

Erste Passivhaus-Schulsanierung

Ganzheitliche Faktor 10 Generalsanierung der Hauptschule II
und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt mit
vorgefertigten Holzwandelementen und Komfortlüftung

H. Plöderl, M. Berger, G. Lang, C. Muss,
H. Weingartsberger, B. Krauß, HC. Obermayr

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

33/2008

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 Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
oder unter:

Projektfabrik Waldhör
Währingerstraße 121/3, 1180 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

Erste Passivhaus-Schulsanierung

Ganzheitliche Faktor 10 Generalsanierung der Hauptschule II und Polytechnischen Schule in Schwaneustadt mit vorgefertigten Holzwandelementen und Komfortlüftung

Arch. DI Heinz Plöderl
PAUAT-ARCHITEKTEN

Ing. Günter Lang
LANG consulting

DI Christoph Muss, DI Michael Berger
teamgmi Ingenieurbüro GmbH

DI Bernd Krauß
planungsteam e-plus

DI Hans Christian Obermayr
Obermayr Holzkonstruktionen GesmbH

Ing. Dipl.-Kfm.(FH) Harald Weingartsberger
Neue Heimat OÖ

Wien, April 2008

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* 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, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Kurzfassung

Motivation

Die thermisch nachhaltige Altbausanierung stellt mit Abstand den wichtigsten Beitrag für eine wirkungsvolle Reduktion der CO₂ - Emissionen im Kyotomaßnahmenpaket dar. Hierbei ergibt sich die Chance, sanierungsbedürftige Gebäude gleich auf höchsten Energieeffizienzstandard und Nutzerkomfort zu bringen. Die erste Sanierung eines öffentlichen Gebäudes im allgemein anerkannten und mit Richtlinien „genormten“ energetischen Spitzenstandard eines Passivhauses soll die Machbarkeit einer großvolumigen Passivhaussanierung zu vertretbaren Mehrkosten dokumentieren und große Vorbildwirkung ausüben.

Inhalt

In dem vorliegenden Demonstrationsprojekt wurden die für eine Passivhaussanierung nötigen Maßnahmen hinsichtlich Dämmung, Wärmebrückenreduzierung, Lüftungsintegration im Bestand, Tagesbelichtung, sommerlicher Wärmeschutz etc. sowie die damit verbundenen Kosten anhand der Sanierung mit Zubau zur 12-klassigen Hauptschule und 8-klassigen Polytechnischen Schule in Schwanenstadt untersucht und umgesetzt. Vergleichsbasis war die ursprünglich konventionell gemäß Mindeststandard geplante Sanierung. Davon ausgehend berücksichtigte das Forschungsprojekt alle Aspekte eines nachhaltigen und ökologischen Gesamtsanierungskonzeptes unter Einbindung zukunftsweisender Sanierungsmethoden zur maximalen Energie- und Ressourceneinsparung, sowie erheblicher Steigerung der Nutzungsqualität und Funktionalität.

Methode der Bearbeitung

Für die ganzheitliche Beurteilung des Projekts wurden neben der konventionellen Planung folgende Schwerpunkte und Berechnungsmethoden angewandt:

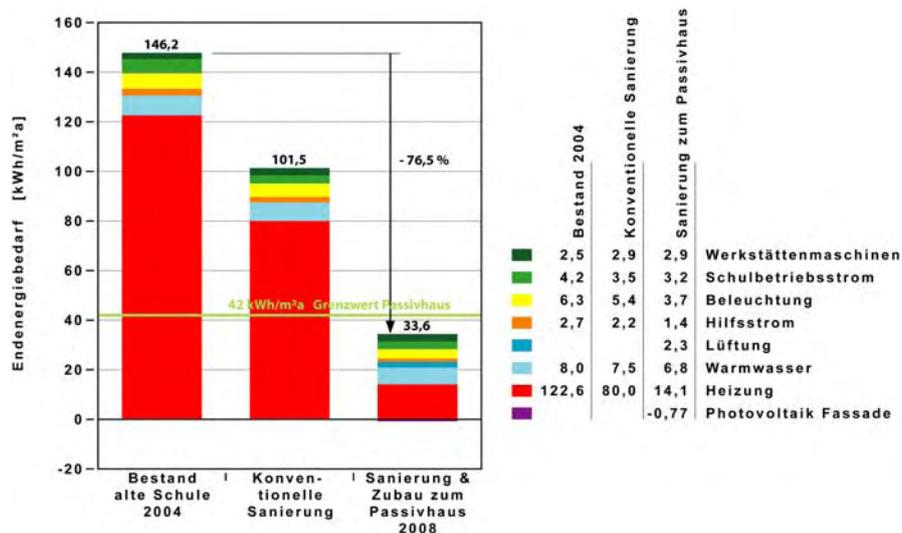
- Alternative Entwurfsplanung gemäß Passivhausanforderungen
- Vergleich und Bewertung verschiedener Lüftungskonzeptvarianten
- Analyse von speziell in der Sanierung auftretenden Wärmebrücken
- Entwicklung vorgefertigter Holzbauelemente zur thermischen Sanierung
- Ausführungsanalyse mit Passivhausprojektierungspaket PHPP
- Dynamische thermische Gebäudesimulation mit TRNSYS
- Tageslichtplanung und -optimierung mit Adeline
- Ökobilanzierung der Sanierungsvarianten

Ziele und Ergebnisse

Die wesentlichen Elemente der Sanierung waren eine Erhöhung der Kompaktheit des Baukörpers mit Integration des geforderten Zubaus, eine Öffnung innen liegender Bereiche für die Tageslichtnutzung über Oberlichter, eine komplett außenseitige Sanierung bzw. Überbauung mit einer passivhaustaughen und ökologisch hochwertigen Hülle, eine innovative thermische Sanierung des Bodenaufbaus durch Einblasen von Schaumglasschotter in den Hohlraum unterhalb der Bodenplatte, sowie die Integration dezentraler energieeffizienter Klassenlüftungsgeräte im Bestand. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zeigt die folgende Grafik.

Ziel dieses Demonstrationsprojektes war die Umsetzung der vorangegangenen Forschungsstudie zur Entwicklung eines entsprechenden Sanierungskonzeptes auf Passivhausstandard. Dieses Pilotprojekt hat Beispielwirkung für andere Altbautensanierungen. Folgende Ziele wurden mit einem sehr guten Kosten-/Nutzeffekt für Sanierung und Zubau erreicht:

- **Hohe Nutzungsqualität:** gute Frischluftqualität in den Klassen, verbesserte Tageslichtsituation, erheblich verbesserter thermischer Komfort. Durchführung der Sanierung ohne wesentliche Beeinträchtigung des Schulbetriebes durch Vorfertigung und kurze Montagezeiten auf der Baustelle.
- **Steigerung der Gebäudequalität:** hoher Gebäudewert durch eine nachhaltige, langfristig bestehende Sanierung, geringe Lebensdauerkosten.
- **Sehr geringer Energiebedarf:** Heizwärmebedarf mit **14,1kWh/m²a** um 88,5% geringer als Bestand und 82,4% geringer als bei einer konventionellen Sanierung. Endenergiebedarf mit **33,6kWh/m²a** um 76,5% reduziert. Primärenergiebedarf mit **59,3kWh/m²a** um 68,1% reduziert. **Unterschreitung aller Passivhausgrenzwerte** teilweise sogar gravierend. CO₂ - Emissionen für Energiebedarf mit **10,3 kg CO₂/m²a** um 74,7% reduziert. CO₂ - Emissionen für „graue Energie“ in der Gebäudeherstellung durch die Verwendung von Holzleichtbauelementen und bauökologischer Optimierung sogar um 55% geringer als bei konventioneller Sanierung.



- **Vorbildwirkung, Imageeffekt:** erste Passivhaussanierung eines öffentlichen Gebäudes, zukunftsweisendes Konzept in den Bereichen Energieeffizienz und moderner Schulbau, Einsatz innovativer Technologien, Multiplikatoreffekt z.B. Pflichtenheft 2008 für NÖ. Landesbauten, oder Vorarlberger Servicepaket „Nachhaltig:bauen in Gemeinden“
- Mehrkosten für komfortgerechte und ökologische Sanierung zum Passivhaus sind mit 13 % gegenüber der konventionellen Sanierung sehr günstig.

Schlussfolgerungen

Trotz schwieriger energie- und komforttechnischer Rahmenbedingungen war die Sanierung der öffentlichen Schule Schwanenstadt in Passivhausstandard ein echter Gewinn für die Gemeinde. Damit ergibt sich zukunftsweisend auch für andere Sanierungsfälle ein beispielhaftes Konzept mit einem sehr hohen Energieeinsparungspotential. Die Mehrkosten von 13 % für Passivhausstandard, Tageslichtoptimierung und ökologische Maßnahmen sind sehr günstig, und amortisieren sich durch Förderungen und niedrige Energiebetriebskosten sofort bzw. ohne Sonderzuschuss in wenigen Jahren. Das führt zu einem erheblichen Mehrwert des Gebäudes hinsichtlich nachhaltig bestehender Gebäudequalität, Nutzerkomfort, Energieeffizienz und Öffentlichkeitswirkung. Gemeinde, Schüler, Schulbetreiber und Lehrer zeigen sich zufrieden über die innovative Sanierung.

Abstract

Motivation

Thermally sustainable refurbishment of old buildings is the most significant contribution by far to effectively reduce CO₂ emissions as provided for in the Kyoto protocol. This offers a chance to immediately raise the standard of buildings in need of refurbishment in terms of energy efficiency and user comfort. The first refurbishment ever of a public building according to the generally acknowledged and „standardized“ energetic prime standard of passive houses should demonstrate the feasibility of a large-scale passive house refurbishment at reasonable additional cost and fulfill a role-model function.

Contents

The present demonstration project investigated and implemented the measures required for refurbishment under passive house standards, such as insulation, reduction of heat bridges, integration of the ventilation system in the existing building, day-light illumination, heat-protection in summer etc as well as costs so incurred based on the refurbishment and the add-on new building of the 12-class General Secondary School and the 8-class Polytechnic in Schwanenstadt, Upper Austria. The reference basis was the refurbishment project originally planned in accordance with conventional minimum building standards. With this in mind, the research project took into account all aspects of sustainable and ecological comprehensive refurbishment, integrating advanced refurbishment methods for maximum energy and resources saving while at the same time substantially increasing occupational quality and functionality.

Planning method

For a holistic assessment of the project, the following focuses and calculation methods were used in addition to conventional methods:

- Alternative preliminary design in line with passive house requirements
- Comparison and evaluation of different ventilation systems
- Analysis of heat bridges occurring particularly in refurbishment measures
- Developing prefabricated timber construction elements for thermal refurbishment
- Analysis of design execution versions by using passive house project package PHPP
- Dynamic thermal building simulation using TRNSYS
- Daylight planning and optimisation with Adeline
- Ecological life-cycle analysis of refurbishment versions

Objectives and results

The major elements of refurbishment were an increased compactness of the building by integrating the required addition of a new building, opening interior areas for daylight use via fanlights, complete exterior refurbishment and/or superstructure with an envelope fit for passive house use and of high ecological quality, innovative thermal refurbishment of the floor structure by injecting cellular glass ballast into the cavity below the floor slab and integration of decentralized, energy-efficient classroom ventilation equipment into the existing building. The results are summarized in the diagram below.

The objective of this demonstration project was to implement the preceding research study to develop an appropriate refurbishment concept based on passive house standards. This pilot project has a role model effect on other refurbishment projects. The following objectives have been reached for rehabilitating the old and building the new school while achieving a very good cost/benefit ratio:

- **High occupational quality:** Good fresh air quality in the classrooms, improved daylight situation, considerably improved thermal comfort. Refurbishment took place without significant interference with everyday school activities due to prefabrication and short installation time on the construction site.
- **Enhanced building quality:** High building value due to sustainable, long-term refurbishment measures, low life-cycle costs.
- **Very low energy requirement:**

The heating demand of **14.1 kWh/M²a** is 88.5% lower than in the old building and 82.4% lower than in conventional refurbishment.

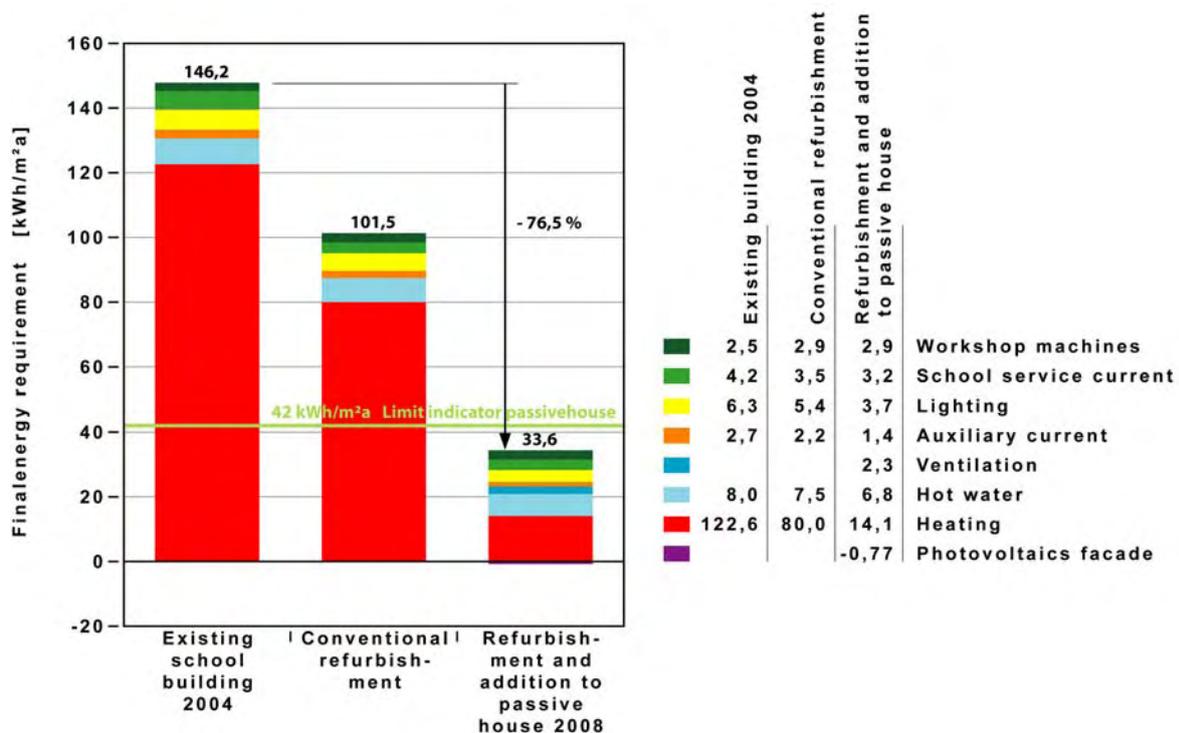
End energy demand at **33.6 kWh/m²a**, reduced by 76.5%.

Primary energy demand at **59.3 kWh/m²a**, reduced by 68.1%.

All parameters below passive house limit values, partly to significant extent

CO₂ emissions for energy demand at **10.3 kg CO₂/m²a**, reduced by 74.7%.

CO₂ emissions for “grey energy” in building production were 55% lower than in conventional refurbishment due to the use of lightweight timber construction elements and optimisation according to ecological building principles.



- **Role-model effect, image effect:** First refurbishment of a public building according to passive house standards, forward-looking concept in the fields of energy efficiency and modern school buildings. Use of innovative technologies, multiplier effect created, for instance, in the Specification 2008 of Lower Austrian Government Buildings, or Vorarlberg Service Package “Nachhaltig:bauen in Gemeinden” (Sustainable building in municipalities)

Conclusions

Despite of difficult overall conditions in energy and comfort engineering, refurbishment of the public school in Schwanenstadt to achieve passive house standards was a true gain for the municipality. This results in a forward-looking role-model concept offering a very high energy-saving potential for other refurbishment projects as well. Additional costs of 13% required for complying with passive house standards, for daylight optimisation and ecological measures, are rather low and will pay off due to subsidies and low energy operating expenses either immediately or without requiring additional grants in a few years. This creates considerable added value of the building concerning sustainable building quality, user comfort, energy efficiency and effect on public opinion. The municipality, students, school operator and teachers are very satisfied with the innovative refurbishment.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	16
1.1	Ausgangssituation – Problembeschreibung.....	16
1.2	Bedeutung Demonstrationsprojekt für Programmlinie „Haus der Zukunft“	16
1.3	Folgeabschätzungen.....	16
1.4	Schwerpunkte der Arbeit.....	22
2	Methodik und Datenerfassung	25
2.1	Alternative Entwurfsplanung auf Passivhausstandard	25
2.1.1	Analyse des bestehenden Schulgebäudes	25
2.1.2	Analyse der Raumanforderungen	25
2.2	Energieeffizienz und Komfort – Planungswerkzeuge.....	25
2.2.1	Passivhausprojektierungspaket PHPP.....	26
2.2.2	WAEBRU 6.0 Wärmebrückenberechnung	26
2.2.3	Tageslichtsimulation mit Adeline	26
2.2.4	Dynamische Gebäudesimulation mit TRNSYS 15	27
2.3	Datengrundlagen.....	28
2.3.1	Lüftung in Schulen: Energieverbrauch, Komfort, Kosten	28
2.3.2	Klima	28
2.4	Praxis Testphase mittels Musterklasse.....	29
3	Integrales Projektmanagement	31
3.1	Allgemeine Umsetzungsansätze.....	31
3.2	Bestand vor Sanierung.....	31
3.3	Bauliche und nutzungstechnische Anforderungen der Sanierung	32
3.3.1	Standort.....	34
3.3.2	Sanierungskriterien	34
3.3.3	Arbeits- und Zeitplan für Demonstrationsprojekt.....	35
3.4	Nutzflächenaufstellung.....	36
3.4.1	Nutzflächenaufstellung beider Sanierungsentwürfe.....	36
3.4.2	Nutzflächenaufstellung realisiertes Projekt	39
3.4.3	Nutzflächen Gegenüberstellung Bestand – 1. Variante - Ausführung.....	42
3.4.4	Ökologisches Bauteilprofil.....	43
3.4.5	Schlussfolgerung nach ökologischer Bewertungen	46

4	Architektur und Gebäudekonstruktion.....	48
4.1	Entwurfs- und Ausführungspläne	55
4.1.1	Lagepläne	55
4.1.2	Grundrisse HS II - MUSIKHAUPTSCHULE	56
4.1.3	Grundrisse PTS – POLYTECHNISCHE SCHULE	60
4.1.4	Ansichten	62
4.1.5	Schnitt durch PTS, Innenhof und HS II	66
4.1.6	Perspektiven von HS II und PTS.....	66
4.2	Thermische Gebäudehülle	68
4.3	Sanierung thermische Gebäudehülle.....	69
4.3.1	Sanierung Bereich Außenwände	69
4.3.2	Dachaufbau im Sanierungsbereich	79
4.3.3	Bodendämmung.....	80
4.4	Bereich Zubau HS II.....	82
4.4.1	Anforderungsprofil Holzbau im Bereich Neubau	83
4.5	Bereich Zubau Polytechnische Schule.....	86
4.5.1	Konzeption der Holzelemente im Neubau.....	87
4.5.2	Schlussfeststellung Holzbau	90
5	Energieplanung und Gebäudeklimakonzept.....	92
5.1	Zusammenfassung.....	93
5.1.1	Maßnahmen zur Erreichung des Passivhausstandards.....	93
5.1.2	Gebäudeklimakonzept/ thermische Simulation	94
5.1.3	Tageslicht/Kunstlicht	95
5.2	Passivhausengineering, Energieeffizienz	97
5.2.1	Beschreibung Passivhauskonzept	97
5.2.2	Qualitätssicherung Passivhauskriterien	98
5.2.3	Qualitätssicherung Passivhauskriterien während der Bauausführung.....	101
5.3	Heizung, Lüftung, Kühlung, Sanitär	102
5.3.1	IST Stand Herstellkostenberechnung Heizung, Lüftung, Kühlung, Sanitär.....	102
5.3.2	Heizung	103
5.3.3	Lüftung	107
5.3.4	Sanitäranlage	116
5.3.5	Feuerlöschanlagen / Brandschutz.....	118
5.3.6	Kälteanlage	118
5.3.7	Qualitätssicherung im Rahmen der Bauausführung	118
5.3.8	Ergebnisse der Energiebuchhaltung/ Zählerablesung Wärmemengen im ersten Betriebsjahr	120
5.4	Tageslicht, Kunstlicht, Sonnenschutz, Blendschutz.....	121
5.4.1	Konzeptzielsetzungen	121
5.4.2	Tageslicht.....	121
5.4.3	Kunstlicht, Strom- und Primärenergiebedarf Licht	124
5.4.4	Fassadenintegrierte Photovoltaikpaneele	127
5.4.5	Blendschutz, Sonnenschutz.....	128
5.4.6	Darstellung Berechnungsergebnisse Tageslicht.....	129
5.4.7	Abschließende Stellungnahme zum ausgeführten Farb- und Tageslichtkonzept.....	135

5.5	Thermisches Gebäudeverhalten, Simulation	137
5.5.1	Thermische Zonierung, Nutzung, Wärmelasten/-gewinne	137
5.5.2	Klimadaten	141
5.5.3	Simulationsergebnisse	141
5.5.4	Zusammenfassung der Simulationen.....	142
6	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	143
6.1	Ergebnisse Nutzflächen Gegenüberstellung.....	143
6.2	Kostenaufstellung.....	144
6.2.1	Gegenüberstellung der Sanierungsvarianten.....	144
6.2.2	Aufschlüsselung der Mehrkosten	147
6.2.3	Amortisation des Demonstrationsprojektes.....	149
6.2.4	Gegenüberstellung der energischen Kennwerte.....	157
6.2.5	Gegenüberstellung Heizenergie Varianten	162
6.2.6	Analyse Stromverbrauch.....	164
6.3	Qualitätskontrolle	166
6.3.1	Drucktest und Thermografie Ergebnisse.....	166
6.3.2	Umsetzung des Demonstrationsprojektes	169
7	Verzeichnisse.....	170
7.1	Abbildungsverzeichnis	170
7.2	Tabellenverzeichnis	172
7.3	Literaturverzeichnis	173
7.4	Fotonachweis:.....	173
8	Anhang	174
8.1	Auszüge der Berechnungen nach PHPP	174
8.2	Allgemeine Grundlagen zur Lüftung in Schulen.....	179
8.2.1	Luftqualität in Klassenräumen - CO ₂ - Konzentration.....	179
8.2.2	Luftqualität in Klassenräumen - Raumlufffeuchte	181
8.3	Herstell- und Betriebskosten Heizung- Lüftung- Sanitär	182
8.4	Öffentlichkeitsarbeit und Weiterbildung während Demonstrationsphase.....	187
8.5	Kleines Passivhauslexikon.....	202

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation – Problembeschreibung

Die thermisch nachhaltige Altbausanierung stellt mit Abstand den wichtigsten Beitrag für eine wirkungsvolle Reduktion der CO₂-Emissionen dar. Dabei sollte allerdings auch die Chance genutzt werden, diese Gebäude gleich auf neuesten energetischen Standard und damit gesteigerten Komfort zu bringen. Während bei Wohn- und Gewerbebauten zum Start des Demonstrationsprojektes im Jahr 2005 schon erste Sanierungen auf Passivhaus- und Niedrigstenergiehausstandard existierten, war im öffentlichen Bereich hier noch ein großer Aufholbedarf – gerade jenem Sektor, welcher eigentlich besondere Vorbildwirkung darstellen sollte!

Das ökologische Passivhaus – und dies gilt auch für die Altbausanierung auf Passivhausstandard - wird in bisher kaum erreichter Qualität dem Wunsch nach Wohnqualität, Komfort und Behaglichkeit gerecht. Es stellt das konsequenteste Konzept nachhaltigen Bauens dar.

1.2 Bedeutung Demonstrationsprojekt für Programmlinie „Haus der Zukunft“

Die Programmlinie „Haus der Zukunft“ hat gerade zum Passivhaus eine Vielzahl von Forschungsprojekten laufen, da es mit Abstand den zukunftsweisendsten und einen nachhaltigen Baustandard darstellt. Zudem ist das Passivhaus für den Bauherrn höchst wirtschaftlich und stellt durch seine enormen Einsparungspotentiale für die Volkswirtschaft große Vorteile dar. Während sich der Passivhausstandard im Neubau von der Pilotphase schon zum Baustandard entwickelt, stand der Passivhausstandard in der wesentlich komplexeren Altbausanierung 2005 erst ganz am Anfang. Der Forschungs- und Entwicklungsbedarf war in diesem Bereich dementsprechend groß:

- Entwicklung praxisgerechter Systemlösungen
- Entwicklung innovativer Lüftungs- und Haustechnikkomponenten für die Altbausanierung im Passivhausstandard
- Entwicklung von Holzbauelementen für die thermische Fassadensanierung als Alternative zu bestehenden VWS-Systemen
- Thermische Altbausanierung Schwerpunkt zukünftiger Bautätigkeiten
- Großer Sanierungsbedarf auch in EU – Beitrittsländern (Exportchance)

1.3 Folgeabschätzungen

Aus der allgemeinen Untersuchung von Passivhaus – Sanierungsmöglichkeiten im Schulbau und der projektspezifischen Detaillierung am Beispiel Schwanenstadt ergaben sich folgende Perspektiven:

Folgeabschätzung in wirtschaftlicher Hinsicht

- Betriebskostensparnis sowohl bei Heizkosten als auch Stromkosten durch verbesserte Tageslichtnutzung um den Gesamtfaktor 10
- Multiplizierbarkeit des Projektes auf diverse ähnlich gelagerte Objekte aus dem öffentlichen und privaten bzw. gewerblichen Bereich
- Neuer zukunftsträchtiger Markt für die am Projekt beteiligten Unternehmen und Planer / Konsulenten

Die Umsetzung des Niedrigstenergie- und Passivhausstandards auch in der Altbausanierung ist Grundvoraussetzung zur Erreichung der politischen Klimaschutzziele und gleichzeitig eine große Chance für eine nachhaltige Wirtschaftsentwicklung unter voller Rücksichtnahme auf ökologische Rahmenbedingungen.

Dieser damit verbundene Wettbewerbsvorteil der österreichischen Wirtschaft soll der österreichischen Bauwirtschaft und Bauindustrie zusätzliche Exportchancen sichern, gerade auch in Hinblick auf die Osterweiterung.

Folgeabschätzungen in volkswirtschaftlicher Hinsicht

Im April 2008 hat der Chefökonom der IEA, Fatih Birol die Mitgliedsstaaten zu einem Politikwechsel auf. [Quelle: www.internationalepolitik.de]

Sein Motto: Wir sollten das Öl verlassen, bevor es uns verlässt.

Im „World Energy Outlook 2007“ (WEO), welcher im November 2007 veröffentlicht wurde, warnt die Internationale Energieagentur erstmals davor, dass es zu einem Einbruch in der Ölförderung und eskalierenden Preisen kommen könnte, in der Zeit von heute bis 2015.

12,5 Millionen Barrel pro Tag fehlen, rund 15 Prozent des Weltölbedarfs. Im WEO Bericht 2007 steht weiter, dass der steile Rückgang der Ölförderung zwischen 3,7 und 4,2 Prozent pro Jahr betragen wird.

Wir sollten das Öl verlassen, bevor das Öl uns verlässt. Das sollte unser Motto sein. Also sollten wir uns auf diesen Tag vorbereiten – durch Forschung und Entwicklung, wie wir Öl ersetzen können, welche Lebensstandards wir halten, welche Alternativen wir entwickeln können.

- 90%-ige Energieeffizienzsteigerung ist Voraussetzung für die anzustrebende Energieautonomie Österreichs
- Schaffung von Know-how und Kompetenz für Österreichs Zukunftsbranche
- Schaffung und längerfristige Sicherung von Arbeitsplätzen durch Innovation
- Exportmöglichkeit in andere europäische Länder (bzw. ehemaliges Osteuropa / EU-Beitrittsländer) bzw. Auswirkung auf Handels- und Leistungsbilanz
- Beispiel für Reduktion des Energieeinsatzes und damit der Energieimportabhängigkeit (Öl, Gas, Kohle, Atomenergie) bei Errichtung und Nutzung eines großvolumigen Bauprojektes
- Ersatz für neue und alte fossil betriebene Kraftwerke durch eine nationale Energieeffizienzoffensive
- Entlastung der CO₂-Zertifikats- Aufwendungen

Energieeffizienzoffensive á la Schwanenstadt billiger als neue Kraftwerke

[Offizielles Papier beim 2. Klimaschutzgipfel vom 17.04.2008 im Panel 5]

Anstatt die angekündigte Energiewende einzuleiten und zu einer Kehrtwende beim ungebremsen Anstieg der CO₂-Emissionen zu kommen, sind in Österreich gleich mehrere neue Gaskraftwerke mit 3.600 MW installierter Leistung in Planung. Dies wird vorwiegend mit dem ständig ansteigenden Strombedarf von 1,7% per anno begründet. Vielmehr würde sich jedoch die derzeitige Leistung der Gaskraftwerke bis 2015 mehr als verdoppeln. Als BHKW soll gleichzeitig die Abwärme über das Fernwärmenetz für Raumwärme genutzt, und noch dazu über die Ökostromförderung mitfinanziert werden. Damit würde aber ein zusätzlicher CO₂-Ausstoß von 8,0 Million Tonnen (!) pro Jahr verursacht. Die CO₂-Emissionen von ganz Österreich würden so weiter um 9% ansteigen.

Alleine die CO₂-Strafzahlungen würden im Minimum 13,5 Mrd. Euro bei 20 Jahren Betriebsdauer verursachen. Laut Rechnungshofkritik vom 14.04.08 müsste sogar mit 100 Euro pro Tonne CO₂ kalkuliert werden, womit auf 20 Jahre Betriebsdauer mit 15,7 Mrd. Euro CO₂-Zertifikatkosten zu rechnen ist.

Keine neuen Kraftwerke, sondern eine Energieeffizienz Offensive

Gemäß dem Regierungsübereinkommen sind bis 2015 alle Nachkriegsbauten thermisch zu sanieren. Dies bedeutet jedoch eine Erhöhung der thermischen Sanierungsrate von derzeit 0,8% auf 3,0 bis 5,0%. Bei der Betrachtung von nachhaltigen Alternativen zeigen sich schier grenzenlose Energieeffizienzpotentiale, die ökonomisch, ökologisch und sozial verträglich umsetzbar sind, anstatt neue Kraftwerke mit fossilen Energieträgern zu errichten.

Mit einer großen Energieeffizienzoffensive durch **thermische Altbausanierungen auf Klasse A+** gem. Energieausweis können in Österreich binnen 7 Jahren in Summe realisiert werden:

- 315.000 Wohnungen in Mehrfamilienhäusern
- 360.000 Einfamilienhäuser
- 5.400 öffentliche Gebäude – speziell Schulen und Kindergärten
- 4.500 Bürobauten
- mit in Summe **87,53 Mio. m² Nutzfläche** faktisch zum Nulltarif auf Klasse A+ gem. Energieausweis thermisch saniert werden. Damit würde deren Energieverbrauch um 90 Prozent sinken.

Außerdem können damit noch weitere Maßnahmen finanziert werden:

- 120.000 Photovoltaikanlagen mit je 5 kWp
- 360.000 Thermische Solarkollektoren mit je 8 m² Fläche
- 675.000 Haushalte Energieeffizienz Tauschaktion für alte Elektrogeräte

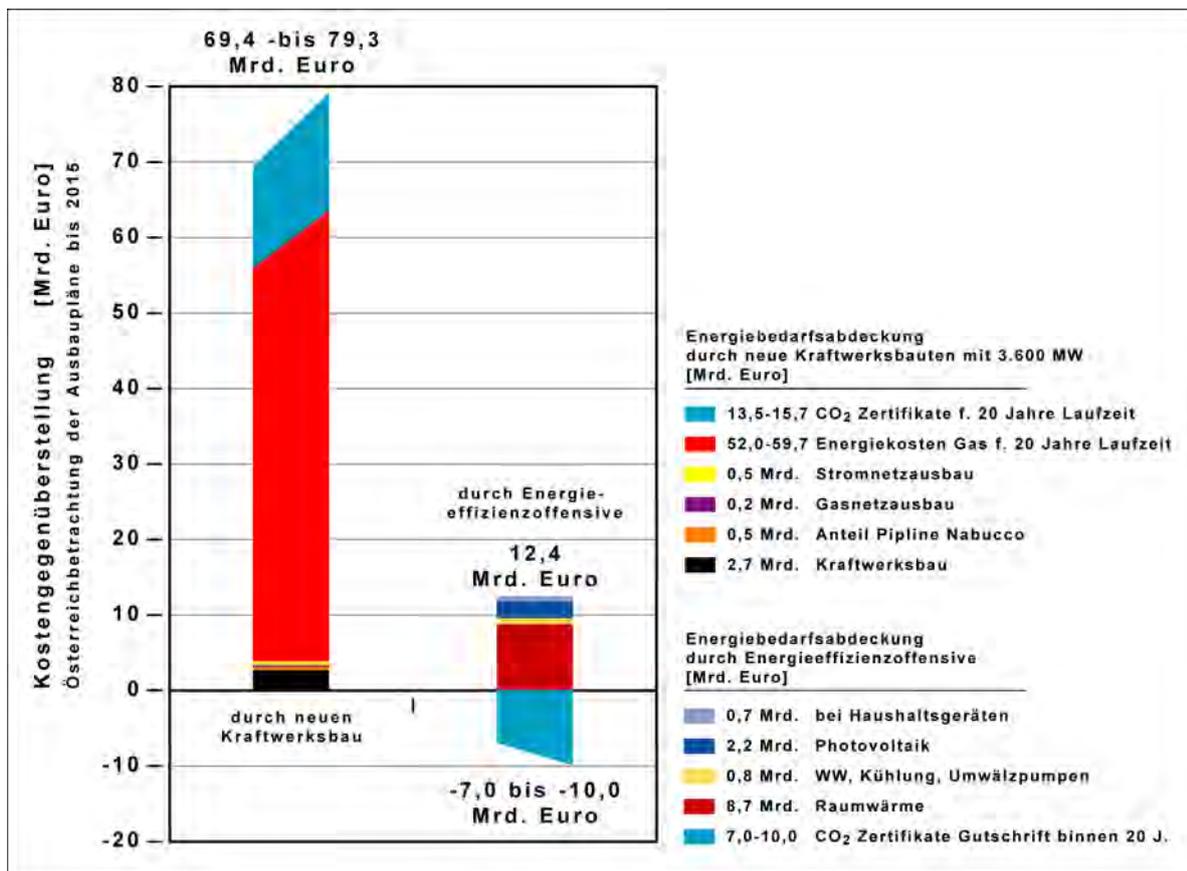


Abb. 1: Kostengegenüberstellung Gaskraftwerksneubau vs. Energieeffizienz Offensive

Die Investitionskosten für den bis 2015 geplanten Gaskraftwerksausbau mit 3.600 MW Leistung, Speicher-, Netz- und Pipelineausbau werden alleine € 3,9 Mrd. betragen. Weiters sind die Gas Brennstoffkosten zwischen € 52,0 – 59,7 Mrd. (bei einer Betriebslaufzeit von 20 Jahren) und die CO₂-Zertifikatkäufe von mind. € 13,5 Mrd. (bei einer Betriebslaufzeit von 20 Jahren) für die neuen Gasdampfkraftwerke zu berücksichtigen. Im Vergleich dazu würde das erforderliche zusätzliche Fördervolumen von € 12,4 Mrd. für diese Energieeffizienz Offensive lediglich einem Fünftel der Summe aus Investitions- und Gaskosten (bei einer Betriebslaufzeit von 20 Jahren) entsprechen, ohne dabei die auch fälligen CO₂-Zertifikatkäufe zu berücksichtigen.

Die Kostengegenüberstellung zeigt für die Versorgungssicherheit des österreichischen Strom- und Gasmarktes deutlich die erheblich geringeren Kosten für eine Energieeffizienzoffensive gegenüber eines Kraftwerksausbaues.

Als positiven Nebeneffekt sind der Arbeitsmarkt und die Wirtschaftsfakten zu betrachten:

- 450.000 Mannjahre zusätzliche Arbeitsplätze mit dieser Sanierungsoffensive statt GDK
- € 43,74 Mrd. Euro höher ausgelöstes Investitionsvolumen

In Summe ergibt sich daraus:

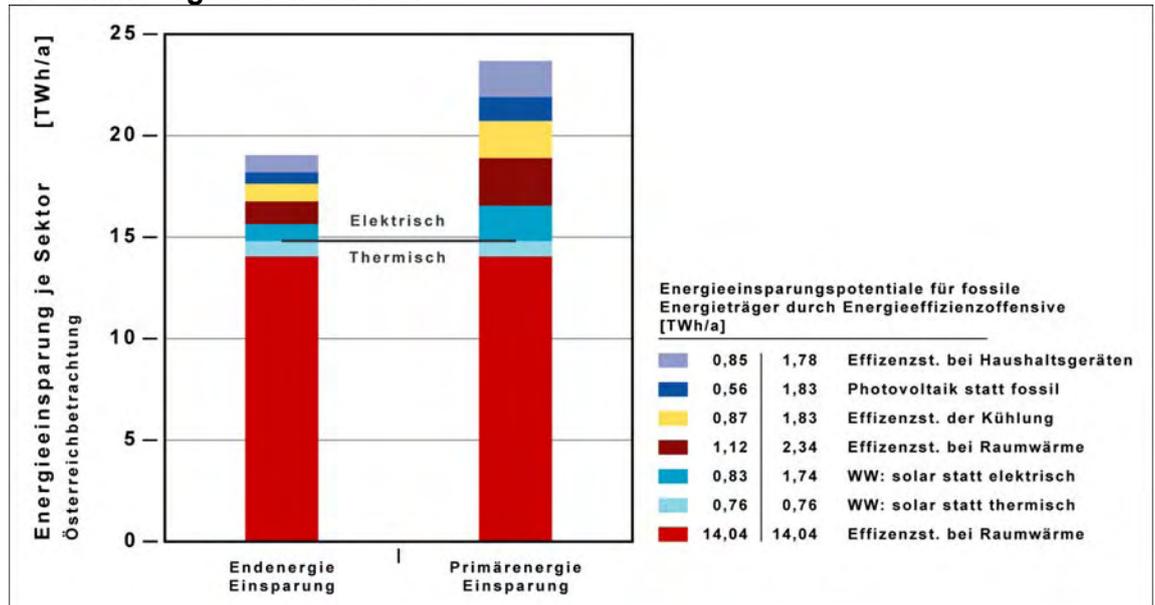


Abb. 2: Energieeinsparpotentiale Gaskraftwerksneubau vs. Energieeffizienz Offensive

- 14,04 TWh/a Energieeinsparung thermisch für Raumwärme
- 4,17 TWh/a Energieeinsparung elektrisch für Raumwärme und Kühlung
- 2,50 TWh/a Warmwassergewinnung durch Solarkollektoren
- 1,83 TWh/a Energiegewinnung mit Photovoltaik
- 1,78 TWh/a Energieeinsparung mit Haushaltsgeräte Optimierung auf Klasse A+

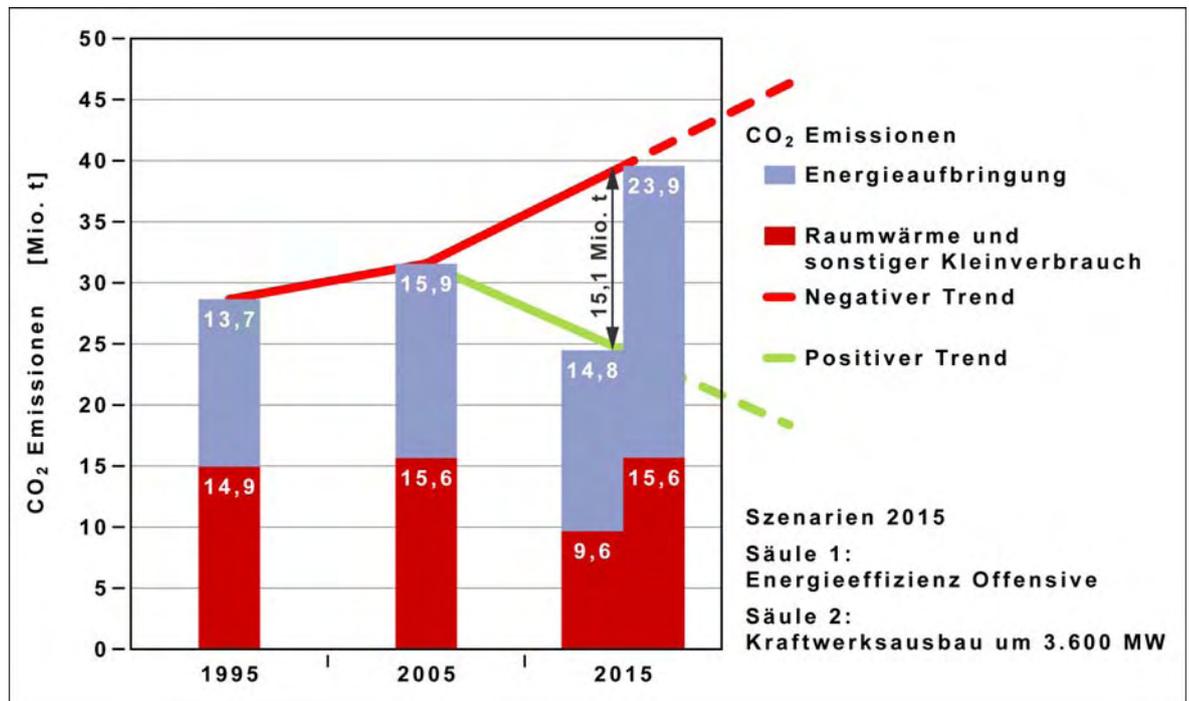


Abb. 3: Entwicklung CO₂ Emissionen bei Kraftwerksausbau vs. Energieeffizienzoffensive

- 7,1 Mio. t CO₂ Einsparung pro Jahr gegenüber 2005
- €7,0 Mrd. zusätzliche CO₂ Zertifikats Gutschriften binnen 20 Jahren gegenüber 2005

Folgeabschätzung in gesellschaftlicher Hinsicht

Aus den Ergebnisse des Messprogramms zur Erhebung der Innenraumluftqualität, der akustischen Verhältnisse und bauphysikalischer Qualitätsfaktoren in Oberösterreichs Pflichtschulen, Berufsschulen und landwirtschaftlichen Fachschulen von 2001 - 2003, welches vom Land Oberösterreich, Abteilung Umwelt- und Anlagentechnik, Umwelttechnik, Linz durchgeführt wurde, geht u.a. die unbefriedigende CO₂-Konzentration in bestehenden Klassenräumen hervor.

In allen untersuchten Schulräumen lag der gemessene Luftwechsel bei der Situation "geschlossene Fenster", die häufig im Winter bzw. an dicht befahrenen Straßen vorkommt, in einem sehr niedrigen Bereich (unter 0,12 h⁻¹).

In allen untersuchten Räumen konnten nach kurzer Unterrichtszeit erhöhte Konzentrationen an Kohlenstoffdioxid (CO₂) nachgewiesen werden, die innerhalb der Beobachtungszeit bei geschlossenen Fenstern weiter deutlich anstiegen. Die für eine Aufrechterhaltung hygienischer Bedingungen notwendige Frischluftmenge wurde während der Unterrichtsstunden nicht zugeführt. Der Verlauf der Konzentrationen zeigte, dass bei höherer Belegung der Räume sogar bei ständig gekippten Fenstern ein weiterer Anstieg und damit eine Überschreitung des hygienisch empfohlenen Zielbereiches von maximal 1000 bis 1500 ppm CO₂ gegeben waren. Das nachstehende Modell wurde anhand der ermittelten Praxisdaten mehrerer Klassenräume angepasst.

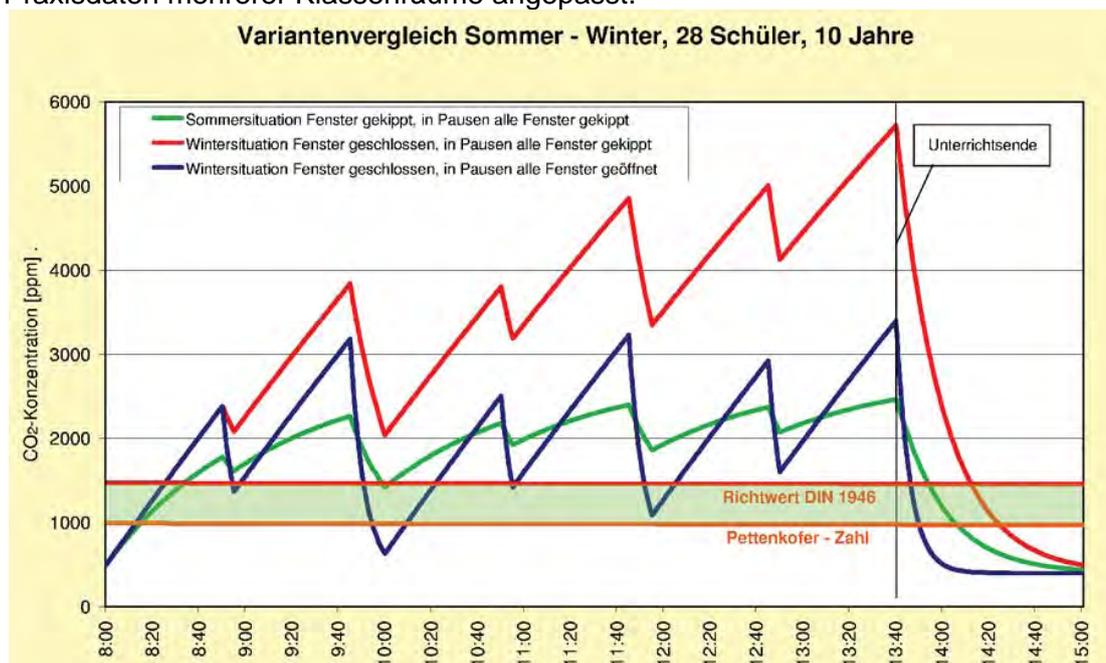


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der CO₂-Konzentration – Modellrechnung

Quelle: Messergebnisse Luftqualität an OÖ. Schulen, Amt der OÖ. LR., Abt. Umwelt- und Anlagentechnik

- „Neue Qualität des Lernens in der Schule“ (Frischluft, Tageslichtqualität...)
- Permanent frische Luft in Klassenräumen ermöglicht wesentlich bessere Konzentrationsfähigkeit und verbessert damit den Lernerfolg
- Konkretes Erleben von Ökologie und Nachhaltigkeit durch die SchülerInnen, der „Baugeneration“ der Zukunft
- Immer frische Luft in Innenräumen verbessert die Gesundheitsvorsorge
- Die Umsetzung des Passivhausstandards auch in der Altbauanierung stellt die Voraussetzung für soziale Sicherung dar
- Schaffung eines regionalen Passivhauszentrums in Schwanenstadt - im Umkreis von 800 Metern werden durch den Impuls der Schule als

Demonstrationsgebäude, ein Schulwarthaus, eine Tierklinik, Mehrfamilien- und Einfamilienhäuser und eine große Produktionshalle in Passivhaus Standard die ganze Bandbreite wieder spiegeln

In gesellschaftlicher Hinsicht stellt die Akzeptanzsteigerung und Beseitigung von Vorurteilen über Hygiene, Architektur, Finanzierbarkeit und technischer Machbarkeit von Niedrigstenergie- und Passivhausstandard in der Altbausanierung eine Schlüsselrolle bei diesem Projekt dar. Dieses Demonstrationsprojekt zukunftsweisender und nachhaltiger Altbausanierung stellt für das Schulwesen eine enorme Bereicherung dar.

Folgeabschätzung in ökologischer Hinsicht

- Minimierung Energieverbrauch um Faktor 10
- Minimierung Verbrauch an „Grauer Energie“ der eingesetzten Materialien
- Keine Verbundwerkstoffe
- Recyclierbarkeit der eingesetzten Baustoffe
- richtungweisender Beitrag zum Klimaschutz

Gerade mit dem Projekt „Altbausanierungen mit Passivhauskomponenten“ können die enormen Einsparungsmöglichkeiten im Bereich des Altbestandes mit über 80% Reduktionspotential die ökologischen Chancen deutlich gemacht werden. Hier ist zu erwarten, dass durch die umgesetzten bzw. in Umsetzung befindlichen Demonstrationsprojekte wesentliche Impulse für eine zukünftig nachhaltige Altbausanierung unter Ausschöpfung der Einsparungspotentiale ausgehen. Damit steigt auch die Chance, die künftigen internationalen Verpflichtungen der Post-Kyoto Periode doch noch erfüllen zu können.

1.4 Schwerpunkte der Arbeit

Alternative Ausführungs- und Detailplanung auf Passivhausstandard

Studienschwerpunkt aus architektonischer Sicht war die Entwicklung einer alternativen Entwurfsplanung unter Berücksichtigung der Optimierung der Kompaktheit der Gebäudekörper, die Optimierung funktionaler Abläufe für einen modernen Schulbetrieb in das Raumkonzept, eine entscheidende Verbesserung der Tageslichtnutzung, sowie die Verkörperung einer nach außen und innen zeitgemäßen Architektur.

Berechnung von Ausführungsvarianten mit PHPP

In mehreren Schritten wurden in der vorangegangenen Forschungsstudie die unterschiedlichen Varianten für die Sanierung mit Hilfe des Passivhaus Projektierungs- Paketes PHPP durchgerechnet und analysiert. Für das realisierte Demonstrationsprojekt wurde die Berechnung für die optimierte Ausführungsvariante nochmals durchgeführt. Außerdem erfolgte die Sanierung nach Analyse und Minimierung von bestehenden Wärmebrücken unter Annahme verschiedener Sanierungsvarianten.

Dynamische Gebäudesimulation mit TRNSYS

Einen besonderen Studienschwerpunkt in der vorangegangenen Forschungsstudie stellte die dynamische Gebäudesimulation mit TRNSYS für Heiz- und Kühllasten,

thermischen Komfort im Sommer und Winter, sowie die Auswirkungen unterschiedlicher Standards für die Computerausstattung dar. Außerdem wurden die Raumluftqualität und die Verbesserungen von nächtlichem Luftwechsel durch Simulationen veranschaulicht. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde die Ausführungsplanung des Demonstrationsprojektes durchgeführt.

Tageslichtplanung und –optimierung mit Adeline

Zur Erzielung ausreichender Tageslichtnutzung in Klassen und allgemeinen Räumlichkeiten, bei gleichzeitiger Minimierung des Strombedarfs für Kunstlichtbeleuchtung und optimierten Sonnenschutz, wurden mit dem Simulationsprogramm Adeline 2D- und 3D- Modelle durchgerechnet und veranschaulicht. Dies war einerseits für die Detailplanung zur Vergrößerung der Fensterflächen in den Klassenbereichen, ohne Beeinträchtigung durch Überhitzung, und andererseits für die innen liegenden Gangzonen von entscheidender Bedeutung. Mit der frühzeitigen Ausführung einer Musterklasse konnten hierfür auch Praxistests für ein optimiertes Verschattungssystem durchgeführt werden.

Lüftungskonzept

Die Umsetzung eines dezentralen Lüftungssystems wurde auf Basis der Ergebnisse umfangreicher Studien unter Erarbeitung und Darstellung der verschiedenen Möglichkeiten zur Lüftung der Schulklassen durchgeführt. Gegenübergestellt wurden die Vor- und Nachteile eines zentralen, semizentralen und dezentralen Lüftungssystems beim konkreten Projekt. Ergänzend wurde auf das Thema Luftqualität in Klassenräumen und die Notwendigkeit der kontrollierten Lüftung zum Erreichen einer guten Frischluftqualität eingegangen. Mit der frühzeitigen Ausführung einer Musterklasse konnten hierfür auch Praxistests zur Optimierung des Prototypen des Klassenzimmer Kompaktlüftungsgerätes sowie dessen Kanalzuführung durchgeführt werden. Mit Hilfe von vor Ort Schallmessungen konnte hier der Schallpegel noch weiter reduziert werden.

Entwicklung von vorgefertigten Holzbauelementen

Die im vorangegangenen Forschungsprojekt entwickelten vorgefertigten Holzbauelemente für eine nachhaltige und kostengünstige thermische Altbausanierung wurden zunächst bei der Musterklasse ausprobiert. Ein Studienschwerpunkt befasste sich mit der Ausarbeitung und Prüfung von vorgehängten hoch gedämmten Fassadenelementen unter Berücksichtigung der besonderen spezifischen Kriterien beim Altbau. Diese konnten in der Umsetzungsphase enorme Zeitersparnisse bewirken.

Ökobilanzierung der Sanierungsvarianten

Zur ganzheitlichen Betrachtung der Sanierungsmaßnahmen wurden die Varianten vor Ausführung als Demonstrationsvorhaben auch einer Ökobilanzierung unterzogen und analysiert.

Neuanwendung von Einblasverfahren für Schaumglasschotter

Zur Dämmung des Bodenaufbaus zum Erdreich wurde gegenüber der im Forschungsprojekt geplanten Variante mittels Vakuumdämmung im

Fußbodenaufbau, schlussendlich beim Demonstrationsprojekt nach der Auffindung von Hohlräumen unter der Bodenplatte ein neues Einblasverfahren mit Schaumglasschotter erfolgreich umgesetzt.

Anmerkung:

Die vorangegangenen detaillierten Forschungsstudien sind im separaten Forschungsband „Erste Passivhaus-Schulsanierung“ ausgeführt, und können online unter <http://www.hausderzukunft.at/publikationen/endberichte.htm> downgeloadet bzw. bestellt werden.

2 Methodik und Datenerfassung

2.1 Alternative Entwurfsplanung auf Passivhausstandard

2.1.1 Analyse des bestehenden Schulgebäudes

- Erfassung des Gebäudebestandes und dessen Zustand
- Aufnahme der Bauschäden und –mängel
- Auffindung und Analyse der thermisch kritischen Stellen und Wärmebrücken
- Analyse des derzeitigen Schulbetriebes (z.B.: Sehr schlechte Luftqualität, da Fenster großteils nicht mehr offenbar (verschraubt) wegen Gefahr in Verzug bei Sturm)
- Erhebung der Statik speziell der Fassadenfertigteilelemente zur Analyse der Möglichkeiten der Verbesserung der Tageslichtnutzung und Wärmebrückenvermeidung

2.1.2 Analyse der Raumanforderungen

In mehreren vertiefenden Gesprächsrunden mit Schuldirektoren und Lehrern der HS II und PTS wurde ein für den Schulbetrieb optimiertes Raumanforderungsprogramm unter Berücksichtigung der Vorgaben der Landesschulbaubehörde erarbeitet. Dazu gehörte auch eine Exkursion mit den Schuldirektion zur Ökohauptschule Strasswalchen. Die Einbeziehung von Schülern in eine der Gesprächsrunden war dem Projektteam ebenfalls ein wichtiges Anliegen, um auch die Meinungen und Wünsche der betroffenen Schüler über ihre Vorstellungen einer Schulsanierung und Bedarfsanalyse zu erfahren und nach Möglichkeit einzubinden.

In weiterer Folge wurde im Rahmen des Forschungsprojektes auch eine Exkursion nach Tirol und Vorarlberg für die Entscheidungsträger der Gemeinde, der OÖ. Schulbaubehörde und den Schuldirektoren organisiert. Dabei wurden eine Vielzahl von vorbildlichen Schulbauprojekten und öffentlichen Bauten besichtigt.

Daraus entwickelte sich die mit der Landesschulbaubehörde abgestimmte, im Vergleich zur ursprünglichen Sanierungsvariante abgeänderte, Nutzflächen-aufstellung und Entwurfsplanung. Dabei wurde auch besonderes Augenmerk auf die Einbindung des Schulgebäudes selbst als Lern- und Übungsobjekt gelegt.

2.2 Energieeffizienz und Komfort – Planungswerkzeuge

Zur Berechnung von Energieverbrauch, thermischer Qualität der Gebäudehülle und Nutzerkomfort hinsichtlich Raumklima und Tageslicht wurden folgende Programme verwendet.

2.2.1 Passivhausprojektierungspaket PHPP

Das Passivhausprojektierungspaket PHPP ist „das“ Planungswerkzeug für die Planung von Passivhäusern. Es zielt vor allem auf eine detaillierte Berechnung der Kennwerte zu Heizung und Primärenergieverbrauch unter genauer Einbindung der Randbedingungen zu Wärmeverlusten und Wärmegewinnen im Niedrigstenergiebereich ab. Das PHPP ersetzt jedoch nicht eine Einzelraumauslegung von Heizung und Lüftung bei komplexeren Gebäuden. Bei Gebäuden außerhalb des Wohnbaus ist eine sorgfältige Hinterfragung und Kontrolle der Randbedingungen von Gebäude und Nutzung im Vergleich zu den PHPP – Annahmen notwendig. Das PHPP – Programmpaket basiert auf einem Energiebilanzverfahren, welches über Simulationen und Messungen im Anwendungsbereich Passivhauswohnbau validiert wurde, es wurde am Institut für Wohnen und Umwelt in Darmstadt entwickelt.

2.2.2 WAEBRU 6.0 Wärmebrückenberechnung

Die Berechnung und Darstellung von Leitwerten, Isothermenverläufen und Oberflächentemperaturen von Wärmebrücken wurde mit dem Programm WAEBRU 6.0 durchgeführt. Dieses Programmpaket ermöglicht Wärmebrückenberechnungen sowohl für zwei- als auch dreidimensionale Wärmeleitung. WAEBRU wird international eingesetzt, die Entwicklung des Programms fand unter Leitung von Univ. Prof. Dr. Erich Panzhauser und Univ. Prof. Dr. Klaus Krec - Technische Universität Wien statt.

2.2.3 Tageslichtsimulation mit Adeline

Computersimulation der Raumlichtverhältnisse stellen ein unverzichtbares Instrumentarium zur Lichtplanung dar. Mit Konstruktionssystemen (computer aided design/ CAD) werden dabei dreidimensionale Modelle von Räumen und Gebäuden erstellt und die zugehörigen Materialeigenschaften der Wand- und Deckenoberflächen sowie der Verglasungen der Öffnungen, der Fensterleibungen und äußerer Verschattungen definiert. Schließlich werden verschiedene Himmelsmodelle, in denen geographische Lage und Umgebung des Planungsobjektes berücksichtigt werden, festgelegt. Anhand der Gesetze der Lichtausbreitung werden dann Beleuchtungsstärken und Tageslichtfaktoren errechnet.

Auf diese Weise kann für jeden Raum geprüft werden, ob die Lichtverhältnisse in einem Raum die gestellten Anforderungen in Hinblick auf Wohlbefinden, Gesundheit oder auch die Anforderungen für einen gut ausgeleuchteten Arbeitsplatz erfüllen. Verschiedene Planungsvarianten können durch Simulation hinsichtlich des visuellen Komforts und der zu erreichenden Tageslichtnutzungszeit verglichen werden.

Adeline (**A**dvanced **D**aylighting and **E**lectric **L**ighting **I**ntegrated **N**ew **E**nvironment) ist eines der am weitesten verbreiteten Programmpakete zur Tageslichtsimulation für die optimale Tageslichtnutzung in Gebäuden. Es wurde international unter der Leitung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Stuttgart entwickelt. Das Programmpaket Adeline beinhaltet unter anderem die Programme Superlite und Radiance.

2.2.3.1 Adeline - Superlite

Berechnet Beleuchtungsstärke und Tageslichtquotienten auf einer horizontalen, rechteckigen „Arbeitsfläche“ sowie die Leuchtdichte für alle Oberflächen eines relativ komplexen Raums. Superlite dient der detaillierten Tageslichtberechnung nach der Radiosity – Methode, d.h. es erfolgt eine Verteilungsberechnung von Diffusstrahlung bei verschiedenen auswählbaren Himmelsmodellen gemäß üblicher Vorgangsweise von Tageslichtberechnungen und keine direkte Berücksichtigung und Strahlverfolgung von gerichteter Strahlung.

2.2.3.2 Adeline - Radiance

Berechnet Tages- und Kunstlichtverhältnisse in Räumen unter Berücksichtigung des Verhaltens von diffuser und direkter Strahlung. Verwendet wird die Ray-Tracing-Methode, d.h. jeder einzelne Lichtstrahl wird samt seinen direkten und diffusen Reflexionen im Raum verfolgt. Aus diesem Grund können sowohl diffuse wie auch reflektierende Oberflächen, reflektierende Lichtumlenksysteme und sehr komplexe Geometrien simuliert werden.

Je nach gewünschtem Detaillierungsgrad und Implementierungsaufwand kann man damit Ergebnisse von 3 D Darstellungen der Beleuchtungsstärke oder der Belichtung in Falschfarbenskalierung bis hin zu fotografisch realistischen Visualisierungen des Raumes, der Möblierung und der Einrichtungsgegenstände mit den berechneten Lichtverhältnissen und den entsprechenden Raumeindrücken erhalten.

2.2.4 Dynamische Gebäudesimulation mit TRNSYS 15

Das Programmpaket TRNSYS 15 erlaubt die detaillierte instationäre Simulation des Raumklimaverhaltens eines Gebäudes, welches je nach Detaillierungsaufwand üblicherweise in ein bis 25 thermische Zonen unterteilt wird. Diese thermischen Zonen werden in ihrer interzonalen Wechselwirkung sowie unter Beachtung der dynamischen Randbedingungen von Außenklima, Nutzungsprofilen, Bauteilverhalten und Haustechnik simuliert.

Aus einer großen Anzahl von Modulen werden ebenfalls „aktive“ Komponenten wie Haustechnikbestandteile, Sonnenkollektoren, Erdwärmetauscher, Regelalgorithmen, Rechenmodule für Wetterdaten etc. in das Simulationsmodell des Gebäudes integriert. TRNSYS ist ein „open source“ Programmpaket, d.h. für spezielle Anwendungen und innovative Produkte können Module auch eigens entwickelt und in die Simulationsumgebung von TRNSYS eingebunden werden.

Berechnungsergebnisse sind z.B.:

- Raum- und Oberflächentemperaturen
- Komfortwerte (empfundene Temperaturen, PMV-, PPD-Werte)
- relative und absolute Luftfeuchtigkeit in den einzelnen Räumen
- dynamische Heiz-/Kühllastverläufe
- solare Wärmegewinne
- Vor-/Rücklauftemperaturen von Haustechnikkomponenten

Übliche Zeitschrittweiten in TRNSYS – Berechnungen sind Intervalle zwischen 15 Minuten und einer Stunde, wobei das Raumklimaverhalten in Simulationsperioden von mehreren Tagen bis zu einem Klimajahr berechnet wird. Je genauer die getroffenen Annahmen über Gebäudekonstruktion, Nutzerverhalten, Klima etc. mit den tatsächlich im realisierten Gebäude gegebenen Bedingungen übereinstimmen,

desto exakter stellen sich die Ergebnisse auch in der Praxis ein. Ein in der Praxis realisierbares Gebäudeklimakonzept sowie eine gute Überprüfung und Qualitätskontrolle der entsprechenden, der Simulation zugrunde gelegten Annahmen und gegebenenfalls eine Adaptierung des Computermodells im Planungs- und Realisierungsprozess ist deshalb im gesamten Planungs- und Realisierungsprozess notwendig, um rechnerisch erreichte Optimierungen auch in der Praxis umzusetzen.

TRNSYS wurde ursprünglich am Solar Energy Laboratory der Universität Wisconsin – Madison Ende der 70er Jahre entwickelt, die aktuelle Version TRNSYS 15 ist aus dem Jahr 2000 und über zahlreiche Weiterentwicklungen mit internationalen Beiträgen und Validierungen entstanden.

2.3 Datengrundlagen

Die Datengrundlage zur Erstellung der Alternativen Entwurfsplanung auf Passivhausstandard und Kostenberechnungen beruht einerseits auf Bestandsplänen und der durchgeführten Bestandserfassung und andererseits auf den vorliegenden Planungen der ursprünglichen Sanierungskonzeption.

2.3.1 Lüftung in Schulen: Energieverbrauch, Komfort, Kosten

Datengrundlage zur Darstellung und Kostenberechnung der Lüftung in der Sanierung Schule Schwanenstadt waren die entsprechenden CAD - Pläne des Architekturbüros PAUAT, übermittelt am 20.2.2004. Die Herstellkosten-schätzungen erfolgten anhand von Elementkostenberechnungen zum Vorentwurf HSL auf Basis von Herstellerpreisen aus durch team gmi bzw. eplus realisierten Projekten mit kontrollierter Lüftung und Wärmerückgewinnung. Weiters einbezogen wurden Leistungsdaten, Dimensionen und Kosten des aktuell am Markt erschienenen Passivhaus geeigneten Schullüftungsgerätes „aeroschool“ (Variante dezentrale Lüftung). Der Energieverbrauch als Grundlage der Betriebskostenberechnung wurde in der Forschungsstudie ermittelt, die Werte zu Wartung und Instandhaltung wurden auf Basis der dafür notwendigen Arbeiten beziffert. Als allgemeine Datengrundlage zu Energieverbrauch, Kosten und Komfort im Schulbau ist auch die im Auftrag des österreichischen Instituts für Schul- und Sportstättenbaus ÖISS seitens team gmi erstellte Studie „Die Schule als Niedrigenergiehaus“ zu nennen (Bezugsquelle ÖISS Wien).

2.3.2 Klima

Auf der Basis von langjährigen monatlichen Mittelwerten der Globalstrahlung und der Außenlufttemperatur des Standorts Schwanenstadt (Österreichischer Klimadatenkatalog) wurden stündliche Wetterdaten generiert (Programmpaket METEONORM, Global meteorological database for solar energy and applied climatology, Bundesamt für Energiewirtschaft, CH). In der nachfolgenden Tabelle sind die monatlichen Mittelwerte dargestellt.

Monat	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUNI	JULI	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
TA [°C]	-2.31	-0.75	3.37	8.43	12.88	16.14	17.88	17.25	13.79	8.48	3.11	-0.82
G [kWh/m ²]	26	42	80	113	146	155	157	135	93	53	27	19

Tab. 1: Wetterdatensatz Außenlufttemperatur und Globalstrahlung

Wetterdatensatz: Monatsmittel der Außenlufttemperatur TA und Monatssumme der Globalstrahlung G auf eine horizontale Fläche.

An einem Tag im Jahr liegt die mittlere Außenlufttemperatur unter -15°C und über 25°C (statistisch gesehen). Gemäß Klimadatenkatalog des OIB treten in Schwanenstadt im Mittel 3856 Heizgradtagen auf. Die jährliche Globalstrahlungssumme auf die horizontale Fläche des Datensatzes beträgt $1044 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, die Auslegungstemperatur für die Heizung liegt bei -14°C .

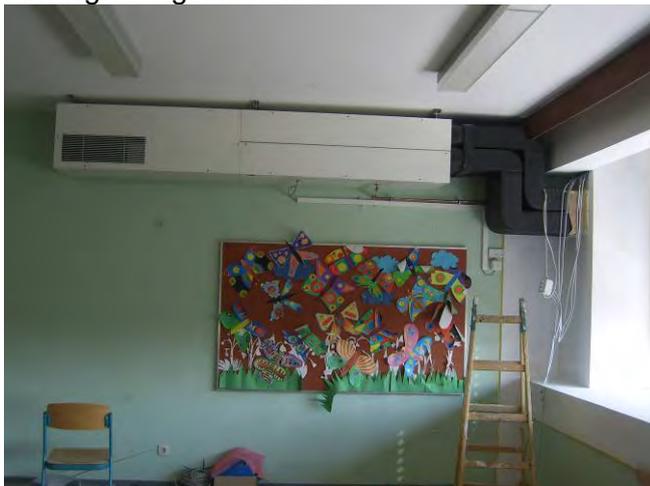
Die auf eine Fläche einfallende diffuse und direkte Einstrahlung wird gemäß Sonnenstand, Bewölkungsgrad, Orientierung und Neigung der betrachteten Fläche vom TRNSYS - eigenen Strahlungsprozessor berechnet.

2.4 Praxis Testphase mittels Musterklasse

Auf Basis der Ergebnisse des Forschungsprojektes wurde ein dreiviertel Jahr vor Baubeginn eine Musterklasse zur Erprobung und weiteren Optimierung der theoretischen Ergebnisse errichtet und für den weiteren Umsetzungsprozess des Demonstrationsprojektes ausgewertet.



Die Fensterflügel wurden weiter optimiert. Nur ein Fensterflügel über Gesamthöhe und rahmenlose Fixverglasungselemente.



Die 90° abgewinkelte Luftkanalführung verursachte Strömungsgeräusche, die durch Schrägführung minimiert werden konnten. Die Kondensatleitungen konnten ins Gerät verlegt werden. Der Versuch, die Jalousien nicht bis hinunter zu führen, konnte wegen Überhitzung nicht umgesetzt werden.



Klassenzimmer mit den alten Fenstern vor der



Sanierung



Klassenzimmer während des Umbaus zur Probe-



Musterklasse



Deutlich zu erkennen ist die Verlegung der Fensterebene von ganz innen auf außerhalb der Säulen



Neben der technischen, wissenschaftlichen Auswertung der Musterklasse bot sich damit auch die einmalige Gelegenheit für Schüler und Lehrkörper einer sanften Kennenlern- und Eingewöhnungsphase, um Vorurteile abzubauen. Dabei stellte sich eindrucksvoll heraus, dass die Musterklasse sofort von allen zur Lieblingsklasse erkoren wurde. Es war schließlich für ein dreiviertel Jahr die einzige Klasse in der Schule mit permanent frischer Luft und CO₂-Konzentrationen unterhalb der Grenzwerte nach der WHO. Und es hatte vor allem nie den bekannt schlechten Geruch von Klassenzimmern trotz geschlossener Fenster.

Die Lehrer konnten ebenfalls einhellig bestätigen, dass die Konzentrationsfähigkeit der Schüler in der Musterklasse merkbar besser, und während der ganzen Unterrichtsstunde gegeben war.

3 Integrales Projektmanagement

3.1 Allgemeine Umsetzungsansätze

- Analyse des Ist-Zustandes und Konzeption der Machbarkeit einer ökologischen Passivhaussanierung
- Erarbeitung der ökologischen und baubiologischen Kriterien für das konkrete Bauvorhaben
- Analysen der Vergleichsergebnisse unter Einbeziehung des konventionellen Sanierungskonzeptes
- Berechnung der Grauen Energie
- Berechnung des Ressourcenverbrauches
- Berechnung aller Treibhausemissionen von CO₂ und HFKW
- Berechnung der ökonomischen Auswirkungen
- Entwicklung von System- und Detaillösungen zur Unterstützung der Bauplanung
- Ausarbeitung von Präsentationsunterlagen
- Vorstellung des Projektes bei Gemeinde, Landesbehörden und Schulverwaltung zur Gewinnung einer ganzheitlichen Sanierung
- Vorstellung des Projektes im Rahmen der HdZ- Veranstaltungen, auf Tagungen und Messen.

3.2 Bestand vor Sanierung



Die Musikhauptschule II und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt hatten eine gemeinsame Nutzfläche von ca. 3300 m² mit einem jährlichen Verbrauch von rund 450.000 kWh für Raumwärme.

Darüber hinaus befand sich bei dem Gebäudekomplex noch eine Turnsaalanlage mit rund 840 m², welche erst im Laufe der Sanierung zusätzlich in den Sanierungsumfang integriert wurde.

Außerdem mussten auf Grund der beengten Platzverhältnisse mehrere Schulklassen in zwei Ausweichquartieren im Umkreis von 2 Kilometern seit Jahren mit insgesamt 565 m² untergebracht werden und ständig pendeln.

In Summe wurde damit ein jährlicher Verbrauch von rund 615.000 kWh pro Jahr an Erdgas nur für die Raumwärme benötigt.

Bei diesem Gebäudekomplex handelte es sich um einen typischen Baustandard von öffentlichen Bauten und Bürobauten aus den 60-iger und 70-iger Jahren in Stahlbeton Skelettbauweise im Raster von 5,0 m mit vor der Fassade angeordneten Stahlbetonstützen.

Die Fassadenelemente aus Waschbetonfertigteilen sind als durchgehende Sturz – Parapetelemente zwischen den Stützen auf die Konsolen aufgelegt. Hinter den Stahlbetonstützen war das durchgehende Fensterband angeordnet. Die früher öffenbaren Fenster mussten vor der Sanierung großteils wegen der Gefahr des Eindrückens in die Räume bei Sturm verschraubt werden, wodurch in den Klassen eine extrem schlechte Luftqualität vorherrschte.

Das ursprüngliche Flachdach wurde auf Grund permanenter Undichtheiten im Laufe der Jahre mit einer flach geneigten Dachstuhlkonstruktion mit Blechdacheindeckung versehen. Der Estrich war in vielen Bereichen des ganzen Schulgebäudes gebrochen.

Der gesamte Baukörper hatte durch eine Vielzahl von Erweiterungsanbauten ein schlechtes Oberflächen / Volumen Verhältnis. Gleichzeitig wurde durch die nachträgliche Dachstuhlkonstruktion und die diversen Zubauten die Tageslichtqualität erheblich verschlechtert, wodurch in weiten Bereichen durchgehend Kunstlicht benötigt wurde.



3.3 Bauliche und nutzungstechnische Anforderungen der Sanierung

Basis dieses Projektes war die bereits vorhandene Einreichplanung für die Sanierung und den Zubau der Hauptschule und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt aus des Jahr 2002, welche ursprünglich in konventioneller Form geplant war, und nur den Bestimmungen der Bauordnung unter dem Aspekt der kostengünstigen Sanierung gestanden ist.

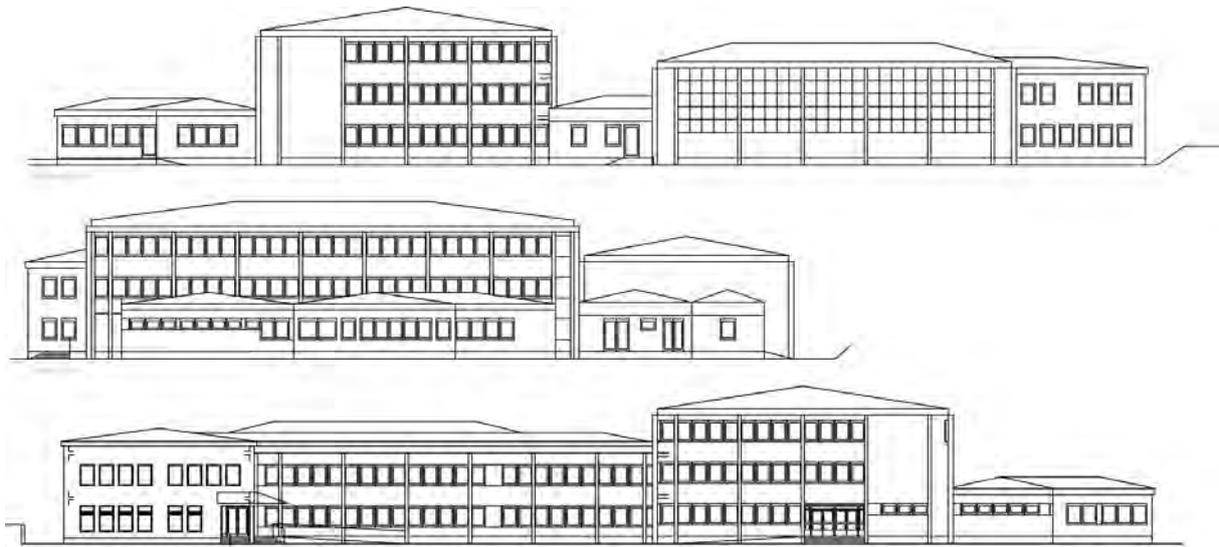


Abb. 5: Ansicht der ursprünglich geplanten Sanierung und Zubau



Abb. 6: EG Grundriss der ursprünglich geplanten Sanierung und Zubau

Darauf aufbauend bzw. als Vergleichsbasis wurde ein nachhaltiges und ökologisches Gesamtsanierungskonzept unter der Einbindung zukunftsweisender Sanierungsmethoden zur maximalen Energieeinsparung bei gleichzeitiger erheblicher Steigerung der Nutzungsqualität entwickelt. Dazu war es auch notwendig, den ursprünglich geplanten Zubau völlig neu nach energetischen und funktionalen Gesichtspunkten zu überarbeiten, um sich harmonisch in das Gesamtkonzept einzufügen.

Aufbauend auf diesem zukunftsweisenden Planungskonzept und Studienergebnis mussten dann zunächst in der zweiten Projektphase (Entscheidungs- und Bewilligungsphase 2004 – 2006) für dieses Vorhaben die Finanzierungszusagen durch Bund, Land und Gemeinden, und die Abhandlungen aller Genehmigungsverfahren abgewickelt werden, bis anschließend in der dritten

Phase (Bauzeit 2006 – 2007) das Demonstrationsprojekt zügig in die Praxis umgesetzt werden konnte.



Die vor der Fassade angeordneten ungeschützten Stahlbetonstützen zeigten schon erhebliche Korrosionsschäden auf, und mussten zunächst saniert werden.

3.3.1 Standort

Das Objekt HS II und PTS Schwanenstadt befindet sich auf dem Grundstück Nr. 907, EZ 1258, GB 50215 Schwanenstadt (Fläche = 25.760 m²). Am Standort ist keine Änderung eingetreten.

Das Grundstück liegt direkt an der Mühlfeldstraße (Gemeindestraße) bzw. ca. 150 m östlich einer direkten Anbindung an die B 135 (Gallspacher Bundesstraße). Die Entfernung zum Bahnhof Schwanenstadt beträgt in der Luftlinie ca. 400 m. Parallel der Westbahnstrecke (Entfernung ca. 200 m) wurde ein leistungsfähiges Datenkabel verlegt.

Aufgrund der Nähe zum Stadtzentrum (ca. 400 m) und kleinerer Gewerbebetriebe im direkten Umfeld ist die Nahversorgung in allen Belangen gewährleistet.

3.3.2 Sanierungskriterien

- 1. Passivhaus Altbausanierung eines öffentlichen Gebäudes
- Thermische Altbausanierung um den Faktor 10
- Energiekennzahl Reduktion von 145 kWh/m²a auf max. 15 kWh/m²a
- Einsparung von 615.000 kWh / a (beim Bestand) im Bereich Raumwärme
- Ökologische Sanierung mit nachwachsenden Rohstoffen
- Moderne zeitgemäße Architektur für alte Gebäude der 70-iger Jahre
- zukunftsweisende Gebäudesanierung – höchster Vorfertigungsgrad
- Sanierung ohne Beeinträchtigung des Schulbetriebes
- Sanierung mit Minimum an Transport- und Verkehrsaufkommen
- Best Practice- und Best Quality- Altbausanierung
- Einsatz von Schaumglasschotter als Dämmung in Bodenhohlräume
- Regionale Arbeitsplätze durch nachhaltige Sanierung

3.3.3 Arbeits- und Zeitplan für Demonstrationsprojekt

Einreichung Forschungsprojekt „Haus der Zukunft“	27. Juni 02
Bauverhandlung ursprüngliches Sanierungsprojekt	30. Sept. 03
1. Abstimmung mit Schulbaubehörde Land OÖ	Juli 03
Ursprungprojekt wird nicht gebaut	
Einreichung Demonstrationsprojekt „Haus der Zukunft“	September 03
Demonstrationsbauvorhaben OÖ Landesregierung	November 03
Entwurfsplanung beauftragt durch Stadtrat	Februar 05
Beauftragung Generalplanung durch Bauträger	Juni 05
Einreichplanung	August 05
Musterklasse samt Fassadenmusterelement (Präsentationsfähige Vorzeigeeinheit für Exkursionen)	Sommerferien 05
Bauverhandlung und Baugenehmigung	September - November 05
Erste Ausschreibungen und Vergaben	Winter 05/06
Ausführungs-, Detailplanung und Simulationen	Herbst05/Frühjahr 06
Vergabe Baumeister/Zimmerer	Frühjahr 06
Baubeginn	Mai 2006
1. Bauabschnitt Zubauten HS II	Juni 2006
2. Bauabschnitt HS II Passivhaushülle Sanierung bestehende Fassaden + Fenster	Sommerferien 06
3. Bauabschnitt: Rohbau PTS	Oktober 06
4. Bauabschnitt Altbaubestand Sanierung innen Teil 1 im 1. und 2. OG HS II und OG PTS	bis Semesterferien 07
5. Bauabschnitt EG HS II und PTS (Zugang und Versorgung über die neuen Zubauten)	bis Semesterferien 07
6. Bauabschnitt : Zubau PTS	Ende Okt./Dezember 06
7. Verbindungstrakt HSII/PTS	November 06 – Feber 07
8. Bauabschnitt Turnsaalsanierung	Februar bis August 07
9. Neubau Schulwartwohnung	noch nicht bewilligt
10. Außenanlagen	Herbst 2007

3.4 Nutzflächenaufstellung

3.4.1 Nutzflächenaufstellung beider Sanierungsentwürfe

Ursprüngliches Sanierungs-Raumkonzept HS II			Sanierung gem. Forschungsprojekt Raumkonzept HS II		
SCHÜLER					
Klasse 1	56,15	qm	Klasse 1	57,18	qm
Klasse 2	58,80	qm	Klasse 2	57,12	qm
Klasse 3	57,50	qm	Klasse 3	57,04	qm
Klasse 4	57,16	qm	Klasse 4	61,18	qm
Klasse 5	57,12	qm	Klasse 5	53,34	qm
Klasse 6	53,32	qm	Klasse 6	62,18	qm
Klasse 7	57,10	qm	Klasse 7	57,16	qm
Klasse 8	57,27	qm	Klasse 8	57,12	qm
Klasse 9	57,04	qm	Klasse 9	57,04	qm
Klasse 10	60,64	qm	Klasse 10	60,61	qm
Klasse 11	62,37	qm	Klasse 11	58,52	qm
Integrat. Klassen	59,76	qm	Integrat. Klassen	61,05	qm
Integrat. Gruppenr	36,16	qm	Integrat. Gruppenr	38,70	qm
Zwischensumme 1	730,39	qm	Zwischensumme 1	738,24	qm
Physiklabor	37,80	qm	Physiklabor	46,03	qm
EDV 1	57,20	qm	EDV 1	57,60	qm
EDV 2	57,13	qm	EDV 2	57,82	qm
Physiksaal	61,68	qm	Physiksaal	57,50	qm
Werkraum	52,61	qm	Werkraum	62,00	qm
Text.Werken	57,52	qm	Text.Werken	60,52	qm
Text.Werken Gruppenr.	32,85	qm	Text.Werken Gruppenr.	41,80	qm
Mat. Lager	21,3	qm	Mat. Lager	23,82	qm
Zeichensaal	61,18	qm	Zeichensaal	57,43	qm
Musikzimmer	57,79	qm	Musikzimmer	62,11	qm
Musikzimmer	57,55	qm	Musikzimmer	62,10	qm
Bildn.Erziehung/AV LM/Audio	30,01	qm	Bildn.Erziehung/AV LM/Audio	23,61	qm
Bibliothek	71,90	qm	Bibliothek	58,18	qm
Zwischensumme 2	656,52	qm	Zwischensumme 2	670,52	qm
WC - Anlagen Schüler	83,99	qm	WC - Anlagen Schüler	98,25	qm
Garderobe	159,72	qm	Garderobe	189,20	qm
Erschließung/Pausenbereich			Erschließung/Pausenbereich		
EG	118,71	qm	EG	118,71	qm
1. OG	216,47	qm	1. OG	253,10	qm
2. OG	133,48	qm	2. OG	190,00	qm
WF	29,33	qm	WF	20,10	qm
Lift	17,10	qm	Lift	12,15	qm
Zwischensumme 3	758,80	qm	Zwischensumme 3	881,51	qm

Ursprüngliches Sanierungs-Raumkonzept HS II			Sanierung gem. Forschungsprojekt Raumkonzept HS II		
			Aula/Mehrzweckraum (76,04 m ²)	116,20	qm
			Verbindung HS 2/PTS	31,76	qm
Zwischensumme 4	758,80	qm	Zwischensumme 4	1029,47	qm
Lehrküche	88,02	qm	Lehrküche	108,61	qm
Lager	14,77	qm	Lager	18,88	qm
Schülerausspeisung	55,25	qm	Schülerausspeisung	85,88	qm
Küche	45,68	qm	Küche/Ausgabe	23,00	qm
Lager	13,81	qm	Lager	18,89	qm
Zwischensumme 5	217,53	qm	Zwischensumme 5	255,26	qm
LEHRER					
Archiv	8,75	qm	Archiv	16,88	qm
LM Geo/Geschichte	26,95	qm	LM Geo/Geschichte	30,21	qm
LM Biologie	23,46	qm	LM Biologie	30,21	qm
Konferenz	110,69	qm	Konferenz	110,05	qm
Gard Lehrer	17,11	qm	Gard Lehrer	29,33	qm
Direktor	28,13	qm	Direktor	19,20	qm
WC - Anlagen Lehrer	12,61	qm	WC - Anlagen Lehrer	43,22	qm
Kopierer	7,36	qm	Kopierer	12,47	qm
Sozialraum	57,95	qm	Sozialraum	57,97	qm
Arzt/Besprechung	18,92	qm	Arzt/Besprechung	18,01	qm
Erschließung EG	75,51	qm	Erschließung EG	30,87	qm
Zwischensumme 6	387,44	qm	Zwischensumme 6	398,42	qm
			Serverraum	16,88	qm
			WF/Fluchtweg	14,29	qm
Zwischensumme 7	387,44	qm	Zwischensumme 7	429,59	qm
SCHULWART/ TECHNIK					
Schulwart Lager	39,16	qm	Schulwart Lager	30,45	qm
Schulwart Waschküche	22,75	qm	Schulwart Waschküche	14,23	qm
Schulwart	6,14	qm	Schulwart	13,35	qm
Brennofen	12,18	qm	Brennofen	19,40	qm
Technik/Hautechnik/Heizr.	32,93	qm	Technik/Hautechnik/Heizr.	88,04	qm
Zwischensumme 8	74,00	qm	Zwischensumme 8	151,90	qm
Flächen HS	2824,68	qm	Flächen HS	3274,98	qm

Ursprüngliches Sanierungs- Raumkonzept PTS	Sanierung gem. Forschungsprojekt Raumkonzept PTS
---	---

Klasse	58,25 qm	Klasse	68,88 qm
Klasse	55,39 qm	Klasse	65,22 qm
Klasse mit PC	78,56 qm	Klasse mit PC	71,33 qm
Seminarraum	42,52 qm	Seminarraum	50,00 qm
Sem Dienstleistung	52,07 qm	Sem Dienstleistung	48,10 qm
Sem Tourismus	52,56 qm	Sem Tourismus	51,80 qm
Sem Infotech	41,44 qm	Sem Infotech	43,56 qm
Sem Elektro	40,68 qm	Sem Elektro	50,00 qm
Infotech	39,68 qm	Infotech/Seminar	44,00 qm
Computer	84,47 qm	Computer	80,03 qm
Bibliothek	67,22 qm	Bibliothek	65,20 qm
WC Anlagen	38,26 qm	WC Anlagen	51,58 qm
Garderobe	42,03 qm	Garderobe	61,83 qm
Aula	80,00 qm	Aula	109,65 qm
Erschließung/Pausenbereich	344,87 qm	Erschließung/Pausenbereich	275,16 qm
WF	15,27 qm	Eingang/WF	25,92 qm
Zwischensumme 1	1133,27 qm	Zwischensumme 1	1162,26 qm
Leiter	29,09 qm	Leiter	24,28 qm
Konferenz	44,32 qm	Konferenz	56,69 qm
LM	44,62 qm	LM	51,27 qm
AR	2,62 qm	AR/Serverraum	37,75 qm
Zwischensumme 2	120,65 qm	Zwischensumme 2	169,99 qm
WERKSTÄTTENTRAKT			
Garderobe	13,73 qm	Garderobe	14,28 qm
Werkstätten	157,27 qm	Werkstätten	164,70 qm
Lager	21,34 qm	Lager	28,24 qm
Maschinenraum	19,81 qm	Maschinenraum	22,55 qm
WC Anlagen	19,21 qm	WC Anlagen	37,26 qm
Erschließung	56,30 qm	(gemeinsame Nutzung mit Aula) Erschließung	64,28 qm
		Technik	13,18 qm
Zwischensumme 3	287,66 qm	Zwischensumme 3	344,49 qm
Flächen PTS	1541,58 qm	Flächen PTS	1676,74 qm

3.4.2 Nutzflächenaufstellung realisiertes Projekt

R-Nr.		Raumbezeichnung	A -Sanierng	A-Neubau
		EG	m2	m2
T.01	EG	Erschl. Turnsaal	88,38	
T.02	EG	Wäscherei	7,91	
T.03	EG	WC Damen	7,27	
T.04	EG	WC Herren	9,04	
T.05	EG	Umkleide 01	22,36	
T.06	EG	Waschraum 01	13,13	
T.07	EG	Umkleide 02	21,42	
T.08	EG	Waschraum 02	12,21	
T.09	EG	Turnlehrer/Arzt	18,13	
T.10	EG	Turnsaal 01+02	432,66	
T.11	EG	Geräteraum 01	48,88	
T.12	EG	Geräteraum 02	17,76	
T.13	EG	El-Zentrale	9,40	
T.14	EG	Technik 02/ elektr.+msr	13,60	
T.15	EG	Technik 03/ Lüftung	32,46	
T.16	EG	Technik 01/ Heizung	55,73	
T.17		Gas Übergabe	3,08	
T.18		Lager heizung	19,54	
T.19	EG	Aussengeräter.HS2		25,39
T.20	EG	Aussengeräter.PTS		25,92
T.21	EG	Bauarbeitsplatz		
T.22	EG	Schleuse	4,71	
T.23	EG	Geräteraum		30,93
Turnsaal EG			837,67	82,24

H.01	EG	Windfang	20,52	
H.02	EG	Wartebereich/Sch.	33,72	
H.03	EG	Lager 01	21,98	
H.04	EG	Schulwart	15,65	
H.05	EG	Küche/Ausg	21,84	
H.06	EG	Schülerausspeisung	97,42	
H.07	EG	Vbdg PTS/HS2	43,33	
H.08	EG	Garderobe Schüler	163,10	
H.09	EG	Erschliessung Best.	156,04	
H.10	EG	Lager 02	16,98	
H.11	EG	Schulküche	110,24	
H.12	EG	WC Damen	9,38	
H.13	EG	WC Herren	7,64	
H.14	EG	WC Beh.	4,96	
H.15	EG	Putzraum	2,28	
H.16	EG	Arzt/Bespr.	33,84	
H.17	EG	Server	17,81	
H.18	EG	Schulwart/Lager	32,02	
H.19	EG	Archiv/ Kopierer		22,21
H.20A	EG	Gard. Lehrer	20,59	
H.20B	EG	Gard. Lehrer		19,15
H.21	EG	direktor	22,29	
H.22	EG	erschliessung		22,19
H.23	EG	Eingang		13,35
H.24	EG	wc lehrer damen		10,66
H.25	EG	WC Lehrer Herren		8,07
H.26	EG	Sozialraum		58,30
H.27	EG	Konferenz		108,30
MHS Musikhauptschule EG			851,63	262,23
R-Nr.		Raumbezeichnung	A -Sanierng	A-Neubau

		EG	m2	m2
P.01	EG	Windfang	33,46	
P.02	EG	Garderobe 01	79,03	
P.03	EG	Garderobe 02		24,63
P.04	EG	Maschine		20,66
P.05	EG	Werkstatt 01		96,63
P.06	EG	Werkstatt 02		76,18
P.08	EG	Maschine		29,60
P.09	EG	WC Damen		9,00
P.10	EG	Putzr		4,64
P.11	EG	WC Herren		7,76
P.12	EG	WC Beh.		4,92
P.13	EG	Technik		15,66
P.14	EG	Pausenfläche		83,51
P.15	EG	Podest		41,88
P.16	EG	Gang	44,98	
P.17	EG	Pausenfl		77,95
P.18	EG	Lehrer		10,43
PTS Polytechnische Schule EG			157,47	503,45

		1. OG		
T.101	1.OG	Technik		50,97

H.101	1.OG	Klasse 05	55,43	
H.102	1.OG	Klasse 04	61,27	
H.103	1.OG	Klasse 03	58,56	
H.104	1.OG	Erschliessung Best.	157,64	
H.105	1.OG	Vbdg	15,47	
H.106	1.OG	Klasse 06	63,27	
H.107	1.OG	Klasse 02	57,62	
H.108	1.OG	WC Damen	9,39	
H.109	1.OG	WC Herren	7,64	
H.110	1.OG	WC Beh.	4,85	
H.111	1.OG	Putzen	2,28	
H.112	1.OG	Integr. Gruppe	30,83	
H.113	1.OG	Klasse 01	58,33	
H.114	1.OG	Lehrmittel Biologie	26,52	
H.115	1.OG	Integr. Klasse	54,04	
H.116	1.OG	Textiles Werken	58,32	
H.117A	1.OG	Erschliessung neu		98,27
H.117B	1.OG	Erschliessung neu	17,40	
H.117C	1.OG	Erschliessung neu	17,40	
H.118	1.OG	Podest		29,00
H.119	1.OG	Lager		13,76
H.120	1.OG	Text. Werken		46,33
H.121	1.OG	Werkraum		59,76
H.122	1.OG	Brennofen		19,32
H.123	1.OG	Physik Lager		19,49
H.124	1.OG	Physiksaal		67,36
H.125	1.OG	Mat. Lager		15,44
MHS Musikhauptschule 1. OG			756,26	368,73

P.101	1.OG	Podest		29,83
P.102	1.OG	Erschliessung	71,18	
P.103	1.OG	Pausenfläche		80,63
P.104	1.OG	Seminar 02	48,80	
P.105	1.OG	Seminar 01	72,17	
P.106	1.OG	Konferenz, Sozialr.	79,83	
P.107	1.OG	Direktor		28,90
P.108	1.OG	Handel, Übungsbüro		83,55

P.109	1.OG	Arbeitsraum		20,16
P.110	1.OG	Lehrmittel		20,16
P.111	1.OG	Klasse mit PC		70,22
P.112	1.OG	WC Damen		10,32
P.113	1.OG	WC Lehrer		3,57
P.114	1.OG	WC Herren		8,84
P.115	1.OG	Server		8,69
P.116	1.OG	Computerraum		68,03
PTS Polytechnische Schule 1. OG			271,98	432,90

		2. OG		
H.201	2.OG	Klasse 11	58,49	
H.202	2.OG	Klasse 10	61,13	
H.203	2.OG	Klasse 12	58,49	
H.204	2.OG	ErschliessungBestand	147,20	
H.205	2.OG	Klasse 08	58,37	
H.206	2.OG	Klasse edv 02	57,73	
H.207	2.OG	WC Damen	9,43	
H.208	2.OG	WC Herren	7,64	
H.209	2.OG	WC Beh.	4,87	
H.210	2.OG	Putzen	2,27	
H.211	2.OG	Klasse 07	58,71	
H.212	2.OG	Klasse edv 01	58,18	
H.213	2.OG	Zeichensaal	58,33	
H.214	2.OG	Bibliothek	58,28	
H.215	2.OG	Lehrmittel Gesch.Geo	26,24	
H.216	2.OG	BE AV_LM Audio Visu		30,02
H.217	2.OG	Lager		15,88
H.218A	2.OG	Erschliessung neu		39,52
H.218B	2.OG	Erschliessung neu		17,39
H.218C	2.OG	Erschliessung neu		17,39
H.219	2.OG	Podest		12,39
H.220	2.OG	Lager		13,75
H.221	2.OG	Musikgruppe.0102		60,73
H.222	2.OG	Pausenfläche		90,45
H.223	2.OG	Musikgruppe.0304		59,81
MHS Musikhauptschule 2. OG			725,36	357,33

P.201	2.OG	Podest		30,00
P.202	2.OG	Pausenfläche		103,99
P.203	2.OG	Bibliothek		86,38
P.204	2.OG	Seminar 03		46,78
P.205	2.OG	Klasse		72,49
P.206	2.OG	Seminar 02		47,03
P.207	2.OG	Seminar Dienstleist.		59,11
P.208	2.OG	WC Damen		8,97
P.209	2.OG	WC Lehrer		3,55
P.210	2.OG	WC Herren		7,98
P.211	2.OG	Lehrmittel		7,21
P.212	2.OG	Seminar 04		48,69
P.213	2.OG	Arbeitsraum		18,42
P.214	2.OG	Lager		15,15
PTS Polytechnische Schule 2. OG				555,75

Gesamtaufstellung Netto Grundfläche in m²

		MHS	PTS	Turnsaal
Sanierung	EG	851,63	157,47	837,67
	1.OG	756,26	271,98	
	2.OG	725,36		
Sanierung Summe		2.333,25	429,45	837,67
Neubau	EG	262,23	503,45	82,24
	1.OG	368,73	432,90	50,97
	2.OG	357,33	555,75	
Neubau Summe		988,29	1.492,10	133,21
Gesamt		6.213,97	3.321,54	1.921,55
				970,88

Summe Netto-Grundfläche in m ²		MHS	PTS	Turnsaal
Sanierung	3.600,37	2.333,25	429,45	837,67
Neubau	2.613,60	988,29	1.492,10	133,21
Gesamt	6.213,97	3.321,54	1.921,55	970,88

Brutto Rauminhalt	29.550 m ³	14.477 m ³	7.871 m ³	7.201 m ³
Schülerzahl	385	265	120	16,14m ² /Schüler

3.4.3 Nutzflächen Gegenüberstellung Bestand – 1. Variante - Ausführung

Bestand alte Schule vor Sanierung

MHS	PTS	Turnsaal	Ausweichquartiere Gmundnerstrasse 9 + 35	Summen inkl. Ausweichquartiere
2.100,00	1.200,00	837,67	565,35	4703,02
Summe Altbestand		4137,67		

Ursprüngliches Sanierungs-Raumkonzept

MHS	PTS	Turnsaal	Summen
2824,68	1541,58	837,67	5.203,93

Nutzflächenvergleich zur Ausführung mit insgesamt 6.213,97 m ²	Vergleichsbasis	Flächenzuwachs beim ausgeführten Projekt	
	in m ²	in m ²	Prozent
Ursprüngliche Sanierungsvariante	5.203,93	+ 1.010,04	119,41%
Bestand ohne der Ausweichquartiere	4.137,67	+ 2.076,30	150,18%
Bestand inkl. der Ausweichquartiere	4.703,02	+ 1.510,95	132,13%

3.4.4 Ökologisches Bauteilprofil

Zu Beginn des Projektstarts wurde die thermische Sanierung der Außenwand einer detaillierten ökologischen Betrachtung unterzogen. Dabei sollte vorab untersucht werden, ob die geplante alternative Sanierungsvariante auf Passivhausstandard aus ökologischer Sicht im Herstellungs- und Errichtungsprozess auf Grund der doch erheblich größeren Volumina aus ökologischer Sicht gegenüber dem ursprünglichen Sanierungskonzept zu rechtfertigen ist.

Vergleich zweier Außenwandkonstruktionen

U-Wert i.M.

- ursprüngliches Sanierungskonzept 8cm WDVS mit Steinwolle ohne Berücksichtigung von Wärmebrücken 0,37 W/m²K
- Passivhaus Leichtfassadenkonstruktion mit Zellulose inklusive Berücksichtigung aller Wärmebrücken als gemittelter U-Wert 0,08 W/m²K

Als Vergleichbauteil wurde jeweils über eine Achslänge von 5,0m ein Fassaden Parapet- Sturzelement mit Einbindung einer Stahlbetonsäule herangezogen.

3.4.4.1 Ursprüngliche Sanierungsvariante Außenwandkonstruktion

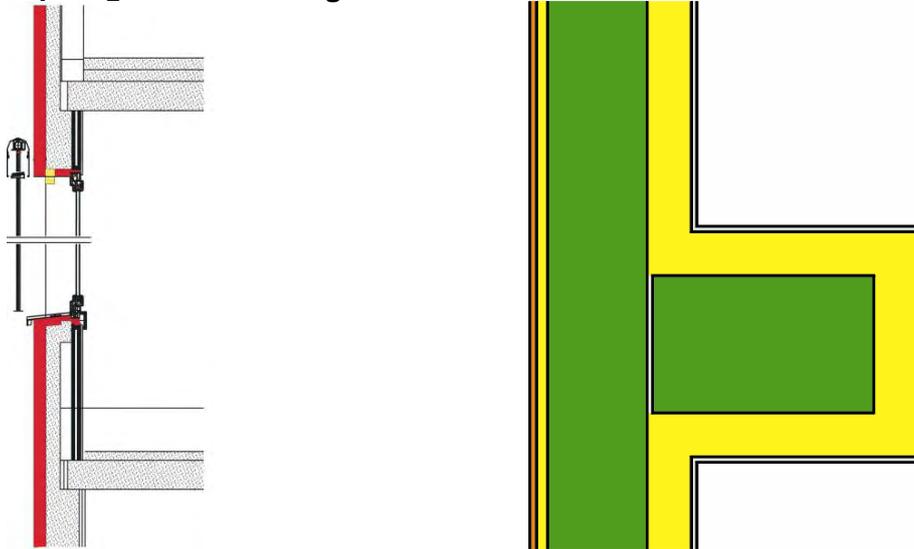


Abb. 7 u. 8: Vertikal- u. Horizontalschnitt Bereich Säule ursprüngliche Sanierungsvariante

Konventionelle Sanierung Wärmedämmverbundsystem mit Steinwolle U-Wert i.M. 0,37 W/m ² K Abgewinkelte Elementfläche 11,4m ²			PEI Nicht erneuerbar		Treibhauseffekt 100a CO ₂ - Äquival.		Versäuerung SO _x -Äquivalent	
Bauteilschichten	Dicke	Masse	PEI/kg	PEI	CO ₂ /kg	CO ₂ /m ²	SO _x /kg	SO _x /m ²
Gesamtdicke	cm	kg/m ²	MJ/kg	MJ/m ²	kg/kg	Kg/m ²	g/kg	g/m ²
Sanierungsbauteil 9,0cm								
Mineralischer Kleber	0,5	10,0	1,4	14,0	0,2	2,0	0,7	7,0
Steinwolle Fassaden- dämmplatten	8,0	12,0	17,5	210,0	1,2	14,4	5,2	62,4
Silikatputz mit Kunstharzzusatz	0,7	12,6	5,1	64,3	0,25	3,2	1,5	18,9
Glasfaserarmierung		0,2	22	4,4	1,2	0,2	3,6	0,7
Summe / m ²				292,7		19,8		89,0
Summe je Fassadenelement				3336,8		225,7		1014,6

Tab. 2: Ökolog. Bauteilprofil: Ursprüngl. Sanierungskonzept Fassadendämmung

3.4.4.2 Sanierung in Passivhausstandard mit Holzkonstruktion

Um die geplante Fassadenkonstruktion Wärmebrückenfrei zu konstruieren wird die vor der Fassade stehende Stahlbetonsäule überdämmt, sodass die gesamte Fassade mit den Fensterbändern in einer Ebene vor den Säulen vorbeigeführt wird. Damit ergibt sich eine Dämmstärke von 58 cm mit einem U-Wert 0,07 W/m²K und über eine Achslänge von 5,0 m mit eingebundener Stahlbetonsäule als reduzierende Wärmebrücke ein gemittelter U-Wert von 0,08 W/m²K.

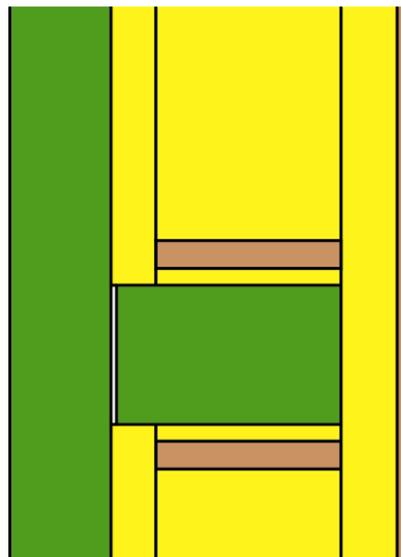


Abb. 9: Horizontalschnitt Bereich Säule Ausführung

Holztragkonstruktion mit Zellulose in Passivhausstandard U-Wert i.M. 0,08 W/m ² K Elementfläche 7,9m ²			PEI Nicht erneuerbar		Treibhauseffekt 100a CO ₂ - Äquival.		Versäuerung SOx-Äquivalent	
Bauteilschichten	Dicke	Masse	PEI/kg	PEI	CO ₂ /kg	CO ₂ /m ²	SOx/kg	SOx/m ²
Gesamtdicke	cm	kg/m ²	MJ/kg	MJ/m ²	kg/kg	kg/m ²	g/kg	g/m ²
Sanierungsbauteil 9,0cm								
Stahlanker + Dübel		0,7	43	30,1	3,0	2,1	14	9,8
Einhängstahlteile		1,3	60	78,0	4,1	5,3	21	27,3
Holztragkonstruktion 6% Holzanteil	0,25m ³ gesamt	12,9 i.M./m ²	4,7	60,6	-1,55	-20,0	2,2	28,4
Zellulosedämmung geblasen	58cm 4,51m ³	28,5 i.M./m ²	4,2	119,7	0,2	5,7	2,5	71,3
Dampfbremse PE-Folie Fensteranschlüsse	0,2	0,2	115	23,0	3,6	0,7	23	4,6
Fassadenschalung Thermobuche	2,0	13,2	4,7	62,0	-1,55	-20,5	2,2	29,0
Summe / m ²				373,4		-26,7		170,4
Summe je Fassadenelement				2.950,0		-210,9		1.346,2

Tab. 3: Ökolog. Bauteilprofil: Sanierungskonzept auf Passivhausstandard mit Fassadendämmung in vorgefertigter Holzrahmenbauweise
Quelle: IBO / Donau Uni Krems (1999): Ökologischer Bauteilkatalog. Bewertete gängige Konstruktionen

3.4.4.3 Konventionell Holz-Alu-Fenster mit Zweischiebenverglasung

Konventionell Holz-Alu-Fenster mit Zweischiebenverglasung U-Wert = 1,25 W/m ² K Standardelement Fensterfläche 8,6 m ²			PEI Nicht erneuerbar		Treibhauseffekt 100a CO ₂ -Äquival.		Versäuerung SOx-Äquivalent	
	Dicke	Masse	PEI/kg	PEI	CO ₂ /kg	CO ₂ /m ²	SOx/kg	SOx/m ²
	cm	kg/m ²	MJ/kg	MJ/m ²	kg/kg	kg/m ²	g/kg	g/m ²
Holz-Alu-Fenster Lärche, Borsalz, Naturharzlasur Glas 1,1W/m ² K		44,0		1452		49,8		901
Summe / m ²				1452		49,8		901
Summe 8,6 m² Fenster Standardelement				12.487,2		428,3		7.748,6

Tab. 4: Ökolog. Bauteilprofil: Ursprüngliches Fensterkonzept

3.4.4.4 Holz-Alu-Fenster mit Dreischiebenverglasung in Passivhausstandard

Passivhaus Holz-Alu-Fenster mit Dreischiebenverglasung U-Wert = 0,77 W/m ² K Standardelement Fensterfläche 8,6 m ²			PEI Nicht erneuerbar		Treibhauseffekt 100a CO ₂ -Äquival.		Versäuerung SOx-Äquivalent	
	Dicke	Masse	PEI/kg	PEI	CO ₂ /kg	CO ₂ /m ²	SOx/kg	SOx/m ²
	cm	kg/m ²	MJ/kg	MJ/m ²	kg/kg	kg/m ²	g/kg	g/m ²
Holz-Alu-Fenster Lärche, Borsalz, Naturharzlasur Glas 1,1W/m ² K		44,0		1452		49,8		901
Zusätzl. Glas + Abstandhalter + Korkdämmung		7,2		138		8,8		27
Summe / m ²				1590		58,6		928
Summe 8,6 m² Fenster Standardelement				13.674,0		504,0		7.980,8

Tab. 5: Ökolog. Bauteilprofil: Fensterkonzept auf Passivhausstandard

Quelle: IBO / Donau Uni Krems (1999): Ökologischer Bauteilkatalog. Bewertete gängige Konstruktionen

3.4.4.5 Vergleich der Gesamtbilanz von Standard Außenwandelementen

Vergleich Gesamt Standard Außenwandelement	Variante	PEI Nicht erneuerbar		Treibhauseffekt 100a CO ₂ -Äquival.		Versäuerung SOx-Äquivalent	
		Konventionell	Passivhaus	Konventionell	Passivhaus	Konventionell	Passivhaus
		MJ	MJ	CO ₂ in kg	CO ₂ in kg	SOx in g	SOx in g
Fassadenfläche opak	11,4/7,9	3.336,8	2.950,0	225,7	-210,9	1.014,6	1.346,2
Fenster	8,6/8,6	12.487,2	13.674,0	428,3	504,0	7.748,6	7.980,8
Summe / Element		15.824,0	16.624,0	654,0	293,1	8.763,2	9.327,0

Tab. 6: Ökolog. Bauteilprofil: Vergleich der Gesamtgebäudebilanz

3.4.5 Schlussfolgerung nach ökologischer Bewertungen

Bei der Gegenüberstellung der verschiedenen Sanierungsvarianten für den Bauteil thermische Außenwandsanierung zeigt sich, dass bei Berücksichtigung einer ökologischen Bauteilsanierung mit größtenteils nachwachsenden Rohstoffen, eine Sanierung auf Passivhausstandard – trotz rund sechsfachen Volumen, eine wesentlich bessere Ökobilanz schon alleine bei der Herstellung aufweisen kann, als die heute üblichen konventionellen Sanierungsmaßnahmen. Unter Beiziehung der Beheizung – gerechnet auf 30 Jahre – schneidet die ökologische Passivhausanierungsvariante ganz erheblich besser ab. Eine nochmalige entscheidende Reduzierung des Primärenergiebedarfs und der CO₂-Äquivalenten Treibhausemissionen wurde durch die Umstellung des Restheizenergiebedarfes von Erdgas auf Holzpellets erzielt.

Quelle für die Bewertung durch Beheizung: Ökologie der Dämmstoffe/IBO, Donau Uni

Vergleich Primärenergiebedarf bei unterschiedlichen Sanierungsvarianten für den Bauteil Außenwand unter Berücksichtigung des Restheizmediums, bezogen auf ein Regelfassadenelement mit 7,9 m² Ansichtsfläche

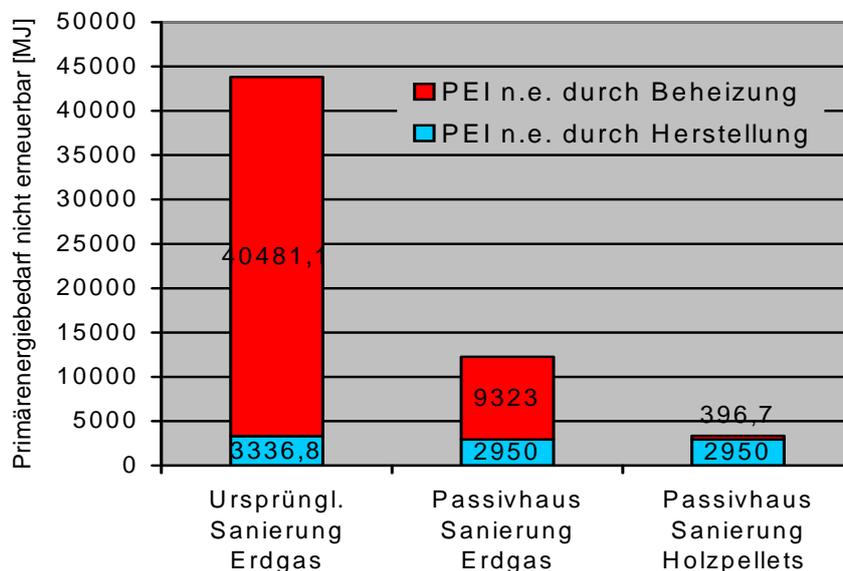


Abb. 10: Vergleich Primärenergiebedarf unterschiedlicher Außenwandvarianten

Vergleich des CO₂-äquivalenten Treibhauspotentials bei unterschiedlichen Sanierungsvarianten für den Bauteil Außenwand unter Berücksichtigung des Restheizmediums, bezogen auf ein Regelfassadenelement mit 7,9 m² Ansichtsfläche

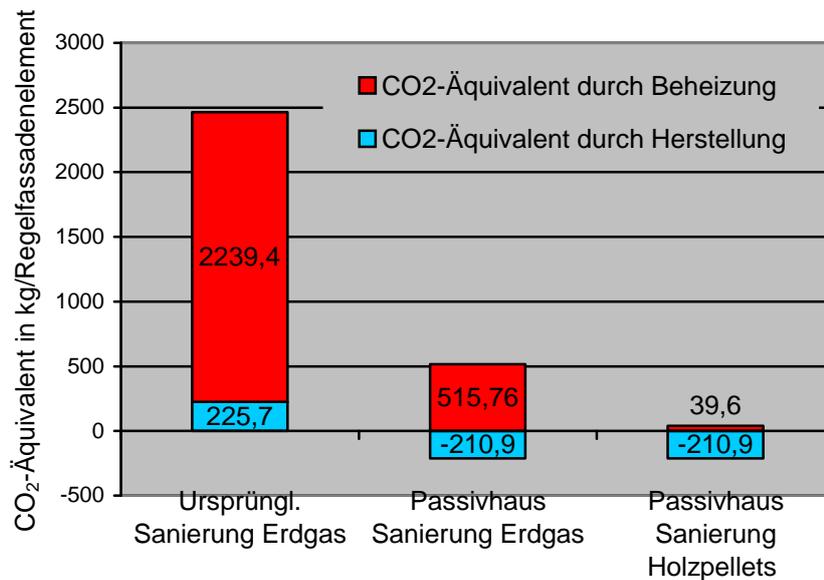


Abb. 11: Vergleich CO₂-äq. Treibhauspotential unterschiedlicher Außenwandvarianten

Vergleich der Versäuerung in SO_x-äquivalenten Treibhauspotentials bei unterschiedlichen Sanierungsvarianten für den Bauteil Außenwand unter Berücksichtigung des Restheizmediums, bezogen auf ein Regelfassadenelement mit 7,9 m² Ansichtsfläche

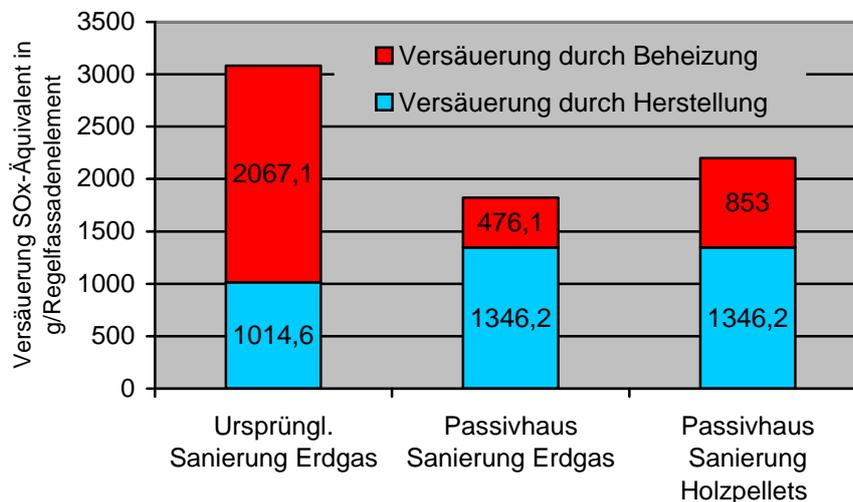


Abb. 12: Vergleich Versäuerung SO_x-äq. Treibhauspotential unterschiedl. Außenwandvar.

4 Architektur und Gebäudekonstruktion



Abb. 13: Visualisierung Südostansicht

Die Moderne der Architektur hat als „Bauwirtschaftsfunktionalismus“ bis in die siebziger Jahre eine böse Spur in den Städten und den Köpfen hinterlassen, deren Tiefe einige exaltierte Umwege zur Befreiung benötigen. Die Hauptschule II in Schwanenstadt, ein Paradebeispiel dieser Epoche, bedurfte nicht nur räumlicher, funktioneller und gestalterischer Erneuerung, sondern vor allem einer ökologischen, Ressourcen schonenden und energiebewussten Sanierung und Erweiterung. Eine Neustrukturierung und Generalsanierung des Baubestands sollte alte Strukturen wieder freilegen und Lichtführungen und Sichtbeziehungen wesentlich verbessern.



Sparsame, aber effektvolle Umbaumaßnahmen lassen zusammen mit Erweiterungsbauten ein neues, schlüssiges und wirtschaftlich umsetzbares Ganzes entstehen. Um keine nutzbaren Freiräume zu verbauen, wurde durch den Erweiterungsbau für die Polytechnische Schule der Innenhof geschlossen sowie gemeinsam genutzte Sonderunterrichtsräumen auf die erdgeschossige Verbindungsebene gelegt. Um zu überschaubaren und ablesbaren Einheiten zu gelangen, wurde der Komplex in Hauptschule und Polytechnische Schule

gegliedert. Die beiden Schulen erhielten gemeinsame Übergangsbereiche, die das sogenannte „Info-Zentrum“, die Cafeteria, den Schulwart und eine großzügige Schulküche beherbergen.



Die Benutzer können über die Foyer- und Pausenbereiche verschiedene Wege nehmen, vergleichbar einer Stadt mit Gasse, Straße, Brücke, Sitztreppe, Schulhof, Platz und Atrium.



Wesentlich zur Attraktivierung wird der neuangelegte geschützte Innenhof beitragen, der für eine entscheidende Verbesserung der Pausenfreiflächen sorgen wird.

Im zweihüftigen bestehenden Hauptbaukörper – Hauptschule II sind sämtliche 12 Klassenzimmer untergebracht. In einem Erweiterungsbau sind alle Sonderunterrichtsräume, eine AULA und im Erdgeschoss die Verwaltung angeordnet, die Erschließung erfolgt über einen dreigeschossigen, von oben belichteten Raum.



Die Gebäude bilden sinnvolle Einheiten und bleiben zugleich autonome Solitäre, die sich vom übrigen klar absetzen und nicht von überdachter Wegearchitektur oder verbindenden Annexen hierarchisiert werden. Beide Gebäude sind so placiert, dass sie den Kontext und die orthogonale Anordnung der bestehenden Gebäude weiterführen. Die Erweiterungen sind dreigeschossig präzise ausformuliert und treten in einen dialektischen Dialog mit dem Alten.



Alt und Neu fallen nicht auseinander. Die unterschiedlichen Bauteile verschmelzen im äußeren Erscheinungsbild durch eine alle Baukörper umfassende Außenhaut zu einem Ganzen.

Ein innenräumliches Kontinuum wurde durch eine durchgehende Behandlung von Fußboden, Wand und Decke mit Farb- und Materialwahl erreicht. Innerhalb der neuen Einheit verweisen differenzierte Materialien und Details ausbildungen einzelner Bauteile auf die jeweiligen Raumqualitäten. Bei der Auswahl von Materialien und Farben wurde auf Einfachheit und Gediegenheit geachtet.



EDV 1 Klasse in der MHS

Klasse 4b in der MHS

Wies der Altbau ein modulares Raster auf, aus dem sich die horizontale und vertikale Struktur ergab, «entflechteten» bei der Erweiterung und Sanierung die Verfasser die Rasterstruktur; alternierende horizontale Fensterbänder erscheinen unregelmäßig, die Geschosse sind verschieden hoch, und die unterschiedlich geschnittenen Brüstungsverkleidungen versagen sich dem Raster.



Die nähere Betrachtung der beiden neuen Gebäude - das eine beherbergt die Hauptschule, das andere neu dazu gebaute die Polytechnische Schule - lässt das Bemühen spüren, ein Gleichgewicht zu finden zwischen dem am Ort Vorhandenen und dem, was ihn in Zukunft prägen soll. Es ging aber auch darum, Assoziationen an vertraute Strukturen zu vermitteln und zugleich eine neue Wirklichkeit zu

schaffen. Präzise Planungsarbeit und eine überaus sorgfältige Detaillierung, lassen eine hohe räumliche und gestalterische Qualität der beiden Schulen in Passivhausstandard erwarten.



Da sich in dieser Schule der Zukunft das 'Modell einer recycling- und energiebewussten Gesellschaft' konkretisieren soll, kam für die Sanierung und Erweiterung der Baustoff HOLZ vorwiegend zum Einsatz und wurde als Material des Alltäglichen und integrierter Bestandteil des Projektes eingesetzt.

In die logistische Kette des Bauablaufes wurde der Baustoff so eingegliedert, dass die Vorteile der Vorfertigung und der Trockenbauweise, in Verbindung mit anderen Baustoffen und Bauteilen als Komposition vorgefertigt, die Terminplanung der Baustelle günstig beeinflussten.

Die gesamte Außenhülle erreicht einen sehr hohen Wärmedämmstandard, die Verschränkung der beiden Schulen mit der bestehenden Turnhalle in einem kompakten Entwurf erzielt eine äußerst wirtschaftliche Lösung im Passivhaus-Standard.

'Es solle eine Schule entstehen, in der man täglich lernen kann, dass es keine Normen für Lebensbewältigung gibt, dass nur erfolgreich sein kann, wer Altes kennt, für Neues offen ist und die Qualitäten vom Einen und Anderen filtert und verbindet.'



So einheitlich sich die neu strukturierte Anlage von außen präsentiert, so unterschiedlich ist die Raumeinteilung im Inneren. Sinnfällig stehen bei beiden Schulen die Zu- und Eingänge im Mittelpunkt der Gesamtanlage. Während der offene Foyercharakter die Erweiterung für die Polytechnische Schule mit den seitlich angeordneten Werkstätten, Aufenthaltsräumen und Gängen dominiert, verdichten sich die Räume der bestehenden Hauptschule mit seiner neuen raffinierten Lichtführung zur Mitte hin.

Die zentralen Erschließungsflächen werden über die neu angelegten Oberlichten belichtet.



Erschließungsflächen in der MHS im sanierten Altbautrakt



Erschließungsflächen in der PTS im neuen Zubautrakt

Mit seiner kontrollierten Be- und Entlüftung sowie entsprechenden Dämmwerten durch Optimierung der Hüllflächen entspricht das Gebäude mit seinem raffinierten Tages- und Kunstlichtmanagement den Passivhausrichtlinien, wobei die gesamten innovativen Mehrkosten gegenüber der ursprünglich konventionellen Sanierung lediglich 13% betragen.

Mit diesem Pilotprojekt übernimmt die Stadtgemeinde Schwanenstadt ihre Verantwortung gegenüber der Umwelt und die Mitgliedschaft beim Klimabündnis mit der Verpflichtung verknüpft, ihre Gebäude Ressourcen schonend zu errichten und zu betreiben. Dass dies im Einklang mit hohen baukünstlerischen Maßstäben geschah, ist der ARGE Passivhaus Sanierung und dem Architekten zu danken.



Abb. 14: Visualisierung Vogelperspektive Südwestansicht



4.1 Entwurfs- und Ausführungspläne

4.1.1 Lagepläne



Abb. 15: Lageplan Gesamt



Abb. 16: Lageplan nur Schulkomplex

4.1.2 Grundrisse HS II - MUSIKHAUPTSCHULE

4.1.2.1 Grundriss Erdgeschoss HS II

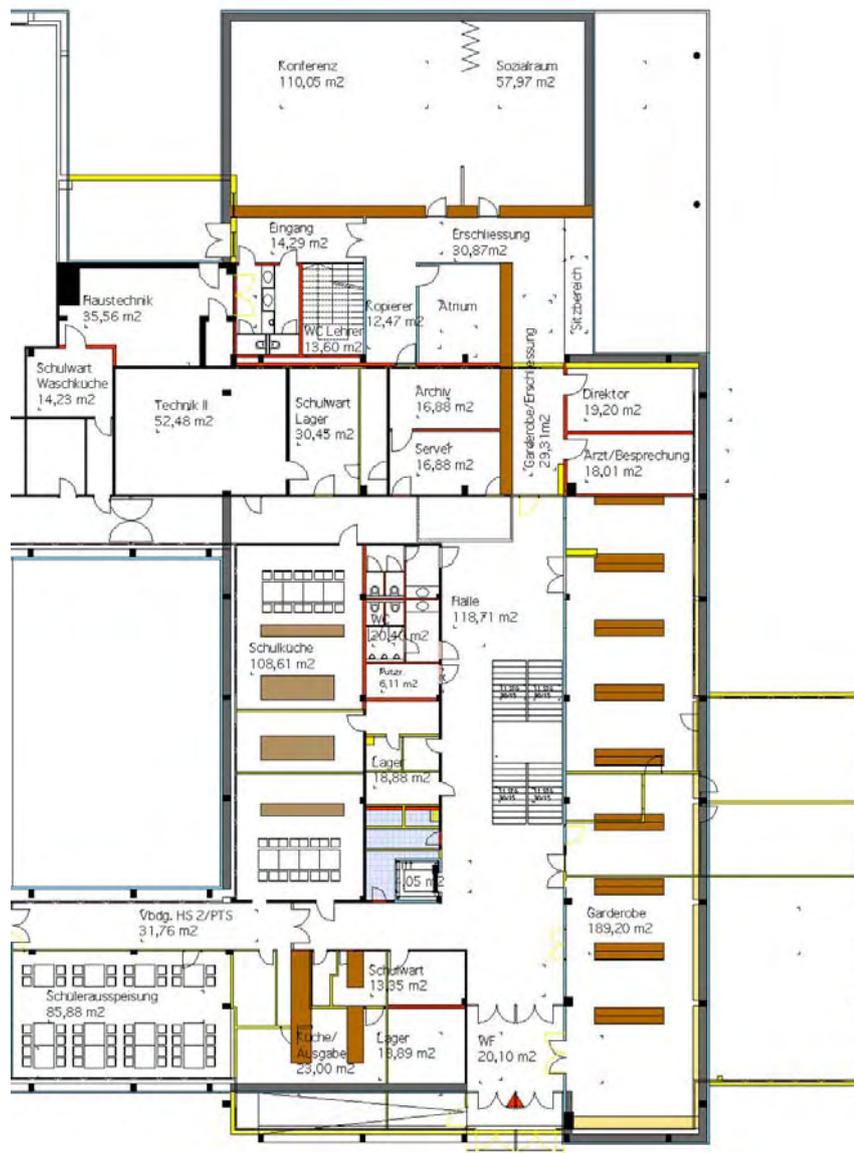


Abb. 17: Schemaplan Grundriss HS II, EG

Sanierungsmaßnahmen HS II, Erdgeschoss:

- Abbruch des bestehenden Erker mit Garderobe/Konferenzzimmer
- neue Licht durchflutete Garderobe
- Eingangshalle mit Tageslichtqualität
- gemeinsame Funktionen am Atrium
- Zubau mit Fluchtstiegenhaus
- Konferenz/Direktor - Ausbildung

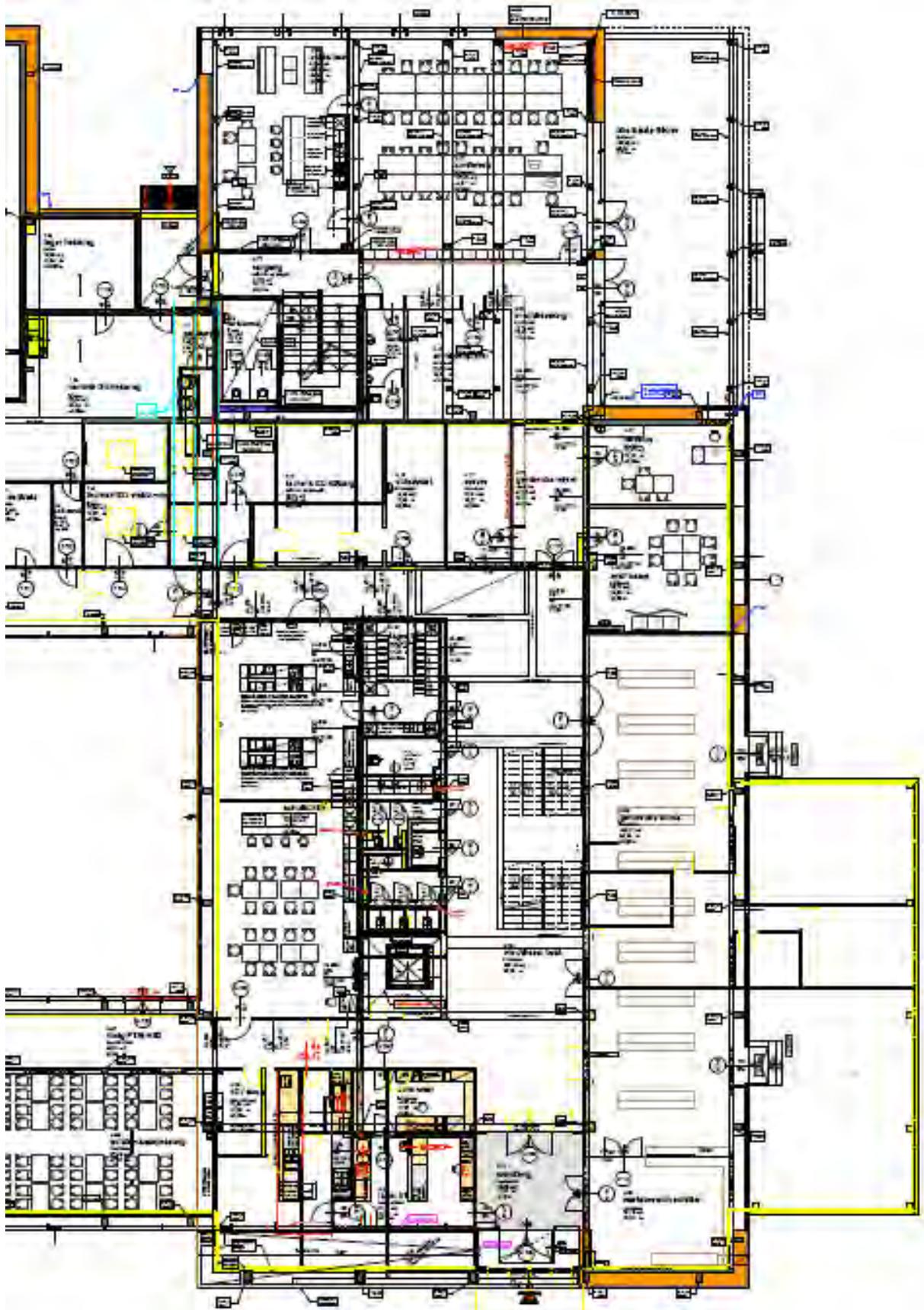


Abb. 18: Sanierungsplan HS II, Erdgeschoss samt Einrichtung

4.1.2.2 Grundriss 1. Obergeschoss HS II

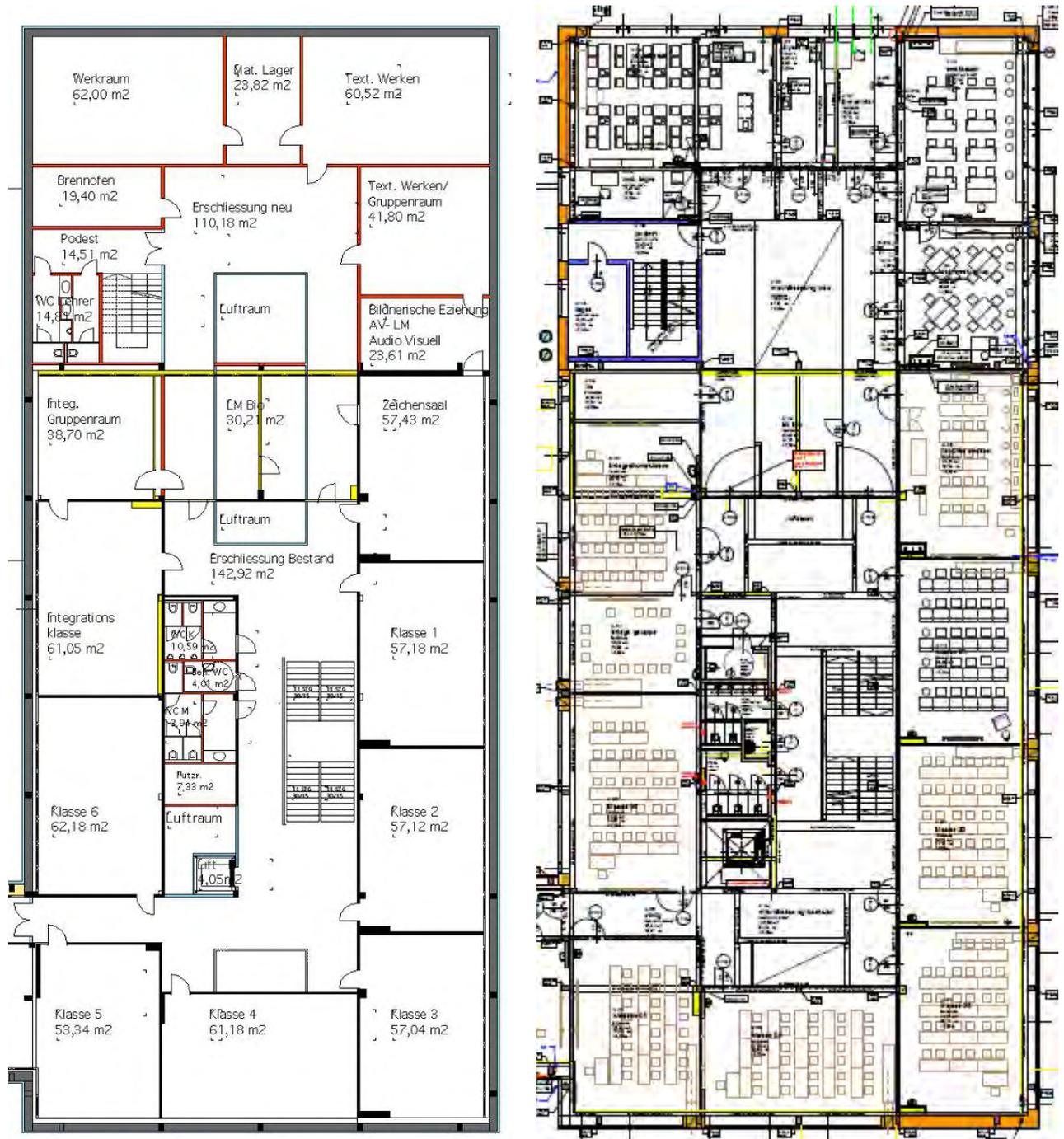


Abb. 19 u. 20: Grundriss HS II, 1.OG, Schemaplan und Plan inkl. Einrichtung

Sanierungsmaßnahmen HS II, 1. Obergeschoss

- Akustische Sanierung der bestehenden Klassenzimmer
- Neue WC-Anlagen
- Lehrmittel an der Zäsur

Zubau:

- Technisches und textiles Werken Zeichensaal
- Dazugehörige Nebenräume

4.1.2.3 Grundriss 2. Obergeschoss HS II

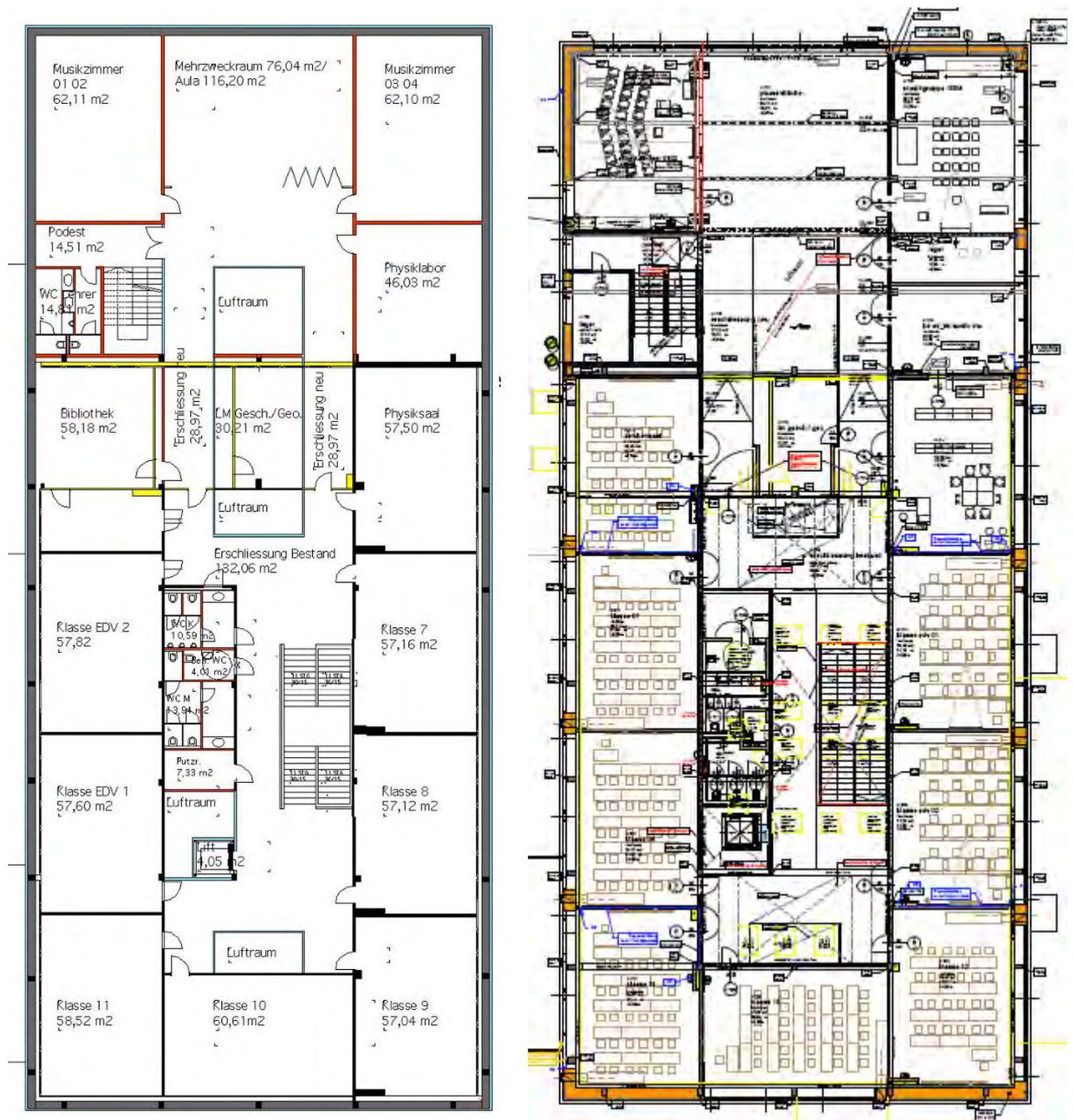


Abb. 21 u. 22: Grundriss HS II, 2.OG, Schemaplan und Plan inkl. Einrichtung

Sanierungsmaßnahmen HS II, 2. Obergeschoss

- Akustische Sanierung der bestehenden Klassenzimmer
 - Neue WC-Anlagen
 - Physiksaal und Physiklabor
 - Lehrmittel an der Zäsur, und Schulbibliothek
- Zubau:
- Musikzimmer
 - Aula - in Funktion eines Mehrzweckraumes

4.1.3 Grundrisse PTS – POLYTECHNISCHE SCHULE

4.1.3.1 Grundriss Erdgeschoss PTS

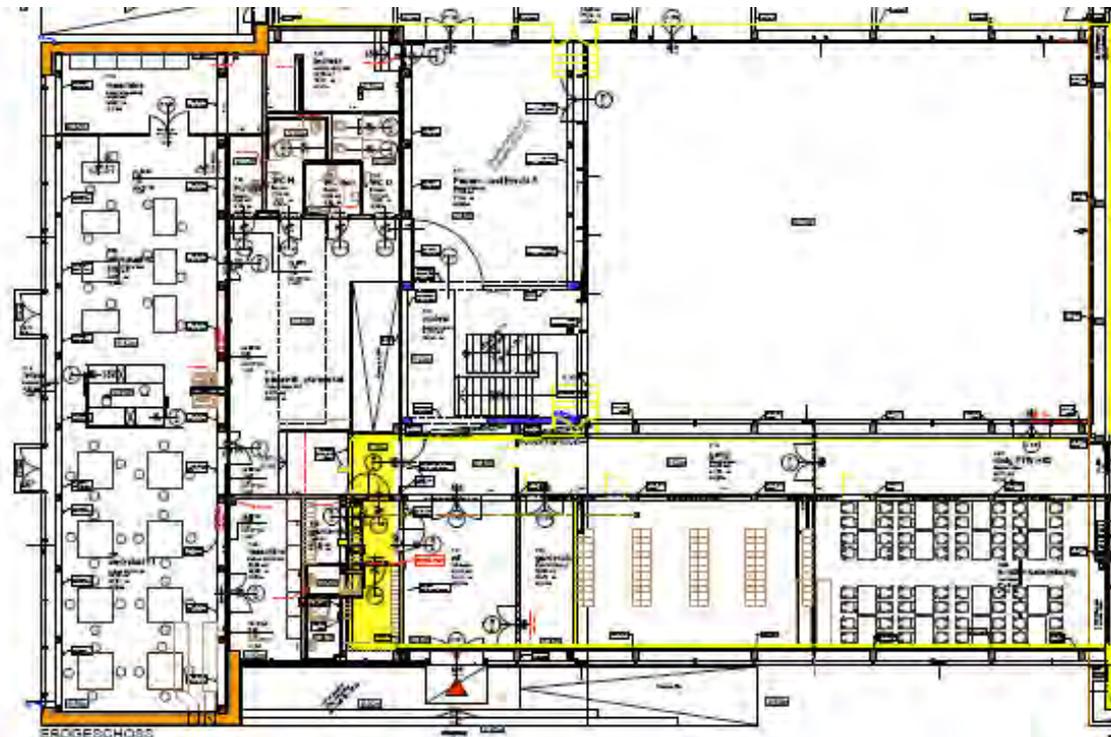
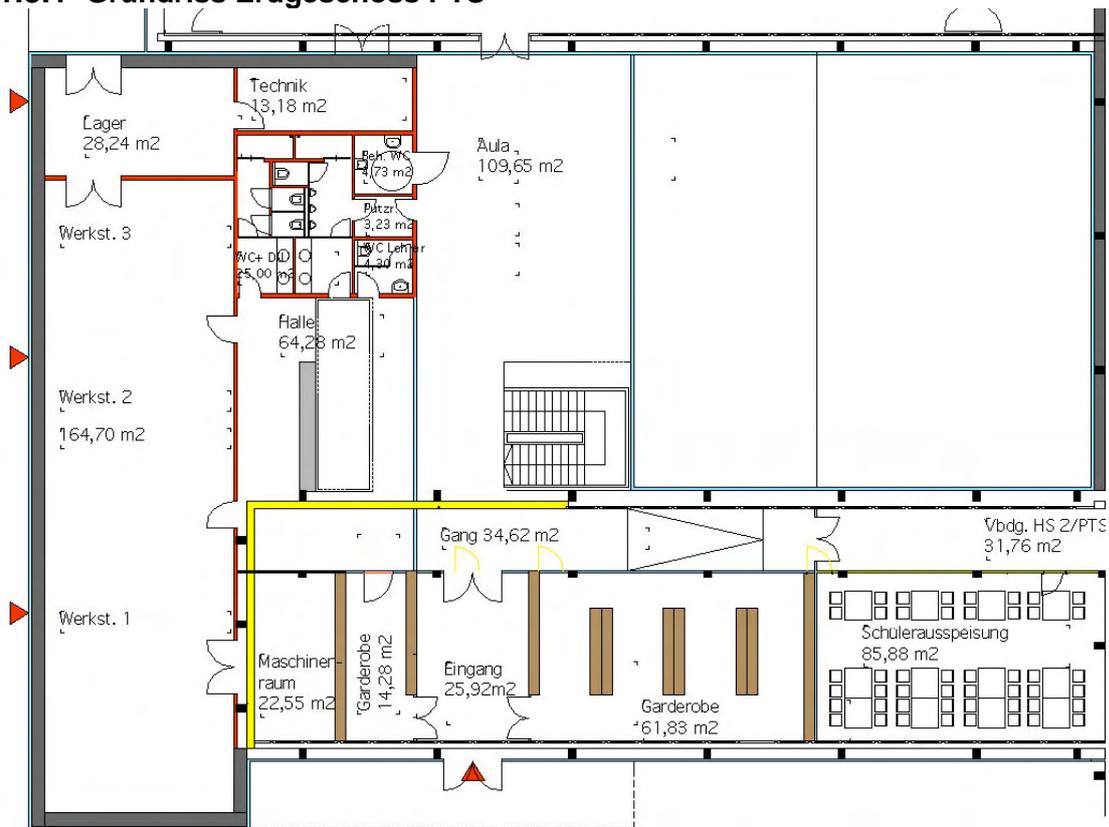


Abb. 23 u. 24: Grundriss PTS, EG, Schemaplan und Plan inkl. Einrichtung

Sanierungs- und Zubaumaßnahmen PTS, Erdgeschoss

- Ein gemeinsamer Eingang für alle Funktionen
- Zentrale Licht durchflutete Garderobe, Sanitärräume
- Große Aula, 3 Werkstättenräume teilbar, Eigener Technikraum

4.1.3.2 Grundriss 1. Obergeschoss PTS

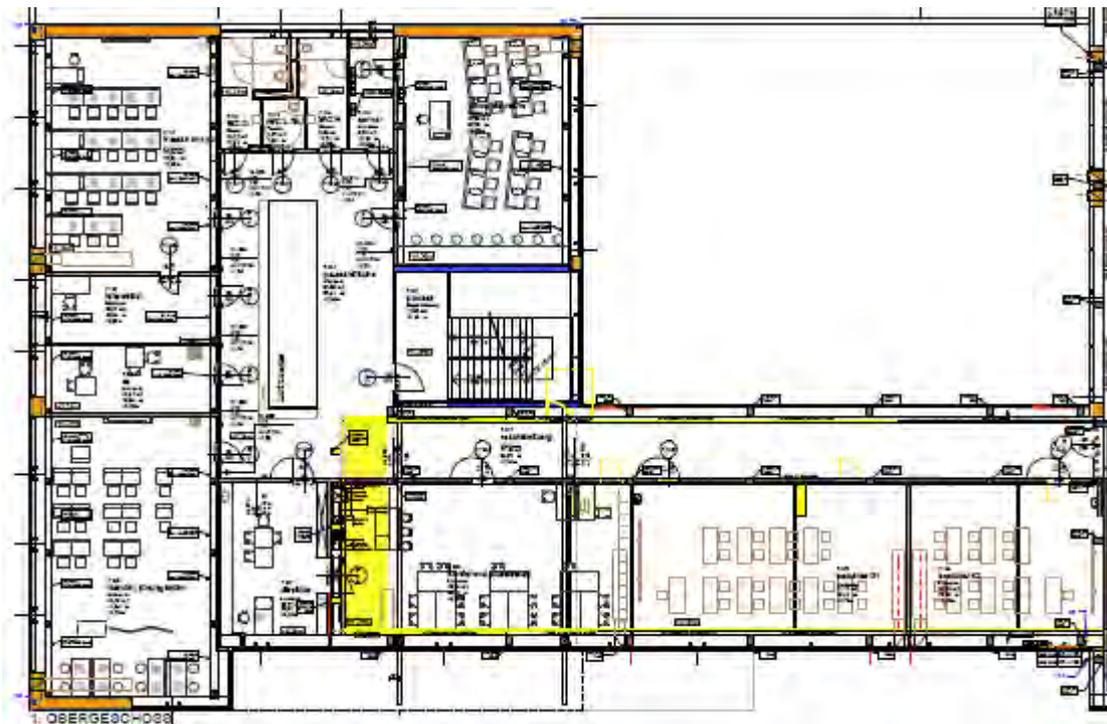
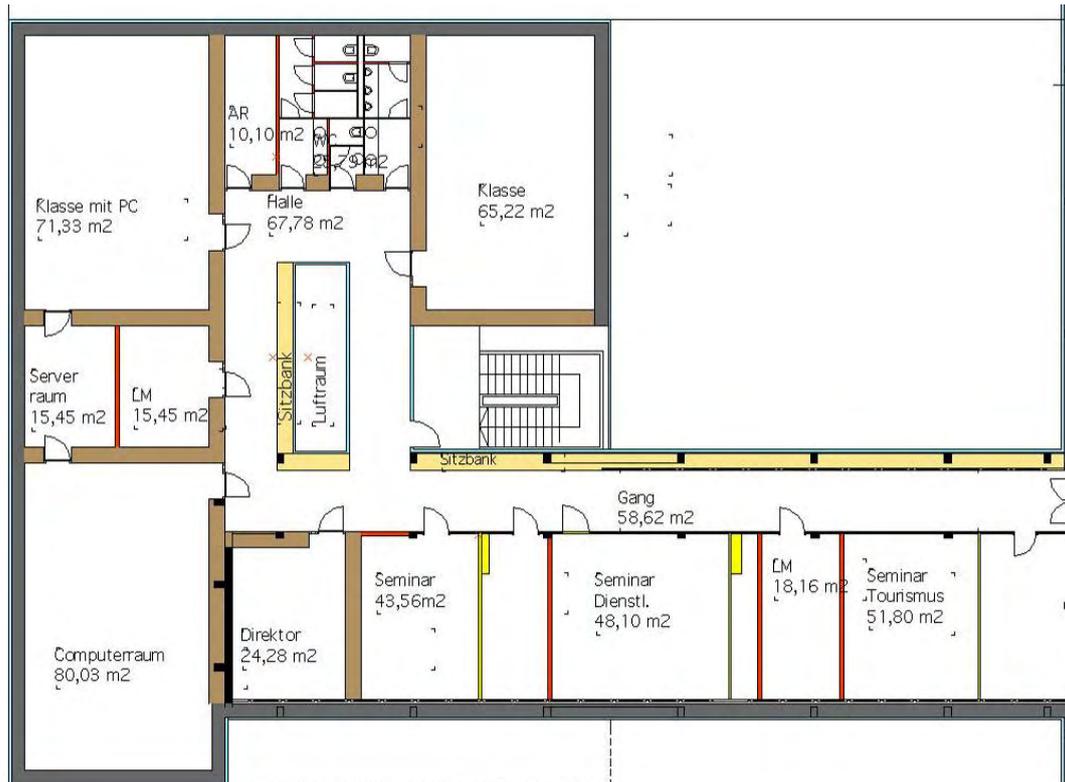


Abb. 25 u. 26: Grundriss PTS, 1.OG, Schemaplan und Plan inkl. Einrichtung

Sanierungs- und Zubaumaßnahmen PTS, Erdgeschoss

- 1 Klasse und 3 Seminarräume
- EDV-Zentrum
- Direktion
- Kompakter Baukörper und Licht durchflutete Halle

4.1.3.3 Grundriss 2. Obergeschoss PTS

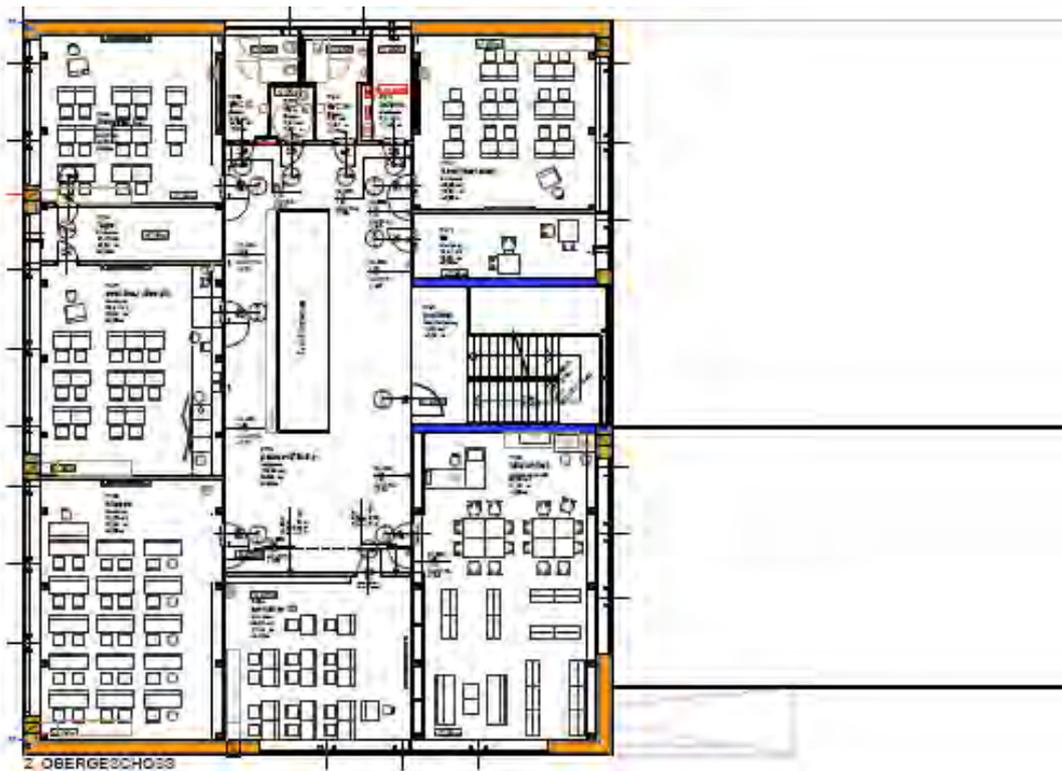
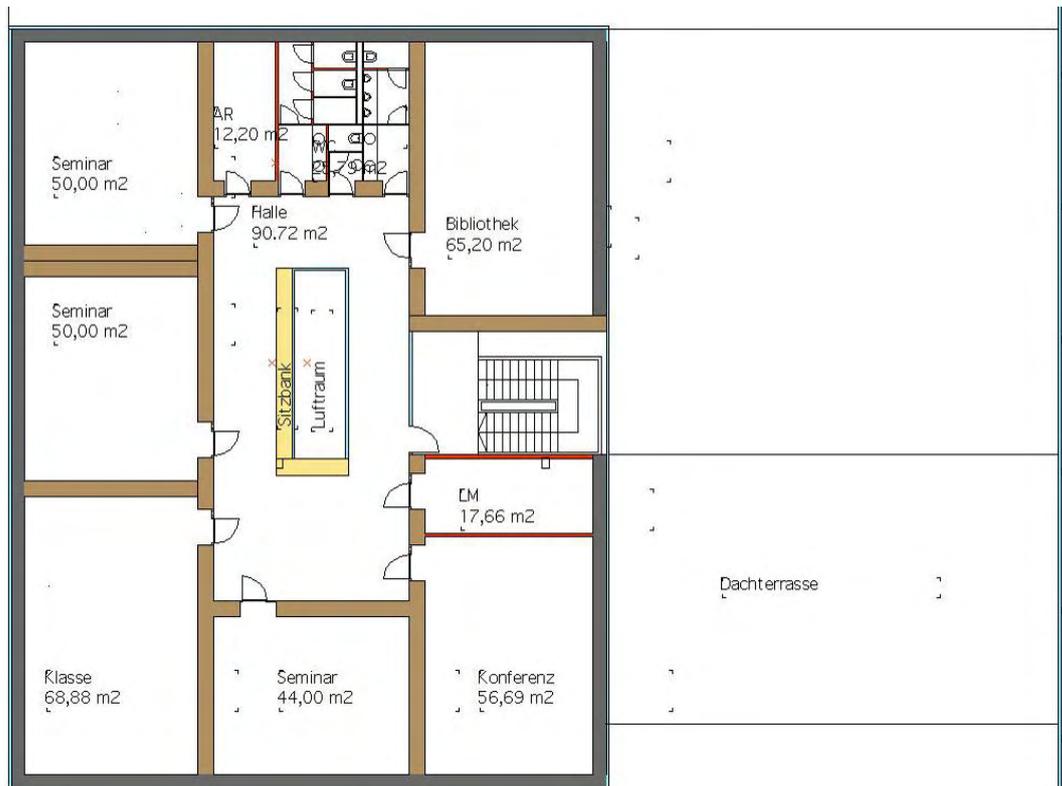


Abb. 27 u. 28: Grundriss PTS, 1.OG, Schemaplan und Plan inkl. Einrichtung

Aufstockungsmaßnahmen PTS, Erdgeschoss

- 1 Klasse und Seminarräume
- Bibliothek, Lehrmittel und Konferenzzimmer
- Ausgang auf Dachterrasse HS II
- kompakter Baukörper und Licht durchflutete Halle

4.1.4 Ansichten

4.1.4.1 Südansicht von der Straßenseite



Abb. 29: Visualisierung Südansicht

4.1.4.2 Süd - Ostante des Komplexes HS II



Abb. 30: Visualisierung Südostansicht



4.1.4.3 Nord - Ostante mit HS II und Turnsaal



Abb. 31: Visualisierung Nordostansicht



4.1.4.4 Nord - Westansicht mit Turnsaal und PTS als Luftaufnahme



Abb. 32: Visualisierung Nordwest Vogelperspektive



4.1.4.5 Ausschnitt Westansicht Seiteneingang Turnhalle



Abb. 33: Visualisierung Westansicht

4.1.5 Schnitt durch PTS, Innenhof und HS II

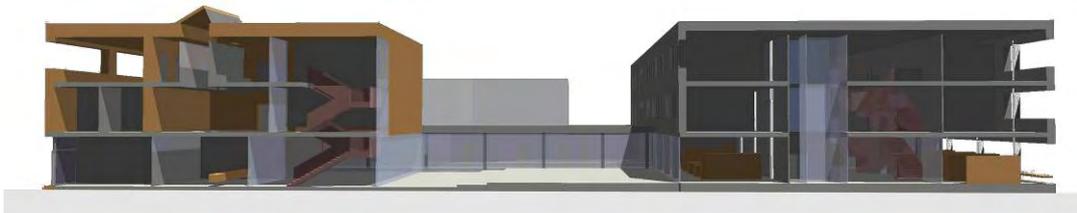


Abb. 34: Schnitt PTS - Innenhof - HS II



4.1.6 Perspektiven von HS II und PTS



Abb. 35: Visualisierung Südost Vogelperspektive



Abb. 36: Visualisierung Südansicht



4.2 Thermische Gebäudehülle

Nachfolgend sind die U-Werte zusammengefasst:

Bauteil	U-Wert	Beschreibung
Einheit	W/m ² K	
Außenwand Altbau	0.08	Vorgefertigte Leichtbaufassade auf Bestand (Wärmebrückenberechnung), s.u.
Außenwand neu	0.10	Rahmenbauweise
Dach Altbau	0.10	Stahlbetondecke, Warmdachaufbau
Dach Neubau	0.12	Warmdach in Rahmenbauweise
Bodenplatte Altbau	0.12	Schaumglasschotter in Hohlraum unter Bestand
Bodenplatte Neubau	0.14	Schaumglasschotter unter Bodenplatte
Decke gegen Außenluft Altbau	0.14	Leichtbauelement auf Stahlbetonbestanddecke
Decke gegen Außenluft Neubau	0.13	Rahmenbauweise
Terrasse	0.10	Warmdach auf Stahlbetondecke
Fenster	0.80	Passivhausfenster, g=0.55
Zwischengeschossdecke Altbau	1.04	Stahlbetondecken
Zwischengeschossdecke neu	0.43	Massivholzdecke mit Verbundbeton
Innenwand alt Zimmer zu Gang	1.59	Gipsdielen
Innenwand alt Zimmer zu Zimmer	1.59	Gipsdielen
Innenwand neu Zimmer zu Gang	0.53	Gipskarton-Ständerwand
Innenwand neu Zimmer zu Zimmer	0.53	Gipskarton-Ständerwand

Tab. 7: U-Werttabelle aller Bauteile

Die U-Wertberechnungen sind im Detail im Anhang dargestellt

Detaillierte Anforderungen an die Fensterflächen:

Gesamtfenster $U_W \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 3-Scheibenverglasung $U_G \leq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
 g-Wert > 50%
 Kunststoffabstandhalter
 Thermisch optimierter Randverbund und Einbau
 Sonnenschutz außenliegend und hinterlüftet

4.3 Sanierung thermische Gebäudehülle

4.3.1 Sanierung Bereich Außenwände

Im Gegensatz zu bisherigen Sanierungen kamen vorgefertigte Holz-Wandelemente in Passivhausqualität zum Einsatz. Diese wurden den bestehenden Stahlbeton-Fertigteilmwänden außen vorgesetzt.



Montage der bis 24 Meter langen vorgefertigten



Wandelemente samt Fassade und Fenstern



Innerhalb von nur vier Tagen konnte der gesamte Hülle verkleidet werden.



Baukörper der HS II mit der neuen thermischen



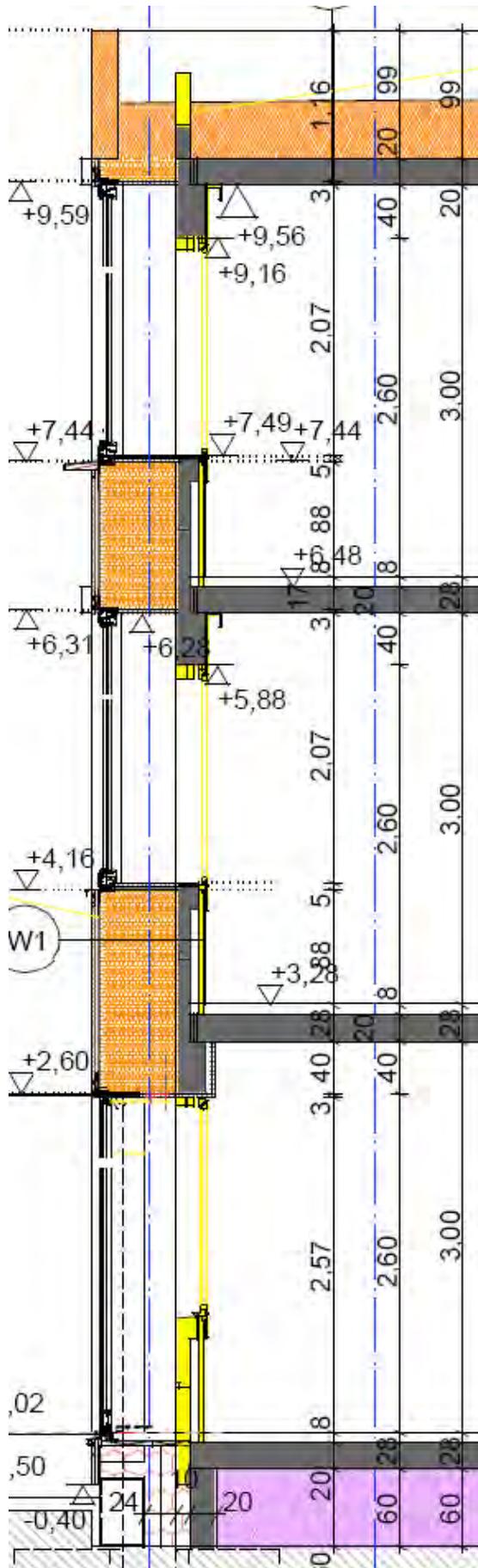


Abb. 37: Gesamtschnitt Fassade



Während im Bestand die Stützen vor der Fassade und den Fenstern waren, wurde mit der Sanierung die gesamte statische Konstruktion in die thermische Hülle „eingepackt“.

Die Fassade läuft im Bereich der außen liegenden tragenden Stahlbetonstützen vor diesen durch, ebenso die Fensterebene. Damit ergab sich durch die 40 cm dicken Stützen eine Dämmstärke von 52 – 58 cm.

Es sind sowohl Brüstungselemente im Bereich der durchlaufenden Fensterbänder, als auch geschoßhohe Elemente im Bereich der „Lochfassade“ zur Ausführung gekommen.

Wesentliche Vorteile und Innovationen:

Reduktion der Bauzeit, Erhöhung der Qualität durch strenge werkseitige Qualitätskontrolle, gerüstlose Montage mit minimiertem Zeitaufwand und damit minimierter Benutzerbeeinträchtigung (stark reduzierte Lärm- und Staubemissionen, stark reduzierte Unfallgefahr, minimierter Lagerflächenbedarf auf der Baustelle, keine Beeinträchtigung der Sichtverhältnisse durch Gerüstung, Schutznetz, und dergleichen).

Eine weitere Neuentwicklung war in punkto Montage- und Befestigungstechnik. Die Befestigungspunkte wurden flexibel nach Maßgabe der örtlichen Gegebenheiten ohne exaktes Einmessen montiert (rasche, kostengünstige Montage ohne Gerüst und ohne wesentliche Benutzerbeeinträchtigung möglich).

4.3.1.1 Brüstungsdetail

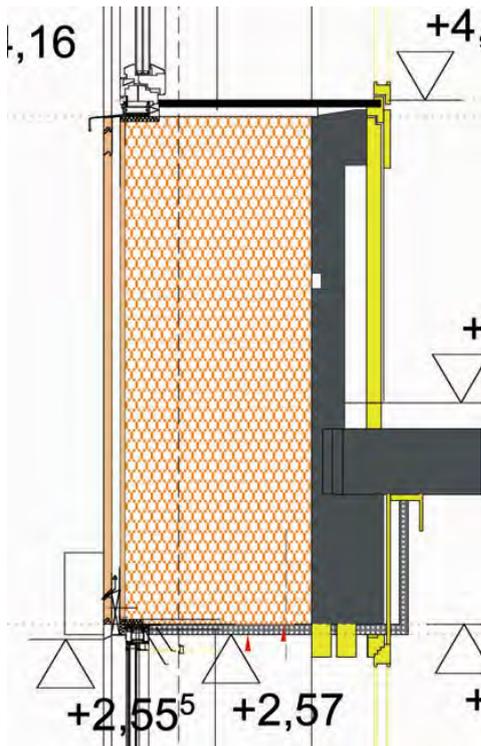


Abb. 38: Detailschnitt Fassade



Der Sturzbereich ist zur Verbesserung der Tageslichtsituation gegenüber dem bestehenden Sturz der Stahlbetonelemente höher gelegt worden, indem die Betonschürzen vor den alten Jalousien durchgehend abgeschnitten wurden.

Die alte innenseitige Gipskartonverkleidung wurde ebenso wie die alten Heizkörper beim Parapet demontiert, wodurch die Speichermasse der 18 (bzw. 10)cm dicken Stahlbetonbrüstungen direkt genutzt werden kann.

4.3.1.2 Wärmedämmung, Wärmebrücken

Um die Fensterbänder vor den Stützen vorbeiführen zu können, ergab sich gleichzeitig in der Dämmebene eine ausreichende Überdämmung der Stahlbetonstützen von mind. 12 cm, womit auf die ursprünglich geplante aufwendige Dämmung mittels Vakuumdämmstreifen zur Vermeidung der Wärmebrücken verzichtet werden konnte.

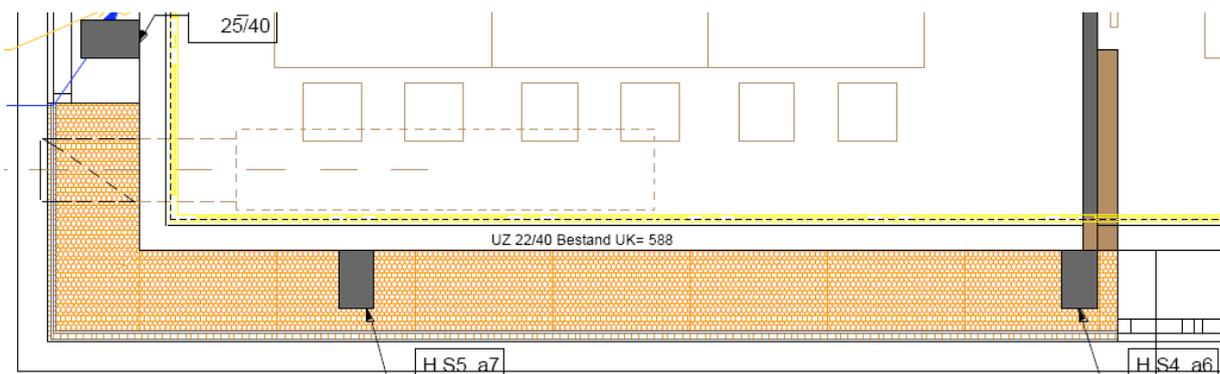


Abb. 39: Horizontalschnitt Fassade

Die vorgehängte Holzriegelkonstruktion wurde zur Minimierung von Wärmebrücken ohne durchgehende Rippen ausgeführt. Es kam ein Raster aus kreuzweise angeordneten Rippen zum Einsatz. Um die Wärmedämmung an die Unebenheiten und Fugen des Bestandes anpassen zu können, wurde eine Einpassdämmung vor Ort ausgeführt, wobei grundsätzlich die Möglichkeit einer Steinwolle- oder Zelluloseausblasdämmung in Erwägung gezogen wurde. Aus ökologischen Gründen wurde einer Zellulosedämmung der Vorzug gegeben und die Vorgangsweise mit der BVS Linz akkordiert.

Um ein vorschriftsmäßiges Einblasen der Zellulosedämmung zu gewährleisten, wurde die Breite der horizontalen Rippen auf eine Breite von ca. 10 cm beschränkt, da bei zu großen Breiten unmittelbar unter den horizontalen Rippen Hohlräume oder Bereiche zu geringen Verdichtungsgrades entstehen können. Das Einblasen erfolgte aufgrund der untereinander verbundenen „Kammern“ mittels „Vorsteckschlauch“. Die Einblasöffnungen wurden oberseitig werkseitig gebohrt (Durchmesser 10 – 12 cm, ein Stück je „Kammer“, jedoch max. 1 m Abstand) und nach dem Einblasvorgang vor Ort verschlossen. Zur Gewährleistung der Wärmebrückenfreiheit wurde im Bereich der Stützen statt der ursprünglich geplanten seitlich als auch stirnseitig Verkleidung mit Vakuumdämmung, der größer gewordene Hohlraum von 12 - 18 cm ebenfalls mit Zellulose ausgeblasen.



4.3.1.3 Dampfdiffusion

Die bestehende Betonbrüstung eignet sich als Dampfbremse; die Fassade selbst wurde vergleichsweise diffusionsoffen ausgeführt. Sämtliche Elementfugen der bestehenden Betonfertigteile wurde vor Anbringung der Thermofassade noch verspachtelt. Das Erfordernis einer zusätzlichen Dampfsperre entfiel somit. Die Dampfdichtigkeit im Sturz- und Parapetbereich wurde über bituminöse Klebefolien erreicht, welche mittels Voranstrich an den bestehenden Betonbrüstungen fixiert wurde. Durch die Abdeckung mit zweilagigen Gipskarton-Feuerschutzplatten besteht in brandschutztechnischer Hinsicht gegen die Klebefolien seitens der BVS Linz kein Einwand. Die außenseitige Winddichtigkeit wird über die geringfügige Verzahnung in der Holzschalung bzw. über den Dünnschichtputz erreicht.



4.3.1.4 Brandschutz

Bezüglich Flammen Überschlag ist ein Prüfwert von W60 erforderlich (von Geschoss zu Geschoss). Aufgrund des bestehenden Stahlbetonbauteiles im Bereich der Parapete und Stürze ist eine F60-Anforderung gegeben. Die Fassadenoberfläche ist in B1 ausgeführt, ebenso die Dämmung. Darüber hinaus sollte der Einsatz von diversen PE- oder Papierfolien als Windbremsen und dergleichen vermieden werden, um eine zusätzliche Brandlast zu vermeiden (Tropfgefahr). Bei der Fensterwahl sollte Kunststoff vermieden werden und Holz-Alu-Konstruktionen bevorzugt werden.

Aufgrund der Brandfortleitungs-Problematik wurde auf eine Hinterlüftung verzichtet. Im Bereich der Lochfassade wurde die Wandkonstruktion Geschossweise getrennt und die Fuge zwischen Bestand und Holzrippen mit Steinwolle ausgestopft, um einen Durchbrand von Geschoss zu Geschoss hinten zu halten. Bezüglich der Fensterbänke wurde seitens der Brandverhütungsstelle (kurz BVS) Linz angemerkt, dass Aluminium nach Möglichkeit vermieden werden soll, da es zur Vermeidung der Brandfortleitung nur einen geringen Beitrag leistet (niedriger Schmelzpunkt).



Die Zellulosedämmung wurde in B1-Qualität ausgeführt; sowohl Thermobuchenfassade und verputzte Fassade haben mind. B1-Qualität. Der Sturz- und Parapetbereich wurde mittels doppelter Gipskarton Feuerschutzplatten-Beplankung, Materialstärke 15 mm, ausgeführt, wobei beide Plattenlagen gespachtelt wurden. Die Klebebänder zur Erreichung der Dampfdichtigkeit zwischen Fensterstock und Betonbrüstung bzw. -sturz durften lt. Absprache mit der BVS Linz mit bitumenhaltigen Klebebändern ausgeführt werden.

Die Fassade wurde hinterlüftungsfrei konstruiert, auf den Einsatz von Windbremsen wurde verzichtet. Der Einsatz eines luftdichten „Klick“-Nut-Feder-Profiles ist anhand des Musterelementes auf seine Langzeiteignung überprüft worden.

4.3.1.5 Statik

Abtragung sämtlicher Vertikallasten (zufolge Eigengewicht) sowie von Windsog- und -druckkräften (gemäß ÖNorm B 4010 und B 4014). Die Verformung einschließlich Kriecheinfluss war auf 1/300 der Stützweite zu begrenzen. Die Standsicherheit ist für den Brandfall zu gewährleisten.

- **Eigengewicht**

Dieses wird in den vertikalen Rippen mittels Überplattung auf Querdruck in horizontale Aufhängerrippen eingeleitet, an welchen die Aufhängeteile im Abstand von ca. 2 m fixiert sind. In der Höhe sind je Brüstungselement zwei horizontale Rippen mit Aufhängeteilen angeordnet (höhenmäßige Situierung im oberen bzw. unteren Viertel des Brüstungselementes).

- **Winddruck bzw. -sog**

Die Horizontalkräfte werden von der Fassade in die horizontalen Tragrippen eingeleitet und von dort mittels zugfester Verschraubung in den Kreuzungspunkten in die Vertikalrippen eingeleitet. Die Horizontalkräfte aus den Fensterstöcken werden in den Parapet- bzw. Sturzriegel eingeleitet und über Stahlwinkel oder Einzapfung in die vertikalen Rippen übertragen. Die vertikalen Rippen übertragen die kumulierten Horizontalkräfte über Verschraubung im Bereich der Überplattung in die horizontalen Aufhängerrippen mit den Aufhängeteilen.

4.3.1.6 Befestigungstechnik und Montage

Gemeinsam mit einem Geodäsiebüro wurden zunächst die geodätischen Möglichkeiten der Fassadenvermessung erörtert. In Frage kamen im Wesentlichen:

- Fotogrammetrie
- Terrestrische Vermessung
- Scannen der Fassade

Conclusio in wirtschaftlicher Hinsicht:

Die fotogrammetrische Fassadenvermessung bedeutet ca. den doppelten finanziellen Aufwand gegenüber der terrestrischen Vermessung.

Conclusio in technischer Hinsicht:

Basis für die Bildorientierung (Triangulation) der fotogrammetrischen Aufnahme ist eine terrestrische Passpunktbestimmung (4 Punkte je Aufnahme). Die terrestrischen Passpunkte sind in gleicher Genauigkeit wie die gesamten Vermessungspunkte bei der Variante Terrestrische Vermessung erfassbar. Durch die fotografische Aufnahme mit der EDV-technischen Entzerrung und Anpassung an die terrestrischen Passpunkte entsteht eine zusätzliche Ungenauigkeit, welche durch die begrenzte Bildauflösung zusätzlich erhöht wird.

Aus Genauigkeitsgründen wurde daher die „konventionelle“ terrestrische Vermessung der fotogrammetrischen Fassadenaufnahme vorgezogen. Ein Grund für eine anderwärtige Entscheidung zugunsten der fotogrammetrischen Aufnahme wäre gegeben, wenn eine fotografische Aufnahme des Bestandes vor der Sanierungsmaßnahme erwünscht ist (in der Regel nur bei denkmalgeschützten Bauwerken).

Auf den vormontierten Befestigungsmitteln wurde zur genauen und einfachen

Lagevermessung entweder ein Fadenkreuz angebracht oder eine einfache Vorrichtung konstruiert, mit welcher das direkte Aufstecken des „Spiegels“ bei der Vermessung ermöglicht wurde. Hinsichtlich Verankerung der Befestigungsmittel im Bestand wurden folgende Möglichkeiten untersucht:

- Spreizanker
- Klebeanker
- Klebung

Aufgrund der verschiedenen möglichen Untergründe mit divergierenden Oberflächenbeschaffenheiten sowie unterschiedlichen Materialeigenschaften im Bauteil selbst wurde der Verankerung mittels Klebeankern der Vorzug gegeben (Anwendbarkeit bei Stein, Ziegel, Beton, usw.). Bloß bei Anwendung in gerissenen Zugzonen von Betonbauteilen wurden selbst nachspannende Segmentanker vorgezogen. Ein weiterer Vorteil der Klebeanker besteht in der Möglichkeit durch das Eindrehen des Dübels eine exakte Ausrichtung des Dübels in Fassadenebene zu erreichen, womit durch die Vermessung nur mehr 2 Dimensionen zu erfassen sind. Dies erleichterte auch die erforderliche Beschaffenheit der Befestigungsmittel, da die erforderliche Variabilität der Befestigungsmittel in 3 Achsen auf 2 Achsen und damit ein ebenes (2D) Problem zurückgeführt werden konnte.

Bei der weiteren Konzeption der Befestigungsmittel wurden die bevorzugten / sinnvollen Montagerichtungen /-abfolgen berücksichtigt. Aus diesen Überlegungen hat sich folgender Montageablauf ergeben: Die Brüstungselemente wurden zunächst vom LKW mittels Mehrpunktaufhängung zur Fassade gehoben und durch Andrücken an die Befestigungsmittel in eine fassadenparallele Lage gebracht. Anschließend wurde das Element abgesenkt, wobei eine leicht zur Horizontalen geneigte Elementaufhängung das Einfädeln der Befestigungspunkte in kontinuierlicher Folge erleichterte. Ist das Element in vertikaler Richtung abgesenkt, so hält es in 2 Richtungen ohne weitere Befestigung (senkrecht zur Fassade – Windsog/-druck und in vertikaler Richtung – Eigengewicht).

Anschließend war ein horizontales Justieren in fassadenparalleler Richtung mit einer abschließenden Lagefixierung möglich, die jedoch im Gebrauchszustand keine Belastung erfährt. Erreicht wurde diese Montageabfolge durch ein zweigeteiltes Befestigungsmittel, welches – wie bereits erwähnt – im Bestand mittels Klebeanker fixiert wurde und über eine U-förmige Einhängemöglichkeit verfügte. Der zweite Teil des Befestigungsmittels wurde am Element fixiert (mittels Verschraubung) und verfügte über einen U-förmigen Aufhängeteil (siehe zeichnerische Darstellung).

Die exakte Lage der beiden Teile der Befestigungsmittel zueinander wurde über terrestrische Vermessung ermittelt, wobei die Lage der Teile, welche am Bestand vormontiert waren, ermittelt wurden und mittels CAD in die Elementwerkpläne übertragen wurden. Eventuelle Ungenauigkeiten in Fassadenlängsrichtung werden durch die U-förmige und damit verschiebliche Ausbildung der Befestigungsmittel aufgenommen, eventuelle vertikale Ungenauigkeiten führen dazu, dass einzelne Befestigungspunkte rein geometrisch keine Vertikalkräfte übertragen können. Daher wurde das Befestigungsmittel auf die dreifache Vertikallast bemessen.

Anzumerken ist, dass bei „Ausfallen“ einzelner Befestigungsmittel im Element eine geringfügige Verformung auftritt, welche wiederum eine teilweise Auflage auf den zunächst ausgefallenen Befestigungsmittel ermöglicht und so die stärker beanspruchten Befestigungsmittel entlastet. Jedoch sind hier die Verformungswege aufgrund der erforderlichen Gebrauchstauglichkeit in

Abhängigkeit vom Fassadentyp stark begrenzt (Putzfassade lässt nur minimale Bewegungen zu, eine Holzschalung besitzt ein fehlertoleranteres Verhalten).



4.3.1.7 Haustechnik in vorgefertigten Wandelementen



Seitens der Haustechnik bestand bei der dezentralen Lüftung das Erfordernis in jeder Klasse eine Zu- und Abluftöffnung auszuführen. Entgegen den ersten Entwürfen wurden keine aufwendigen Durchbrüche in den bestehenden Stahlbetonelementen ausgebildet, sondern die Lüftungskanäle leicht nach unten verzogen und durch die vorgefertigten Holzriegelelemente geführt. Die Kanaldurchdringungen konnten so ebenfalls schon in der Montagehalle vorinstalliert werden.

Die Kanaldurchführungen wurden werkseitig komplett fertig gestellt, sodass auf der Baustelle nur noch die unterhalb der Betonstürze verlaufenden Kanalteile mittels Steckverbindung angekoppelt werden mussten.



4.3.1.8 Fenstereinbau

Die Passivhausfenster wurden direkt in der Werkshalle in die vorgefertigten Elemente eingebaut. Ebenso die großflächigen Fixverglasungen.



4.3.1.9 Fassadengestaltung

Die aus brandschutztechnischen Gründen nicht erwünschte Hinterlüftung verhindert den Einsatz von klassischen Fassadenbaustoffen wie zB Faserzementplatten, Bakelitplatten (zB Max, Prodema, usw.). Diese Platten dürfen lt. Verarbeitungsrichtlinien nur mit Hinterlüftung eingesetzt werden, um ein Verwölben der Platten aufgrund unterschiedlicher Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse an Vorder- und Rückseite zu verhindern. Aufgrund der Vergrauungs- und Anstrichproblematik wurden diverse Fassadengestaltungsmöglichkeiten mit Fichten- oder Lärchenschalungen sowie –platten verworfen. Von Seiten der Architektur war ein grauer zurückhaltender Baukörper erwünscht, der dem ursprünglichen Charakter des sichtbaren Stahlbetons Rechnung trägt.

Holzfassade mit Thermobuche:

Die zweite Fassadengestaltungsmöglichkeit wurde in Form einer Holzfassade aus sogenannter Thermobuche ausgearbeitet. Diese Fassade wurde ebenfalls ohne Hinterlüftung ausgeführt. Dies ist möglich, da zum einen die Stahlbetonbrüstung einen sehr hohen Dampfdiffusionswiderstand besitzt und somit eine allfällige Kondensatproblematik hintan gehalten wird. Weiters ist die Thermobuche astfrei, wodurch eine Durchfeuchtung des hinter der Fassade liegenden Dämmmaterials zufolge ausgefallener Äste ausgeschlossen wird. Nicht zuletzt verfügt das wärmebehandelte Holz über ein wesentlich reduziertes Schwind- und Quellverhalten, welches wiederum die Dichtheit der Fassadenschalung verbessert.

Die Thermobuche ist grundsätzlich dunkelbraun und verändert ihre Farbe sehr rasch in Richtung grau (innerhalb eines wesentlich kürzeren Zeitraumes als bei Lärche. Der geringere Farbunterschied von Anfangs- und Endzustand und der wesentlich rascher eintretende Endzustand lassen eine höhere Akzeptanz erwarten. In brandschutztechnischer Hinsicht weist die Thermobuche als Hartholz Vorteile gegenüber Weichholzarten auf. In einem Versuch beim IBS Linz wurde die Entflammbarkeit auf Einstufung in die Klasse B1 überprüft. Die Fassade wurde als horizontale Nut-Feder-Schalung mit minimaler Fasenausbildung angedacht, um einen möglichst flächenhaften Charakter zu erzielen.

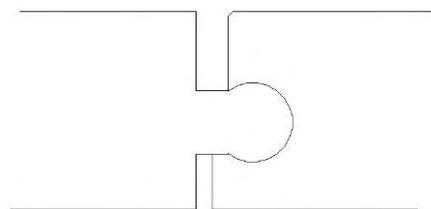


Abb. 40:
Nut-Feder Ausbildung der Fassadenschalung

4.3.2 Dachaufbau im Sanierungsbereich



Die alte Dachstuhlkonstruktion wurde entfernt.

Auf die bestehende Stahlbetondecke wurde anschließend als Bauprovisorium eine Bitumendichtung aufgeflämmt, welche später gleich als Dampfsperre dient.

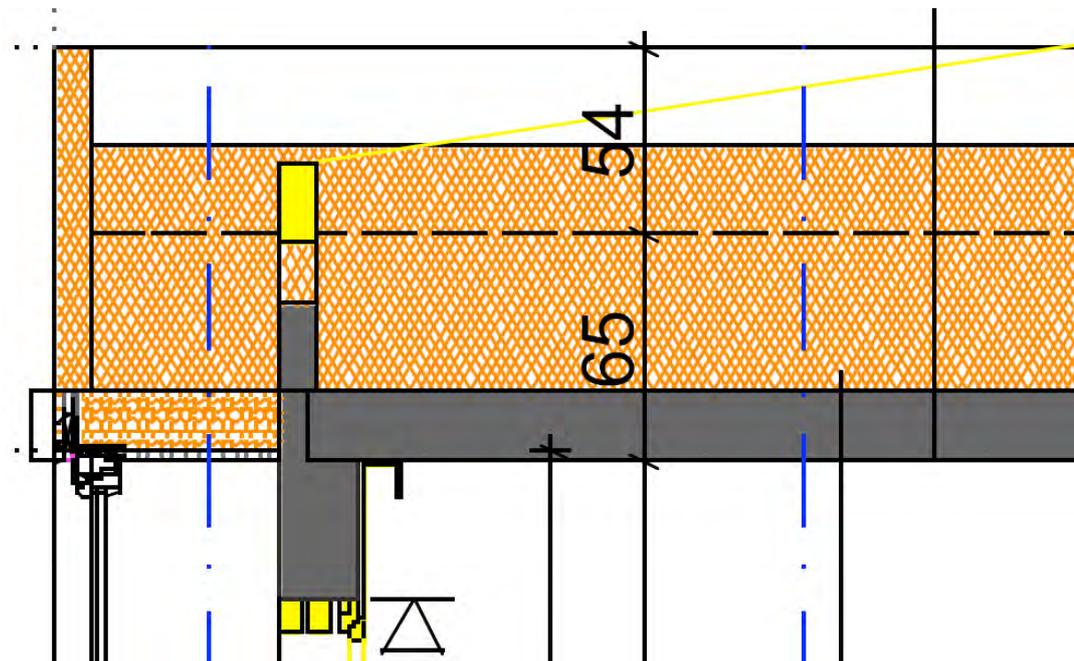


Abb. 41: Detailschnitt Dachaufbau – Wärmebrückenfreie Attikaausbildung

Die alten Stahlbetonattiken wurden in der Höhe mehr als zur Hälfte abgeschnitten, um eine durchgehende Wärmebrücke zu vermeiden.





4.3.3 Bodendämmung

Vollständige Ausdämmung des ca. 50 bis 70 cm hohen Hohlraumes unter der Bodenplatte mit zementgebundenem Schaumglasschotter. Dieser wurde mittels Druckluftschlauch über einen Tankwagen durch die Bodenplattenbohrungen direkt eingeblasen.

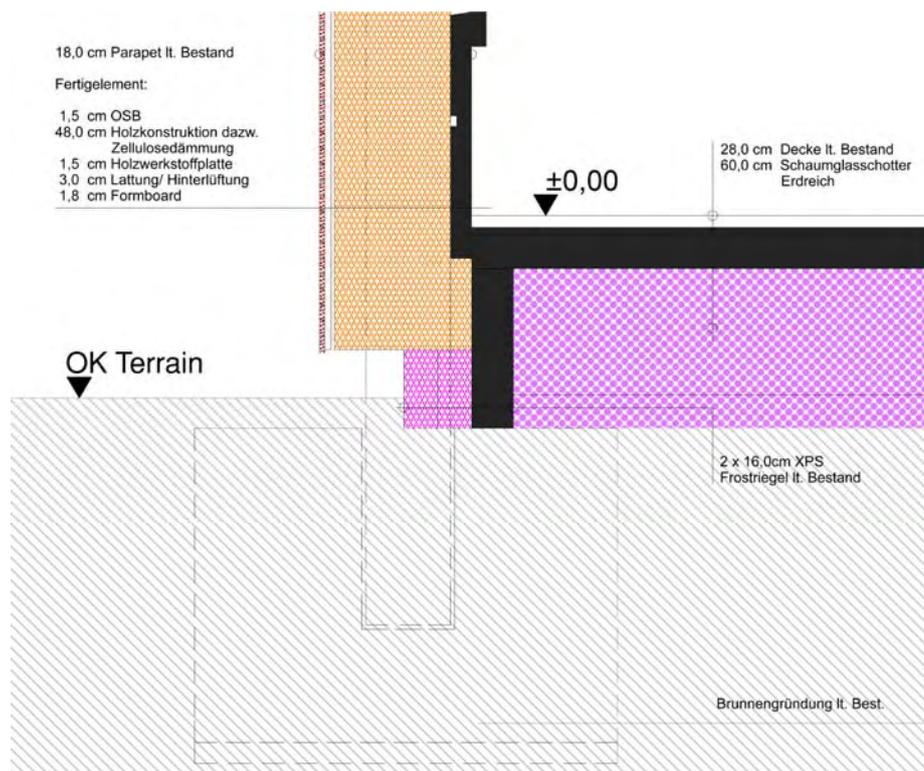


Abb. 42: Detailschnitt Sockelanschluss Boden - Wand

Im Sockelanschluss Bereich wurde eine dreilagige XPS- Dämmung mit insgesamt 34 cm Dämmstärke auf den bestehenden Sockel angebracht.



Blick in den mit Schaumglasschotter ausgeblasenen ca. 60 – 70 cm hohen Hohlraum unter der Bodenplatte, bevor dieser vollständig ausgeblasen wurde.

Im Bereich der Garderobe und der Ausspeis wurden die alten Fassaden Betonfertigteile abgeschnitten, und die Glasfassade raumhoch bis zum Boden geführt.

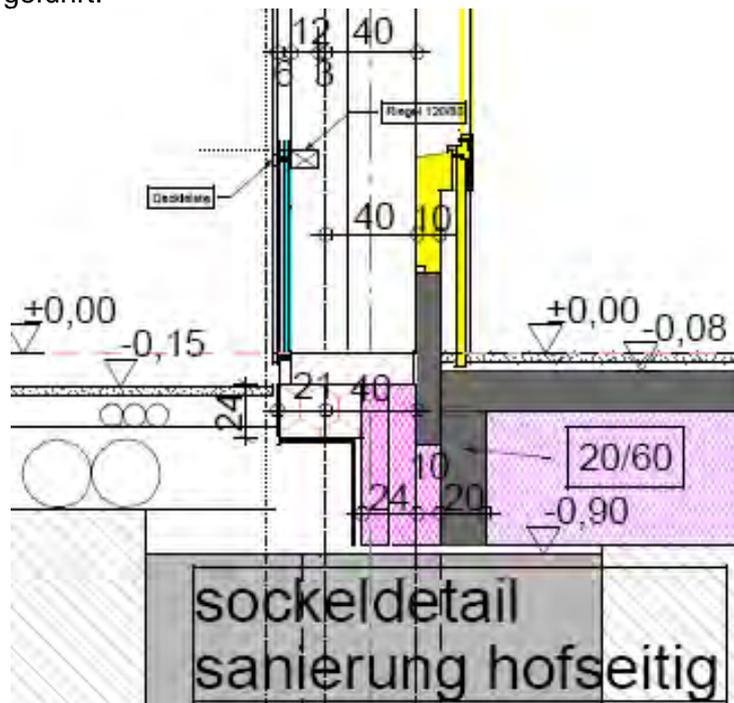


Abb. 43: Sockeldetail bei Glasfassade

4.4 Bereich Zubau HS II

Als erster Bauabschnitt wurde der hintere Zubau der Hauptschule II in Angriff genommen. Auf Grund der schlechten Bodenverhältnisse wurden wie beim Gebäudebestand Brunnengründungen durchgeführt. Auf den Brunnengründungen wurde zur Vermeidung von Wärmebrücken eine 10 cm Schaumglasdämmung aufgelegt. Zwischen den Brunnengründungen wurde unter der Bodenplatte eine 40 bis 50 cm dicke Schaumglasschotterschicht aufgebracht.

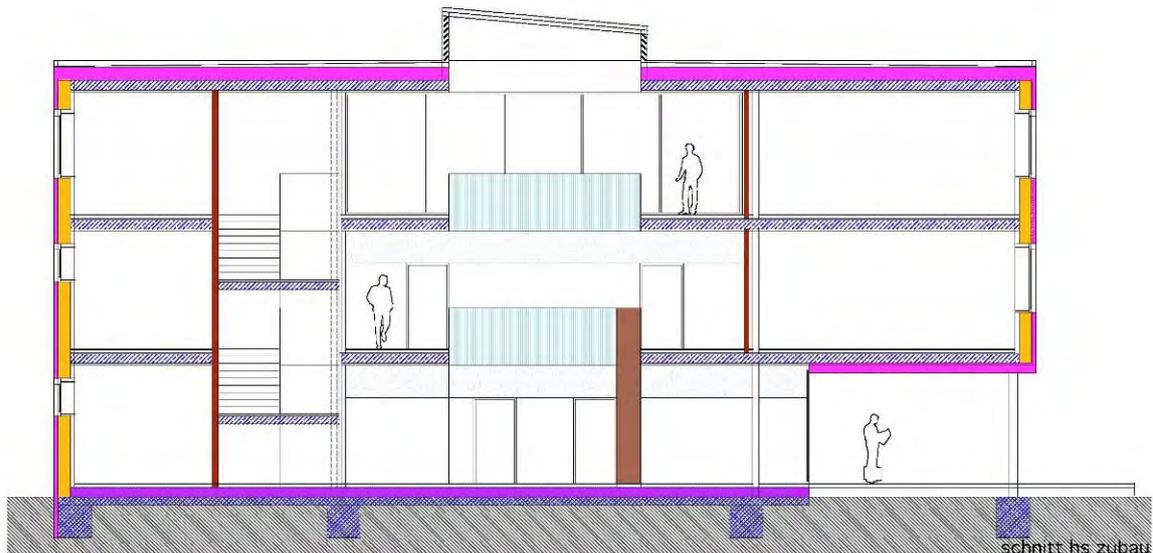


Abb. 44: Schemaschnitt Zubau Hauptschule II

4.4.1 Anforderungsprofil Holzbau im Bereich Neubau

Es wurde ein Tragsystem sowie Wand-, Decken- und Dachelemente konzipiert, die einerseits die Anforderungen des Passivhausstandards erfüllen und andererseits den speziellen Erfordernissen von Schulbauten genügen (hohe Lasten bei gleichzeitig hohen Spannweiten (Raumgrößen)). Marktübliche Systeme für Einfamilienhäuser und Wohnbauten in Passivhausqualität sind nicht in der Lage die gestellten Anforderungen bei Schulbauten zu erfüllen.



06.06.2006 Nach zwei Wochen Regen muss nun



mit der Montage begonnen werden.



Sowohl die Holzstützen, die Deckenträger und die flächen geliefert und montiert.



Brettstapeldecken wurden mit fertigen Sichtober-



07.06.2006 Am zweiten Tag wurden bereits die



Wandelemente des ersten Stockwerks versetzt.



08.06.2006 Am Ende des dritten Tages sind drei



Geschosse montiert und das Dach dicht.



10.06.2006 Große Begeisterung bei Gleichfeier

4.4.1.1 Architektur

Die Decken- und Dachuntersichten sind als unbehandelte sichtbare Holzflächen ausgeführt. Die vertikale Tragwirkung erfolgt in Form von Stützen, welche im Rauminnen sichtbar bleiben.

4.4.1.2 Statik

Die horizontalen Bauteile (Decke, Dach) sind mit ebener Untersicht, d.h. unterzugsfrei konstruiert. Das vertikale Tragsystem hat beliebige Fassadenöffnungen (Lochfassade, Fensterbänder). Die Aussteifung des Gebäudes erfolgt über den massiven Stiegenhauskern und über weitere geschlossene Holzwandscheiben. Durch Erhöhung der Steifigkeit ist die, bei Holzdecken teilweise gegebene Schwingungsanfälligkeit minimiert worden.

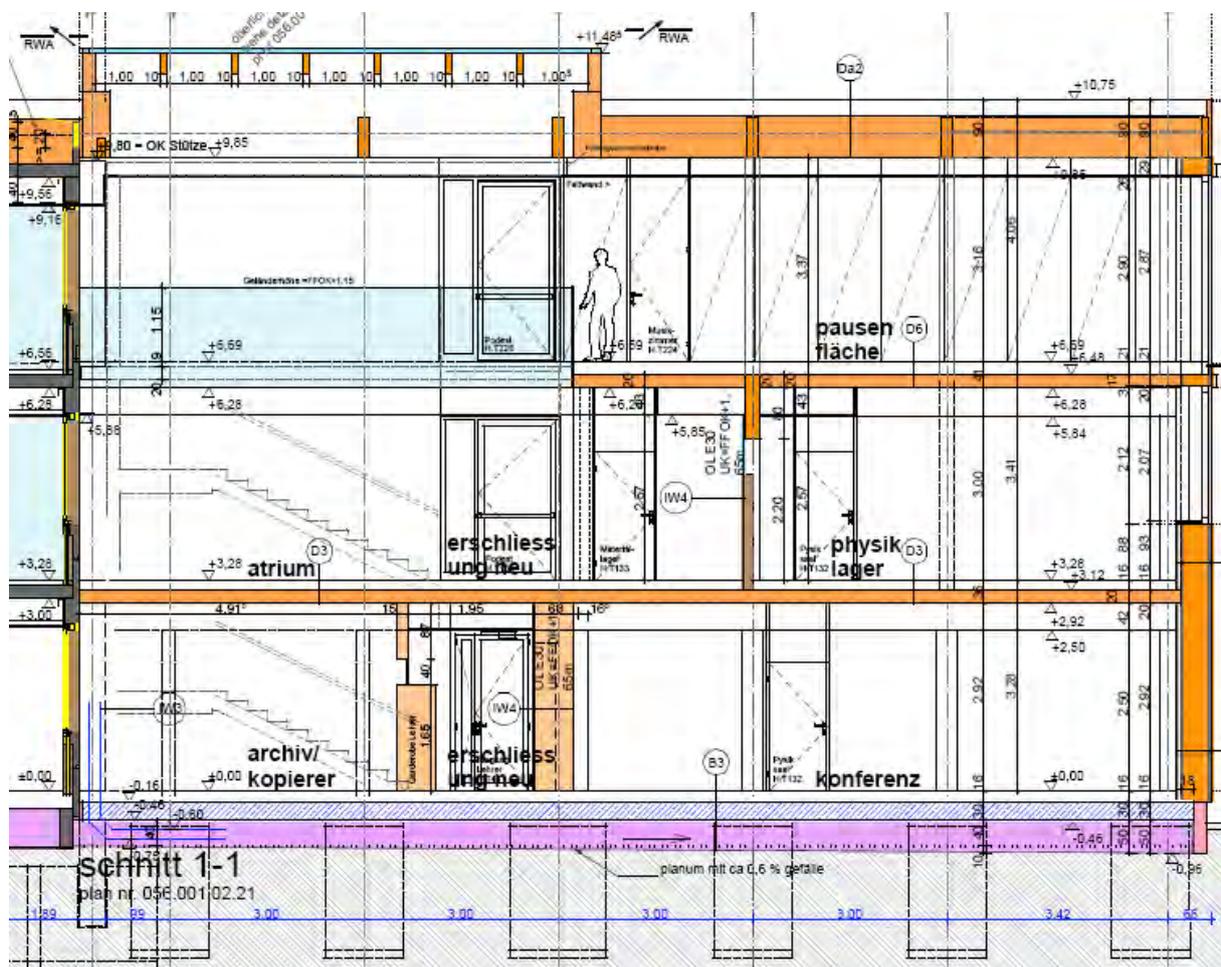


Abb. 45: Schnitt Zubau Hauptschule II

4.4.1.3 Bauphysik

Die U-Werte für die Außenwand betragen $0,114 \text{ W/m}^2\text{K}$ und für das Dach $0,119 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Zur Einzuhaltung der gemäß ÖNorm geforderten Schalldämmwerte für Luft- und Körperschall wurden die Brettstapeldecken der Zwischengeschosdecken als Holzbetonverbunddecke ausgeführt.

4.4.1.4 Brandschutz

Bedingt durch die Dreigeschossigkeit und ein in Massivbauweise ausgeführtes Fluchtstiegenhaus, besteht die generelle Brandschutzanforderung von F60 für tragende und Raum abschließende Bauteile. Holzuntersichten bei Dach und Decke sind zulässig, wobei jedoch eine Einstufung der Untersicht in die Euro-Brandklasse C gegeben sein musste. Dies wurde durch eine Materialstärke von mindestens 22 mm erreicht, wobei der Fugenanteil durch großflächige Platten zu minimieren war.

4.5 Bereich Zubau Polytechnische Schule



Bild 1: Polytechnische Schule nach Teilabbruchphase, Bild 2 und 3: Neun Tage nach Montagebeginn der Fertigteile stand der Zubau und der Innenausbau begann



4.5.1 Konzeption der Holzelemente im Neubau

4.5.1.1 Außenwände

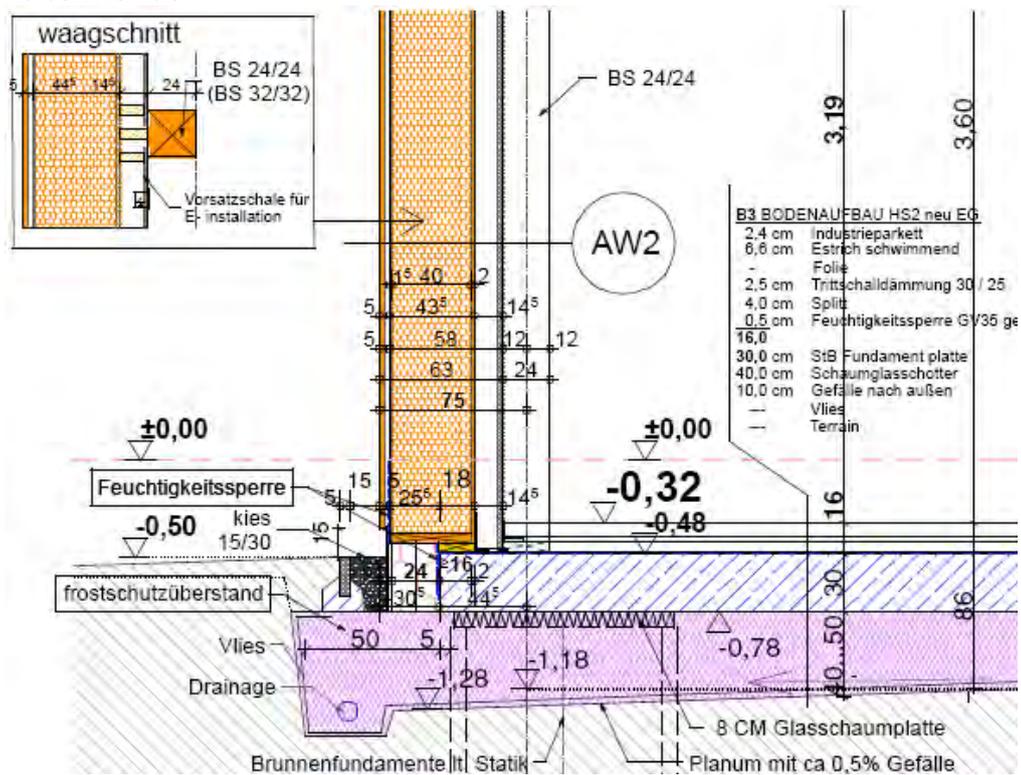


Abb. 46: Sockeldetail Polytechnische Schule Zubau

Aufgrund der Beliebigkeit der Fassadengestaltung (Lage und Größe von Fensterflächen) wurden die Außenwände nichttragend (für vertikale Lasten) ausgeführt. Sie wurden in statischer Hinsicht lediglich für die horizontale Aussteifung herangezogen, wobei in diesem Fall aus Brandschutzgründen der Aufbau um eine diffusionsoffene, statisch wirksame äußere Beplankung unter der Fassadenplatte und innen eine zweite Lage Gipskartonfeuerschutzplatten erhielt.

4.5.1.2 Decken

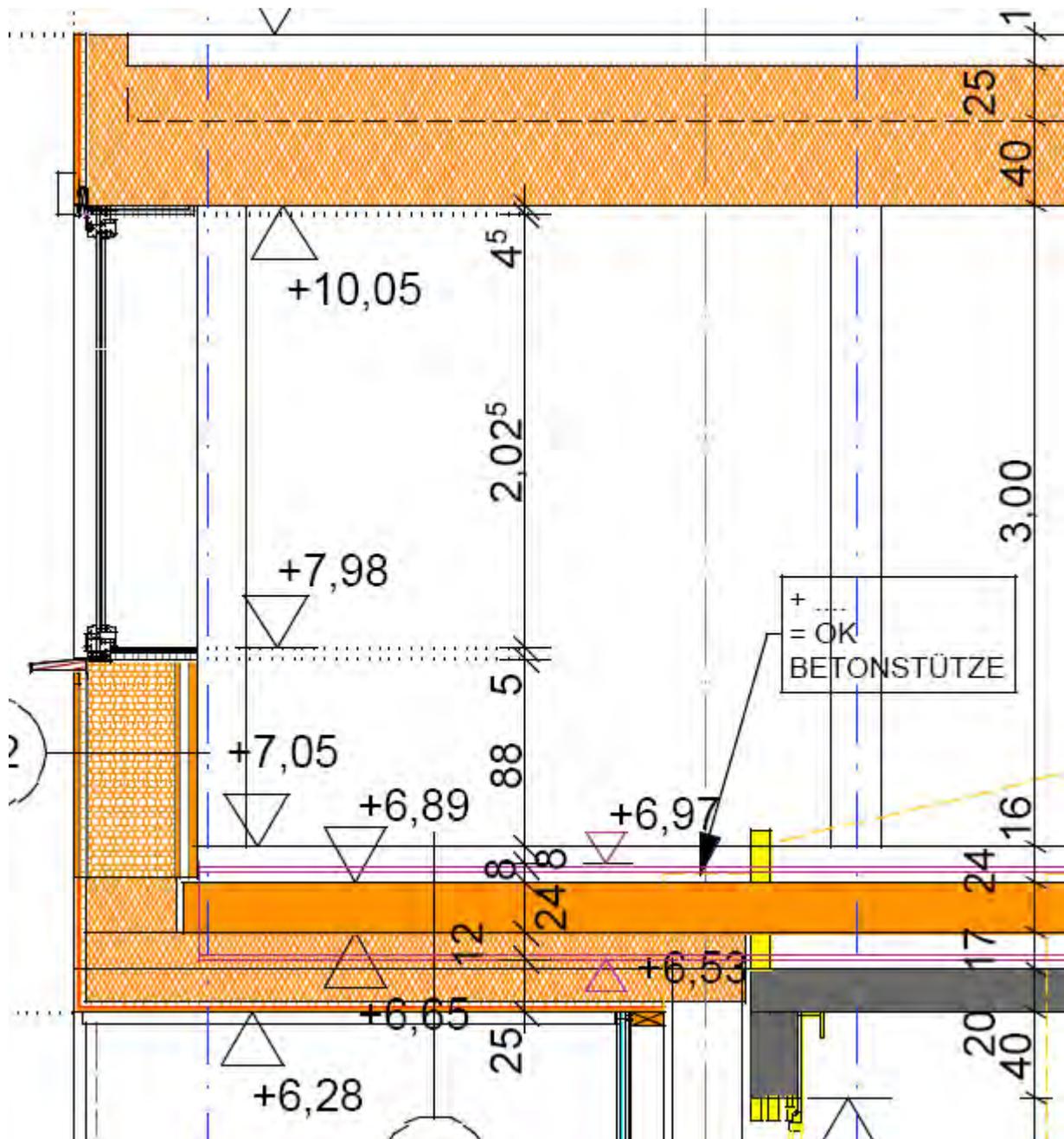


Abb. 47: Detailschnitt 2.OG Polytechnische Schule - Auskragung

Die gewünschte ebene Untersicht, welche eine sichtbare Tramdecke ausschließt, legte die Deckenvariante nahe:

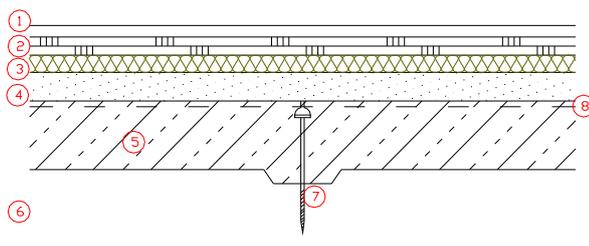
- Brettstapel- bzw. Holzbetonverbunddecke



Brettstapel-/Holzbetonverbunddecke

Die reine Brettstapeldecke mit aneinander gereihten vernagelten oder verdübelten Brettern und die Brettschichtholzdielendecke (verleimte Bretter, Fuge mit doppelter Nut-Feder) sind in ihrer ausführbaren Höhe beschränkt (ca. 24 cm). Für die größeren Spannweiten und Belastungen, wie sie in Schulen vorherrschen, wird der oft als „tote Masse“ verwendete Aufbeton zur Erhöhung des Schallschutzes der Decke statisch mittragend ausgeführt. Dies geschieht durch Verdübelung mit der Brettstapeldecke und Bewehrung des Aufbetons.

Deckenvariante B
Holzbetonverbunddecke



Legende Deckenvariante B

Holzbetonverbunddecke:

- 1 Fußbodenbelag
- 2 Trockenestrich (2lagig verleimte Spanplatten)
- 3 Trittschalldämmung
- 4 Beschüttung
- 5 Aufbeton
- 6 Brettschichtholzdielendecke
- 7 Dübel
- 8 Bewehrung

Abb. 48: Schnitt PTS Variante Holzverbunddecke

Vorteile dieses Deckensystems sind hoher Brandschutz, guter Schallschutz und geringe Deckenkonstruktionshöhe.

Der Nachteil dieses Deckensystems besteht in der Linearität der Tragwirkung, d.h. als Auflager ist ein lineares Auflager erforderlich. Hierzu gibt es im Wesentlichen 3 Varianten:

1. Unterzug: architektonisch meist nicht erwünscht, da keine ebene Deckenuntersicht gegeben
2. Überzug: technisch vergleichsweise aufwändig
3. Deckengleicher Unterzug: Dieser ist jedoch aufgrund der geringen Konstruktionsstärke der Holzbetonverbunddecke nicht in Holz und somit mit einem nachwachsenden Baustoff ausführbar. Es muss auf den Baustoff Stahl zurückgegriffen werden.

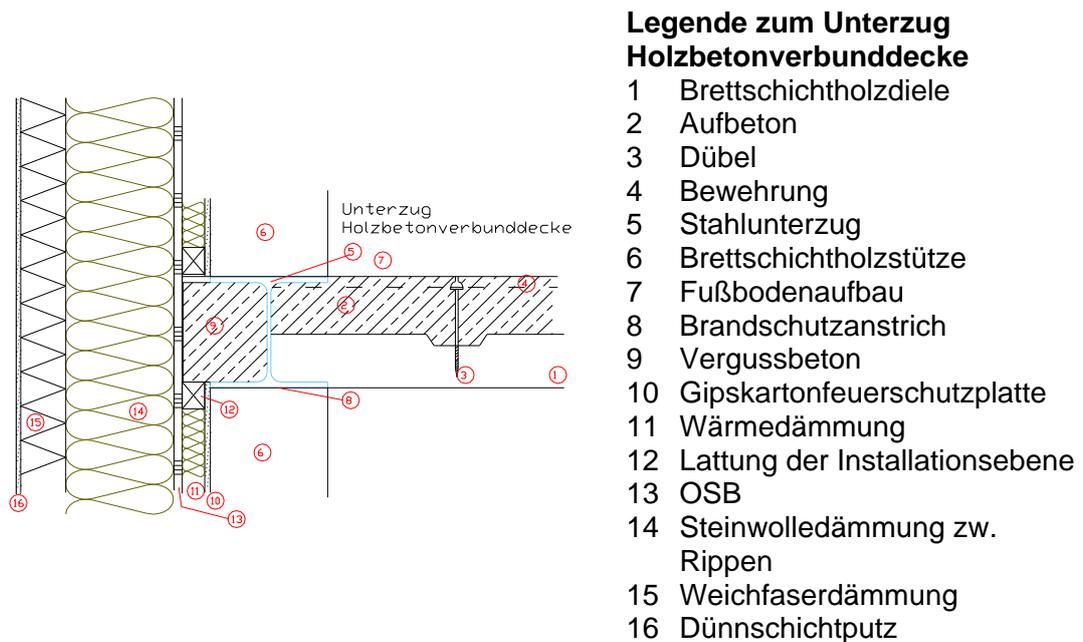


Abb. 49: Schnitt PTS Variante Holzverbunddecke - Anschlussdetail

Nachteile: hoher Einsatz „grauer Energie“, unökologische Brandschutzanstriche erforderlich. Um den Brandschutzanstrich möglichst weitgehend zu reduzieren, wird der Stahlträger einbetoniert, sodass bloß die Unterseite des Flansches mit einem Brandschutzanstrich zu versehen ist. Die Oberseite wird mit einer brandschutztechnisch wirksamen Dämmung geschützt.

4.5.2 Schlussfeststellung Holzbau

In technischer Hinsicht konnten für sämtliche gestellten Anforderungen Lösungen gefunden werden, die letztendlich ausgeführten Varianten wurden aus einer Bewertung der architektonischen und benutzerspezifischen Wünsche sowie der ökonomischen und ökologischen Vor- und Nachteile ermittelt.

Weiterer Forschungsbedarf besteht im Bereich der ökologisch optimierten punktgelagerten Holzbetonverbunddecke für Skelettbauten wie sie z.B. bei Schulen oder Bürogebäuden zum Einsatz kommen. Es bestehen bereits konkrete Ansätze, welche jedoch noch einer rechnerischen und versuchstechnischen Bestätigung bedürfen.



5 Energieplanung und Gebäudeklimakonzept

Auf Basis von bereits vorhandenen Studien zum Thema Energieeffizienz und Luftqualität im Schulbau, von Referenzprojekten und von Berechnungen zu Energieverbrauch, Tageslichtnutzung, Sommerverhalten und Luftqualität wurde für die Sanierung Schule Schwanenstadt ein Gebäudeklimakonzept mit hohem Nutzerkomfort, hoher Lern- und Lehrqualität bei niedrigen Betriebskosten und niedrigem Energieverbrauch gemäß Passivhausstandard konzipiert.

Der Studienschwerpunkt aus haustechnischer Sicht war die Erarbeitung der verschiedenen Möglichkeiten zur Lüftungsausführung. Es wurden die Lösungsansätze „zentrale Lüftung“, „semizentrale Lüftung“ und „dezentrale Lüftung“ aufgezeigt und beschrieben (Lüftungsprinzip, Grundriss, allgemeine Vor- und Nachteile, Herstell- und Betriebskosten, Umsetzungsmöglichkeit und jeweils kritische Punkte im spezifischen Sanierungsprojekt). Darüber hinaus wurden verschiedene Kombinationen der Wärme-, Kälte- und Stromerzeugung mit erneuerbaren Energien, aktiver und passiver Solarnutzung etc. untersucht.

Hinsichtlich Komfort- und Energieverbrauchsberechnungen lagen die Schwerpunkte zum einen bei der projektspezifisch schwierigen wärmetechnischen Sanierung des Bodenaufbaus und der Außenwand mit Stahlbetonstützen.

Zum anderen ergaben sich hohe Anforderungen an eine Sanierung mit guter Tageslichtnutzung, da im Vergleich zum modernen, hellen Schulbau relativ geringe Fenstergrößen durch den Bestand vorgegeben waren und die (thermisch günstigen) tiefen Baukörper dunkle innere Erschließungs- und Aufenthaltsflächen erzeugten. Ein geeignetes Tages- und Kunstlichtkonzept soll hier ausreichend helle Räume gewährleisten und verhindern, dass die Passivhauseinsparungen im Wärmebereich durch einen hohen Stromverbrauch beim Kunstlicht konterkariert werden.

Als drittes Thema neben der thermischen Sanierung in Passivhausqualität und der Tageslichtnutzung wurde die Sommertauglichkeit behandelt. Die Einhaltung von angenehm kühlen sommerlichen Raumtemperaturen war aufgrund der dichten Personenbelegung in den Klassen und der zunehmenden EDV - Ausrüstung ebenfalls ein wichtiger Punkt zum Raumklimakomfort im Schulbau.

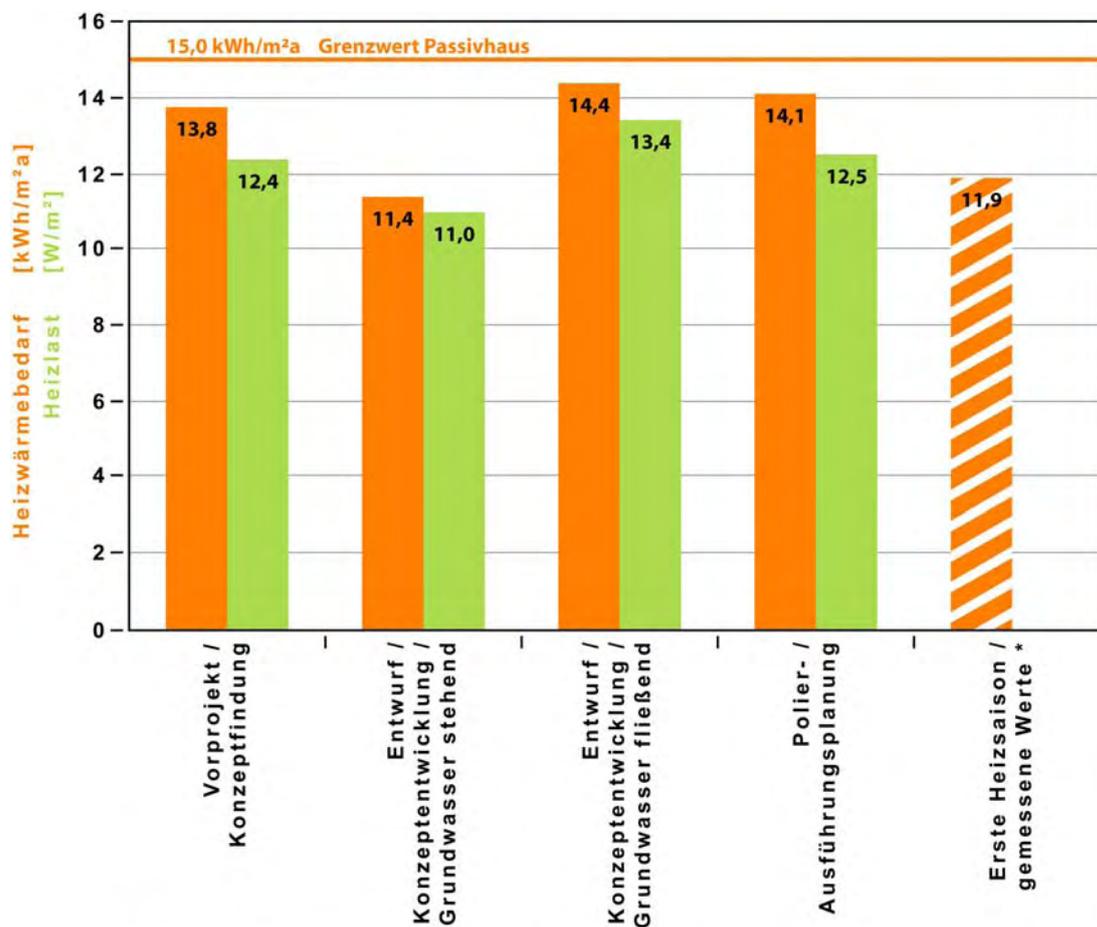
Die durchgeführten Berechnungen zu Energieplanung und Gebäudeklimakonzept sind in den nachfolgenden Abschnitten detailliert dargestellt.

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse erfolgt im Abschnitt „Ergebnisse und Schlussfolgerungen“ im Unterkapitel 6.2 „Ergebnisse Energieplanung und Gebäudeklimakonzept“.

5.1 Zusammenfassung

5.1.1 Maßnahmen zur Erreichung des Passivhausstandards

- U – Werte Außenwand, Dächer 0.08 bis 0.14 W/m²K
- weitestgehende Reduzierung von Wärmebrücken bei den kritischen Bauteilen in der Sanierung: Bodenplatte, Stahlbetonstützen Statik/Außenwandkonstruktion.
- 3 – Scheibenverglasung (Verglasung U = 0.6 bis 0.7 W/m²K), Kunststoffabstandhalter. Weitgehend thermisch optimierter Scheibenrandverbund und Einbau.
- In Planung und Realisierung durchgeführtes Luftdichtigkeitskonzept, messtechnische Überprüfung mittels Drucktest nL50, Zielwert nL50 < 0.4/h (aufgrund des vergleichsweise hohen Volumens im Vergleich zur Fassadenfläche gegenüber dem allgemeinen Passivhauszielwert 0.6/h reduziert).



* gemessene Werte:
Erstes Betriebsjahr 01-12 2007 aus der Ablesung Wärmehäler durch Schulwart, nicht klimabereinigt

Abb. 50: Energiekennzahlen im Projektverlauf

- Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Feuchteregelung und Nachlüftungsmöglichkeit
- Wärmeerzeugung: Primärenergetisch vorteilhafte Biomasse / Pelletsheizung, thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung.
- Qualitätssicherung Passivhauskonzept während der Bauphase sowie Schlussabnahmetermin

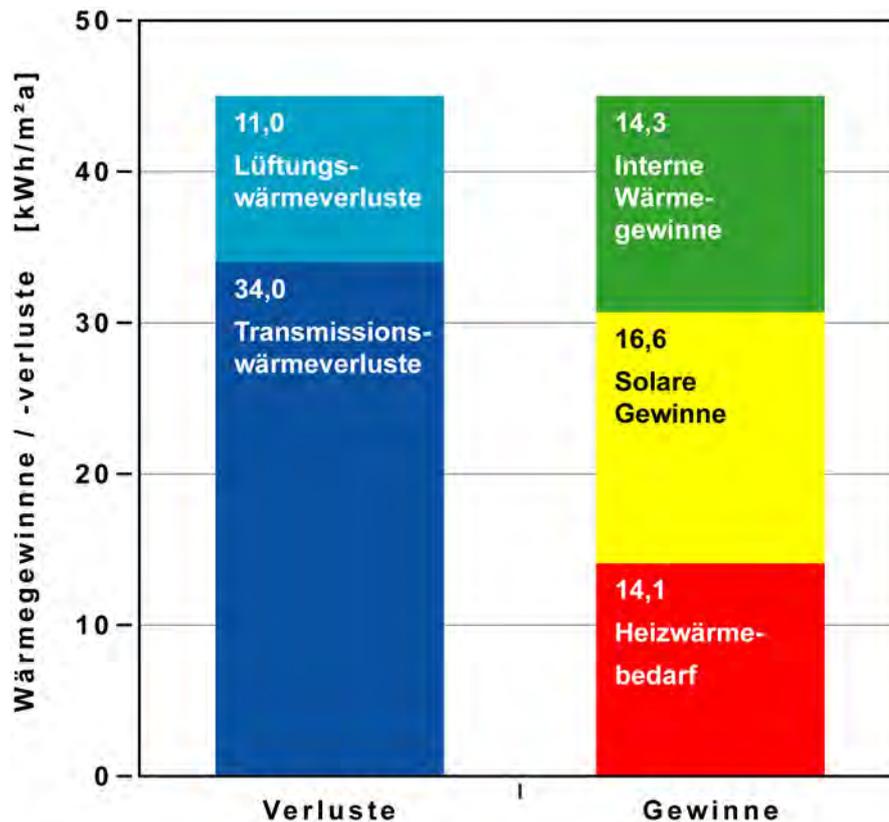


Abb. 51: Wärmebilanz Altbauanierung Passivhausschule Schwanenstadt

- Stromsparende, energieeffiziente Komponenten HLKS (Pumpen, Ventile ...)
- Stromsparendes Kunstlicht- und Elektrokonzept: Tageslichtnutzung, soweit möglich, insbesondere auch für die innenliegenden Bereiche. Energieeffiziente Kunstlichtbeleuchtung, energiesparendes EDV-/Elektrokonzept

5.1.2 Gebäudeklimakonzept/ thermische Simulation

- Im Winter und in der Übergangszeit ist aufgrund des Passivhauskonzepts bei guter Umsetzung ein guter thermischer Komfort bei guter Luftqualität zu erwarten.
- Für einen ausreichenden sommerlichen Komfort ist in den Regelklassen konsequente passive Kühlung erforderlich (Verschattung und Verschattungsregelung, Sommerregelung Lüftungsgerät tags/nachts, Beibehaltung und ausreichende Aktivierung der Betondeckenspeichermassen). Unter diesen Voraussetzungen sind sommerlich akzeptable Raumtemperaturen in den Regelklassen erreichbar.
- Für 2 – seitig verglaste Räume und Neubauklassen West sowie den Südorientierten Trakt sind bei gleicher Ausführung der Verglasungen hohe thermische Überschreitungshäufigkeiten zu erwarten. Dem ist in den Zonen Neubau/ westorientiert und raumhoch verglast/ südorientiert durch Sonnenschutzverglasung $g = 0.3...0.36$ und einer optimierten Außenverschattungsregelung entgegenzuwirken.

Insgesamt ist zur Sommersituation zu bemerken, dass in Schulen allgemein aufgrund der dichten Personenanzahl, der zunehmenden inneren Wärme-gewinne durch Beleuchtung und der für relativ „helle“ Klassen auch erforderlichen Glasflächen im Sommer in den Klassen relativ hohe Raumtemperaturen üblich sind (fallweise 28 – 30°C üblich, oftmals Klassenraumtemperaturen über 30°C in bestehenden Schulbauten gegeben). Aufgrund des hohen Projektanspruchs an

Energieeffizienz und Komfort sowie der Öffentlichkeitswirkung des Projekts sollte jedoch ein angenehmer bis akzeptabler sommerlicher Komfort bei geringem Energiebedarf hergestellt werden.

Nutzer Erfahrungen während der Inbetriebnahmephase:

- Wegen teilweiser Unzufriedenheit mit den Raumtemperaturen sommerlich wie winterlich wurden in einigen Räumen des PTS Temperaturlogger durch die Schulverwaltung platziert.
- Die erste Auswertung ergibt winterlich zu niedrige Temperaturen in den zwei Räumen Handel 1.OG und Dienstleistung 2.OG. Die vermutliche Ursache liegt an Einregulierungsmängeln im Heizungsnetz und wurde im Rahmen der Abnahme Heizung thematisiert.
- Die sommerlichen unkomfortabel hohen Temperaturen im EDV-Serverraum/PTS sind darin begründet, dass der ursprünglich vorgesehene Serverraum umgenutzt wurde und ein wesentlich kleinerer Raum als Aufstellort für den Schulserver dient. Abhilfe wird nur durch Installation eines Split-Klimageräts zu schaffen sein.

5.1.3 Tageslicht/Kunstlicht

Gegenüber der Vorplanung/Haus der Zukunft – Studie wurde die Tageslichtsituation in den Klassen aufgrund der vergrößerten Fensterflächen und des günstiger gelösten Fensteroberlichtdetails verbessert. Für den projektspezifisch bedeutenden Tageslichteintrag in innen liegenden Flächenanteile wurden die Empfehlungen aus den bisher stattgefundenen Tageslichtsimulationen zum Teil aufgenommen, i.b. Oberlichten über den Lufträumen der Erschließungsflächen und über dem Liftkern.

Diese Oberlichten sollten unbedingt horizontal verglast werden, eine seitliche Verglasung allein war hier ungenügend. Die horizontale Verglasung war hinsichtlich Erfüllung der Passivhaustauglichkeit möglich, die Sommertauglichkeit war zu überprüfen (effizienter Sonnenschutz und thermische Entlüftbarkeit erforderlich, ev. Beschränkung auf die auch für untere Geschosse wirksamen Belichtungsflächen nötig). Seitens der Tageslichtplanung hat die übermittelte Variante 2 geringe Vorteile gegenüber Variante 1 und wurde empfohlen (s.a. Anhang).



MHS Stiegenhaus – Gang Belichtung vor Sanierung ... und nach der Sanierung

Für die Horizontalverglasungen wurde eine geringe Verschmutzung zugrunde gelegt, es wurde die Entwicklung eines Konzepts zur Selbstreinigung empfohlen

(höhere Dachneigung und/oder Beschichtung der Fläche, Rückfrage bei Herstellern zu Konstruktion, Kosten, Wirkungsweise).

Die Farbgebung der Innenoberflächen wurde im Rahmen eines künstlerisch entwickelten Farbkonzeptes gestaltet und weicht teilweise von den Empfehlungen der Tageslichtoptimierung ab. Die wesentlichen Elemente des Tageslichtkonzeptes (Lichtöffnungen Erschließung, reflektierende Fensterlaibungen Klassenzimmer) wurden jedoch im Sinn des Tageslichtkonzeptes umgesetzt.



5.2 Passivhausengineering, Energieeffizienz

5.2.1 Beschreibung Passivhauskonzept

Die wesentlichen Komponenten zur Erlangung des Passivhausstandards waren:

Passivhaustaugliche Gebäudehülle mit **thermisch hochwertiger Qualität der Gebäudehülle**, insbesondere:

- Hohe Dämmstärken Außenwand, Dächer, U – Werte 0.08 bis 0.14 W/m²K
- Wärmebrückenvermeidung bzw. weitestgehende Reduzierung, insbesondere bei den kritischen Bauteilen in der Sanierung: Bodenplatte, Stahlbetonstützen Statik/Außenwandkonstruktion.
Gesetzte Maßnahmen: vollständige Ausdämmung des ca. 50 bis 70 cm hohen Hohlraumes unter der Bodenplatte mit zementgebundenem Schaumglasschotter, vorgesetzte Holzleichtbaufassade mit hohen Dämmstärken so ausgeführt, dass die bestehenden Stahlbetonstützen zu 15 cm überdämmt wurden.
- 3 – Scheibenverglasung (Verglasung U = 0.6 bis 0.7 W/m²K), g – Wert je nach benötigtem Sonnenschutz ca. 30 bis 50%, Kunststoffabstandhalter. Weitgehend thermisch optimierter Scheibenrandverbund und Einbau.
- Konsequenter Planung und Realisierung durchgeführtes Luftdichtigkeitskonzept, messtechnische Überprüfung mittels Drucktest nL50, Zielwert nL50 < 0.4/h (aufgrund des vergleichsweise hohen Volumens im Vergleich zur Fassadenfläche gegenüber dem allgemeinen Passivhauszielwert 0.6/h reduziert).

Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Feuchteregelung und Nachlüftungsmöglichkeit:

Kontrollierte Be- und Entlüftung zur Herstellung einer optimalen Raumluftqualität in den Klassen (CO₂ – Konzentration < 1000 bis 1200 ppm) und zur erheblichen Reduzierung von Lüftungswärmeverlusten. Klassenraumlüftung über dezentrale, Passivhaus geeignete Kompaktlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnungsgrad mindestens 85%. Luftmengenregelung gemäß Nutzeranwesenheit und Luftfeuchte, Sommernachtlüftungsregelung außerhalb der Anwesenheitszeiten.

Wärmeerzeugung:

Biomasse / Pelletsheizung mit Unterstützung durch nachrüstbare thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung.

Wärmeverteilung/ bzw. -abgabe:

Pro Klassenraum ein kleiner Heizkörper, Platzierung war nicht im Fassadenbereich notwendig, damit konnte ein relativ kleines Heizungsnetz realisiert werden, Regelung über Thermostatventile.

Stromsparende, energieeffiziente Komponenten HLKS (Pumpen, Ventile ...):

Auswahl energieeffizienter Haustechnikkomponenten.

Stromsparendes Kunstlicht- und Elektrokonzept:

Tageslichtnutzung, soweit möglich, insbesondere auch für die innenliegenden Bereiche. Energieeffiziente Kunstlichtbeleuchtung (siehe Abschnitt Tageslicht/Kunstlicht). Zielsetzung energiesparendes EDV-/Elektrokonzept gemeinsame mit den Nutzern abgeklärt.

5.2.2 Qualitätssicherung Passivhauskriterien

Die Passivhauskriterien wurden über den gesamten Planungs- und Realisierungsprozess laufend überprüft und mit den Kriterien Architektur, Kosten, Tageslicht, Somerverhalten etc. abgeglichen. Wesentliches Instrument der Qualitätssicherung war die im Bericht wiedergegebene „Checkliste“. Die Bereiche Gebäudetechnik, Tageslicht und Kunstlicht sowie Sommertauglichkeit werden in den entsprechenden Abschnitten dieses Berichts wiedergegeben.

Speziell im Bereich der passivhaustauglichen thermischen Gebäudehülle ergaben sich ausgehend von der im Entwurf ermittelten Passivhaus – Heizenergiekennzahl von $11.2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ eine Reihe von Aufgabenstellungen und Lösungen, welche in der folgenden Grafik zusammengefasst und im darauf folgenden Text kommentiert werden.

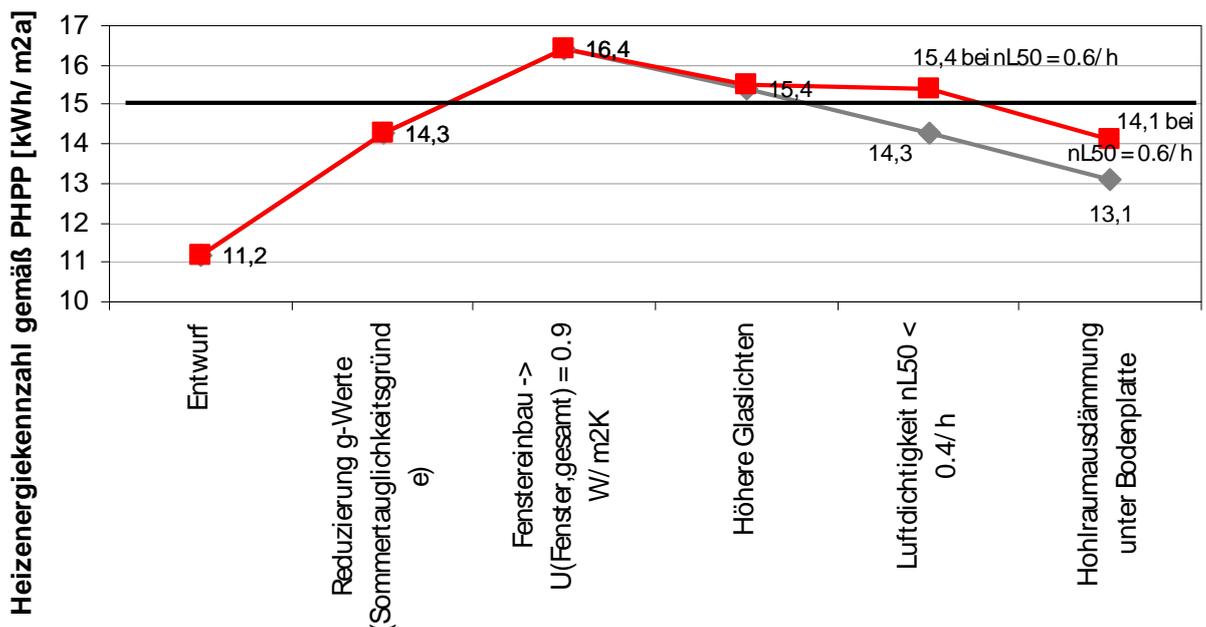


Abb. 52: Energiekennzahlen Verlauf je Maßnahmenänderung

5.2.2.1 g – Werte Verglasungen, Sommertauglichkeit, Kosten

Eine Überprüfung der Sommertauglichkeit mittels thermischen Simulationen, insbesondere auch in Zusammenhang mit der Neubausausführung der Geschoßdecken in Holzbau (weniger Speichermasse) zeigte deutliche Vorteile der „Standardverglasung“ in 3 – Scheiben, welche einen niedrigeren g-Wert als das ursprünglich projektierte „Weissglas“ aufweist (48% statt 55%). Damit ergaben sich auch Kostenvorteile.

Darüber hinaus wurden in kritischen Bereichen (i.b. raumhohe Verglasungen südseitig, Dachoberlichtern) aus Sommertauglichkeitsgründen g – Werte um 30 bis 35% ausgeführt. Eine Berücksichtigung im Passivhausprojektierungspaket ergab eine Erhöhung der Heizenergiekennzahl um ca. $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ auf $14.3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

5.2.2.2 U – Werte Verglasungen, Fenstereinbausituation, Abstandhalter

Der vorgegebene Gesamt – U – Wert von $0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ für die Verglasungen wurde während der Planung und Ausführung detailliert überprüft. Hierbei konnte der Kunststoffabstandhalter auch bei Einwänden von Verglasungshersteller (langfristige Haltbarkeit/Dichtigkeit der Verglasungen) beibehalten werden. Rahmenausführung und Rahmeneinbau wurden intensiv diskutiert und berechnet, schließlich ergab sich aus Gründen Architektur, Tageslichteintrag und Herstellkosten eine Ausführungsvariante, welche einen Gesamt – U- Wert der Fenster/Verglasungen von $0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ aufwies. Damit wurde die Heizenergiekennzahl um $2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ auf $16.4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erhöht, unter Berücksichtigung der mit dem Einbau gegebenen höheren Glaslichter ergaben sich $15.4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Es waren Maßnahmen zum Erreichen des Zielwertes $< 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erforderlich.

Wärmebrücke Einbausituation unterer Anschluss und Glasrandverbund:
 $\Psi(\text{inkl. Thermix}) = 0.1092 \text{ W/mK}$. (Quelle: Bauphysik Oskar Pankratz)

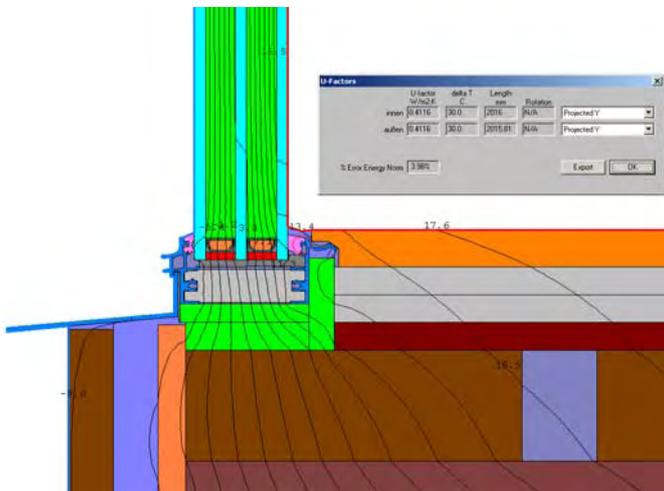


Abb. 53: Einbau Fixverglasung lt. ursprüngl. Ausführungsplanung

Wärmebrücke ausgeführte Einbausituation unterer Anschluss u. erhöht. Glasrandverbund: $\Psi(\text{inkl. Thermix}) = 0.0914 \text{ W/mK}$. Deutliche Verbesserung bei Anwendung auf alle Anschlüsse. Wärmedämmung im Bereich Glas mit $\lambda = 0,025 \text{ W/mK}$

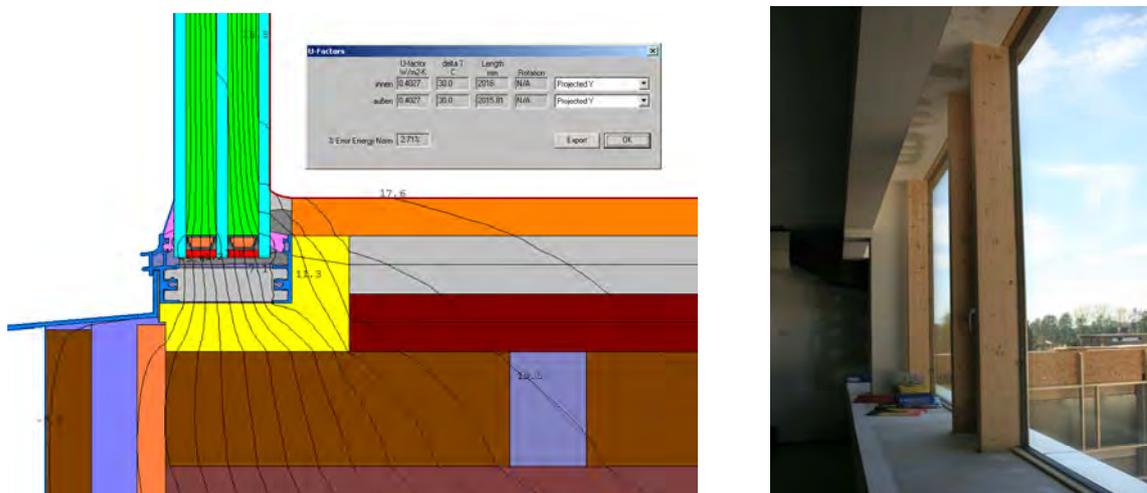


Abb. 54: Einbau Fixverglasung mit verbessertem Einbau

5.2.2.3 Luftdichtigkeit Gebäudehülle

Aufgrund des höheren Gebäudevolumens im Vergleich zur Fassadenfläche im Vergleich zu einem Passivhauswohnbau Ein- oder Mehrfamilienhaus sowie der Besprechung mit den ausführenden Firmen wurde der Zielwert Luftdichtigkeit auf $nL50 = 0.4/h$ herabgesetzt und eine sehr strenge Kontrolle/Qualitätssicherung auf der Baustelle besprochen. Falls der angegebene Messwert auch messtechnisch erreicht wird, so führt dies zu einer Verbesserung der rechnerisch im PHPP ermittelten Heizenergiekennzahl um $1.1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ auf $14.4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.



Ausführung der Luftdichtanschlüsse zwischen altem Stahlbetonfassadenbestand und vorgehängter Holzriegelkonstruktion im Parapet-, Säulen und Unterzugsbereich

5.2.2.4 Dämmung Bodenplatte, Grundwassersituation

Das ursprüngliche Konzept einer sehr dünnen Dämmung auf der bestehenden Bodenplatte führte zu einer hohen Abhängigkeit von der Grundwassersituation (Grundwasser direkt unter dem Gebäude) und den Temperaturverhältnissen im ca. 50 bis 70 cm hohen „unkontrollierten“ Hohlraum unter der Bodenplatte. Diese Situation wurde mit 2 Annahmen („worst case“ – Korrekturfaktor 0.85 und „Standard“ – Korrekturfaktor 0.5) einberechnet, wobei für den Entwurf unter Einbeziehung von Sicherheiten noch vom „worst case“ ausgegangen wurde.

Mit der Ausführung konnte die technische Möglichkeit der vollständigen Dämmung des Hohlraumes unter der Bodenplatte abgeklärt und durchgeführt werden, sodass zur Berechnung nunmehr der „Standardfall“ mit Korrekturfaktor 0.5 herangezogen wurde und lediglich für die Perimeter – Wärmebrückensituation ein Korrekturfaktor von 0.85 berücksichtigt wurde. Es ergab sich damit eine Reduktion der Heizenergiekennzahl auf $13.1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ bei $nL50 = 0.4/h$ und $14.1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ bei $nL50 = 0.6/h$.

5.2.2.5 Außenwand – Bestand: Reduzierung Wärmebrücke Stahlbetonstütze



Die im Vergleich zu Vorprojekt/Entwurf erfolgte Überdämmung der Stahlbetonstützen Bestand mit 15 cm Wärmedämmung statt 2 – 5 cm Spezialdämmung wurde in den o.a. Berechnungen bereits berücksichtigt.

5.2.3 Qualitätssicherung Passivhauskriterien während der Bauausführung

Die Passivhauskriterien wurden über den gesamten Bauprozess laufend überprüft. Im Folgenden beispielhafte Maßnahmen, die im Rahmen der Qualitätssicherung eingefordert und umgesetzt wurden:

- Luftdichtigkeitsmessung: Nach erster Testmessung wurden überhöhte Leckageraten der Dachhochzüge/ Fensteranschlüsse festgestellt – Nachbesserungen Luftdichtigkeit sind zu erbringen und Nachweis des Wertes nach Vorgabe GKK nachzuliefern
- Kunstlicht - Stromverbrauch: Installierte Lichtleistung ist innerhalb Planungsvorgabe teamgmi ($<12\text{W}/\text{m}^2$); Kunstlichtregelung Klassen: EIN Manuell über Lichtschalter (kein Taster) durch Lehrpersonal; AUS über kombinierten Anwesenheits-/ Lichtsensor bei Überschreiten 300lx. Um eine passivhaustaugliche Lösung zu erhalten, muss das Lehrpersonal angewiesen werden, sobald der Präsenzmelder das Licht ausschaltet, den Lichtschalter zurückzusetzen. (In der Praxis wird der Schalter nicht zurückgestellt, der Präsenzmelder funktioniert wie ein „Vollautomat“, d.h. wesentlich höherer Stromverbrauch). Es wird nur die Fensterreihe automatisch abgeschaltet, nicht die Tafelbeleuchtung, nicht restlichen Lichtbänder. Ein niedrigerer, passivhaustauglicher Kunstlichtstromverbrauch ist nur bei einer optimalen Bedienung durch die Lehrer möglich! Bestätigung AN Elektro/ Fa. Schneeberger über Schaltpunkt der Präsenzföhler (300lx Standardklasse, 500lx Abendklassen, Werken, etc.) ist vorzulegen (Bestandsunterlagen).
- Sonnenschutzregelung/ EIB: Derzeitige Parametrierung: EIN: Einstrahlung in Orientierung Fassade $>40.000\text{lx}$ ($440\text{W}/\text{m}^2$) AUS: Einstrahlung in Orientierung Fassade $<15.000\text{lx}$ ($165\text{W}/\text{m}^2$). Diese Schwellwerte sind im praktischen Betrieb zu testen und zu optimieren (Frühjahr/Sommer 2008) – Angebot AN Elektro vorzulegen. Jahreszeitliche Freigabe Automatik ist durch Schulwart zu leisten. Alternativ wäre Außentemperatur- Schwellwert $10^\circ\text{C} + \text{Hysterese}$, zusätzlich differenziert nach Fassadenorientierung (Süd - Schwellwert niedriger, Nord höher), für Aktivierung/ Deaktivierung Sonnenschutz möglich. Als Blendschutz/ Verdunkelung ist Sonnenschutz ganzjährig manuell übersteuerbar. Endposition

Automatikbetrieb- EIN Sonnenschutz wird festgelegt mit 80% Höhenlage (100% wäre völlig geschlossen) und 70% Drehstellung. Hintergrund: Spalt unterhalb auf Parapethöhe verbessert Tageslichteintrag wesentlich, Drehstellung ist so zu setzen, dass oberes Lamellenpaket waagrecht steht → TL- Lenkung an Decke. Diese Einstellwerte sind im praktischen Betrieb zu testen und zu optimieren (Frühjahr/Sommer 2008) – Angebot AN Elektro vorzulegen

- Nachtlüftung/ nachzurüsten: Türverriegelung in Spaltposition, Temperaturfühler Raumtemperatur, Ansteuerung/ Programmierung EIB
- Nachtlüftung/ Ausstattung Messfühler: Möglichst jede Klasse wird mit EIB-RT-Fühler (Anzahl der Fühler zu bemessen nach Kapazität bestehender 2 EIB- Linien ausgestattet), da sonst einzelne zuwenig/ zuviel gekühlt werden. Funktionsweise: Jahreszeitliche Freigabe Nachtlüftung für Sommerhalbjahr durch Schulwart über EIB Programmierung, Zeitfenster Tageszeit 20:00-07:00Uhr, Türschnapper zur Verriegelung in Spaltposition (Überströmung) werden täglich nach Betriebsschluss aktiviert (Schulwart); Bei Raumtemperatur >23°C und Außentemperatur <21°C wird Prozedur Nachtlüftung aktiviert: RWA Klappen Atrium öffnen/ ev. vorhandener Wärmestau unter Atriumdach wird für 15 min abgelüftet Lüftungsgeräte Klassen starten anschließend im Abluftbetrieb, Bei Raumtemperatur in Klasse unter 18°C wird Lüftungsgerät betreffender Klasse wieder abgeschaltet, Bei Unterschreiten 18°C in letzter Klasse oder Ende Zeitfenster wird RWA geschlossen. Die Schwellwerte sind im praktischen Betrieb zu testen und zu optimieren.

5.3 Heizung, Lüftung, Kühlung, Sanitär

5.3.1 IST Stand Herstellkostenberechnung Heizung, Lüftung, Kühlung, Sanitär

Kostenberechnung Entwurf Heizung, Lüftung, Kühlung, Sanitär HLKS. Vergleich mit Vorprojekt/ Konzeptfindungs-Studie im Rahmen „Haus der Zukunft“.

Kostengruppe	Kosten netto Entwurf 4.950m ² NGF [€]	Kosten netto Vorprojekt bzw. Passivhausstudie 4.950m ² NGF [€]	Bemerkung -Vergleich Entwurfsplanung mit Vorprojekt
Sanitäranlage PTS	60.704	60.704	noch nicht im Detail weitergeplant.
Sanitäranlage HS	110.495	110.495	noch nicht im Detail weitergeplant.
Lüftung PTS	147.263	137.662	aktualisiert auf Planstand
Lüftung HS	263.945	246.544	Küchenlüftungsanlage + Konferenzraumlüftungsanlage NEU
Heizung HS + PTS + MSR-Anlage	106.400	110.400	aktualisiert auf Planstand
Gesamt absolut	688.807 € netto	665.828 € netto	
Gesamt spezifisch	139 €/m ² (NGF) netto	134,5 €/m ² (NGF), netto	

Tab. 8: Vergleich Kostenberechnung Entwurf Heizung, Lüftung, Kühlung, Sanitär HLKS

5.3.2 Heizung

5.3.2.1 Wärmeerzeugungsanlage



Im Zuge der vorangegangenen Studie wurden die Systeme Holzpelletsanlage und Erdgasanlage als Wärmeerzeuger auf ihre Betriebswirtschaftlichkeit und ökologischen Auswirkungen hin untersucht und verglichen.

Die folgende Grafik stellt noch einmal die Ergebnisse der Studie zusammen gefasst dar.

Die Entscheidung seitens der Stadt-gemeinde Schwanenstadt, fiel für die Holzpelletsanlage.

Gegenüberstellung Holzpelletsanlage und Erdgasanlage aus Konzeptfindungs-Studie im Rahmen des Förderprogramms „Haus der Zukunft“

Herstellkosten ohne Berücksichtigung von Förderungen, Betriebskosten Energieverbrauch, Wartung und Instandhaltung, CO₂-Emissionen.

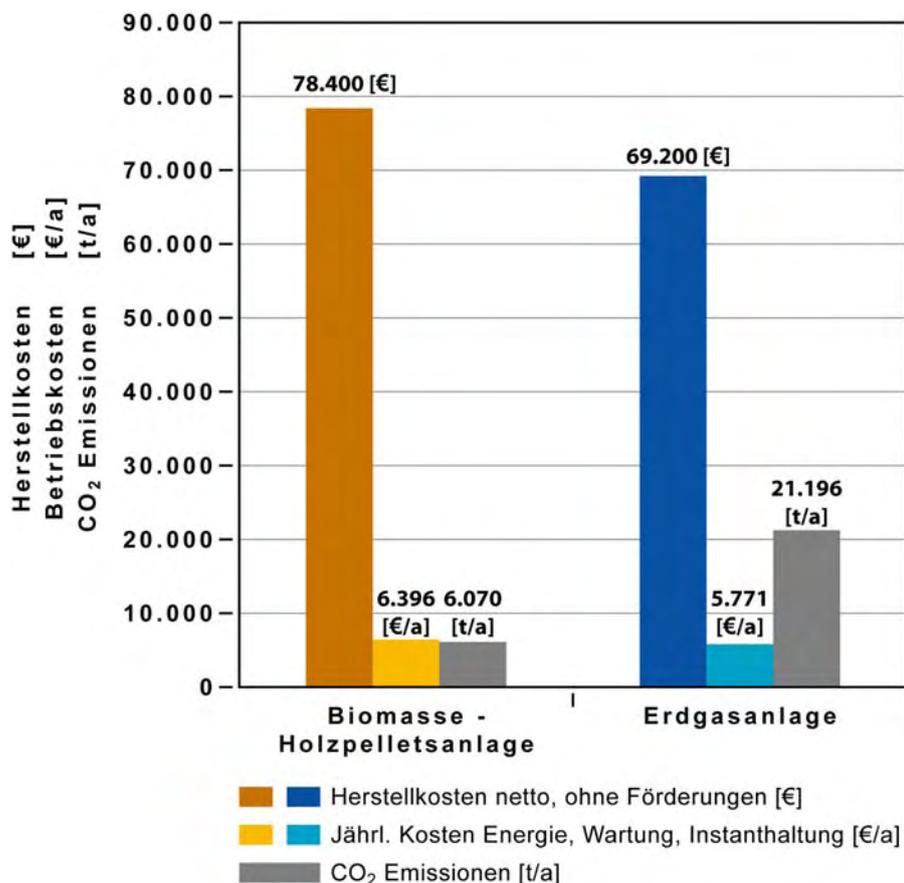


Abb. 55: Kostengegenüberstellung Holzpellets- und Erdgasanlage

Ausgeschrieben wurde ein Pelletskessel– Nennheizleistung 110 kW

Emissionswerte:	
Staub	< 150mg/Nm ³
NOx	< 250mg/Nm ³
C organ	< 20mg/Nm ³

5.3.2.2 Heizraumbelüftung

Größe: 600 cm² gesamt

Die Heizraumbelüftung erfolgte über ein Lüftungsgitter direkt ins Freie. Die Umfassungsbauteile des Heizraumes wurden brandbeständig ausgeführt

5.3.2.3 Kaminanlagen

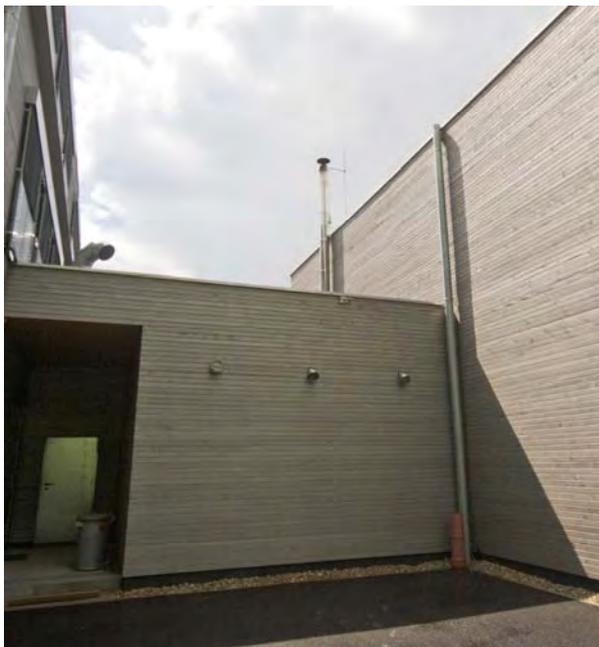
Durchmesser 200 mm,

Die Kaminanlage für den Pelletskessel wurde als außenstehende Edelstahlkaminanlage neu errichtet. Sie wurde an der Außenwand der Turnhalle (am Heizraum angrenzend) aufgestellt und über Dach geführt. Ausführung: zweischaliger Kamin aus V4A 1,0 mm Wandstärke, 50mm Dämmung und Mantelrohr aus Edelstahl geprüft und amtlich zugelassen. Vor Inbetriebnahme wurde ein Kaminattest des zuständigen Rauchfangkehrers vorgelegt.

5.3.2.4 Wärmebedarf Bestand und Erweiterung

Zur Beheizung der Gesamtanlage samt Turnsaal werden ca. 170 MWh/a benötigt. Die Wärmebereitstellung wird zu 100% durch Biomasse (Holzpellets) abgedeckt, wodurch eine Brennstoffmenge von ca. 65 Srm pro Jahr erforderlich ist.

5.3.2.5 Brennstofflager Bestand und Austragungstechnik



Das bestehende Brennstofflager hat ein Nutzvolumen von ca. 35m³. Der oben prognostizierte Brennstoffbedarf erfordert somit eine maximal zweimalige Befüllung je Betriebsjahr.

Die Anlieferung der Pellets erfolgt mit Silo-Tankwagen des Lieferanten, und die Befüllung der Lagerräume wird pneumatisch mittels Gebläse vom Tankwagen aus vorgenommen.

Während des Befüllvorganges kann sich im Pelletslagerraum ein explosives Staub-Luftgemisch bilden. Durch mehrfaches Befüllen während der Betriebsjahre bildet sich durch den Abrieb Staub, der im Lagerraum angesammelt wird.

Unter bestimmten Voraussetzungen und in Verbindung mit einer Zündquelle ist die Gefahr einer Verpuffung bzw. Explosion gegeben. Es wird daher danach getrachtet, dass möglichst alle Zündquellen ausgeschaltet werden. Somit kann auf

Druckentlastungsöffnungen verzichtet werden. Während des Befüllvorgangs wird die Rückluft mittels eines Ventilators abgesaugt. Dabei wird darauf geachtet, dass möglichst ein Unterdruck im Lagerraum entsteht, damit kein Staub aus dem Lagerraum austritt. Dies kann mitunter bei nicht rechtzeitig außer Betrieb gesetzter Heizungsanlage dazu führen, dass Glut aus dem Heizkessel in den Lagerraum gesaugt wird. Vor dem Befüllen des Pelletslagerraumes ist daher die Heizungsanlage zeitgerecht abzuschalten. Die Metallteile des Pelletslagerraumes, das Füll- und Abluftrohr sowie die Pelletsfördereinrichtungen sind mit einem Potentialausgleich geerdet.



Die Brennstoffaustragung wird mit, dem Kesselfabrikat zugehörigen, Förderschneckenelementen bewerkstelligt. Die Pellets gelangen über die Rückbrandsicherungen (Zellradschleuse/Löscheinrichtung) zum Brennraum des Kessels.

Die Einschubschnecke schiebt das Brennmaterial in den Feuerungsblock. Die Primärluft wird dem Glutstock zugeführt. Die entstehenden Schwelgase gelangen in die Ausbrandzone, wo sie mit Sekundärluft, die von einem separaten Ventilator eingeblasen wird, vermischt und ausgebrannt werden.

Der gesamte Beschickungs- und Verbrennungsablauf wird von einer Microprozessor-Steuerung mit O₂-geführter Feuerungsoptimierung leistungsabhängig modulierend geregelt.

5.3.2.6 Ascherückstände

Die anfallenden Ascherückstände (Gemisch von Grob- und Feinasche) werden automatisch aus der Feuerungsanlage ausgetragen, in einem geschlossenen Metallbehälter mit dicht schließendem Deckel gesammelt und der Entsorgung zugeführt.

5.3.2.7 Wärmeverteilung, Wärmeabgabe an die Räume

Die Wärmeverteilung erfolgt für die PTS und die HS, beginnend vom Heizraum, getrennt in zwei Verteilsträngen. Im Altbau erfolgt die Verteilung zum Großteil über die bestehenden Sanitärschächte, wobei im EG eine horizontale Ringleitung an der Decke gelegt wurde und von dort die Leitungen jeweils vertikal in die Klassen geführt wurden.

Die Wärmeabgabe erfolgt über eine thermostatisch regelbare Radiatorenheizung. Durch die gute thermische Gebäudequalität und die kontrollierte Be- und Entlüftung ist ein Heizkörper pro Klasse ausreichend, welcher nicht direkt vor der Verglasung platziert werden musste. Die HK wurden meist in unmittelbarer Nähe der Vertikalschächte angebunden.

5.3.2.8 Heizgruppen/Wärmemengenzählung

Für alle drei Bereiche (PTS, HS, Turnhalle) wurde jeweils ein Wärmemengenzähler zur Verbrauchserfassung vorgesehen. Der Heizungsverteiler

befindet sich im Heizungsraum und besteht aus zwei außentemperaturgeführten Heizgruppen (1x Heizkörper; 1x Lüftungsheizregister).

5.3.2.9 Warmwasserbereitung/Solaranlage

Die Warmwasserbereitung erfolgt für die zentralen Zapfstellen, welche im Nahbereich des Heizungswarmwasserspeichers situiert sind, über die Heizungsanlage, d.h. über den zentralen Heizungskombispeicher. Eine Zirkulationsleitung wird parallel zu den Zapfstellen geführt. Die Regelung der Zirkulationsleitung erfolgt über eine Zeitschaltuhr. Zapfstellen: Lehrküche EG, Sozialraum EG, Arzttraum EG, Putzräume HS EG-2.OG, textiles Werken, Behinderten-WC EG-2.OG, Schulwart EG. Für die Nebenräume Turnhalle erfolgte ebenfalls ein Neuanschluss an die neue Warmwasserbereitung.

Räume und Klassenzimmer, die weiter entfernt sind, waren davon ausgenommen und erhielten dezentrale elektrisch beheizte Druckspeicher. Dies betraf die Duschräume und Waschröge im Bereich Werkstatt PTS (120 Liter-Druckspeicher), den Putzraum der PTS (50 Liter Druckspeicher) und den Sozialraum der PTS (Kleinspeicher in Teeküche). Die Aufheizzeit der elektrischen Speicher wird über Zeitschaltuhren geregelt, um ein unnötiges Aufheizen und Abkühlen im Nichtschulbetrieb zu verhindern.



Sämtliche Waschtische in den Klassenzimmern und Sanitärräumen erhielten keinen Warmwasseranschluss.

Optional wird eine Solaranlage mit ca. 15 m² Fläche vorgehalten. Hierzu wird der Pufferspeicher bereits mit einem Solarwärmetauscher ausgestattet und die Rohrleitungen aufs Dach vorgesehen. Die Solarmodule werden nicht installiert. Hier ist geplant, dass im Rahmen der laufenden Schulausbildung an der Polytechnischen Schule die Schüler selbst thermische Solarkollektoren anfertigen, und am Dach auf eine Ständerkonstruktion montieren und anschließen. So werden die Schüler aktiv in die Gesamtkonzeption mit einbezogen, womit auch eine starke Identifikation mit der eigenen Schule entstehen soll.

5.3.3 Lüftung

5.3.3.1 Lüftungsanlagen Schulklassen

In der vorangegangenen Studie wurden 3 Lüftungsvarianten miteinander verglichen. Aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse im Erschließungsbereich stellte sich die Variante dezentrale Lüftungsanlagen als die am besten praktikable heraus.

5.3.3.2 Kurzbeschreibung:

Die Be- und Entlüftung erfolgt über dezentrale Lüftungsgeräte mit variabler Luftmenge von 100 bis 500 m³/h pro Klassenraum. Für größere Bereiche wurden zwei Geräte oder Geräte mit einer höheren Luftmenge gewählt. Kleinere Räume mit einer Belegung von ein bis zwei Personen werden über kleine Komfortlüftungsgeräte be- und entlüftet. Jedes Gerät ist mit einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung (80 – 90%) sowie stufenlos geregelten Gleichstromventilatoren ausgestattet. Die Außenluft- und Fortluft wird pro Raum direkt an die Außenwand geführt und dort über Gitter angesaugt bzw. ausgeblasen. Hierzu wurde ein entsprechendes haustechnisch und konstruktiv funktionierendes Fassadendetail entwickelt und ursprünglich in einer „Musterklasse“ getestet und dargestellt.

Zuluft- und Abluftkanalnetz sowie Schalldämpfer sind, ebenso wie die WRG-Einheit, die energieeffiziente Ventilatoren und die Regelung bereits im Gerät integriert und wurden nicht auf der Baustelle hergestellt. Sämtliche über dezentrale Geräte erschlossene Räume erhielten jeweils Zuluft- und Abluftauslässe in Abstimmung mit der innenarchitektonischen Integration der Lüftungsgeräte in den Klassenräumen.

Bei der Gerätebeschreibung wurde gesondert auf niedrige Schalleistungspegel (Gehäuseabstrahlung <38db(A), Schalleistung an den Luftaustrittsstutzen <45dB(A), Schalleistung am Luftauslass <30dB(A)), einen hohen Wärmebereitstellungsgrad (> 80%), sparsame Gleichstromventilatoren (<0,4W/m³ geförderter Luft), eine intelligente Luftmengeregelung (CO₂- oder feuchtegeführt) sowie eine kompakte Bauweise (Anforderungen Architektur im Raum) geachtet.



Stromverbrauch für den Lüftungsbetrieb

Die Leistungsaufnahme sind ca. 130 W pro Gerät.

Vorbehaltlich der effektiven Messwerte aus dem laufenden Messprogramm durch die AEE kann der Stromverbrauch für den Lüftungsbetrieb wie folgt angenommen werden: [Verbrauch = Leistung mal Betriebsstunden]

Da die Anlagen Luftfeuchte gesteuert sind, und daher nur bei Schulbetrieb in Abhängigkeit der Luftmenge von der Klassenbelegung laufen kann von ca. 40 Stunden/Woche und ca. 37 Wochen/Jahr Betriebszeit ausgegangen werden, woraus ein Verbrauch von knapp 190 kWh/Klasse bzw. Gerät resultiert. Für die Frostfreihaltung kommen je nach Winterhärte 50 bis 120 kWh/a dazu.

Im Mittel ergeben sich ca. 270 kWh pro Klasse bzw. Gerät.

Nachdem in der ganzen Schule 45 derartige Geräte installiert sind ergibt das einen Gesamt Stromverbrauch von 12.150 kWh/a für alle Schulklassen Lüftungsgeräte zusammen.

Zudem sind noch weitere 2 große Troges und 7 kleine Meltem Lüftungsgeräte für Spezialnutzungen in Verwendung, welche auf einen zusätzlichen Stromverbrauch von ca. 2.200 kWh/a kommen.

Für die gesamte Schulanlage mit 6.214 m² Nutzfläche resultiert mit einem Gesamtstromverbrauch von 14.350 kWh/a **für die mechanische Be- und Entlüftung ein Stromverbrauch von 2,30 kWh/m²a.**

Gerätebeschreibung „aeroschool“

drexel und weiss energieeffiziente haustechniksysteme GmbH

Gehäuse

Das Grundgehäuse besteht aus doppelschaligen, mit faserfreiem Weichschaum gedämmten Stahlblechplatten. Die äußeren, sichtbaren Teile sind pulverbeschichtet.

Revision

Alle Einstellungen, Wartungs- und Servicearbeiten können über den frontseitigen, verschraubten Revisionsdeckel durchgeführt werden. Der Revisionsdeckel ist zweigeteilt. Für den Filterwechsel oder zum Einstellen der Luftmenge muss nur der obere Teil geöffnet werden. Zum Herausnehmen des Plattenwärmetauschers bzw. Einbau einer Sommerbox muss der komplette Revisionsdeckel entfernt werden.

Ventilatoren

Die Lüftungsgeräte sind mit volumenstromkonstanten Gleichstromventilatoren mit höchsten Wirkungsgraden ausgestattet. Für die Wärmerückgewinnung aus der Abluft wird ein Kreuz-Gegenstrom- Plattenwärmetauscher verwendet. Die Lamellen im Tauscher bestehen aus Aluminium mit 0,1 mm Stärke. Das Gehäuse besteht ebenfalls aus Aluminium.

Kondensatwanne

Im Wärmetauscher entstehendes Kondensat wird im Bodenbereich in einer Kondensatwanne aufgefangen und über einen Schlauchanschluss im Bodenbereich abgeführt.

Filter

Unmittelbar nach dem Lufteintritt ins Gerät sind im Außenlufttrakt ein Feinstaubfilter F7 und im Ablufttrakt ein Feinstaubfilter F5 angeordnet.

Sommer-Bypass

Für die Umgehung des Plattenwärmetauschers (Sommer-Bypass) steht als Zubehör eine Sommerbox zur Verfügung. Diese wird anstatt des Plattenwärmetauschers eingebaut.

Außenluftvorwärmung

Der Aufstellort muss aufgrund des entstehenden Kondensats frostfrei sein (Umgebungstemperatur +5 bis +40 °C).

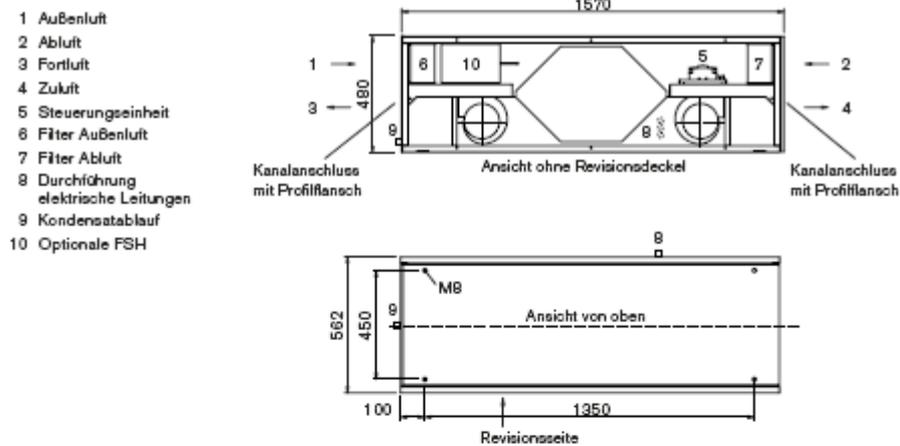
Um das Einfrieren des Wärmetauschers zu verhindern, kann – alternativ zum Einsatz eines Erdreich-Wärmetauschers – optional eine elektrische Vorwärmung direkt ins Gerät eingebaut werden. Auch das Nachrüsten ist problemlos möglich.

Technische Daten

Allgemeine Daten Netzversorgung	.230 VAC / 50 Hz
Empfohlene Vorsicherung	16 A
Nennluftmenge	.400 m ³ /h
max. Luftmenge bei 100 Pa extern	.500 m ³ /h
Wärmebereitstellungsgrad	.85–93%
Max. Leistungsaufnahme der Ventilatoren (total)	.250 W
Max. Leistungsaufnahme der elektrischen Vorwärmung	.2400 W
Schalleistungspegel bei Nennluftmenge und 100 Pa extern:	
Gehäuse	35 dB(A)
Wärmerückgewinnungsgrad nach VDI 2071 bei Nennvolumenstrom	.85%

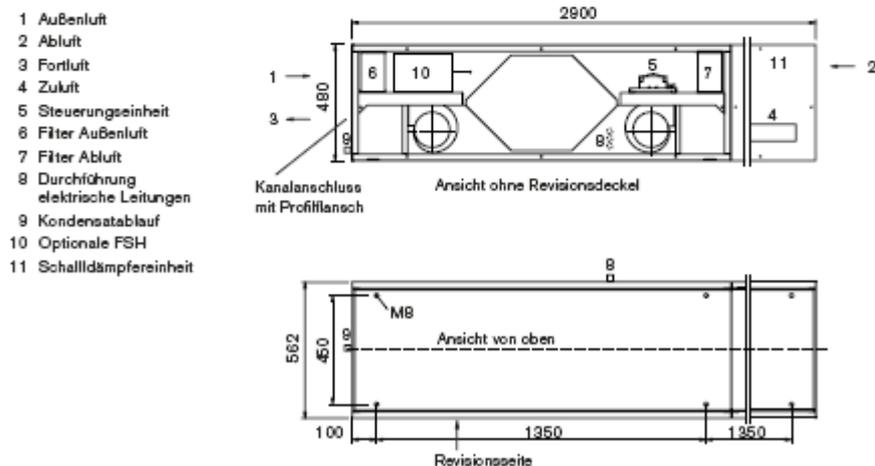
Geräteansicht aerosilent business

Die Abbildung zeigt die Rechtsausführung des Gerätes. Bei der Linksausführung sind die Luftanschlusssutzen sowie der Kondensatablauf gespiegelt.



Geräteansicht aeroschool

Die Abbildung zeigt die Rechtsausführung des Gerätes. Bei der Linksausführung sind die Luftanschlusssutzen sowie der Kondensatablauf gespiegelt.



5.3.3.3 Luftführung, Luftkanalnetz

Die Außen- und Fortluft wird pro Raum direkt an die Außenwand geführt und dort über Gitter angesaugt bzw. ausgeblasen. Ein entsprechendes haustechnisch und konstruktiv funktionierendes Fassadendetail war zu entwickeln.

Zuluft- und Abluftkanalnetz sowie Schalldämpfer waren genauso wie Wärmerückgewinnungseinheit, energieeffiziente Ventilatoren und dezentrale, individuelle Klassenraumlüftungsregelung im Gerät bereits integriert und nicht auf der Baustelle herzustellen.

Sämtliche über dezentrale Geräte erschlossene Räume erhielten jeweils Zuluft- und Abluftauslässe in Abstimmung mit der innenarchitektonischen Integration der Lüftungsgeräte in den Klassenräumen.

Ein Erdkollektorsystem zur Außenluftvorwärmung im Winter bzw. Zuluftkühlung im Sommer entfiel, da die Erschließung in die einzelnen Räume nicht wirtschaftlich ausgeführt werden kann.

5.3.3.4 Vorteile, - Nachteile der dezentralen Lüftung

- + Einfache klassenweise Auslegung, modulweise Anwendbarkeit.
 - + Geringer Koordinationsaufwand in Planung und Realisierung der Gebäudelüftung insbesondere im Gebäudeinneren: keine größeren Steigschächte, keine horizontale Luftverteilung über die Abhängedecke mit Kreuzung der Unterzüge, keine Detailabstimmung Lufteinbringung in die Klassen vom Gang und Überströmöffnungen aus den Klassen.
 - + Einfache klassenraumspezifische Regelung: keine aufwändige zentrale Lüftungsregelung über Volumenstromregler, hohe Flexibilität im Betrieb gemäß der klassenspezifischen Nutzung, gute Einstellbarkeit der raumspezifisch notwendigen Luftmenge ohne lufthydraulischer Abhängigkeit von einem größeren zentralen oder semizentralen Luftkanalnetz.
 - + Sehr kurzes Luftkanalnetz, geringer Aufwand für hygienische Überprüfungen.
-
- Aufwändiges Fassadendetail für die Außenluftansaugung und Fortluftausblasung über die Fassade zu entwickeln, welches allen Anforderungen hinsichtlich Akustik, Lüftungsquerschnitten, Kondensatvermeidung, Luftdichtigkeit, Fassadendämmeigenschaften, Vermeidung von höheren Fortluftanteilen in der Zuluft etc. genügt.
 - Kein Rotationswärmetauscher -> allgemein trockenere Raumluft in den Klassen im Winter.
 - Aufwändigere Kondensatentwässerung für die dezentralen Lüftungsgeräte.
 - Höherer Wartungsaufwand durch die Filterwechsel pro Gerät.
 - Höherer Aufwand für eine ausreichend geringe Schallbelastung in den Klassen, da die Ventilatoren direkt im Raum montiert sind.
 - Höheres Risiko von Kälteerscheinungen durch zu kalte Zuluft z.B. aufgrund von sehr kalten Außenluftbedingungen, verschmutzten/nicht gewechselten Abluftfiltern, Geräteregeleungsfehlern.
 - Keine Außenluftkühlung im Sommer z.B. über Erdwärmetauscher, damit höhere Raumtemperaturen im Sommer bei sonst gleichem Gebäudeklimakonzept im Vergleich zur (semi-)zentralen Lüftung.

Die nachfolgenden Plandarstellungen zeigen die Lüftungsintegration der dezentralen Lüftung in der geplanten Sanierung Schule Schwanenstadt beispielhaft am Grundriss PTS und am 1.OG HS2 (andere Geschosse analog).

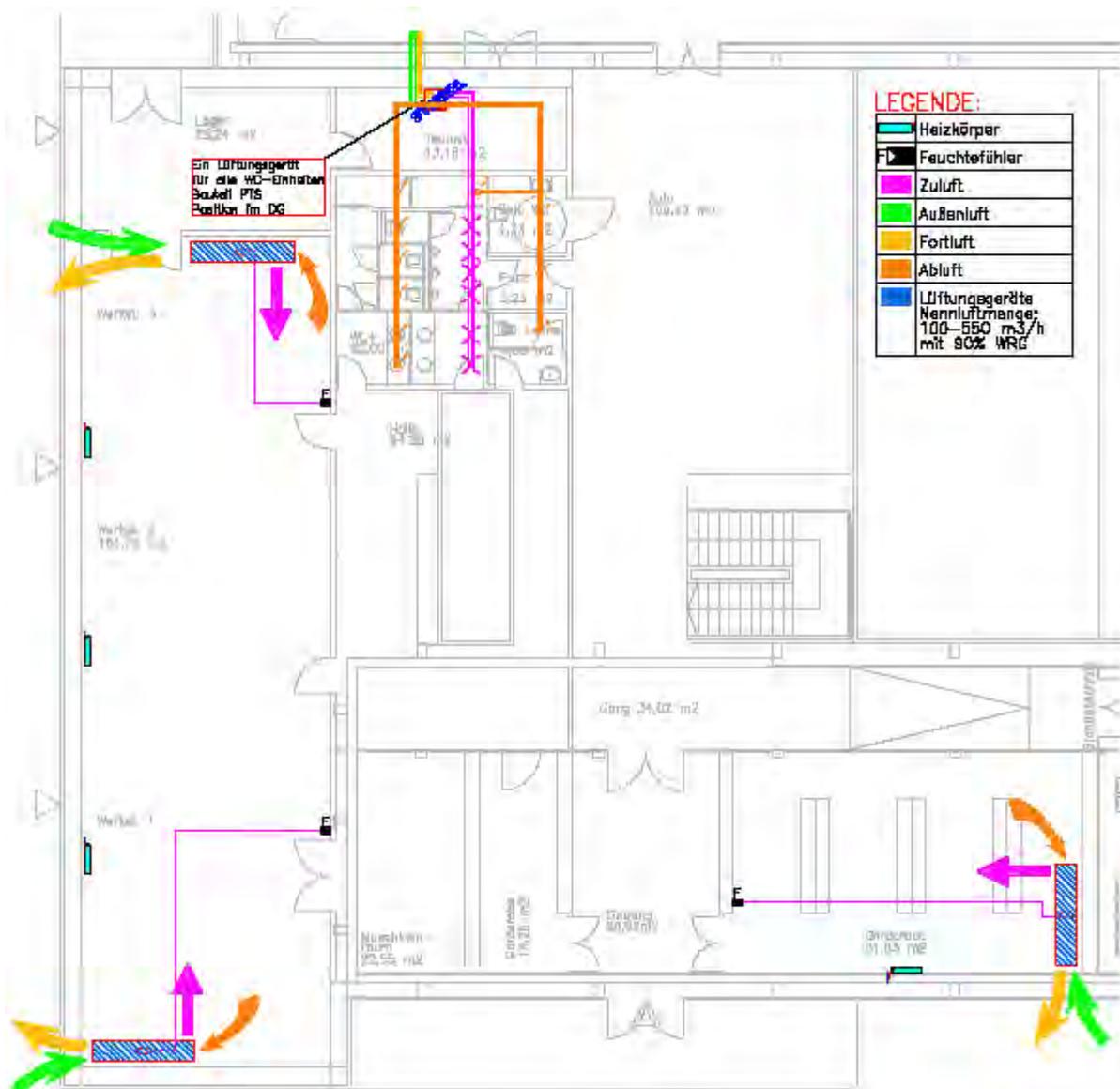


Abb. 56: Prinzipdarstellung dezentrale Lüftung Grundriss PTS EG

Ein haustechnisch und konstruktiv funktionierendes, modulweise anwendbares Fassadendetail für die Außenluftansaugung und die Fortluftführung über die Fassade war im weiteren Planungsverlauf im Detail zu entwickeln.



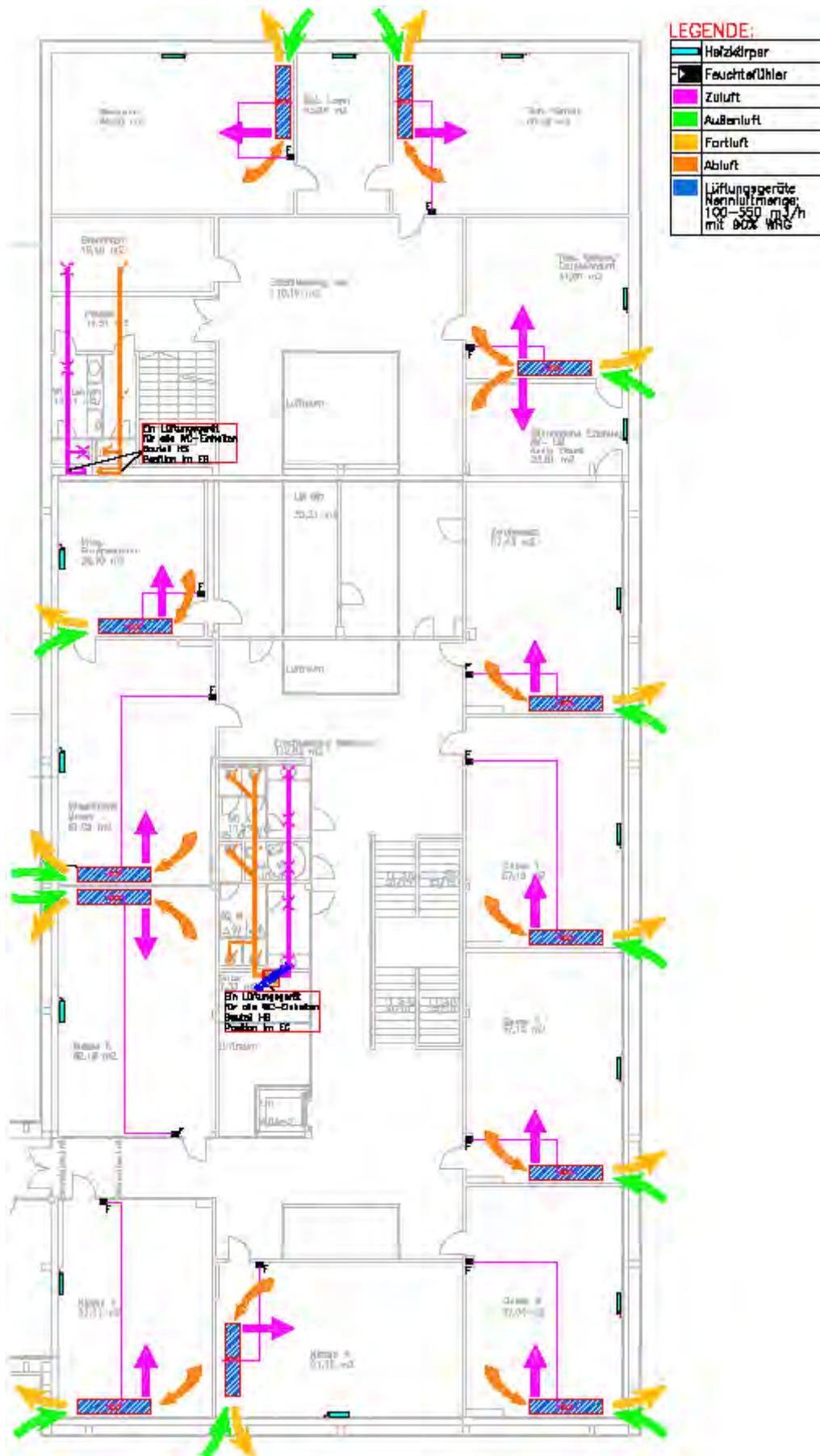


Abb. 57: Prinzipdarstellung dezentrale Lüftung Grundriss HS 2 OG

5.3.3.5 Lüftungsanlagen Sonderräume

Die Be- und Entlüftung von Sonderbereichen wie z.B. Garderobe EG, Werkräume (z.T. mit Lagerraum) und innen liegende Lehrmittelräume (1.OG/2.OG), erfolgte ebenfalls über dezentrale Lüftungsgeräte mit variabler Luftmenge von 100 bis 500 m³/h und den selben Einbauteilen (hohe WRG, DC-Ventilatoren). Entgegen der Klassenlüftungsgeräte wurden pro Gerät etwas größere Flächen be- und entlüftet und ein zusätzliches Zu- und Abluftkanalnetz mit separaten Lüftungsgittern installiert. Die Be- und Entlüftung erfolgt über dezentrale Lüftungsgeräte mit variabler Luftmenge von 100 bis 500 m³/h pro Klassenraum. Für größere Bereiche wurden zwei Geräte oder Geräte mit einer höheren Luftmenge gewählt. Kleiner Räume mit einer ein bis zwei Personenbelegung werden über kleine Komfortlüftungsgeräte be- und entlüftet. Jedes Gerät ist ausgestattet mit einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung (80 – 90%) sowie stufenlos geregelten Gleichstromventilatoren. Die Außenluft- und Fortluft wird pro Raum direkt an die Außenwand geführt und dort über Gitter angesaugt bzw. ausgeblasen. Ein entsprechendes haustechnisch und konstruktiv funktionierendes Fassadendetail wurde im Zuge der Entwurfsplanung entwickelt.



Abb. 58: Be- und Entlüftungsausführung in der Werkstätte mit höherem Luftbedarf

Zuluft- und Abluftkanalnetz sowie Schalldämpfer sind genauso wie Wärmerückgewinnungseinheit, energieeffiziente Ventilatoren und dezentrale, individuelle Klassenraumlüftungsregelung im Gerät bereits integriert und nicht auf der Baustelle herzustellen.

Sämtliche über dezentrale Geräte erschlossene Räume haben jeweils Zuluft- und Abluftauslässe in Abstimmung mit der innenarchitektonischen Integration der Lüftungsgeräte in den Klassenräumen erhalten.

5.3.3.6 Lüftung WC-Einheiten



Die WC-Anlagen werden in beiden Baurakten über je ein separates, jeweils im 2.OG montiertes, Lüftungsgerät be- und entlüftet.

Die Geräte sind identisch zu den Geräten „Sonderräume“ mit variabler Luftmenge von 100 bis 500 m³/h.

Die Rohrführung der Sanitärbelüftung erfolgt über vertikale Steigschächte und in den abgehängten Decken der Sanitärbereiche.

5.3.3.7 Lüftung Lehrküche/Schülerausspeisung

Die Grundbe- und entlüftung der Lehrküche der Hauptschule II erfolgt ebenfalls über ein eigenständiges Gerät mit 100- 500m³/h. Das Gerät entspricht den Passivhausanforderungen und ist baugleich zu den Geräten „Sonderräume und „WC-Einheiten“. Im Abluftkanalnetz wurden Gitter mit Fettfiltervlies eingesetzt.

Für den Kochbetrieb wurden über den Herdarbeitsplätzen zwei Umlufthauben mit je ca. 500-700m³/h Luftleistung mit Metallfettfilter installiert. Die Hauben können über einen zentralen Schalter aktiviert werden.

Im Bereich der Essensausgabe „Schülerausspeisung“ wurden in das Abluftkanalnetz ebenfalls Gitter mit Fettfiltervlies eingesetzt.



5.3.3.8 Lüftung Konferenzraum/Sozialraum

Der Konferenzraum im EG sowie die angrenzenden Nebenräume werden über ein eigenständiges Gerät mit hochwertiger Wärmerückgewinnung und Gleichstromventilatoren versorgt. Das Gerät hat eine Nennluftmenge von 1500m³/h. Die Anlage ist so dimensioniert, dass in den Bereichen der Abluftführung durchaus auch geraucht werden kann, was vor allem im Sozialraum zu erwarten ist. Die Außenluftansaugung erfolgt über einen Luftansaugturm im EG, die Fortluftführung parallel dazu über einen Ausblasturm. Das Zuluft- und Abluftkanalnetz erfolgt sichtbar, bzw. in abgehängten Deckenbereichen EG. Im Zu- und Abluftkanalnetz sind Lineargitter oder Deckendrall Auslässe als Luftein- und Auslass integriert.

5.3.3.9 Lüftung Turnhalle und Garderoben

Die Turnhalle erhält keine eigenständige Be- und Entlüftungsanlage und wird natürlich über Fenster belüftet. Für die Nebenräume (Dusche, Umkleide) hingegen wurde eine neue, hochwertige Anlage vorgesehen. Die Anlage beinhaltet identische Anlagenteile und technische Daten zur Anlage „Konferenzraum/Sozialraum“.



5.3.3.10 Wartung Lüftungsgeräte

Wesentlich bei Lüftungsgeräten ist das ein regelmäßiger Filtertausch durchgeführt wird. Ein Filtersatz weist eine Standzeit von einem Jahr auf, und muss nur in speziellen Fällen (Bauphase, extrem hohe Pollenbelastung, o.ä.) vorzeitig gewechselt werden.

Je Lüftungsgerät ist je ein Filter F5 für die Abluft und ein Filter F7 für die Zuluft erforderlich, woraus sich jährliche Kosten für die Ersatzfilter von rund € 90,00 je Lüftungsgerät ergeben.

Insgesamt ist für die Schule mit jährlichen Ersatzfilterkosten von rund € 4.600.- zu rechnen.

5.3.4 Sanitäranlage

5.3.4.1 Abwasser-, Wasser-, Trinkwasseranlagen

Die Ver- und Entsorgung des Gesamtareals erfolgt über das öffentliche Leitungsnetz.

Schmutzwasser

Die Schmutzwasserentsorgung erfolgt z.T. über das bestehende Leitungsnetz (Grundleitungen). Die Fallrohre sowie sämtliche Einrichtungsgegenstände werden neu verlegt. Die Neuverrohrung erfolgt vorzugsweise mit geschweißten PEHD-Rohren. In den Fallsträngen wird schallgedämmtes Material (z.B. Gerberit db20) verwendet. Die Entwässerung erfolgt ins öffentliche Kanalnetz (Mischwasser).

Kalt- und Warmwassernetz

Das Kalt- und Warmwasserleitungsnetz wurde neu verlegt, d.h. auch die bestehenden Einrichtungsgegenstände wurden neu angeschlossen. Die Leitungsverlegung erfolgt im Altbau z. Großteil über bereits bestehende Schächte. Als Rohrmaterial wurde ein Mehrschichtverbundsystem (z.B. Geberit Mepla) eingesetzt.

Trinkwasseranschluss

Die Trinkwasserversorgung der Stadtgemeinde ist gewährleistet. Der Hauptleitungseinspeisepunkt und der Hausanschlussraum wurden in die neuen Technikräume um verlegt.

5.3.4.2 Sanitäreinrichtung

Keramik

Für die Keramikeinrichtungsgegenstände und Armaturen wurde ein „mittlerer Standard“ gewählt (Serien Laufen Pro, Laufen Colledge, Hansa Misch- und Einhandarmaturen).

Für den Küchenbereich wurden berührungslose Armaturen gewählt.

In den Werkstätten PTS und textiles Werken HS II wurden Edelstahlbecken mit 2-3 Wasserentnahmestellen situiert.

Die Putzräume erhielten Mehrzweckbecken aus Edelstahl sowie eine Edelstahl-Bodenwanne (60x60cm) mit Ablauf.



Accessoires

Papierhandtuchspender, Seifenspender, Spiegel, Ablage und Papierkorb wurden lediglich in den Sanitärbereichen, nicht in den Klassenräumen installiert. Es wurde keine speziell vandalensichere Ausstattung gewählt. An den Waschtischen wurde kein Warmwasseranschluss vorgesehen.

5.3.4.3 Dachentwässerung

Die Dachentwässerung erfolgt an der Außenwand über, im warmen Bereich geführte, PE-Abflussleitungen. Die Entwässerung erfolgt ins öffentliche Kanalnetz (Mischwasser).

5.3.5 Feuerlöschanlagen / Brandschutz

5.3.5.1 Löschleitung / nass

Die Löschleitung erfolgt in „nasser“ Ausführung und wurde an das öffentliche Trinkwassernetz angehängt. Die Situierung und Ausstattung der Wandhydranten erfolgte lt. den Erfordernissen des Brandschutzkonzeptes vom 6.12.2005.

5.3.5.2 Selbsthilfeeinrichtungen / Feuerlöscher

Die erforderlichen Einrichtungen wurden auf Basis des Brandschutzkonzeptes vom 6.12.2005 festgelegt und in einem Plan mit den eingezeichneten Brandabschnittszonen festgehalten.

5.3.5.3 Rauchabzug / Brandentrauchung

Die erforderlichen Öffnungsflächen wurden auf Basis des Brandschutzkonzeptes vom 6.12.2005 festgelegt und in den Ausführungsplänen festgehalten.

5.3.5.4 Brandabschottung Schächte HLKS

Die erforderliche Brandabschottung der HLKS Komponenten in den Geschossen, Schächten, Technik- und Sonderräume wurden auf Basis des Brandschutzkonzeptes vom 6.12.2005 festgelegt und im Ausführungsplan HLS festgehalten.

5.3.6 Kälteanlage

5.3.6.1 Computerräume/Serverraum

Aufgrund der Wärmelasten durch die EDV - Nutzung ist für Computerräume zur Vermeidung von Überwärmungen eine aktive Kühlung erforderlich. Alternativen über stark erhöhte Speichermassen, Luftführung, Nachkühlung und/oder PCM – Baustoffe wurden untersucht, jedoch aus Kostengründen bzw. aufgrund der konstruktiven Möglichkeiten im Bestand nicht mehr weiterverfolgt.

Zum Zweck der aktiven Kühlung wird der Einsatz von Split-Anlagen mit Inneneinheiten und Außenteil vorgehalten. Die Kühlung erfolgt im Umluftbetrieb. Die Außenteile wurden auf dem Dach situiert. Über das Außenteil können mehrere Innengeräte versorgt werden Außen- Innenteil(e) sind durch eine Kupfer-Kältemittelleitung (Dimension 6/16mm) miteinander verbunden. Als Kältemittel kommt i.d.R. R134 a zum Einsatz. Der maximale auftretende Schalldruckpegel am Außenteil (Kondensator) wird entsprechend den Auflagen beachtet.

5.3.7 Qualitätssicherung im Rahmen der Bauausführung

Die örtliche Bauaufsicht war mit der laufenden Qualitätssicherung der HLS-Anlagenerrichtung betraut. Im Rahmen der abschließenden Abnahmebegehung

vom 30.11.2007 wurden folgende Punkte in das Mängelprotokoll aufgenommen und zur Weiterverfolgung/ Erledigung angeführt:

- **Enddokumentation** ist in 3-facher Ausfertigung zu übergeben; Inhalt : Bedienungsanleitung, Regelung/ Beschreibung – Einstellwerte, Bestandspläne, Service-Adressen, Wartungsvorschriften, Anlagenbuch, Druckprobenprotokolle (Wasserleitungen, Heizung, Lüftung), Attest Lüftungsanlage
- Einschulung des Hauspersonals durchgeführt: Lüftung: erledigt; Heizung/Sanitär: noch offen, Termin mit Schulwart zu vereinbaren
- **Energiemonitoring/ Energiebuchhaltung** ist durch das Hauspersonal sicherzustellen
- Abklärung **RWA- Zuluftnachströmung PTS-** Aulabereich mit Behörde, diese Freigabe wurde bisher in keiner schriftlichen Form aufgrund der baulichen Änderungen (Glaswand) und der somit nicht möglichen Nachströmung wie ursprünglich geplant, erbracht und ist in weiterer Folge nochmals seitens Arch. / ÖBA in Verbindung mit der RWA Anlage abzustimmen bzw. freigeben zu lassen
- Folgende **Solltemperaturen** wurden aufgrund der Simulationsergebnisse angesprochen und hiermit nochmals festgehalten: Klassen 20°C, Absenkbetrieb bei Nichtbelegung der Schule nicht unter 18°C, - Turnsaal 16°C
- **Administratorraum PTS;** das ursprünglich gedachte Einzelraum-Lüftungsgerät sitzt aufgrund geänderter Raumnutzung (Raumnutzung wurde aus unerklärlichen Gründen mit einem Lagerbereich getauscht) im Nebenraum. Derzeit herrschen dort zu hohe Raumtemperaturen – ein „normaler“ Arbeitsablauf für den Administrator ist lt. Aussage des PTS- Direktors aufgrund der hohen Temperaturen nicht möglich. Ein Lösungsvorschlag (ev. 1 Stk. Einzelraum-Lüftungsgerät nachrüsten) ist zu prüfen und in weiterer Folge auszuführen

Heizungsanlage und Einbauten Sanitäranlage: offene Punkte, die in der Dokumentation nachzuweisen sind:

- Heizungsanlage entsprechend ÖNORM gefüllt und gespült, Druckprobenprotokolle entsprechend ÖNORM erstellt, Dokumentation Einstellwerte - Einregulierungsprotokoll Pumpen laut Auslegung eingestellt, Vordruck des Ausdehnungsgefäßes eingestellt
- Inbetriebnahmeprotokolle Heizungsanlage – Pelletkessel, Inbetriebnahme durch Hersteller durchgeführt
- Inbetriebnahmeprotokoll / Druckprobenprotokoll Hydrantenanlage, Nachweis / Abnahme Wandhydrantenanlage in Abstimmung mit der Abnehmenden Stelle – örtliche Feuerwehr

Lüftungsanlage: offene Punkte, die nachzuführen bzw. in der Dokumentation nachzuweisen sind:

- Inbetriebnahme durchgeführt – Inbetriebnahmeprotokoll, Filter nach Fertigstellung zu tauschen
- Luftmengenregulierung durchgeführt und protokolliert, Lüftungsgeräte, Luftaus- und -einlässe, Einregulierprotokolle erstellt, in Dokumentation beizulegen
- PTS – Zentralgerät Fabrikat Troges: Anschluss Frostschutzheizung elektrisch herstellen, Außenluft + Fortluft zu isolieren

- Luftqualität Klasse MHS 3M – Luftmenge bei Belegung nachmessen, Terminvereinbarung seitens Fa. Stadler mit den Beteiligten. Die Luftqualitätsmessung zeigt derzeit hohe Werte an, eine aktuelle Messung, der eingestellten Luftmengen ist daher notwendig
- WC-Herren, 2. OG HSII Kondensatbildung Lüftungskanal bzw. Lüftungsgerät, Isolierung Kondensatablauf prüfen
- Lüftungs-Zentralgerät Küche – Fabr. Troges HSII; Gerät oft auf Störung, Überprüfung durch Werkskundendienst zu veranlassen

5.3.8 Ergebnisse der Energiebuchhaltung/ Zählerablesung Wärmemengen im ersten Betriebsjahr

Die monatliche Ablesung erfolgt durch den Schulwart handschriftlich nach Ablesung (vgl. Zählerprotokoll im Anhang). Aus den (nicht klimabereinigten) Daten lässt sich ein Trend für die gesamte Schule in Passivhausqualität ablesen, die Korrektur des milden Klimas 2007 wird eine Erhöhung der klimabereinigten Vergleichszahlen bringen. An dieser Stelle sei auf das parallel laufende Evaluierungsprojekt mit detaillierter Messdatenerfassung im Rahmen des Programms „Haus der Zukunft“ verwiesen, zu dem ein Enderbericht für 2009 erwartet wird.

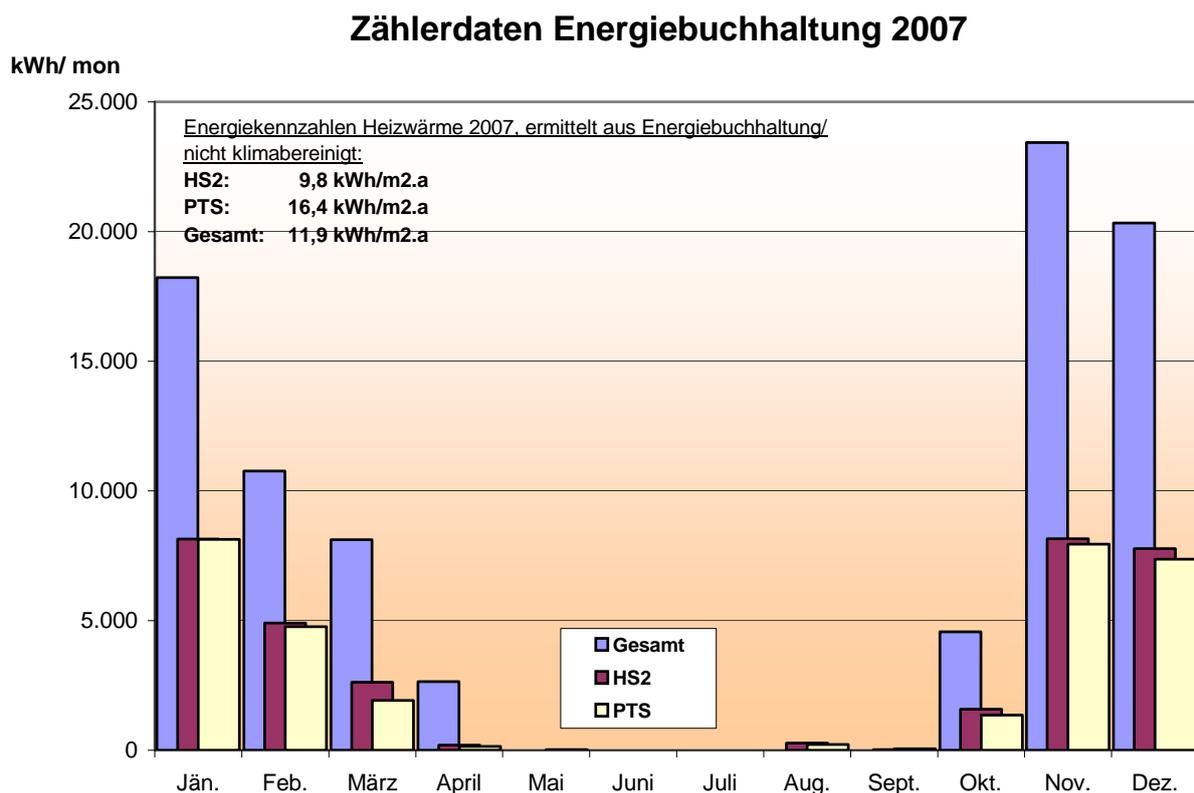


Abb. 59: Ergebnis Energiebuchhaltung 2007 - Energiekennzahlen

5.4 Tageslicht, Kunstlicht, Sonnenschutz, Blendschutz

5.4.1 Konzeptzielsetzungen

- Ausreichender Tageslichtkoeffizient $< 2\%$ für die Arbeitsflächen in den Klassen trotz relativ geringen Fassadenöffnungen und trotz hohen Ansprüchen an die thermische Qualität von Verglasungen (3-Scheiben), Profilen und thermischer Fassadensanierung (Passivhausqualität).
- Ausreichende Belichtung bzw. Helligkeit in den innen liegenden Hallen und Gängen, angenehmer psychologischer Eindruck (Sicherheit, Freundlichkeit, Reduzierung von Aggressivität etc.).
- Geringer Strombedarf für Kunstlichtbeleuchtung in Zusammenhang mit dem für ein Passivhaus geforderten Grenzwerte Primärenergieverbrauch.
- Ausreichender Blendschutz i.b. in der Unterrichtssituation und für Bildschirmarbeitsplätze.
- Art und Regelung von Sonnenschutz und Verschattung gemäß Tageslichterfordernissen, passiver Sonnenergienutzung, geringem Kunstlichtstromverbrauch, ausreichendem sommerlichen Wärmeschutz.

5.4.2 Tageslicht

Gegenüber der Vorplanung/Haus der Zukunft – Studie wurde die Tageslichtsituation in den Klassen aufgrund der vergrößerten Fensterflächen und des günstiger gelösten Fensteroberlichtdetails weiter verbessert. Im Innenausbau wurde auf die Wichtigkeit der reflektierenden Brüstungsfläche, einer hochreflektierenden Klassenrückwand (Reflexionswand) und eines hellen Bodenbelags hingewiesen.

Für den projektspezifisch bedeutenden Tageslichteintrag in innen liegende Flächenanteile wurden die Empfehlungen aus den bisher stattgefundenen Tageslichtsimulationen zum Teil aufgenommen, i.b. Oberlichten über den Lufträumen der Erschließungsflächen und über dem Liftkern. In den Tageslichtberechnungen wurde für die Horizontalverglasungen von einer geringen Verschmutzung ausgegangen. Die empfohlene Entwicklung eines Konzepts zur Selbstreinigung wurde teilweise umgesetzt (höhere Dachneigung und/oder Beschichtung der Fläche).

Für eine verbesserte Tagesbelichtung und Nutzer – Orientierungsfähigkeit in den unteren Geschossen wurde angeregt, vertikal durchgehende Belichtungsmöglichkeiten herzustellen. Dies betrifft:

- OG, fehlende Belichtung im Bereich der großzügigen Erschließungsfläche Achsen 3-6 und Achsen p-r. Empfehlung: Belichtung durch Luftraum oder Glasboden bei Achse r („helle Wand“ Achse r) oder bevorzugt zwischen Achsen p und q (siehe u.a. Anmerkung zum EG).
- EG: Empfehlung Oberlicht im Raum Archiv/Kopierer.

5.4.2.1 Implementierte Berechnungsmodelle

Implementiert wurde ein Modell in Adeline/Superlite für die Berechnung zweier Beispielklassen (Klasse 1, Klasse 6) sowie ein Adeline/Radiance Modell für die Berechnung der Halle EG mit Berücksichtigung des Lichteinfalls über die Lichtschächte und die oberen Geschosse.

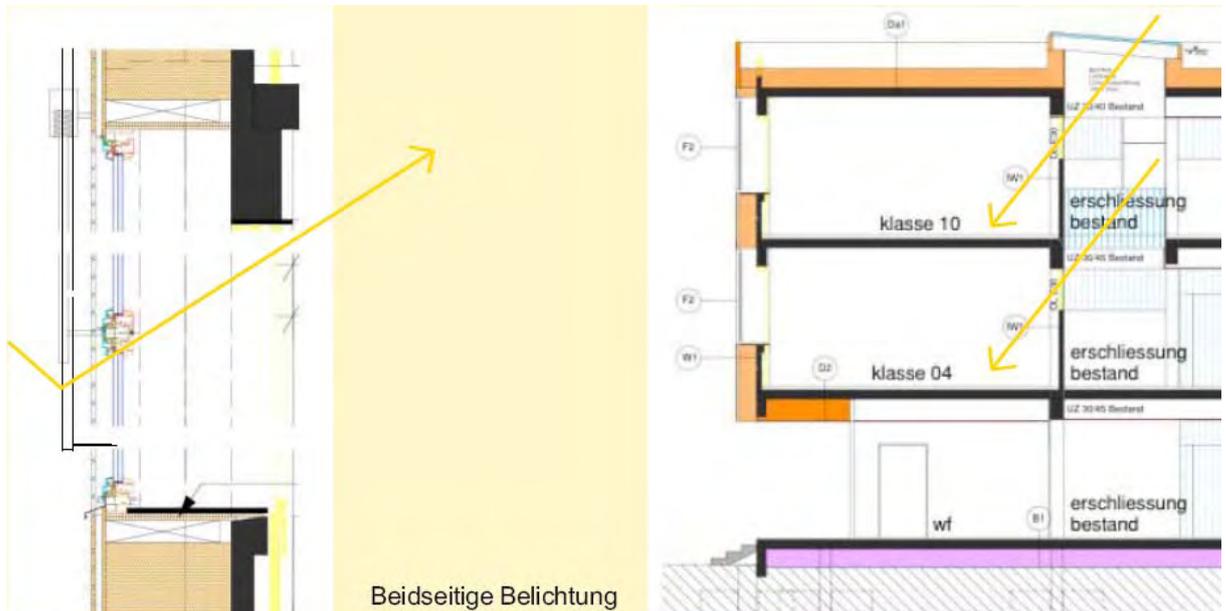


Abb. 60: Darstellungen Tageslichtnutzung





5.4.2.2 Durchgeführte Tageslichtmaßnahmen

- Hohe Nutzung des statisch vorgegebenen Öffnungsanteils ohne größere Anteile von einschränkenden Profilen und Dämmungen.
- Fenster wurden außen in der Dämmebene situiert, damit keine Störung des Lichteinfalls durch Profile im kleineren Querschnitt der statisch durch den Bestand/Unterzug vorgegebenen Fensteröffnung.
- Brüstung/Parapet hell reflektierend ausgeführt
- Reflexionswand im hinteren Raumbereich. Damit für die dortigen Sitzplätze ein entsprechender Tageslichtkomfort > 2% TLQ
- Sonnenschutzplatzierung so, dass im offenen Zustand der Tageslichteinfall nicht gestört wird, ein entsprechendes Fensterdetail Dämmung, Profile, Sonnenschutz, Brüstung wurde im Planungsteam entwickelt und abgestimmt.
- Helle Jalousien empfohlen, welche im Oberlichtbereich durch eine nicht geschlossene Lamellenstellung (45° bei blendender Direkteinstrahlung, horizontal sonst) Tageslicht in die Raumtiefe lassen.

- Automatische Jalousiensteuerung über EIB – Bus, abgestimmt auf Tageslichteintrag und sommerlichen Wärmeschutz.
- Oberlicht oberhalb des Luftschachts im Liftbereich für eine ausreichende Tagesbelichtung Halle EG
- Oberlicht mit stärker geneigter Glasoberfläche (Empfehlung 15°), Entlüftungsklappen in senkrechter Fläche rechts/links, Sonnenschutz unterhalb Entlüftungsklappen, Oberlicht mit möglichst geringem Sprossenanteil, Oberlichtöffnung > Lichte Öffnung Betondecke.
- Gut reflektierender Bodenbelag Halle / Erschließung (50% einberechnet) zur verbesserten Tageslichtlenkung in die höheren Raumtiefen der Erschließungsflächen.

Nicht ausgeführt wurde eine tageslichttechnisch empfohlene 3 – Scheibenverglasung in Weissglas mit höherem g-/tau – Wert, da damit als wichtiger bewertete Nachteile im Sommerfall (Überwärmung) aufgetreten wären. Der etwa 5-10% geringeren Tageslichteintrags durch die Gläser lässt sich aber durch die o.a. durchgeführten Maßnahmen, insbesondere die Fenstersituierung, kompensieren.

5.4.3 Kunstlicht, Strom- und Primärenergiebedarf Licht

Die energiesparende Beleuchtung bzw. Beleuchtungsregelung vom Vorkonzept wurde lediglich betreffend der Beschränkung der Leuchtenwattage ausgeführt. Eine Zonenregelung (Lichtbänder getrennt) ist nicht vorgesehen. Statt einer dimmbaren Kunstlichtbeleuchtung (z.B. via EIB – DALI Schnittstelle) wird jedoch nun eine Standardlösung mit nicht dimmbarer Beleuchtung und Präsenzmeldern verwirklicht.

Energieverbrauch Beleuchtung in den Klassen (siehe auch Tabelle im folgenden Abschnitt):

- **Ungünstige Variante 1:** 6-7 kWh/m² Strom (18-21 kWh/m^{2a} Primärenergie) bei einer automatischen Regelung mit Präsenzföhler und Tageslichtsensor ohne Dimmung.
- **Auf Basis der jetzigen Ausführung empfohlene Variante 2:** ca. 3,5 kWh/m² Strom (10.5 kWh/m^{2a} Primärenergie) bei Regelung mit Präsenzföhler und Tageslichtsensor ohne Dimmung, bei der das Kunstlicht per Lichttaster eingeschaltet werden muss, auch im Fall, dass es vorher automatisch tageslichtgeregelt abgeschaltet wurde.
- **Variante 3:** Vergleichswert 2,5 kWh/m² Strom (7.5 kWh/m^{2a} Primärenergie) bei der ursprünglich empfohlenen Regelung mit EIB/DALI dimmbar und Präsenzmelder/Tageslichtsensor.
- **Variante 4:** Vergleichswert 4,1 kWh/m² Strom (12.3 kWh/m^{2a} Primärenergie) bei Handbetrieb mit Lichtschaltern und opalisierenden Leuchten, eingeschalteter Zustand gut durch den Nutzer erkennbar.

Variante 1 ist in keinem Fall empfehlenswert! Das Kunstlicht wird automatisch eingeschaltet, auch wenn der Nutzer dieses noch gar nicht wünscht. Dies führt zu einem höheren Energiebedarf, die weitaus höhere Behaglichkeitskomponente des Tageslichts wird so weitgehend ignoriert (deutlich unter 300 bis 500 lx liegende Beleuchtungsstärkewerte Tageslicht werden im allgemeinen vom Nutzer noch gerne anstelle einer Kunstlichtbeleuchtung akzeptiert und sind im allgemeinen

gewünscht!). Es sollte zumindest die Variante 2 realisiert werden. Bei Betreten des Raumes muss das Kunstlicht manuell eingeschaltet werden, bei genügend Tageslicht wird durch einen speziellen, aber handelsüblichen Präsenzfühler das Kunstlicht ausgeschaltet und muss dann, falls wieder erwünscht, über Taster wieder eingeschaltet werden.



5.4.3.1 Stromverbrauch Kunstlicht

Je nach Tageslichtkonzept, verwendeten Leuchten und umgesetzter Regelung (Kunstlichtkonzept) wurden bei üblichem Schulbetrieb folgende Energiekennzahlen Stromverbrauch und Primärenergieverbrauch für das Projekt berechnet:

Klassenräume	
Ungünstige Tageslichtplanung, energiesparendes Kunstlicht:	4.9 kWh/m ² a Strom Kunstlicht, 14.7 kWh/m ² a Primärenergiebedarf
Ungünstige Tageslichtplanung, normales Kunstlichtkonzept:	8.2 kWh/m ² a Strom Kunstlicht 24.6 kWh/m ² a Primärenergiebedarf
Gute Tageslichtplanung, sehr energiesparendes Kunstlichtkonzept:	2.5 kWh/m ² a Strom Kunstlicht 7.5 kWh/m ² a Primärenergiebedarf
Aktuell vorgeschlagen: Gute Tageslichtplanung, energiesparendes Kunstlichtkonzept:	3.5 kWh/m ² a Strom Kunstlicht 10.5 kWh/m ² a Primärenergiebedarf
Gute Tageslichtplanung, normales Kunstlichtkonzept:	4.1 kWh/m ² a Strom Kunstlicht 12.3 kWh/m ² a Primärenergiebedarf
Aktuell ohne explizite Qualitätssicherungsmaßnahmen: Gute Tageslichtplanung, schlechtes Kunstlichtkonzept:	6-7 kWh/m ² a Strom Kunstlicht 18 bis 21 kWh/m ² a Primärenergiebedarf

Tab. 9: Varianten Kunstlichtstrom- u. Primärenergieverbrauch in den Klassenräumen

Gangflächen	
Ungünstige Tageslichtplanung, energiesparendes Kunstlicht:	4.8 kWh/m ² a Strom Kunstlicht 14.4 kWh/m ² a Primärenergiebedarf
Ungünstige Tageslichtplanung, normales Kunstlichtkonzept:	11.2 kWh/m ² a Strom Kunstlicht 33.6 kWh/m ² a Primärenergiebedarf
Gute Tageslichtplanung, energiesparendes Kunstlichtkonzept:	1.8 kWh/m ² a Strom Kunstlicht 5.4 kWh/m ² a Primärenergiebedarf
Gute Tageslichtplanung, normales Kunstlichtkonzept:	4.2 kWh/m ² a Strom Kunstlicht 12.6 kWh/m ² a Primärenergiebedarf

Tab. 10: Varianten Kunstlichtstrom- u. Primärenergieverbrauch Gänge/Erschließungsflächen.

Zwischen „ungünstigen“ und „günstigen“ Lichtkonzepten ist ein deutlicher Unterschied des Stromverbrauchs und damit auch des Primärenergieverbrauchs bzw. der entsprechenden Energiekennzahlen gegeben. Die Unterschiede sind hier

deutlich größer, als in den „Feinoptimierungsmaßnahmen“ zum Heizenergiebedarf, insbesondere auch, da für die primärenergetische Bewertung von Strom der Faktor 3 anzusetzen ist (vergleiche Primärenergiebedarf für Heizung 15 kWh/m²a im Passivhaus bei konventioneller Wärmeerzeugung).

Der Unterschied zwischen einem „sehr energiesparendem“ und einem „energiesparendem“ Kunstlichtkonzept ist der, dass bei ersterem die energieeffiziente Kunstlichtbeleuchtung dimmbar ist und sehr gut geregelt wird. Der Präsenzfühler schaltet erst bei 100 Lux ein und regelt daraufhin auf den Soll-Wert, beim verlassen des Raumes schaltet der Präsenzfühler die Beleuchtung aus. Das Kunstlicht kann zusätzlich händisch ein- und ausgeschaltet werden. Bei beiden Varianten ist das Kunstlicht mit im eingeschalteten Zustand gut erkennbaren, energetisch hocheffizienten Leuchten auszuführen.

Im Gegensatz dazu ist ein „normales“ Kunstlichtkonzept mit energieeffizienten Rasterleuchten bestückt, welche händisch geregelt werden. Der ungünstigste Fall „schlechtes“ Kunstlichtkonzept wurde mit zwar energieeffizienten Rasterleuchten angenommen, jedoch mit einer automatischen Regelung, welche automatisch mit voller Beleuchtung einschaltet, wenn die Beleuchtungsstärke in den Klassen unter 300 bis 500 lx liegt.

5.4.4 Fassadenintegrierte Photovoltaikpaneele



Die fassadenintegrierte Photovoltaikanlage von Ertex Solar hat eine Leistung von ca. 6 kWp und wird ca. 4800 kWh jährlich eintragen.



5.4.5 Blendschutz, Sonnenschutz

Geplant sind außen liegende, helle Jalousien mit einem Oberlichtbereich, welcher aufgrund der Lamellenstellung mehr Tageslicht durchlässt. Der Jalousienkasten soll so angeordnet werden, dass bei offenen Jalousien keine Minderung des Tageslichteintrags in die Klassen stattfindet (entspricht im Wesentlichen dem, dass der Jalousiekasten von innen nicht sichtbar ist).

Die Sonnenschutzregelung wird automatisch nach Klassenräumen vorgeschlagen. Damit ist eine Nutzungsprofileinstellung gemäß Stundenplan möglich, im Sommer können bei Nichtnutzung der Klasse die Jalousien vorteilhaft voll geschlossen bleiben. Eine raumweise Übersteuerung der Automatik ist möglich (z.B. zur Verdunkelung oder Öffnen der Jalousie auf Nutzerwunsch).

Es werden vier Stellungen zur regelungstechnischen Realisierung empfohlen:

- Vollkommen geschlossene Jalousie (unterer Bereich ganz geschlossen, obere Lamellen in 45° Stellung) für den sommerlichen Wärmeschutz und Blendschutz bei flacher Einstrahlung > ca. 400 W/m² und für den sommerlichen Wärmeschutz bei Nutzerabwesenheit (Wochenende, außerhalb der Unterrichtszeiten).
- Geschlossene Jalousie mit offenen Lamellen (unterer Bereich 45°, obere Lamellen in 90° Stellung) für den sommerlichen Wärmeschutz und Blendschutz bei höherem Sonnenstand und Einstrahlung > ca. 400 W/m².
- Teilweise hochgezogene Jalousie (ca. 40% geschlossen) für den sommerlichen Wärmeschutz bei „heiterem“ Wetter mit gleichzeitig freier Aussichtsmöglichkeit, bei Einstrahlung > ca. 200 W/m².
- Jalousie vollständig hochgezogen

Es ist eine Unterscheidung zwischen Winterbetrieb (Lichtmaximierung, passive Sonnenenergienutzung) und Sommerbetrieb (Kompromiss Lichteintrag – sommerlicher Wärmeschutz) zu implementieren, welche gleichzeitig als Wärmeschutzmaßnahme (Sommerfall, „strengere“ Sonnenschutzregelung) genutzt wird.

Die Regelung des Sonnenschutzes ist durch ein EIB KNX Bussystem vorgesehen. Die Lichtfühler sind exakt zu den Fassaden auszurichten und genau einzustellen. Es ist eine hochwertige Wetterstation notwendig. Eine Verknüpfung mit der Außentemperatur ist notwendig. Die gesamte Verschattungsregelung ist sehr genau zu planen und zu programmieren, die EIB Komponenten sind sehr sorgfältig auszusuchen.

Betreffend Blendschutz wurde in der Planung insbesondere auf die problematische Situation von Klassenräumen mit Schüleranordnung vor Fensterflächen im Gegenlicht hingewiesen. Die betreffenden Klassenräume wurden entsprechend umgeplant (Schließen der betreffenden Verglasungsflächen, Änderung der Raumnutzung, Änderung der Möblierungsanordnung ...).

5.4.6 Darstellung Berechnungsergebnisse Tageslicht

5.4.6.1 Tageslichtkoeffizienten in den Klassenräumen

Die folgenden Darstellungen zeigen die Adeline/Superlite-Berechnung der Tageslichtkoeffizienten in den Klassenräumen mit und ohne rückwärtige Reflexionswand. Die berechneten Klassen 1 und 6 unterscheiden sich hierbei nur geringfügig und werden nicht separat dargestellt. Annahme Verglasungen bezogen auf die planlich übermittelten Fassadenöffnungen: generell 65% Transmission, 80% Glasanteil bzw. 20% Sprossenanteil. Übliche Reflexionswerte Boden 30%, Wände 50%, Decke 70%. Rückwand Variante 2 in hellweiß 80% Reflexion.

Tageslichtkoeffizienten zum Vergleich

- Im Freien, unverbaute Fläche, horizontal: 100%
- Auf unverbaute Fläche senkrechte Fläche: 50%
- Im Raum, waagrechte Fläche hinter Fenster, günstige Umstände: 20%
- Im Raum, waagrechte Fläche hinter Fenster, ungünstige Umstände: 5%
- In Schulen/Klassenräumen ausreichend bis gut: > 2% auf Arbeitsflächen auch in höheren Raumtiefen (-> Normanforderung 300 lx für Kunstlichtbeleuchtung ausreichend, ansonsten 500 lx Leistung Kunstlichtbeleuchtung notwendig)

In Raumtiefe Richtwert Büroarbeitsräume: > 1% (übliche „gute“ Dimensionierung: 2-3% in Raumtiefe 2 bis 3 m), in Wohnräumen üblich oft herunter bis 0.5%

Berechnung Tageslichtkoeffizient mit ADELINE – Superlite: Klasse 1

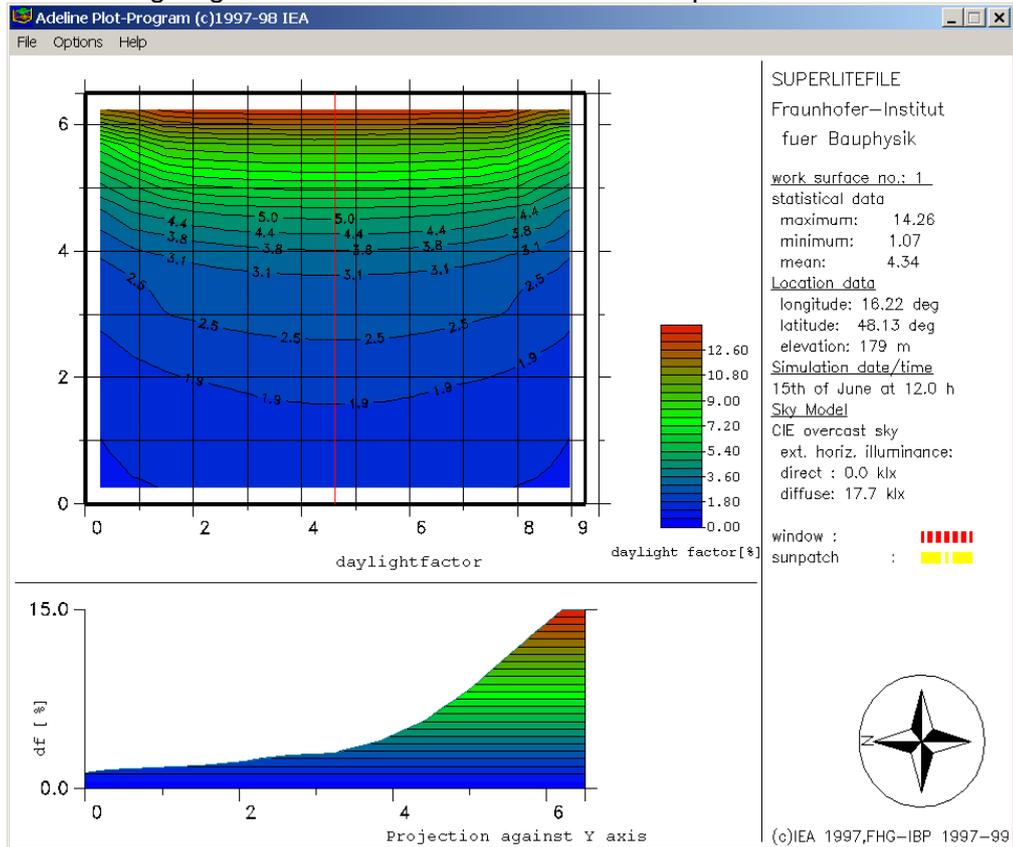


Abb. 61: Berechnung Tageslichtkoeffizient Klasse 1 übliche Helligkeit 50% Reflexion

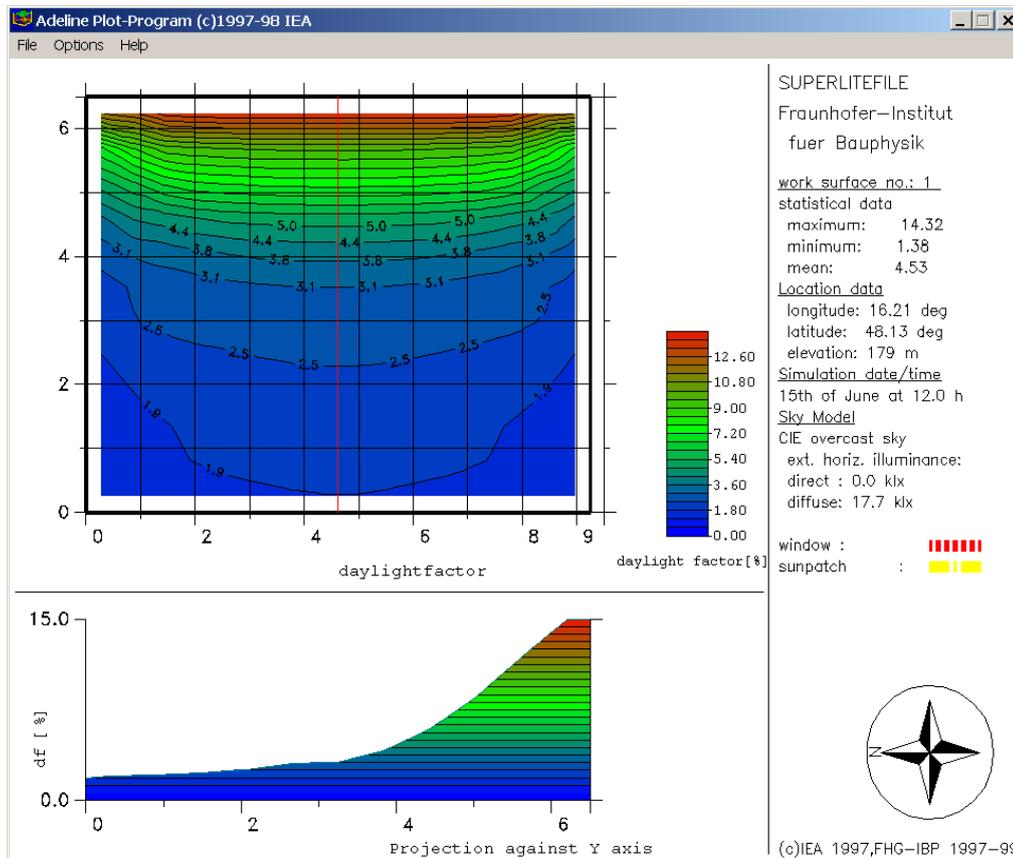


Abb. 62: Berechnung Tageslichtkoeffizient Klasse 1 hohe Helligkeit 80% Reflexion

5.4.6.2 3D Darstellungen Beleuchtungsstärke Halle EG

Die folgenden Seiten zeigen die Ergebnisse der 3 – D Tageslichtberechnungen des in Adeline/Radiance implementierten 3 D Modells zur Eingangshalle. Es wurden 4 Blickwinkel bzw. Beobachtungspunkte berechnet und dargestellt:

- Beobachtungspunkt 1:
Vom Gang zum Konferenzraum in die Halle, Stiege und Garderobe mit Glaswand dann links.
- Beobachtungspunkt 2:
In den Gang zum Konferenzraum, rechts Raum Direktor, hinten Sitzbereich verglast.
- Beobachtungspunkt 3:
Von Garderobe unterhalb Luftraum mit voll verglastem Oberlicht (!) in den entsprechenden Gangabschnitt zur Schulküche, links WC Anlagen.
- Beobachtungspunkt 4:
Von Garderobe in die Halle beim Bereich Lift mit voll verglastem Oberlicht (!), Lifteinbau dzt. nicht berücksichtigt.

Es wurde die Darstellung in Beleuchtungsstärke [lx] gewählt, da diese gegenüber der für die Helligkeitsempfindung maßgeblichen Größe Leuchtdichte [cd/m²] die allgemein verständlichere Größe darstellt (aus der Normierung von Beleuchtungsstärken am Arbeitsplatz etc.). Die Berechnung der Darstellungen erfolgte bei diffusem Himmel mit 10000lx. Eine entsprechende Berechnung der Tageslichtkoeffizienten wird im Anhang tabellarisch wiedergegeben. Der Boden wurde eher hell mit 50% Reflexion, Decke und Wände mit üblichen Reflexionswerten 50% Wände und 70% Decke angenommen.

Anhaltswerte Beleuchtungsstärke (Situation, Beleuchtungsstärke)

- Vollmond: 1 lx
- Straßenbeleuchtung nachts: ca. 10 lx
- Gangflächen: 50 lx
- Arbeitsplatz/Nebenfläche, geringe Ansprüche an die Sehleistung: 100 lx
- Kunstlicht in Schulklassen, normale Schulnutzung: 300 lx (500 lx bei Veranstaltungsnutzung oder wenn Tageslichtkoeffizient auf Arbeitsflächen in Klassen < 2%)
- Arbeitsplatz bei hohen Ansprüchen an die Sehleistung: 1.000 lx
- Operationsbeleuchtung: 10.000 lx
- Von Sonne aus 60° Höhe mit klarem Himmel: 100.000 lx

Für die Darstellungen wurde eine gleiche Skalierung zur besseren Vergleichbarkeit gewählt. Es erfolgte eine Begrenzung der Skalierung bei > 500 lx (rot), Anteile > 500 lx sind durchgehend in rot dargestellt. In der jetzigen Implementierung wurden die Stiege und die Verglasung zur Garderobe berücksichtigt. Nicht einberechnet ist der eingebaute Lift sowie eine allfällige größere Verschattungswirkung durch die Garderobenmöbel bzw. die darin hängende Kleidung (dzt. 50% Transmission von Garderobe in die Halle durch Möbel, Glas und Sprossen gesamt zugrunde gelegt).

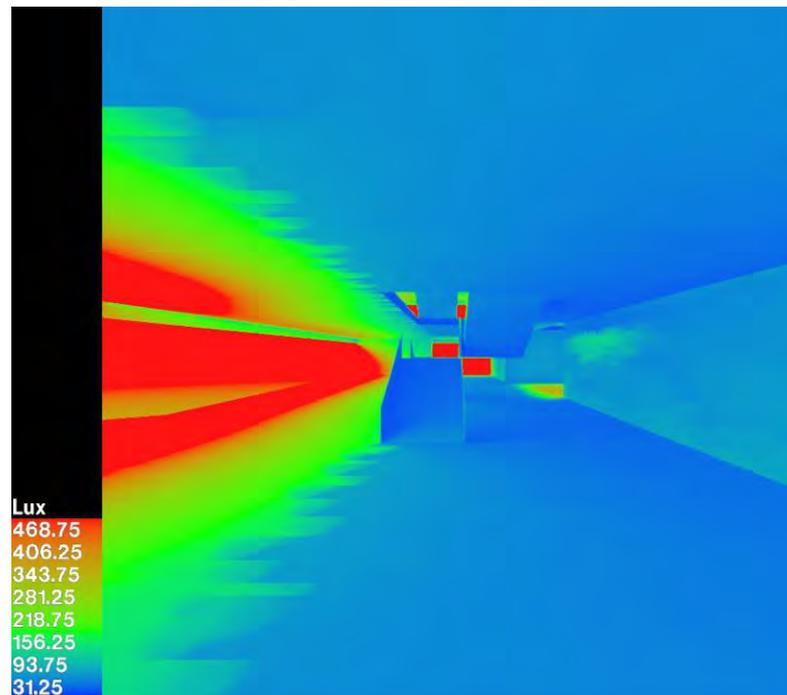


Abb. 63: Darstellung Beleuchtungsstärke Halle EG, Beobachtungspunkt 1

Halle EG, Beobachtungspunkt 1: Vom Gang zum Konferenzraum in die Halle, Stiege und Garderobe mit Glaswand links.

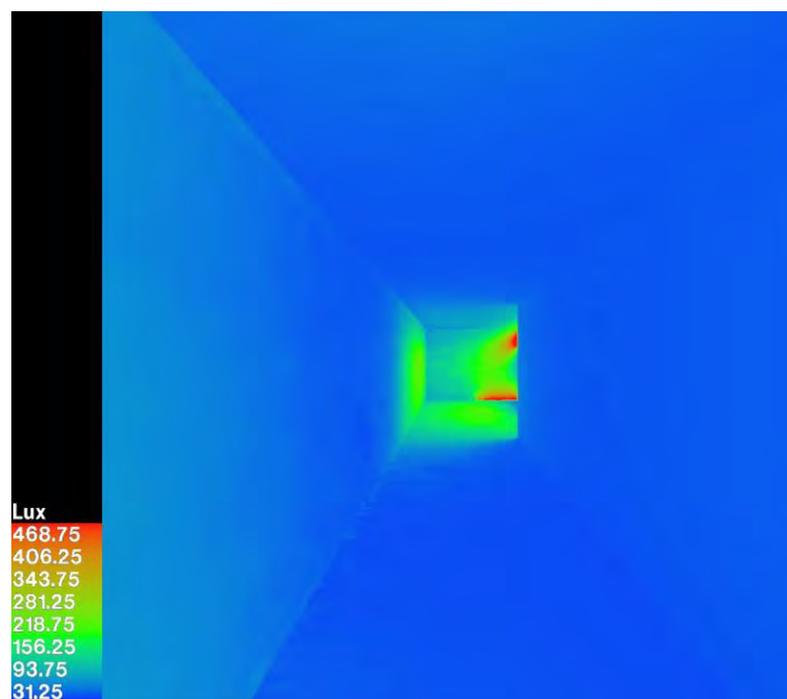


Abb. 64: Darstellung Beleuchtungsstärke Halle EG, Beobachtungspunkt 2

Halle EG, Beobachtungspunkt 2: In den Gang zum Konferenzraum, rechts Raum Direktor, hinten Lichteintrag durch Sitzbereich – Glasfassade (Anmerkung: der „dunklere“ Gang ist hier kein Problem, gute Inszenierung).

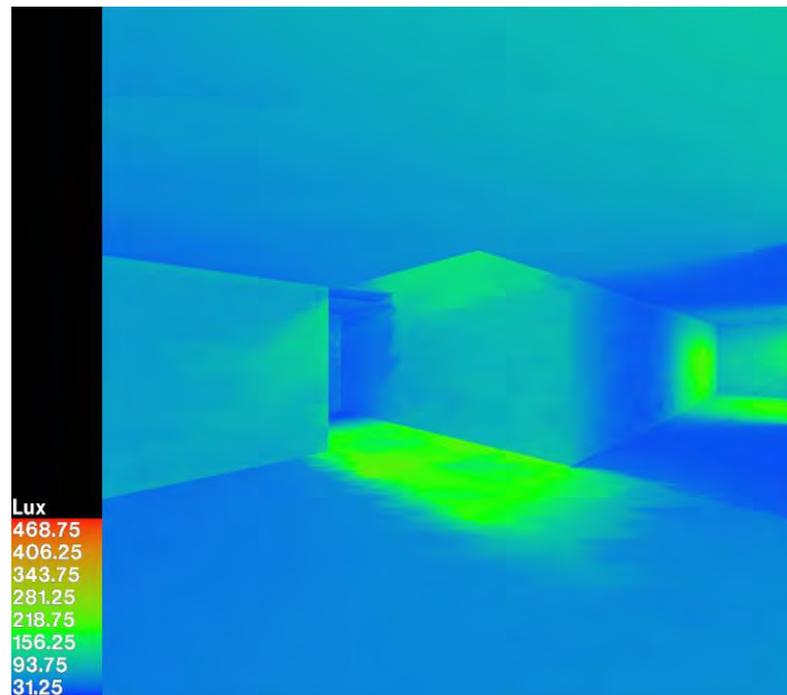


Abb. 65: Darstellung Beleuchtungsstärke Halle EG, Beobachtungspunkt 3

Von Garderobe unterhalb Luftraum mit voll verglastem Oberlicht (!) in Gang zur Schulküche, links WC Anlagen, rechts Gang zum Konferenzzimmer.

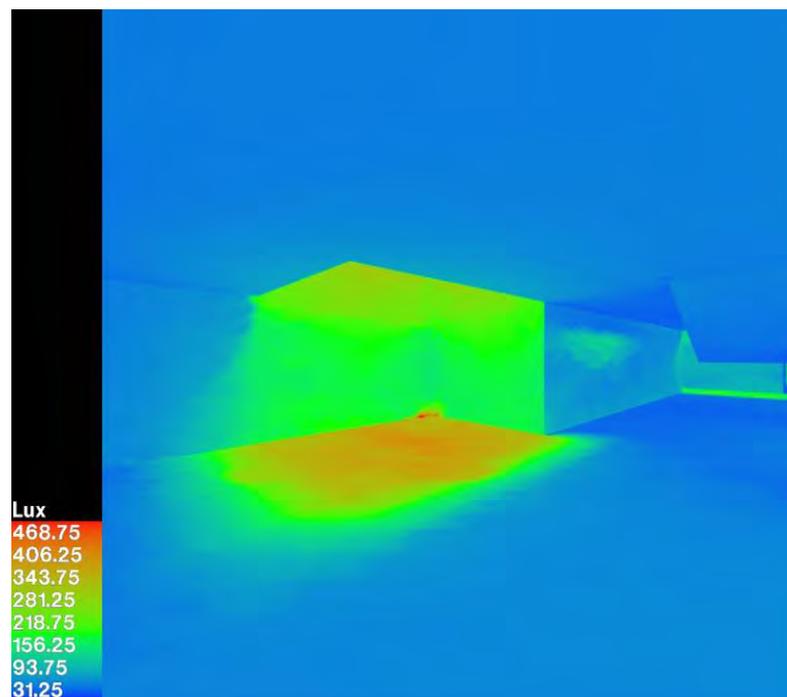


Abb. 66: Darstellung Beleuchtungsstärke Halle EG, Beobachtungspunkt 4

Von der Garderobe in die Halle beim Bereich Lift mit voll verglastem Oberlicht (!), rechts Stiegenlauf. Lifteinbau dzt. nicht berücksichtigt.

5.4.6.3 Tabellarische Darstellung Tageslichtkoeffizient Halle EG

Die folgende Abbildung zeigt eine tabellarische Darstellung der Tageslichtkoeffizientverteilung in der Eingangshalle, ermittelt über Adeline/Radiance.

Annahmen:

- Verglasungen generell 65% Transmission, 80% Glasanteil bzw. 20% Sprossenanteil.
- Heller Boden 50% Reflexion Boden bei Betrieb (inklusive Verschmutzung), ansonsten übliche Reflexionswerte Wände 50%, Decke 70%.
- Aufenthaltsbereich vor Gang/Erschließung zum Konferenzraum (in der Darstellung „oben“) dzt. mit Oberlicht und ohne Vordach einberechnet, ohne Lifteinbau (> mit Projektfortschritt genauer zu rechnen).

Adeline – Tageslichtsimulation Passivhausschule Schwanenstadt: Verteilung Tageslichtkoeffizienten TLQ in Halle EG, oben Bereich vor Konferenzzimmer, rechts Garderobe verglast. Oberlichten voll verglast über Luftraum und über Liftbereich angenommen. Skalierung hellere Blauwerte TLQ 0.3% – 1%, rot TLQ 1.5%, helles orange TLQ 3% bis 5%, Gelbtöne TLQ 5% bis > 10% (siehe auch Grafik oben links).

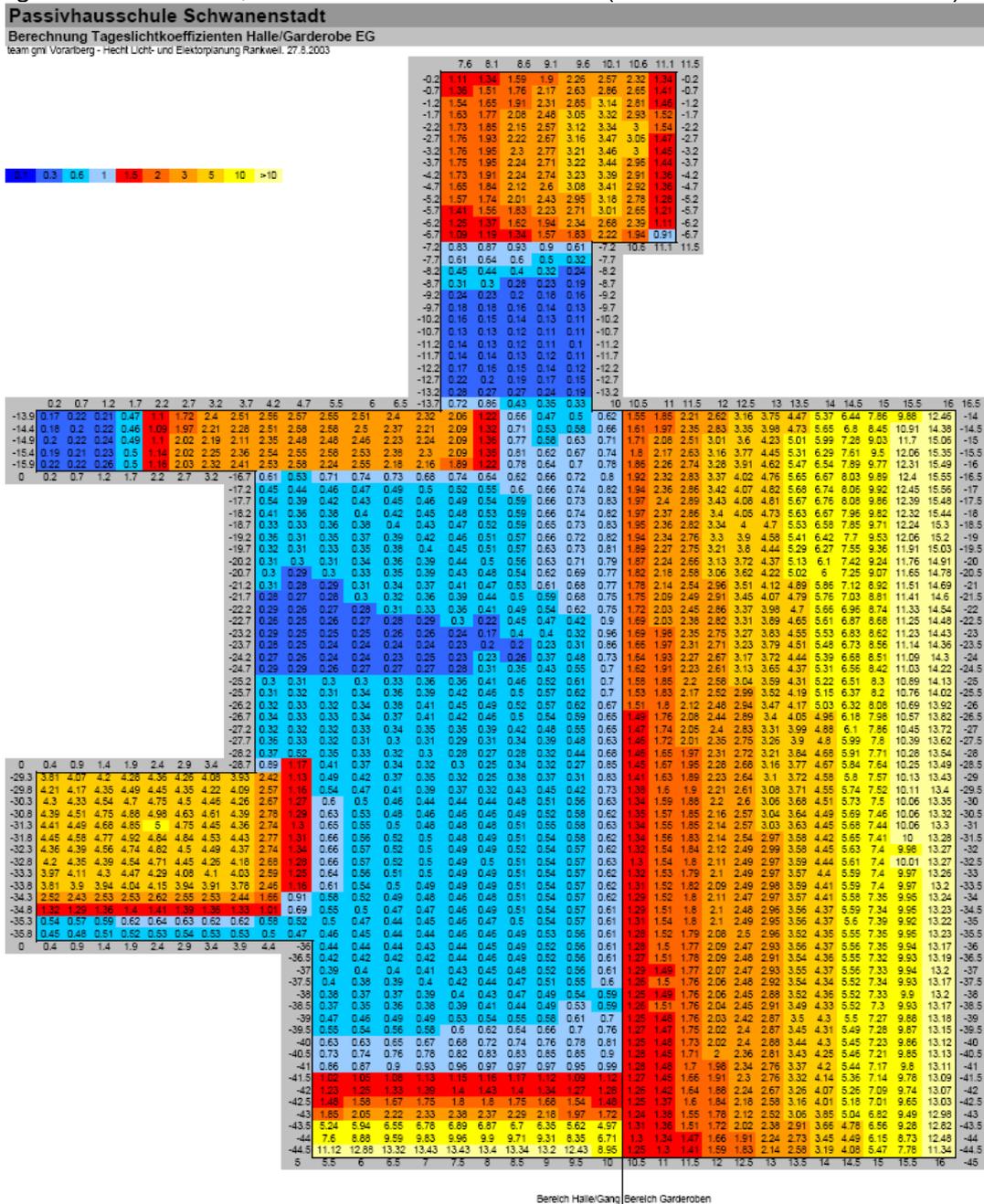


Abb. 67: Adeline – Tageslichtsimulation in HS II EG

5.4.7 Abschließende Stellungnahme zum ausgeführten Farb- und Tageslichtkonzept

Die Farbgebung der Innenoberflächen wurde im Rahmen eines künstlerisch entwickelten Farbkonzeptes gestaltet und weicht teilweise von den Empfehlungen der Tageslichtoptimierung ab. Die Farbgestaltung dient zur Belebung des Innenraums und wurde in folgenden Farbcodes umgesetzt:

PTS/ MHS Schwanenstadt

FARBCODES

Farbe	NCS/ RAL/ Spez.	Codes	PTS/ MHS
enzianblau	NCS	3560-R90B	MHS
signalgrün	RAL	6032	MHS
papaya	NCS	S 0560-Y40R	PTS/ MHS
neapelgelb	NCS	0560-Y	MHS
orange	NCS	0570-Y60 R	MHS
pazifik	NCS	3060-B20G	PTS
karibik	NCS	1040-B30G	PTS
brasilgelb	NCS	0540-G90Y	PTS/ Turnsaal I
lemone	NCS	S 0530-G50Y	PTS/ MHS
malachit	CAPATECT 3D plus Caparol System	65	MHS Säulen
mandarino	CAPATECT Primalon Seidenlatex	S06-20008	PTS
mittelgrün	CAPATECT Primalon Seidenlatex	S06-20014	PTS
lavanda	CAPATECT Primalon Seidenlatex	S06-20016	PTS
fliesenblau	CAPATECT Primalon Seidenlatex	S06-20012	PTS

Die wesentlichen Elemente des Tageslichtkonzeptes (Lichtöffnungen Erschließung, reflektierende Fensterlaibungen Klassenzimmer) wurden jedoch im geplanten Maß ausgeführt und zeigen im Vergleich zum unsanierten Stand die Wirkung der Farbgebung bzw. Tageslichtführung auf den Raumeindruck: (s. folgende Seite)

Vor Sanierung



Erschließung 1.OG (Foto: teamgmi)

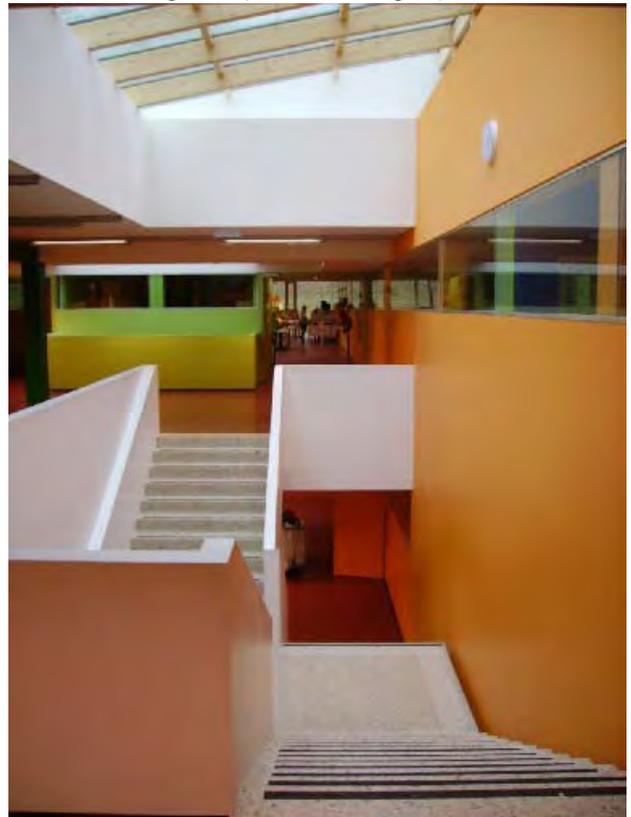
Nach Sanierung



Erschließung EG (Foto: teamgmi)



Erschließung 2.OG (Foto: teamgmi)



Erschließung 2.OG (Foto: teamgmi)



Teilsanierte Musterklasse (Foto: teamgmi)



Klassenraum nach Sanierung (Foto: teamgmi)

5.5 Thermisches Gebäudeverhalten, Simulation

5.5.1 Thermische Zonierung, Nutzung, Wärmelasten/-gewinne

Es wurden folgende Wärmelasten/-gewinne durch Personen, EDV und Beleuchtung angenommen:

- Personenwärmeabgabe durchschnittlich 75 W pro Person, Personenfeuchteabgabe durchschnittlich 40 g/h pro Person.
- Schulküche: 1000 W thermisch wirksam pro Kochstelle (entspricht 2/3 der insgesamt abgegebenen Wärme, im weiteren Planungsverlauf hinsichtlich Wärmelasten und Betriebszeiten im Detail zu überprüfen!).
- EDV-Ausstattung, 3 Varianten:
 - Variante 1 „Standard EDV“: Röhrenbildschirm 120 W, PC 60 W, PC durchgehend eingeschaltet, Bildschirm außerhalb der Betriebszeiten aus.
 - Variante 2 "energiesparende EDV“: Flatscreen ca. 50 W, PC 60 W, (softwaremäßige) Bildschirmabschaltung in Pausen, nachts vollkommene Abschaltung EDV.
 - Variante 3 „passivhaustaugliche EDV“: Laptopklasse mit 20 oder 30 Laptops. Je Laptop werden 30 bis 50 W abgegeben (berechnet: 30 W), nachts und in den Pausen sind sie abgeschaltet.
- Beleuchtung: max. 12 W/m² installierte Kunstlichtleistung mindestens 2 – stufig schaltbar und automatisch oder händisch gemäß Tageslichtverhältnissen geschaltet.

5.5.1.1 Wärmelasten EDV

Das zugrunde gelegte EDV – Equipment wurde als energiesparende EDV mit folgenden Wärmelasten angenommen, die im weiteren Planungsverlauf zu präzisieren bzw. auch bei EDV Ausschreibungen und Geräteauswahl gegebenenfalls zu berücksichtigen sind:

- PC – Arbeitsplatz
PC und Flachbildschirm, ohne Peripheriegeräte (Drucker etc.), im Schnitt 110 W während der Betriebszeiten, im Schnitt 10% Wärmelast außerhalb der Betriebszeiten (i.w. keine eingeschalteten PC und Monitore nachts und am Wochenende, Reduzierung Stromverbrauch, Ruhezustand etc. bei längeren Nichtnutzungszeiten z.B. wenn Schüler in, Mittagspause ...!).

Betriebszeiten:

- Betrieb: Montag bis Freitag von 7:30 bis 18:00, mittags 12:00 bis 13:00 mit 0% Anwesenheit in den Klassen (?), nachmittags 13:00 bis 18:00 mit 50% Anwesenheit im Schnitt. Samstag von 7:30 bis 13:00 mit 100% Anwesenheit.
- Annahme Normalbetrieb/100%: 25 Personen pro Klasse im Schnitt inkl. Pausenzeiten, nachmittags entsprechend 50% reduzierte Personenanzahl im Schnitt.
- E-Herd Schulküche: Montag bis Freitag von 11:00 bis 12:30 mit 1 kW im Schnitt wärmewirksam.

Eine grafische Darstellung der Zonen sowie die entsprechende zonenweise Heizlastberechnung und Lüftungsannahme siehe Anhang.

Zone	Beschreibung	Fläche, Volumen netto	Personen, Geräte, Licht.
Werkstatt	Werkstatt im EG, PTS Westseite, Neubau	178 m ² 588 m ³	20 Personen bei Normalbetrieb/100% Dzt. keine relevanten elektrischen Geräte. Kunstlicht 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% immer eingeschalten während des Betriebs, 75% wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx angenommen.
Klassen Süd	Klassen Südseite, 1. und 2. OG HS im Altbau	413 m ² 1239 m ³	100 Personen bei Normalbetrieb/100% Keine PCs/EDV. Kunstlicht 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 10000 lx und 100% wenn außen < 6000 lx.
Klassen Ost	Klassen Ostseite, 1. und 2. OG HS im Altbau	489 m ² 1468 m ³	120 Personen bei Normalbetrieb/100% Keine PCs/EDV. Kunstlicht max. 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 8000 lx und 100% wenn außen < 5000 lx.
Klassen West Altbau	Klassen Westseite, 1. und 2. OG HS Altbau	547 m ² 1550 m ³	120 Personen bei Normalbetrieb/100% Keine PCs/EDV. Kunstlicht max. 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 10000 lx und 100% wenn außen < 6000 lx.

Zone	Beschreibung	Fläche, Volumen netto	Personen, Geräte, Licht.
Klassen West Neubau	Klassen Westseite, 1. und 2. OG PTS Neubau	331 m ² 993 m ³	70 Personen Normalbetrieb/100% Keine PCs/EDV. Kunstlicht max. 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 10000 lx und 100% wenn außen < 6000 lx.
Konferenz Nord	Konferenzraum Nordseite, EG HS Neubau	69 m ² 207 m ³	30 Personen Normalbetrieb/100% Keine PCs/EDV. Kunstlicht max. 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 10000 lx und 100% wenn außen < 6000 lx.
Schulküche	Schulküche im EG der HS	109 m ² 326 m ³	7 Personen Normalbetrieb/100% Thermische Wärmeabgabe durch Küchengeräte 1 kW, 1,5 h in Betrieb pro Tag während der Schulzeit. Kunstlicht max. 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 8000 lx und 100% wenn außen < 5000 lx.
Mensa/ Schüler- ausspeisung	Schülerausspeisung im EG der HS, Südseite Altbau	140 m ² 420 m ³	Dzt. keine Annahmen zu Personen + Nutzungsprofile -> abzuklären. Kunstlicht max. 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 8000 lx und 100% wenn außen < 5000 lx.
Zeichensaal	Nordseite 1. OG, Neubau der HS	78 m ² 210 m ³	20 Personen Normalbetrieb/100% Keine PCs/EDV. Kunstlicht max. 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 10000 lx und 100% wenn außen < 6000 lx.
Computerraum	Computerraum im 1. OG der PTS, Ostseite Neubau	74 m ² 222 m ³	25 Personen Normalbetrieb/100% 25 energiesparende Desktops mit Flatscreen Kunstlicht max. 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx.
Eckklasse	Eckklasse im 1. OG PTS, Westseite Neubau	80 m ² 239 m ³	25 Personen Normalbetrieb/100% Keine PCs/EDV. Kunstlicht 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx.

Zone	Beschreibung	Fläche, Volumen netto	Personen, Geräte, Licht.
Bibliothek	Bibliothek im 2. OG PTS, Ostseite Neubau	92 m ² 279 m ³	2 Personen Normalbetrieb/100% Keine PCs/EDV. Kunstlicht 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx.
Seminar	Seminar im 2. OG PTS, Nordseite Neubau	54 m ² 160 m ³	10 Personen Normalbetrieb/100% Keine PCs/EDV. Kunstlicht 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx.
EDV Ost	EDV im 2. OG HS, Ostseite Altbau	114 m ² 343 m ³	50 Personen Normalbetrieb/100% 50 energiesparende Desktops mit Flatscreen Kunstlicht max. 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx.
Gang Nord	Gang im EG HS, Nordseite Altbau	88 m ² 265 m ³	Kunstlicht max. 7 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx.
Halle PTS	Halle im 2. OG PTS, Neubau	93 m ² 259 m ³	Kunstlicht max. 7 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx.
Nutzfläche innen	Innenliegende Nutzflächen EG, 1. und 2. OG	1564 m ² 4684 m ³	Kunstlicht max. 7 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx.
Nutzfläche außen	Außenliegende Nutzflächen EG, 1. und 2. OG	1285 m ² 3855 m ³	Kunstlicht max. 7 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx.
Geräteraum	Geräteraum und Umkleideräume im EG, Altbau	189 m ² 566 m ³	5 Personen Normalbetrieb/100% Kunstlicht max. 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx.
Turnhalle	Turnhalle im EG, Altbau	437 m ² 2449 m ³	10 Personen im Schnitt Kunstlicht max. 10 W/m ² bezogen auf die gesamte Fläche. Im Schnitt 50% eingeschaltet, wenn außen < 20000 lx und 100% wenn außen < 12000 lx.

Tab. 11: Auflistung Wärmelasten für einzelne Räume durch Personen, Licht, EDV

5.5.2 Klimadaten

Die dynamischen Simulationen fanden mit einem durchschnittlichen Referenzklimajahr Linz statt, wobei zur Wiedergabe von Extremwetterperioden 10 - jährige Tiefstwerte im Jänner und 10 - jährige Höchstwerte im Juli einberechnet wurden (Quelle: METEONORM 5.0/2003, A global meteorological database for solar energy and applied climatology, Meteotest + Bundesamt für Energiewirtschaft, CH). Klimadatenverläufe insbesondere zu den angenommenen Extremwetterperioden im Jänner und im Juni sind in den Grafiken im Anhang enthalten. Die Wetterdaten beruhen auf Messzeiträumen vor 1990 und beziehen dementsprechend i.b. sommerlich hohe Temperaturen eher zuwenig ein („Treibhauseffekt“). Eine diesbezügliche Recherche und Einbindung in die Simulation (Risikoanalyse) findet mit weiterer Planung statt.

5.5.3 Simulationsergebnisse

Nutzerkomfort, thermisches Gebäudeverhalten, Sommertauglichkeit

Schwerpunkt der aktuellen Berechnungen war die Beurteilung der Sommertauglichkeit. Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der thermischen Simulation über TRNSYS zum aktuellen Planungsstand zusammen, Ergebnisse im Detail werden im Anhang wiedergegeben:

	Regel – klassen	EDV-Räume Eckräume 2- seitig verglast	Turnhalle, Geräteraum	Gesamt- projekt
Heizlast bei Durchheizbetrieb 21°C inkl. inneren Wärme- gewinnen, tw. Fensterlüftung und Zuluft über Lüftungsgerät ohne Nachheizregister.	21 bis 36 W/m2(NF)	19 bis 46 W/m2(NF)	19 (Geräte) bis 23 (Turnsaal) W/m2(NF)	152 kW, 15 bis 49 W/m2(NF)
Heizwärmebedarf raumseitig inkl. Berück- sichtigung Nutzung, Fensterlüftung, Raumtemperaturen 21°C bis 24°C, Sonnenschutz	17 bis 35 kWh/ m2(NF)a	4 bis 43 kWh/m2(NF)a	18 (Geräte) bis 32 (Turnsaal) kWh/m2(NF)a	120 MWh/a 20 kWh/m2(NF)a
Max. Raumtemperaturen Sommer/heißer Juni	26.6°C bis 29.4°C	27.1°C bis 31.1°C	24°C bis 26°C	-
Stunden pro Jahr > 26°C ¹	6 bis 400 h/a	>500 h/a	0 h/a	-
Stunden pro Jahr > 28°C	0 bis 100 h/a	0 bis >300 h/a	0 h/a	-
Stunden pro Jahr > 30°C	0 h/a	0 bis > 100 h/a	0 h/a	-

Tab. 12: Simulationsergebnisse Nutzerkomfort für einzelne Räume

Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs erzeugerseitig sind Wirkungsgrade und Wärmeverluste bei Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung zusätzlich einzubeziehen.

5.5.4 Zusammenfassung der Simulationen

- Trotz ähnlichen Raumgeometrien und Nutzungen weisen die Einzelräume relevant unterschiedliche Heizlasten und Heizenergieverbräuche auf. Dies liegt i.b. an stärker unterschiedlichen Verglasungsanteilen, aber auch an der höheren Wärmeabgabe im EG Bodenbereich. Eine modulsystematisch ähnliche Heizungsauslegung für diese Räume ist damit nicht möglich, eine raumweise Heizlastberechnung ist erforderlich. Es sind damit auch raumweise unterschiedliche Heizkörpergrößen oder eine Heizkörperanordnung an der Fassade (proportional zum Fensterflächenanteil) zu erwarten. Gegenvorschlag wäre eine weitere „thermische Nivellierung“ der Räume, soweit möglich (i.w. ähnliche Verglasungsflächen, Vernachlässigbarkeit Wärmeverluste Dach/Boden/Wärmebrücken) und damit die einfachere planerische und energetische modulsystematische Umsetzbarkeit.
- Im Winter und in der Übergangszeit ist aufgrund des Passivhauskonzepts bei guter Umsetzung ein guter thermischer Komfort bei guter Luftqualität zu erwarten.
- Für einen ausreichenden sommerlichen Komfort ist in den Regelklassen konsequente passive Kühlung erforderlich (Verschattung und Verschattungsregelung, Sommerregelung Lüftungsgerät tags/nachts, Beibehaltung und ausreichende Aktivierung der Betondeckenspeichermassen). Unter diesen Voraussetzungen sind sommerlich akzeptable Raumtemperaturen in den Regelklassen erreichbar.
- Für 2 – seitig verglaste Räume und Neubauklassen West sowie den Südorientierten Trakt sind bei gleicher Ausführung der Verglasungen hohe thermische Überschreitungshäufigkeiten zu erwarten. Dem ist in den Zonen Neubau/ westorientiert und raumhoch verglast/ südorientiert durch Sonnenschutzverglasung $g=0.3...0.36$ und einer optimierten Außenverschattungsregelung entgegenzuwirken.
- Für Computerräume ist eine aktive Kühlung eingeplant, um die hohe Überschreitungshäufigkeit zu vermeiden.

Insgesamt ist zur Sommersituation zu bemerken, dass in Schulen allgemein aufgrund der dichten Personenanzahl, der zunehmenden inneren Wärmegewinne durch Beleuchtung und der für relativ „helle“ Klassen auch erforderlichen Glasflächen im Sommer in den Klassen relativ hohe Raumtemperaturen üblich sind (fallweise 28 – 30°C üblich, oftmals Klassenraumtemperaturen über 30°C in bestehenden Schulbauten gegeben). Aufgrund des hohen Projektanspruchs an Energieeffizienz und Komfort sowie der Öffentlichkeitswirkung des Projekts sollte jedoch ein angenehmer bis akzeptabler sommerlicher Komfort bei geringem Energiebedarf hergestellt werden können.

6 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

6.1 Ergebnisse Nutzflächen Gegenüberstellung

Der alte Schulbetrieb war von permanenter Platznot geprägt, weshalb einige Schulklassen in Ausweichquartieren untergebracht waren.

Durch den Neubau konnte diese Platznot behoben werden und die Nutzschulfläche um 2.076,30 m² bzw. 50,18% vergrößert werden.

Nutzflächenvergleich zur realisierten Ausführung mit 6.213,97 m² Nutzfläche	Vergleichsbasis	Flächenzuwachs bei der realisierten Ausführung	
	in m ²	in m ²	Prozent
Ursprüngliche Sanierungsvariante	5.203,93	1.010,04	119,41%
Bestand ohne der Ausweichquartiere	4.137,67	2.076,30	150,18%
Bestand inkl. der Ausweichquartiere	4.703,02	1.510,95	132,13%

Tab. 13: Nutzflächen Gegenüberstellung

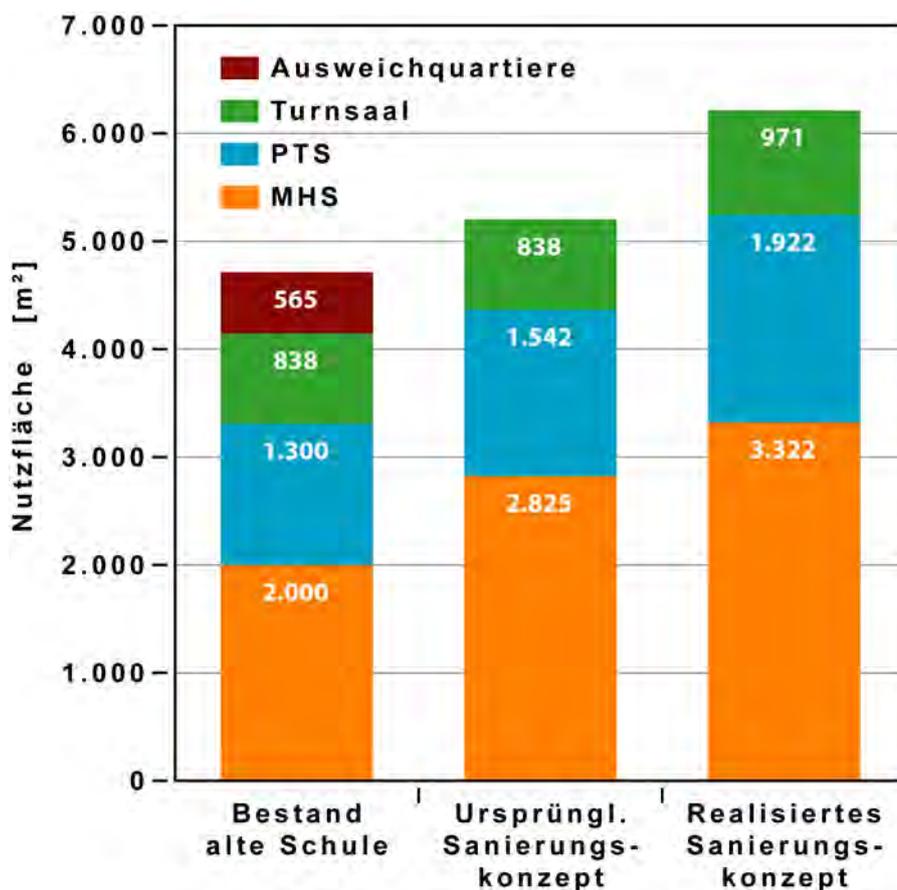


Abb. 68: Grafische Nutzflächen Gegenüberstellung

Gegenüber dem ursprünglichen Sanierungskonzept wurde auch einigen zusätzlichen Funktionsflächen für den Schulbetrieb Rechnung getragen, welche in der ursprünglichen Planung nicht in der Kostenplanung berücksichtigt wurden. Daher wurden im realisierten Projekt um 1.010,04 m² bzw. 19,41% Schulfläche mehr saniert bzw. dazu gebaut.

6.2 Kostenaufstellung

6.2.1 Gegenüberstellung der Sanierungsvarianten

6.2.1.1 Gegenüberstellung der jeweiligen Projekteinreichungen aus 2002/2003

Basis dieses Projektes war die ursprüngliche Einreichplanung für die Sanierung und den Zubau der Hauptschule und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt, welche ursprünglich in konventioneller Form geplant, und nur den Bestimmungen der Bauordnung unter dem Aspekt minimaler Sanierungskosten Rechnung trug.

Gegenüberstellung der Kosten der Sanierungsvarianten des Bauvorhabens HS 2 und PTS - Schwanenstadt			
Baukosten (1 - 6) bzw. Errichtungskosten (1 - 9) gem. ÖNORM B 1801-1 in Euro auf Kalkulationsbasis 2002/2003 (ohne Indexanpassung)			
Schule	Kostenbereich	Ursprüngliches Sanierungskonzept gem. Mindeststandard	Haus der Zukunft Nachhaltige Schulsanierung
Musikhauptschule	1-9	3.375.000,00	4.151.855,00
	1-6	3.014.000,00	3.681.912,50
PTS	1-9	1.933.000,00	2.367.500,00
	1-6	1.713.000,00	2.073.137,50
Gesamt netto	1-9	5.308.000,00	6.519.355,85
	1-6	4.727.000,00	5.755.050,00
20% Mwst	1-9	1.061.600,00	1.303.871,17
	1-6	945.400,00	1.151.010,00
Bruttokosten verglichen	1-9	6.369.600,00	
	+4%	6.467.882,00	7.823.230,50
Differenz (auf Basis der ursprünglichen Kalkulation vom Jahr 2002/03)			1.453.630,50

Tab. 14: Kostenvarianten Sanierung Basiskalkulation

6.2.1.2 Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Bauindex Anpassung

Zwischen der Kostenkalkulation des ursprünglichen Sanierungskonzeptes aus dem Jahre 2002/03 auf Basis des genehmigten Finanzierungsplans durch das Land und dem realisierten Projekt von 2006/07 wurde vom Land eine **Indexanpassung von 13%** bewilligt.

Gegenüberstellung der Kosten der Sanierungsvarianten des Bauvorhabens HS 2 und PTS - Schwanenstadt			
Baukosten (1 - 6) bzw. Errichtungskosten (1 - 9) gem. ÖNORM B 1801-1 In Euro (mit 13% Indexanpassung)			
Schule	Kostenbereich	Ursprüngliches Sanierungskonzept gem. Mindeststandard	Haus der Zukunft Nachhaltige Schulsanierung
Gesamt netto	1-9	5.998.040,00	7.366.872,10
	1-6	5.341.510,00	6.503.206,50
20% Mwst	1-9	1.199.608,00	1.473.374,40
	1-6	1.068.302,00	1.300.641,30
Bruttokosten	1-9	7.197.648,00	8.840.246,50
Differenz (unter Berücksichtigung der 13%-igen Indexanpassung auf die ursprünglichen Kalkulation vom Jahr 2002/03)			1.642.598,50

Tab. 15: Kostenvarianten Sanierung mit Indexanpassung

Die bewilligte Indexanpassung hat jedoch nichts mit der Neueinreichung und Umplanung auf das Demonstrationsprojekt im Rahmen der Programmlinie „Haus

der Zukunft“ zu tun, da die ursprünglich genehmigte Variante im OÖ. Schulbauprogramm sogar erst für das Jahr 2007 bis 2009 zur Umsetzung geplant gewesen wäre.

6.2.1.3 Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Flächenerweiterung

Auf Grund des gestiegenen Raumbedarfs und der daraus resultierenden Nutzflächenerweiterung, welche von Land Oberösterreich bewilligt wurde, hat sich zwischen der ursprünglichen Sanierungsplanung und dem realisierten Projekt eine Erweiterung der Nutzfläche um 1.010,40 m² bzw. 19,41% ergeben. Diese Erweiterung ist unabhängig vom energetischen Standard des Gebäudes zu betrachten.

Gegenüberstellung der Kosten der Sanierungsvarianten des Bauvorhabens HS 2 und PTS - Schwanenstadt			
Baukosten (1 - 6) bzw. Errichtungskosten (1 - 9) gem. ÖNORM B 1801-1 In Euro (mit 13% Indexanpassung + Nutzflächenerweiterung)			
Schule	Kostenbereich	Ursprüngliches Sanierungskonzept gem. Mindeststandard + 19,41% Flächenzuwachs	Haus der Zukunft Nachhaltige Schulsanierung + 12,37% (Turnsaal) Flächenzuwachs
Gesamt netto	1-9	7.162.260,00	8.278.093,30
	1-6	6.378.297,00	7.307.653,10
20% Mwst	1-9	1.432.452,00	1.655.618,70
	1-6	1.275.659,00	1.461.530,60
Bruttokosten	1-9	8.594.712,00	9.933.712,00
Differenz (unter Berücksichtigung der 13%-igen Indexanpassung +19,41/12,37% Nutzflächenerweiterung auf die ursprünglichen Kalkulation vom Jahr 2002/03)			1.339.000,00

Tab. 16: Kostenvarianten Sanierung mit Indexanpassung u. Nutzflächenerweiterung

6.2.1.4 Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der zusätzlichen Leistungen

Darüber hinaus wurden im realisierten Sanierungsprojekt gegenüber der ursprünglich geplanten Sanierung im Auftrag des Gemeinderates noch nachfolgende Leistungen zusätzlich erbracht. Diese zusätzlichen Leistungen sind ebenfalls unabhängig vom energetischen Standard des Gebäudes zu betrachten.

- Auf Grund der erheblichen Schadhafteit des Estrichs wurde der gesamte Estrich im Schulgebäudebestand entfernt und neu betoniert, was wegen der Trocknungszeit außerdem den Bauzeitplan beeinflusste.
- Auf Grund des schlechten statischen Zustandes mussten mehrere bestehende Unterzüge statisch verstärkt werden
- Ergänzung eines übersichtlichen Leitsystems mit neuen Beschriftungen
- Neugestaltung der Außenanlagen

Darauf aufbauend bzw. als Vergleichsbasis berücksichtigte dieses Projekt alle Aspekte eines nachhaltigen und ökologischen Gesamtsanierungskonzeptes unter der Einbindung zukunftsweisender Sanierungsmethoden zur maximalen Energieeinsparung bei gleichzeitiger erheblicher Steigerung der Nutzungsqualität. Dazu war es auch notwendig, den ursprünglich geplanten Zubau völlig neu nach energetischen und funktionalen Gesichtspunkten zu überarbeiten, um sich harmonisch in das Gesamtkonzept einzufügen.

Gegenüberstellung der Kosten der Sanierungsvarianten des Bauvorhabens HS 2 und PTS - Schwanenstadt			
Baukosten (1 - 6) bzw. Errichtungskosten (1 - 9) gem. ÖNORM B 1801-1 In Euro (mit 13% Indexanpassung + Nutzflächenerweiterung + Zusatzleistungen)			
Schule	Kostenbereich	Ursprüngliches Sanierungskonzept gem. Mindeststandard	Haus der Zukunft Nachhaltige Schulsanierung
Gesamt netto	1-9	7.467.500,00	8.583.333,00
	1-6	6.571.400,00	7.553.333,00
20% Mwst	1-9	1.493.500,00	1.716.667,00
	1-6	1.314.280,00	1.510.666,00
Bruttokosten Endabrechnung	1-9	8.961.000,00	10.300.000,00
Differenz (unter Berücksichtigung der 13%-igen Indexanpassung auf die ursprünglichen Kalkulation vom Jahr 2002/03 + Nutzflächenzuwachs + Zusatzleistungen)			1.339.000,00

Tab. 17: Kostenvarianten Sanierung m. Indexanpassung, Nutzfl.erweit. u. Zusatzleistung

Ein Projekt mit weltweiter Pionierleistung nachhaltiger Altbausanierung und somit Aushängeschild vorbildlicher österreichischer Baukultur der öffentlichen Hand durfte nicht nur dem Anspruch nachhaltigen und energiesparenden Bauens entsprechen. Vielmehr verpflichtete es auch in funktionaler, architektonischer und bautechnischer Hinsicht dem neuesten Stand der Technik zu entsprechen. Erst dadurch wurde dieses Vorreiter- und Vordenkerprojekt auch zum Architektur Tourismusmagneten und zum gern präsentierten Vorzeigeprojekt.

6.2.1.5 Betrachtung der Baukosten im Vergleich zu einem Neubau

	PTS	MHS	Turnsaal	Gesamt	je Schüler
Netto-Grundfläche	1.922m ²	3.322m ²	971m ²	6.214m ²	15m ²
Bruttorauminhalt	7.871m ³	14.477m ³	7.201m ³	29.550m ³	70m ³
Schülerzahl	120	300		420	

Neu(Zu)bau	42%
Sanierung	58%

	Summen vorbehaltlich der Endabrechnung	je m ² Netto-Grundfläche	je m ² Brutto-Rauminhalt	je Schüler	Anteil an den Errichtungskosten
Baukosten (netto) (incl. Einrichtung und Außenanlagen)	7.700.000	1.239	261	18.333	89,53%
Errichtungskosten (netto) (incl. Bau- und Baunebenkosten)	8.600.000	1.384	291	20.476	
(Neu)Errichtungskosten (netto) (incl. Bau- und Baunebenkosten)	11.550.000	2.100	Vergleichswert: 5.500m ² x €2.000 + 5% (Passivhaus)		

Tab. 18: Kennzahlen Baukosten im Vergleich zu Neubau

58% der Gesamtnutzfläche von 6.214 m² des Demonstrationsprojektes sind saniert worden, 42% dieser Fläche wurden neu errichtet bzw. zugebaut.

Vergleicht man nun die Gesamtbaukosten von € 8.583.333.- netto ergeben sich Errichtungskosten von € 1.381,29 / m² Nutzfläche. Die Sanierung und Zubau konnten damit trotz des hohen Neubauanteils **erheblich günstiger realisiert** werden, als für Schulneubauten vom Land max. genehmigt werden.

6.2.2 Aufschlüsselung der Mehrkosten

Innovative Mehrkosten des Demonstrationsprojektes gegenüber der konventionellen Sanierung			Gesamtbaukosten der relevanten Gewerke für die thermische Sanierung	
Mehrkosten-aufschlüsselung	Einzelmaßnahmen	Einzelkosten	Einzelkosten	Einzelmaßnahmen
Passivhaus-technologie	Wärmedämmung	€ 148.830,00	€ 117.963,81	Schaumglas unter Bodenplatte
			€ 127.907,04	Dämmung Außenhülle Wand + Dach
	Qualitätssicherung	€ 4.170,00	€ 4.171,01	Drucktest + Thermografie
	Passivhausfenster	€ 155.403,00	€ 257.056,54	Passivhausfenster
	Haustechnik - kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung	€ 324.020,00	€ 499.000,00	Haustechnik - kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung
Zwischensumme		€ 632.423,00	€ 1.006.098,40	
Tages- und Kunstlichtmanagement	Vergrößerung der Oberlichten in den Gängen Solar- und Tageslicht optimierter Sonnenschutz	€ 79.160,00	€ 117.000,00	Oberlichten
			€ 140.616,39	Sonnenschutz + Steuerung
Zwischensumme		€ 79.160,00	€ 257.616,39	
Ökologische Maßnahmen	Holzbautechnologie für Fassade aus nachwachsenden Rohstoffen anstatt Polystyrol- bzw. VWDV- Fassade	€ 276.250,00	€ 544.853,89	Holzbautechnologie für Fassade aus nachwachsenden Rohstoffen anstatt Polystyrol- bzw. VWDV- Fassade
Zwischensumme		€ 276.250,00	€ 544.853,89	
Zusätzliche Dienstleistungen und Honorare für Forschungsprojekt		€ 128.000,00	€ 60.000,00	Qualitätssicherung durch zusätzliche ÖBA
			€ 17.000,00	Forschungsbegleitung
			€ 51.000,00	Zusätzliche Planung + Simulationen
Zwischensumme		€ 128.000,00	€ 128.000,00	
Endsumme netto		€ 1.115.833,00	€ 1.936.568,68	
zuzüglich 20% Ust		€ 223.166,60	€ 387.313,74	
Endsumme brutto		€ 1.338.999,60	€ 2.323.882,42	

Tab. 19: Aufstellung der Gesamtsumme an Mehrkosten des Demonstrationsprojektes

Obwohl die Positionen Tages- und Kunstlichtmanagement und Ökologische Maßnahmen nicht direkt den Mehrkosten Passivhaus zugerechnet werden können, wurden sie in den Kapiteln 6.2.3. trotzdem in den Amortisationsberechnungen mit berücksichtigt.

Ohne den Ökologischen Maßnahmen machen die Mehrkosten für die thermische Altbausanierung € 1.007.499,60 (inkl. Ust) bzw. 9,8% der Gesamtbaukosten aus.

Berechnung ohne Sonderförderungen für das Demonstrationsprojekt	Gesamt Errichtungskosten brutto (inkl. Bau- und Baunebenkosten) 1-9		Finanzierungs- anteil Gemeinde für den Anteil der thermischen Sanierungs- kosten (Brutto)	Prozentueller Anteil der thermischen Sanierungs- kosten von den Baukosten in %
	Netto	Brutto		
Konventionelle Sanierung	€ 7.467.500	€ 8.961.000	€ 984.900	11,0%
Demonstrationsprojekt Sanierung zum Passivhaus	€ 8.583.333	€ 10.300.000	€ 2.323.900	22,6%
Mehrkosten Passivhaus zu konventioneller Sanierung	€ 1.115.833	€ 1.339.000	€ 1.339.000	13,0%

Die für die thermische Sanierung, Tages- und Kunstlichtmanagement und für Ökologische Maßnahmen relevanten Kosten von € 984.900.- haben bei der konventionellen Sanierung einen Anteil von 11% an den Gesamtbaukosten von € 8.961.000.-

Bei der Sanierung auf Passivhausstandard betragen die Kosten € 2.323.900.- und stellen damit einen Anteil von 22,6% an den Gesamtkosten von insgesamt € 10.300.000.- dar.

Ohne Berücksichtigung der Sonderförderung für das gegenständliche Demonstrationsprojekt machen die Mehrkosten von € 1.339.000.- einen Anteil von 13% an den Gesamtbaukosten aus.

Berechnung mit Sonderförderungen für das Demonstrationsprojekt	Gesamt Errichtungskosten brutto (inkl. Bau- und Baunebenkosten) 1-9		Finanzierungs- anteil Gemeinde für den Anteil der thermischen Sanierungs- kosten (Brutto)	Prozentueller Anteil der thermischen Sanierungs- kosten von den Baukosten in %
	Netto	Brutto		
Konventionelle Sanierung	€ 7.467.500	€ 8.961.000	€ 984.900	11,0%
Demonstrationsprojekt Sanierung zum Passivhaus	€ 8.583.333	€ 10.300.000	€ 1.177.500	11,4%
Mehrkosten Passivhaus zu konventioneller Sanierung	€ 1.115.833	€ 1.339.000	€ 192.600	1,87%

Unter Berücksichtigung der Sonderförderung für das gegenständliche Demonstrationsprojekt betragen die Mehrkosten, welche von der Gemeinde zu tragen sind, lediglich € 192.600.- bzw. 1,87%.

Thermisch relevante Baukosten (inkl. Ust):

Konventionelle Sanierung	€ 984.900.-
Demonstrationsprojekt – Passivhausstandard	€ 2.323.890.-
Innovative Mehrkosten zu konventioneller Sanierung	€ 1.339.000.-

Errichtungskosten brutto (inkl. Bau- und Baunebenkosten) 1-9

Konventionelle Sanierung	€ 8.961.000.-
Demonstrationsprojekt – Passivhausstandard	€ 10.300.000.-
Innovative Mehrkosten zu konventioneller Sanierung	€ 1.339.000.-

6.2.3 Amortisation des Demonstrationsprojektes

6.2.3.1 Grunddaten für Amortisationsberechnungen

Aufgliederung nach Energienutzen						
Basisdaten	Nutzfläche	HWB	Warmwasser	Strom allg.	Summe Energie	Summe Energie
	m ²	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/a
Schule Bestand unsaniert	4.703	122,64	8,00	15,60	146,24	687.767
Konventionelle Sanierung	5.204	80,00	7,50	14,00	101,50	528.206
Passivhaussanierung	6.214	13,90	7,50	13,00	34,40	213.762

Aufgliederung nach Energieträger				
Basisdaten	Gas	Strom	Pellets	Summe Energie
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
Schule Bestand unsaniert	130,64	15,60	0,00	146,24
Konventionelle Sanierung	87,50	14,00	0,00	101,50
Passivhaussanierung	0,00	15,50	18,90	34,40

Energiepreis	0,055	0,160	0,038
Steigerungsrate / a	1,12	1,06	1,05

Energiekostenentwicklung je Quadratmeter Nutzfläche für die unsanierte Schule und die beiden Sanierungsvarianten

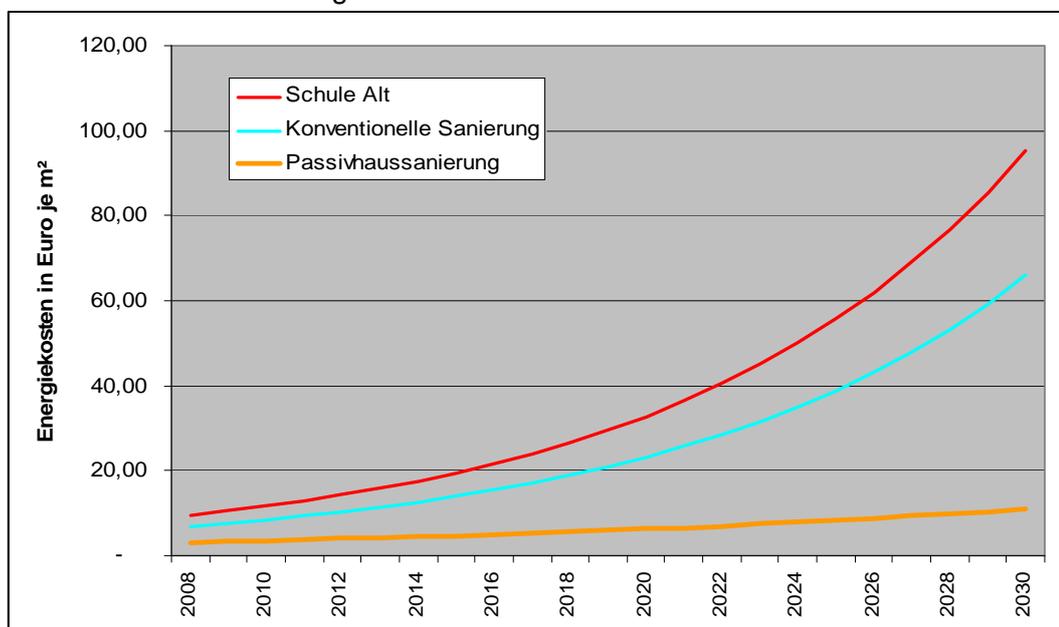


Abb. 69: Energiekostenentwicklung pro Quadratmeter für Sanierungsvarianten

6.2.3.2 Amortisation auf realisiertes Demonstrationsprojekt bezogen

Variante 3: Realisiertes Demonstrationsprojekt	Gesamt Baukosten Netto	Gesamt Baukosten Brutto	Finanzierungsanteil Gemeinde	Jährliche Annuitäten Gemeinde	Jährliche Annuitäten Gemeinde je m ² Nutzfläche	Prozentueller Anteil der thermischen Sanierungskosten in %
Schule Bestand unsaniert	0	0	0	0	-	
Konventionelle Sanierung	7.467.500	8.961.000	984.900	74.852	14,38	11,0%
Passivhaussanierung	8.583.333	10.300.000	1.177.500	89.490	14,40	11,4%
			2.323.900	1.789.800		
Mehrkosten PH zu konventionell. Sanierung	1.115.833	1.339.000	192.600	14.638	0,02	13%

Kosten pro m ² per a	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Schule Bestand unsaniert	8,56	9,50	10,55	11,72	13,03	14,48
Konventionelle Sanierung	20,38	21,03	21,75	22,55	23,44	24,44
Passivhaussanierung	16,31	16,41	16,53	16,64	16,77	16,90

Kosten pro m ² kumuliert	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Schule Bestand unsaniert	8,56	18,06	28,62	40,34	53,37	67,85
Konventionelle Sanierung	20,38	41,41	63,15	85,70	109,14	133,58
Passivhaussanierung	16,31	32,72	49,24	65,89	82,66	99,56

Tab. 20: Amortisationsberechnung für realisiertes Demonstrationsprojekt

Zuschüsse + Finanzierungsbedarf									
Beitrag ESV	Sonstige Mittel Landes-zuschüsse	Bundes-zuschuss BMVIT	Landes-zuschuss Bildung	Bedarfs-zuweisung	Landes-zuschuss Umwelt	Summe Zuschüsse	Finanzierungsbedarf - Darlehen Bank	Gesamt Bausumme inkl. Ust.	Prozentueller Zuschussanteil
0	0	0	2.688.300	2.688.300	0	5.376.600	3.584.400	8.961.000	60,00%
100.000	1.000.000	412.000	2.875.000	2.875.000	600.000	7.862.000	2.438.000	10.300.000	76,33%
							1.146.400		

Reduktion Finanzierungsbedarf für Gemeinde durch Demonstrationsprojekt

Betrachtet man das gegenständliche Demonstrationsprojekt mit seinen zusätzlich gewährten Sonderzuschüssen auf Grund des Forschungscharakters, ist das umgesetzte Sanierungsprojekt zum Passivhausstandard der Stadt Schwanenstadt von Beginn an günstiger als die konventionelle Ausführung gekommen. So zahlt die Stadt an Annuitäten Rückzahlung und Betriebskosten bereits im ersten Jahr mit € 14,19 um € 3,66 weniger. Wäre die Schule nicht energetisch saniert worden, hätten alleine die jährlichen Betriebskosten bereits nach fünf Jahren mehr ausgemacht als beim umgesetzte Sanierungsprojekt zum Passivhausstandard die jährlichen Annuitäten Rückzahlung und Betriebskosten zusammen. Sehr deutlich zeigt sich auch, dass für die Stadt Schwanenstadt als Betreiber nur mit dem umgesetzten Sanierungsprojekt zum Passivhausstandard eine fast gleichbleibende Budgetbelastung auf niedrigem Niveau sichergestellt ist. Nach der Tilgung des Darlehens nach zwanzig Jahren benötigt der Betreiber überhaupt nur noch 15% jener Kosten, die bei einer konventionellen Sanierung erforderlich gewesen wären.

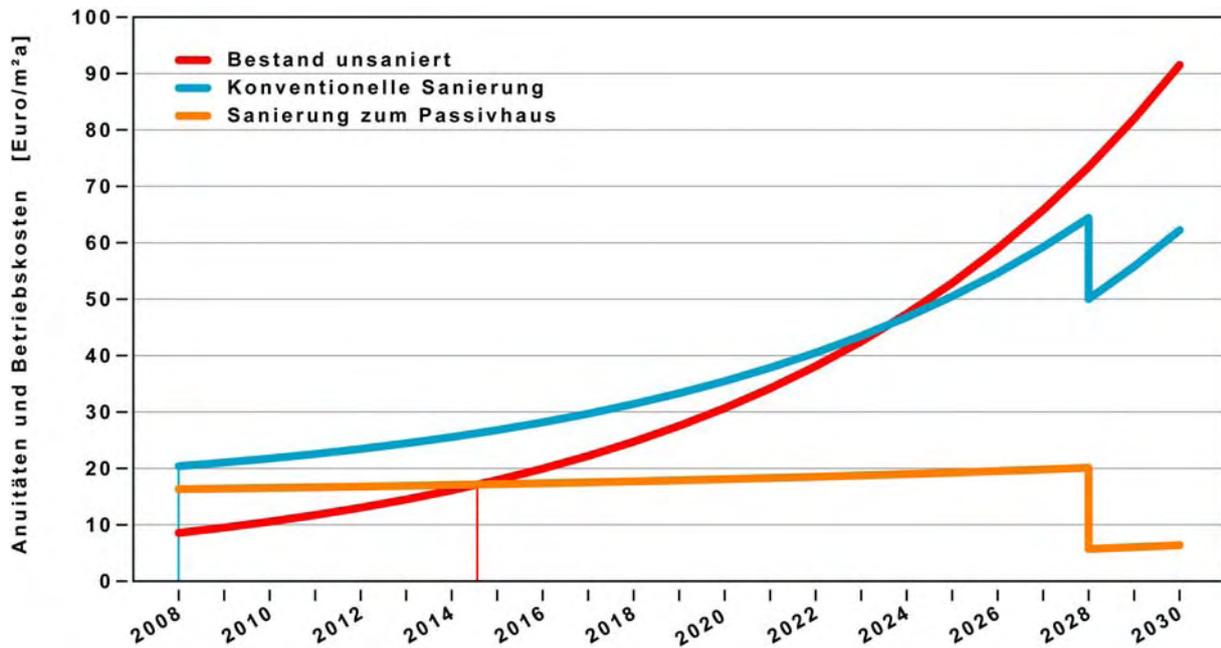


Abb. 70: Jährliche Annuitäten- u. Energiekosten/m² der Gemeinde mit Sonderförderung

Hier zeigt sich, dass die Sanierung auf Passivhausstandard für die Gemeinde von Beginn an kostengünstiger kommt als die ursprünglich konventionelle Sanierung der Schule. Gegenüber den Betriebskosten für die weiter unsanierte Schule zeigt sich, dass die jährlichen Budgetmittel für Annuitäten Rückzahlung und Betriebskosten bereits nach 6,5 Jahren geringer sein werden.

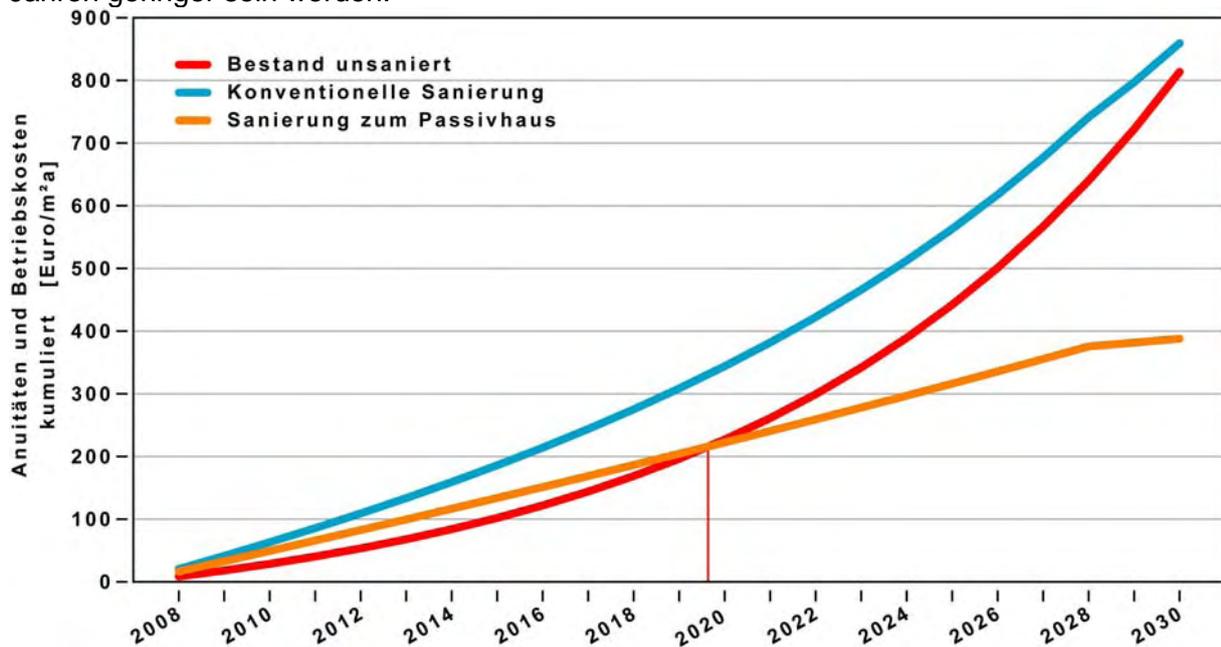


Abb. 71: Kumulierte Annuitäten- u. Energiekosten/m² der Gemeinde m. Sonderförderung

Kumuliert betrachtet zeigt sich, dass die Sanierung auf Passivhausstandard für die Gemeinde ebenfalls von Beginn an kostengünstiger kommt als die ursprünglich konventionelle Sanierung der Schule. Gegenüber den Betriebskosten für die weiter unsanierte Schule zeigt sich eine Amortisationszeit von nur 11,5 Jahren.

Parameter für die Berechnungen:

Bankdarlehen zur Finanzierung der Gemeindeinvestitionen, Laufzeit 20 Jahre, 5% Zinssatz

Energiekostensteigerung: Gas 12%/a, Strom 6%/a, Pellet 5%/a

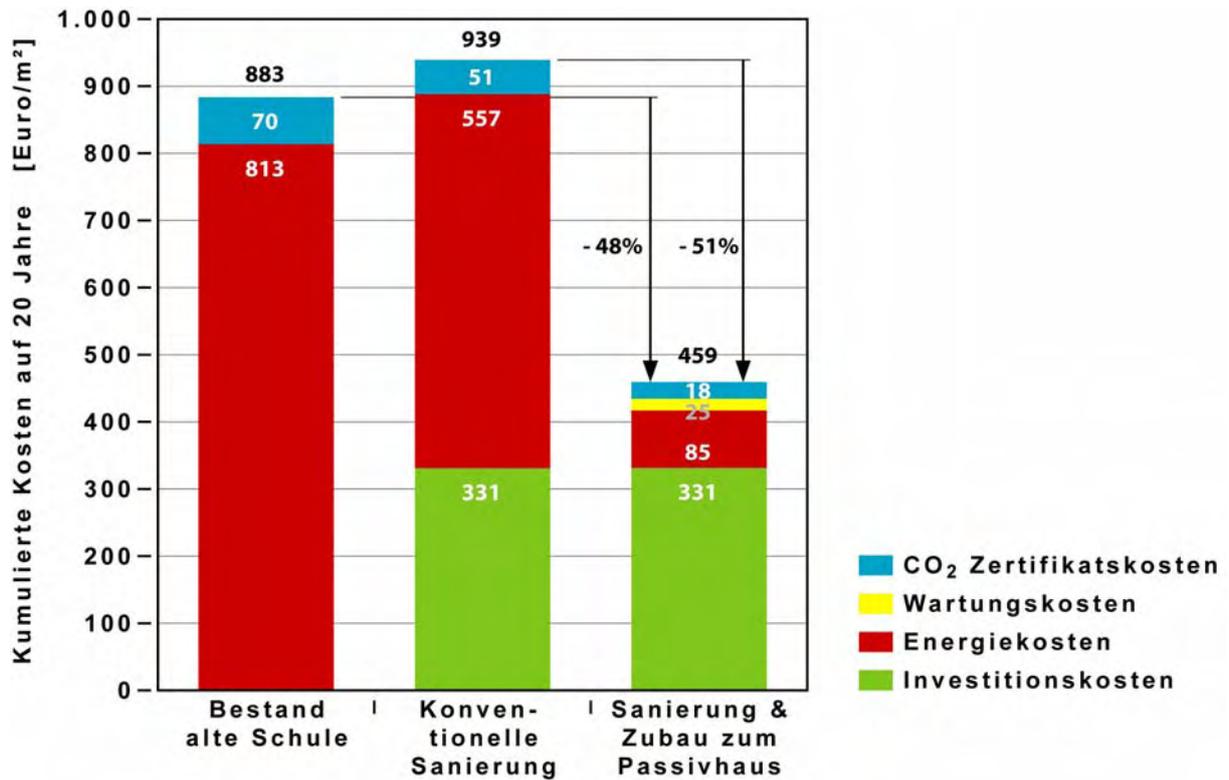


Abb. 72: Summe Annuitäten- u. Energiekosten/m² der Gemeinde m. Sonderförderung

Betrachtet man die kumulierten Kosten unter Berücksichtigung der Sonderförderungen für das gegenständliche Demonstrationsprojekt binnen 20 Jahren, was der Laufzeit der Darlehensfinanzierung entspricht, zeigt sich deutlich, dass die Sanierung auf Passivhausstandard für die Gemeinde die absolut kostengünstigste Variante darstellt. Die Gesamtbelastung des Gemeindbudgets wird dadurch um rund 50% geringer sein, als beide Alternativen.

Sowohl der weitere Betrieb der unsanierten Schule, als auch die ursprünglich konventionelle Sanierung der Schule wäre der Gemeinde kumuliert auf die nächsten 20 Jahre doppelt so teuer gekommen.

6.2.3.3 Amortisation ohne Sonderförderungen

Um aus dem Demonstrationsprojekt Rückschlüsse auf die allgemeine Sanierung von öffentlichen Bauten schließen zu können, wird nachstehend die Amortisation ohne Berücksichtigung der beim Forschungsprojekt gewährten Sonderförderungen betrachtet.

Berechnung ohne Sonderförderungen für die reinen Kosten für Passivhaus von €2.323.900.- 13% Mehrkosten = €1.339.000.-	Gesamt Baukosten Netto	Gesamt Baukosten Brutto	Finanzierungsanteil Gemeinde	Jährliche Annuitäten Gemeinde	Jährliche Annuitäten Gemeinde je m ² Nutzfläche	Prozentueller Anteil der thermischen Sanierungskosten in %
Schule Bestand unsaniert	0	0	0	0	-	
Konventionelle Sanierung	7.467.500	8.961.000	984.900	74.852	14,38	11,0%
Passivhaussanierung	8.583.333	10.300.000	2.323.900	176.616	28,42	22,6%
				3.532.328		
Mehrkosten PH zu konv. Sanierung	1.115.833	1.339.000	1.339.000	101.764	14,04	13%

Tab. 21: Amortisationsberechnung für Projektvariante ohne Sonderförderungen

Zuschüsse + Finanzierungsbedarf									
Beitrag ESV	Sonstige Mittel Landes-zuschüsse	Bundes-zuschuss BMVIT	Landes-zuschuss Bildung	Bedarfs-zuweisung	Landes-zuschuss Umwelt	Summe Zuschüsse	Finanzierungsbedarf - Darlehen Bank	Gesamt Bau-summe inkl. Ust.	Prozentueller Zuschussanteil
0	0	0	2.688.300	2.688.300	0	5.376.600	3.584.400	8.961.000	60,00%
0	0	0	3.090.000	3.090.000	0	6.180.000	4.120.000	10.300.000	60,00%

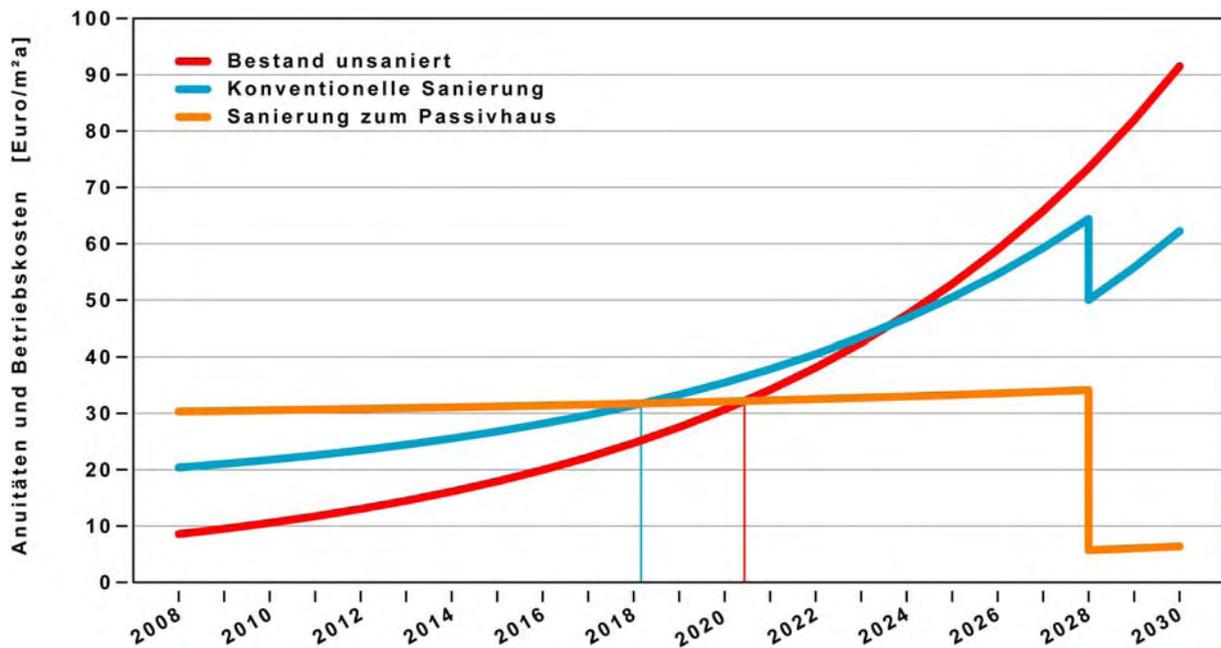


Abb. 73: Jährl. Annuitäten- u. Energiekosten/m² der Gemeinde ohne Sonderförderung

Hier zeigt sich, dass die Sanierung auf Passivhausstandard für Gemeinden zunächst Mehrkosten gegenüber konventionelle Sanierung der Schule bzw. der weiter unsanierten Schule im Budget verursacht.

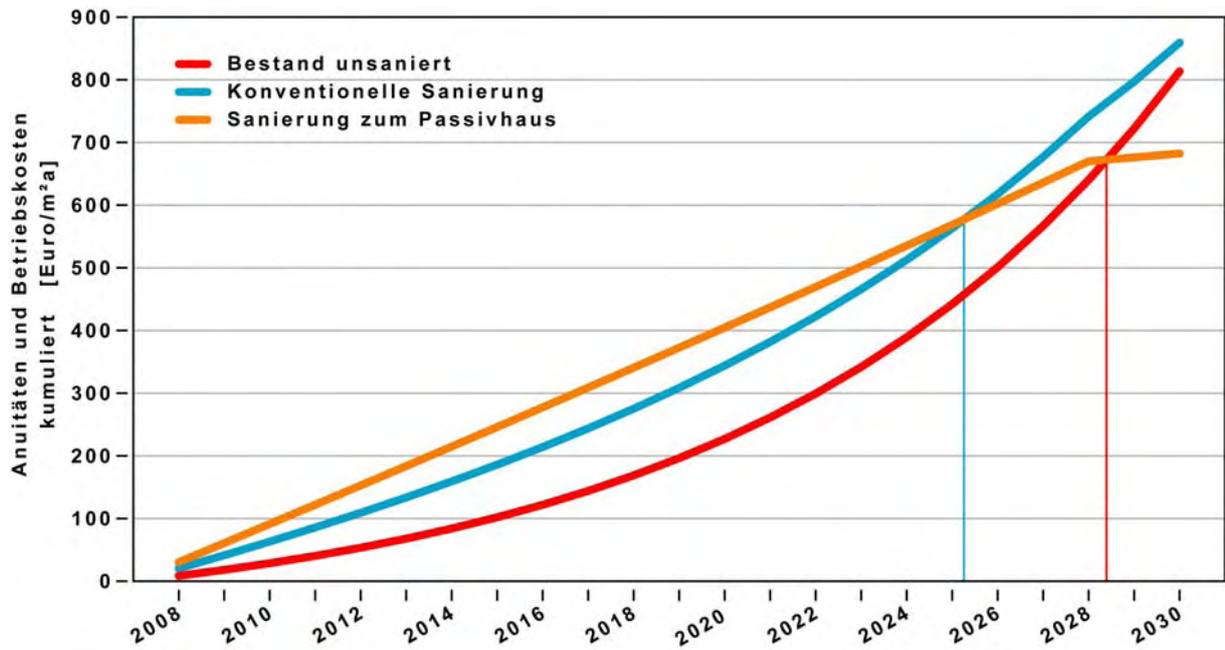


Abb. 74: Kumul. Annuitäten- u. Energiekosten/m² der Gemeinde ohne Sonderförderung

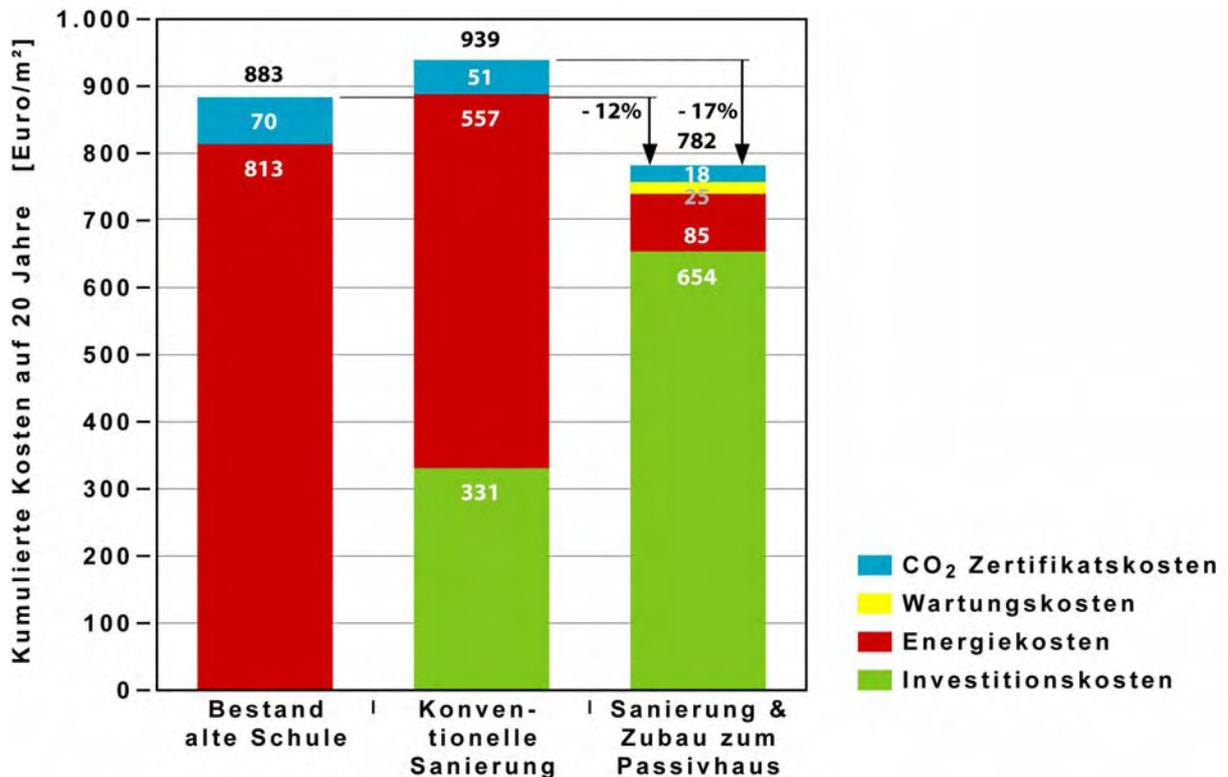


Abb. 75: Summe Annuitäten- u. Energiekosten/m² der Gemeinde ohne Sonderförderung

Betrachtet man die kumulierten Kosten jedoch OHNE der Sonderförderungen des Forschungsprojektes binnen 20 Jahren, was der Laufzeit der Darlehensfinanzierung entspricht, zeigt sich, dass sich die konsequente Sanierung auf Passivhausstandard für Gemeinden trotzdem bezahlt macht, und die absolut kostengünstigste Variante darstellt. Die Gesamtbelastung des Gemeinbudgets wird dadurch um zwischen 12 - 17% entlastet, als bei den beiden anderen Alternativen.

Sowohl der weitere Betrieb der unsanierten Schule, als auch die ursprünglich konventionelle Sanierung der Schule würde Gemeinden kumuliert auf die nächsten 20 Jahre teurer kommen.

6.2.3.4 Amortisation ohne Sonderzuschuss, aber mit Energieeffizienzbonus €100.-/m²

Um aus dem Demonstrationsprojekt einen Vorschlag für eine nationale Energieeffizienzoffensive zur thermisch optimierten Sanierung von öffentlichen Bauten ausarbeiten zu können, wird nachstehend die Amortisation ohne Berücksichtigung der beim Forschungsprojekt gewährten Sonderförderungen betrachtet. Jedoch zusätzlich für thermisch optimierte Sanierungen ein Energieeffizienz Bonus von € 100.- / m² den Gemeinden bzw. Bauträgern gewährt.

Berechnung für die reinen Kosten für Passivhaus von €2.323.900.-							Jährliche Annuitäten Gemeinde je m ² Nutzfläche	Prozentueller Anteil der thermischen Sanierungskosten in %
13% Mehrkosten = €1.339.000.-, wobei für Passivhaus €100.-/m ² zusätzl. Zuschuss								
	Gesamt Baukosten Netto	Gesamt Baukosten Brutto	Finanzierungsanteil Gemeinde	Jährliche Annuitäten Gemeinde				
Schule Bestand unsaniert	0	0	0	0	-			
Konventionelle Sanierung	7.467.500	8.961.000	984.900	74.852	14,38	11,0%		
Passivhausanierung	8.583.333	10.300.000	1.702.500	129.390	20,82	16,5%		
				2.587.800				
Mehrkosten PH zu konv. Sanierung	1.115.833	1.339.000	717.600	54.538	6,44	13%		

Tab. 22: Amortisationsberechnung Projektvariante ohne Sonderförderungen, aber Energieeffizienzbonus

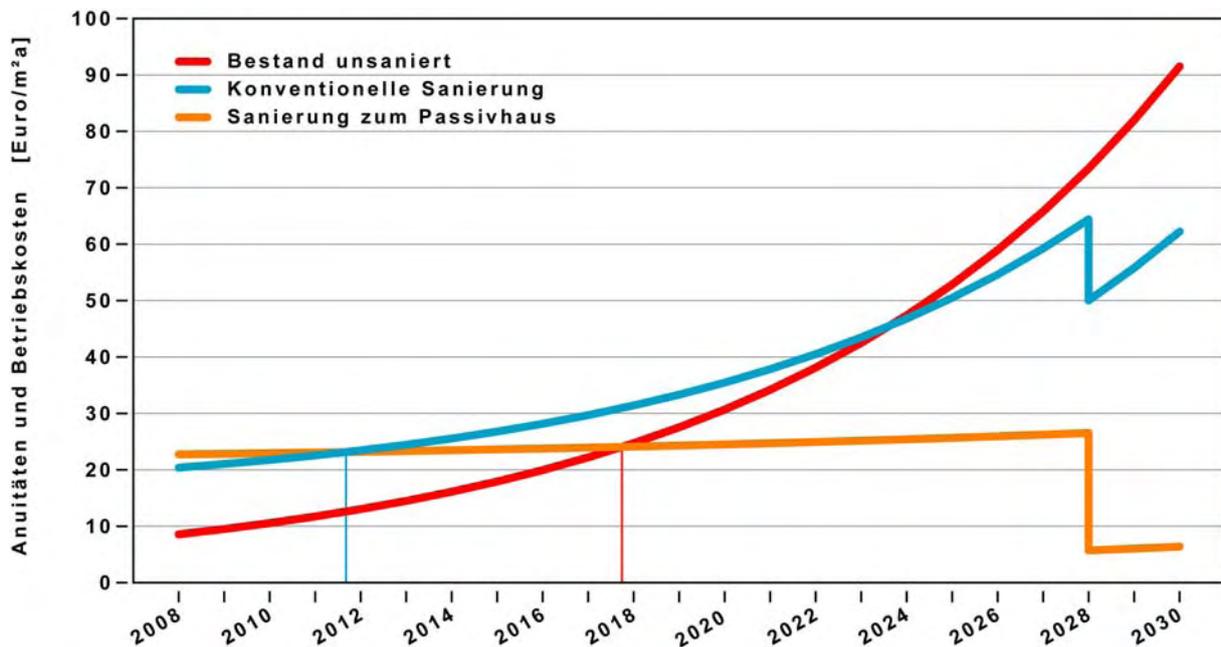


Abb. 76: Jährl. Annuitäten- u. Energiekosten/m²a der Gemeinde m. Energieeffizienzbonus

Nun zeigt sich, dass mit dem vorgeschlagenen Energieeffizienz Bonus von € 100.- / m² die Sanierung auf Passivhausstandard für Gemeinden bereits nach 3,5 Jahren geringere jährliche Kosten gegenüber einer konventionellen Sanierung der Schule bzw. nach 9,5 Jahren gegenüber einer unsanierten Schule im Budget verursacht.

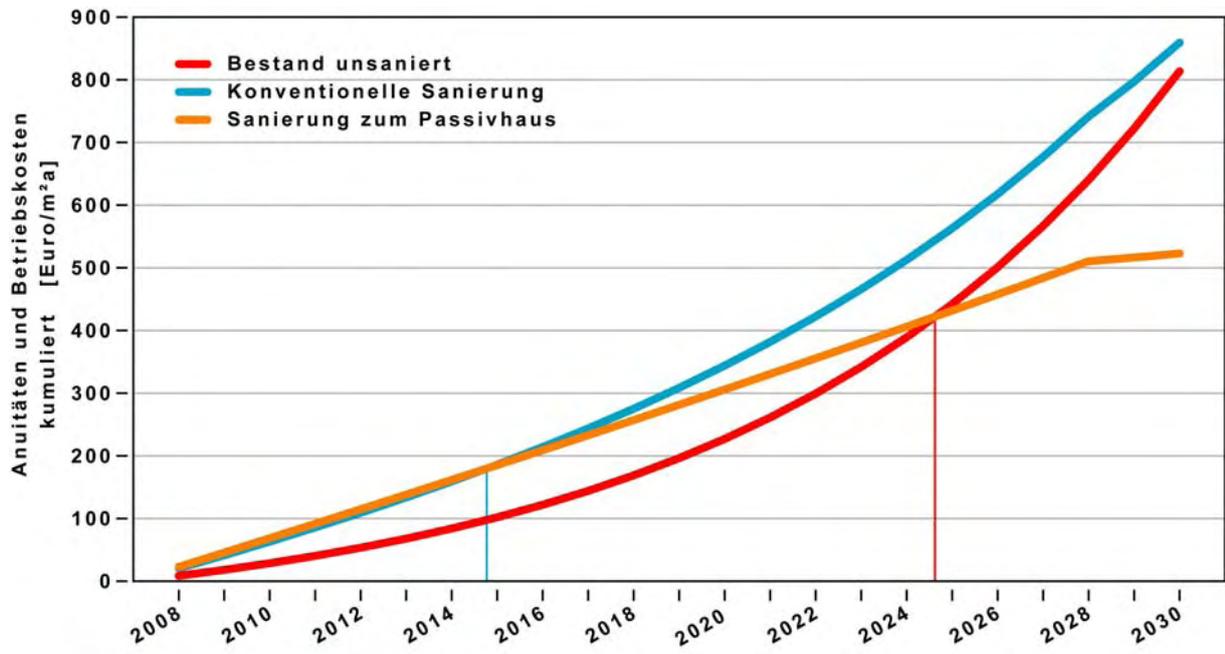


Abb. 77: Kumul. Annuitäten- u. Energiekosten/m² d. Gemeinde m. Energieeffizienzbonus

6.2.4 Gegenüberstellung der energischen Kennwerte

Der Energieverbrauch eines Gebäudes ist für die meisten Menschen kaum vorstellbar. Besonders schwer ist es bei gasförmigen Energieträgern, die auch nicht sichtbar sind. Daher ist es umso wesentlicher, den Menschen ihren Energieverbrauch im wahrsten Sinne des Wortes sichtbar zu machen. Dies wurde mit den nachstehenden Darstellungen versucht deutlich sichtbar zu machen:

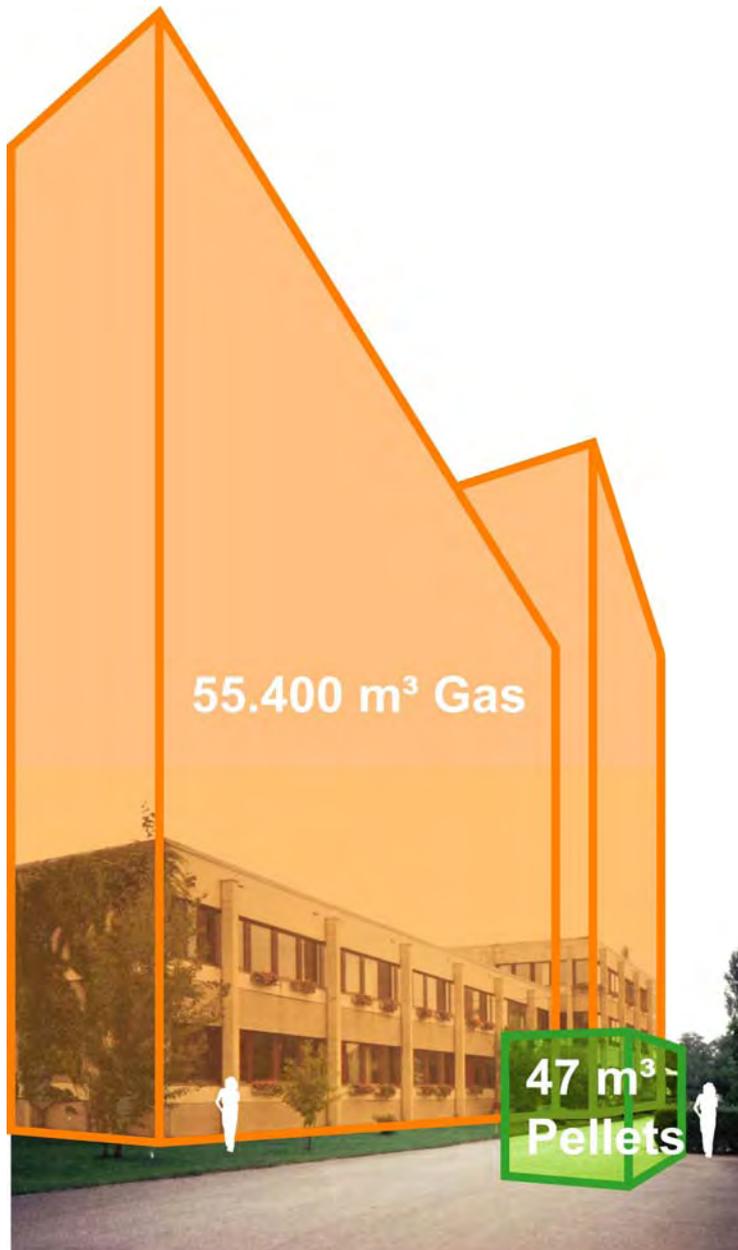


Abb. 78: Grafische Darstellung des Energieverbrauchs vor und nach der Sanierung

Die unsanierte Schule wurde mit Gas beheizt. Die benötigte Jahresmenge an Gas betrug 55.400 m³. Wenn man diese Menge über das gesamte Schulgebäude drüberstulpt, hätte der Gasturm rund das dreifache Volumen der Schule. Durch die thermische Sanierung auf Passivhausstandard konnte dieser Verbrauch zunächst einmal um 88,5% gesenkt werden. Und mit dem Umstieg auf erneuerbare Energieträger benötigt der verbleibende Jahresbedarf an Pellets gerade einmal 47 m³ bzw. hätte in einem halben Klassenzimmer Platz.

6.2.4.1 Gegenüberstellung Heizwärmeverbrauch

Analyse des Heizwärmeverbrauches in kWh je Quadratmeter Nutzfläche und Jahr auf Basis der ersten Jahresaufzeichnungen bzw. Prognose für 2008.

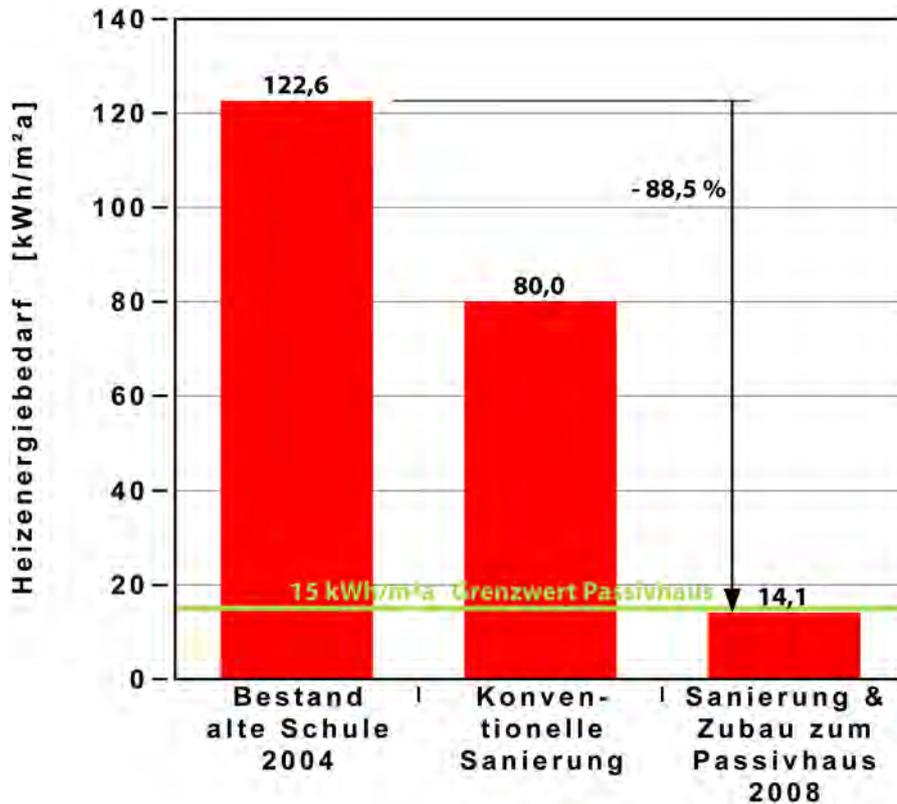


Abb. 79: Analyse des Heizwärmeverbrauches

Der Heizwärmeverbrauch konnte gegenüber dem Bestand um 88,5%, und gegenüber der ursprünglich geplanten konventionellen Sanierung um 82,4% gesenkt werden.

Der Heizwärmeverbrauch konnte bereits im ersten Jahr nach der Sanierung auf 14,1 kWh/m²a um nahezu den Faktor 10 reduziert werden, und somit der geplante Passivhausstandard gemäß Berechnung nach PHPP mit 14,1 kWh/m²a exakt erreicht werden. Der von den Wärmemengenzählern gemessene Wert weist sogar eine Nutzenergiezahl von nur 11,9 kWh/m²a für 2007 auf.

Der Grenzwert für den Passivhausstandard gemäß Berechnung nach PHPP von 15,0 kWh/m²a wurde damit unterschritten.

6.2.4.2 Gegenüberstellung Endenergieverbrauch

Analyse des Endenergieverbrauches in kWh je Quadratmeter Nutzfläche und Jahr auf Basis der ersten Jahresaufzeichnungen bzw. Prognose für 2008.

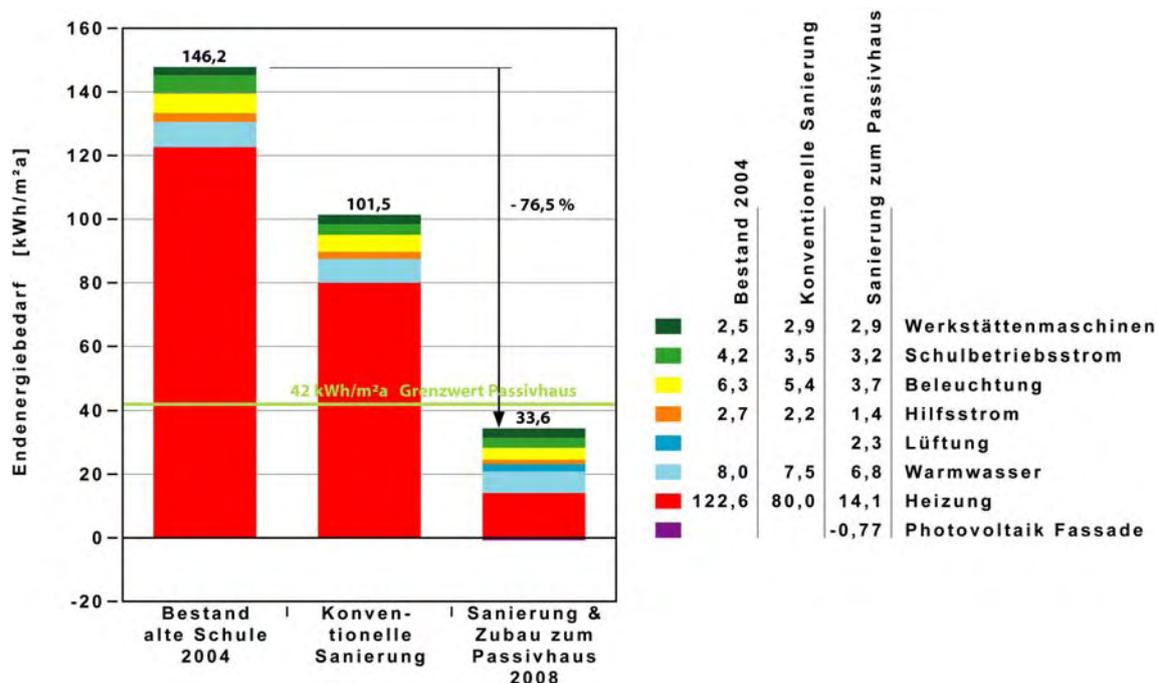


Abb. 80: Analyse des Endenergieverbrauches

Der Endenergieverbrauch konnte gegenüber dem Bestand um 76,5%, und gegenüber der ursprünglich geplanten konventionellen Sanierung um 66,9% gesenkt werden.

Der Grenzwert des Endenergiebedarfs für den Passivhausstandard gemäß Berechnung nach PHPP von 42,0 kWh/m²a wurde mit 33,6 kWh/m²a gleich erheblich unterschritten.

Der Heizwärmeverbrauch konnte auf 14,1 kWh/m²a um nahezu den Faktor 10 reduziert werden. Der Warmwasserverbrauch beläuft sich auf 6,8 kWh/m²a (welche sich auf 4,8 kWh/m²a mittels Pelletsanlage und 2,0 kWh/m²a mittels Strom aufteilt). Der Stromverbrauch beträgt (ohne WW) 2008 prognostizierte 12,23 kWh/m²a.

6.2.4.3 Gegenüberstellung Primärenergieverbrauch

Analyse des Primärenergieverbrauches in kWh je Quadratmeter Nutzfläche und Jahr auf Basis der ersten Jahresaufzeichnungen bzw. Prognose für 2008.

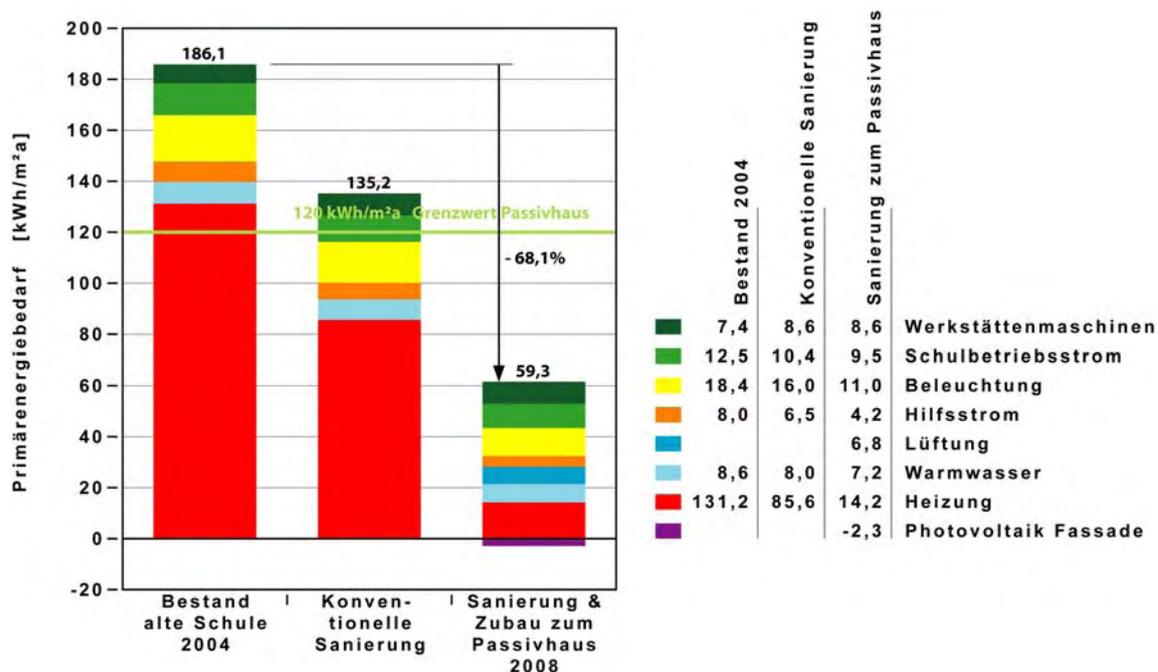


Abb. 81: Analyse des Primärenergieverbrauches

Der Primärenergieverbrauch konnte gegenüber dem Bestand um 68,1%, und gegenüber der ursprünglich geplanten konventionellen Sanierung um 56,1% gesenkt werden.

Der Grenzwert des Primärenergiebedarfs für den Passivhausstandard gemäß Berechnung nach PHPP von 120,0 kWh/m²a wurde mit 59,3 kWh/m²a gleich halbiert.

6.2.4.4 Gegenüberstellung CO₂-Emissionen

Analyse der CO₂-Emissionen in kg CO₂ je Quadratmeter Nutzfläche und Jahr durch den Energiebedarf auf Basis der ersten Jahresaufzeichnungen bzw. Prognose für 2008.

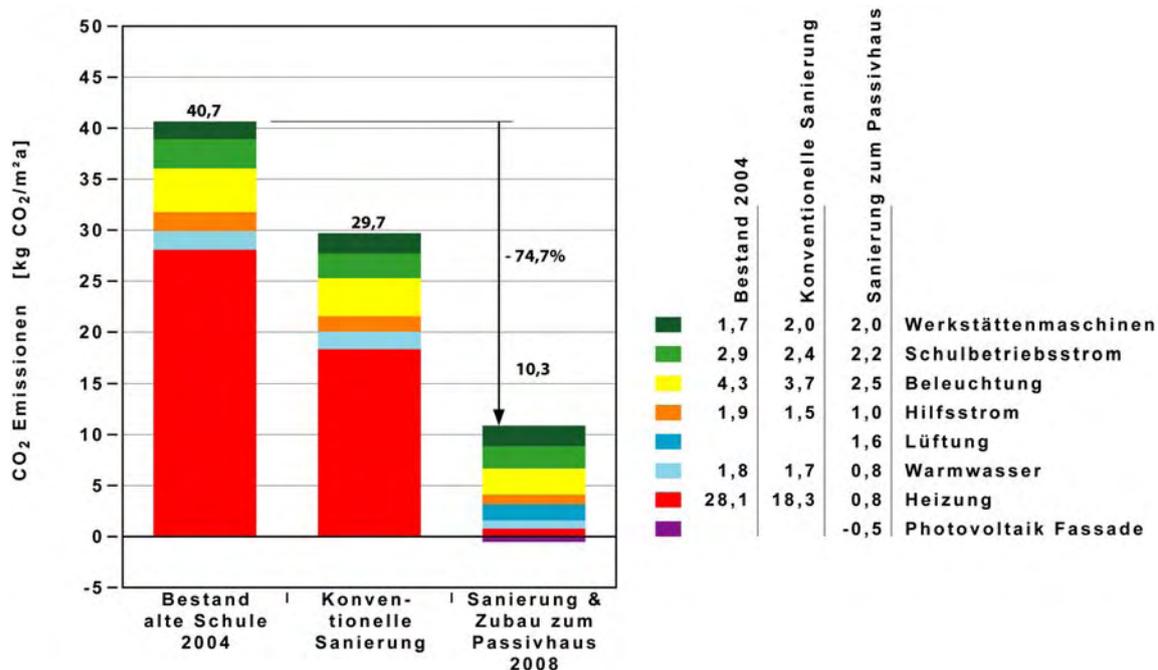


Abb. 82: Analyse der CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen durch den Betriebsenergiebedarf konnte gegenüber dem Bestand um 74,7%, und gegenüber der ursprünglich geplanten konventionellen Sanierung um 65,3% gesenkt werden.

6.2.5 Gegenüberstellung Heizenergie Varianten

Wie in Kapitel 5.3.2 zur Heizanlage ausgeführt, war in der Konzeptionsphase die Wahl zwischen der bisherigen Wärmeversorgung mit Erdgas mit einer angepassten neuen Anlage, oder der Umstieg der Heizung auf erneuerbare Energieträger mittels einer Holzpelletsanlage. Die ursprüngliche Kalkulation aus der Konzeptionsphase aus dem Jahr 2005 zeigte jedoch zunächst eine wirtschaftlich negative Bilanz für die erneuerbare Energieträgervariante.

Gegenüberstellung Biomasse – Holzpelletsanlage und Erdgasanlage aus Konzeptfindungs-Studie. Herstellkosten ohne Berücksichtigung von Förderungen und CO₂ – Emissionskosten.

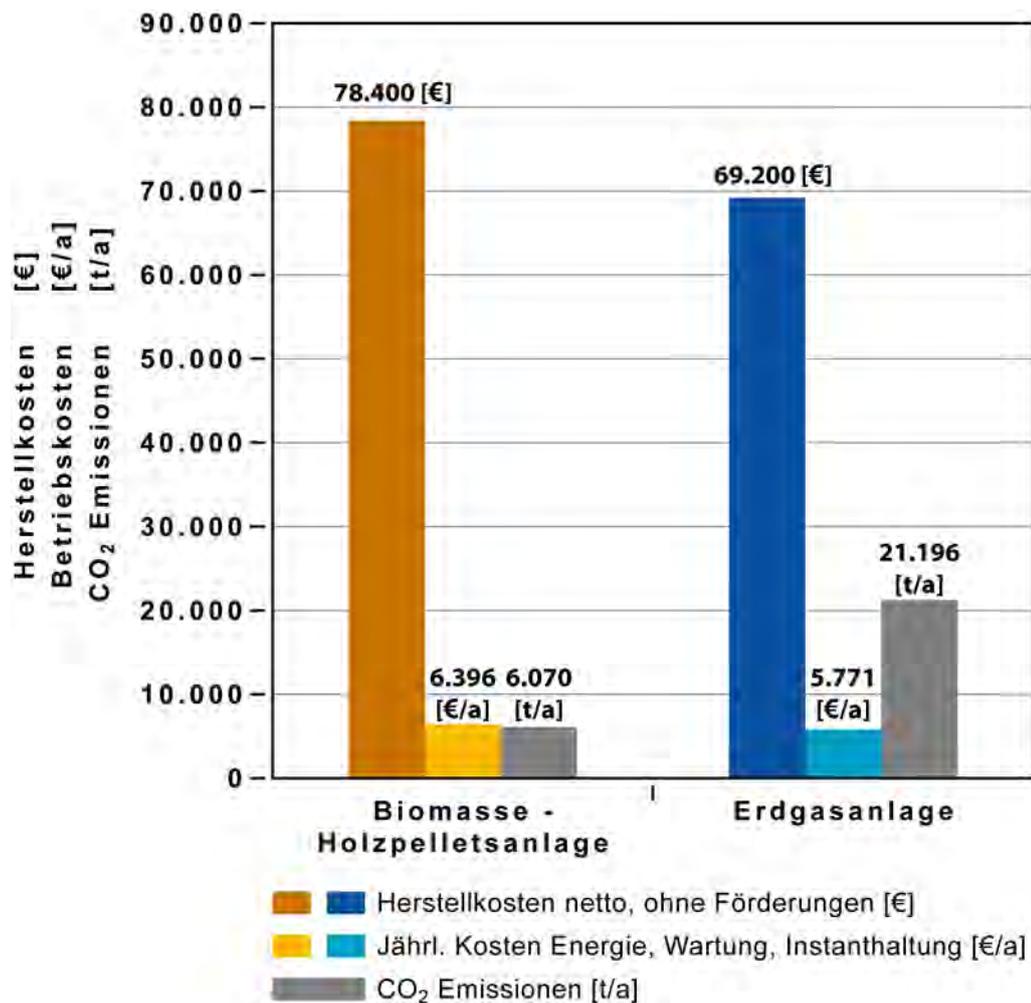


Abb. 83: Gegenüberstellung Holzpellets- und Erdgasanlage aus Konzeptfindungs-Studie

Trotzdem entschied man sich für die erneuerbare Energieträgervariante mittels einer Holzpelletsanlage mit Nennheizleistung 110 kW. Wie die Grafik zeigt, wird sich diese Entscheidung sehr rasch bezahlt machen. Bereits zur Inbetriebnahme 2008 waren die Energiekosten für die Pellets niedriger als für die 144.795 kWh vergleichsweise für Erdgas zu bezahlen gewesen wären.

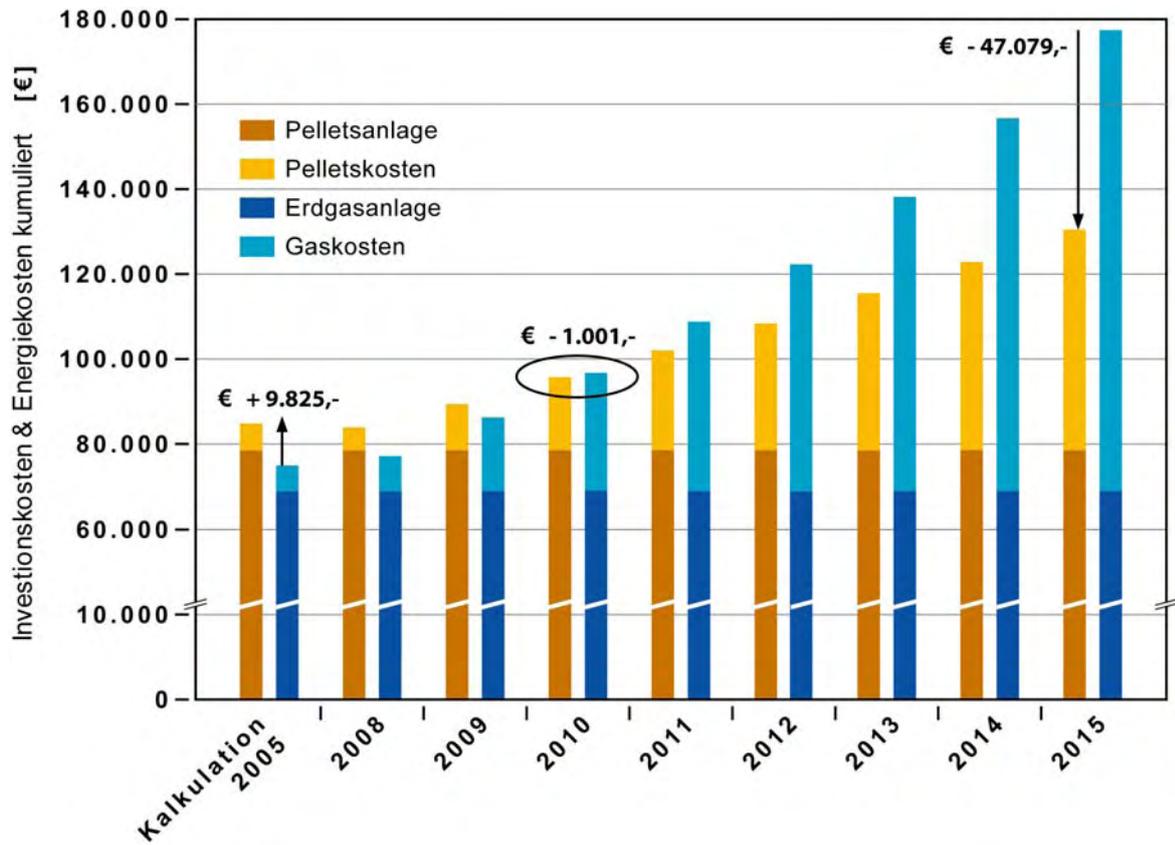


Abb. 84: Herstell- u. Betriebskosten Gegenüberstellung Holzpellets- und Erdgasanlage

6.2.6 Analyse Stromverbrauch

Analyse des Stromverbrauches in kWh je Quadratmeter Nutzfläche und Jahr auf Basis der Jahresaufzeichnungen. Zwischen 2005 und 2007 war der Stromverbrauch maßgebend von den Bautätigkeiten geprägt, weshalb als Vergleichsjahr für den Altbestand das Jahr 2004 gewählt wurde.

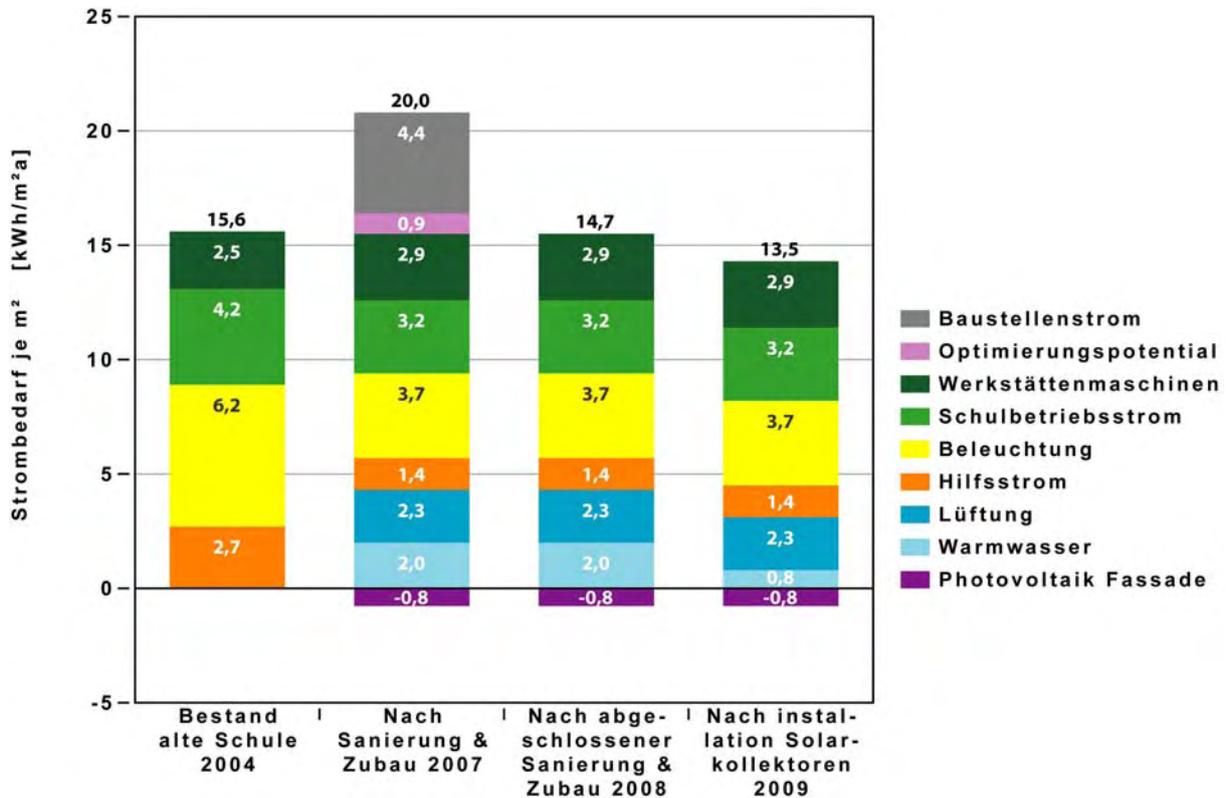


Abb. 85: Analyse des Stromverbrauches in kWh/m² Nutzfläche und Jahr

Es zeigt sich, dass trotz der zusätzlichen Installation der mechanischen Be- und Entlüftung der Stromverbrauch je Quadratmeter nicht angestiegen ist, wenn man den Baustellenstrom abzieht. Die mechanischen Be- und Entlüftung ist nach dem Hilfsstrom und WW mit 2,3 kWh/m²a der drittkleinste Sektor am Stromverbrauch.

Dank der mittlerweile umgesetzten Optimierungen bei den einzelnen Steuerungen, kann der prognostizierte Stromverbrauch für 2008 abzüglich des durch die Photovoltaikfassade produzierten Strom auf in Summe 14,7 kWh/m²a gesenkt werden. Dabei ist jedoch auch noch zu berücksichtigen, dass 2,0 kWh/m²a Strom für die Warmwasserbereitstellung benötigt werden, für die Zeit in der die Pelletsanlage außer Betrieb ist. Diese Warmwasserbereitung soll künftig durch thermische Solarkollektoren zu 60% gedeckt werden, welche im Rahmen der Ausbildung ab 2009 an der Polytechnischen Schule selbst gefertigt werden. WW-Boiler und Installation ist dafür schon vorbereitet. Somit sollte ab 2009 der Stromverbrauch auf 13,5 kWh/m²a gesenkt werden können.

Betrachtet man den Gesamtstromverbrauch im Vergleich muss zunächst die wesentliche Vergrößerung der beiden Schulen Berücksichtigung finden. Die fertig gestellte Schulsanierung weist um 32% mehr Nutzfläche auf, und beherbergt dementsprechend auch mehr Schüler. Der Stromverbrauch für Beleuchtung und Hilfsstrom konnte demgegenüber beinahe halbiert werden. Der Stromverbrauch für den Schulbetrieb um rund 24% gesenkt werden, während der Stromverbrauch für

die Maschinen in den Ausbildungswerkstätten der PTS durch eine wesentliche Erweiterung mit einem umfassenden Maschinenpark um rund 16% erhöht wurde.

Neu hinzugekommen ist die Installation der mechanischen Be- und Entlüftung, welche einen Stromverbrauch von rund 14.300 kWh aufweist, und somit rund 15% vom ganzen Stromverbrauch im Jahr 2008 ausmachen wird. Damit ist der Lüfterstromverbrauch in Summe allerdings geringer als der seinerzeitige Stromverbrauch für Hilfsstrom alleine war.

Analyse des Stromverbrauches in kWh pro Jahr auf Basis der Jahres- und Monatsaufzeichnungen. Der ursprüngliche Bestand hatte eine Nutzfläche von 4.703 m², während der Schule nach Sanierung und Zubau insgesamt 6.214 m² zur Verfügung stehen, also um 32% mehr Nutzfläche aufweist.

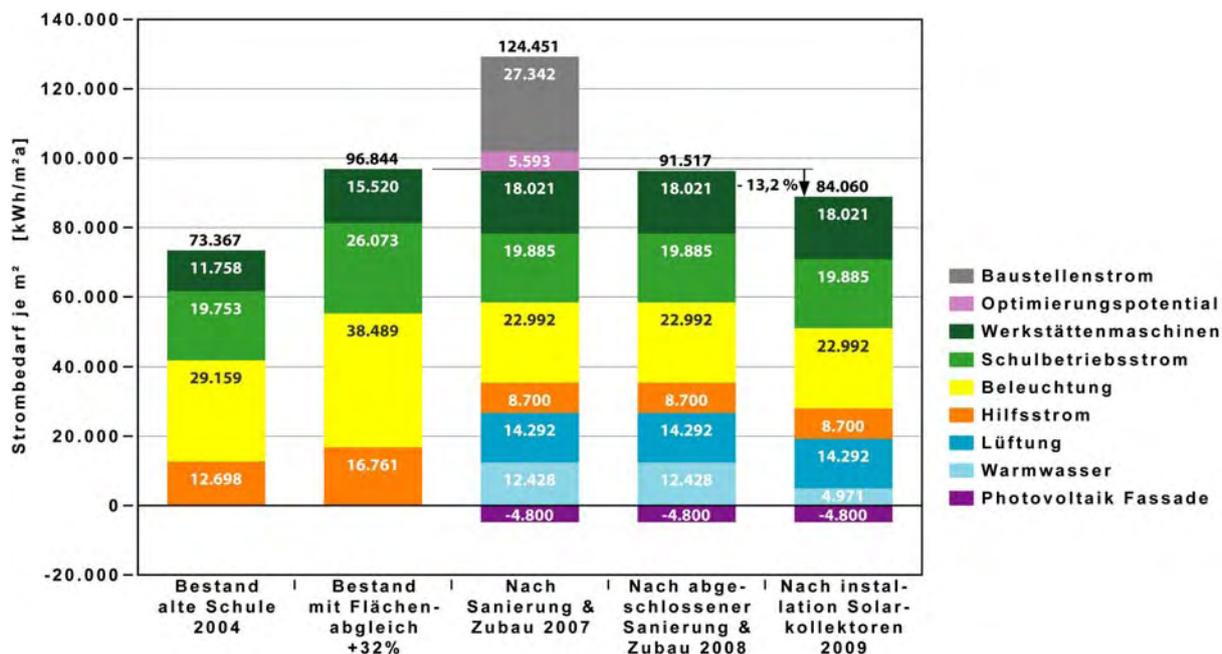


Abb. 86: Analyse des Stromverbrauches in kWh pro Jahr für die Gesamtobjekte

In Summe kann für 2008 abzüglich des durch die Photovoltaikfassade produzierten Strom ein Stromverbrauch von rund 91.500 kWh, und ab 2009 nach Installierung der thermischen Solarkollektoren rund 84.000 kWh prognostiziert werden, was im Vergleich zum Flächen bereinigten Bestand eine Reduktion von rund 13 % bedeutet.

6.3 Qualitätskontrolle

6.3.1 Drucktest und Thermografie Ergebnisse

Vor der Sanierung hatte die Schule eine Gesamtluftwechselrate n50 von über **5,00 1/h**.

Die Neue Heimat Stadterneuerungsges. beauftragte TB - Panic mit der Messung der Luftdichtheit und Ortung von evtl. Leckagen mittels Thermografie an dem Objekt MTS/PTS Schwanenstadt. Durchgeführt am 17.11.2007

Messverfahren:

Zur Untersuchung der Bauteilqualität wurde eine Innenthermografie nach ca. 0,5 h nach Anlegen eines Unterdruckes von 50 Pa durchgeführt. Zur Messung der Luftdichtheit wurde eine Blower-Door-Messung (Differenzdruckverfahren) nach Ö-Norm EN 13829 durchgeführt. Der Prüfbericht für die Blower-Door-Messung liegt bei.

Umgebungsbedingungen:

Aussentemperatur:	ca. -4°C
Innentemperatur:	ca. + 19°C
Niederschlag:	keiner
Wind (geschätzt):	1 Beaufort
Sonneneinstrahlung der letzten 12 h:	keine, da Aufnahme in den Morgenstunden

1. Luftdichtheitsmessung

Bei der durchgeführten Blower-Door-Messung konnten folgende n50-Wert erreicht werden:

- MTS: 1,4 1/h
- PTS: 1,9 1/h
- Turnsaal: 0,77 1/h

Dies ergibt bei einem Leckagestrom bei 50 Pa von ca. 33996 m³ eine Gesamtluftwechselrate n50 von **ca. 1, 38 1/h**.

Damit ist die Anforderung von n50 < 0,60 1/h nach Kriterien des Passivhauses nicht erfüllt.

Die Mängel konnten speziell bei den Fensterflügeln und Fixverglasungsanschlüssen geortet werden.

Die von den Leckagen betroffenen Firmen wurden aufgefordert, die festgestellten Mängel zu beheben. Im Besonderen waren die Einstellungen der Fensterflügel ordnungsgemäß herzustellen.

Eine neue Messung wird erst nach Legung des Endberichtes durchgeführt, weshalb der endgültige Wert hier leider nicht angeführt werden kann.

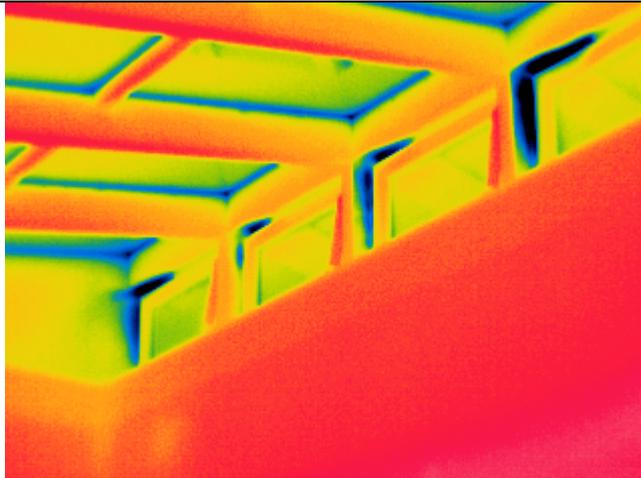
Innenthermografie:

Diese dient zur Darstellung von Leckagen (Fehlstellen).

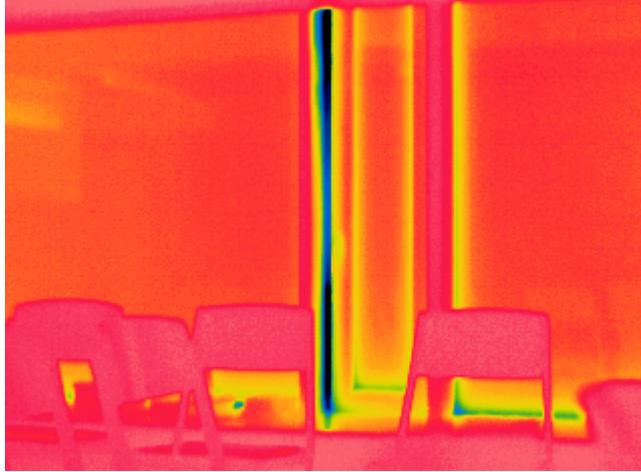
Die Temperaturskala wurde so gewählt, dass Fehlstellen erkennbar sind.

Der Grad der Temperaturdifferenz oder die Farbe geben keinen Anhaltspunkt über die Größe der Leckage. Abkühlungen an Bauteiloberflächen sind von der Strömungsrichtung der eindringenden Luft abhängig. Wo es ohne Aufstiegshilfen möglich war, wurden geortete Leckagen auf Luftzug mittels Abtasten der Hand überprüft.

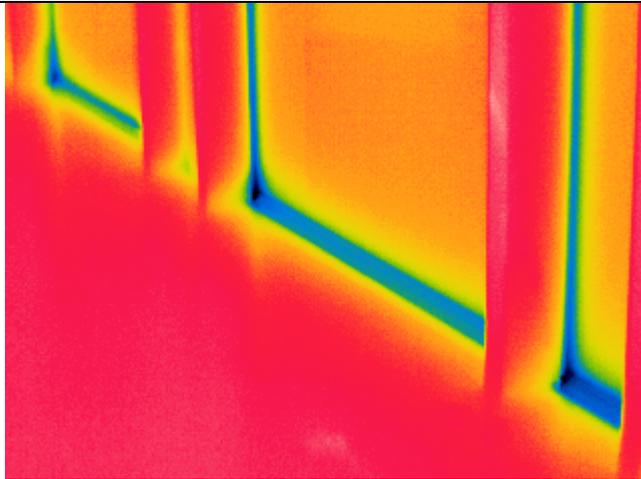
Nachstehend Abbildung einiger der georteten Leckagen während der Drucktestmessungen.



MHS – Dachverglasung
Undichtheit bei sämtlichen Fenstern

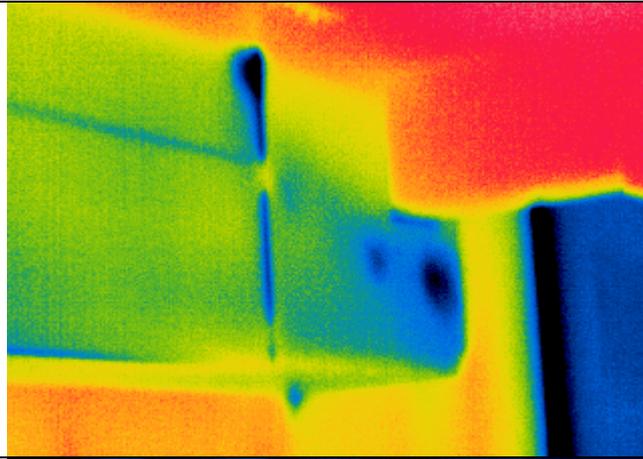


Klasse 1 M
Undichtheit bei mittlerem Flügel



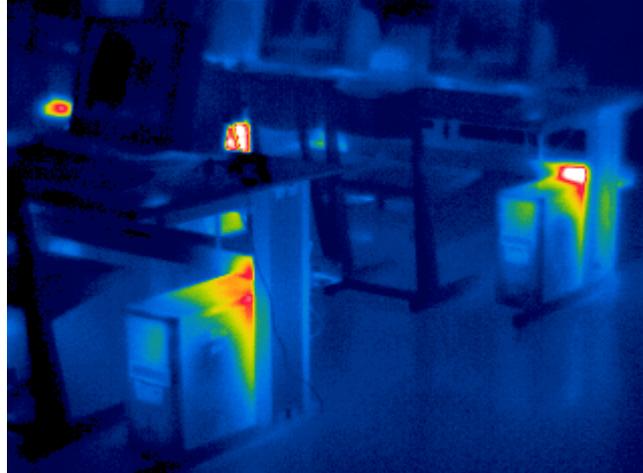
2. OG Nordseite, Gang
Undichtheit bei sämtl. Eckanschlüssen der Fixverglasung. Undichtheiten waren mit der Hand spürbar.





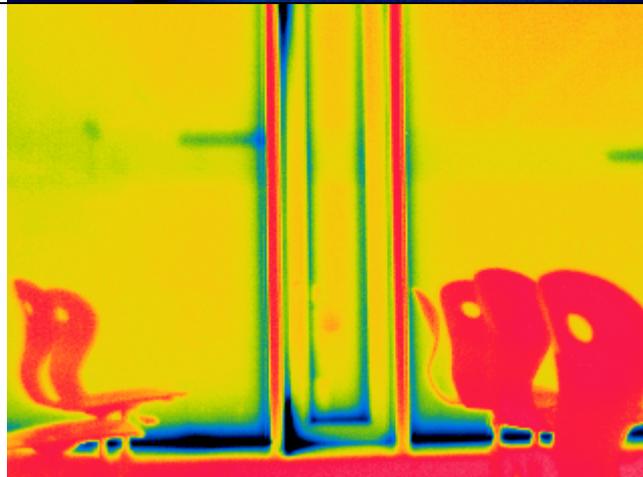
MS 1 C

Ansaugung Lüftungsgerät
Abkühlung innerhalb der Fläche.
Abklären der Ursachen



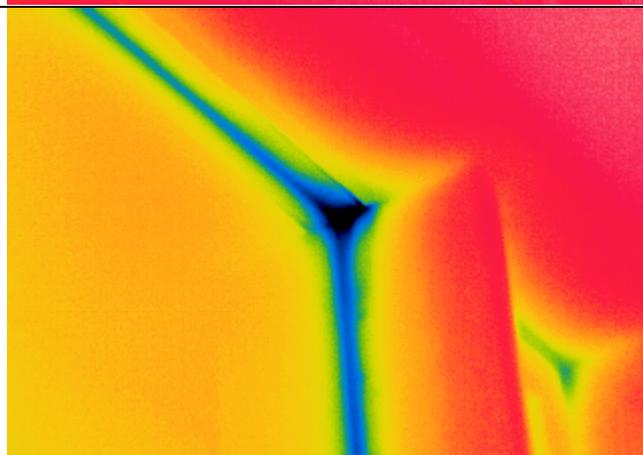
MS Computerraum 2

PC's im Standby Betrieb um 6:00 Uhr
morgens - Energiesparen ??



Physiksaal Nordseite

Undichtheit bei linkem Fenster und bei
Fixverglasung



Werkraum 1 Mädchen

Undichtheit bei linkem Pfosten bei
mittlerem Fenster



6.3.2 Umsetzung des Demonstrationsprojektes

Seitens des BMVIT wurde dieses Demonstrationsprojekt unterstützt, und stellt im Rahmen des Impulsprogramms „Nachhaltig Wirtschaften“ im Bereich Altbausanierung eines der Leitprojekte der Programmlinie „Haus der Zukunft“ dar.

Vom Land Oberösterreich wurde am 03.05.2004 dieses Sanierungsprojekt im Klimaschutzaktionsprogramm 2004 in das „Gebäudevorbildprogramm“ aufgenommen, und wurde als „Best Practice Beispiel“ für thermische Altbausanierungen vom Land Oberösterreich finanziell zusätzlich unterstützt. Damit sollen im Bereich der thermischen Sanierung von öffentlichen Gebäuden Pilotprojekte richtungsweisend umgesetzt werden, um die Vorbildwirkung der öffentlichen Hand zu signalisieren.

Die Gemeinde Schwanenstadt hat sich im Gemeinderat einstimmig für die Umsetzung der Variante als „Erste Schulsanierung auf Passivhausstandard“ ausgesprochen. Mit dem Beitritt als 500. Klimabündnisgemeinde am 25.06.2004 wurde mit dieser vorbildhaften Sanierung gleichzeitig ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz gesetzt.

Auf europäischer Ebene wurde dieses Projekt beim EU-LIFE Programm eingereicht, jedoch zweimal in der Vorentscheidungsphase ausgeschieden.

7 Verzeichnisse

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Kostengegenüberstellung Gaskraftwerksneubau vs. Energieeffizienz Offensive	19
Abb. 2: Energieeinsparpotentiale Gaskraftwerksneubau vs. Energieeffizienz Offensive	20
Abb. 3: Entwicklung CO ₂ Emissionen bei Kraftwerksausbau vs. Energieeffizienzoffensive ..	20
Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der CO ₂ -Konzentration – Modellrechnung	21
Abb. 5: Ansicht der ursprünglich geplanten Sanierung und Zubau	33
Abb. 6: EG Grundriss der ursprünglich geplanten Sanierung und Zubau	33
Abb. 7 u. 8: Vertikal- u. Horizontalschnitt Bereich Säule ursprüngliche Sanierungsvariante .	43
Abb. 9: Horizontalschnitt Bereich Säule Ausführung.....	44
Abb. 10: Vergleich Primärenergiebedarf unterschiedlicher Außenwandvarianten	46
Abb. 11: Vergleich CO ₂ -äq. Treibhauspotential unterschiedlicher Außenwandvarianten	47
Abb. 12: Vergleich Versäuerung SO _x -äq. Treibhauspotential unterschiedl. Außenwandvar.	47
Abb. 13: Visualisierung Südostansicht	48
Abb. 14: Visualisierung Vogelperspektive Südwestansicht.....	54
Abb. 15: Lageplan Gesamt.....	55
Abb. 16: Lageplan nur Schulkomplex.....	55
Abb. 17: Schemaplan Grundriss HS II, EG	56
Abb. 18: Sanierungsplan HS II, Erdgeschoss samt Einrichtung	57
Abb. 19 u. 20: Grundriss HS II, 1.OG, Schemaplan und Plan inkl. Einrichtung	58
Abb. 21 u. 22: Grundriss HS II, 2.OG, Schemaplan und Plan inkl. Einrichtung	59
Abb. 23 u. 24: Grundriss PTS, EG, Schemaplan und Plan inkl. Einrichtung.....	60
Abb. 25 u. 26: Grundriss PTS, 1.OG, Schemaplan und Plan inkl. Einrichtung	61
Abb. 27 u. 28: Grundriss PTS, 1.OG, Schemaplan und Plan inkl. Einrichtung	62
Abb. 29: Visualisierung Südansicht.....	63
Abb. 30: Visualisierung Südostansicht	63
Abb. 31: Visualisierung Nordostansicht.....	64
Abb. 32: Visualisierung Nordwest Vogelperspektive	65
Abb. 33: Visualisierung Westansicht	65
Abb. 34: Schnitt PTS - Innenhof - HS II.....	66
Abb. 35: Visualisierung Südost Vogelperspektive	66
Abb. 36: Visualisierung Südansicht.....	67
Abb. 37: Gesamtschnitt Fassade	70
Abb. 38: Detailschnitt Fassade.....	71
Abb. 39: Horizontalschnitt Fassade.....	71
Abb. 40: Nut-Feder Ausbildung der Fassadenschalung.....	78
Abb. 41: Detailschnitt Dachaufbau – Wärmebrückenfreie Attikaausbildung	79

Abb. 42: Detailschnitt Sockelanschluss Boden - Wand.....	80
Abb. 43: Sockeldetail bei Glasfassade.....	81
Abb. 44: Schemaschnitt Zubau Hauptschule II	82
Abb. 45: Schnitt Zubau Hauptschule II.....	85
Abb. 46: Sockeldetail Polytechnische Schule Zubau	87
Abb. 47: Detailschnitt 2.OG Polytechnische Schule - Auskragung	88
Abb. 48: Schnitt PTS Variante Holzverbunddecke.....	89
Abb. 49: Schnitt PTS Variante Holzverbunddecke - Anschlussdetail.....	90
Abb. 50: Energiekennzahlen im Projektverlauf	93
Abb. 51: Wärmebilanz Altbausanierung Passivhausschule Schwanenstadt.....	94
Abb. 52: Energiekennzahlen Verlauf je Maßnahmenänderung.....	98
Abb. 53: Einbau Fixverglasung lt. ursprüngl. Ausführungsplanung.....	99
Abb. 54: Einbau Fixverglasung mit verbessertem Einbau.....	99
Abb. 55: Kostengegenüberstellung Holzpellets- und Erdgasanlage	103
Abb. 56: Prinzipdarstellung dezentrale Lüftung Grundriss PTS EG	112
Abb. 57: Prinzipdarstellung dezentrale Lüftung Grundriss HS 2 OG	113
Abb. 58: Be- und Entlüftungsausführung in der Werkstätte mit höherem Luftbedarf	114
Abb. 59: Ergebnis Energiebuchhaltung 2007 - Energiekennzahlen.....	120
Abb. 60: Darstellungen Tageslichtnutzung.....	122
Abb. 61: Berechnung Tageslichtkoeffizient Klasse 1 übliche Helligkeit 50% Reflexion	130
Abb. 62: Berechnung Tageslichtkoeffizient Klasse 1 hohe Helligkeit 80% Reflexion	130
Abb. 63: Darstellung Beleuchtungsstärke Halle EG, Beobachtungspunkt 1	132
Abb. 64: Darstellung Beleuchtungsstärke Halle EG, Beobachtungspunkt 2	132
Abb. 65: Darstellung Beleuchtungsstärke Halle EG, Beobachtungspunkt 3	133
Abb. 66: Darstellung Beleuchtungsstärke Halle EG, Beobachtungspunkt 4	133
Abb. 67: Adeline – Tageslichtsimulation in HS II EG	134
Abb. 68: Grafische Nutzflächen Gegenüberstellung	143
Abb. 69: Energiekostenentwicklung pro Quadratmeter für Sanierungsvarianten.....	149
Abb. 70: Jährliche Annuitäten- u. Energiekosten/m ² der Gemeinde mit Sonderförderung ..	151
Abb. 71: Kumulierte Annuitäten- u. Energiekosten/m ² der Gemeinde m. Sonderförderung	151
Abb. 72: Summe Annuitäten- u. Energiekosten/m ² der Gemeinde m. Sonderförderung	152
Abb. 73: Jährl. Annuitäten- u. Energiekosten/m ² der Gemeinde ohne Sonderförderung.....	153
Abb. 74: Kumul. Annuitäten- u. Energiekosten/m ² der Gemeinde ohne Sonderförderung ..	154
Abb. 75: Summe Annuitäten- u. Energiekosten/m ² der Gemeinde ohne Sonderförderung .	154
Abb. 76: Jährl. Annuitäten- u. Energiekosten/m ² der Gemeinde m. Energieeffizienzbonus	155
Abb. 77: Kumul. Annuitäten- u. Energiekosten/m ² d. Gemeinde m. Energieeffizienzbonus	156
Abb. 78: Grafische Darstellung des Energieverbrauchs vor und nach der Sanierung	157
Abb. 79: Analyse des Heizwärmeverbrauches.....	158

Abb. 80: Analyse des Endenergieverbrauches	159
Abb. 81: Analyse des Primärenergieverbrauches	160
Abb. 82: Analyse der CO ₂ -Emissionen.....	161
Abb. 83: Gegenüberstellung Holzpellets- und Erdgasanlage aus Konzeptfindungs-Studie.	162
Abb. 84: Herstell- u. Betriebskosten Gegenüberstellung Holzpellets- und Erdgasanlage ...	163
Abb. 85: Analyse des Stromverbrauches in kWh/m ² Nutzfläche und Jahr	164
Abb. 86: Analyse des Stromverbrauches in kWh pro Jahr für die Gesamtobjekte.....	165

7.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Wetterdatensatz Außenlufttemperatur und Globalstrahlung	28
Tab. 2: Ökolog. Bauteilprofil: Ursprüngl. Sanierungskonzept Fassadendämmung.....	43
Tab. 3: Ökolog. Bauteilprofil: Sanierungskonzept auf Passivhausstandard mit Fassadendämmung in vorgefertigter Holzrahmenbauweise	44
Tab. 4: Ökolog. Bauteilprofil: Ursprüngliches Fensterkonzept	45
Tab. 5: Ökolog. Bauteilprofil: Fensterkonzept auf Passivhausstandard	45
Tab. 6: Ökolog. Bauteilprofil: Vergleich der Gesamtgebäudebilanz	45
Tab. 7: U-Werttabelle aller Bauteile	68
Tab. 8: Vergleich Kostenberechnung Entwurf Heizung, Lüftung, Kühlung, Sanitär HLKS...	102
Tab. 9: Varianten Kunstlichtstrom- u. Primärenergieverbrauch in den Klassenräumen.....	126
Tab. 10: Varianten Kunstlichtstrom- u. Primärenergieverbrauch Gänge/Erschließungsfläch.	126
Tab. 11: Auflistung Wärmelasten für einzelne Räume durch Personen, Licht, EDV.....	140
Tab. 12: Simulationsergebnisse Nutzerkomfort für einzelne Räume	141
Tab. 13: Nutzflächen Gegenüberstellung.....	143
Tab. 14: Kostenvarianten Sanierung Basiskalkulation	144
Tab. 15: Kostenvarianten Sanierung mit Indexanpassung.....	144
Tab. 16: Kostenvarianten Sanierung mit Indexanpassung u. Nutzflächenerweiterung.....	145
Tab. 17: Kostenvarianten Sanierung m. Indexanpassung, Nutzfl.erweit. u. Zusatzleistung	146
Tab. 18: Kennzahlen Baukosten im Vergleich zu Neubau	146
Tab. 19: Aufstellung der Gesamtsumme an Mehrkosten des Demonstrationsprojektes	147
Tab. 20: Amortisationsberechnung für realisiertes Demonstrationsprojekt.....	150
Tab. 21: Amortisationsberechnung für Projektvariante ohne Sonderförderungen	153
Tab. 22: Amortisationsberechnung Projektvariante ohne Sonderförderungen, aber Energieeffizienzbonus	155

7.3 Literaturverzeichnis

Amt der OÖ Landesregierung, Abteilung Umwelt- und Anlagentechnik (2003): Messergebnisse Luftqualität an OÖ Schulen

Birol Fatih: IEA, World Energy Outlook 2007, www.internationalepolitik.de

drexel und weiss energieeffiziente haustechniksysteme GmbH:
Gerätebeschreibung „aeroschool“

IBO / Donau Uni Krems (1999): Ökologischer Bauteilkatalog. Bewertete gängige Konstruktionen

Lang Günter (2008): 2. Klimaschutzgipfel in Wien vom 17.04.2008 im Panel 5

Lang Günter, Plöderl Heinz, Zelger Thomas, Muss Chirstoph, Krauß Bernd, Obermayr Hans Christian, ARGE Erste Passivhaus Schulsanierung (2003): Machbarkeitsstudie „Erste Passivhaus – Schulsanierung“ im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“

Panic Emanuel, TB – Panic (2007): Messergebnisse der Luftdichtheit und Ortung von Leckagen mittels Thermografie

Pankratz Oskar Bauphysik: Berechnungen Wärmebrücken Einbausituation unterer Anschluss Fixverglasung und Glasrandverbund

Schweizer Bundesamt für Energiewirtschaft: Österreichischer Klimadatenkatalog aus dem Programmpaket METEONORM, Global meteorological database for solar energy and applied climatology

Staudinger Karl Bgm. Schwanenstadt (2008): Finanzierungsplan Gemeinde für die Schulsanierung, sowie Energiekostenaufzeichnungen

team gmi: Die Schule als Niedrigenergiehaus. Im Auftrag des österreichischen Instituts für Schul- und Sportstättenbaus ÖISS

Kessel Hansgeorg Arch. (2002): Ursprüngliche Einreichplanung für die Sanierung und den Zubau der Hauptschule und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt

Schulwart, Hauptschule II und Polytechnische Schule Schwanenstadt (2008): Energiebuchhaltung/ Zählerablesung der Wärmemengen im ersten Betriebsjahr

7.4 Fotonachweis:

Die im Forschungsbericht abgebildeten Fotos sind von folgenden Fotografen bzw. Quellen:

Hainbucher Karl, Hauptschule II Schwanenstadt
Lang Günter, Wien
Lang Maximilian, Wien
Luttenberger Walter, Gratkorn
Petrowisch Solon, Polytechnische Schule Schwanenstadt
Plöderl Heinz, PAUAT Architekten, Wels
Stadtgemeinde Schwanenstadt

8 Anhang

8.1 Auszüge der Berechnungen nach PHPP

Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: Schwandenstadt OÖ		Innentemperatur: 20,0 °C	
Objekt: Schule Schwandenstadt (ohne Turnhalle)		Gebäudetyp/Nutzung: Schulgebäude	
Standort: Schwandenstadt		Energiebezugsfläche A _{EB} : 5810,7 m ²	
Variante g-Werte reduziert, Bodenhohlraum gedämmt, Fenster 0,9		Standard-Personenbelegung: 300 Pers pro m ²	

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f _t	G _t kKh/a	kWh/a	Energie- bezugsfläche
1. Außenwand Altbau saniert	A	1000,1	0,113	1,00	92,5	10446	
2. Außenwand Neubau	A	734,7	0,100	1,00	92,5	6807	
3. Dach Altbau saniert	D	1898,7	0,101	1,00	92,5	17720	
4. Dach Neubau	D	488,2	0,105	1,00	92,5	4737	
5. Bodenplatte Altbau saniert	X	1466,8	0,154	0,50	92,5	10474	
6. Bodenplatte Neubau	X	846,2	0,125	0,50	92,5	4881	
7. Boden gegen Außenluft Altb.	A	119,4	0,129	1,00	92,5	1423	
7. Boden gegen Außenluft Neub.	A	185,0	0,127	1,00	92,5	2172	
7.							
7.							
8. Fenster	A	1612,5	0,900	1,00	92,5	134303	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A	180,0	0,130	1,00	92,5	2166	
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	X	240,0	0,200	0,80	92,5	3554	
		Summe aller Hüllflächen	8351,6				

Transmissionswärmeverluste Q_T

Summe	198682	kWh/(m ² a)	34,2
-------	--------	------------------------	------

Lüftungsanlage:

effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung	□ _{eff}	85%
Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers	□ _{EWT}	

wirksames Luftvolumen V_L = 5810,7 m² * 3,00 m = 17432,2 m³

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L = 0,516 (1 - 0,85) + 0,042 = 0,119 1/h

Lüftungswärmeverluste Q_L

V _L m ³	n _L 1/h	C _{Luft} Wh/(m ³ K)	G _t kKh/a	kWh/a	kWh/(m ² a)
17432	0,119	0,33	92,5	63588	10,9

Summe Wärmeverluste Q_V

(198682 + 63588)	Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenend-absenkung	1,0	kWh/a	262270	kWh/(m ² a)	45,1
--------------------	---	-----	-------	--------	------------------------	------

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	kWh/a	kWh/(m ² a)	
1. Ost	0,48	0,46	431,08	279	26579		
2. Süd	0,50	0,36	439,48	461	36607		
3. West	0,47	0,45	348,23	279	20758		
4. Nord	0,50	0,47	254,89	177	10534		
5. Horizontal	0,50	0,30	138,80	462	9676		
					Summe	104154	17,9

Interne Wärmequellen Q_I

kh/d	Länge Heizzeit spezif. Leistung q-I d/a	W/m ²	A _{EB} m ²	kWh/a	kWh/(m ² a)
0,024	228	2,8	5810,7	89030	15,3

Freie Wärme Q_F = Q_S + Q_I = 193183 kWh/a = 33,2 kWh/(m²a)

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: **Schwabenstadt OÖ**
 Objekt: **Schulgebäude Schwabenstadt (mit Turnhalle)**
 Standort: **Schwabenstadt**
 Variante: **Ausgangsvariante (Vakuumdämmung)**

Innentemperatur: **20,0** °C
 Gebäudetyp/Nutzung: **Schulgebäude**
 Energiebezugsfläche A_{EB}: **5696,2** m²
 Standard-Personenbelegung: **0** Pers pro m²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor f _t	G _i kWh/a	kWh/a	Energiebezugsfläche
1. Außenwand Altbau	A	1373,6	0,120	1,00	92,5	15254	
2. Außenwand neu	A	962,3	0,114	1,00	92,5	10152	
3. Dach Altbau	A	1731,4	0,097	1,00	92,5	15542	
4. Dach Neubau	A	1053,1	0,119	1,00	92,5	11598	
5. Bodenplatte Neubau	X	841,0	0,174	0,85	92,5	11509	
6. Decke gegen Außenluft Altbau	A	42,1	0,143	1,00	92,5	557	
7. Decke gegen Außenluft Neubau	A	84,5	0,129	1,00	92,5	1009	
7. Terrasse	A	170,0	0,097	1,00	92,5	1526	
7. Bodenplatte Altbau	X	1900,6	0,206	0,85	92,5	30792	
8. Fenster	A	1232,9	0,800	1,00	92,5	91279	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00			
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			0,37			
Summe aller Hüllflächen		9391,5					
						Summe	189218
							33,2

Transmissionswärmeverluste Q_T

Lüftungsanlage:

wirksames Luftvolumen V_L = A_{EB} * lichte Raumhöhe = 5696,2 m² * 3,00 m = 17088,5 m³

effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung η_{eff} = 85%

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η_{EW,T}

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L = n_{L,Anlage} * Φ_{WRG} + n_{L,Rest} = 0,300 (1 * 0,85) + 0,042 = 0,087 1/h

Lüftungswärmeverluste Q_L

V_L m³ * n_L 1/h * C_{Luft} Wh/(m³K) * G_i kWh/a = kWh/a

17088 * 0,087 * 0,33 * 92,5 = 45403 kWh/a

8,0 kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V

(Q_T + Q_L) * Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendauslenkung = kWh/a

(189218 + 45403) * 1,0 = 234621 kWh/a

41,2 kWh/(m²a)

Ausrichtung der Fläche

Ausrichtung	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	kWh/a
1. Ost	0,44	0,50	349,12	279	21376
2. Süd	0,43	0,50	221,56	461	21796
3. West	0,43	0,50	302,73	279	18025
4. Nord	0,43	0,50	303,71	177	11575
5. Horizontal	0,45	0,50	55,80	462	5753
Summe					78524
					13,8

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S

Interne Wärmequellen Q_I: kh/d * Länge Heizzeit spez. Leistung q-l W/m² * A_{EB} m² = kWh/a

0,024 * 228 * 2,8 * 5696,2 = 87274 kWh/a

15,3 kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F = Q_S + Q_I = 165798 kWh/a

29,1 kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V = 0,71

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G = (1 - (Q_F / Q_V)⁵) / (1 - (Q_F / Q_V)⁶) = 94%

Wärmegewinne Q_G = η_G * Q_F = 156009 kWh/a

27,4 kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H = Q_V - Q_G = 78613 kWh/a

13,8 kWh/(m²a)

Grenzwert kWh/(m²a) **15** Anforderung erfüllt? **ja** (ja/nein)

Passivhaus-Projektierung

HEIZWÄRMELAST

Objekt: Gebäudetyp/Nutzung: Innentemperatur:

Standort: Energiebezugsfläche A_{EB}: m²

Wetterregion (01 - 12): Donauabcken und Alpenvorland bis ca. 600 m Höhe, z.B. Augsburg Klima:

Auslegungstemperatur		Strahlung:					zugehörige Klimaregion bitte selbst auswählen	
Wetter 1:	°C	Ost	Süd	West	Nord	Horizontal	TempDiff 1	TempDiff 2
Wetter 1:	-9,0	15	60	15	5	5	W/m ²	
Wetter 2:	-3,0	5	5	5	5	5	W/m ²	
Erdreichauslegungstemp.	12,9	Fläche		U-Wert	Faktor immer 1 (außer "X")	TempDiff 1	TempDiff 2	P _T 1
Bauteile	Temperaturzone	m ²	W/(m ² K)			K	K	Watt
1. Außenwand Altbau	A	1373,6	0,120	1,0	29,0	23,0	4780	3791
2. Außenwand neu	A	962,3	0,114	1,0	29,0	23,0	3181	2523
3. Dach Altbau	A	1731,4	0,097	1,0	29,0	23,0	4870	3863
4. Dach Neubau	A	1053,1	0,119	1,0	29,0	23,0	3634	2882
5. Bodenplatte Neubau	X	841,0	0,174	1,0	29,0	23,0	4244	3366
6. Decke gegen Außenluft A	A	42,1	0,143	1,0	29,0	23,0	175	139
7. Bodenplatte Altbau	X	1900,6	0,206	1,0	29,0	23,0	11354	9005
8. Fenster	A	1232,9	0,800	1,0	29,0	23,0	28604	22686
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,0	29,0	23,0		
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			1,0	7,1	7,1		
11. Haus/Wohnungstrennwand	I			1,0	3	3		

Transmissionswärmelast P_T Summe = bzw.

Lüftungsanlage:

Wirksames Luftvolumen V_L = A_{EB} * lichte Raumhöhe = 5696 m² * 3,00 m = 17088 m³

Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers η_{WRG} =

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η_{EWT} =

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L = n_{L,Anlage} * (1 - η_{WRG}) + n_{L,Rest} (Heizlast) = 0,300 * (1 - 0,85) + 0,105 = 0,150

Lüftungswärmelast P_L = bzw.

Summe Wärmelast P_V P_T + P_L = bzw.

Ausrichtung der Fläche	Fläche m ²	g-Wert (senkr. Einstrahlung) (vgl. Blatt Fenster)	Reduktionsfaktor	Strahlung 1 W/m ²	Strahlung 2 W/m ²	P _S 1 W	P _S 2 W
1. Ost	349,1	0,50	0,44	15,0	5,0	1149	383
2. Süd	221,6	0,50	0,43	60,0	5,0	2837	237
3. West	302,7	0,50	0,43	15,0	5,0	969	323
4. Nord	303,7	0,50	0,43	5,0	5,0	327	327
6.						0	0

Wärmeangebot Solarlast P_S Summe = bzw.

Interne Wärmelast P_I spez. Leistung W/m² = * A_{EB} m² = bzw.

Wärmegewinne P_G P_S + P_I = bzw.

Wärmegewinne P_G P_V - P_G = bzw.

Heizwärmelast P_H = W

wohnflächenspezifische Heizwärmelast P_H / A_{EB} = W/m²

Zulufttemperatur ohne Nachheizung ϑ_{zu,Min} 16 °C Zulufttemperatur Max. ϑ_{zu,Max} 52 °C

zum Vergleich: Wärmelast, die von der Zuluft transportierbar ist P_{Zuluft,Max} = W spezifisch: W/m²

PASSIVHAUS-PROJEKTIERUNG

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

MONATSVERRFAHREN

(auf dieser Seite dargestellt werden die Ganzjahressummen des Monatsverfahrens)

Klima: <input type="text" value="Schwanenstadt OÖ"/>	Innentemperatur: <input type="text" value="20"/> °C
Objekt: <input type="text" value="Schulgebäude Schwanenstadt (mit Turnhalle)"/>	Gebäudetyp/Nutzung: <input type="text" value="Schulgebäude"/>
Standort: <input type="text" value="Schwanenstadt"/>	Energiebezugsfläche A _{EB} : <input type="text" value="5696,2"/> m ²
spez. Kapazität: <input type="text" value="204"/> Wh/(m ² K) (Eingabe in "Sommer")	Standard-Personenbelegung: <input type="text" value="0"/> Pers pro m ²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Red.Fak. Mon.	G _i kKWh/a	=	kWh/a	Energie- bezugsfläche
1. Außenwand Altbau	A	1373,6	0,120	1,00	96	=	15833	
2. Außenwand neu	A	962,3	0,114	1,00	96	=	10537	
3. Dach Altbau	A	1731,4	0,097	1,00	96	=	16132	
4. Dach Neubau	A	1053,1	0,119	1,00	96	=	12038	
5. Bodenplatte Neubau	X	841,0	0,174	0,85	96	=	11945	
6. Decke gegen Außenluft Altb.	A	42,1	0,143	1,00	96	=	579	
7. Bodenplatte Altbau	X	1900,6	0,206	0,85	96	=	31961	
8. Fenster	A	1232,9	0,800	1,00	96	=	94743	
9. Wbrücken außen (Länge/m)	A			1,00		=		
10. Wbrücken Boden (Länge/m)	B			1,00		=		

Transmissionswärmeverluste Q_T

Summe

Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmeübertragers	η _{WRG}	<input type="text" value="85%"/>	wirksames Luftvolumen V _L	A _{EB} m ²	lichte Raumhöhe m	m ³
			<input type="text" value="5696"/>	*	<input type="text" value="3,00"/>	= <input type="text" value="17088"/>
Wärmebereitstellungsgrad des Erdeichwärmetauschers	η _{EWT}	<input type="text" value="0%"/>				

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L (1 -) + =

Lüftungswärmeverluste Q_L

* * * =

Summe Wärmeverluste Q_V

(+) * =

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit	kWh/a
1. Ost	0,44	0,50	349,1	581	44514
2. Süd	0,43	0,50	221,6	760	35932
3. West	0,43	0,50	302,7	581	37537
4. Nord	0,43	0,50	303,7	357	23345
5. Horizontal	0,45	0,50	55,8	962	11978

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S

Summe

Innere Wärmequellen Q _i	Länge Heizzeit kh/d	d/a	spezif. Leistung q _i W/m ²	AEB m ²	kWh/a	kWh/(m ² a)
	0,024	365	2,8	5696,2	= <input type="text" value="139715"/>	<input type="text" value="24,5"/>

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_i =

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V =

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G =

Wärmegewinne Q_G

η_G * Q_F =

Heizwärmebedarf Q_H

Q_V - Q_G =

Grenzwert kWh/(m²a)

Anforderung erfüllt?

PASSIVHAUS-PROJEKTIERUNG

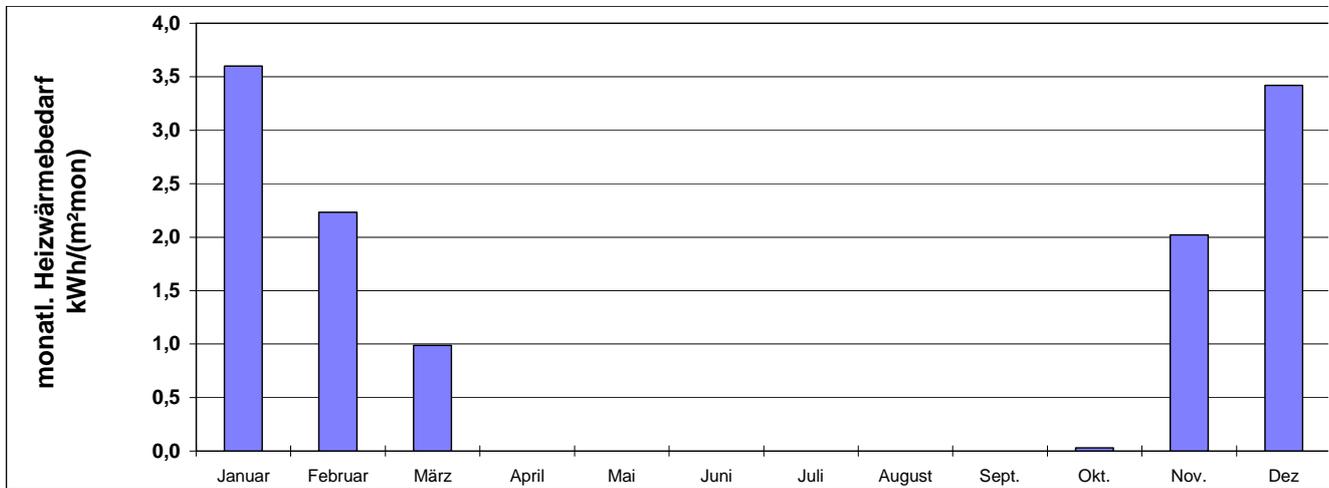
ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

MONATSVERFAHREN

Klima:	Schwanenstadt OÖ
Objekt:	Schulgebäude Schwanenstadt (mit Turnhalle)
Standort:	Schwanenstadt

Innentemperatur:	20	°C
Gebäudetyp/Nutzung:	Schulgebäude	
Energiebezugsfläche A _{EG} :	5696	m ²
Standard-Personenbelegung	0	Pers

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez
Heizgr.Std. Außen	14,6	12,6	11,6	8,4	5,3	2,7	1,8	2,2	4,4	7,9	11,0	13,7
Heizgr.Std. Grund	4,9	4,7	5,3	5,0	4,9	4,4	4,2	3,8	3,6	3,8	3,9	4,5
Verluste Außen	36570	31515	29107	20946	13247	6681	4478	5598	11014	19778	27626	34331
Verluste Grund	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solare Gewinne Ost	1034	2069	3256	5095	6321	6168	6359	5670	4099	2528	1188	728
Solare Gewinne Süd	1371	2789	3120	3924	4019	3593	3782	4066	3782	2979	1513	993
Solare Gewinne West	872	1744	2746	4296	5330	5201	5362	4781	3456	2132	1001	614
Solare Gewinne Nord	654	981	1700	2420	3270	3597	3597	2877	1962	1177	654	458
Solare Gewinne Horiz.	261	498	809	1345	1768	1756	1793	1569	1083	623	286	187
Innere Wärmequellen	11866	10718	11866	11483	11866	11483	11866	11866	11483	11866	11483	11866
Solarer Ausnutzungsgrad	100%	100%	100%	73%	41%	21%	14%	18%	43%	92%	100%	100%
Heizwärmebedarf	20511	12715	5616	1	0	0	0	0	0	170	11501	19486
spez. Heizwärmebedarf	3,6	2,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,4



Heizwärmebedarf: Vergleich			
EN 832 Monatsverfahren	69999,9	kWh/a	12,3 kWh/(m²a) Bezugsfläche ist die Wohnfläche
PHPP, Heizperiodenverfahren	78612,6	kWh/a	13,8 kWh/(m²a) Bezugsfläche ist die Wohnfläche
Wert WSVO	76184,3	kWh/a	0,0 kWh/(m²a) Achtung! andere Bezugsfläche: A _N nach EnEV
Wert EnEV	83942,5	kWh/a	0,0 kWh/(m²a) Achtung! andere Bezugsfläche: A _N nach EnEV

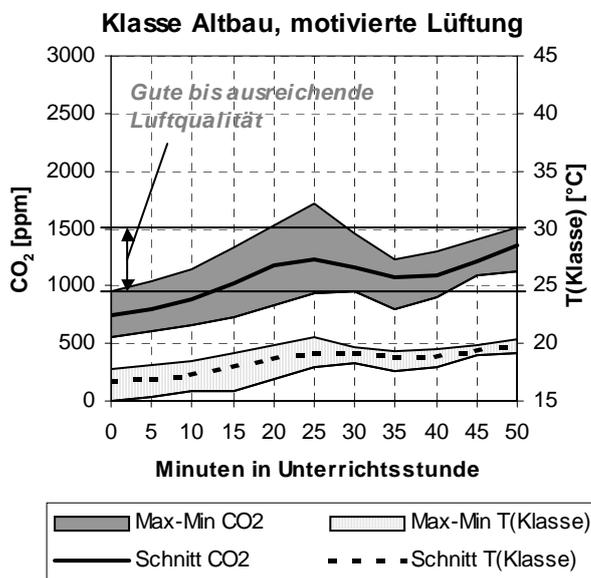
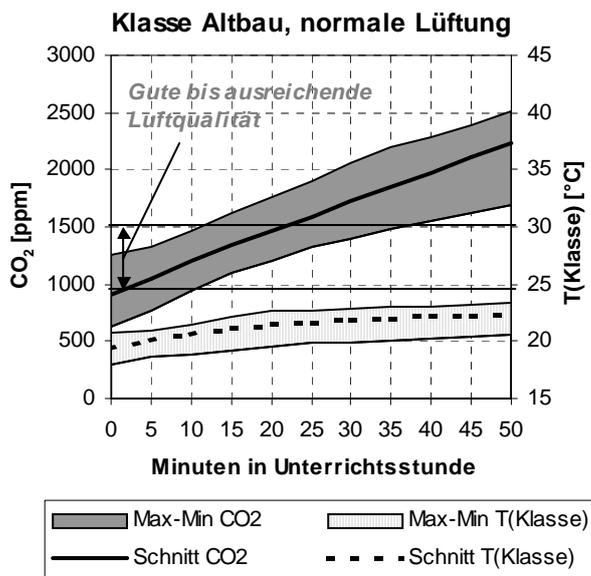
Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tage	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
AußenTemp	0,40	1,30	4,40	8,40	12,90	16,30	17,60	17,00	13,90	9,40	4,70	1,60
BodenTemp	13,48	13,07	12,89	13,00	13,36	13,88	14,42	14,83	15,01	14,90	14,54	14,02
Thimm	fehlt											
Strahl Süd	29,0	59,0	66,0	83,0	85,0	76,0	80,0	86,0	80,0	63,0	32,0	21,0
Strahl Ost	13,0	26,0	41,0	67,0	83,0	81,0	83,0	75,0	52,0	32,0	15,0	9,0
Strahl Nord	10,0	15,0	26,0	37,0	50,0	55,0	55,0	44,0	30,0	18,0	10,0	7,0
Strahl West	14,0	28,0	44,0	66,0	82,0	80,0	83,0	73,0	55,0	34,0	16,0	10,0
Strahl Hori	21,0	40,0	65,0	108,0	142,0	141,0	144,0	126,0	87,0	50,0	23,0	15,0

8.2 Allgemeine Grundlagen zur Lüftung in Schulen

Zum Verständnis „warum Lüftung im Schulbau“ werden im folgenden kurz zusammengefasst entsprechende Argumente aus Studien und Luftqualitätsmessungen wiedergegeben (Quelle: team gmi Studie im Auftrag des Österreichischen Institut für Schul- und Sportstättenbau (ÖISS): „Die Schule als Niedrigenergiehaus“, Bezugsquelle gesamt Studie: ÖISS Wien).

8.2.1 Luftqualität in Klassenräumen - CO₂ - Konzentration

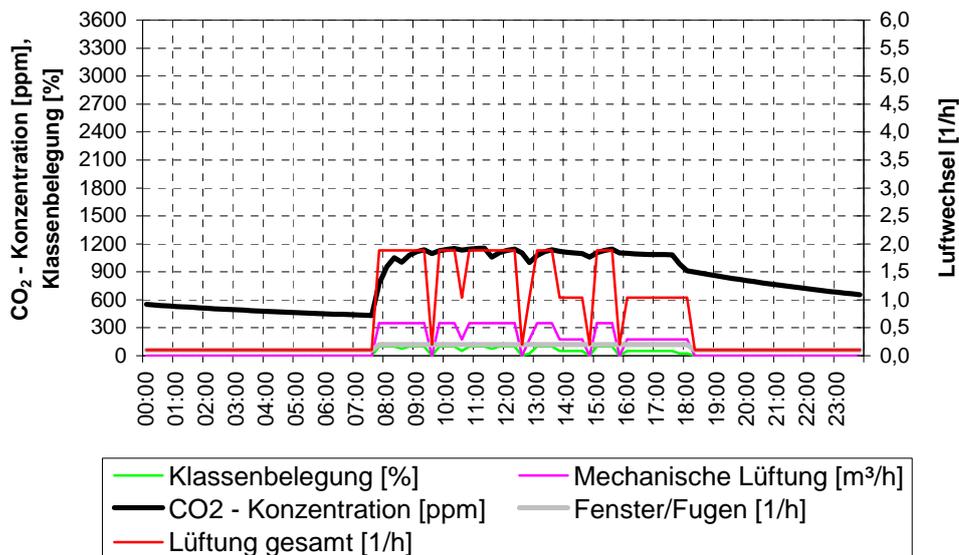
In einer dichtbesetzten Klassenraumsituation ist die Luftqualität primär durch die Menschen und die Lüftung beeinflusst. Die durch Atmung abgegebene Menge CO₂ korreliert mit den sonstigen menschlichen Geruchsstoffen und Ausdünstungen und ist damit ein guter Messwert für die durch Menschen bestimmte Luftqualität in Räumen. Der CO₂ – Gehalt von „reiner Naturluft“ liegt bei etwa 330 ppm (0.033 %). Eine zunehmende Geruchsempfindlichkeit tritt ab 800 ppm CO₂ auf. Richtwerte für CO₂ – Konzentrationen in Räumen liegen bei 1000 ppm (Pettenkofer-Zahl, Luftqualität noch im Komfortbereich) bis 1500 ppm (maximale Grenzwerte in Räumen bei Normalbetrieb). In stark besetzten Klassenräumen steigt selbst bei höherem Fenster/Fugenluftwechsel von 1/h bereits nach 10 bis 15 min die CO₂ – Konzentration über 1000 ppm, nach 45 min bis auf 2500 ppm. Regelmäßig in Messungen auftretende Spitzenwerte für die CO₂ – Konzentrationen in Klassen liegen im Schnitt bei etwa 2500 bis 3000 ppm, bei 2 – stündig durchgehendem Betrieb wurden bis zu 6500 ppm CO₂ – Konzentration gemessen, was bereits über dem gesundheitsschädlichen MAK – Wert von 5000 ppm liegt.



Abbildungen: Messwerte CO₂ – Konzentration und Raumlufthtemperaturen in Schulklassen am Bundesgymnasium Dornbirn bei „normalem“, unmotiviertem Lüftungsverhalten und bei motiviertem Lüftungsverhalten. Durchschnitt aus Messwerten in einer Klasse „Altbau“ mit hohen Räumen und undichten Fenstern und in einer Klasse „Neubau“ mit relativ dichten Fenstern (vergleichbare Messungen auch aus ca. 20 Schulen in Oberösterreich, Quelle: IBO – Wien, bzw. aus Schulen in der Schweiz).

Die oben angegebenen Abbildungen berücksichtigen noch nicht, dass im Niedrigenergiehausbau und speziell im Passivhaus eine noch höhere Dichtheit der Fenster aus Gründen des Wärmeschutzes und der Vermeidung von Feuchtschäden gegeben ist. Nichtsdestoweniger zeigen Berechnungen und Messungen, dass eine ausreichende Luftqualität in Schulklassen ohne sonstige lüftungstechnische Maßnahmen auch nicht über sehr undichte Fenster möglich ist bzw. entspricht dieser Ansatz auch nicht einer zeitgemäßen Technik zum Wärmeschutz und zur nachhaltigen Vermeidung von Sanierungsmaßnahmen im Fensterbereich.

Durch kontrolliertes Lüftung über eine mechanische Lüftungsanlage kann der CO₂-Gehalt gezielt, das heißt geregelt über einen CO₂-Fühler, unter den Grenzbereich von 1000ppm gehalten werden, was nachfolgende Grafik zeigt:



Grafik:

Kontrollierte Be-/Entlüftung mit Wärmerückgewinnung: Typisches Lüftungsverhalten und berechnete CO₂ – Konzentration an kälterem Wintertag im Klassenraum bei Lüftungsregelung gemäß CO₂ – Konzentration.

Um Zielwerte < 1000 ppm CO₂ auch unter kritischen Randbedingungen wie mehrstündige durchgehende dichte Belegung mit Höchstschülerzahlen einhalten zu können ist eine Auslegung mit sehr hohen Luftwechselzahlen und einer entsprechend aufwändigeren Lüftungsanlage notwendig. Außerdem ergeben sich damit größere Schwierigkeiten im Winter hinsichtlich trockener Raumluft im Sommer hinsichtlich Überwärmungsrisiko durch Außenluftwärmeeinträge. Ein möglicher und seitens der Nutzer durchwegs akzeptierter Weg ist eine Auslegung, in der im Schnitt die CO₂ Werte bei „normaler“ Nutzung zwischen 800 bei Unterrichtsbeginn und ca. 1100 ppm CO₂ bei Stundenende liegen und im kritischen Fall mehrstündige Schularbeit auf maximal etwa 1500 ppm CO₂ steigen (vergleiche Messwerte bei Fensterlüftung um 3000 bis 4000 ppm CO₂ bei vergleichbarer Situation!).

8.2.2 Luftqualität in Klassenräumen - Raumluftfeuchte

Die relative Luftfeuchtigkeit liegt idealerweise zwischen 40 und 55% und sollte im Winter möglichst nicht unter 30% sinken. Messungen zeigen, dass durch den zur Einhaltung der CO₂ - Grenzen erforderlichen erhöhten Luftwechsel bereits des öfteren dieser Grenzbereich erreicht wird. In dieser Hinsicht ist an kalten Wintertagen, will man eine aktive Zuluftbefeuchtung vermeiden, ein Kompromiss zwischen möglichst niedriger CO₂ – Konzentration und möglichst hoher Raumluftfeuchte zu treffen. Möglichkeiten ergeben sich hierbei durch eine Feuchterückgewinnung in der Lüftung und/oder durch eine möglichst bedarfskonforme Regelung mit reduzierten Zuluftmengen bei kalten Außentemperaturen.

8.3 Herstell- und Betriebskosten Heizung- Lüftung- Sanitär

Investitionskosten HLS Schulsanierung Schwanenstadt		
<p>Für die Investitionskostenschätzung HSL gesamt für die Hauptschule und das PTS wird für die Lüftungsanlage die Variante 1 "dezentrale Lüftungsgeräte" und für die Heizungsanlage die Biomasselösung "Pelletsanlage" angenommen. Bei den Kosten der Sanitäranlage sind die Duschanlagen der Turnhalle sowie die Kücheanschlüsse der Hauptschule nicht beinhaltet.</p>		
Anzahl	Investitionskosten HLS-Anlage HS+PTS	Summe [EUR]
1	Sanitäranlage PTS lt. Detailaufstellung Investitionskosten Sanitäranlage	60.704,00
1	Sanitäranlage HS lt. Detailaufstellung Investitionskosten Sanitäranlage	110.459,00
1	Lüftungsanlage PTS lt. Detailaufstellung Investitionskosten "Lüftungsanlage dezentral"	137.662,50
1	Lüftungsanlage HS lt. Detailaufstellung Investitionskosten "Lüftungsanlage dezentral"	246.544,00
1	Heizungsanlage HS+ PTS lt. Detailaufstellung Investitionskosten "Pelletsanlage" inkl. WW-Bereitung	110.459,00
Summe HSL- Anlage gesamt netto		665.828,50
Summe spezifisch pro m² Nutzfläche		134,51

Investitionskosten Sanitäranlage Schulsanierung Schwanenstadt

In der Investitionskostenschätzung werden sämtliche Einrichtungsgegenstände inkl. Verrohrung und Anschluß ans Kanalnetz berücksichtigt. Nicht beinhaltet ist die Warmwasserbereitung und Solaranlage (siehe Kosten Heizungsanlage).
Nicht beinhaltet sind die sanitären Anlage der Küche sowie der Turnhalle.

a.) Sanitäreinrichtung PTS

Anzahl	Sanitäranlage PTS	Material		Summe
		ST/m/m²	[EUR]	[EUR]
14	WC- Anlagen - Mittelklassestandard; inkl. komplettem Zubehör sowie Verrohrung	ST	900,00	12.600,00
1	WC- Anlagen - behindertengerecht Mittelklassestandard; inkl. komplettem Zubehör sowie Verrohrung	ST	1.300,00	1.300,00
9	Pissoir- Anlagen - Mittelklassestandard; inkl. komplettem Zubehör sowie Verrohrung	ST	900,00	8.100,00
16	WT- Anlagen - Mittelklassestandard; inkl. komplettem Zubehör sowie Verrohrung	ST	1.000,00	16.000,00
15	Schul - WT- Anlagen - Mittelklassestandard; inkl. komplettem Zubehör sowie Verrohrung	ST	1.100,00	16.500,00
2	Duschanlagen - Mittelklassestandard; inkl. komplettem Zubehör sowie Verrohrung	ST	1.100,00	2.200,00
616	Dachentwässerung über Unterdrucksystem Geberit "Pluvia" inkl. gesamtem Zubehör und Verrohrung	m²	6,50	4.004,00
Summe Sanitäranlage PTS netto				60.704,00
Summe spezifisch pro m² Nutzfläche				36,22

b.) Sanitäranlage Hauptschule (ohne Küche)

Anzahl	Sanitäranlage HS	Material		Summe
		ST/m/m²	[EUR]	[EUR]
24	WC- Anlagen - Mittelklassestandard; inkl. komplettem Zubehör sowie Verrohrung	ST	900,00	21.600,00
18	Pissoir- Anlagen - Mittelklassestandard; inkl. komplettem Zubehör sowie Verrohrung	ST	900,00	16.200,00
30	WT- Anlagen - Mittelklassestandard; inkl. komplettem Zubehör sowie Verrohrung	ST	1.000,00	30.000,00
30	Schul - WT- Anlagen - Mittelklassestandard; inkl. komplettem Zubehör sowie Verrohrung	ST	1.100,00	33.000,00
1486	Dachentwässerung über Unterdrucksystem Geberit "Pluvia" inkl. gesamtem Zubehör und Verrohrung	m²	6,50	9.659,00
Summe Sanitäranlage HS netto				110.459,00
Summe spezifisch pro m² Nutzfläche				33,74

Kostenschätzung PTS+Hauptschule "Sanitäranlage" (ohne Küche, ohne Turnsaal) **gesamt netto**

171.163,00

Kostenschätzung pro m² NNF für PTS + Hauptschule (ohne Küche, ohne Turnsaal) **gesamt netto**

34,58

Investitionskosten Lüftungsanlage Schulsanierung Schwanenstadt

Variante 1 - hygienische Lüftungsanlage dezentral

bestehend aus dezentralen Lüftungsgeräten mit WRG und DC-Ventilatoren je Klasse, Werkstatt, etc.

Volumenstromregelung 4-stufig - feuchtegeführt

WC-Anlagen für PTS und HS jeweils über ein zentrales Zu- und Abluftgerät für alle Geschosse mit WRG und DC-Ventilatoren

Investitionskostenschätzung

a.) Lüftungsanlage PTS

Anzahl	dezentrale Lüftungsanlage	ST/m ²	Material	Lohnanteil	Summe
			[EUR]	[EUR]	[EUR]
17	Lüftungsgerät 500 m ³ /h dezentral mit WRG, DC-Ventilatoren, Schalldämpfer, Wetterschutzgitter für AUL und FOL; Abluft und Zuluftgitter sowie 3m ² isolierter Kanalanschluß für AUL und FOL, fertig montiert ohne bauliche Maßnahmen	ST	7.000,00	0,00	119.000,00
1	Lüftungsgerät 500m ³ /h für WC-Anlagen mit WRG, DC-Ventilatoren	ST	4.300,00	100,00	4.400,00
30	Kanalnetz verzinkt, 0,7mm	m ²	35,00	22,00	1.710,00
15	Formstücke, verzinkt 0,7mm	m ²	45,00	25,00	1.050,00
45	Rohrleitungen verzinkt DN 100-160	m	18,00	12,00	1.350,00
30	Formstücke, wie Bogen, Abweiger, Red., etc., DN 100-160	ST	22,00	13,50	1.065,00
45	Kanal- und Formstückisolierung	m ²	12,00	8,00	900,00
15	Lufteinlässe RA 125	ST	80,00	25,00	1.575,00
25	Ablufttellerventile DN 100-150	ST	17,00	12,00	725,00
40	Anschlußkasten für Zu- und Abluftventile	ST	15,00	15,00	1.200,00
1	Wetterschutzgitter Frischluft	ST	250,00	35,00	285,00
1	Fortlufthaube inkl. Dachdurchführung Dm 300	ST	350,00	120,00	470,00
20	Rohr- und Telefonie Schalldämpfer	ST	75,00	15,00	1.800,00
6	Brandschutzklappen mit Meldekontakt auf DDC	ST	280,00	30,00	1.860,00
15	Messstopfen	ST	5,00	4,50	142,50
3	Thermometer	ST	16,00	9,00	75,00
5	Bezeichnungsschilder	ST	6,50	4,50	55,00
Summe Lüftungsanlage PTS netto					137.662,50
Summe spezifisch pro m ² Nutzfläche					82,14

b.) Lüftungsanlage Hauptschule (ohne Küche)

Anzahl	dezentrale Lüftungsanlage	ST/m ²	Material	Lohnanteil	Summe
			[EUR]	[EUR]	[EUR]
31	Lüftungsgerät 500 m ³ /h dezentral mit WRG, DC-Ventilatoren, Schalldämpfer, Wetterschutzgitter für AUL und FOL; Abluft und Zuluftgitter sowie 3m ² isolierter Kanalanschluß für AUL und FOL, fertig montiert ohne bauliche Maßnahmen	ST	7.000,00	0,00	217.000,00
1	Lüftungsgerät 500m ³ /h für WC-Anlagen mit WRG, DC-Ventilatoren	ST	4.300,00	100,00	4.400,00
30	Kanalnetz verzinkt, 0,7mm	m ²	35,00	22,00	1.710,00
15	Formstücke, verzinkt 0,7mm	m ²	45,00	25,00	1.050,00
165	Rohrleitungen verzinkt DN 100-160	m	18,00	12,00	4.950,00
50	Formstücke, wie Bogen, Abweiger, Red., etc., DN 100-160	ST	22,00	13,50	1.775,00
45	Kanal- und Formstückisolierung	m ²	12,00	8,00	900,00
30	Lufteinlässe RA 125	ST	80,00	25,00	3.150,00
46	Ablufttellerventile DN 100-150	ST	17,00	12,00	1.334,00
76	Anschlußkasten für Zu- und Abluftventile	ST	15,00	15,00	2.280,00
1	Wetterschutzgitter Frischluft	ST	250,00	35,00	285,00
1	Fortlufthaube inkl. Dachdurchführung Dm 300	ST	350,00	120,00	470,00
35	Rohr- und Telefonie Schalldämpfer	ST	75,00	15,00	3.150,00
12	Brandschutzklappen mit Meldekontakt auf DDC	ST	280,00	30,00	3.720,00
20	Messstopfen	ST	5,00	4,50	190,00
5	Thermometer	ST	16,00	9,00	125,00
5	Bezeichnungsschilder	ST	6,50	4,50	55,00
Summe Lüftungsanlage HS netto					246.544,00
Summe spezifisch pro m ² Nutzfläche					75,30

Kostenschätzung PTS + Hauptschule "Lüftungsanlage" (ohne Küche) gesamt netto

384.206,50

Kostenschätzung pro m² Nutzfläche für PTS + Hauptschule (ohne Küche) gesamt netto

77,62

Kostenschätzung pro m³ Luftmenge für PTS + Hauptschule (ohne Küche) gesamt netto

17,08

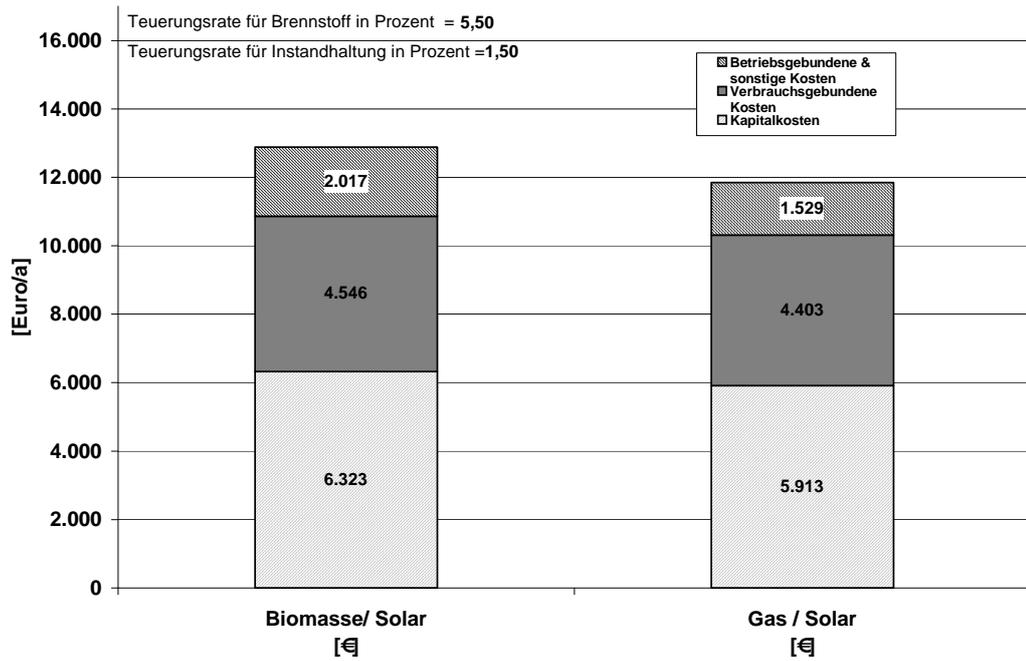
Investitionskostenvergleich Wärmeerzeugung / Warmwasserbereitung		
Variantenvergleich Biomasse / Erdgas		
	Biomasse/ Solar	Gas / Solar
	[€]	[€]
Wärmeerzeuger/Wärmeverteilung		
Gaskondensationskessel 90 kW inkl. Inbetriebnahme inkl. Kaminanlage V2A inkl. Zubehör wie Gasfilter, Druckregler, Neutralisation, etc. inkl. Hausanschluß und Grabarbeiten		13.300
Pelletsessel 90 kW inkl. Rundarmaustragung und Inbetriebnahme inkl. Kaminanlage V2A inkl. Zubehör wie Einblasstutzen, Prallmatte, Feuerlöscher, etc. Erstellung Pelletlagerraum bauseits	22.500	
Wärmeverteilung: ca. 75 Radiatoren mit 0,9 kW - 1,2kW inkl. gesamtem Rohrnetz, Pumpen, Ausdehnung und Verteiler	36.000	36.000
Regelungsanteil DDC ca. 20 Datenpunkte	8.000	8.000
<i>Summe Wärmeerzeuger/Wärmeverteilung in €</i>	<i>66.500</i>	<i>57.300</i>
Warmwasserbereitung / Solaranlage		
Solaranlage (15m2 selektiv beschichtet)	4.400	4.400
Pufferspeicher 2500 Liter	5.000	5.000
Leitungsnetz Solar, Armaturen, Isolation und Zubehör - aufwendig	2.500	2.500
<i>Summe Warmwasserbereitung / Solaranlage in €</i>	<i>11.900</i>	<i>11.900</i>
Netto-Gesamtinvestition Wärmeerzeuger/Warmwasserbereitung in €	78.400	69.200

Heizkostenvergleich in Anlehnung an den VDI 2067 Standard

	Einheit	Biomasse/ Solar	Gas / Solar
		[€]	[€]
Wärmeerzeuger	[€]	66.500,00	57.300,00
Solaranlage	[€]	11.900,00	11.900,00
Gesamtinvestition	[€]	78.400,00	69.200,00
<i>Investition abzüglich Förderung</i>	<i>[€]</i>	<i>72.520,00</i>	<i>67.820,00</i>
Annuität	[€]	6.322,62	5.912,86
Kapitalkosten	[€/a]	6.323	5.913
Brennstoffkosten	[€/a]	4.380,51	4.242,73
Verbrauchsgebundene Kosten	[€/a]	4.546	4.403
Instandhaltungskosten	[€/a]	1.116,50	978,50
Rauchfangkehrer	[€/a]	700,00	400,00
Service, Wartung	[€/a]	200,00	150,00
Versicherung, sonstige Kosten	[€/a]	0,00	0,00
Betriebsgebundene & sonstige Kosten	[€/a]	2.017	1.529
Gesamtkosten pro Jahr	[€/a]	13.039	11.961
Gesamtkosten pro MWh	[€/kWh]	0,14	0,13

Kalkulationsbasis 2005

Gesamtkosten pro Jahr



Kalkulationsbasis 2005

8.4 Öffentlichkeitsarbeit und Weiterbildung während Demonstrationsphase

Pressekonferenz

27.01.2004

Bei der gemeinsamen Pressekonferenz von Umwelt- und Energielandesrat Anshober, Dr. Wolfgang Feist und Günter Lang, GF der IG Passivhaus OÖ wird u.a. erstmals bekannt gegeben, dass das Land Oberösterreich die Realisierung des richtungsweisenden Demonstrationsprojektes voll unterstützen wird.

8. Europäische Passivhaustagung

17.04.2004

Referent Arch. DI Heinz Plöderl stellt bei der wichtigsten europäischen Passivhaustagung die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes vor.

Klimaschutzaktionsprogramm 2004 des Landes OÖ

03.05.2004

Die Sanierung der HSII und PT Schwanenstadt auf Passivhausstandard wird als Leitprojekt in das „Gebäudevorbildprogramm“ der OÖ. Landesregierung aufgenommen, um die Vorbildwirkung der öffentlichen Hand zu signalisieren.

Lehrerfortbildungsveranstaltung

10.-11.05.2004

In Kooperation mit dem Pädagogischen Institut wird dem Lehrkörper bei der Fortbildungsveranstaltung am Solartag auch das Forschungs- und Demonstrationsprojekt „Erste – Passivhaus Schulsanierung Schwanenstadt“ vorgestellt.

500. Klimabündnisgemeinde

05.06.2004

Schwanenstadt wird am 05.06.2004 zur 500. Klimabündnisgemeinde gekürt. Einen besonderen Klimaschutzbeitrag nimmt dabei die Passivhaus Schulsanierung ein.



Exkursion nach Tirol - Vorarlberg

14.-16.10.2004

Zu öffentlichen Passivbauten in e5-Gemeinden mit Vertretern der Gemeinde Schwanenstadt

Fachtagung: Sanieren mit Passivhauskomponenten

16.11.2004

Linz/ Redoutensäle, Die Veranstaltung zeigte die Möglichkeiten in der Theorie und Praxis auf. Erste Demonstrationsprojekte wie die Schulsanierung wurden vorgestellt und ließen in diesem Sektor auf große Chancen hoffen.

Gemeinde Pabneukirchen

14.02.2005

Vortrag „Behaglichkeit und Energieoptimierung bei Neubau und Sanierung von Schulen“ vor Gemeindevertretern von Pabneukirchen für eigene Schulsanierung

Auszeichnung Grün Preis 2004

12.2004

Verleihung des Grün Preises für die erste Sanierung einer Schule auf Passivhausstandard



Auszeichnung OÖ. Umweltpreis 2004

02.03.2005

Verleihung des Oberösterreichischen Landespreises für Umwelt und Natur 2004 durch Landeshauptmann Dr. Josef Pühringer, Landesrat Rudi Anschober und Landesrat Erich Haider für die erste Sanierung einer Schule auf Passivhausstandard unter dem Motto: „Gute Luft für kluge Köpfe“



Bilder Landespreis 2005: „Verleihung des OÖ Landespreises 2004 für Umwelt und Natur an die Polytechnische Schule und Musikhauptschule“ (Foto links: Amt der OÖ Landesregierung, Pressestelle)

Energiesparmesse 2005

03.2005

2005 stand bei der Energiesparmesse der Themenschwerpunkt „Altbausanierung mit Passivhauskomponenten“ im Vordergrund. Für dieses geplante Rahmenprogramm hat das Demonstrationsprojekt „Erste – Passivhaus Schulsanierung Schwanenstadt“ eine Highlight Funktion eingenommen. Neben den Politikern interessierten sich auch viele Schulklassen für dieses Thema.



Lehrerfortbildung Wels

9.05.2005

Klimaänderungen: Auswirkungen und Handlungsmöglichkeiten an Schulen – in Kooperation mit dem Pädagogischen Institut wird über 40 Lehrern das Forschungs- und Demonstrationsprojekt „Erste – Passivhaus Schulsanierung Schwanenstadt“ vorgestellt.

Gemeinde Seewalchen

28.06.2005

Vortrag „Behaglichkeit und Energieoptimierung bei Sanierung von Schulen“ vor 35 Gemeindevertretern von Seewalchen für eigene Schulsanierung

Workshop – Althaus der Zukunft

30.09.2005

Erfahrungsberichte der ersten Sanierungen zum Passivhaus im Rahmen eines Workshops der Programmlinie „Haus der Zukunft“ in der Fachhochschule Wels mit anschließender Exkursion zu den drei Demonstrationsprojekten



Passivhaus-Schulen

20.-21. 10.2005

33. Sitzung des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser in Darmstadt
Im Protokollband ist u.a. die Schulsanierung auf Passivhausstandard am Beispiel der Haupt- und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt / Oberösterreich behandelt. Der gleichnamige Protokollband des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser kann beim Passivhaus Institut unter www.passiv.de oder mail@passiv.de bestellt werden (358 Seiten)

Exkursion bei „Tage des Passivhauses 2005“

11.11.2005

Bei dieser Exkursion waren Teilnehmer aus der ganzen Welt dabei. So kam es zum Völker verbindenden Treffen auf der Suche nach nachhaltigen Klimaschutzlösungen als Exkursionsteilnehmer aus den USA, Russland, Dänemark, Italien, Frankreich, Bulgarien, Rumänien, Tschechien, Slowakei, Slowenien, Schweiz, Bosnien, Kroatien, Ungarn, Lettland, Deutschland und Belgien gemeinsam die Schulsanierung zum Passivhaus in Schwanenstadt besichtigten.



1. Tiroler Passivhausforum an der FH Kufstein

14. 01. 2006

Auch an der Fachhochschule Kufstein lauschen die Tagungsteilnehmer gespannt den Ausführungen über die erste Schulsanierung zum Passivhaus



Spatenstichfeier

25.05.2006

Symbolischer Spatenstich zur Erweiterung und Sanierung des Schulkomplexes mit Landesrat Rudi Anschöber, Bürgermeister Karl Staudinger, Architekt DI Heinz Plöderl, Bauträger Neue Heimat



2. Passivhaustagung am Weißensee

08.-09.06.2006

Bei der 2. Passivhaustagung am Weißensee stellten internationale Fachexperten die Themen „Klimagerechtes Bauen und Wirtschaftlichkeit“ in den Mittelpunkt. Arch. H. Plöderl (Pauat) mit einer mustergültigen Sanierung eines 60er/ 70er-Jahre-Schulbaues zum Passivhaus, der HS2 Schwanenstadt.



Gleichenfeier

10.06.2006

Zahlreiche Prominenz gab sich bei der Gleichenfeier die Ehre, allen voran LR Dr. Josef Stockinger. Besonders beeindruckt waren die Ehrengäste von der hohen Vorfertigungsqualität und der sehr kurzen Montageszeit von nur drei Tagen für den Zubau, welche erst die Gleichenfeier sicherte.



Bgm. Karl Staudinger und Landesrat Josef Stockinger werden von den Medien interviewt.



6. Int. Passivhaustagung in Heidelberg

04.2006

Arch. DI Heinz Plöderl präsentiert das Demonstrationsprojekt aus Schwanenstadt

Exkursion Passivhaus-Kommunalbauten

23.06.2006

Exkursion von fünf Salzburger Gemeinden durch ihre Kommunalvertreter auf Einladung des S.I.R., sowie Besuch einer tschechischen Delegation mit Parlamentariern samt Abendempfang auf Einladung der OÖ. Landtagsabgeordneten Maria Wageneder



Nachhaltiges Bauen und Sanieren III

20.10.2006

Energetische Sanierung – Ergebnisse aus dem Forschungsprogramm Haus der Zukunft

Seminar in der Kammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten für Wien, Niederösterreich und Burgenland

Exkursion bei „Tage des Passivhauses 2006“

10.11.2006

Im Rahmen der „Tage des Passivhauses 2006“ besichtigte die Exkursionstour „Öffentliche Passivhausbauten“ das Demonstrationsgebäude in Schwanenstadt



Vortrag bei Passivhaustagung in Dresden

11.2006

Auf Einladung der Energieregion Dresden präsentiert Arch. DI Heinz Plöderl das Demonstrationsprojekt aus Schwanenstadt

3. OÖ Holzbaupreis 2007

14.09.2007

Sonderpreis in der Kategorie „Energieeffiziente Bauweise“ und
Anerkennung in der Kategorie „Zubauten, Aufstockungen, Sanierungen“



Bild: „Preisverleihung im Rahmen des 3. OÖ Holzbaupreises
(Foto: Möbel- und Holzbaucuster)

Vöckla-Award 2007 Kategorie Umwelt

17.09.2007



vöcklaAward2007:

Bild links: „Vöckla-Award
2007“ (Foto:
Stadtgemeinde
Schwanenstadt)

Bild rechts – „Bgm. Karl
Staudinger nimmt den
Vöckla-Award 2007 von
Labg. Gottfried Hirz
entgegen.“
(Foto: Klein Helmut)



Eröffnungsfeier

20.10.2007

Mit Frau Staatssekretärin Christa Kranz, Landeshauptmann Dr. Josef Pühringer,
den Landesräten Rudi Anschober und Josef Ackerl



Der symbolische Akt der Schlüsselübergabe an
die beiden Hausherrn: Herr Hainbacher (MHS)
und Herr Petrowisch (PTS)



Landesrat Rudi Anschober (selbst auch einmal
Lehrer) am Rednerpult



Nicht nur die ‚hohe Politik‘, sondern auch viele Lehrer und Eltern wohnten dem Festakt bei



Viele Ehrengäste, an der Spitze der OÖ. Landeshauptmann, sind zur Neueröffnung erschienen



Bgm. Karl Staudinger, Ing. Günter Lang, Staatssekretärin Christa Kranzl



Bgm. Karl Staudinger, Staatssekretärin Christa Kranzl, LR Josef Ackner



Feierlich umrahmt wurde die Feier von durch hervorragende Darbietungen unserer Musikklassen und des Chors unserer Schule unter der Leitung von Frau Milacher und Herrn Janda



ORF – Österreich Heute v. 20.10.07 19 Uhr Bericht über die Eröffnung der MHS und PTS Schwanenstadt als 1. Altbauanierung auf Passivhausstandard einer Schule

Abschließend bestand die Möglichkeit zur Besichtigung der Schulgebäude im Rahmen eines Tags der offenen Tür, die von Hunderten Festgästen und Eltern gleich begeistert genutzt wurde.

Energy Globe Oberösterreich Kategorie Erde
Kategoriesieger

31.10.2007



Bilder Energy Globe Verleihung: „Überreichung des Energy Globe Oberösterreich in der Kategorie Erde“ (Foto: GEG Werbung GmbH)

Vis a Vis 2007 OÖ. Architekturpreis

11.2007

Auszeichnung vom afo architekturforum oberösterreich für Schulsanierung Schwanenstadt

Energy Globe Austria 2007

30.11.2007

Nominierung Schulsanierung Schwanenstadt

Staatspreises für Umwelt- und Energietechnologie

31.01.2008

Nominierung in Kategorie Energiedienstleistungen im Rahmen des Staatspreises für Umwelt- und Energietechnologie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft



Bild Nominierung Staatspreis: „Nominierung im Rahmen des Staatspreises für Umwelt- und Energietechnologie v.l.n.r. Günther Liebl (Sektionschef Lebensministerium), Bgm. Karl Staudinger, Dipl.Ing. Felber (PAUAT Architekten), Dkfm. Weingartsberger (Neue Heimat Stadterneuerungs GmbH), Ing. Günter Lang (Lang Consulting), Dipl.Ing. Bernhard Sagmeister (Kommunalkredit Public Consulting) und Univ.Prof. Günther Brauner (Vorsitzender der Jury)“ (Foto: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft/Karl Michalski)

A. Ausgangssituation

Die Hauptschule und Mittelschule Schwanenstadt war ein bestehendes Schulhaus aus den 1970er Jahren in Schwanenstadt, bestehend aus sieben getrennten Gebäuden.

Die Passivhausenergieeffizienz war ein durchgängiges Ziel. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht.

B. Idee und Ziel

Das Gesamtstrategieziel "Wiederherstellung und Ausbau der Hauptschule und Mittelschule Schwanenstadt" ist ein zentraler Bestandteil der Planung. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht.

C. Gesetzte Maßnahmen

Das Projekt ist ein Passivhausenergieeffizientes Schulhaus. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht.

Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht.

D. Ergebnisse

Reduktion der Energiekosten um 100.000,- € pro Jahr. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht.

E. Auswirkungen der nachhaltigen Sanierung

Leistungssteigerung in Schulen durch nachhaltige Sanierung. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht.

NEUE HEIMAT OÖ: Die Zukunft verbindet

Das Projekt ist ein Passivhausenergieeffizientes Schulhaus. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht. Die Energieeffizienz wurde durch die Nutzung von Solar- und Photovoltaik erreicht.



REDUKTION: HEIZWÄRMEBEDARF -80% / CO₂ EMISSION -90%



Einreichung: Stadtgemeinde Schwanenstadt/ Neue Heimat OÖ/ PAUAT Architekten 4600 Wels, Bernardingasse 14 Staatspreis für Umwelt- und Energietechnologie 2008

Plakat im Rahmen des Staatspreises für Umwelt- und Energietechnologie

**Weitere Besichtigungen des „Haus der Zukunft“ Demonstrationsprojektes
„Erste Altbausanierung eines öffentlichen Gebäudes auf
Passivhausstandard – Schulsanierung Schwanenstadt“**

Besichtigung Projektentwickler Sonderschule 6 Linz	17.10.2007
Besichtigung Gemeinde Großraum Kopenhagen/DK	30.10.2007
Besichtigung Dänische Architektenkammer/DK	03.11.2007
Besichtigungen im Rahmen der Passivhaustage	09.11.2007
Besichtigung durch Gemeinde Alkoven	20.11.2007
Besichtigung Stadtamt Baden Baudir. Kaiser	20.11.2007
Besichtigung Grüne Steyr, Haiderhofen, Garsten	24.11.2007
Besichtigung mit LR Dr. Kepplinger	29.11.2007
Besichtigung durch BFI Wels	03.12.2007
Besichtigung Schulverband Hengersberg/D	19.12.2007
Besichtigung EGW Heimstätte	12.03.2008
Besichtigungstour Preisträger / oö. Holzbaupreises 2007	13.03.2008
Besichtigung Evang. Schule Berlin Mitte / D	14.03.2008
Besichtigung Stadtamt Baden	26.03.2008
Besichtigung Gemeinde Neukirchen/Walde	26.03.2008
Besichtigung Arbeitskreis Österr. Institut für Schul- und Sportstättenbau	07.04.2008
Besichtigung FHS Kärnten u. Gemeinde St. Marienkirchen	08.04.2008
Besichtigung Architekturbüro Dr. Schiott, Zwickau/D	16.04.2008
Besichtigung Dänische Entscheidungsträger/DK	09.05.2008



**Weitere Vorträge mit Präsentation des „Haus der Zukunft“
Demonstrationsprojektes „Erste Altbausanierung eines öffentlichen
Gebäudes auf Passivhausstandard – Schulsanierung Schwanenstadt“**

**IG Passivhaus
Österreich**
Netzwerk für Information,
Qualität und Weiterbildung



1st International Conference „Passive House in Latvia“ in **Riga/Latvia** an der Latvian Association of Architects, Vortrag "Passivehouse - the standard for buildings with future" von Ing. Günter Lang 17.05.2006

1st International Conference „Passive House in Slovakia“ an der Faculty of Architecture, Slovak Technical University in **Bratislava/Slowakei**, Vortrag „Das Passivhaus erfolgreich vernetzen“ von Ing. Günter Lang 15.06.2006

Internationaler Passivhaus-Workshop O.P.A. in **Güssing**, Vortrag „Rasante Entwicklung energieeffizienten Bauens in Österreich dank Forschung“ von Ing. Günter Lang 21.06.2006

Seminar Passivhaus, Ökologie, Nachhaltigkeit für den wohnfonds **Wien** fonds für wohnbau und stadterneuerung, Vortrag „Rasante Entwicklung energieeffizienten Bauens - Eine Stadt in der Energiewende“ von Ing. Günter Lang 07.09.2006

YTONG Dialog im Messe **Wien** Congress Center, Vortrag „Energieeffizientes Bauen für eine nachhaltige Architektur“ von Ing. Günter Lang 16.11.2006

Schönauer expertentage in **Großschönau**, Vortrag „Was bringt die Zukunft für energieeffiziente Gebäude“ von Ing. Günter Lang 17.11.2006

2. Fachgespräch „Innenraum und Gesundheit – Gesund Bauen und Sanieren“ im Lebensministerium in **Wien**, Vortrag „Endlich wieder frische Luft zum Atmen – ohne Sorgen wegen der Energie“ von Ing. Günter Lang 06.12.2006

Passivhaus-Forum Bau 2007 in **München**, Vortrag „Das Passivhaus – vom Pilotprojekt zum Baustandard“ von Ing. Günter Lang 18.01.2007

- Vorlesung an der TU – **Wien** für Passivhaus Studentenwettbewerb, Vortrag „Vom Pilotprojekt zum Baustandard - Das Passivhaus“ von Ing. Günter Lang
16.03.2007
11. Internat. Passivhaustagung **Bregenz** 2007, Vortrag „Schwanenstadt macht Schule“ von Arch. Heinz Plöderl
13.04.2007
- STO – HTL - Passivhauswettbewerb Vortrag bei Preisverleihung in **Salzburg**, „Vom Pilotprojekt zum Baustandard - Das Passivhaus“ von Ing. Günter Lang
02.05.2007
3. Niederösterreichischer Klimatag 2007 im Landtagssitzungssaal im Landhaus in **St. Pölten**, Impulsreferat „Nachhaltiges Bauen und Sanieren“ von Ing. Günter Lang
14.05.2007
- Holzbau Vortrag in **Madrid/Spanien**
„Schwanenstadt macht Schule“ von Arch. Heinz Plöderl
- Holzbau Vortrag in **Bilbao/Spanien**
„Schwanenstadt macht Schule“ von Arch. Heinz Plöderl
- Holzforum in **Garmisch Partenkirchen**
Vortrag „Schwanenstadt macht Schule“ von Arch. Heinz Plöderl
- Passive houses Seminar about design of passive houses an der Architect School **Aarhus/Dänemark**, Vortrag „Architecture and passivehouses?“ von Ing. Günter Lang
29.08.2007
- Jahrestagung ht15 Holzbau Team Tirol in **Eppan/Italien**, Vortrag "Vom Passiv- zum Nullenergiehaus" von Ing. Günter Lang
15.09.2007
- Bauen für die Umwelt im Az W in **Wien** mit BIG, Vortrag „Energieoptimierte Häuser abseits vom Einfamilienhaus“ von Ing. Günter Lang
10.10.2007
- Österreich-Besuch einer Delegation von US-Entscheidungsträgern, Präsentation „The greatest energy potential is energy efficiency - the passivehouse“ in **Wien** in der Industriellenvereinigung von Ing. Günter Lang
12.10.2007
- Workshop Nachhaltiges Bauen und Sanieren – SANIERUNG in **Sulz**, Vortrag „Thermische Sanierung von Nachkriegsbauten auf Passivhausstandard“ von Ing. Günter Lang
19.10.2007
2. Südtiroler Passivhaustagung in **St. Leonhardt/Italien**, Vortrag „Ist etwas Schlechteres als das Passivhaus noch leistbar?“ von Ing. Günter Lang
25.10.2007
- Intensivlehrgang „EINFÜHRUNG IN DAS BAUWESEN II“ an der Bauakademie Baden in **Guntramsdorf**, Vortrag „Das Passivhaus – Vom Pilotprojekt zum allgemeinen Baustandard“ von Ing. Günter Lang
07.11.2007
6. Österreichischer Altbautag in **Salzburg**, Vortrag „Sanierung zum Passivhausstandard“ von Ing. Günter Lang
29.11.2007
- 2 ème colloque sur le développement urbain durable“Construction Durable - Nécessité & Opportunité“ von AGORA in **Esch-sur-Alzette/ Luxembourg**, Vortrag

« Das Passivhaus – DIE Chance für Alle! Maison durable: choix individuel ou stratégie globale? » von Ing. Günter Lang 30.11.2007

AAEC conference in **Bucharest/Rumänien** von der University POLITEHNICA of Bucharest, Vortrag „The Passive house – THE Chance for ALL!“ von Ing. Günter Lang 03.12.2007

Besuch des Vizebautenministers Huang der Volksrepublik China vom 15.-18. Jänner 2008 in **Wien** im Rahmen der österr.-chin. Partnerschaft im Bereich erneuerbare Energie/Umwelttechnologie, Vortrag „80 – 90% weniger Energiebedarf und trotzdem viel mehr Komfort! Das PASSIVHAUS“ von Ing. Günter Lang 16.01.2008

Enquete – Modernisierung zum Passivhaus des Wohnfonds **Wien**, Vortrag „Sanierung zum Passivhausstandard - Klimaschutz, Ökonomie und Komfort in Einem“ von Ing. Günter Lang 17.01.2008

Architekten- Fachtagung „Holzbau International – neue Tendenzen“ im Rahmen der bautec 08 in **Berlin**, Vortrag „Passivhäuser in Holzbauweise in Österreich - Entwurf, Konstruktion und Ausführung“ von Ing. Günter Lang 22.02.2008

Klimaschutz konkret – Büro- und Gewerbegebäude in **Wien**, Vortrag „Energieeffizient Bauen und Sanieren – eine Notwendigkeit als Ausweg aus der Klimamisere“ von Arch. Heinz Plöderl 07.04.2008

Fachseminar im Rahmen des Fortbildungssystems der Kroatischen Kammer der Architekten und Ingenieure im Bauwesen „YTONG im Lichte des energieeffizienten Baus und des Passivbaus“ in **Zagreb/Kroatien**, Vortrag „Sanierung von 1960iger Bauten zum Passivhaus“ von Ing. Günter Lang 09.04.2008

2. Klimaschutzgipfel der Österreichischen Bundesregierung in Wien, Vortrag „Ökosozialer Wohnbau und Altbausanierung in Österreich“ von Ing. Günter Lang 17.04.2008

ÖGUT-Themenfrühstück „Steigerung der Sanierungsrate als Schlüssel zum Erfolg im Klimaschutz“ in **Wien** mit Ing. Günter Lang 22.04.2008

Präsentation in der Umweltausschusssitzung in **Aschach an der Steyr** „Passivhausstandard bei öffentlichen Bauten bei Neu- und Altbauten“ von Ing. Günter Lang 22.04.2008

Arbeitskreis Energiekonzepte des Österreichischen Städtebund in **Klagenfurt**, Vortrag „Das Passivhaus als Standard mit Zukunft im städtischen Kontext“ von Ing. Günter Lang 24.04.2008

Nachhaltige Architekturgespräche im Rahmen der österreichischen Architekturtage in **Wels**, Vortrag „Schulsanierung Schwanenstadt im Passivhausstandard“ von Arch. Heinz Plöderl 16.05.2008

Internationales Symposium TRI / Alpe Adria 2008 – „Energieeffiziente Altbausanierung – Lösungen, Erfahrungen, Trends“ am **Weissensee**, Vortrag „Klimaschutz last call: Globale Herausforderung mit lokalem Nutzen“ von Ing. Günter Lang 31.05.2008



Erste Passivhaus -Schulsanierung

Ganzheitliche Faktor 10 Generalsanierung der
Hauptschule II und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt



ARGE Erste Passivhaus Schulsanierung



8.5 Kleines Passivhauslexikon

Abluft

Aus einem Raum oder Gebäude abgesaugte Luft

Bemerkung: Wird oft zwecks Wärmerückgewinnung zuerst durch einen Wärmetauscher geleitet und gelangt dann als Fortluft ins Freie

Abluftdurchlass, Abluftöffnung

Lüftungstechnisches Bauteil oder Öffnung in einer Wand oder in einem Kanal zwecks Abtransport von Raumluft.

Bemerkung: Gemäß Schallschutz, Brandschutz, Lüftungstechnischen Erfordernissen etc. auszulegen. Bei größeren Luftmengen oft „Abluftgitter“, bei kleineren Luftmengen „Ablufttellerventile“

Abluftanlage, Abluftsystem

Lüftungssystem, bei dem Abluft aus einem oder mehreren Räumen abgesaugt wird, die Zuluft strömt über zufällige oder speziell vorgesehene Fassadenöffnungen nach.

Bemerkung: Eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft kann über Wärmetauscher und Wärmepumpe erfolgen.

Abluftkamin zu natürlichen Lüftung

Kamin bzw. Schacht in welchem die Abluft durch thermischen Auftrieb aus dem Gebäude geleitet wird.

Bemerkung: Dient gegebenenfalls auch zur Ansaugung der Zuluft z.B. über die Fassade.

Außenluft

Zu Lüftungszwecken von der Umgebung entnommene Luft mit „Außenluftqualität“ je nach Außenluftansaugung

Automatisierte Fensterlüftung

Lüftung über motorisch betätigte Fenster

A/V-Verhältnis

Die Kompaktheit des Gebäudes wird durch das Verhältnis der einhüllenden Gebäudeoberfläche A [m²] zu dem umbauten Volumen V [m³] definiert. Ein kompaktes Gebäude hat ein möglichst kleines A/V-Verhältnis und mithin eine möglichst kleine Oberfläche, über die Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Ein kompaktes Gebäude ist damit auch kostengünstig zu realisieren, denn die bauliche Hülle macht einen großen Anteil an den Kosten eines Gebäudes aus. Reihenhäuser und Geschosswohnungen haben hier einen geometrischen Vorteil gegenüber frei stehenden Einfamilienhäusern.

Baukosten

[€/m²]

Baukosten gemäß ÖNORM B 1801-1

Blower Door, „Gebläsetür“

Meßeinheit zur Messung der Luftdichtigkeit in einem Raum oder in einem Gebäude. Besteht aus einem Ersatztürblatt mit Ventilator, welcher dann einen Unter- oder Überdruck im Raum erzeugt.

CO₂ – Konzentration

Siehe Kohlendioxid

Drucktest

Drucktest mit der 'Blower-Door' (engl. für Gebläsetür), damit wird die luftdichte Hülle eines Gebäudes geprüft.

Mit dem Gebläse wird in der Wohnung ein kleiner Über- bzw. Unterdruck von 50 Pa erzeugt. Gleichzeitig wird der Luftvolumenstrom [m³/h] gemessen, der bei dieser Druckdifferenz vom Gebläse gefördert wird.

Erdwärmetauscher

Meist als 20 – 35m lange PE – Rohre im Erdreich ausgeführte Zuluftführung. Ein richtig dimensionierter Erdwärmetauscher kann die Frostschutzfunktion erfüllen, er erwärmt die zuströmende kalte Außenluft ohne zusätzlichen Energieverbrauch, so dass der Wärmeüberträger immer frostfrei bleibt.

Bemerkung: Zur Zuluftvorwärmung im Winter und Zuluftkühlung und Entfeuchtung im Sommer. Auch wassergeführte Erdwärmetauscher z.B. über Wasserregister in statisch notwendigen Piloten (Pfähle im Boden) oder unter der Fundamentplatte

Energiekennzahl Heizwärmebedarf (HBW)**[kWh/m²a]**

Das Passivhaus setzt voraus, dass der Jahresheizwärmebedarf unter 15 kWh/m²a liegt. Zur Berechnung des Passivhauses nach den Kriterien des Passivhaus Institutes ist das PHPP zu Grunde zu legen (siehe PHPP).

Fortluft

Ins Freie geleitet Luft nach dem Lüftungsgerät bzw. nach der Wärmerückgewinnungseinheit des Lüftungsgerätes.

Bemerkung: Im Winter Fortlufttemperaturen < 0°C möglich, entsprechend gut zu dämmen + Kondensatgefahr zu beachten!

Freie Lüftung/Kühlung

Lüftung über die Fenster im Kühlfall, wenn außen kühlere Temperaturen als im Raum

Frequenzumformer, FU-geregelter Ventilator

Gemäß Bedarf hinsichtlich Luftmenge dynamisch stetig regelbarer Ventilator

g-Wert**[%]**

Gesamtenergiedurchlassgrad durch transparente Bauteile nach EN 67507. Der Zielwert soll größer gleich 50% für das Passivhaus sein.

Haushaltsstrom

Für Passivhäuser wurde nach eingehender Untersuchung der Einsparpotenziale und Erprobung in Referenzobjekten ein oberer Zielwert für den Haushaltsstromverbrauch von 18 kWh/m²a Endenergie bzw. 55 kWh/m²a Primärenergie empfohlen. Durch die Anschaffung von besonders Energieeffizienten Geräten lassen sich Einsparungen von 50% und mehr in der Praxis gegenüber heutigen Durchschnittsgeräten erzielen. Durch die Installierung einer Photovoltaikanlage kann dieser Strombedarf auch noch ökologisch aus Sonnenenergie selbst erzeugt werden.

Heizlast**[W/m²]**

Ein Passivhaus sollte möglichst eine Heizlast von unter 10 W/m² erreichen. Zur Berechnung des Passivhauses nach den Kriterien des Passivhaus Institutes ist das PHPP zu Grunde zu legen (siehe PHPP).

Kamineffekt

Vertikale Luft-/Gasbewegungen, die durch thermisch bedingte Dichteunterschiede (thermischen Auftrieb) verursacht werden.

Klimatisierung, Voll-/Teilklimatisierung

Unter Vollklimatisierung wird im allgemeinen eine Heizung, Kühlung, Be- und Entfeuchtung über die Lüftung verstanden, meist inklusive Umluftanteil.

Eine Teilklimatisierung erfüllt entsprechend über die Lüftungsanlage nur Teilfunktionen, z.B. Heizen morgens und Kühlen ohne Umluftbetrieb.

Kohlendioxid

= CO₂. Leitgröße für die durch den Menschen an die Raumluft abgegebenen Körpergerüche.

Komfort-Wohnungslüftung

Im Passivhaus ist eine Komfort-Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) aus der Abluft unumgänglich, um die Lüftungswärmeverluste auf ein vertretbares Maß zu reduzieren. Der Wärmebereitstellungsgrad der WRG von mindestens 75% ist der Grenzwert für das Passivhaus.

Die Lüftung darf akustisch nicht stören und muss dauerhaft hygienisch einwandfrei sein. Ein Schallpegel von 25 dB(A) als oberer Grenzwert hat sich in Passivhäusern bewährt.

Kompaktaggregate

Für die Beheizung von Passivhäusern und Wohnungen können sogenannte Kompaktaggregate eingesetzt werden. Diese Geräte heizen die Zuluft und erwärmen das Brauchwarmwasser mit einem integrierten kleinen Wärmeerzeuger, z.B. einer Wärmepumpe. Sie bieten sich für Passivhäuser an, weil die gesamte Haustechnik in einem Gerät vereinigt ist und somit der Installationsaufwand gering ist.

Kriterien für das Passivhaus (Neubau und Altbau)

Heizlast kleiner als 10 W/m² (gerechnet nach PHPP)

Heizwärmebedarf kleiner als 15 kWh/m²a (gerechnet nach PHPP)

n₅₀ < 0,6 gemessen

PH-Fenster U_w < 0,85 W/m²k (PH-Institut zertifiziert)

U-Glas < 0,7 W/m²k gem. deutschen Bundesanzeiger

Kriterien für „Altbausanierung mit Passivhauskomponenten“

Alle Gebäudetypen bzw. -nutzungen

Heizwärmebedarf bis 30 kWh/m²a gem. PHPP oder 20 kWh/m²a gem.

Energieausweis

n₅₀ < 0,6 gemessen

Lüftungseffektivität, Lüftungswirksamkeit

Maß für die Funktion einer Lüftung hinsichtlich Luftaustausch und Abtransport von Verunreinigungen. Je höher die Lüftungseffizienz eines Lüftungssystems, desto direkter werden Schadstoffe abgeführt bzw. desto geringere Luftwechselzahlen sind für eine ausreichende Belüftung notwendig. Beispiel siehe „Quelllüftung“

Lüftungswärmeverlust

Wärmeverlust durch Zu- respektive Abströmung von Luft aus einem Raum

Luftwechselzahl

Luftstrom der in einen oder mehrere Räume eintritt bzw. diese verlässt dividiert durch das Nettoraumvolumen

Bemerkung: Ein Luftwechsel von 1/h (eins pro Stunde) bedeutet, dass das gesamte Raumluftvolumen innerhalb einer Stunde als Zuluft zu- und als Abluft abgeführt wird. Dies heißt jedoch nicht unbedingt, dass im gesamten Raum die Luft ausgetauscht wurde (siehe Lüftungseffizienz)

Mechanische Lüftung

Lüftung mittels Ventilatoren.

Mischlüftung

Mechanische Lüftung, bei der sich die Zuluft mit der Raumlufte vermischt.

Modulare Systeme

Werden Lüftungsgeräte mit WRG mit separaten Heizsystemen kombiniert, spricht man von „Modularen Systemen“.

Dazu bieten sich Erd- oder Grundwasserwärmepumpen, kleine Pellets- bzw. Holzheizungen oder Gas-/Öl-Brennwert-Geräte an. Wegen des sehr geringen Leistungsbedarfs von etwa 1,5 kW für eine typische Wohnung sind die bislang am Markt verfügbaren Geräte für Einfamilienhäuser jedoch meist zu groß dimensioniert. Bei großvolumigen Bauten bieten sich Semi-Zentrale Lösungen an, die mit gängigen Geräten im unteren Leistungsbereich versorgt werden können. In Siedlungen werden oft Nahwärmenetze mit Blockheizkraftwerken realisiert. In jedem Fall sollten die Möglichkeiten am Standort ausgelotet werden und ein auf die konkrete Situation abgestimmtes Energie-Konzept erarbeitet werden.

Nachtkühlung

Nächtliche Raumkühlung z.B. über Fensterlüftung oder nachts aktives Kühlsystem. Zur Abkühlung von Speichermassen und morgens kühlere Raumtemperaturen.

n₅₀-Wert

[1/h]

Luftvolumenstrom bei einer Druckdifferenz von 50 Pa beim Drucktest, bezogen auf das Nettovolumen des Gebäudes, gibt ein Maß für die Luftdichtheit eines Gebäudes. Als Zielwert für die Luftdichtheit von Passivhäusern sollte man n₅₀ = 0,3 1/h anstreben, um den Grenzwert von n₅₀ = 0,6 1/h dauerhaft und sicher zu unterschreiten. Wie die zahlreichen gebauten und messtechnisch begleiteten Häuser zeigen, ist dieser Wert bei guter Planung und konsequenter Ausführung von Details bei allen Bauarten gut erreichbar.

Notlüftung

Lüftung bei außerordentlichen, selten auftretenden Geruchs- oder Schadstoffemissionen.

Passivhaus allgemein

Das Passivhaus steht an der Spitze der Entwicklung nachhaltiger Bauweisen im mitteleuropäischen Klima. Der Schlüssel hierzu ist eine ganz erheblich verbesserte Energieeffizienz. Um diesen Baustandard zu erreichen ist das Zusammenspiel von sehr guter Wärmedämmung, Luftdichtheit, Wärmebrückenfreiheit, Passivhausfenstern und einer Komfortlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung, Haustechnik mit niedrigen Aufwandszahlen und stromsparende Geräte nötig.

Damit wird es möglich, Häuser im mitteleuropäischen Klima so zu bauen, dass der verbleibende Heizenergieverbrauch verschwindend gering ist und die Heizung eine funktionale Verbindung mit der Lüftung eingehen kann – mit Synergieeffekten für beide Bereiche, aber vor allem mit einer erheblichen Steigerung der Behaglichkeit und der Bau- und Wohnqualität.

Wie die zahlreichen in dieser Passivhaus Objektdatenbank dokumentierten Beispiele von Passivhäusern zeigen, lässt sich dabei Architektur, Ökologie und Ökonomie gleichermaßen zufriedenstellend berücksichtigen. Außerdem ist der

Passivhausstandard in jeder Konstruktionsweise und für jeden Objekttyp und –
nutzung möglich.

PHPP

Passivhaus Projektierungs Paket, Heizenergiebilanz nach EN 832, mit
zusätzlichen Randbedingungen, die speziell auf das Passivhaus zugeschnitten
sind. Mit dem PHPP steht dem Planer ein Berechnungsverfahren für Passivhäuser
zur Verfügung, mit dem die Energiebilanz und mithin die Funktionstüchtigkeit des
entstehenden Passivhauses vom ersten bis zum letzten Planungsschritt verfolgt
werden kann. Hier fließen alle energetisch relevanten Information über das
entstehende Gebäude zusammen.

Plattenwärmetauscher

Wärmetauscher im Lüftungsgerät, bei welchem der Wärmeaustausch zwischen
Abluft und Außenluft über Metall- oder Kunststoffplatten funktioniert.

Bemerkung : Doppelpplattenwärmetauscher: zwei hintereinander geschaltete
Einfachplattenwärmetauscher.

PMV – Wert

„Predicted Mean Vote“, Komfortmaßstab für den thermischen Komfort auf einer
Bewertungsskala von –3 (kalt) über 0 (neutral) bis +3 (heiss)

PPD – Wert

„Percentage of People Dissatisfied“, Komfortmaßstab, zeigt an, wie viele Personen
statistisch mit einem bestimmten Klimazustand zufrieden sind.

Bemerkung: PPD ist minimal 5%, auch bei „optimaler“ Klimasituation kann keine
vollständige Zufriedenheit aller erreicht werden.

Primärenergie-Kennwert

[kWh/m²a]

Der Primärenergie-Kennwert für die Summe aller Anwendungen (Heizung,
Lüftung, Warmwasser und Haushaltsstrom) soll bei Passivhäusern nicht größer als
120 kWh/m²a sein.

Ψ_a

[W/mK]

Linearer Wärmebrückenverlustkoeffizient, auf Außenmaße der Bauteile bezogen.
Generell sollten konstruktive Wärmebrücken beim Passivhaus soweit wie möglich
vermieden oder jedenfalls auf einen vernachlässigbaren Wert begrenzt werden.
Das Grundprinzip hierfür ist das „wärmebrückenfreie Konstruieren“. Als Kriterium
hierfür hat sich die Anforderung Ψ_a 0,01 W/(mK) bewährt.

Ψ_{Einbau}

[W/mK]

Linearer Wärmebrückenverlustkoeffizient, der beim Einbau eines Fensters in die
Wand entsteht

Ψ_{Glasrand}

[W/mK]

Linearer Wärmebrückenverlustkoeffizient am Glasrand eines Fensters

Quelllüftung

Lüftungsart, bei der die Zuluft mit leichter Untertemperatur und geringen
Luftgeschwindigkeiten in den Raum eintritt, durch thermischen Auftrieb an den
Wärmequellen (i.b. den Personen) aufsteigt.

Bemerkung: Hohe Lüftungseffektivität durch direkte Luftzufuhr an die Verbraucher
(Personen) und direkte Abfuhr. Zuluftuntertemperatur notwendig, damit separate
Heizkörper nicht in Nähe der Zuluftauslässe und im Sommer Maßnahme für
kühlere Zuluft.

Querlüftung

Lüftungsart, bei der der Raum quer durchlüftet wird, z.B. Zuluft eintritt an der Fassade, Abluftabsaugung gangseitig

Bemerkung: Höhere -> Lüftungseffizienz und bessere Nachtkühlung durch die Lüftung möglich

Rotationswärmetauscher

Wärmetauscher im Lüftungsgerät, bei welchem der Wärmeaustausch zwischen Abluft und Außenluft über ein rotierendes, wärme- und feuchteübertragendes Material funktioniert.

Bemerkung: Im Unterschied zum -> Plattenwärmetauscher kann hierbei auch die in der Abluft enthaltene Feuchte für die Zuluft genutzt werden.

Schachtlüftung

Lüftung über thermischen Auftrieb in -> Abluftkaminen

Speichermasse, thermisch wirksame

Speichermasse der raumumschließenden Oberflächen, welche nicht z.B. über den Innenausbau, Abhängendecke oder Bodenbeläge thermisch vom Raum entkoppelt ist. Bemerkung: Im 24 h Zyklus sind etwa die ersten 3 bis 5 cm der raumumschließenden Oberflächen thermisch speicherwirksam.

U-Wert

[W/m²K]

Wärmedurchgangskoeffizient eines flächigen Bauteils, berücksichtigt auch regelmäßig vorkommende Wärmebrückenbeiträge, z.B. Holzständerbauweise. Alte Bezeichnung: k-Wert.

Alle U-Werte (ausgenommen Fenster und Türen) müssen einen U-Wert unter 0,15 W/m²K im Passivhaus aufweisen. Anzustreben ist ein U-Wert gegen 0,10 W/m²K, speziell bei Einfamilienhäusern auf Grund des schlechteren A/V-Verhältnis.

Dadurch unterscheiden sich beim Passivhaus die Wand-Innentemperaturen kaum mehr von der mittleren Raumtemperatur. Es entsteht ein angenehm gleichmäßiges Raumklima ohne kalte Ecken.

U_w –Wert

[W/m²K]

U_w -Wert des Gesamtfensters nach DIN EN 10077 (Window)

Der Grenzwert für ein Passivhausfenster soll U_w 0,80 W/m²K nicht überschreiten. Hochwertige Fenster sind für das Passivhaus eine wichtige Voraussetzung. Daher sollten in Passivhäusern möglichst nur vom Passivhaus Institut zertifizierte Fenster zum Einsatz kommen, welche nach der DIN EN 10077 berechnet sind. Durch derzeit unterschiedlich gültigen Normen ist angegeben, welche dem U_w-Wert zugrunde liegt.

U_{w eingebaut} -Wert

[W/m²K]

U_{w eingebaut} -Wert des Gesamtfensters nach DIN EN 10077 (Window) im eingebauten Zustand. Der Grenzwert für ein eingebautes Passivhausfenster sollte U_{w eingebaut} 0,85 W/m²K nicht überschreiten. Die Forderung nach einem U-Wert von weniger als 0,85 W/m²K für das Fenster leitet sich von den Anforderungen an die Behaglichkeit und aus der Energiebilanz des Gebäudes her. Verzichtet man auf einen Heizkörper unter dem Fenster, so muss die mittlere Temperatur an der Innenoberfläche des Fensters auch im Auslegungsfall höher sein als 17 °C. Ansonsten kann es zu einem Kaltluftsee am Boden kommen, so dass ein Aufenthalt in der Nähe der Fenster unbehaglich sein kann.

U_D –Wert

[W/m²K]

U_D -Wert einer Tür (Door)

Für Außentüren im Passivhaus sollte der U_D-Wert ebenfalls kleiner als 0,8 W/(m²K) sein.

U_f –Wert **[W/m²K]**
U_f -Wert eines Fensterrahmens (engl. frame)

U_g –Wert **[W/m²K]**
U_g -Wert im Zentrum einer Verglasung, Wärmebrückeneffekte am Glasrand werden darin nicht berücksichtigt. Für die PHPP Berechnung sollte der U_g-Wert nach dem BAZ (Deutschen Bundesanzeiger) angegeben werden. Der Grenzwert für ein Passivhausverglasungen soll U_g 0,70 W/m²K nicht überschreiten.

Überströmöffnung
Öffnung zur Überströmung von Luft aus einem Raum in einen anderen Raum.
Bemerkung: z.B. Klasse -> Gang oder Gang -> Sanitärbereiche. Auslegung gem. Lüftungstechnischen, akustischen und brandschutztechnischen Erfordernissen.

Umluftbetrieb
Betriebsweise einer Lüftung, bei der aus einem oder mehreren Räumen abgeführte Abluft wieder als Zuluft (eventuell mit Außenluftbeimischung) zugeführt wird. Bemerkung: Kritisch hinsichtlich Hygiene insbesondere bei zentralen Lüftungsanlagen. Bei Heizbetrieb über die Lüftung außerhalb von Personenanwesenheit u.U. sinnvoll.

Warmwasser-Bereitung
Da für die Heizung nur noch sehr wenig Energie verbraucht wird, wird die Warmwasserbereitung zum bedeutendsten Verbraucher. Durch die Kombination mit thermischen Solarkollektoren können bis zu 60 % der Energie für Warmwasserbereitung mit Sonnenenergie erzeugt werden.

Wärmebrücken vermeiden
Die Vermeidung von Wärmebrücken stellt nach den Erfahrungen im Passivhausbau eine der wirtschaftlichsten Effizienzmaßnahmen dar. Auch hier sind der erreichte Schutz der Bausubstanz und die verbesserte Behaglichkeit offensichtlich. In einem wärmebrückenfrei konstruierten Passivhaus gibt es kein Tauwasser oder gar Schimmelbildung an Innenoberflächen mehr.

Wärmeerzeugung für das Passivhaus
Auch im Passivhaus muss ein Restwärmebedarf gedeckt werden – es ist kein Nullheizenergiehaus. Es reicht aber aus, den extrem geringen Wärmebedarf durch eine Nacherwärmung der Zuluft, die ohnehin verteilt werden muss, zuzuführen. So kann die Lüftung gleichzeitig auch als Heizwärmeverteilung dienen. Als Wärmeerzeuger stehen im Passivhaus generell mehrere Konzepte zur Verfügung.

Wärmeleitfähigkeit eines Materials [λ] **[W/mK]**

Wärmerückgewinnung
Verfahren, um Wärme, die andernfalls als Abwärme wegströmt, zum zweiten Mal zu nutzen.
Bemerkung: Z.B. Über Vorbeiströmen der Abluft an der Zuluft im Wärmetauscher des Lüftungsgeräts oder über Wasserwärmetauscherregister in der Abluft möglich.

Zuluft
Einem oder mehreren Räumen zugeführte Luft.