares Maß reduzieren. Es sollen vor allem neue Technologien und Maßnahmen wie bionische Fassadenelemente, Kleinwindkraftanlagen, Soil Cooling, „Plug and Play“ Fassadensysteme, wetterprognose-gesteuerte Regelstrategien, natürliche Lüftungsstrategien usw. nach dem derzeitigen Erkenntnisstand zum Einsatz kommen. Dies bietet eine sehr gute Möglichkeit, diese neuen und innovativen Technologien und Maßnahmen anhand eines relativ großen Bauvorhabens sichtbar zu machen.

Unterstützung der internationalen Vernetzung der österreichischen KompetenzträgerInnen, Verstärkung des internationalen Know-how-Transfers sowie Aufbau von Humanressourcen und Integration vorhandenen Wissens in entsprechende Ausbildungen

Durch das interdisziplinäre Projektkonsortium (Wiener Wirtschaftsförderungsfonds, AIT Energy, pos architekten) wird bereits ein sehr weites Netzwerk im Immobiliensektor sowohl national wie auch international aktiviert. Aufgrund der doch sehr unterschiedlichen Positionierungen der einzelnen Projektpartner innerhalb des Themas der Immobilienentwicklung wird jedoch auch die Diversität dieses Netzwerkes noch unterstrichen.

Die technische Durchführbarkeitsstudie gibt einen profunden Überblick über den derzeitigen Stand neuer, innovativer Technologien hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit. Dadurch kann eine fundierte Verbreitung des Wissens von den beteiligten Partnern dieses Projektes zu den zukünftigen WissenschaftlerInnen, ForscherInnen und PlanerInnen geschaffen werden. Durch dieses Projekt wird aktiv am Aufbau von Humanressourcen und Integration vorhandenen Wissens in entsprechenden Ausbildungsstätten gearbeitet.

Durch die intensive Kooperation mit internationalen Experten im Rahmen des IEA SHC Task 41 – „Solar Energy and Architecture“ sowie „Baubionik Potenziale“ kann die Möglichkeit genutzt werden, internationale Erfahrung mit diesen Technologien möglichst rasch und effizient nach Österreich zu bringen sowie einen wichtigen Beitrag für internationalen F&E-Aktivitäten zu liefern.

4.3 Einbeziehung der Zielgruppen (Gruppen, die für die Umsetzung der Ergebnisse relevant sind) und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt

Die Wirtschaftsagentur Wien, welcher Liegenschaftseigentümer des evaluierten Standorts für FUTUREbase ist, war Projektpartner dieser Studie und hat somit das Plusenergiegebäudekonzept von Beginn an wesentlich mit entwickelt. Um die Bedürfnisse aller Projektpartner entsprechend zu berücksichtigen wurden die Zwischenergebnisse kontinuierlich in den Projektbesprechungen präsentiert und gemeinsam diskutiert. Zu diesem Zweck fanden in der Projektlaufzeit von 15 Monaten acht Projektbesprechungen mit allen Projektpartnern statt, die im Stil eines Workshops abgehalten wurden.

4.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungsbzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse

Die hauptsächliche Verwertung der Ergebnisse liegt darin, Entscheidungsgrundlagen für die Umsetzung des hier entwickelten nachhaltigen Plusenergiegebäudekonzepts am Standort Giefinggasse 4, 1210 Wien zu schaffen. Dazu fand eine Präsentation der Projektergebnisse am 22. Mai 2012 bei der Wirtschaftsagentur Wien statt. Die weiteren Schritte zur Umsetzung liegen nun bei der Wirtschaftsagentur Wien.

Abgesehen von der gezielten Nutzung dieser technischen Durchführbarkeitsstudie für ein bestimmtes Bauvorhaben, zielen die hier durchgeführten Untersuchungen auf eine Risikominimierung beim Einsatz neuer, innovativer Technologien im Bauwesen ab. Das heißt, dass diese Studie auch als Grundlage für weitere Bauvorhaben mit Intentionen zum Einsatz neuer, innovativer Technologien herangezogen werden kann, um nicht nochmals die gleichen Untersuchungen durchführen zu müssen.

Da in einer Standardplanung üblicherweise weder die Planungskosten, noch die Zeit für derartige Voruntersuchungen vorhanden sind, könnte durch diese Studie ein wichtiger

Beitrag zur Verbreitung von neuen, innovativen Technologien – die Großteils in HDZplus Projekten beforscht wurden – geleistet werden.

Die Ergebnisse der Studie FUTUREbase sind bereits in die FH Lehrtätigkeit seitens AIT im Studiengang Erneuerbare Urbane Energiesysteme am FH Technikum Wien eingeflossen und werden auch zukünftig als Beispiel für Lehrtätigkeiten zum Thema Plusenergie verwendet. Weiters werden die Ergebnisse dieser Studie auf Fachkongressen vorgestellt, wobei mit der Gleisdorf Solar 12 bereits ein Anfang gesetzt wurde.

5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Die untersuchte Abwärmenutzung aus dem industriellen Kälteprozess der RTA (Klima-Windkanal) im regionalen Verbund zeigt für diesen konkreten Fall ein großes Potenzial. FUTUREbase alleine als Abnehmer für die Abwärme ist aufgrund des niedrigen Heizenergiebedarf (passivhausbauweise) nicht zu empfehlen, erst bei der Einbindung der beiden bereits bestehenden umliegenden Gebäudekomplexe TECHbase und FUTUREbase kommt die Errichtung eines Mittelzeitspeichers (ca. 1.100m) in einen ökologisch und ökonomisch interessanten Bereich. In dieser Studie wurden dafür erste Untersuchungen und Analysen durchgeführt und ein grobes Konzept mit einer Potenzialabschätzung erstellt. Zur tatsächlichen Umsetzung des Mittelzeitspeichers und der Einbindung der bestehenden haustechnischen Anlagen von TECHbase und ENERGYbase in ein gesamtheitliches Energiemanagement sind die hier durchgeführten Untersuchungen jedoch noch nicht ausreichend. Folgende Forschungsfragen bzw. Tätigkeiten sind noch im Detail zu bearbeiten:

- Detaillierte Analyse des Energiebedarf der bestehenden Gebäudekomplex TECHbase und ENERGYbase als Wärmesenke für Großrückkühleinheiten des industriellen Kälteprozesses hinsichtlich Adaptierbarkeit der bestehenden Heizungsregelung um die Nutzung des bestehenden Abwärmepotenzials zu erhöhen
- Energiemanagement industrielle Rückkühlenergie zur Raumheizung (Speichergröße, ein oder mehrere Großspeicher, Einbindung in bestehende haustechnische Systeme, Hydraulik, Regelung, Back-up Strategien)
- Speicherspezifikation: Speichergeometrie, Speicherschichtung, Be- /Entladebetrieb, usw.
- Ökologische Rückkühlung über Mittelzeitspeicher durch Erdkälte (Grundwassernutzung, ΔT -Garantie)
- Betreibermodelle (Finanzierung, Wärmeabnahmeregelung, usw.)

Zu diesem Zweck wurde im 1. Call der Programmlinie e!MISSION (Einreichung 12. Sept. 2012) das Forschungsprojekt „RecoverHeat - Nachhaltiges Energiemanagement und Synergienutzung auf Stadtteilebene durch Integration von thermischen Speichern“ eingereicht.

Eines der wesentlichen Erkenntnisse für das Projektteam war es, dass auch an einem Bauplatz an dem eine erhebliche Verschattung von Nachbargebäuden gegeben ist und eine Verschattungsfreiheit für ein Nachbargebäude gewährleistet werden musste Plusenergie möglich ist. Diese Erkenntnis ist für das Konzept Plusenergie im urbanen Bereich sehr positiv, da Verschattungen von Nachbargebäuden hier die Regel sind. Der Wirkungsgrad der Photovoltaikmodule sollte dabei zumindest $< 14\%$ sein, hinsichtlich sinkender PV-Anlagenpreise und Flächeneffizienz sind PV-Module mit einem Wirkungsgrad von $< 21\%$ zu empfehlen.

Für die Ausarbeitung eines Konzeptes für die geothermische Energiebewirtschaftung am Standort sollten idealerweise neue Untersuchungen über die geotechnischen und hydrogeologischen Verhältnisse inklusive Monitoring des Bodenfeuchtegehaltes durchgeführt werden, um die tatsächlichen Entzugspotenziale berechnen zu können. Zusätzlich wäre die Durchführung eines Thermal Response Tests zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds ratsam. Für die Erarbeitung eines geothermischen Gesamtkonzeptes (Wärme-, Kältebereitstellung, saisonale Speicherung) ist neben einer geotechnischen/hydrogeologischen Bewertung des Standortes die enge Zusammenarbeit mit den Architekten und Energieplanern des Gebäudes bezüglich Machbarkeit von verschiedenen Systemen notwendig. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Standort des FUTUREbase hervorragend für die geothermische Energiebewirtschaftung inklusive Speicherung geeignet ist. Die Geothermie kann damit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Plusenergieziele leisten.

Die Entwicklung einer optimalen Ost-/Westfassadenlösung hat sich als komplexer, als ursprünglich erwartet herausgestellt. Die zu beachtenden Parameter reichen von Heiz-/Kühlenergiebedarf, Tageslichtversorgung Sommer/Winter, Ausblick, natürliche Lüftungsstrategien, Luftströmung an Fassade, Sonnenschutzdesign bis zu Wartbarkeit und Reinigung. Die hier entwickelte konzeptuelle Lösung gilt es hinsichtlich der zuvor genannten Parameter im Detail mittels dynamischer Simulationsmethoden zu analysieren und optimieren. Weiters gilt es einen weitgehend automatisierten Betrieb der vorgesehenen Verschattungs- und Blendschutzmaßnahmen zu entwickeln, wobei die Nutzereinbindung und Nutzerakzeptanz eine wichtige Rolle spielen (Stichwort: selbst lernende Systeme).

Die Integration von Vakuumröhrenkollektoren in Fassaden oder wie hier vor Balkonbrüstungen vorgesetzt ist ein noch sehr neues Thema in Österreich. Generell zeigen Vakuumröhren- und Mitteltemperaturkollektoren ein großes Potenzial im nachhaltigen Bauen in Österreich, da diese im Vergleich zu Flachkollektoren besser für Heizzwecke im Passivhaus und solare Kühlzwecke generell geeignet sind. Die Bewertungen der Plusenergiekonzepte haben gezeigt, dass für das Energiebedarfsprofil von FUTUREbase die Kombination von Photovoltaik und Solarthermie (87% zu 13% der für aktive Solarnutzung verwendeten Fläche am FUTUREbase) zur energetisch besten Lösung führt. Dies widerspricht der derzeit häufig aufgestellten These, dass für Plusenergiegebäude in unseren Breiten nur Photovoltaik am Gebäude (Dach, Fassade) verwendet werden sollte und keine Solarthermie.

Es ist festzustellen, dass vor allem im Bereich des Leichtbaus die Bionik eine wichtige Rolle spielen könnte. Obwohl im Moment nur wenige Produkte auf dem Markt erhältlich bzw. Projekte umgesetzt worden sind gilt es, die Forschungen und Entwicklungen weiterhin zu verfolgen um mögliche zukünftige Anwendungen für FUTUREbase zu identifizieren. Ein modularer Aufbau der Gebäudehülle würde eine Nachrüstung bionischer Applikationen ermöglichen.

Zum Thema Kühlpotenzial von Fassadenbegrünung durch Verdunstungskühlung konnten keine für diese Studie verwendbaren Erkenntnisse aus Forschungsprojekten oder umgesetzten Projekten erhoben werden. Hier scheint es noch an der Modellentwicklung zu fehlen, um die resultierende Kühlleistung aus Verdunstungskühlung von Fassadenbegrünung zu berechnen. Für die Innenhöfe von FUTUREbase sind jetzt Bepflanzungen vorgesehen, ohne jedoch deren Auswirkungen auf das Mikroklima im Innenhof zu kennen. Dies wäre ebenfalls eine Forschungsfrage für ein Folgeprojekt (Modellentwicklung, theoretische Analyse unterschiedlicher Bepflanzungen, Messungen).

Die Lebenszykluskostenanalysen haben deutlich gemacht, dass bei einer Kostenbetrachtung eines Gebäudes über den Lebenszyklus (hier 40 Jahre angenommen) die Errichtungskosten in den Hintergrund rücken. Als wesentliche Kostengruppen nach der Substituierung von „Ver- und Entsorgung“ über das Plusenergiekonzept sind „Reinigung und Pflege“, „Instandsetzung und Umbau“, „Technischer Gebäudebetrieb“ und „Gebäudedienste“.

Die Projektergebnisse sind für folgende Zielgruppen relevant:

Immobilienentwickler

Aufgrund der Neuheit des Sektors „Plusenergiegebäude“ und den damit verbundenen Mehrkosten in der Erstinvestition sehen viele Immobilienentwickler eine Barriere in der Umsetzung. Durch die hier durchgeführten Analysen hinsichtlich Einsetzbarkeit neuer, innovativer Technologien und die Anwendung an einem konkreten Fallbeispiel soll ein Beitrag zum Abbau dieser Barrieren geschaffen werden. Weiters zeigen die durchgeführten Lebenszykluskostenanalysen deutlich die Vorteile von Plusenergiegebäuden im Vergleich zu Gebäuden laut Bauordnung.

Architektur

Auch diese Zielgruppe kann durch das umfassende Technologiescreening und die Analysen hinsichtlich Einsetzbarkeit profitieren. Für derartige gezielte Recherchen und Analysen ist in einem üblichen Planungsprozess weder die Zeit noch das Geld vorhanden. Weiters zeigen die begleitenden zum entwickelten Gebäudekonzept durchgeführten umfassenden Bewertungen hinsichtlich ökologischer Baumaterialien, Lebenszykluskostenanalysen und Betriebskonzept ein weit umfassenderes Bild als in einer Planung üblich. Die Erkenntnisse können somit tendenziell auch auf weitere Projekte umgelegt werden.

Haustechnik

Für die Haustechnikbranche zeigt diese Studie in mehreren analysierten und dokumentierten Varianten auf, wie nachhaltige Plusenergiekonzepte aussehen können. Auch hier ist in der Branche noch recht wenig Know-how vorhanden, da nur „Integration von genug Photovoltaik“ noch keine ausreichende Aussage zu einem nachhaltigen Plusenergiekonzept ist. In dieser Studie sind die damit verbundenen Problematiken hinsichtlich Eigenstromnutzung und Netzeinspeisung in den Lebenszykluskostenanalysen genauer beleuchtet. Auch die Integration von Abwärme aus einem industriellen Kälteprozess für einen Gebäudeverbund ist ein bisher kaum beachtetes Feld dieser Branche.

Forschung und Entwicklung

Für die Forschung zeigen die Projektergebnisse deutlich, wo noch Forschungsbedarf besteht, um das Konzept „Plusenergie“ zur Marktreife zu führen. Weiters hat das Technologiescreening hat gezeigt, dass zwar prinzipiell viele neue Einzeltechnologien und Strategien vorhanden sind, die für nachhaltiges Bauen notwendig sind, jedoch für eine qualitativ hochwertige Bewertung an einem konkreten Bauvorhaben die wissenschaftlichen Methoden sehr zeitaufwändig und komplex sind. Hier gilt es in Zukunft vereinfachte Modelle zu entwickeln, die rascher zu einer Entscheidungsfindung beitragen können.

6 Ausblick und Empfehlungen

Die untersuchte Abwärmenutzung aus dem industriellen Kälteprozess der RTA (Klima-Windkanal) im regionalen Verbund zeigt für diesen konkreten Fall ein großes Potenzial. FUTUREbase alleine als Abnehmer für die Abwärme ist aufgrund des niedrigen Heizenergiebedarf (passivhausbauweise) nicht zu empfehlen, erst bei der Einbindung der beiden bereits bestehenden umliegenden Gebäudekomplexe TECHbase und FUTUREbase kommt die Errichtung eines Mittelzeitspeichers (ca. 1.100m) in einen ökologisch und ökonomisch interessanten Bereich. In dieser Studie wurden dafür erste Untersuchungen und Analysen durchgeführt und ein grobes Konzept mit einer Potenzialabschätzung erstellt. Zur tatsächlichen Umsetzung des Mittelzeitspeichers und der Einbindung der bestehenden haustechnischen Anlagen von TECHbase und ENERGYbase in ein gesamtheitliches Energiemanagement sind die hier durchgeführten Untersuchungen jedoch noch nicht ausreichend. Die noch zu bearbeitenden Forschungsfragen sind in Kapitel 2 detailliert dargestellt.

Die Entwicklung einer optimalen Ost-/Westfassadenlösung hat sich als komplexer, als ursprünglich erwartet herausgestellt. Die zu beachtenden Parameter reichen von Heiz-/Kühlenergiebedarf, Tageslichtversorgung Sommer/Winter, Ausblick, natürliche Lüftungsstrategien, Luftströmung an Fassade, Sonnenschutzdesign bis zu Wartbarkeit und Reinigung. Die hier entwickelte konzeptuelle Lösung gilt es hinsichtlich der zuvor genannten Parameter im Detail mittels dynamischer Simulationsmethoden zu analysieren und optimieren. Weiters gilt es einen weitgehend automatisierten Betrieb der vorgesehenen

Verschattungs- und Blendschutzmaßnahmen zu entwickeln, wobei die Nutzereinbindung und Nutzerakzeptanz eine wichtige Rolle spielen (Stichwort: selbst lernende Systeme).

Es ist festzustellen, dass vor allem im Bereich des Leichtbaus die Bionik eine wichtige Rolle spielen könnte. Obwohl im Moment nur wenige Produkte auf dem Markt erhältlich bzw. Projekte umgesetzt worden sind gilt es, die Forschungen und Entwicklungen weiterhin zu verfolgen um mögliche zukünftige Anwendungen für FUTUREbase zu identifizieren. Ein modularer Aufbau der Gebäudehülle würde eine Nachrüstung bionischer Applikationen ermöglichen.

Zum Thema Kühlpotenzial von Fassadenbegrünung durch Verdunstungskühlung konnten keine für diese Studie verwendbaren Erkenntnisse aus Forschungsprojekten oder umgesetzten Projekten erhoben werden. Hier scheint es noch an der Modellentwicklung zu fehlen, um die resultierende Kühlleistung aus Verdunstungskühlung von Fassadenbegrünung zu berechnen. Für die Innenhöfe von FUTUREbase sind jetzt Bepflanzungen vorgesehen, ohne jedoch deren Auswirkungen auf das Mikroklima im Innenhof zu kennen. Dies wäre ebenfalls eine Forschungsfrage für ein Folgeprojekt (Modellentwicklung, theoretische Analyse unterschiedlicher Bepflanzungen, Messungen).

Das Technologiescreening hat gezeigt, dass zwar prinzipiell viele neue Einzeltechnologien und Strategien vorhanden sind, die für nachhaltiges Bauen notwendig sind, jedoch für eine qualitativ hochwertige Bewertung an einem konkreten Bauvorhaben die wissenschaftlichen Methoden sehr zeitaufwändig und komplex sind. Hier gilt es in Zukunft vereinfachte Modelle zu entwickeln, die rascher zu einer Entscheidungsfindung beitragen können.

7 Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

Literaturverzeichnis

Adam, D. (2010). *Innovative Systeme der Erdwärmenutzung - regenerative Energie aus dem Untergrund*. St. Pölten: Expertenforum Beton.

Barthlott, W. (2012). *Nees-Institut für Biodiversität der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn*. Abgerufen am 08 2012 von <http://www.nees.uni-bonn.de>

Bomatter, A., Brunner, H., Fechner, H., Friesen, J., Kathan, J., Kryvoruchko, V., et al. (2010). *Sunpower City*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

Braun, D. (2008). *Bionisch inspirierte Gebäudehüllen*. Stuttgart: Dissertation, Universität Stuttgart.

Centre for Nanoscale Science and Technology, Beijing National Laboratory for Molecular Sciences, State Key Laboratory for Structural Chemistry of Unstable and Stable Species. (2012). Abgerufen am 08 2012 von <http://www.thenanoresearch.com>

College of Chemistry and Molecular Engineering, Universität Peking. (2012). Abgerufen am 08 2012 von <http://www.chem.pku.edu.cn/index.php?styleid=2>

Drusche, V. (2004). *Synergie Energie, Planen, Bauen, Sanieren*. München: Oldenbourg Industrieverlag GmbH.

Fachgebiet für Bionik und Evolutionstechnik der Technischen Universität Berlin. (kein Datum). Abgerufen am 08 2012 von <http://www.bionik.tu-berlin.de>

Friedrich, U. (2003). *Glasfaserverstärkte Kunststoffe für den Wärmespeicherbau*. FIZ Karlsruhe: Bine-Informationspaket.

Givoni, B. (2006). Cooled soil as a cooling source for buildings. *Solar Energy* 81 , S. 316-328.

Gosztonyi, S. (in Arbeit (2013)). *Bio-inspired building skins - analyses of the utilization potential of biomimetic principles for climate-adaptive energy efficient facades*. TU Wien: Dissertation.

Gugler. (laufend). Leitprojekt: Leuchtturm Gugler.

GWEC. (2011). *Global Wind Statistics 2010*. Brüssel.

Hamp, V. (2011). *Lüftungsanlage Heizbetrieb (Integration Pflanzenpuffer)*. Wien: Bachelorarbeit FH Technikum Wien.

Hau, E. (2008). *Windkraftanlagen. Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit*. Heidelberg: Springer Verlag, 4. Auflage.

INM Leibnitz-Institut für neue Materialien, Biomineralisation. (2012). Abgerufen am 08 2012 von <http://www.inm-gmbh.de/de/forschung/materialien-in-der-biologie/biomineralisation/>

Jungbauer, A. (1998). *Windenergienutzung in einem regenerativen System.* Graz: TU Graz.

Khanal, R., & Lei, C. (2011). *Solar chimney – A passive strategy for natural ventilation.* Amsterdam: Elsevier B.V.

Klingner, R. (2012). *Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA, Angewandte Holzforschung.* Abgerufen am 08 2012 von <http://www.empa.ch>

Knaack U., K. T. (2007). *Fassaden: Prinzipien der Konstruktion, 1. Auflage.* Birkhäuser Verlag.

Knippers, J. (2012). *itke Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen, Universität Stuttgart.* Abgerufen am 08 2012 von <http://www.itke.uni-stuttgart.de>

Laasch, T., & Laasch, E. (2005). *Haustechnik: Grundlagen – Planung – Ausführung.* Wiesbaden: B.G. Teubner Verlag, 11. Auflage.

Mangold, D., & Schmidt, T. (2006). Saisonale Wärmespeicherung. Neue Pilotanlagen im Programm Solarthermie2000plus und Forschungsperspektiven. *Statusseminar Thermische Energiespeicherung.* Freiburg: Jülich, Fraunhofer Gesellschaft (Hrsg.).

Mattheck, C. (2012). *Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Materialforschung II, Abteilung Biomechanik.* Abgerufen am 08 2012 von <http://www.iam.kit.edu/wbm/424.ph>

Montazeri, H., Montazeri, F., Azizian, R., & Mostafavi, S. (2008). *Two-sided wind catcher performance evaluation using experimental, numerical and analytical modeling.* Los Angeles: Elsevier Ltd.

Moser, G. (2011). *Erstellung einer Bewertungsmatrix derzeitiger Einsetzbarkeit innovativer Technologien und Strategien für das Bauvorhaben FUTUREbase.* Wien: Fachhochschule Technikum Wien.

Preisack, E., Holzer, P., & Rodleitner, H. (2008). *Neubau Biohof Achleitner – Gebäude aus Holz, Stroh und Lehm, Raumklimatisierung mit Hilfe von Pflanzen.* Perg: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

Preisler, A., Thür, A., Neyer, D., & Hilbert, F. (2012). *SolarCooling Monitor - Evaluierung Energieeffizienz und Betriebserfahrungen von solarthermischen Kühlanlagen zur Gebäudekühlung in Österreich.* Wien: Energie- und Umweltforschung.

prospective concepts ag. (2012). Abgerufen am 08 2012 von <http://www.prospective-concepts.ch>

Roth-Nebelsick, A. (2012). *Arbeitsgruppe Funktionelle Morphologie und Biomimetik, Geowissenschaftliches Institut, Universität Tübingen.* Abgerufen am 08 2012 von http://homepages.uni-tuebingen.de/wilfried.konrad/seiten/bonn_oo.pdf

- Sasse, C., Schnürer, H., & Fisch, M. N. (2006). Wärme- und Kältespeicherung im Gründungsbereich energieeffizienter Bürogebäude. *Statusseminar Thermische Energiespeicherung*. Freiburg: Jülich, Fraunhofer Gesellschaft (Hrsg.).
- Schöberl, H. (2011). Hocheffiziente Bürogeräte für Passivhäuser. *15. Internationaler Passivhaustagung 2011* (S. 213-218). Innsbruck: Passivhaust Institut Innsbruck.
- Schranzhofer, H., & Mach, T. (2008). *Thermisch hygrische Simulationen für Pflanzenpuffereinbindung im Bauvorhaben ENERGYbase, Fachlicher Teilbericht*. Graz: Interreg IIIA.
- Schweizer Vereinigung für Geothermie. (2005). *Eine saubere Energie für alle*. Biel: SVG.
- SolarArchitektur4 . (2011). *Die deutschen Beiträge zum Solar Decathlon Europe 2010*. München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation.
- Speck, T. (2012). *Plant Biomechanics Group Freiburg, Botanischer Garten, Universität Freiburg*. Abgerufen am 08 2012 von <http://www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/plantbiomechanicsgroup.htm>
- Stavrakakis, G. M., Koukou, M. K., Vrachopoulos, M. G., & Markatos, N. (2008). *Natural cross-ventilation in buildings: Building-scale experiments, numerical simulation and thermal comfort evaluation*. Amsterdam: Elsevier B.V.
- Stegmaier, T. (2012). *ITV Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf*. Abgerufen am 08 2012 von <http://www.itv-denkendorf.de/aktuelle-forschungsvorhaben/>
- Trogisch, A. (2003). *Planungshilfen Lüftungstechnik*. Heidelberg: C.F. Müller Verlag.
- TU Braunschweig. (2010). *WKSP - Wärme- und Kältespeicherung im Gründungsbereich energieeffizienter Bürogebäude, Forschungsbericht Teil I*. Braunschweig: Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS).
- VDI 4640. (2001). *Thermische Nutzung des Unergrundes - Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen, Blatt 2*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.
- VDI 6220. (Entwurf 2011-06). *Bionik - Konzeption und Strategien - Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/Produkten*. Berlin: VDI: Beuth Verlag.
- Xie, G., Zhang, G., Lin, F., Zhang, J., Liu, Z., & Mu, S. (2008). *The fabrication of subwavelength anti-reflective nanostructures using a bio-template*. *Nanotechnology*, Volume 19.
- Zimmermann, M. (2003). *Handbuch der passiven Kühlung*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenfassung Bewertungsmatrix Technologiescreening.....	20
Abbildung 2: Position Pflanzenpuffer ENERGYbase, (Moser, 2011).....	40
Abbildung 3: Innenraumbegrünung Biohof Achleitner, (Moser, 2011)	41
Abbildung 4: Luftbild des Standortes	45
Abbildung 5: Bilder zu den Anlagenkomponenten	48
Abbildung 6: Jährliche Aufteilung der Stillstands- und Belegungszeiten (unvollständige Daten für 2007 und 2011)	49
Abbildung 7: Monatliche Aufteilung der Stillstands- und Belegungszeiten (unvollständige Daten für 2011)	49
Abbildung 8: Verteilung der Dauer der Betriebs- und Stillstandsperioden	50
Abbildung 9: Schematische Darstellung des Kältemittelkreislaufs und der Positionierung der Temperaturfühler auf der Kältemittel- (grün) und Solesseite (rot)	51
Abbildung 10: Sortierte Kältemitteltemperaturen am Austritt jedes Verdichters	51
Abbildung 11: Abhängigkeit zwischen Kälteleistung und Schieberposition aus Unterlagen für kommerzielle Anlagen (Testo, Danfoss, Bitzer, Güntner, Leistungsregelung an Kälte- und Klimaanlage)	52
Abbildung 12: COP-Werte während der Messperiode	52
Abbildung 13: Gesamte Jahresdauerlinie der Abwärmeverfügbarkeit.....	53
Abbildung 14: Jahresdauerlinie der Abwärmeverfügbarkeit je nach Verdichter.....	53
Abbildung 15: Gesamte Jahresdauerlinie der Abwärmeverfügbarkeit nach beiden Berechnungsmethoden	54
Abbildung 16: Monatlich zur Verfügung stehenden Abwärmemengen (worst-case – best-case)	55
Abbildung 17: Spezifischer gemessener Wärmeendenergiebedarf.....	55
Abbildung 18: Monatliche Energiebilanz.....	56
Abbildung 19: Wärmeenergiebedarfsabdeckung für verschiedene Speichergrößen.....	58
Abbildung 20: Bauplatz zwischen TECHbase (unten) und ENERGYbase (oben)	68
Abbildung 21: Modell Nr. 13	68

Abbildung 22: Modell Nr. 4	69
Abbildung 23: Modell Nr. 2	69
Abbildung 24: Modell Nr. 9	70
Abbildung 25: Modell Nr. 7	70
Abbildung 26: Modell Nr. 6	71
Abbildung 27: Modell Nr. 10	71
Abbildung 28: Lageplan.....	72
Abbildung 29: Baumassenmodell	72
Abbildung 30: Rendering, Vogelperspektive mit PV Flächen und begrünten Höfen	73
Abbildung 31: Erdgeschoß	74
Abbildung 32: Äußere Erschließung	75
Abbildung 33: Eingangsbereich	75
Abbildung 34: 1. Obergeschoß	76
Abbildung 35: Kellergeschoß.....	77
Abbildung 36: 2. Obergeschoß	77
Abbildung 37: 3. Obergeschoß	78
Abbildung 38: 4. Obergeschoß	78
Abbildung 39: 5. Obergeschoß	79
Abbildung 40: Schnitt Bauteil C	79
Abbildung 41: Freiräume 1. Obergeschoß.....	81
Abbildung 42: Freiräume 3. Obergeschoß.....	82
Abbildung 43: Laubbäume und begrünte Terrassen	82
Abbildung 44: Geschossgrundriss mit Terrassen.....	83
Abbildung 45: Balkone und Terrassen im Schnitt	83
Abbildung 46: Eingeschnittene Terrassen in Schnitt und Rendering.....	83
Abbildung 47: Regelgrundriss, 4 Einheiten, unmöbliert.....	84
Abbildung 48: Konventionelle Einteilung mit Zellenbüros.....	85
Abbildung 49: Open Office	85

Abbildung 50: Restaurant / Café 1. Obergeschoß	86
Abbildung 51: Seminarbereich 6. Obergeschoß	87
Abbildung 52: Belichtung Stiegenhaus von oben.....	87
Abbildung 53: Belichtung Stiegenhaus von der Seite	87
Abbildung 54: Fassadenvariante A.....	89
Abbildung 55: Fassadenvariante B.....	90
Abbildung 56: Fassadenvariante C.....	91
Abbildung 57: Fassadenvariante D.....	92
Abbildung 58: Variantenvergleich im Winter und Sommer	93
Abbildung 59: Ausführungsvariante Fassade	93
Abbildung 60: Solare Einstrahlung im Winter.....	94
Abbildung 61: Totalverschattung im Sommer	95
Abbildung 62: Ausblick bei gleichzeitiger Verhinderung von Direktstrahlung	95
Abbildung 63: Nächtliche natürliche Lüftung.....	96
Abbildung 64: Bepflanzung der Fassade, Grundriss.....	96
Abbildung 65: Bepflanzung der Fassade, Rendering.....	97
Abbildung 66: Simulationsmodell für Verschattungsanalysen	98
Abbildung 67: Referenzräume zur Berechnung Heiz- und Kühlenergiebedarf	99
Abbildung 68: Modellierte Geometrie, Fensterflächen und Eigenverschattung für unterschiedliche Fassadenflächen	100
Abbildung 69: Einteilung der Büroflächen in N/O/S/W Zonen	100
Abbildung 70: Ergebnisse Simulation Heiz- und Kühlenergiebedarf	101
Abbildung 71: 3D Modell der simulierten Referenzräume	103
Abbildung 72: Ergebnis Vergleich Innenraumlufttemperatur West-/Ostbüroraum	104
Abbildung 73: Raumlufttemperatur Westbüroraum in Übergangszeit bei unterschiedlichen Stahlbeton Deckenstärken	104
Abbildung 74: Raumlufttemperatur Westbüroraum im Sommer bei unterschiedlichen Stahlbeton Deckenstärken	105
Abbildung 75: Raumlufttemperatur Westbüroraum Sommer ohne Verschattung	105

Abbildung 76: Raumlufttemperatur Westbüroraum Sommer mit Verschattung	106
Abbildung 77: Zusammensetzung Endenergiebedarf (Strom) in ENERGYbase, Ergebnisse Monitoring 2010.....	107
Abbildung 78: Zusammensetzung der Deckung des thermischen Energiebedarfs, Ergebnisse Monitoring 2010.....	108
Abbildung 79: Zusammensetzung Endenergiebedarf (Strom) in ENERGYbase für Heizung, Ergebnisse Monitoring 2010.....	108
Abbildung 80: Beitrag Solarthermie zu Energiebedarf in ENERGYbase, Ergebnisse Monitoring 2010.....	109
Abbildung 81: Aufteilung Primärenergiebedarf solare DEC-Anlagen in ENERGYbase, Ergebnisse Monitoring 2010.....	110
Abbildung 82: Aufteilung Primärenergiebedarf Standardlüftungsanlage (simuliert).....	111
Abbildung 83: Zusammensetzung spezifischer Strombedarf für Lüftung in ENERGYbase, Ergebnisse Monitoring 2010.....	111
Abbildung 84: Zusammensetzung Strombedarf Restverbraucher in ENERGYbase, Ergebnisse Monitoring 2010.....	112
Abbildung 85: Schema Energieflüsse Plusenergiekonzept V1.....	113
Abbildung 86: Primärenergetische Bewertung Plusenergiekonzept V1.....	114
Abbildung 87: Schema Energieflüsse Plusenergiekonzept V2.....	115
Abbildung 88: Primärenergetische Bewertung Plusenergiekonzept V2.....	115
Abbildung 89: Mögliche Positionierung des Speichers am Standort des Gebäudes FUTUREbase (ein Vorschlag unter mehreren)	116
Abbildung 90: Schema Energieflüsse Plusenergiekonzept V3.....	117
Abbildung 91: Primärenergetische Bewertung Plusenergiekonzept V3.....	117
Abbildung 92: Schema Energieflüsse Plusenergiekonzept V4.....	118
Abbildung 93: Primärenergetische Bewertung Plusenergiekonzept V4.....	119
Abbildung 94: Vergleich erstellter Plusenergiekonzepte	120
Abbildung 95: Raumtemperaturen in einem Büroraum bei unterschiedlichen Decksystemen	122
Abbildung 96: Tragkonstruktion	124
Abbildung 97: Konstruktion des Pflanzenbalkons	125

Abbildung 98: Stahlbeton Tragstruktur	126
Abbildung 99: Tragstruktur Holz-Stahlbeton-Verbund.....	127
Abbildung 100: Tragstruktur aus Holz mit Holzunterzügen	128
Abbildung 101: Tragstruktur aus Holz mit Stahlunterzügen	128
Abbildung 102: OI3-Index für die Errichtung des Gebäudes für alle Varianten mit Bilanzgrenze 1 und 3.....	130
Abbildung 103: OI3-Index Errichtung und Erneuerung für alle Varianten mit Bilanzgrenze 1 und 3	131
Abbildung 104: GWP 100 Errichtung und Erneuerung für alle Varianten mit Bilanzgrenze 1 und 3	132
Abbildung 105: Zusammensetzung Folgekosten ENERGYbase, Auswertung 2010	132
Abbildung 106: Zusammensetzung Kosten Verwaltung (F1) in ENERGYbase	133
Abbildung 107: Zusammensetzung Kosten Technischer Gebäudebetrieb (F2) in ENERGYbase	133
Abbildung 108: Zusammensetzung Kosten Ver- und Entsorgung (F3) in ENERGYbase	134
Abbildung 109: Zusammensetzung Kosten Reinigung und Pflege (F4) in ENERGYbase ...	134
Abbildung 110: Errichtungs- und Folgekosten der berechneten Varianten.....	138
Abbildung 111: LZK der berechneten Varianten detailliert	139
Abbildung 112: Ver und Entsorgungskosten (F3)	141
Abbildung 113: Lebenszykluskosten Stahlbeton-V4-Ökostrom.....	141

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über den Wiener Büromarkt (Stand: 02.02.2009)	15
Tabelle 2: Typologien ausgewählter multifunktionaler Fassadensysteme	30
Tabelle 3: Zusammenfassung exemplarischer Beispiele bionischer Entwicklungen (Moser, 2011; Gosztanyi, 2012)	33
Tabelle 4: Indikatoren der Energieverfügbarkeit	46
Tabelle 5: Ergebnisse aus der qualitativen Potenzialerhebung.....	47
Tabelle 6: Speichergrößen	58

Tabelle 7: Weiter Maßnahmen zur Umsetzung des Abwärmenutzungskonzeptes Klima-Windkanal der RTA	59
Tabelle 8: Berechnung des Entzugspotenzials des Untergrunds am Standort FUTUREbase	63
Tabelle 9: Flächenbilanz FUTUREbase inkl. Neubau auf Nachbargrund zu TECHbase, Stand 22.05.2012	74
Tabelle 10: PV-Erträge	80
Tabelle 11: Minderungsfaktoren für Solarerträge aufgrund von Verschattung	98
Tabelle 12: Flächenaufstellung nach simulierten Zonen	101
Tabelle 13: Aufbauten unterschiedlicher untersuchter Deckenkonstruktionen	102
Tabelle 14: Ermittlung äquivalenter homogener Schicht für Holz-Beton-Verbunddecke.....	103
Tabelle 15: Parameter Primärenergiebewertung	110
Tabelle 16: Unterteilung der Folgekosten nach ÖNOMR B 1801-2.....	135
Tabelle 17: Variantenbeschreibung	136
Tabelle 18: Finanzielle Parameter	136
Tabelle 19: Allgemeine Flächengrößen	137
Tabelle 20: Rechengrößen PV und Abwärmenutzung	137
Tabelle 21: Errichtungskosten	139

Abkürzungen

A2	Brandschutzklasse A2: Eigenschaft ist nicht brennbar mit brennbaren organischen Bestandteilen, brennbare Bestandteile können enthalten sein
BGF	Bruttogrundfläche
BiPV	Gebäudeintegrierte Photovoltaikmodule (Building Integrated PV)
BiST	Gebäudeintegrierte Solarthermiekollektoren
COP	Coefficient of Performance
DEC	Desiccant Evaporative Cooling
ECBCS	Energy Conservation in Buildings and Community Systems
EG	Erdgeschoß

EPS	Expandierter Polystyrol-Hartschaum
GWEC	Global Wind Energy Council
HLK	Heizung, Lüftung, Klimatechnik
JAZ	Jahresarbeitszahl
KWKA	Klein-Windkraftanlagen
NFL	Nutzfläche
OG	Obergeschoß
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
PV	Photovoltaik
REI	Feuerwiderstandsdauer von Bauteilen für folgende Funktionen: R = statische Funktion/Tragfähigkeit, E = Raumabschluss, I = Wärmedämmung im Brandfall
RTA	Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH
SHC	Solar Heating and Cooling
STB	Stahlbeton
TSC	Luftkollektor (Transpired Solar Collector)
TWD	Transluzente Wärmedämmsysteme
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WKA	Windkraftanlagen
XPS	Extrudierter Polystyrol-Hartschaum

Anhang

Anhang A 1 – Masterthesis Technologiescreening

Anhang A 2 – Fassadenanalyse mit ECOTECT

Anhang A 3 – Aufbauten Bauteile

Anhang A 4 – Bericht Ökokennzahlen

Anhang A 5 – Bericht Lebenszykluskostenprognosen