



# Energetechnische und baubiologische Begleituntersuchung Passivhaus-Schulsanierung Schwanenstadt

W. Wagner, F. Mauthner, K.P. Felberbauer,  
M. Spörk-Dür, J. Suschek-Berger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**69/2009**

**Impressum:**

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

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: Dipl.-Ing. Michael Paula

Weitere Informationen zu den Berichten aus dieser Reihe unter [www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at)

# Energietechnische und baubiologische Begleituntersuchung Passivhaus-Schulsanierung Schwanenstadt

Ing. Waldemar Wagner

B.Sc. Franz Mauthner

Karl-Peter Felberbauer

DI Monika Spörk-Dür

Mag. Jürgen Suschek-Berger

AEE - Institut für Nachhaltige Technologien

Gleisdorf, Dezember 2009

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

**Auftragnehmer:**

**AEE – Institut für Nachhaltige Technologien,**  
Feldgasse 19  
A-8200 Gleisdorf

Ing. Waldemar Wagner  
Tel.: ++ 43 / 3112 / 5886 –28  
Fax: ++ 43 / 3112 / 5886 –18  
E-Mail: office@aee.at  
<http://www.aee-intec.at>



**Kooperationspartner:**

**Österreichisches Ökologieinstitut**  
Seidengasse 13  
A – 1170 Wien

DI Robert Lechner  
Tel: ++ 43 / 1 / 523 61 05  
Fax: ++ 43 / 1 / 523 58 43  
e-mail: lechner@ecology.at  
<http://www.ecology.at>



**Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik,  
Arbeit und Kultur – IFZ**  
Schlögelgasse 2  
A – 8010 Graz

Mag. Jürgen Suschek-Berger  
Tel: ++ 43 / 316 / 813 909 - 31  
e-mail: suschek@ifz.tugraz.at  
<http://www.ifz.tugraz.at>



## 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

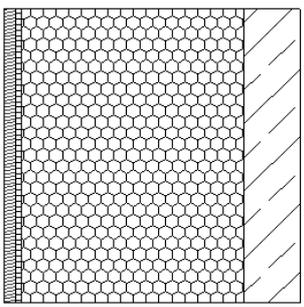


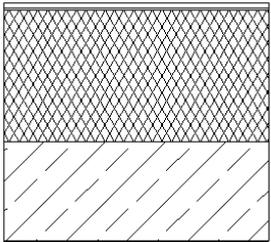
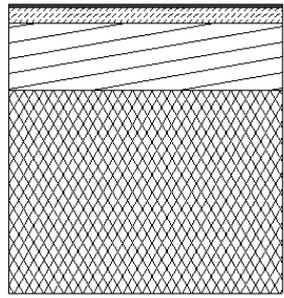
# INHALT

<b>1</b>	<b>KURZFASSUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ZIEL DES PROJEKTES.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>STANDORTINFORMATIONEN .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Geografische Daten</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>Klimadaten</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>BESCHREIBUNG DES PROJEKTES UND DES SYSTEMKONZEPTES .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Das Gebäudekonzept</b>	<b>9</b>
4.1.1	Beschreibung des Zubaus der Hauptschule II und des Neubaus der Polytechnischen Schule [PAUAT Architekten]	12
4.1.2	Sanierung der Hauptschule II - Musikhauptschule	13
4.1.3	Beteiligte am Projekt und zeitliche Organisation	18
4.1.4	Besonderheiten am Gebäudekonzept (Sanierungskonzept)	19
4.1.5	Qualitätssicherung	19
4.1.6	Berechnung der Passivhauskennwerte	19
<b>4.2</b>	<b>Das Haustechnikkonzept</b>	<b>21</b>
4.2.1	Heizung	21
4.2.2	Wärmeverteilung	21
4.2.3	Warmwasserbereitung	21
4.2.4	Kühlung bzw. Schutz vor sommerlicher Überhitzung	21
4.2.5	Lüftung	22
<b>4.3</b>	<b>Das Messtechnikkonzept-Gebäudemonitoring</b>	<b>24</b>
4.3.1	Allgemeines	24
4.3.2	Messtechnisches Schema und Messstellenliste	26
4.3.3	Schaffung der messtechnischen Infrastruktur	30
4.3.4	Messdatenerfassung und –verarbeitung	30
<b>5</b>	<b>ANALYSE DER MESSDATEN .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>33</b>
5.1.1	Konventionen	33
5.1.2	Angabe der Energiebezugsflächen (TFA- Treated Floor Area)	33
5.1.3	Bewertung des Heizwärmebedarfs	34
5.1.4	Wetterdaten	35
<b>5.2</b>	<b>Detailergebnisse</b>	<b>37</b>
5.2.1	Komfortparameter	37
5.2.2	Lüftungsanlage	49
5.2.3	Energiebilanz	55
5.2.4	Bewertung des Heizwärmebedarfs	61
<b>5.3</b>	<b>Zusammenfassung und Fazit</b>	<b>62</b>
<b>6</b>	<b>DIE SOZIALWISSENSCHAFTLICHE ERHEBUNG.....</b>	<b>64</b>
<b>6.1</b>	<b>Beschreibung des Vorgehens</b>	<b>64</b>
<b>6.2</b>	<b>Ergebnisse der Fragebogenerhebung</b>	<b>64</b>
6.2.1	Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage	64
6.2.2	Informationen zur Lüftungsanlage	64
<b>6.3</b>	<b>Interview mit dem Schulwart</b>	<b>65</b>
<b>6.4</b>	<b>Interview mit dem Direktor der Hauptschule</b>	<b>66</b>
<b>6.5</b>	<b>Interview mit dem Direktor der Polytechnischen Schule</b>	<b>68</b>
<b>6.6</b>	<b>Resümee aus sozialwissenschaftlicher Perspektive</b>	<b>69</b>
<b>7</b>	<b>FOTODOKUMENTATION UND VERZEICHNISSE.....</b>	<b>71</b>
<b>7.1</b>	<b>Fotodokumentation</b>	<b>71</b>
<b>7.2</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>73</b>
<b>7.3</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>74</b>
<b>7.4</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>75</b>
	<b>Anhang TQ-Bewertung</b>	<b>75</b>



# 1 Kurzfassung

<b>Schule Schwanenstadt</b>			
			
<b>Allgemeine Projektbeschreibung</b>			
Anschrift	Gmundner Straße 7, A-4690 Schwanenstadt		
Gebäudetyp	Passivhaus Schulgebäude (Polytechnische Schule, Musikhauptschule MHS) Nutzfläche MHS: 3.300 m <sup>2</sup>		
Bauweise	Stahlbeton Skelettbauweise, generalsaniert auf Passivhausstandard		
Bauträger	Gemeinde Schwanenstadt		
Auftragnehmer	NEUE HEIMAT Oberösterreich Gemeinnützige Wohnungs- und SiedlungsgesmbH (Ing. Dipl.-Kfm.(FH) Harald Weingartsberger)		
Architektur	PAUAT ARCHITEKTEN ARCHITEKT DI HEINZ PLÖDERL		
Technische Planung	PLANUNGSTEAM E-PLUS GMBH (Haustechnik) team gmi (Passivhaustechnik) Obermayr Holzkonstruktionen Gesellschaft m.b.H. (Holzbau)		
<b>Gebäudekonzept</b>			
Sanierungskonzept und Gebäudekonstruktion	Thermische Sanierung der Außenwände mittels vorgefertigter Fassadenelemente Neue Deckenkonstruktion: Brettstapel-/ Holzbetonverbunddecke Thermische Sanierung der Bodenplatte mit zementgebundenem Schaumglasschotter Öffnung innenliegender Bereiche für Tageslichtnutzung über Oberlichter außenliegende Verschattung der Fensterflächen		
	Schichten	Dicke [cm]	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
Außenwand Altbau saniert	Holzfassade Lattung Agepan DWD-Platte Wärmedämmung Zellulose Stahlbetonstütze und Konstruktionsvollholz-Ständer, dazwischen Wärmedämmung/Zellulose Beton	2,0 3,0 1,5 15,0 45,0 15,0	0,13
			

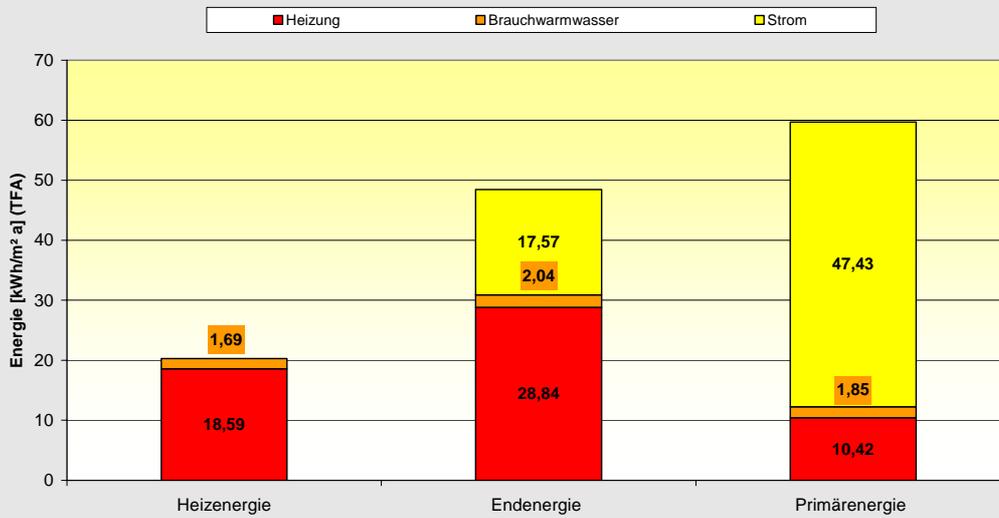
<b>Schule Schwanenstadt</b>					
Dach Altbau saniert 		EPDM Saargummi OSB Wärmedämmung Dampfsperre Stahlbeton Gipsspachtel	- 2,2 40 - 30 0,3	0,101	
Bodenplatte Altbau saniert 		Bodenbelag Verbundestrich Hohlblechen Schaumglasschotter	0,5 4,5 20,0 60,0	0,154	
Sonstige U-Werte [W/m <sup>2</sup> K] laut PHPP		Decke gegen Außenluft Terrasse Fenster gesamt		0,13 0,10 0,8	
<b>Haustechnikkonzept</b>					
Heizung/WW	110 [kW] Pelletskessel, 1.860 [l] Pufferspeicher, 92 [l] WW-Boiler, gespeist von Pelletskessel bzw. elektrischer Nachheizung, 4-Leiter System, thermostatisch regelbare Radiatorenheizung				
Lüftung	Dezentrale Klassenlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung				
Photovoltaik	68 [m <sup>2</sup> ], 6,7 [kW <sub>peak</sub> ]				
<b>Energetische Kenngrößen</b>					
Energiebezugsfläche (TFA) laut Plan [m <sup>2</sup> ]			5.899		
Beheizte Brutto-Grundfläche (BGF <sub>B</sub> ) [m <sup>2</sup> ] <sup>1</sup>			6.835		
Wenn nicht anders angegeben, handelt es sich bei den energetischen Kenngrößen um Messwerte oder aus Messwerten berechnete Kennwerte; die Messwerte beziehen sich wenn nicht anders angegeben auf die TFA, die Photovoltaikanlage wurde messtechnisch nicht erfasst					
Energiekennwert Heizwärme, berechnet laut PHPP [kWh/m <sup>2</sup> a]			14,10		
Messjahr 1 (MJ 1): 1. Juni 2007 – 31. Mai 2008, Messjahr 2 (MJ 2): 1. Juni 2008 – 31. Mai 2009					
			MJ 1	MJ 2	
Heizwärmeverbrauch, gemessen bei mittlerer Raumtemperatur [kWh/m <sup>2</sup> a]			18,59	21,89	
Heizwärmeverbrauch, klima- und temperaturbereinigt [kWh/m <sup>2</sup> a]			19,29	18,40	
Gesamtstromverbrauch exkl. Nachheizregister [kWh/m <sup>2</sup> a]			17,57	18,23	
Stromverbrauch Nachheizregister [kWh/m <sup>2</sup> a]			2,45	1,35	
			MJ 1	MJ 2	
Endenergiekennzahl [kWh/m <sup>2</sup> a]		48,44 (TFA)	41,82 (BGF <sub>B</sub> )	52,91 (TFA)	45,67 (BGF <sub>B</sub> )
Primärenergiekennzahl [kWh/m <sup>2</sup> a] <sup>2</sup>		59,69 (TFA)	51,52 (BGF <sub>B</sub> )	59,64 (TFA)	51,40 (BGF <sub>B</sub> )

<sup>1</sup> Gemäß ÖNORM B 8110-1 [Quelle: TQB]

<sup>2</sup> PEF Pellets = 0,2; PEF Strom = 2,7 lt. PHPP 2007

## Schule Schwanenstadt

### Heiz-, End- und Primärenergie Schule Schwanenstadt 1. Juni 2007 bis 31. Mai 2008



Der gemessene Heizwärmeverbrauch betrug 18,59 [kWh/m²a] für den Messzeitraum 1. Juni 2007 bis 31. Mai 2008. Der Heizwärmebedarf und der Brauchwarmwasserbedarf wurden durch einen Pelletskessel bereitgestellt, wobei der Warmwasserverbrauch sehr gering war. Der Endenergieverbrauch für Heizung betrug 28,84 [kWh/m²a]. Der Gesamtstromverbrauch betrug 17,57 [kWh/m²a].

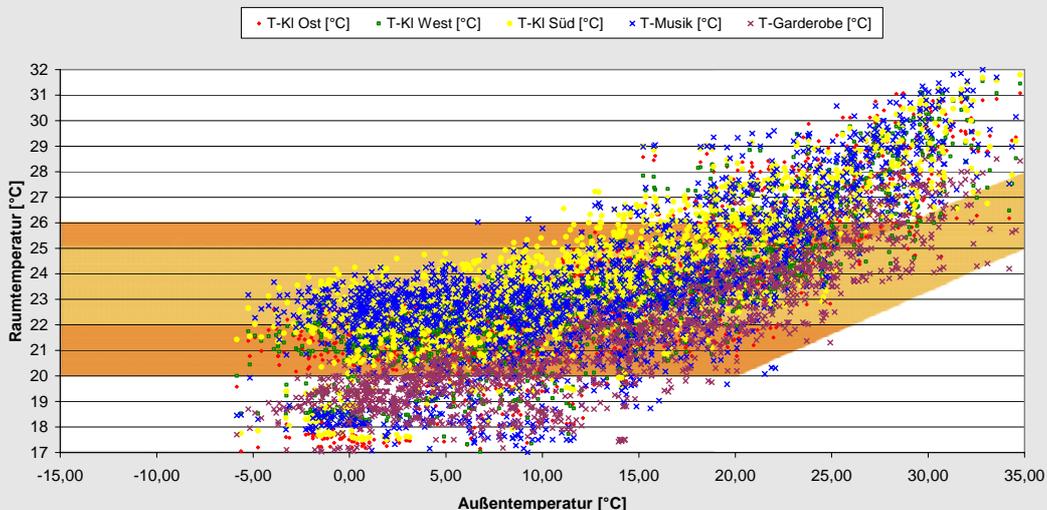
Für die Berechnung des Primärenergieverbrauchs aus dem Endenergieverbrauch wurden die Primärenergiefaktoren für Strom PEF = 2,7 und für Fernwärme PEF = 0,7 [PHPP 2007] verwendet.

### Behaglichkeitsparameter

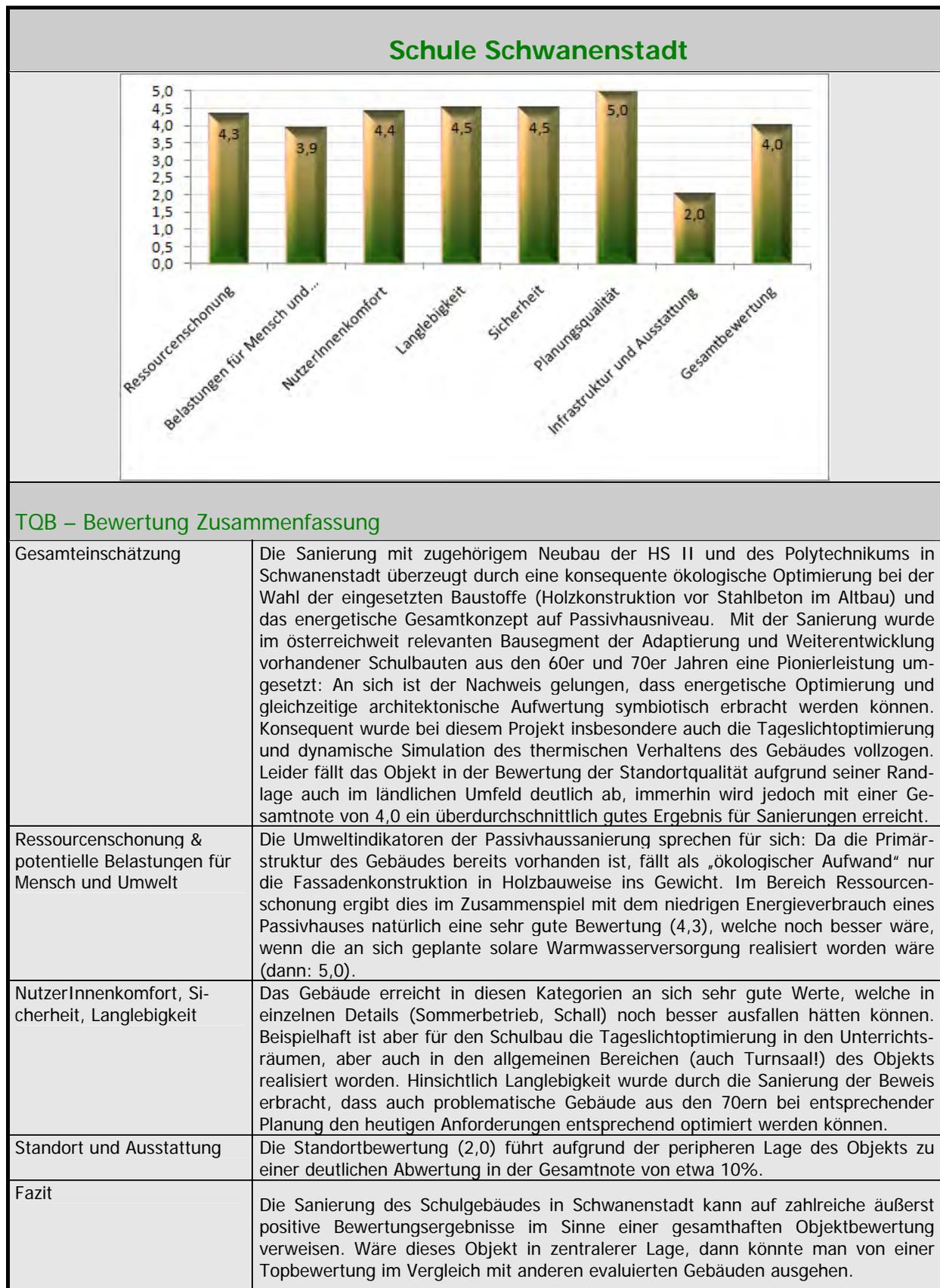
	MJ 1	MJ 2
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode ( $T_{\text{außen}} < 15^{\circ}\text{C}$ ) [ $^{\circ}\text{C}$ ]	21,72	22,07
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten ( $T_{\text{außen}} > 15^{\circ}\text{C}$ ) [ $^{\circ}\text{C}$ ]	25,53	24,38
Prozentanteil der Überhitzungsstunden an der Gesamtschulstundenanzahl [%]	11,32	4,63

### Temperaturkomfort im Innenraum - Schulsanierung Schwanenstadt

Schultags von 8:00 bis 17:00 Uhr  
Stundenmittelwerte 1. Juni 2007 bis 31. Mai 2008



<b>Schule Schwanenstadt</b>	
<p>Die mittlere Raumtemperatur im ersten Messjahr betrug in den Sommermonaten 25,53°C, in den Wintermonaten 21,72°C. Die Behaglichkeit konnte im zweiten Messjahr durch Verschattungsmaßnahmen verbessert werden.</p>	
Fazit	<p>Der Endenergieverbrauch betrug für das erste Messjahr 48,44 [kWh/m<sup>2</sup>a] und für das zweite Messjahr 52,91 [kWh/m<sup>2</sup>a]. Der Gesamtstromverbrauch war mit 17,57 [kWh/m<sup>2</sup>a] im ersten Messjahr bzw. 18,23 [kWh/m<sup>2</sup>a] relativ gering und dadurch betrug der Primärenergieverbrauch für das erste Messjahr nur 59,69 [kWh/m<sup>2</sup>a] bzw. für das zweite Messjahr 59,64 [kWh/m<sup>2</sup>a], was einen sehr geringen Primärenergieverbrauch darstellt.</p> <p>Durch Verschattungsmaßnahmen konnten die Temperaturen über 26°C im zweiten Messjahr reduziert werden. Durch eine effektive Nachtlüftung konnte die Behaglichkeit weiter verbessert werden.</p>
<b>Sozialwissenschaftliche Begleitforschung</b>	
Vorgehen/Methodik	<p>Schriftliche Befragung unter den LehrerInnen durch das IFZ, qualitatives Interview mit dem Direktor, Interview mit dem Schulwart.</p>
Zufriedenheit	<p>Vorausgeschickt werden kann, dass die Sanierung bei den SchülerInnen, LehrerInnen und sonstigen Beteiligten bereits lange ersehnt und daher auch sehr begrüßt wurde. Es ist durch die Umbaumaßnahmen auch eine deutliche Verbesserung in der räumlichen Situation eingetreten, auch optisch hat die Schule sowohl im Außen- als auch im Innenbereich stark gewonnen.</p> <p>Angemerkt werden muss aber doch, dass es während der Sanierungs- bzw. Bauphase sicher Verbesserungsbedarf gegeben hätte: Versprochene Zeitpläne wurden nicht eingehalten, sodass Unterricht während der Sanierungsphase abgehalten werden musste, eine Zeitlang fehlten an den Fenstern der Schule die Beschattungsmöglichkeiten, was zu sehr hohen Temperaturen in den Klassenräumen führte und auch die Türen zu den Klassenzimmern wurden erst spät eingebaut. Die Informations- und Kommunikationspolitik seitens des zuständigen Architekten schien auch nicht ganz glücklich gewesen zu sein.</p> <p>Von den LehrerInnen wird über Überhitzung in den Klassen geklagt, die auch auf die noch fehlende Nachtlüftung zurück geführt wird. Die dezentralen in den Klassen stehenden Lüftungsgeräte können, wenn sie auf höchste Stufe eingestellt sind, durch ihren Geräuschpegel den Unterricht stören. Auch Schallprobleme zwischen den Klassenräumen werden erwähnt und bemängelt.</p>
Information	<p>Informationen bekamen die LehrerInnen bei einer Konferenz bzw. einer kurzen persönlichen Einweisung. Einigen war dies zu wenig, andere meinen, sie seien für die Betreuung der Lüftungsgeräte nicht zuständig und wollen sich daher damit auch nicht auseinandersetzen.</p> <p>Der Schulwart ist mit der Lüftungsanlage prinzipiell zufrieden und betreut diese auch gut und gerne, beklagt aber hohe Kosten beim Filterwechsel.</p>
Resümee	<p>Die Sanierung der Hauptschule Schwanenstadt stellt prinzipiell ein schönes Projekt dar, das aber durch einige Fehler sowohl in technischer als auch sozialer Hinsicht gelitten hat.</p>



## 2 Ziel des Projektes

Ziel des Projektes „Energietechnische und Baubiologische Begleituntersuchungen“ ist es, im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ eine energetische und baubiologische Untersuchung und Bewertung von innovativen Gebäuden unter Berücksichtigung der BenutzerInnenakzeptanz durchzuführen.

Die energietechnische Evaluierung soll im Zusammenhang mit den soziologischen Untersuchungen Aussagen über die Alltagstauglichkeit der Gebäude ermöglichen.

Dazu wird eine Energiebilanz über das gesamte Gebäude bzw. über die einzelnen Wohneinheiten mit speziellem Fokus auf den Heizwärmeverbrauch, den Warmwasserverbrauch, den Stromverbrauch für Haushalt und haustechnische Einrichtungen erstellt. Außerdem sollen die Komfortparameter Raumtemperatur und Raumfeuchte in repräsentativen Messwohnungen erfasst werden. Durch eine Klimabereinigung des Heizwärmeverbrauchs wird das tatsächliche Klima, welches durch Messung der Außentemperatur bzw. der solaren Einstrahlung erfasst wird, berücksichtigt.

Die soziologischen Untersuchungen erfassen mittels Fragebögen und persönlichen Befragungen die Zufriedenheit der NutzerInnen mit der Passivhaustechnologie und weiteren nutzerrelevanten Aspekten, sowie den Umgang mit Informationen zum Thema Passivhaus und den Umgang mit eventuell auftretenden Schwierigkeiten.

Weiters soll die ökologische Qualität der Gebäude durch die Materialwahl bzw. Maßnahmen während der Errichtung sowie in der anschließenden Nutzung des Gebäudes beurteilt werden. Mit Hilfe des TQ (Total Quality)-Planungs- und Bewertungstools soll jedes Gebäude einen ökologischen Ausweis bekommen, an Hand dessen die Gebäude miteinander verglichen werden können.

Wichtig ist die Begleitung der Projekte über die Planungsphase und die Bauphase bis in die ersten zwei Nutzungsjahre hinein, um die Zusammenhänge zu verstehen, auftretende Probleme gleich zu erkennen und Anpassungen bzw. Verbesserungen durchführen zu können.

Zum Vergleich der Gebäude untereinander sowie mit anderen gemessenen Passivhäusern wird am Ende des Projektes ein Leitfaden erstellt.

Letztlich soll diese Evaluierung dazu beitragen, dass die Funktion ökologischer und energiesparender Gebäude auf einer fundierten Basis nachgewiesen wird und damit zu einer raschen und breiten Markteinführung beiträgt.

### 3 Standortinformationen

#### 3.1 Geografische Daten

Die Objekte Hauptschule II (HS II) und Polytechnische Schule (PTS) befinden sich im nördlichen Teil der Stadgemeinde Schwanenstadt im Bezirk Vöcklabruck, Oberösterreich (siehe). Die Hauptschule II (HS II) wird nachfolgend auch mit Musikhauptschule (MHS) bezeichnet.

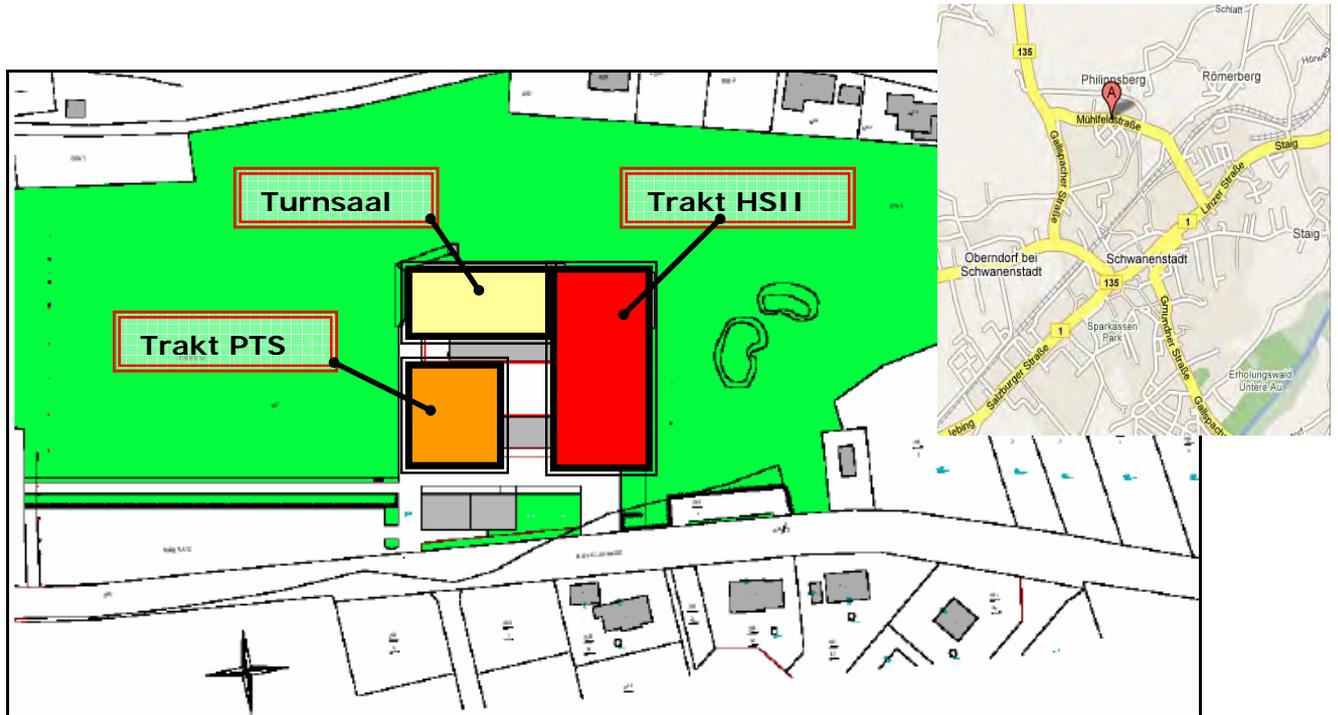


Abbildung 1 Lageplan Hauptschule II (HS II) und Polytechnische Schule (PTS) Schwanenstadt

Das Grundstück liegt direkt an der Gemeindestraße. ca. 150 m östlich einer direkten Anbindung an die 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.

Koordinaten Schwanenstadt 48° 3'N; 13° 47'O  
 Seehöhe Schwanenstadt 389m ü. A.

#### 3.2 Klimadaten

In nachfolgender sind die lokalen Klimadaten für den Standort Schwanenstadt laut OIB Klimadatenkatalog angeführt.

Tabelle 1: Jährliche Klimadaten Schwanenstadt [OIB]

PLZ	Ortsname	Seehöhe	HGT <sub>12/20</sub>	HT <sub>12</sub>	$\theta_e$	$\theta_{ne}$	$I_s$	$I_{o/w}$	$I_N$	$I_{horizontal}$
		m	Kd/a	d	°C	°C	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/m <sup>2</sup> a
4690	Schwanenstadt	389	3856	228	3,09	-15	461	279	177	462
Heizgradtage $HGT_{12/20}$ in der Heizperiode Heiztage $HT_{12}$ in der Heizperiode Mittlere Außentemperatur $\theta_e$ in der Heizperiode Norm-Außentemperatur $\theta_{ne}$ Strahlungsintensitäten $I_s$ , $I_{o/w}$ , $I_N$ und $I_{horizontal}$ in der Heizperiode										

Gemäß Klimadatenkatalog des OIB treten in Schwanenstadt im Mittel 3.856 Heizgradtage auf.

Die durchschnittliche Globalstrahlungssumme auf die horizontale Fläche beträgt in der Heizperiode 462 kWh/m<sup>2</sup>a und über das Jahr betrachtet beträgt die Globalstrahlungssumme auf die horizontale Fläche 1.046 kWh/m<sup>2</sup>a (siehe Tabelle 2).

Die Auslegungstemperatur für die Heizung liegt bei -15°C (Norm-Außentemperatur).

In der nachfolgender sind die langjährigen, monatlichen Mittelwerte der Globalstrahlung und der Außenlufttemperatur des Standorts Schwanenstadt dargestellt.

Tabelle 2: Monatliche Klimadaten Schwanenstadt [Österreichischer Klimadatenkatalog]

Monat	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	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 <sup>2</sup> ]	26	42	80	113	146	155	157	135	93	53	27	19
TA: Monatsmittel der Außenlufttemperatur TA G: Monatssumme der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche.												

## 4 Beschreibung des Projektes und des Systemkonzeptes

Mit dem Demonstrationsprojekt in Schwanenstadt wurde in Österreich die erste ganzheitliche Generalsanierung eines öffentlichen Gebäudes auf Passivhausstandard realisiert.

Die Beschreibung des Gebäude- und Haustechnikkonzeptes folgt im Wesentlichen der Darstellung des Projektberichtes von Arch. DI Heinz Plöderl vom April 2008 [Plöderl et. al.]

### 4.1 Das Gebäudekonzept

Die Hauptschule II (HS II) und Polytechnische Schule (PTS) in Schwanenstadt hatten vor der Sanierung eine gemeinsame Nutzfläche von ca. 3.300 m<sup>2</sup>. Bei dem Gebäudekomplex handelte es sich um einen typischen Baustandard von öffentlichen Bauten und Bürobauten aus den 60er und 70er Jahren in Stahlbeton-Skelettbauweise mit vor der Fassade angeordneten Stahlbetonstützen im Raster von 5,0 m. (Abbildung 2)



Abbildung 2 Gebäudekomplex vor der Sanierung [PAUAT Architekten]

Nach ausführlichen Forschungsstudien wurden Sanierungskriterien für das Gebäude definiert, wobei das Hauptaugenmerk auf eine drastische Reduzierung des Gebäudeenergiebedarfs sowie auf den Einsatz nachwachsender Rohstoffe gelegt wurde.

Die wesentlichen Elemente des Sanierungskonzeptes waren die Erhöhung der Kompaktheit des Baukörpers mit der Integration des geforderten Zubaus, eine Öffnung innen liegender Bereiche für die Tageslichtnutzung über Oberlichter, weiters die Überbauung der Hauptschule mit einer ökologisch hochwertigen thermischen Hülle im Passivhausstan-

ward, eine innovative thermische Sanierung des 50 bis 70 cm hohen Hohlraumes unter der Bodenplatte durch Einblasen von zementgebundenem Schaumglasschotter sowie die Installierung dezentraler energieeffizienter Klassenlüftungsgeräte.

Im Rahmen der Sanierung wurden sowohl Teile des Gebäudes abgerissen, als auch neue Gebäudeteile zugebaut. Die ursprüngliche Nutzfläche von Hauptschule II und Polytechnischer Schule wurde von 3.300m<sup>2</sup> auf etwa 5.200 m<sup>2</sup> erweitert. Der Turnsaal wurde von etwa 870 m<sup>2</sup> auf 970 m<sup>2</sup> erweitert. Abbildung 3 zeigt eine Visualisierung des Schulgebäudes.

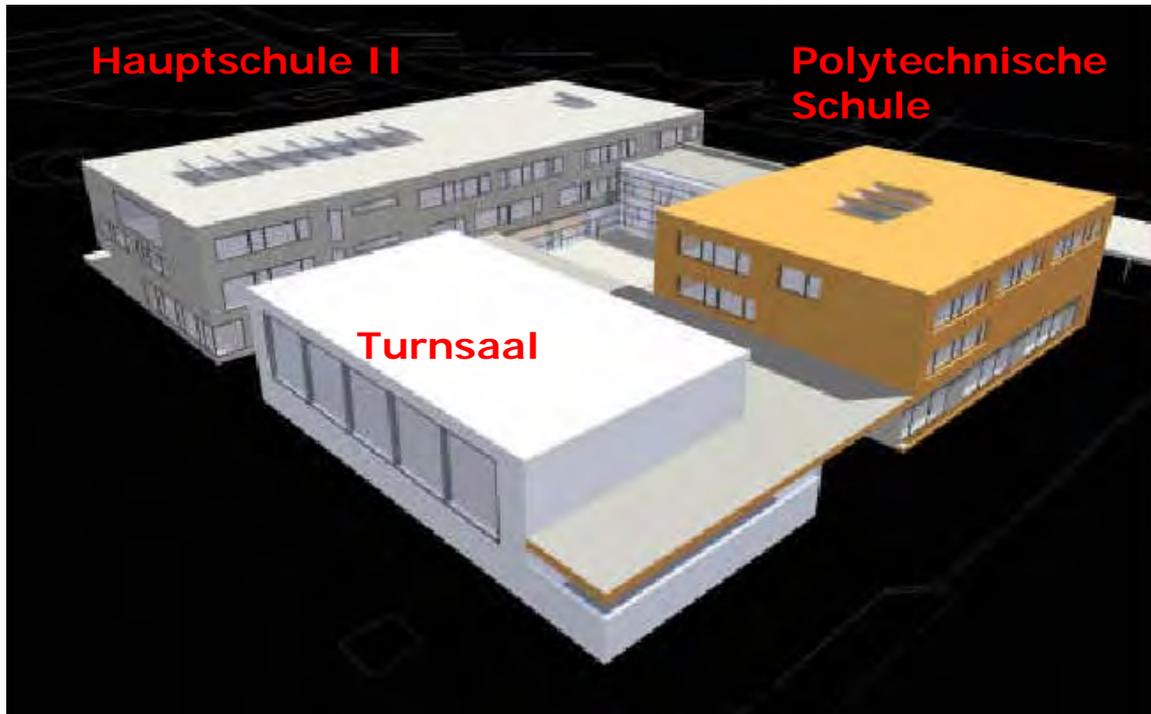


Abbildung 3 Nord- Westansicht des Schulgebäudes [PAUAT Architekten]

Die beiden Schulen bilden zusammen einen offenen Würfel. Das längliche Gebäude bildet den Hauptschultrakt und die beiden quadratischen Gebäude bilden die Polytechnische Schule bzw. den Turnsaal. Dazwischen liegt ein offener Schulhof, der alle Gebäude verbindet.

Eine hochwertige thermische Sanierung der Außenwände, Dach und Boden war Voraussetzung zum Erreichen des Passivhausstandards. Mittels vorgefertigter Fassadenelemente und hoher Dämmstärken konnten U-Werte für Außenwände, Dach und Boden zwischen 0,1 und 0,17 W/m<sup>2</sup>K erreicht und Wärmebrücken minimiert werden. Fenster mit Dreischeibenverglasung und einem Gesamt-U-Wert von  $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  vervollständigen die passivhaustaugliche Gebäudehülle. In findet sich eine Auflistung der wichtigsten Außenbauteile samt zugehörigen U-Werten.

Tabelle 3: Regelquerschnitte der wichtigsten Außenbauteile [laut PHPP, PAUAT Architekten]

Konstruktion	thermisch relevante Schichten	Dicke [cm]	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Außenwand Altbau saniert</b>	Beton Wärmedämmung/Zellulose (inkl. Stahlbetonstütze und KVH Ständer) Wärmedämmung/Zellulose Agepan DWD-Platte Lattung Holzfassade	15 45 15 1,5 3,0 2,0	0,130
<b>Außenwand Neubau</b>	Gipskartonplatte Lattung OSB Isocell MDF Lattung Fassade	1,5 5 1,8 35 1,5 3 2	0,100
<b>Dach Altbau saniert</b>	Gipsspachtel Stahlbeton Dampfsperre Wärmedämmung OSB EPDM Saargummi	0,3 30 - 40 2,2 -	0,101
<b>Dach Neubeu</b>	Gipskartonplatte 3 S Platte Isocell Isocell Isocell OSB EPDM Saargummi	1,5 1,3 24 2 14 2,2 -	0,105
<b>Bodenplatte Altbau saniert</b>	Schaumglasschotter Hohldielen Verbundestrich Bodenbelag	60 20 4,5 0,5	0,154
<b>Bodenplatte Neubau</b>	Rollierung Folie Stahlbeton Abdichtung Dämmung Dämmung Trittschalldämmung Trockenestrich Bodenbelag	20 - 20 - 10 20 2 6 1	0,125
<b>Decke gegen Außenluft Altbau saniert</b>	Bodenbelag Estrich Folie Hohldecke Vakuumdämmplatte XPS VWS B1	0,5 6 - 30 3 3 2	0,130

Konstruktion	thermisch relevante Schichten	Dicke [cm]	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Decke gegen Außenluft Neubau</b>	Bodenbelag Verlegplatte TDP Holz-Beton-Verbund Vakuumdämmplatte XPS VWS B1	0,5 3 1,5 22 3 3 2	0,128
<b>Boden gegen Außenluft Altbau</b>	Bodenbelag Estrich Folie Hohldecke Vakuumdämmplatte XPS VWS B1	0,5 6 - 30 3 3 2	0,129
<b>Boden gegen Außenluft Neubau</b>	Bodenbelag Verlegplatte TDP Holz-Beton-Verbund Vakuumdämmplatte XPS VWS B1	0,5 3 1,5 22 3 3 2	0,127
<b>Fenster</b>			0,800

Die umgesetzten Sanierungsmaßnahmen sollten eine Reduzierung des jährlichen Heizenergiebedarfs von 145 kWh/m<sup>2</sup>a auf 15 kWh/m<sup>2</sup>a bewirken.

#### 4.1.1 Beschreibung des Zubaus der Hauptschule II und des Neubaus der Polytechnischen Schule [PAUAT Architekten]

Beim Zubau der Hauptschule wurden aufgrund der schlechten Bodenverhältnisse Brunnen gegründet. Auf den Brunnengründungen wurde 10 cm Schaumglasschotter aufgebracht. Dadurch werden Wärmebrücken vermieden. Unter der Bodenplatte wurden zwischen den Brunnengründungen 40 bis 50 cm Schaumglasschotter aufgebracht.



Abbildung 4 Brunnengründungen Schulsanierung Schwanenstadt [H. Plöderl et al.]

Die Wand-, Decken- und Dachelemente wurden so konzipiert, dass sie sowohl die Anforderungen des Passivhausstandards als auch die speziellen Erfordernisse bei Schulbauten erfüllen. Dazu mussten neue Lösungen entwickelt werden, da die vorhandenen Systeme für Einfamilienhäuser und Wohnbauten in Passivhausqualität die Erfordernisse von Schulbauten nicht erfüllten.

so konstruiert, dass sie keine vertikalen Lasten aufnehmen können. Bei den Decken- und Dachuntersichten bleiben die Holzflächen sichtbar. Die vertikale Tragwirkung erfolgt über sichtbare Holzstützen. Deckenkonstruktion wurde als Brettstapel- bzw. Holzbetonverbunddecke ausgeführt. Der Aufbeton der Brettstapel-Holzbetonverbunddecken durch Bewehrung und Verdübelung mit der Brettstapeldecke statisch mittragend ausgeführt wurde. Holzstapelverbunddecken weisen hohen Brand- und Schallschutz auf.



Abbildung 5 Zubau Hauptschule II Passivhaustaugliche Gebäudehülle  
[PAUAT Architekten]

#### 4.1.2 Sanierung der Hauptschule II - Musikhauptschule

##### 3.1.2.1 Sanierung der Außenwände

Für die thermische Sanierung der Hauptschule II kamen vorgefertigte Fassadenelemente mit integrierten Fensterbändern aus Thermobuche zum Einsatz, die der ursprünglichen Stahlbetonfassade vorgesetzt wurden. Dadurch wurde eine Dämmstärke von 58 cm und ein über eine Achslänge von 5 Metern gemittelter U-Wert von  $U=0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreicht. In Abbildung 6 ist ein Schnitt durch die Fassade dargestellt.

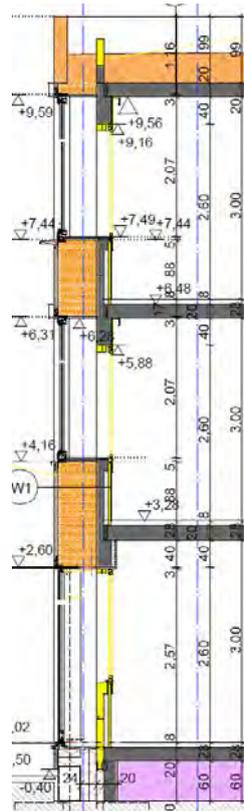


Abbildung 6 Gesamtschnitt durch die Fassade [PAUAT Architekten]

Die Überdämmung der Stahlbetonstützen beträgt 12 cm. Um Wärmebrücken zu minimieren wurde die Holzriegelkonstruktion ohne durchgehende Rippen ausgeführt. Die Dämmung der Holzkonstruktion erfolgte durch eine Zelluloseausblasdämmung. In den nachfolgenden Bildern sieht man die Montage der vorgefertigten Fassadenelemente.



Abbildung 7 Montage der vorgefertigten Holzwandelemente in Passivhausqualität  
[PAUAT Architekten]

Nach Ausspachteln sämtlicher Fugen fungiert die Stahlbetonfassade als Dampfbremse. Die Dampfdichtigkeit an den Sturz- und Parapetenschlussfugen wurde durch bituminöse Klebefolien erreicht, die aus brandschutztechnischen Gründen mit doppelten Gipskartonplatten abgedeckt wurden.

Zur Verbesserung der Tageslichtnutzung wurde der Sturzbereich höher gelegt.

Die alte innenseitige Gipskartonverkleidung sowie die Heizkörper unter den Fenstern wurden entfernt, dadurch kann die Stahlbetonbrüstung als Speichermasse genutzt werden.

In die Fassadenelemente wurden außerdem Lüftungsschlitze für die dezentralen Lüftungsgeräte integriert, wie in Abbildung 7, Bild rechts unten ersichtlich.

### 3.1.2.2. Bodendämmung

Die Bodendämmung erfolgte durch Einblasen von zementgebundenem Schaumglasschotter in den 60 – 70 cm hohen Hohlraum unter der Bodenplatte.



Abbildung 8 Ausdämmung der Bodenplatte mit zementgebundenem Schaumglasschotter [PAUAT Architekten]

### 3.1.2.3 Fenstereinbau

Die Passivhausfenster wurden direkt in der Werkshalle in die vorgefertigten Elemente eingebaut. Der für die Fenster/Verglasungen vorgegebene Gesamt U-Wert  $U=0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  wurde während der Planung und Ausführung überprüft. Aufgrund von architektonischen Anforderungen, Tageslichteintrag und Herstellkosten ergab sich eine Variante mit einem U-Wert von  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Um eine Überhitzung der Klassenzimmer zu vermeiden, wurde eine außenliegende Verschattung angebracht. (

Abbildung 9).



Abbildung 9 Außenliegende Verschattung der Fensterflächen [AEE INTEC]

#### 3.1.2.4. Tageslichtnutzung

Durch Öffnung von innenliegenden Flächen sowie die Höherlegung des Sturzbereiches der Fenster konnte die Tageslichtnutzung verbessert werden. Abbildung 10 zeigt die Sonnenlichtnutzung im Gangbereich.



Abbildung 10 Sonnenlichteinfall im Gangbereich des Turnsaales [AEE INTEC]

In den nachfolgenden Abbildungen sind Ansichten des Schulgebäudes in Schwanenstadt nach Abschluss der Sanierungsarbeiten dargestellt.



Abbildung 11 Hauptschule II und Turnsaal, Polytechnische Schule, NO-Ansicht [AEE IN-TEC]



Abbildung 12 Südfassade, Eingang mit Photovoltaikfassade [AEE INTEC]

#### 4.1.3 Beteiligte am Projekt und zeitliche Organisation

In Tabelle 4 sind die Projektbeteiligten, sowie die wichtigsten Daten zum Baufortschritt angegeben.

Baubeginn war der 25. Mai 2006. Der Bezug erfolgte am 20.10.2007. Bauträger war die Gemeinde Schwanenstadt, Das Projekt wurde von PAUAT Architekten, Wels, geleitet.

Tabelle 4: Beteiligte am Projekt und zeitliche Organisation

Bauzeit	06.2006 bis 09.2007
Spatenstich	25.05.2006
Schlüsselübergabe/ Bezug	20.10.2007
Bauträger	Gemeinde Schwanenstadt
Auftragnehmer	Neue Heimat OÖ, Linz (Ing. Dipl.-Kfm.(FH) Harald Weingartsberger)
Architekt/Projektleiter	PAUAT Architekten, Wels (Arch. DI Heinz Plöderl)
Haustechnik	Planungsteam E-Plus, Egg
Holzbau	Obermayr Holzkonstruktionen GesmbH, Schwanenstadt
Passivhaus Technik	team gmi Vorarlberg – Wien
Projektpartner	LANG Consulting, Wien

#### 4.1.4 Besonderheiten am Gebäudekonzept (Sanierungskonzept)

Die Sanierung erfolgte nach ökologischen Gesichtspunkten mit nachwachsenden Rohstoffen. Durch den hohen Vorfertigungsgrad war es möglich, die Sanierung ohne wesentliche Beeinträchtigung des Schulbetriebs durchzuführen. Damit wurde ein zukunftsweisendes Konzept der Gebäudesanierung vorgestellt.

Eine Besonderheit der realisierten Sanierung ist der Einsatz von dezentralen Lüftungsgeräten in den Klassenräumen. In Kapitel 3.2 Haustechnikkonzept wird auf die Lüftungsanlage noch näher eingegangen.

Weiters wurde eine Photovoltaikanlage in die Südfassade der Schule integriert. Bei den 24 installierten Modulen handelt es sich um Glas-Glas Module mit einer Gesamtleistung von 6,7 kWp.

#### 4.1.5 Qualitätssicherung

Die Durchführung qualitätssichernder Maßnahmen war ein wichtiger Bestandteil der Projektplanung und Ausführung. Es wurden detaillierte Berechnungen mit dem Passivhaus-Projektierungs-Paket (PHPP) des Passivhausinstituts Darmstadt, Wärmebrückenberechnungen mit dem Programm WAEBRU 6.0, Tageslichtsimulation mit dem Programm Adeline sowie dynamische Gebäudesimulation mit TRNSYS 15 durchgeführt. Eine Musterklasse wurde eingerichtet, um die theoretischen Ergebnisse zu optimieren. Zur Überprüfung der Dichtheit des Gebäudes und zum Auffinden von Leckagen wurden Blower-Door Messungen durchgeführt sowie Thermografieaufnahmen gemacht.

Die Passivhauskriterien wurden während der Planung und der Realisierung des Projektes laufend überprüft und geänderten Erfordernissen angepasst. Da zur Gewährleistung der Sommertauglichkeit Verglasungen mit geringerem g-Wert eingesetzt wurden und die eingebauten Fenster einen Gesamt-U-Wert von 0,9 W/m<sup>2</sup>K aufweisen (Planung U-gesamt Fenster=0,8 W/m<sup>2</sup>K), stieg die Heizenergiekennzahl auf 16,4 kWh/m<sup>2</sup>a. Vergleicht man das Schulsanierungsprojekt mit Passivhäusern im Einfamilien- und Mehrfamilienbereich, so weist das Schulsanierungsprojekt ein größeres Verhältnis von Gebäudevolumen zu Fassadenfläche auf. Deshalb wurde unter anderem als Maßnahme zur Verbesserung der Heizenergiekennzahl in Absprache mit den ausführenden Firmen die Luftwechselrate auf 0,4/h herabgesetzt.

#### 4.1.6 Berechnung der Passivhauskennwerte

Zur Berechnung der Passivhausgrenzwerte Energiekennwert Heizwärme, Primärenergiekennwert und maximale Heizlast wurde das Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) des Passivhausinstituts Darmstadt eingesetzt. [Feist W.]

Die Berechnungen wurden von team gmi, Vorarlberg durchgeführt. Für die Berechnung wurde die Innentemperatur für die gesamte Energiebezugsfläche auf 20 °C normiert und die Internen Wärmequellen auf einen Standardwert von 2,1 W/m<sup>2</sup>a festgelegt.

In Abbildung 13 sind die Kenngrößen der PHPP Berechnung für das Schulgebäude in Schwanenstadt angegeben sowie das Ergebnis des Drucktests.

	Verwendet: <u>Jahresverfahren</u>	Anforderung:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	<b>14,1 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	<input checked="" type="checkbox"/>
Drucktest-Ergebnis:	<b>0,60 h<sup>-1</sup></b>	0,6 h <sup>-1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>
Primärenergie-Kennwert:	<b>71 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	<input checked="" type="checkbox"/>
Heizlast:	<b>12,5 W/m<sup>2</sup></b>		
Übertemperaturhäufigkeit:	<b>21%</b> über <b>26 °C</b>		

Abbildung 13 Übersicht über die Passivhauskenngrößen nach PHPP [PAUAT Architekten]

Der errechnete spezifische Heizwärmebedarf liegt bei 14,1 kWh/(m<sup>2</sup>a), die maximale Heizlast bei 12,5 W/m<sup>2</sup> und der Primärenergiekennwert bei 71 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Alle drei Kenngrößen genügen somit rechnerisch den Mindestanforderungen für Passivhäuser gemäß den Vorgaben des Passivhausinstitutes in Darmstadt.

Die Energiekennzahlen wurden während des gesamten Planungs- und Realisierungsprozesses laufend überprüft und nach bestimmten Erfordernissen (z.B. Architektur, Kosten, Tageslicht, Somerverhalten) abgeglichen [Plöderl et al.].

## **4.2 Das Haustechnikkonzept**

### **4.2.1 Heizung**

Der Heizwärmebedarf des Passivhaus-Schulgebäudes ist aufgrund des hohen Dämmstandards und der luftdichten Gebäudehülle (Zielwert  $n_{50} < 0,4/h$ ) sehr gering ( $< 15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ ). Die Erzeugung des Restenergiebedarfs erfolgt über eine Pelletsfeuerung mit 110 kW Leistung. Die Kaminanlage für die Pelletsheizung wurde als außenstehende Edelstahlkaminanlage neu errichtet. Die Heizraumbelüftung erfolgt direkt über ein Lüftungsgitter ins Freie.

### **4.2.2 Wärmeverteilung**

Die Wärmeverteilung für Heizung und Brauchwarmwasser erfolgt über ein 4-Leiter Netz. Je ein Verteilstrang versorgt Hauptschule bzw. Polytechnische Schule. Im Altbau erfolgt die Verteilung zum Großteil über die bestehenden Sanitärschächte. Im Erdgeschoß wurde eine horizontale Ringleitung an der Decke verlegt. Von dort werden die Leitungen jeweils vertikal in die Klassen geführt. Je Klassenzimmer ist ein Heizkörper mit Thermostatventil ausreichend, der in der Nähe der Vertikalschächte angebunden wird. Die Regelung der Vorlauftemperatur erfolgt außentemperaturgeführt.

### **4.2.3 Warmwasserbereitung**

Das Heizungswasser für das Radiatorenheizsystem sowie für das Brauchwarmwasser wird aus einem Kombispeicher (1.860 l Pufferspeicher, 92 l WW-Boiler), der über die Pelletsfeuerung und über eine elektrische Nachheizung gespeist wird, entnommen.

Die Warmwasserbereitstellung erfolgt über zentrale Zapfstellen. Parallel zu den Zapfstellen wird eine Zirkulationsleitung geführt, die über eine Zeitschaltuhr geregelt wird. Weiter entfernt gelegene Räume erhielten dezentrale elektrisch beheizte Druckspeicher, deren Aufheizzeit über eine Zeitschaltuhr geregelt wird. Dadurch wird das Aufheizen und Abkühlen im Nichtschulbetrieb verhindert.

Weiters ist eine thermische Solaranlage mit 15 m<sup>2</sup> vorgesehen. Ein Solarwärmetauscher wurde installiert und die Rohrleitungen aufs Dach vorgesehen. Die Herstellung und Installation der Solarkollektoren soll mit SchülerInnen der Polytechnischen Schule im Rahmen der Schulausbildung stattfinden.

### **4.2.4 Kühlung bzw. Schutz vor sommerlicher Überhitzung**

Für die Kühlung des Gebäudes im Sommer sind nur passive Maßnahmen mittels Fensterlüftung sowie außenliegende Verschattung der Fensterflächen vorgesehen.

Des Weiteren werden stromsparende Elektroverbraucher (vor allem EDV) verwendet, um innere Lasten zu reduzieren.

Bei der Planung wurde davon ausgegangen, dass während der Sommermonate kein Schulbetrieb stattfindet und damit relevante Spitzenkühllasten nicht für hochsommerliche Bedingungen berücksichtigt werden müssen.

Für den Lüftungsbetrieb im Winter wurde bei der Planung angenommen, dass die hohen Personenbelegungen in den Klassen feuchteregulierend wirken.

#### 4.2.5 Lüftung

Die kontrollierte Be- und Entlüftung erfolgt über dezentrale Lüftungsgeräte mit variabler Luftmenge von 100 bis 500 m<sup>3</sup>/h pro Klassenraum. Für größere Bereiche wurden zwei Geräte oder Geräte mit einer höheren Luftwechselrate gewählt, kleinere Bereiche können zusammen mit einem Gerät belüftet werden. Entscheidend für den Einsatz der dezentralen Lüftungsgeräte waren die hocheffiziente Wärmerückgewinnung (80-90%), sowie die platzsparende Anbringung. Weiters wurde auf niedrige Schalleleistungspegel geachtet.

Die Lüftungsgeräte sollen zu einer optimalen Luftqualität und zur Reduzierung von Lüftungswärmeverlusten beitragen. Besonders die Luftqualität spielt eine wichtige Rolle, da in dichtbesetzten Klassenräumen die CO<sub>2</sub>-Konzentration sehr rasch ansteigt und deshalb die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit stark nachlassen. Durch kontrolliertes Lüften wird die Luftqualität in den Klassen entscheidend verbessert. Die Regelung der Luftmenge erfolgt über Bewegungssensoren.

Auf ein Erdkollektorsystem zur Außenluftvorwärmung im Winter bzw. Zuluftkühlung im Sommer wurde verzichtet, da die Erschließung der einzelnen Räume nicht wirtschaftlich gewesen wäre.

Bei den eingesetzten dezentralen Lüftungsgeräten handelt es sich um Geräte vom Typ Aeroschool von Drexel & Weiss (siehe Abbildung 14) mit einem Gegenstromwärmetauscher zur Wärmerückgewinnung.

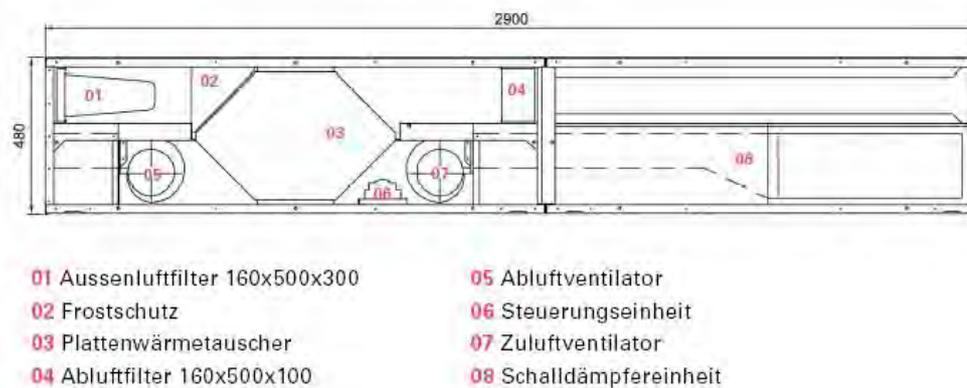


Abbildung 14 Schematische Darstellung des dezentralen Lüftungsgerätes [drexel und weiss]

Gerätebeschreibung „aeroschool“ [drexel und weiss]:

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

Die Lüftungsgeräte sind mit volumenstromkonstanten Gleichstromventilatoren 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. Im Wärmetauscher entstehendes Kondensat wird im Bodenbereich in einer Kondensatwanne aufgefangen. Der Aufstellort muss aufgrund des entstehenden Kondensats frostfrei sein. Um das Einfrieren des Wärmetauschers zu verhindern, kann alternativ zum Einsatz eines Erdreich-Wärmetauschers eine elektrische Vorwärmung der Außenluft direkt ins Gerät eingebaut werden.

Im Außenlufttrakt ist ein Feinstaubfilter F7 eingebaut, im Ablufttrakt ein Feinstaubfilter F5.

Im Sommer kann statt des Plattenwärmetauschers eine Sommerbox eingebaut werden.

#### Technische Daten

Allgemeine Daten Netzversorgung	230 VAC/50 Hz
Empfohlene Vorsicherung	16 A
Nennluftmenge	400 m <sup>3</sup> /h
Max. Luftmenge bei 100 Pa extern	500 m <sup>3</sup> /h
Wärmebereitstellungsgrad	85-93%
Max. Leistungsaufnahme der Ventilatoren (total)	250 W
Max. Leistungsaufnahme der elektrischen Vorwärmung	2.400 W
Schallleistungspegel bei Nennluftmenge und 100 Pa extern:	
Gehäuse	35 dB
Wärmerückgewinnungsgrad nach VDI 2071 bei Nennvolumenstrom	85%

Die Außenluft und Fortluft wird direkt an die Außenwand geführt und von dort angesaugt bzw. ausgeblasen (siehe Abbildung 15).



Abbildung 15 Fassadenintegrierte Luftkanalführung (links); aeroschool Kompaktgerät, erste Version noch nicht umgebaut (rechts); [AEE Intec]

Zur Schallreduzierung wurde die Luftführung der Lüftungsgeräte optimiert. Außerdem wurden die Geräte mit einer Verkleidung versehen. Abbildung 16 zeigt ein Lüftungsgerät nach erfolgtem Umbau.



Abbildung 16 Lüftungsgerät mit optimierter Luftführung und Verkleidung [AEE INTEC]

## 4.3 Das Messtechnikkonzept-Gebäudemonitoring

### 4.3.1 Allgemeines

Das Ziel der Messung war die Überprüfung der Parameter Gesamtendenergieverbrauch [kWh/(m<sup>2</sup>a)] und Gesamtheizenergieverbrauch [kWh/(m<sup>2</sup>a)] des Gebäudes sowie die Überwachung der Grenzwerte für die Komfortparameter Raumtemperatur, Raumfeuchte und CO<sub>2</sub>.

Im Rahmen des Gebäude-Monitorings wurden Energiebilanzen über das gesamte Gebäude erstellt. Folgende Energieströme wurden ermittelt:

- Zentrale Energiezufuhr durch die Pelletsanlage
- Energiezufuhr durch die elektrische Zusatzheizung (E-Patrone)
- Heizenergieverbrauch gesamt und getrennt nach den Bereichen Hauptschule II, Polytechnische Schule und Turnsaal
- Gesamtstromverbrauch Warmwasserverbrauch

Eine getrennte Erfassung des elektrischen Energieverbrauchs erfolgte für den Stromverbrauch der dezentralen Lüftungsanlagen von 4 Klassenzimmern sowie die Zusatzheizung der Warmwasserbereitung (E-Patrone).

Für die Bestimmung der Behaglichkeitsparameter Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden repräsentative Räumlichkeiten der Hauptschule II mit Sensoren ausgestattet und vermessen.

Im ersten Messjahr wurden fünf Räumlichkeiten, vier Klassenzimmer und die Garderobe, vermessen. In den Klassenzimmern sollten die Behaglichkeitsparameter Raumtemperatur, Raumfeuchte und CO<sub>2</sub>-Gehalt unter Berücksichtigung des tatsächlichen Klimas analysiert werden. In der Garderobe wurden die Parameter Raumtemperatur und Raumfeuchte gemessen. Da in der Garderobe keine Abhängigkeit der Behaglichkeitswerte vom Klima festgestellt werden konnten, wurden im zweiten Messjahr nur die vier Klassenräume messtechnisch überwacht.

Im Detail wurden auch die Temperaturverläufe des Heizungssystems (Erzeugung, Speicherung, Verteilung) erfasst und ausgewertet.

Zusätzlich wurden die Lüftungsgeräte mit Temperatur- und Feuchtesensoren ausgestattet und die Daten ausgewertet.

Weiters wurden die Klimadaten erfasst:

- Globalstrahlung auf die horizontale Ebene
- Außentemperatur
- Außenfeuchte

Diese Daten werden für eine klimabereinigte Beurteilung des Heizenergieverbrauchs des Gebäudes herangezogen.

Im energie- und lüftungstechnischen Messtechnikschema werden die erfassten Energieströme deutlich gemacht (Abbildung 17). Die durch den Pelletskessel erzeugte und in den Pufferspeicher eingebrachte Wärmemenge wird mittels Wärmemengenzähler erfasst.

Ebenso die Wärmemengen der Heizkreise Polytechnische Schule, Hauptschule II und Turnsaal. Die Warmwassermenge wurde durch Erfassung der Kaltwasserströme für Polytechnische Schule, Hauptschule II und des Gesamtkaltwasserstromes ermittelt.

Der Gesamtstrom für Polytechnische Schule, Hauptschule II und Turnsaal wurde erfasst sowie die elektrische Nachheizung des Pufferspeichers. In der Abbildung sind auch die Messklassen mit den Lüftungsgeräten und den Messstellen zur Erfassung des Lüftungsstroms sowie der Temperaturen der Lüftungsgeräte dargestellt.

4.3.2 Messtechnisches Schema und Messstellenliste

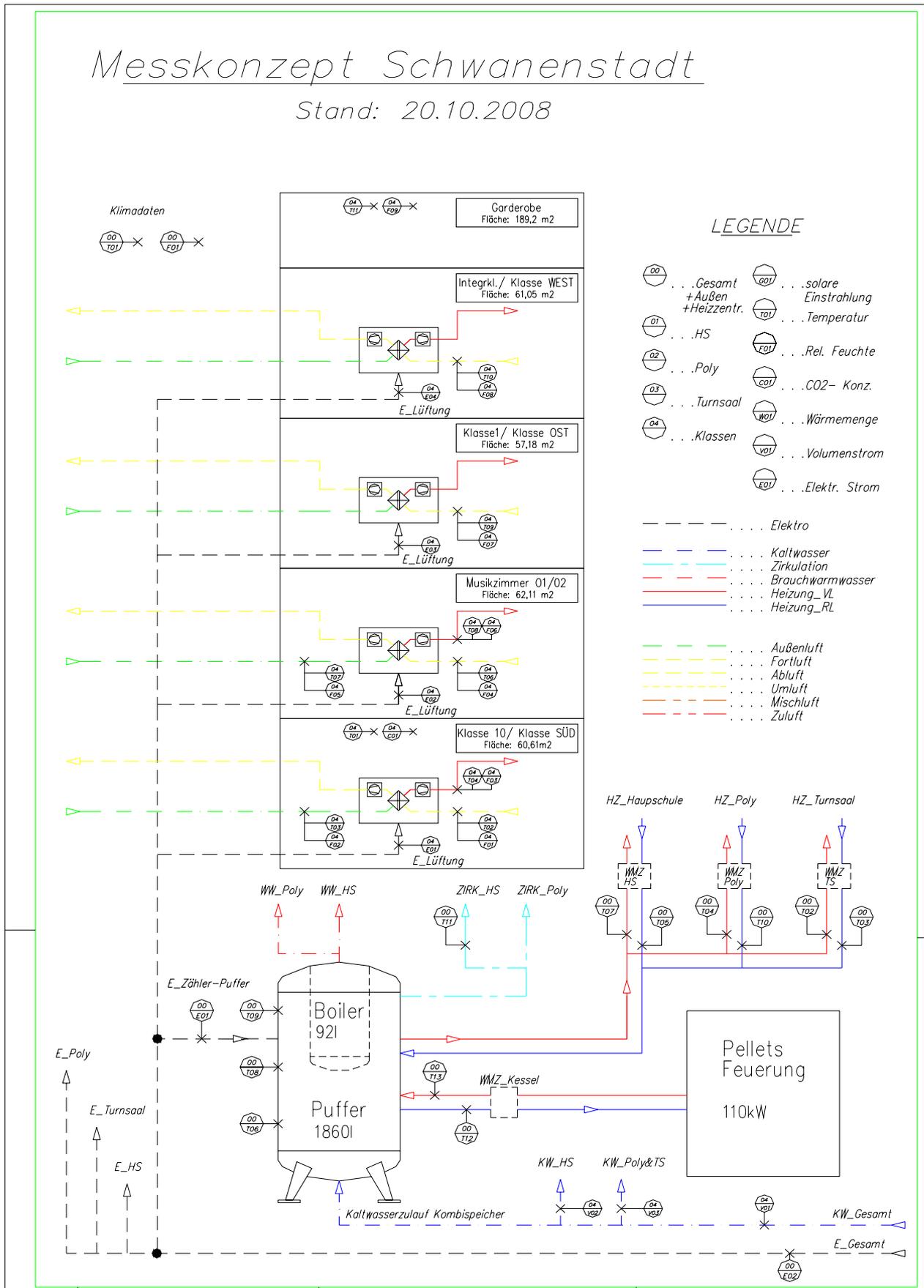


Abbildung 17 Messtechnisches Schema Schwanenstadt

In Tabelle 5 ist eine Aufstellung der eingesetzten Messgeräte und der erfassten Messgrößen mit Angabe des Einbauortes ersichtlich.

Tabelle 5: Messstellenliste Schwanenstadt

Messstellenliste Schwanenstadt								
Messgerät	Messgröße	Variablenname	Bemerkung	Einbauort des Messgerätes	Ort	Typ	Nr	
<b>Klimadaten</b>								
Pyranometer	Globalstr.		ZAMG Daten					
Temp.fühler	Außentemp.	T_Aussen		Nordseitig an Aussenwand Heizentrale-Ausgang an Decke	00	T	01	
Feuchtefühler	Außenfeuchte	RH_Aussen		Nordseitig an Aussenwand Heizentrale-Ausgang an Decke	00	F	01	
<b>Elektrische Energie</b>								
E-Zähler	elektr. Energie	E_Gesamt		E-Zentrale linker Verteilerkasten	00	E	02	
E-Zähler	elektr. Energie	E_Zähler-Puffer		E-Zentrale mittlerer Verteilerkasten	00	E	01	
<b>Nutzenergie-LÜFTUNG dezentral</b>								
E-Zähler	El.-Energie	E_Lüftung	Lüftung Klasse SÜD	Verteilerkasten EDV-Raum HS	04	E	01	
E-Zähler	El.-Energie	E_Lüftung	Lüftung Musikzimmer 01/02	Verteilerkasten EDV-Raum HS	04	E	02	
E-Zähler	El.-Energie	E_Lüftung	Lüftung_Klasse OST	Verteilerkasten EDV-Raum HS	04	E	03	
E-Zähler	El.-Energie	E_Lüftung	Lüftung_Klasse WEST	Verteilerkasten EDV-Raum HS	04	E	04	
<b>Nutzenergie-HEIZUNG</b>								
WMZ	Hydraul.Energie	HZ_Kessel	Kessel Gesamt	WMZ in Heizentrale vorhanden	WMZ_Kessel			
WMZ	Hydraul.Energie	HZ_Hauptschule	Heizung Hauptschule	WMZ in Heizentrale vorhanden	WMZ HS			
WMZ	Hydraul.Energie	HZ_Poly	Heizung Poly	WMZ in Heizentrale vorhanden	WMZ Poly			
WMZ	Hydraul.Energie	HZ_TS	Heizung Turnsaal	WMZ in Heizentrale vorhanden	WMZ TS			
<b>Volumenströme-KW</b>								
V- Zähler	Durchfluss	KW_Gesamt	Kaltwasser Gesamt	Wasseruhr in Heizentrale vorhanden	00	V	01	
V- Zähler	Durchfluss	KW_Hauptschule	Kaltwasser Hauptschule	Wasseruhr in Heizentrale vorhanden	00	V	02	
V- Zähler	Durchfluss	KW_Poly&TS	Kaltwasser Poly	Wasseruhr in Heizentrale vorhanden	00	V	03	
<b>Comfortparameter</b>								
Temp.fühler	Raumtemp.	T-KL Süd-LT I	Raumluft Klasse SÜD	Klasse 10/SÜD Raum auf Fensterbank im hinteren Bereich	04	T	01	
CO2- Fühler	CO2	CO2-KL Süd I	Raumluft Klasse SÜD	Klasse 10/SÜD Raum auf Fensterbank im hinteren Bereich	04	C	01	

Messstellenliste Schwanenstadt							
Temp.fühler	Lufttemp.	T-KL Süd I	Lüftung Klasse SÜD	Klasse 10/SÜD Abluftkanal d. Lüftungsgerätes	04	T	02
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH-KL Süd I	Lüftung Klasse SÜD	Klasse 10/SÜD Abluftkanal d. Lüftungsgerätes	04	F	01
Temp.fühler	Lufttemp.	T-FriL KL Süd I			04	T	3
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH-FriL KL Süd I			04	F	2
Temp.fühler	Lufttemp.	T-ZL KL Süd I			04	T	4
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH-ZL KL Süd I			04	F	3
Temp.fühler	Lufttemp.	T-Musik II	Lüftung Musikzimmer 01/02	Musikzimmer 01/02_Abluftkanal	04	T	06
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH-Musik II	Lüftung Musikzimmer 01/02	Musikzimmer 01/02_Abluftkanal	04	F	04
Temp.fühler	Lufttemp.	T-FriL Musik II	Lüftung Musikzimmer 01/02	Musikzimmer 01/02_Aussenluft	04	T	07
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH-FriL Musik II	Lüftung Musikzimmer 01/02	Musikzimmer 01/02_Aussenfeuchte	04	F	05
Temp.fühler	Lufttemp.	T-ZL Musik II			04	T	8
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH-ZL Musik II			04	F	6
Temp.fühler	Raumtemp.	T-KL Ost III	Lüftung Klasse OST	Klasse 1/OST_Abluftkanal d. Lüftungsgerätes	04	T	09
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH-KL Ost III	Lüftung Klasse OST	Klasse 1/OST_Abluftkanal d. Lüftungsgerätes	04	F	07
Temp.fühler	Raumtemp.	T-KL West IV	Lüftung Klasse WEST	Klasse WEST Abluftkanal d. Lüftungsgerätes	04	T	10
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH-KL West IV	Lüftung Klasse WEST	Klasse WEST Abluftkanal d. Lüftungsgerätes	04	F	08
Temp.fühler	Raumtemp.	T-Garderobe E			04	T	11
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH-Garderobe E			04	F	09
Systemtemperaturen							
Temp.fühler	Wassertemp.	T-Turnsaal VL			00	T	02
Temp.fühler	Wassertemp.	T-Turnsaal RL			00	T	03
	Wassertemp.	T-Poly VL			00	T	04
	Wassertemp.	T-HSII RL			00	T	05
	Wassertemp.	T-Puffer unten		Schichttemperatur Speicher	00	T	06
Temp.fühler	Wassertemp.	T-HSII VL			00	T	07
Temp.fühler	Wassertemp.	T-Puffer mitte		Schichttemperatur Speicher	00	T	08
Temp.fühler	Wassertemp.	T-Puffer oben		Schichttemperatur Speicher	00	T	09
Temp.fühler	Wassertemp.	T-Poly RL			00	T	10
Temp.fühler	Wassertemp.	T-Zirk HSII			00	T	11
Temp.fühler	Wassertemp.	T-Kessel RL			00	T	12
Temp.fühler	Wassertemp.	T-Kessel VL			00	T	13

Die für die Messungen herangezogenen Räume sind in Abbildung 18 in den Grundrissplänen des Hauptschultraktes rot (2. OG) bzw. violett (1. OG) hervorgehoben.



Abbildung 18 Schemagrundriss 2.OG Hauptschule II (HSII), und 1.OG Hauptschule II; vermessene Klassenzimmer rot und pink markiert [Plan von PAUAT Architekten]

Die Räume 1 bis 4 wurden so gewählt, dass im ersten und zweiten Obergeschoss alle Himmelsrichtungen berücksichtigt werden. Dadurch kann der Einfluss der solaren Einstrahlung beurteilt werden. Im ersten OG befinden sich 2 Klassen. Raum Nr.3 ist nach Osten ausgerichtet, Raum Nr.4 nach Westen. Im zweiten Obergeschoss befindet sich eine Klasse, die nach Süden ausgerichtet ist (Raum Nr.1) und der Musikraum, der nach Nordwesten ausgerichtet ist .

In den vier Räumen erfolgte außerdem eine Untersuchung der dezentralen Lüftungsanlagen. Mittels Temperatur-, Feuchte-, und Stromverbrauchsmessung sollte ihre Wirksamkeit überprüft werden.

### 4.3.3 Schaffung der messtechnischen Infrastruktur

Die messtechnische Infrastruktur wurde mit den PlanerInnen und den ausführenden Firmen koordiniert und beauftragt.

Die messtechnische Infrastruktur umfasst die Verkabelung der einzelnen Sensoren mit der zentralen Datenerfassungseinheit, sowie die Einbauteile zur Aufnahme der Sensoren in den hydraulischen Leitungen der Warmwasserversorgung bzw. der Heizenergieversorgung.

Zur getrennten Erfassung einzelner elektrischer Verbraucher war es notwendig, eine entsprechende getrennte Versorgungsleitung zu planen, die mit einem eigenen Subzähler gemessen werden konnte. Dies traf zum Beispiel für den Stromverbrauch der dezentralen Lüftungsanlagen oder der E-Heizpatrone im Heizungsraum zu.

### 4.3.4 Messdatenerfassung und –verarbeitung

Als Wärmemengenzähler kamen statische Wärmezähler des Typs 2WR5 der Firma Siemens mit zwei Impulsausgängen für Wärme und Volumen sowie einer optischen Schnittstelle zum Einsatz. In Abbildung 19 sind die Heizkreisläufe der Hauptschule II (HS II), der Polytechnischen Schule (PTS) und des Turnsaals mit eingebauten Wärmemengenzählern und EMC 2000 Datenlogger (in Abbildung 19 rechts im Bild) zu sehen, Abbildung 20 zeigt die Messstellen am Heizkessel.



Abbildung 19 Wärmemengenzähler der Heizkreisläufe HS II, PTS und Turnsaal mit Datenlogger [AEE INTEC]



Abbildung 20 Wärmemengenzähler am Heizkessel [AEE INTEC]

Für die Erfassung der Stromverbräuche wurden Drehstromwirkenergiezähler DVH 3113 der Firma Huter Energiekontrolle eingesetzt.

Zur Erfassung der Temperatur- und Feuchtigkeitswerte in den einzelnen Klassenzimmern wurden Minilogger vom Typ E+E Humlog 10 eingesetzt 15-

Technische Daten der Minilogger (Herstellerangaben) [E+E]:

Messbereich:	0-100 %rF, -40...100°C
Ausgänge:	serielle RS232-Schnittstelle
Genauigkeit:	+/-2 %rF, +/-0,2°C
Speisung:	3,6V Lithiumbatterie

Für die übrigen Messdaten wurde ein EMC 2000 Datenloggersystem eingesetzt. Grundsätzlich wurden die analogen Sensoren im 200 ms Rhythmus abgefragt und als 15 min-Mittelwert im Datenlogger gespeichert.

Die Daten wurden täglich ausgelesen und in eine SQL-Datenbank übertragen bzw. gesichert.

Abbildung 21 zeigt schematisch den Datenfluss vom Sensor über die Messdatenerfassung, die Datenübertragung, -speicherung, -analyse und schließlich die Auswertung.

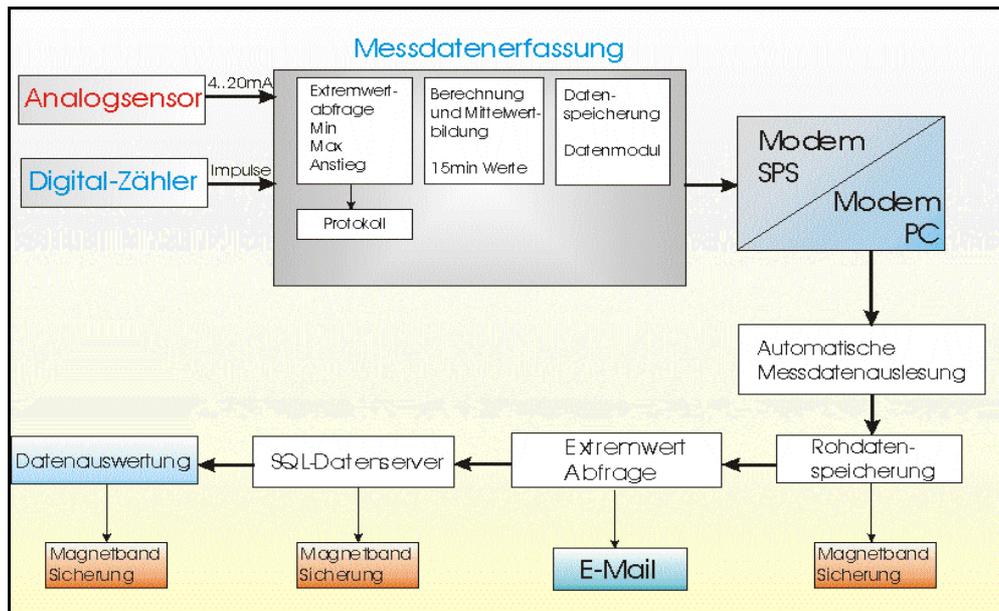


Abbildung 21 Schema der Datenaufzeichnung und Weiterverarbeitung

Die Daten wurden für die Auswertung sowohl als 15 min-Werte als auch als Stunden- und Tageswerte aus der Datenbank ausgelesen.

Für diesen Bericht wuenim zwischen 01.06.2007 bis 31.052009messtechnisch erfassten Daten zur Auswertung herangezogen.In den nachfolgenden Kapiteln werden die Ergebnisse des Monitorings dargestellt und erläutert.

## 5 Analyse der Messdaten

### 5.1 Einleitung

Im Rahmen des Monitorings wurden die Komfortparameter Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit ausgewertet sowie eine Energiebilanz erstellt. Primärenergieverbrauch, Endenergieverbrauch und Heizenergieverbrauch wurden ermittelt und den mit dem Passivhausprojektierungspaket (PHPP) berechneten Werten gegenübergestellt.

Weiters wurde der klimabereinigte Heizwärmebedarf ermittelt, um eine Vergleichbarkeit mit anderen Gebäuden zu ermöglichen.

Die Leistungsfähigkeit der Lüftungsanlagen wurde durch Ermittlung der Rückwärmehzahl und durch Messung des Lüftungsstroms überprüft.

Außerdem werden aufgetretene Probleme anhand von Detailgrafiken dargestellt, deren Ursachen aufgezeigt und Verbesserungsvorschläge gemacht.

#### 5.1.1 Konventionen

##### Bewertung des Primärenergieverbrauchs

Zur Auswertung des Primärenergieverbrauches wurden folgende Primärfaktoren verwendet [PHPP]:

- Strom 2,7
- Holzpellets 0,2

#### 5.1.2 Angabe der Energiebezugsflächen (TFA- Treated Floor Area)

Für die Ermittlung flächenspezifischer (Jahres-) Energiekennzahlen sind die Energiebezugsflächen (treated floor area TFA) des betrachteten Gesamtobjektes bzw. der einzelnen Einheiten von Bedeutung.

Nachfolgende Tabelle 6 enthält eine Übersicht über die Nutzflächen der einzelnen Klassenzimmer und der Garderobe.

Tabelle 6: Angabe der Energiebezugsflächen

	Nutzfläche [m <sup>2</sup> ]	Energiebezugsfläche TFA [m <sup>2</sup> ]
Klasse 1	61,13	61,13
Klasse 2	60,73	60,73
Klasse 3	58,33	58,33
Klasse 4	54,06	54,06
Garderobe	163,1	163,1
Summe	393,35	
Gesamtes Gebäude	6.213,97	5.903
Gesamtes Gebäude (o. Turnsaal)	5.243	5.119

Das gesamte Gebäude hat eine Energiebezugsfläche von 5.903 m<sup>2</sup>, das Gebäude ohne Turnsaal hat eine Energiebezugsfläche von 5.119 m<sup>2</sup>.

Diese Flächen stellen die Berechnungsbasis für die weiter unten erläuterten flächenspezifischen Energiekennwerte dar.

Für die Ermittlung der Energiebezugsflächen wurde gemäß der Definition des Passivhaus-Instituts in Darmstadt folgendermaßen vorgegangen:

## Berechnung der Energiebezugsfläche TFA (treated floor area) [Dr.Wolfgang Feist et al.]

- Zur Berechnung der TFA ist zunächst die thermische Hülle festzulegen. Sie wird durch die Außenoberflächen der wärmegeprägten Außenbauteile gebildet. Die thermische Hülle enthält alle beheizten Räume. Sie bildet zugleich die Bilanzgrenze für die Energiebilanz. In die TFA gehen nur Flächen innerhalb der thermischen Hülle ein.
- Die TFA einer Wohnung oder eines Hauses ist die Summe der TFAs der zum Gebäude gehörenden Räume, die entweder oberirdisch gelegen sind oder deren Fensterfläche mindestens 10% der Grundfläche ausmacht.
- Keller, Technikräume u.ä. innerhalb der thermischen Hülle werden zu 60% angerechnet.
- Berechnung der Grundfläche:
  - Die Grundfläche eines Raumes wird aus den Rohbaumaßen ermittelt. Ein Abzug für Putz usw. ist nicht vorzunehmen.
  - Als Rohbaumaße sind die lichten Maße zwischen den Wänden anzusetzen ohne Berücksichtigung von Wandgliederungen, Wandbekleidungen, Fuß- und Scheuerleisten, Öfen, Heizkörpern usw.
- Schornsteine, Pfeiler, Säulen usw. mit weniger als 0,1 m<sup>2</sup> Grundfläche werden nicht von der Energiebezugsfläche abgezogen.
- Tür- und Fensternischen werden nicht berücksichtigt
- Schrägen:
  - Raumteile mit einer lichten Höhe von mindestens 2 Metern werden voll angerechnet.
  - Raumteile mit einer lichten Höhe von mindestens 1 und weniger als 2 Metern werden zur Hälfte angerechnet.

### 5.1.3 Bewertung des Heizwärmeverbrauchs

Der Heizwärmeverbrauch kommt bei den im betrachteten Messjahr vorliegenden Wetterbedingungen und Raumtemperaturen zustande. Zur besseren Vergleichbarkeit der Projekte untereinander wurde der Heizwärmebedarf (HWB) auf 20°C Raumtemperatur umgerechnet.

Dabei wird die durchschnittliche Raumtemperatur während der Heiztage der betrachteten Messperiode ermittelt und für die Berechnung mit dem Passivhausprojektierungspaket (PHPP) herangezogen ( $HWB_{PHPP, T_{gemessen}}$ ) und mit dem Passivhausprojektierungspaket der Heizwärmebedarf bei 20°C ( $HWB_{PHPP, 20^\circ C}$ ) berechnet. Gemäß der folgenden Formel wird der gemessene Heizwärmebedarf ( $HWB_{gemessen}$ ) auf 20°C umgerechnet.

$$HWB_{20^\circ C} = HWB_{gemessen} \cdot \frac{HWB_{PHPP, 20^\circ C}}{HWB_{PHPP, T_{gemessen}}}$$

In einem weiteren Schritt wird analog zur Raumtemperaturnormierung der Heizwärmebedarf auf Standardklimadaten normiert.

Hierfür wird ein Standard-Klimadatenatz für Wien verwendet, der im Rahmen des EU Projektes „Promotion of European Passiv Houses (PEP)“ für die Verwendung im Passivhausprojektierungspaket (PHPP) festgelegt wurde

Mithilfe der Formel

$$HWB_{20^{\circ}C, Standard\_Wien} = HWB_{20^{\circ}C} \cdot \frac{HWB_{PHPP, 20^{\circ}C, Standard\_Wien}}{HWB_{PHPP, 20^{\circ}C, Klima\_gemessen}}$$

ergibt sich der auf 20°C Raumtemperatur und das Standardklima von Wien genormte Heizwärmebedarf für den Standort Schwanenstadt.

Das Ziel dieser Normierung liegt darin, unterschiedliche Projekte an unterschiedlichen Standorten anhand des Standardklimadatenatzes vergleichen zu können.

### 5.1.4 Wetterdaten

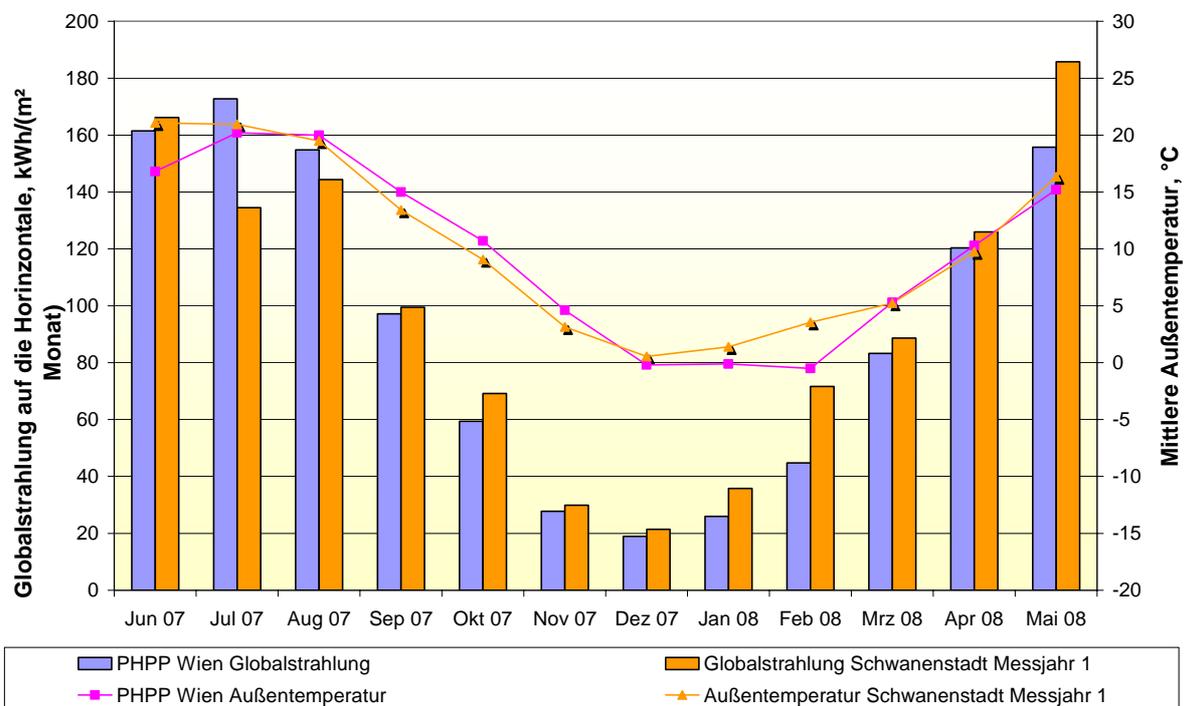


Abbildung 22 Vergleich der PHPP Klimadaten für Wien mit den im ersten Messjahr erhobenen Daten

In Abbildung 22 ist ersichtlich, dass sich Abweichungen vor allem bei den warmen Außentemperaturen von Dezember 2007 bis März 2008 ergeben. Außerdem liegen die Globalstrahlungswerte nur im Juli und August 2007 unter den Werten des im Rahmen des Projektes Promotion of European Passiv Houses (PEP) für das Passivhausprojektierungspaket (PHPP) für Wien festgelegten Standardklimadatenatzes, sonst immer darüber.

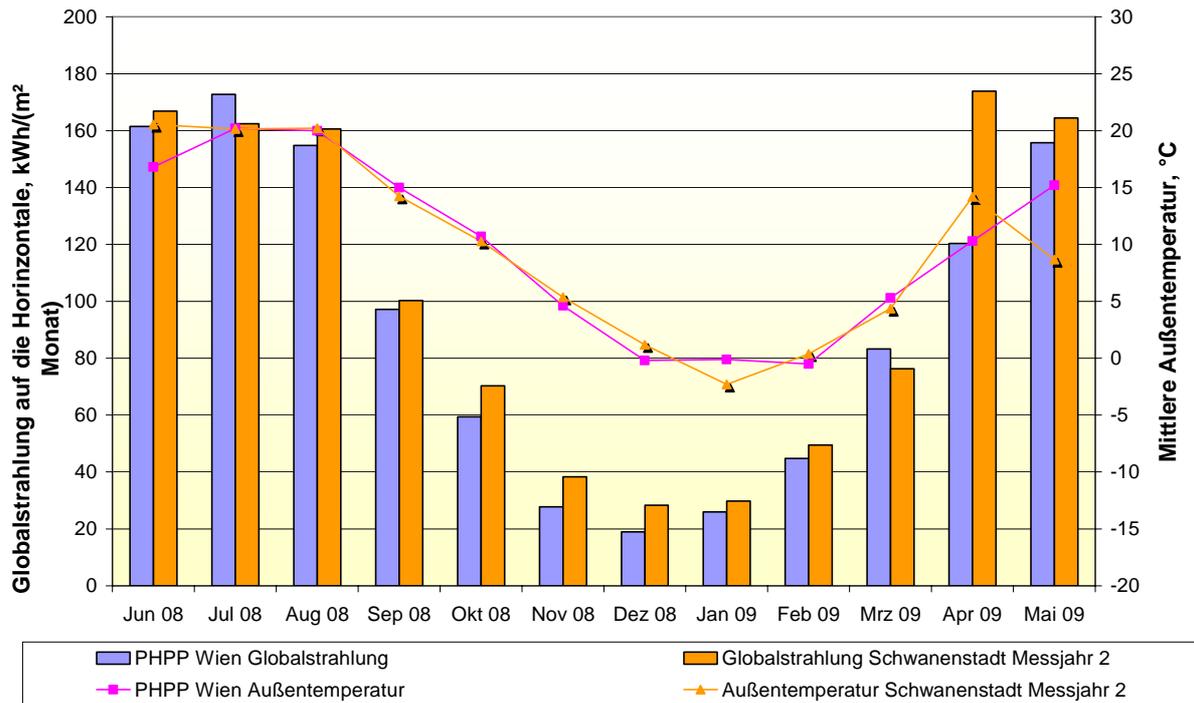


Abbildung 23 Vergleich der PHPP Klimadaten für Wien mit den im zweiten Messjahr erhobenen Daten

Die Außentemperaturen weichen im zweiten Messjahr im Juni 2008, Jänner, April und Mai 2009 am stärksten von den Standardtemperaturen ab. Sie liegen im Juni 2008 im Mittel 3,7°C bzw. im April um 3,9°C über der Normtemperatur und sinken im Jänner 2009 um 2,2°C bzw. im Mai 2009 um 6,5°C unter die Außentemperatur des Standardklimadatensatzes. Die Werte für die Globalstrahlung liegen nur im März 2009 geringfügig unter dem Wert des Standardklimadatensatzes.

Die folgende Tabelle 7 zeigt die Jahreswerte im Überblick. Die mittlere Außentemperatur liegt im ersten Messjahr 1°C über der Temperatur des Standarddatensatzes. Im zweiten Messjahr sind die über das Jahr gemittelten Außentemperaturen gleich. Die Globalstrahlung auf die horizontale Fläche liegt in beiden Messjahren über dem Wert des Standardklimadatensatzes.

Tabelle 7: Wetterdaten im Vergleich

	Globalstrahlung [kWh/(m² a)]	Mittlere Außentemperatur [°C]
PHPP Wien	1.122,6	9,8
Schwanenstadt 1. MJ	1.172	10,8
Schwanenstadt 2.MJ	1.221	9,8

## 5.2 Detailergebnisse

Die nachfolgenden Abbildungen und Tabellen beinhalten, wenn nicht anders angeführt, Daten des als 1. Messjahr angeführten Zeitraums von 01.06.2007 bis 31.05.2008 sowie Daten des als 2. Messjahr angeführten Zeitraums von 01.06.2008 bis 31.05.2009.

### 5.2.1 Komfortparameter

Das Zusammenwirken von Lufttemperatur, -feuchte, -geschwindigkeit und Reinheit (z.B. CO<sub>2</sub>-Gehalt) der Luft wird als Raumklima bezeichnet. Die Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft müssen genormten Anforderungen genügen, damit der Aufenthalt in einem Gebäude für Personen subjektiv als angenehm bzw. behaglich empfunden werden kann. Gemäß DIN 1946 Teil 2 - Raumluftechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen, soll die Raumtemperatur zwischen 20°C und 26°C liegen. Diese Behaglichkeitsgrenzen sind auch in ÖNORM EN 13779 festgelegt.

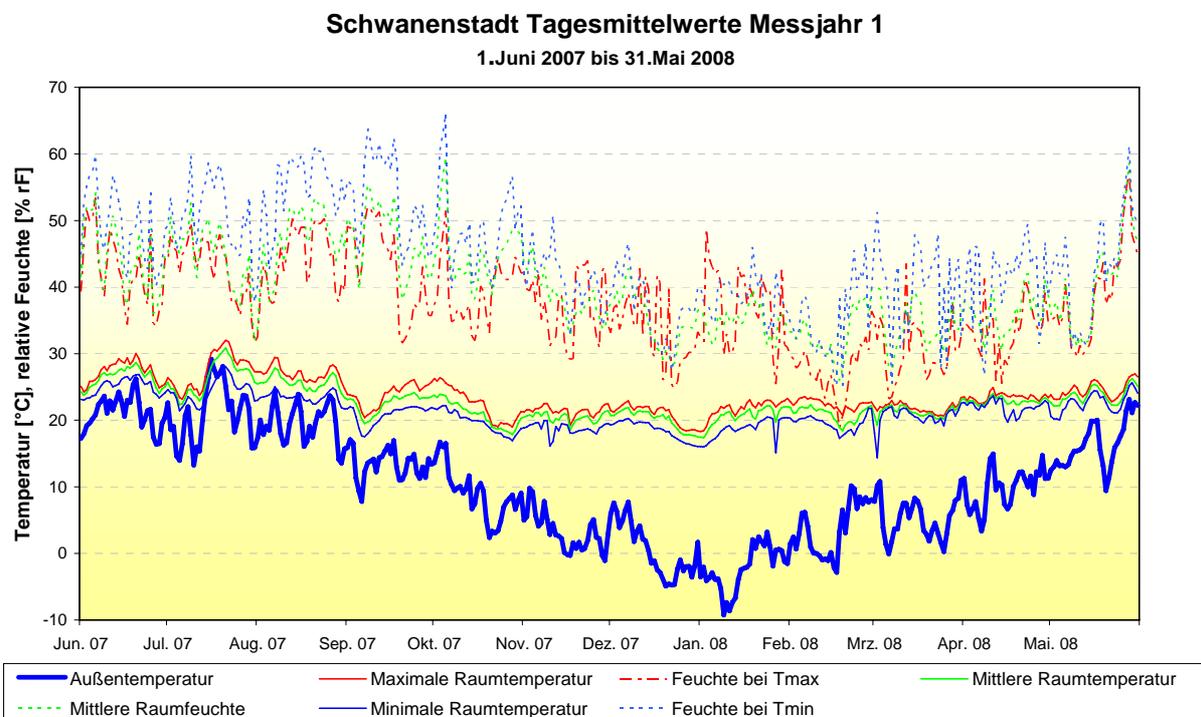


Abbildung 24 Raumklima in Tagesmittelwerten, Schwanenstadt Messjahr 1 In Abbildung 24 ist jeweils der Bereich der Raumtemperaturen zwischen minimaler Raumtemperatur und maximaler Raumtemperatur bzw. der Bereich der relativen Luftfeuchtigkeit zwischen Feuchte bei  $T_{max}$  und Feuchte bei  $T_{min}$  dargestellt. Die Raumtemperaturen liegen im Bereich 14,4°C und 32°C. Die Feuchtigkeit bewegt sich zwischen minimal 18,8 %rH und maximal 66 %rH.

Im ersten Messjahr lag die Raumtemperatur gemittelt über alle vermessenen Klassenzimmer in den Wintermonaten (ermittelt über die Heizgradtage) bei 22°C und in den Sommermonaten bei 24°C (ohne Berücksichtigung der Ferienmonate Juli und August). Die relativen Raumfeuchten lagen im Mittel bei etwa 38% in den Wintermonaten und in den Sommermonaten bei etwa 44%.

Im zweiten Messjahr (Abbildung 25) lagen die gemittelten Raumtemperaturen zwischen 14,9°C und 28,3°C. Die Werte für die relative Raumfeuchte lagen zwischen 21 %rH und 67,5 %rH.

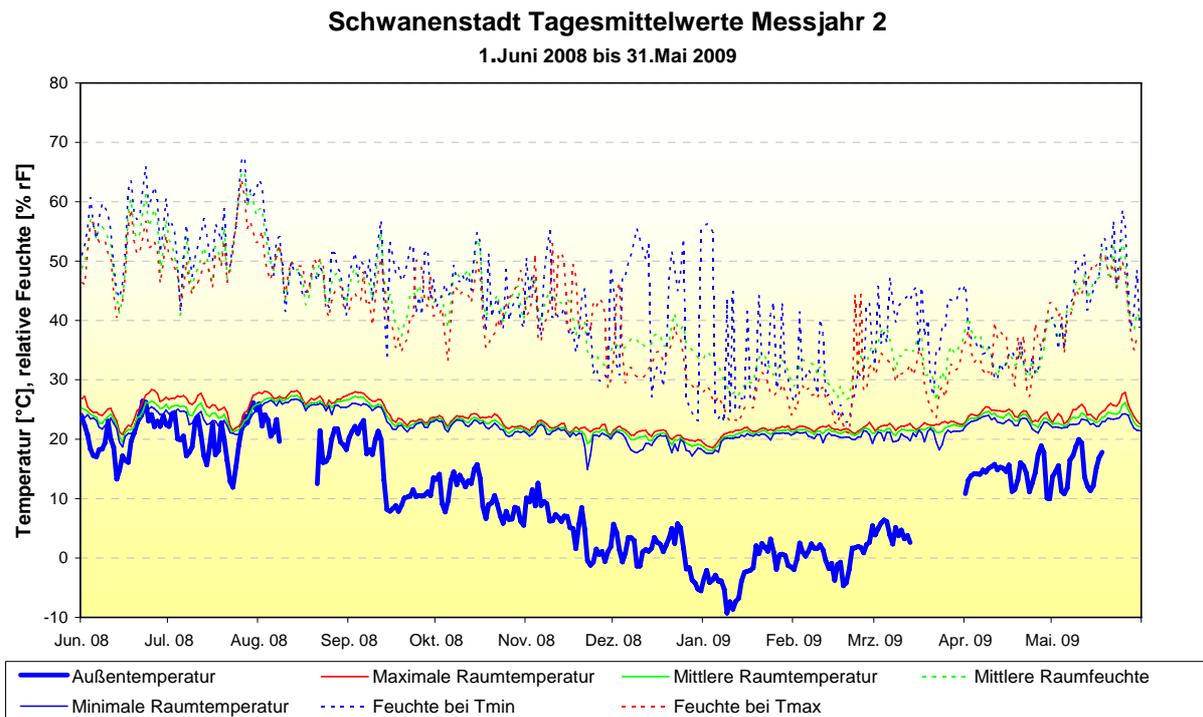


Abbildung 25 Raumklima in Tagesmittelwerten, Schwanenstadt Messjahr 2

Gemittelt über die Heizperiode betrug die Raumtemperatur im zweiten Messjahr 22°C, die mittlere Raumfeuchtigkeit betrug in der Heizperiode 37%. In den Sommermonaten betrug die mittlere Raumtemperatur 25°C und die mittlere Raumfeuchtigkeit 43%.

In den Sommermonaten des ersten Messjahres kam es im Juni und Juli bei hohen Außentemperaturen zu Überhitzungen. Dieser Umstand wurde innerhalb des ersten Betriebsjahres von Seiten des Lehrpersonals immer wieder durch Beschwerden bestätigt.

Auch im August kam es zu Überhitzungen. Diese waren von geringerer Bedeutung, da in diesem Monat kein Schulbetrieb herrschte.

Die relative Raumfeuchtigkeit lag in den Sommermonaten mit Werten zwischen 35% und 60% innerhalb der Behaglichkeitsgrenzen gemäß ÖNORM EN 13779. Im Winterfall kam es zu trockenerer Raumluft, die wie beispielsweise im März 2008 unter 30% sank.

In Abbildung 26 sind die Stundenmittelwerte der Raumtemperaturen der einzelnen Klassenzimmer an Schultagen zwischen 8 und 16 Uhr für das erste Messjahr dargestellt. Wochenenden, Feiertage und Schulferien werden in dieser Abbildung nicht dargestellt.

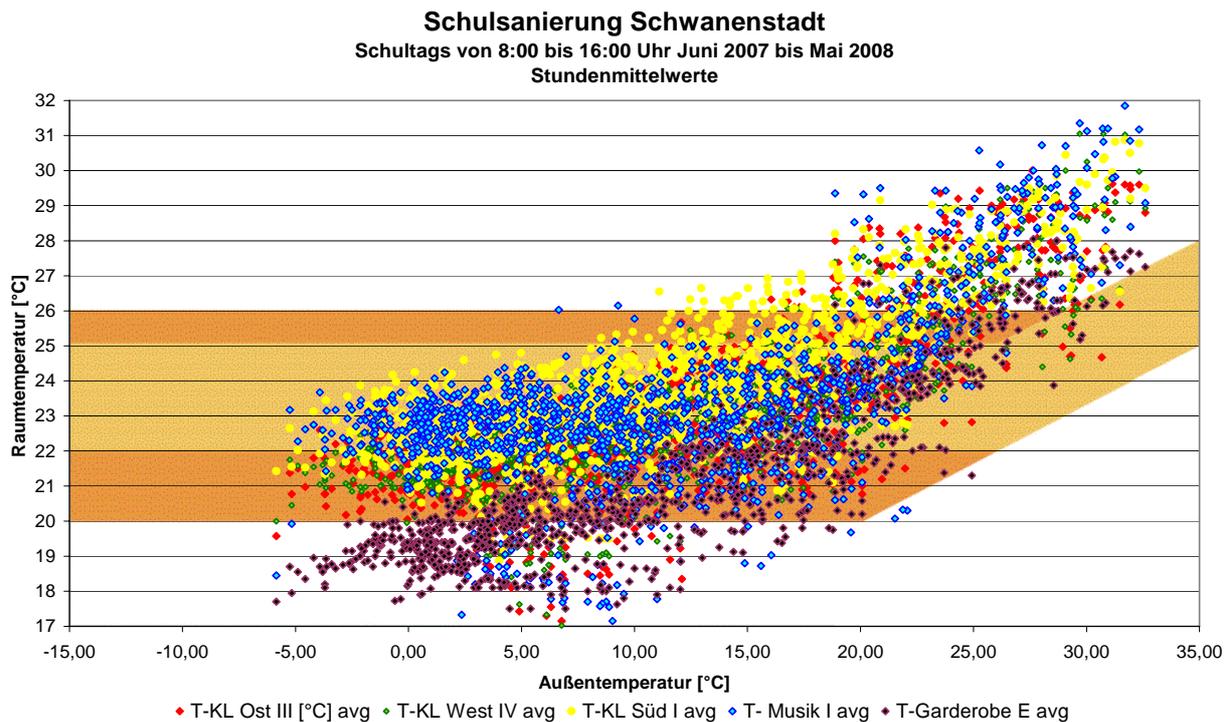


Abbildung 26 Verteilung der mittleren Raumtemperaturen in den Klassenzimmern und der Garderobe als Funktion der Außentemperaturen Messjahr 1, Stundenmittelwerte

Der hellorange Bereich zeigt die empfohlene operative Raumtemperatur, wobei bei hohen Außentemperaturen auch geringfügig höhere Werte zulässig sind.

Die Abbildung 26 dargestellten Datenpunkte für die Innenraumtemperaturen zeigen, dass sich diese während der kalten Witterung des öfteren unterhalb des behaglichen Bereiches befanden. Dies betrifft jedoch hauptsächlich die Garderobe, die von den SchülerInnen nur zum Umziehen genutzt wird.

Die nachfolgende Abbildung 27 zeigt eine heiße Woche im Juni 2007, in der die Raumtemperaturen hohe Werte erreichten.

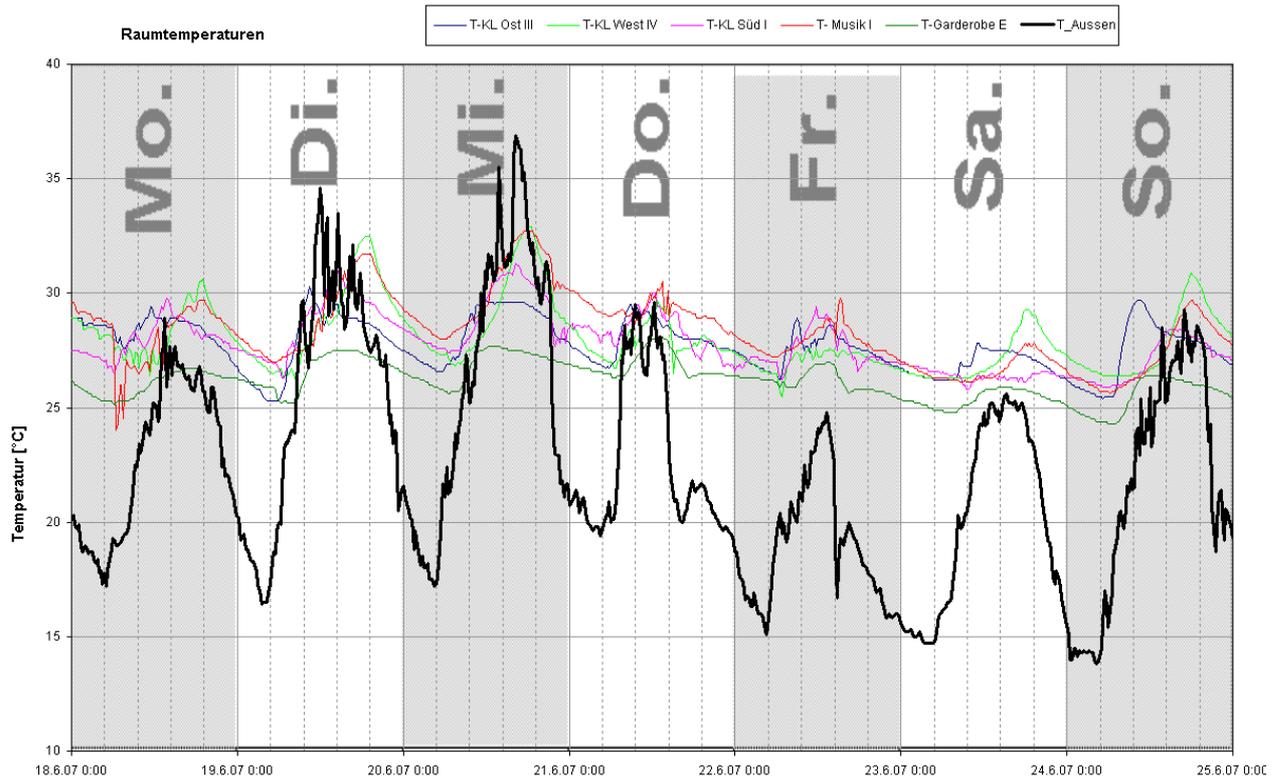


Abbildung 27 Heiße Schulwoche im Sommer 2007

Die Temperaturen lagen in den Klassenzimmern während des Schulbetriebes in einer heißen Woche im Juni 2007 durchwegs zwischen 27°C und 30°C bzw. in den nach Süden und Westen ausgerichteten Klassenzimmern sogar darüber. Durch gezielte Fensterlüftung könnte man hier die Nachtstunden zur Kühlung nutzen.

Dwird und liegt zu Mittag über den gemessenen Raumtemperaturen, wie Abbildung 28 zeigt. Das mögliche Potential einer Nachtkühlung mit Temperaturhuben von bis zu 10 Kelvin diese heiße Woche ist in der Abbildung ebenfalls ersichtlich.

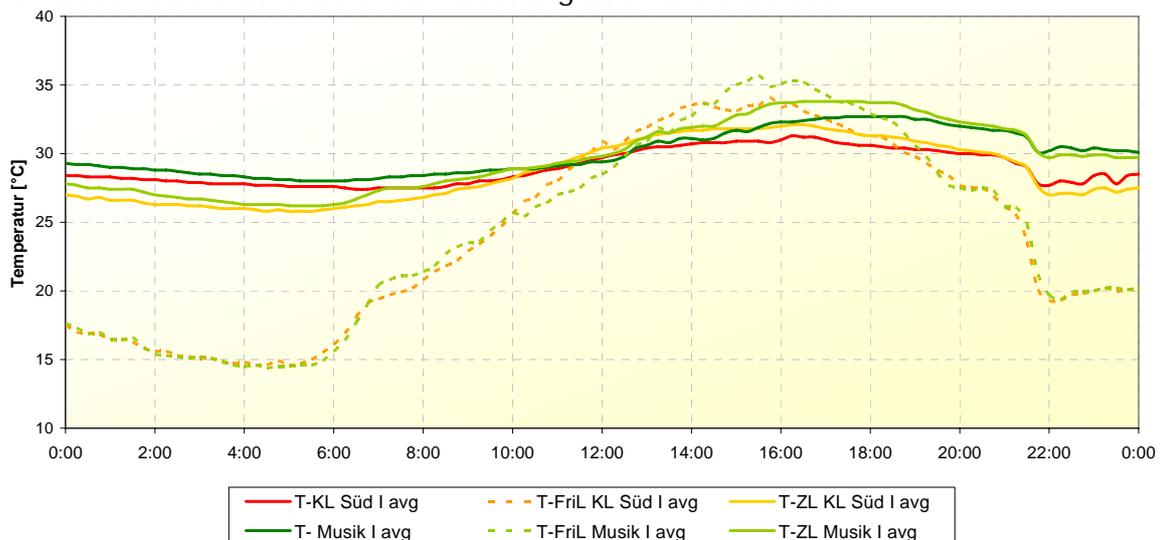


Abbildung 28 Heißer Schultag im Sommer 2007 (15 min Mittelwerte)

Die hohen Frischlufttemperaturen tragen energetisch gesehen jedoch nur zu einem geringen Teil zur Erhöhung der Raumlufttemperatur bei und der Luftwechsel ist unbedingt erforderlich. Vor allem führen hohe passive solare Einträge und eine hohe Personenbelegung zu hohen Raumtemperaturen in den Klassenzimmern.

Zur Vermeidung der hohen Temperaturen wurde im Sommer 2007 eine außen liegende Verschattung angebracht. Die Auswirkungen dieser Verschattung sind in Abbildung 29 und Abbildung 30 ersichtlich. Im zweiten Messjahr lagen die Temperaturen größtenteils im behaglichen Bereich. traten m Musikraum vereinzelt Temperaturen auf, die unterhalb der Behaglichkeitsgrenze lagen. Bei warmen Außentemperaturen kam es im Musikraum im zweiten Obergeschoss und in der Klasse Süd im ersten Obergeschoss zu Überhitzung.

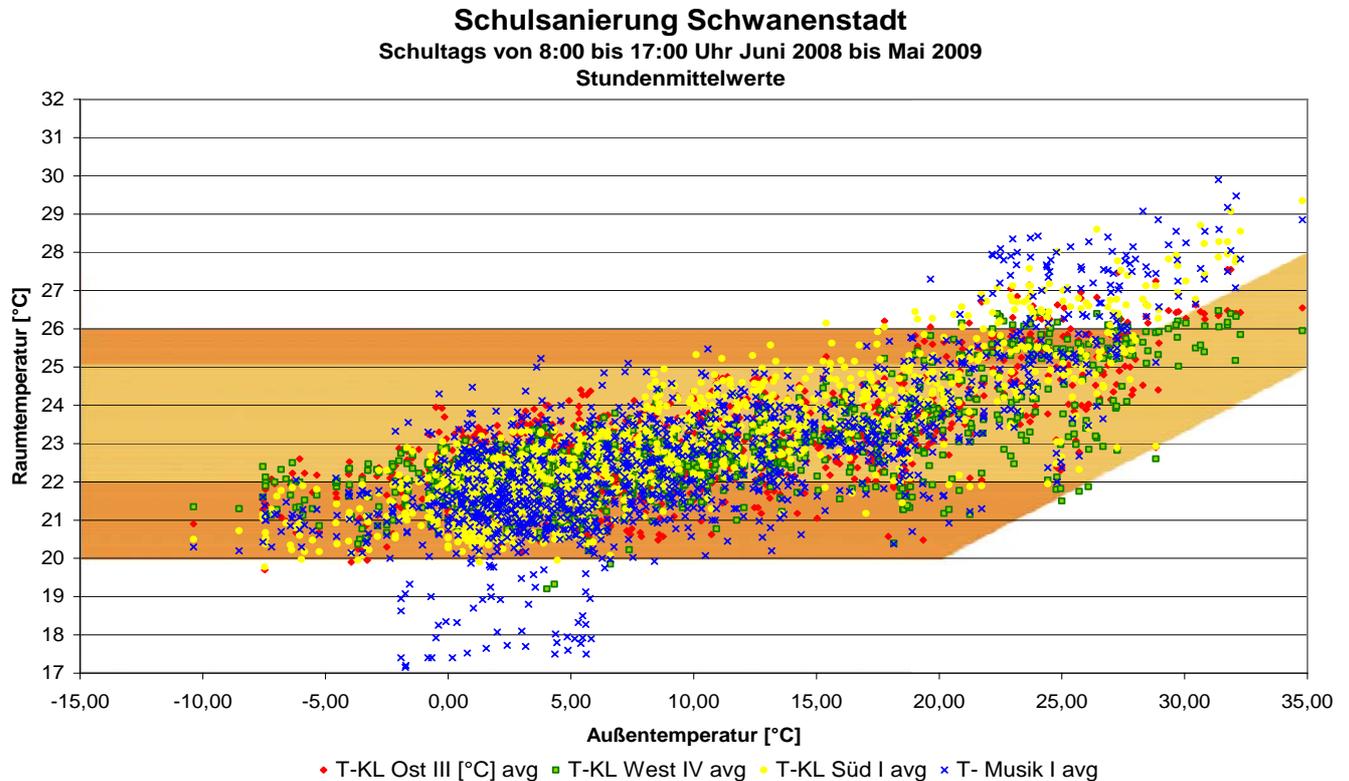


Abbildung 29 Verteilung der Raumtemperaturen als Funktion der Außentemperatur, Messjahr 2, Stundenmittelwerte

Die Raumtemperaturen befanden sich in der heißesten Woche im Juni 2008 (siehe Abbildung 30) durchwegs unter 30°C, jedoch noch immer außerhalb des behaglichen Bereichs. Die hohen Temperaturen im Musikraum verbunden mit Temperaturanstiegen am Nachmittag lassen vermuten, dass das Verschattungssystem nicht geschlossen war und passive solare Energieeinträge am Nachmittag zu den im Vergleich zu den anderen Klassenräumen erhöhten Raumtemperaturen beitrugen.

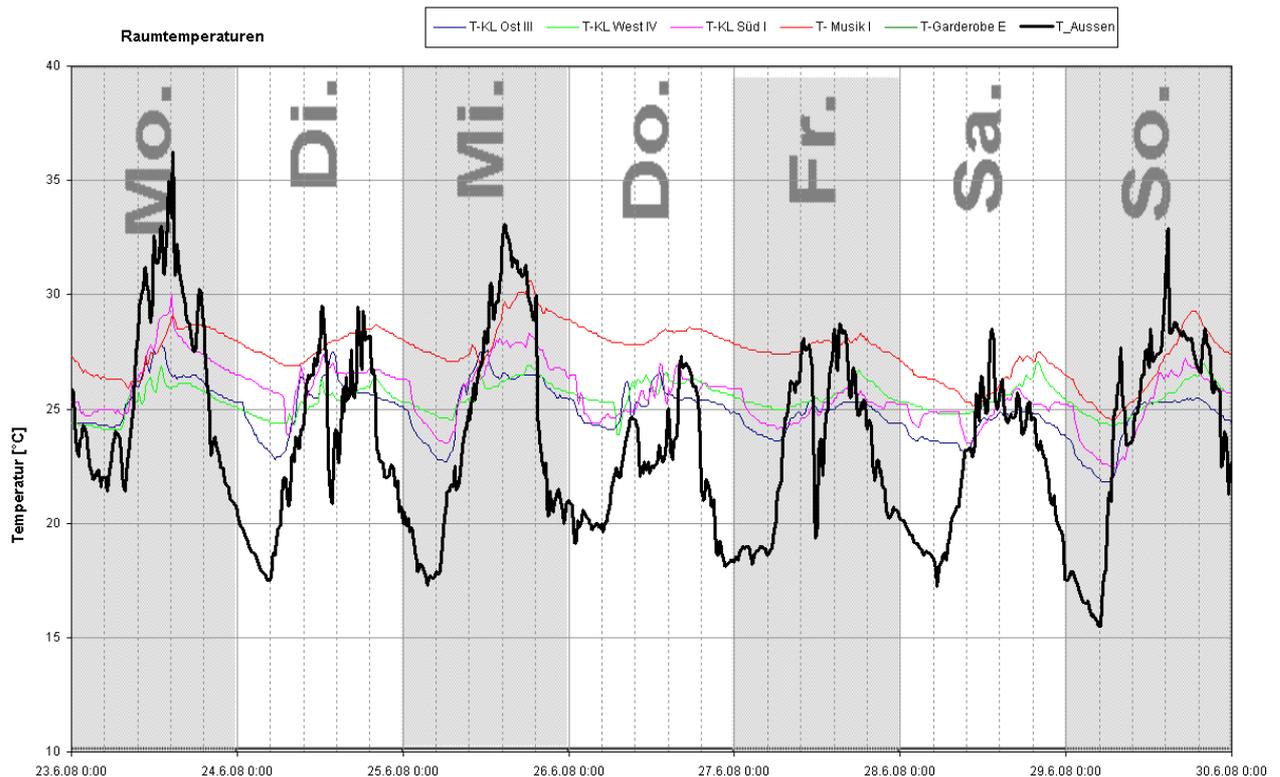


Abbildung 30 Heiße Schulwoche im Sommer 2008 Die Überhitzung wird in den folgenden Diagrammen näher betrachtet.

Im ersten Messjahr lagen die Temperaturen in der Klasse Ost insgesamt 217 Stunden über 26°C. Für die Klasse West betrug die Anzahl der Überhitzungsstunden 192 Stunden/a, für die Klasse Süd 374 Stunden/a und für den Musikraum 205 Stunden/a. Zur Auswertung wurden nur Schulstunden (d.h. die Zeit zwischen 8 und 16 Uhr) herangezogen. Die Gesamtschulstundenanzahl betrug im 1. Messjahr 1.495 Stunden (siehe Abbildung 31).

Im zweiten Messjahr lag die Anzahl der Überhitzungsstunden in Klasse Ost bei 160 Stunden/a, in Klasse West bei 105 Stunden/a, in Klasse Süd bei 207 Stunden/a und im Musikraum bei 191 Stunden/a (siehe Abbildung 32). Die Gesamtschulstundenanzahl betrug für das zweite Messjahr 1.533 Stunden. Die Überhitzungsstunden nahmen im Vergleich mit dem ersten Messjahr ab. In Klasse Ost reduzierte sich die Anzahl der Überhitzungsstunden um 26%, in den Klassen Süd und West betrug die Reduzierung 45%. Im Musikraum betrug die Reduzierung der Überhitzungsstunden 7%. Auffällig im zweiten Messjahr ist der Juli 2009. Der Prozentsatz der Überhitzung lag im Musikraum bei 100%, was den Schluss nahelegt, dass das Verschattungssystem nicht in Betrieb war.

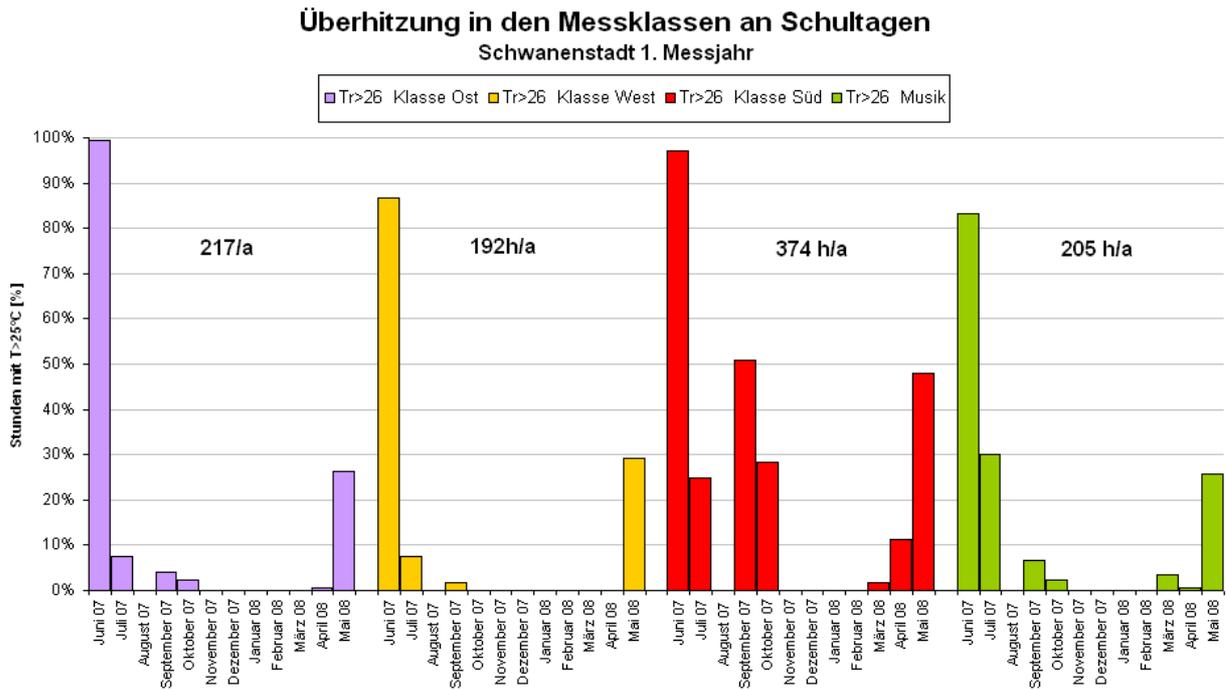


Abbildung 31 monatliche Überhitzungsstunden bezogen auf die Gesamtschulstunden in Prozent, Messjahr 1

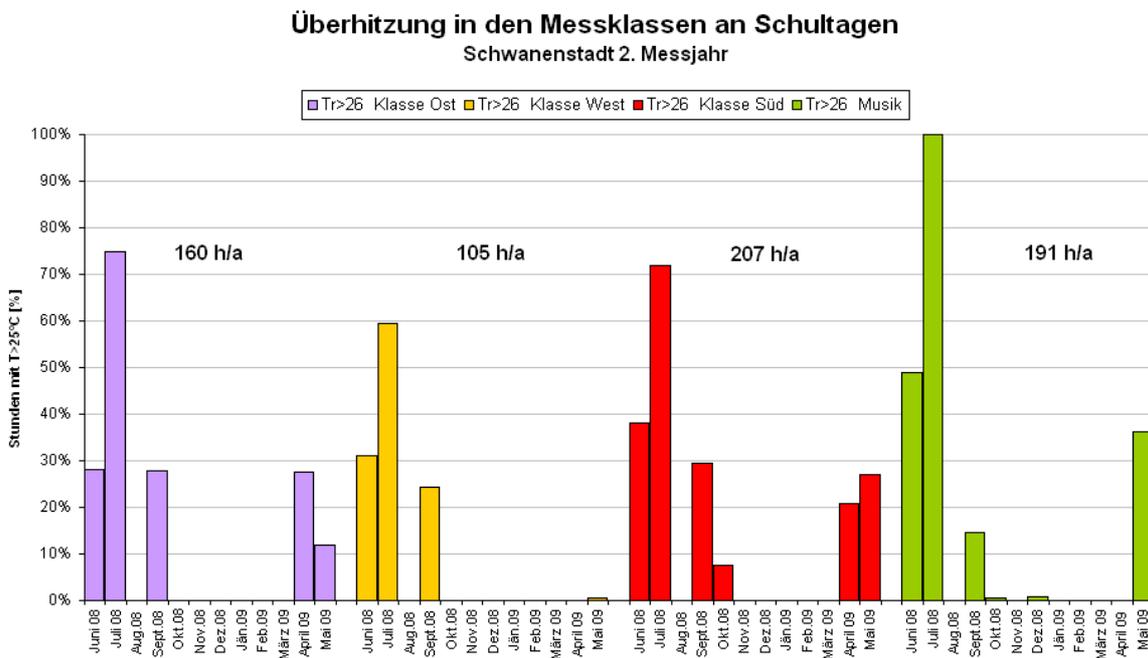


Abbildung 32 monatliche Überhitzungsstunden bezogen auf die Gesamtschulstunden in Prozent, Messjahr 2

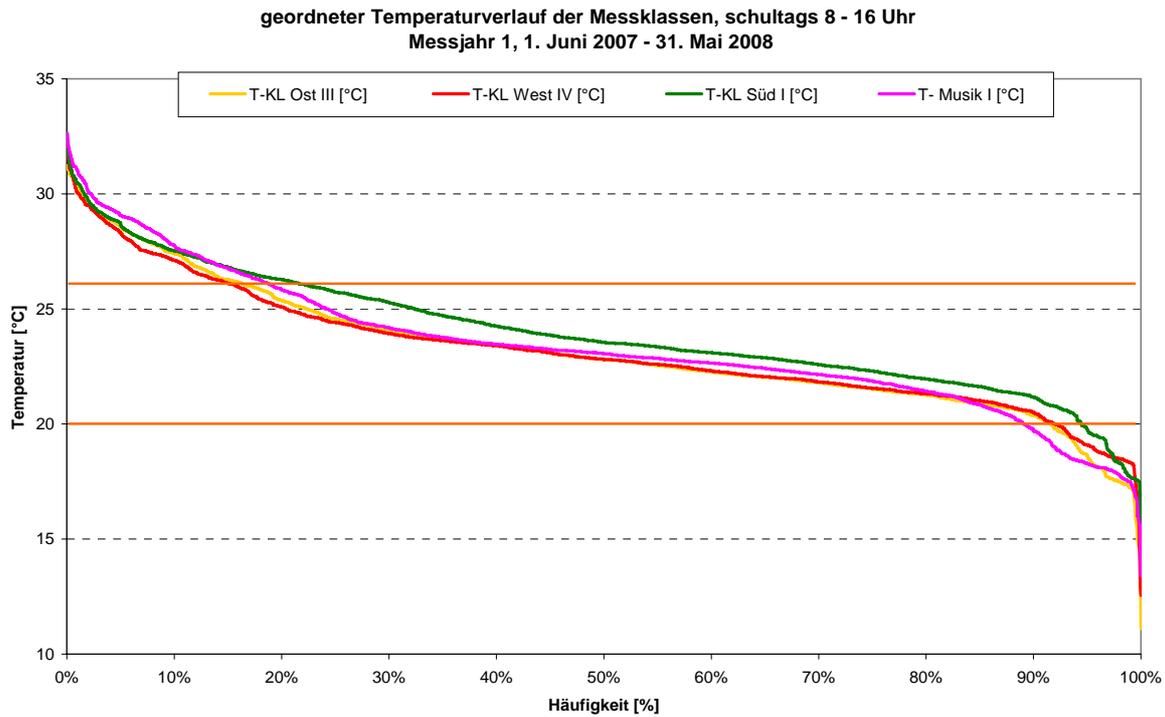


Abbildung 33 geordneter Temperaturverlauf der Messklassen, Messjahr 1

In Abbildung 33 sieht man sehr schön die Häufigkeit der Überhitzung im ersten Messjahr. In der Klasse Ost wird die Raumtemperatur von 26°C mit einer Häufigkeit von 17,2% überschritten, in Klasse West beträgt dieser Wert 15,8%, in Klasse Süd 22,62% und im Musikraum 19,26%. Die Häufigkeit, dass die Raumtemperaturen in den Messklassen 20°C unterschreiten, beträgt in Klasse Ost 8,41 %, in Klasse West 7,92 %, in Klasse Süd 5,53 % und im Musikraum 10,85 %.

Im zweiten Messjahr macht sich die Verschattungsmöglichkeit deutlich bemerkbar, wie Abbildung 34 zeigt. Die Überhitzungshäufigkeit der Klasse Ost beträgt in diesem Messjahr 4,39%, der Klasse West 1,82%. Die Werte der Überhitzungshäufigkeit liegen für die Klasse Süd und den Musikraum mit 7,5% bzw. 7,43% etwa gleich hoch. Die Raumtemperatur sinkt im Musikraum mit einer Häufigkeit von 3,99% unter 20°C.

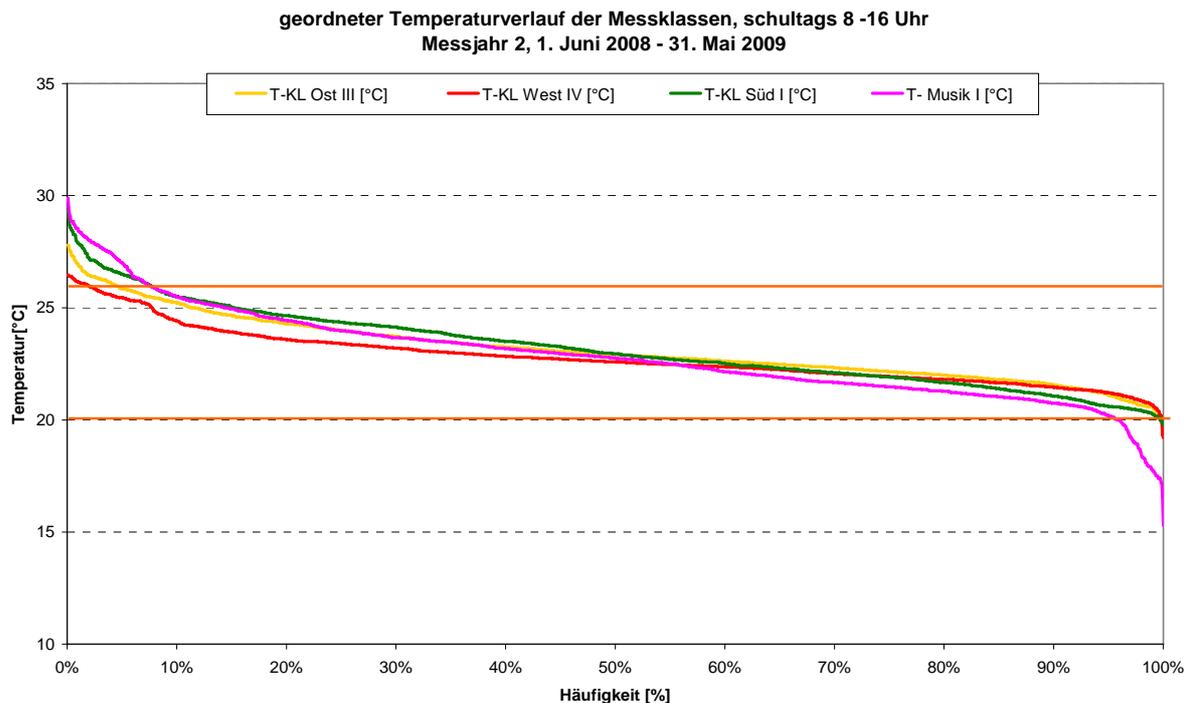


Abbildung 34 geordneter Temperaturverlauf der Messklassen, Messjahr 2

Die folgende Abbildung 35 vermittelt einen Überblick über die wichtigsten Komfortparameter. Das obere Diagramm stellt das erste Messjahr dar, das untere zeigt das zweite Messjahr.

Für die Auswertung der Abbildung 35 wurden Stundenmittelwerte verwendet. Die Anzahl der Stunden über  $26^{\circ}\text{C}$  und die Anzahl der Stunden unter  $20^{\circ}\text{C}$  wurden nach dem Raumverfahren gemittelt. Nach diesem Verfahren wird für jeden Raum die Anzahl der Überhitzungsstunden einzeln ermittelt und anschließend über die Anzahl der Räume gemittelt. Dadurch ergeben sich höhere Werte als bei der Ermittlung der Anzahl der Überhitzungsstunden anhand gemittelter Raumtemperaturen.

Am wärmsten Tag im ersten Messjahr, mit einer Außentemperatur von über  $32,6^{\circ}\text{C}$ , lag die über die vier Klassenzimmer gemittelte Raumtemperatur bei  $29^{\circ}\text{C}$ . Die tiefste Temperatur wurde am 20. Dezember 2007 mit  $-6,75^{\circ}\text{C}$  gemessen. Die über die vier Klassen gemittelte Raumtemperatur betrug an diesem Tag  $20,76^{\circ}\text{C}$ . In der gesamten Heizperiode betrug die gemittelte Raumtemperatur  $22^{\circ}\text{C}$ . Insgesamt befand sich die mittlere Raumtemperatur 248 Stunden über  $26^{\circ}\text{C}$ . Dies entspricht 16% der Schulbetriebsstunden. Die Zeit mit Raumtemperaturen unter  $20^{\circ}\text{C}$  belief sich auf 49 Stunden, was einem Anteil von 3,24% an der Jahresgesamtschulstundenzahl entspricht.

Im zweiten Messjahr wurde am 9. Jänner 2009 eine minimale Außentemperatur von minus  $-12,25^{\circ}\text{C}$  gemessen. Die über die vier Klassen gemittelte Raumtemperatur betrug an diesem Tag  $20,76^{\circ}\text{C}$ . Der heißeste Tag des zweiten Messjahres war der 23. Juni 2008 mit einer Außentemperatur von  $34,8^{\circ}\text{C}$  und einer über die Klassen gemittelten Raumtemperatur von  $27,7^{\circ}\text{C}$ . 168 Stunden wurde die behagliche Raumtemperatur von  $26^{\circ}\text{C}$  überschritten, das entspricht 11% der Gesamtschulstunden, 24 Stunden lagen die Raumtemperaturen unter  $20^{\circ}\text{C}$ , was einem Anteil von rund 1,9% der Gesamtschulstunden entspricht.

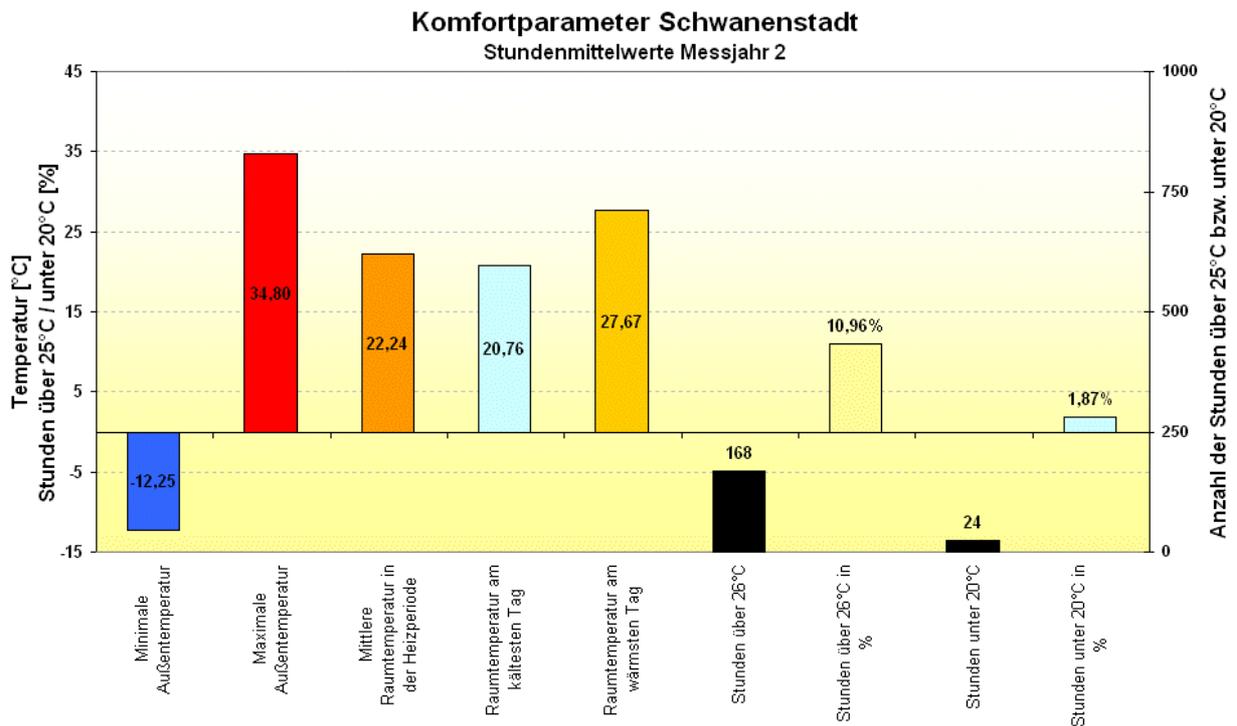
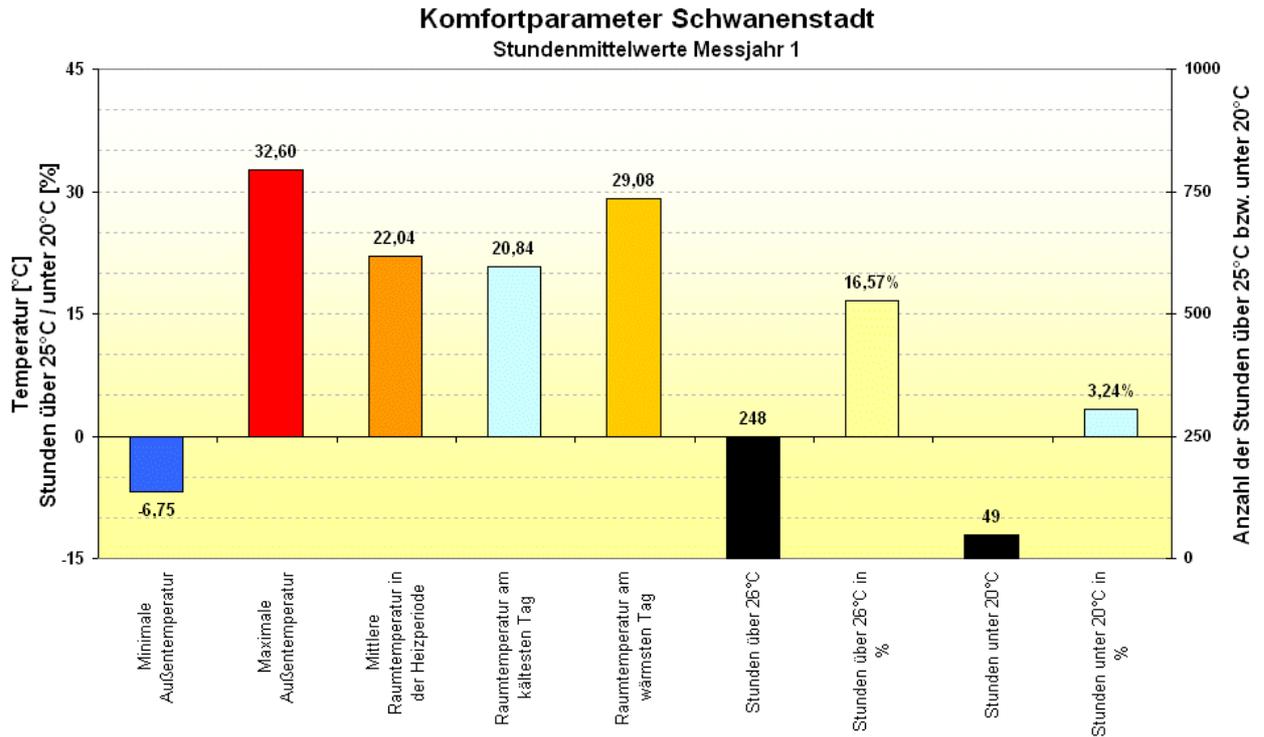


Abbildung 35 Übersicht über die gemessenen Temperaturdaten, erstes Messjahr (oben); zweites Messjahr (unten)

Im Winter befinden sich die Temperaturen in den Klassenzimmern in einem akzeptablen Bereich, wie in Abbildung 36 für die kälteste Schulwoche im Winter 2007 dargestellt.

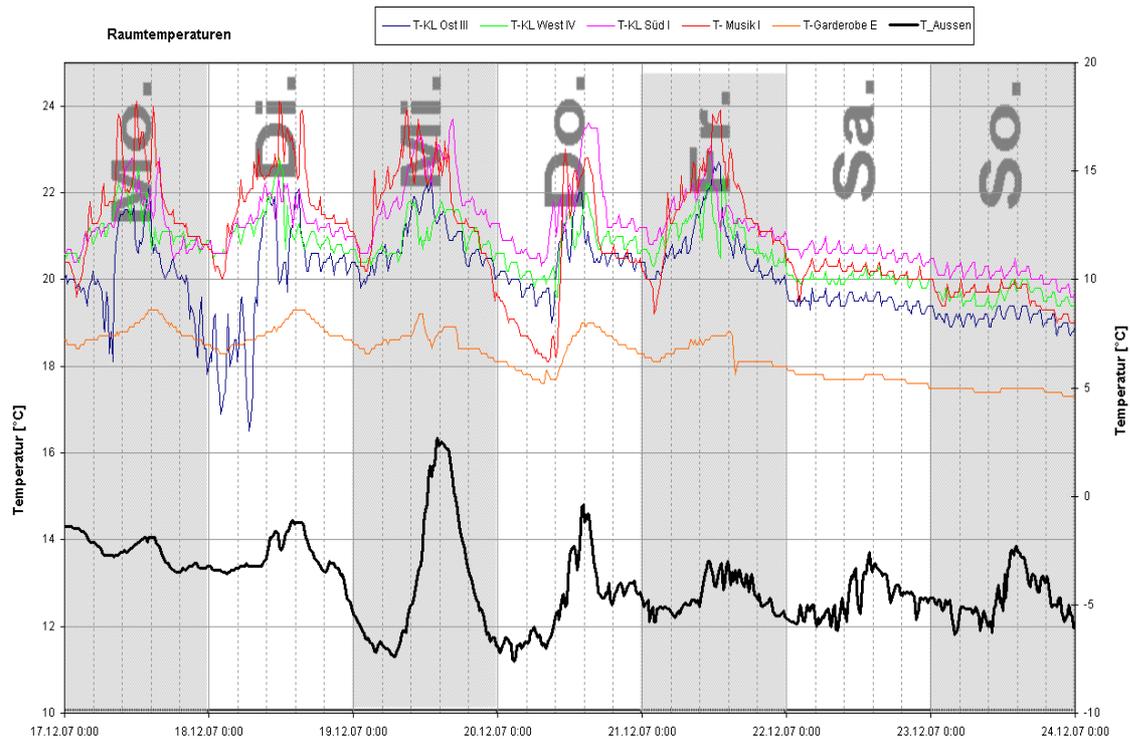


Abbildung 36 Innenraumtemperaturen in der kältesten Schulwoche im Dezember 2007 (15min Mittelwerte)

Die Temperaturen liegen während der Schulzeiten durchwegs über 20°C, lediglich die Temperatur der ostseitig gelegenen Klasse liegt im Schnitt unter den Temperaturen der übrigen Klassen.

Im Winterfall ergaben sich jedoch niedrige Raumluftfeuchtigkeitswerte, wenn kalte Außenluft über die Lüftung angesaugt, erwärmt und als Zuluft eingebracht wird (siehe Abbildung 37).

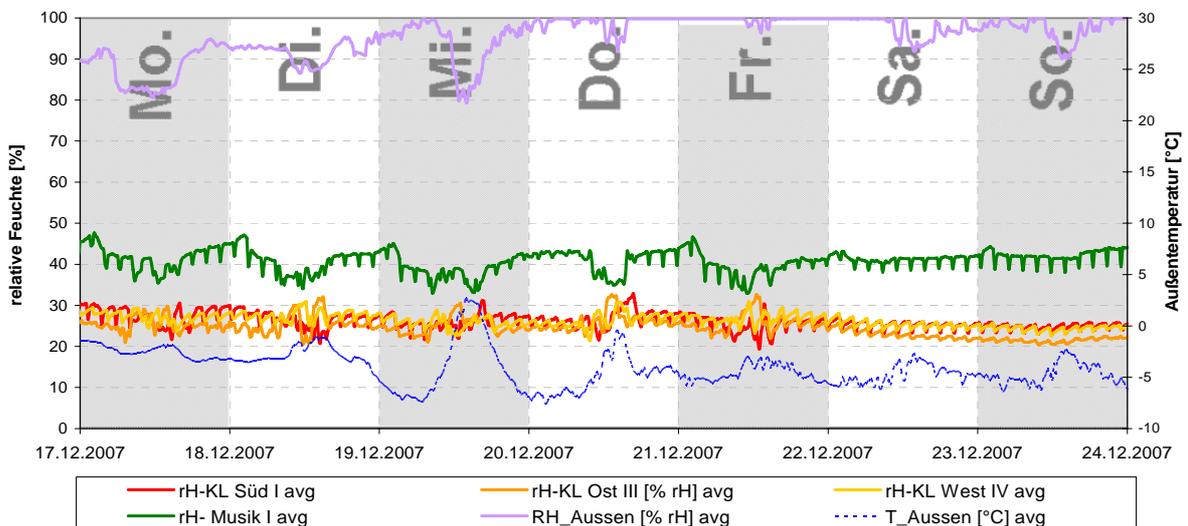


Abbildung 37 Innenraumfeuchten in der kältesten Schulwoche im Dezember 2007 (15min Mittelwerte)

Gemäß ÖNORM EN 13779 liegt die Behaglichkeitsgrenze für die relative Raumfeuchte bei 30% bis 60%, wobei diese im Falle der Klassenzimmer im Schulgebäude in Schwanenstadt teilweise unterschritten wird. Die Raumfeuchtigkeit in den Klassenzimmern beträgt zwischen 20% und 35%. Nur im nordseitig gelegenen Musikzimmer bewegen sich die

Werte innerhalb der Behaglichkeitsgrenze. Ursache hierfür ist unter Umständen die unregelmäßige Benützung des Raumes und damit ein weniger intensiver Lüftungsbetrieb.

Der bei der Planungsphase angenommene zusätzliche Eintrag von Feuchtigkeit durch die anwesenden Personen (SchülerInnen und Lehrpersonal) reicht nicht immer aus, um die geforderten Feuchtwerte einzuhalten.

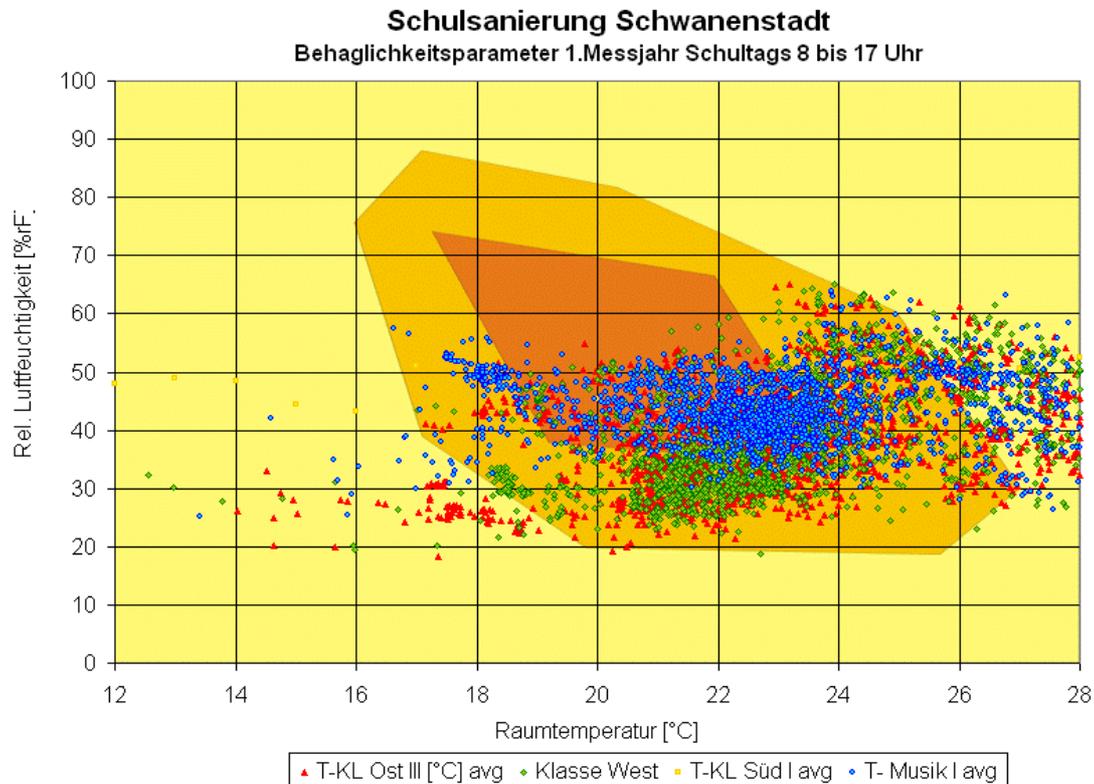


Abbildung 38 Relative Luftfeuchtigkeit über der Raumtemperatur – Behaglichkeitsfeld, Messjahr 1, Stundenmittelwerte

Abbildung 38 macht den Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit deutlich. Die Messdaten des ersten Messjahres liegen vor allem im unteren Bereich des Behaglichkeitsfeldes. Es traten sowohl Temperaturen unter 20°C als auch Raumtemperaturen über 26°C auf. Bei Raumtemperaturen im behaglichen Bereich zwischen 20°C und 24°C lag die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 20% und 50%.

Im zweiten Messjahr traten nur noch vereinzelt Temperaturen unter 20°C auf (siehe Abbildung 39). Die Luftfeuchtigkeitswerte lagen im Temperaturbereich zwischen 22°C und 24°C um 10% höher als im ersten Messjahr. Im Temperaturbereich zwischen 20°C und 24°C traten wie im ersten Messjahr aber auch Luftfeuchtigkeitswerte auf, die 30% unterschritten.

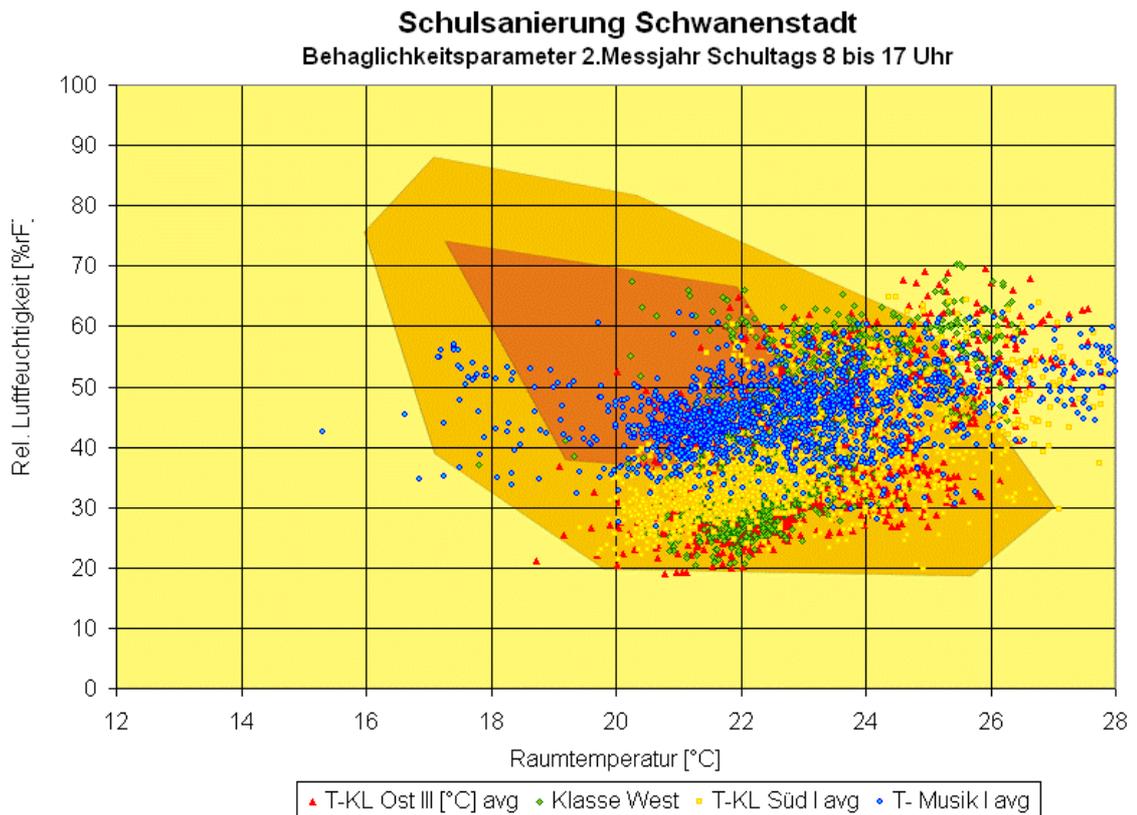


Abbildung 39 Relative Luftfeuchtigkeit über der Raumtemperatur-Behaglichkeitsfeld, Messjahr 2

### 5.2.2 Lüftungsanlage

Die Lüftungsanlage sollte bei Anwesenheit von Personen im Klassenzimmer in Betrieb gehen, was allerdings nicht immer der Fall war.

Anscheinend sprach der Bewegungssensor nur unregelmäßig auf Bewegung an, was Abbildung 40 verdeutlicht.

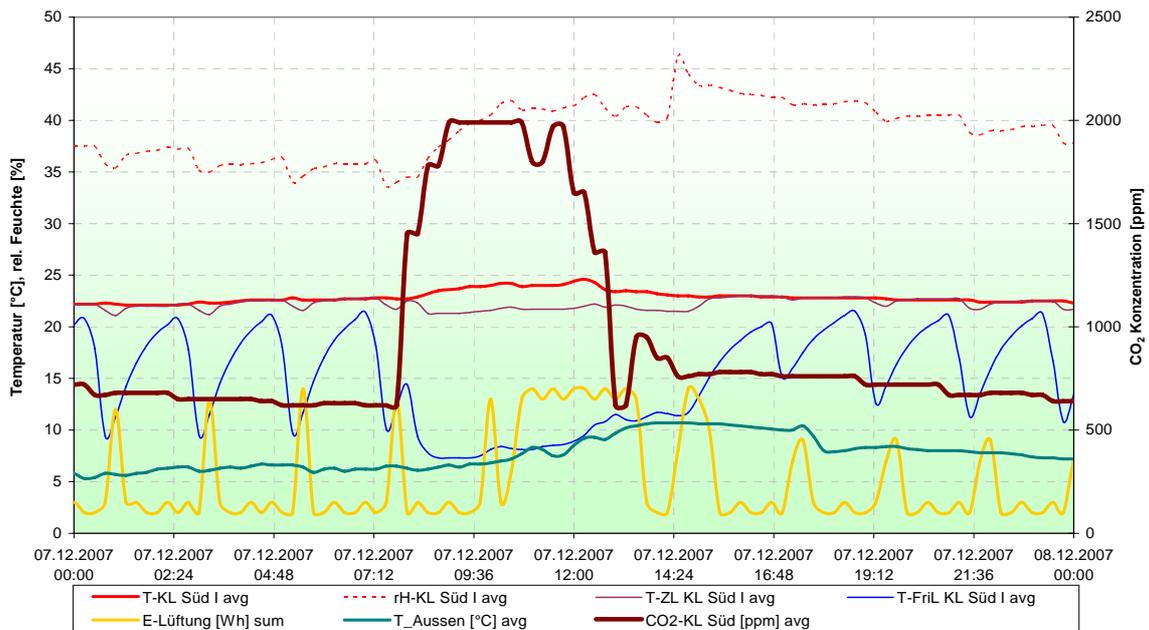


Abbildung 40 Luftqualität und Lüftungsverhalten Klasse Süd

Am Verlauf des Lüftungsstromes E\_Lüftung ist zu erkennen, dass die Lüftung in regelmäßigen Abständen (alle 75 min) für kurze Zeit in Betrieb geht.

Sobald jedoch Personen den Raum betreten, sollte der Bewegungssensor reagieren und die Lüftungsanlage in Betrieb gehen, was allerdings nicht der Fall war. Die Lüftungsanlage schaltete sich erst nach etwa 3 Stunden ein, dies führte aufgrund der hohen Personenbelegung zu einem Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf 2000 ppm.

### 5.2.2.1 Ermittlung der Außenluftrückwärmezahl

Im ersten Messjahr wurde durch Ermittlung der Außenluftrückwärmezahlen für zwei Klassenzimmer die Effektivität der Lüftungsanlage überprüft. Dabei wurden die Rückwärmezahlen für Außentemperaturen kleiner als 15°C ermittelt (Heizperiode). Das Ergebnis ist in Abbildung 41 dargestellt.

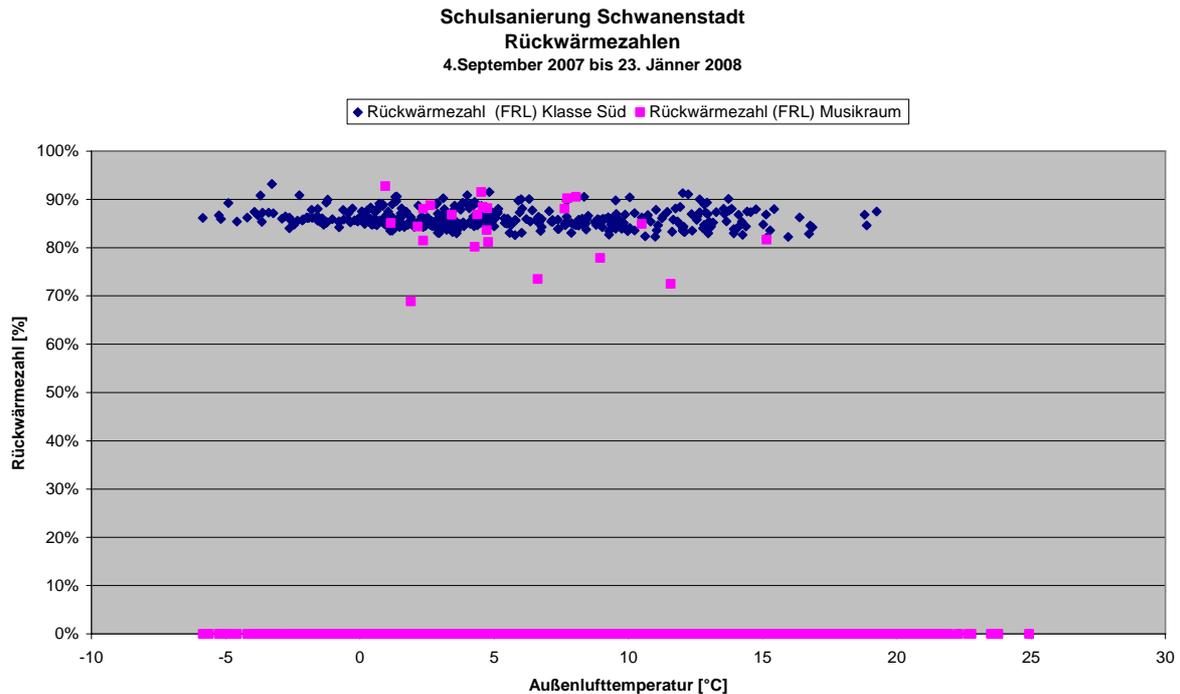


Abbildung 41 Rückwärmezahlen für Klasse Süd und Musikraum in Abhängigkeit von der Außentemperatur

Die Rückwärmezahl  $\Phi$  des Wärmetauschers wurde aus den gemessenen Temperaturen nach folgender Formel bestimmt:

$$\Phi = \frac{(T_{Zul} - T_{Frl})}{(T_{Abl} - T_{Frl})}$$

Dabei bedeuten

$T_{Zul}$  ...Zulufttemperatur

$T_{Frl}$  ...Frischlufftemperatur

$T_{Abl}$  ...Ablufttemperatur

Die Rückwärmezahl wurde berechnet, wenn die Frischlufftemperatur kleiner als die Ablufttemperatur und die Zulufttemperatur größer als die Frischlufftemperatur war.

Für das Lüftungsgerät der Klasse Süd liegen die Werte durchwegs im Bereich zwischen 80% und 100%, wobei ein Mittelwert von 86% berechnet wurde. Für das Lüftungsgerät des Musikraumes wurde eine mittlere Rückwärmezahl von 84% berechnet.

### 5.2.2.2 Lüftungsstromverlauf

Im zweiten Messjahr wurde der Lüftungsstromverlauf der Klassenlüftungsgeräte in den vier Messklassen bestimmt (siehe Abbildung 42). Alle zwei bis drei Stunden erfolgte eine Stoßlüftung. Die Leistungsaufnahme der Lüftungsgeräte bei Stoßlüftung betrug zwischen 9 W und 51 W. Abbildung 42 zeigt weiters, dass das Klassenlüftungsgerät in Klasse Süd mit höherer Leistung betrieben wurde. Die Leistungsaufnahme betrug häufig über 200 W, was einem Betrieb in Stufe 3 des Lüftungsgerätes (Maximalbetrieb) entspricht. Bei tiefen Außentemperaturen wie z.B. im Jänner 2009 waren die Frostschutzregister aktiv. Die

Leistungsaufnahme der Klassenlüftungsgeräte stieg auf 400 W bis auf maximal 1.154 W in der Klasse Ost.

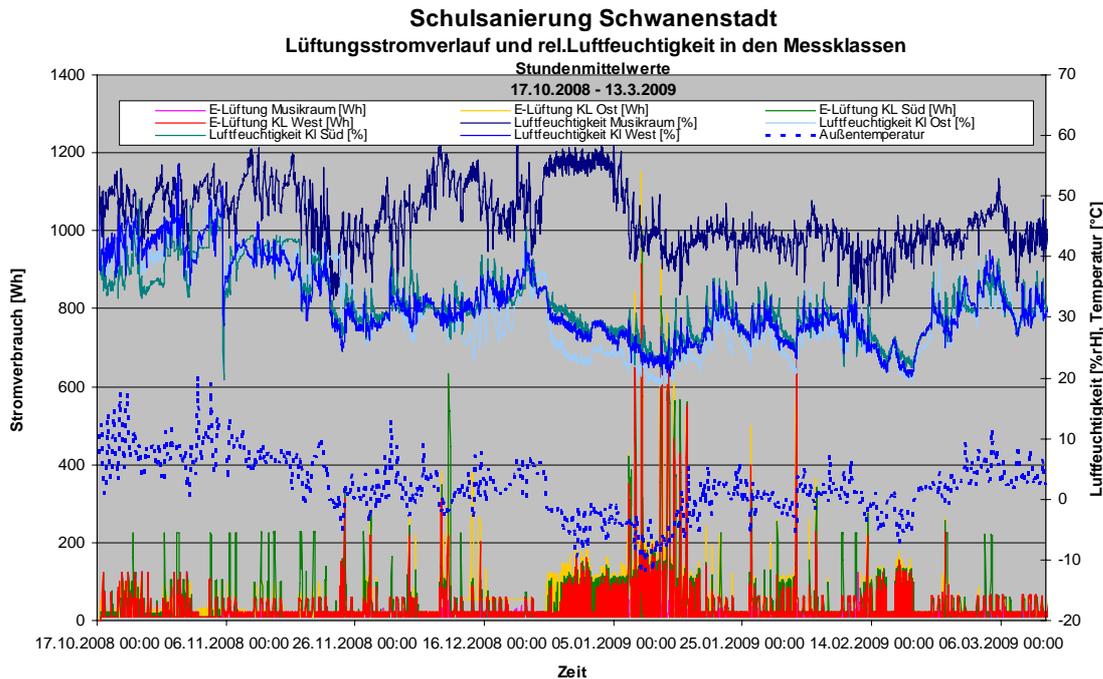


Abbildung 42 Lüftungsstromverlauf und relative Luftfeuchtigkeit 17.10.2008 -13.3.2009, Stundenmittelwerte

Der Lüftungsstromverlauf soll für die kälteste Woche im Jänner 2009 näher betrachtet werden. Abbildung 43 zeigt den Verlauf der Stundenmittelwerte. Die Außentemperaturen lagen in dieser Woche zwischen  $-10^{\circ}\text{C}$  und  $+5^{\circ}\text{C}$ . Jeweils am Vormittag während des Unterrichts traten Spitzen des Lüftungsstromverbrauchs auf, das heißt das Lüftungsgerät aktivierte das Frostschutzregister. In den Nachtstunden war die Stoßlüftung aktiv. Die Leistungsaufnahme bei Stoßlüftung betrug zwischen 78 W und 108 W. Abbildung 43 zeigt auch, dass am 15. und 16. Jänner 2009 zu Mittag auf reduzierten Betrieb umgeschaltet wurde. Die Lüftungsanlage im Musikraum war ständig nur im reduzierten Betrieb aktiv. Hier erfolgte auch keine Aktivierung des Frostschutzregisters.

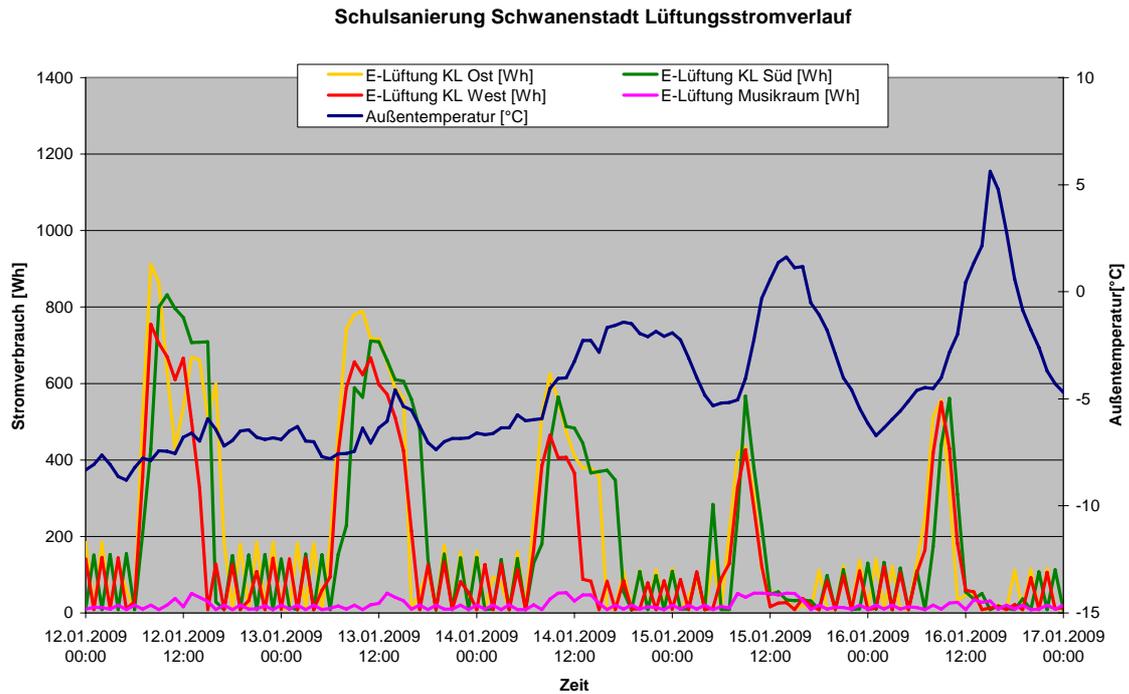


Abbildung 43 Lüftungsstromverlauf in der kältesten Woche (Jänner 2009)

In den folgenden Abbildungen werden der Lüftungsstromverlauf und der Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration betrachtet. Im Jänner 2009 ist die Frostfreihaltung aktiv. Der Lüftungsstromverbrauch liegt zwischen 560 Wh und 830 Wh. Hierbei handelt es sich um mittlere Stundenwerte. Man sieht deutlich, wie die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Früh ansteigt und ihr Maximum um 12 Uhr (am 12. und 13. Jänner) bzw. um 11 Uhr (14., 15. und 16. Jänner) erreicht.

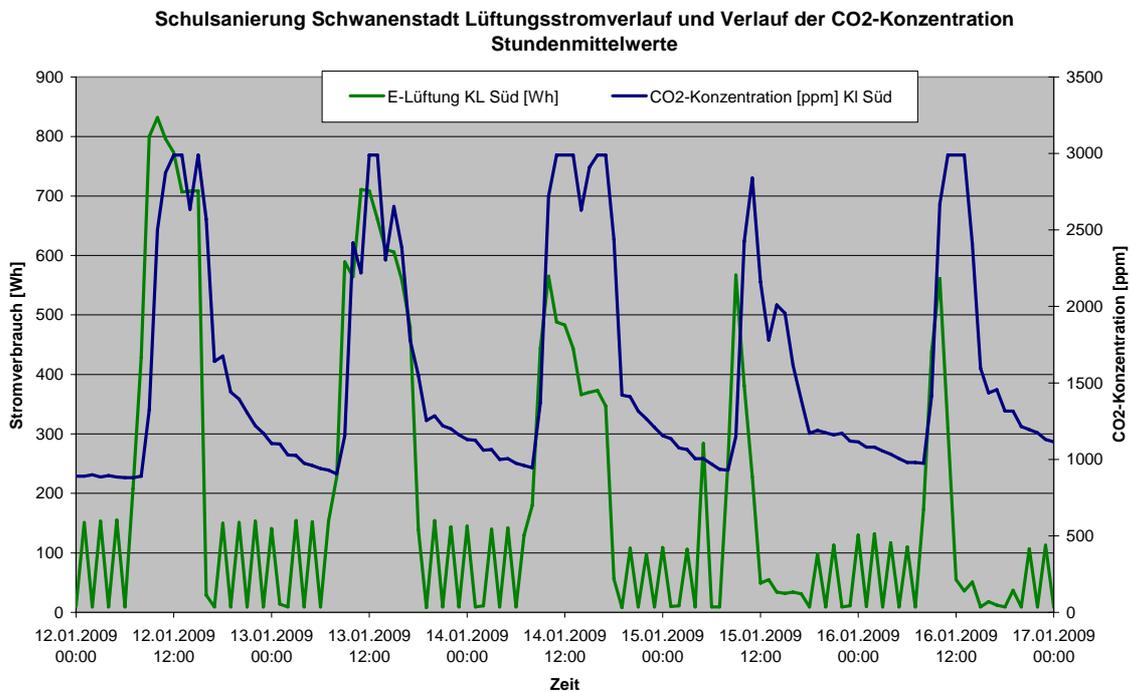


Abbildung 44 Lüftungsstromverlauf und Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration für eine Woche im Jänner 2009, Klasse Süd

Im März 2009 hingegen ist die Lüftung an drei Tagen im reduzierten Betrieb aktiv, nur an einem Tag (24. März 2009) läuft sie auf Maximalbetrieb (Stufe 3). Das Maximum des Lüftungsstromverbrauchs beträgt am 24. März 2009 220 Wh. An diesem Tag sieht man auch, dass nach Umschaltung der Anlage auf Maximalbetrieb die CO<sub>2</sub>-Konzentration sinkt (Abbildung 45).

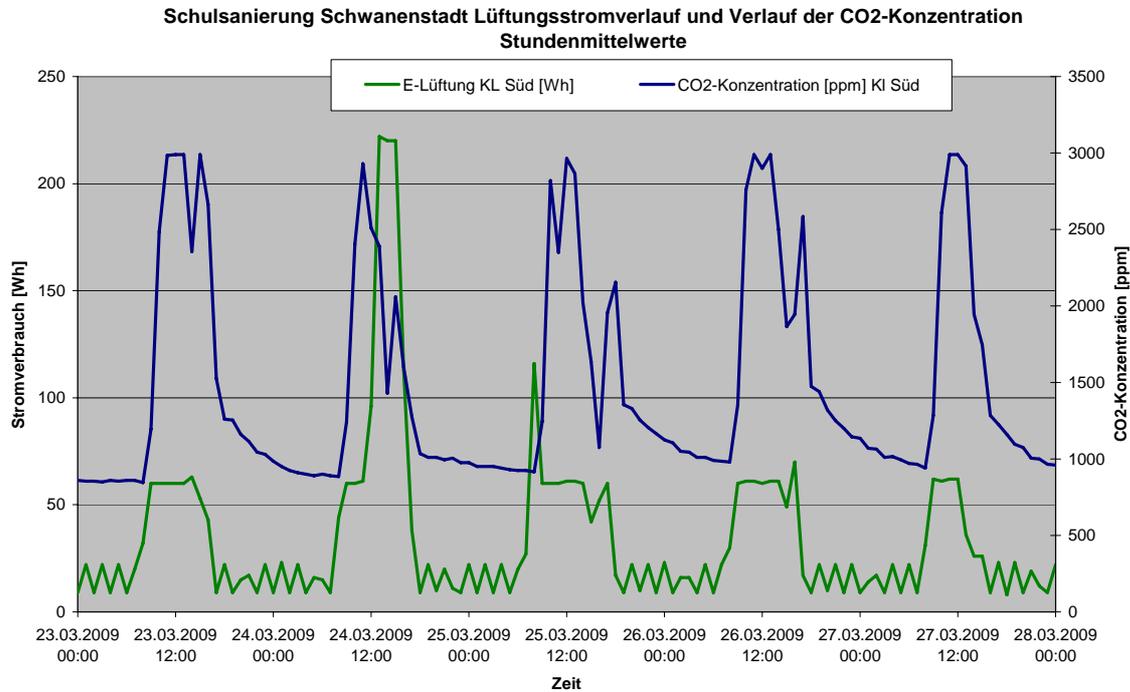


Abbildung 45 Lüftungsstromverlauf und Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration für eine Woche im März 2009

### 5.2.3 Energiebilanz

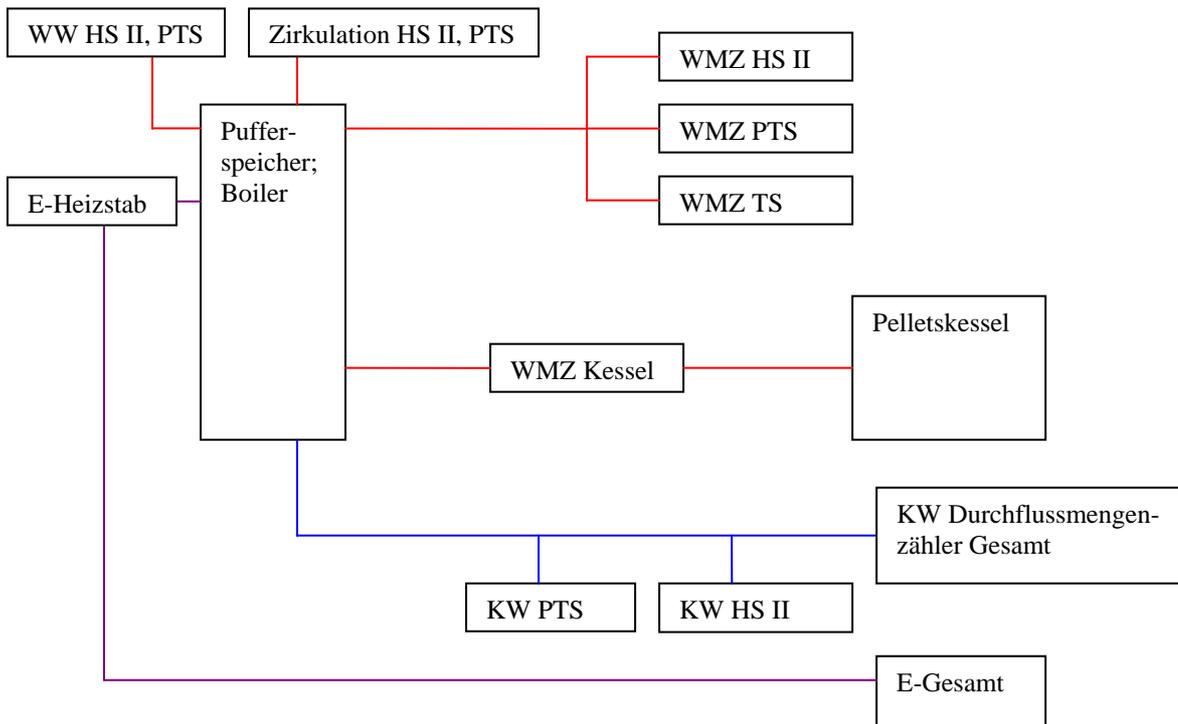


Abbildung 46 schematische Darstellung der Messtellen zur Erstellung der Energiebilanz

Der Warmwasserverbrauch (WW) von Musikhauptschule (HS II) und Polytechnischer Schule (PTS) wurde als Differenz der Kaltwasserströme (KW) der Durchflussmengen-zähler berechnet.

Als Bezugsfläche für die Erstellung der Energiebilanz diente die treated floor area (TFA) des gesamten Gebäudes (siehe auch 5.1.2 Angabe der Energiebezugsfläche, Seite 33).

Im ersten Messjahr werden von November bis April sowohl die Heizwärme als auch das Warmwasser über den Pelletskessel bereitgestellt (in Abbildung 47 rot dargestellt). Im Oktober erfolgte die Bereitstellung über das elektrische Nachheizregister (in Abbildung 47 gelb dargestellt) und den Pelletskessel, in den restlichen Monaten wurde das Warmwasser ausschließlich über das elektrische Nachheizregister erwärmt. Die orangenen Balken entsprechen dem Warmwasserverbrauch und die braunen Balken jener Energie, die über den Speicher und die Zirkulationsleitung verloren geht. Die Speicher- und Zirkulationsverluste wurden berechnet. Weiters sind die Wärmeverbräuche der Hauptschule in grün, der Polytechnischen Schule in blau und des Turnsaales in rosa dargestellt.

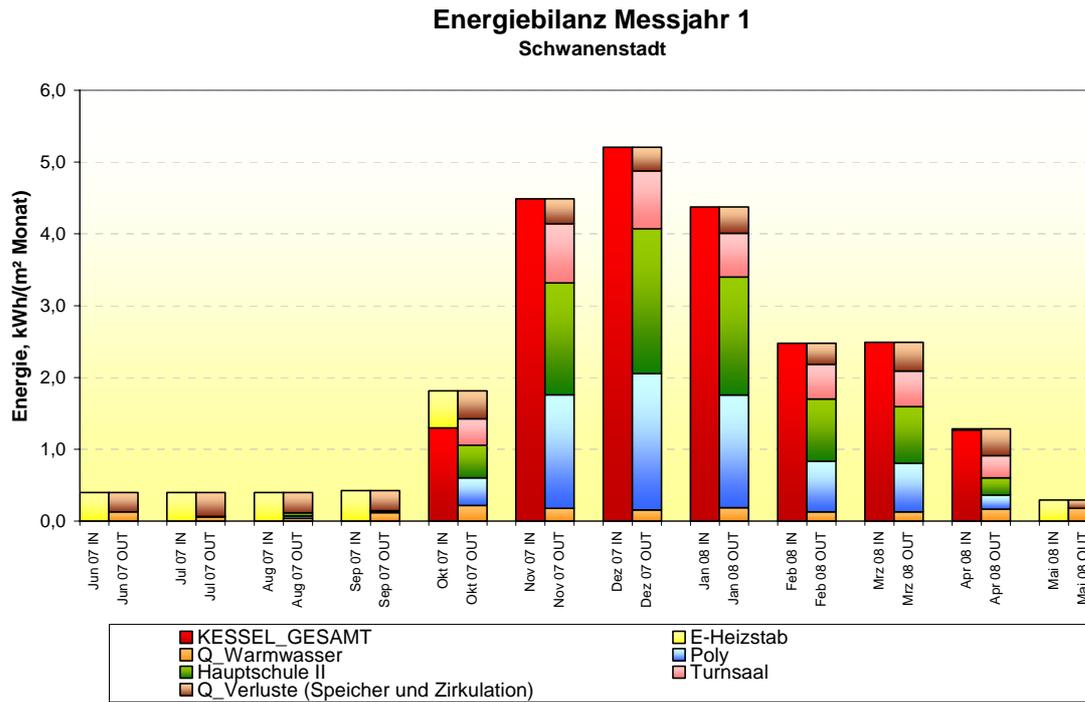


Abbildung 47 Energiebilanz Messjahr 1

Im zweiten Messjahr (Abbildung 48) wurde die gesamte benötigte Energie für Heizung und Warmwasser von Oktober bis März vom Pelletskessel aufgebracht, im September 08 sowohl vom Heizkessel als auch vom Nachheizregister. Während der übrigen Monate wurde die benötigte Wärme über das Nachheizregister erzeugt.

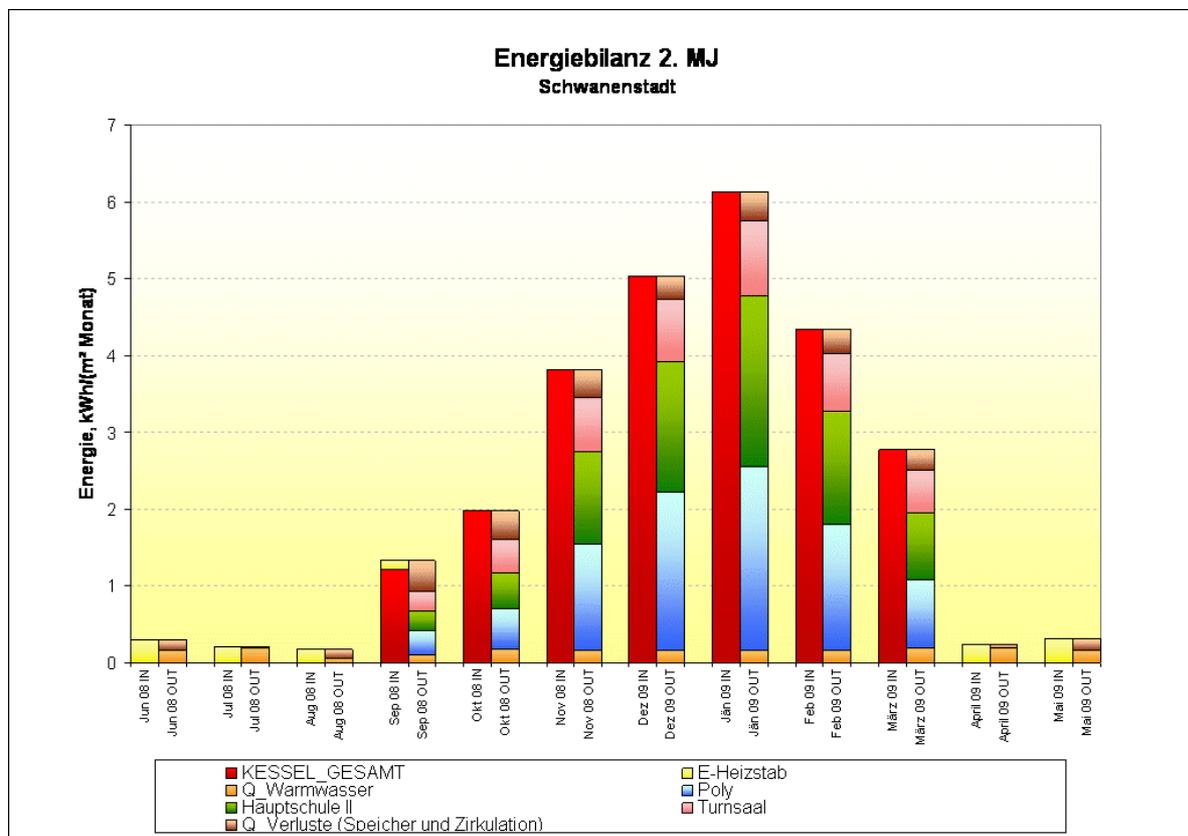


Abbildung 48 Energiebilanz Messjahr 2

In Tabelle 8 sind die Energieeinträge und Heizwärmeverbräuche zusammengefasst. Die Werte sind auf die treated floor area des gesamten Gebäudes bezogen.

Tabelle 8: Endenergieeinträge durch Pelletskessel und Nachheizregister, Energieverbräuche der Polytechnischen Schule, Musikhauptschule und des Turnsaals, Messjahr 1 und 2

	1. MESSJAHR	2. MESSJAHR
Endenergieeintrag Kessel <sup>1</sup> [kWh/m <sup>2</sup> a]	28,43	33,32
Endenergieeintrag Nachheizregister (Strom) [kWh/m <sup>2</sup> ]	2,45	1,35
Heizwärmeverbrauch Polytechnische Schule [kWh/m <sup>2</sup> ]	7,1	9,19
Heizwärmeverbrauch Musikhauptschule [kWh/m <sup>2</sup> ]	7,62	8,19
Heizwärmeverbrauch Turnsaal [kWh/m <sup>2</sup> ]	3,91	4,50
Warmwasserverbrauch [kWh/m <sup>2</sup> ]	1,69	1,92
Verluste Speicher und Zirkulation <sup>1</sup> [kWh/m <sup>2</sup> ]	3,78	2,87

<sup>1</sup>aus Messwerten berechneter Wert

Der Kesselwirkungsgrad wurde aus dem Pelletsverbrauch bestimmt. Dafür wurde der Pelletsverbrauch im Zeitraum zwischen 4. Oktober 2007 und 24. März 2009 summiert, ein durchschnittlicher Tagesverbrauch berechnet und dem durchschnittlichen täglichen Heizwärmeeintrag des Kessels gegenübergestellt. Der somit errechnete Kesselwirkungsgrad beträgt 76%. Der Berechnung wurde ein Heizwert der Holzpellets von 4,9 kWh/kg zugrundegelegt.

Für die Berechnung des Speicher- und Zirkulationssystemwirkungsgrads (Abbildung 49) wurde folgende Formel herangezogen.

$$\eta_{\text{Zirkulation/Speicher}} = \frac{(Q_{\text{Kessel}} + Q_{\text{Heizstab}} - Q_{\text{Verluste\_Puffer+Zirk}})}{(Q_{\text{Kessel}} + Q_{\text{Heizstab}})}$$



Abbildung 49 Zirkulations- und Speichersystemwirkungsgrad, Messjahr 1

Der Systemwirkungsgrad (siehe Abbildung 50) wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\eta_{\text{System}} = \frac{(Q_{\text{Kessel}} + Q_{\text{Heizstab}} - Q_{\text{Verluste\_Puffer+Zirk}})}{(Q_{\text{Kessel}} / \eta_{\text{Kessel}} + Q_{\text{Heizstab}})}$$

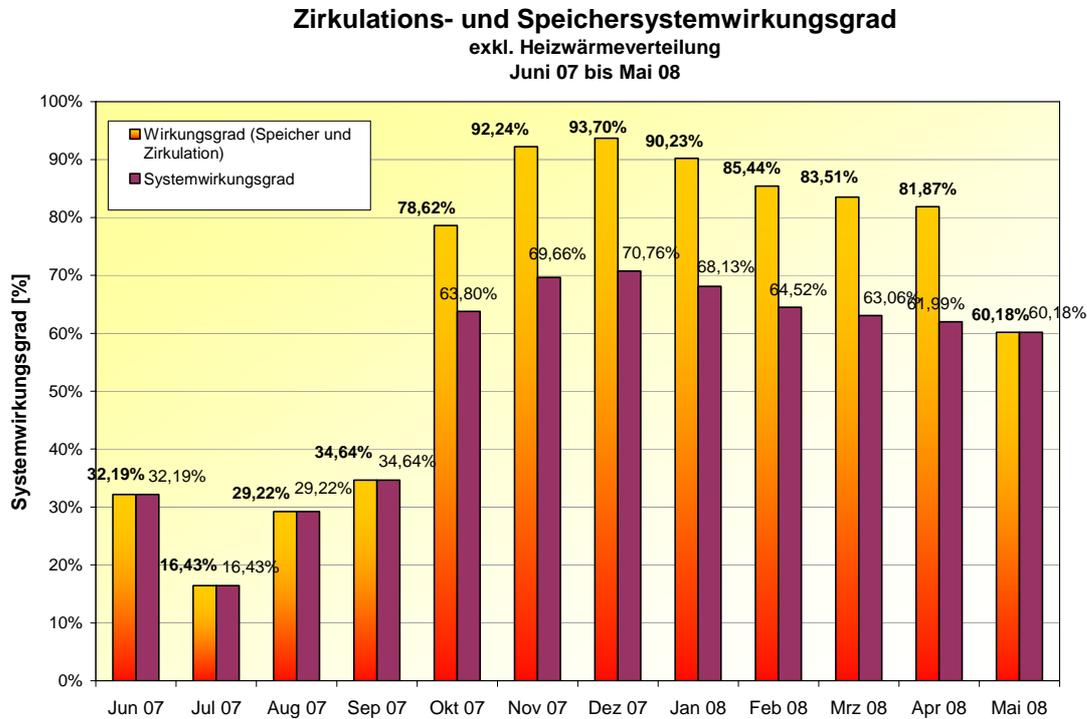


Abbildung 50 Zirkulations- und Speichersystemwirkungsgrad, Messjahr 1

Der Nutzenergieverbrauch (siehe Abbildung 51 und Abbildung 52) beinhaltet die Heizenergie für die Musikhauptschule (HSII), Polytechnische Schule (PTS) und Turnsaal sowie Warmwasser, Stromverbrauch des Nachheizregisters sowie den allgemeinen Stromverbrauch (EDV, Beleuchtung ...). In den Abbildungen wird der allgemeine Stromverbrauch als E-Gesamt exkl. Heizstab bezeichnet. Zusätzlich wurden in den Abbildungen der Verlauf der Heizgradtage und die Globalstrahlung dargestellt. Die Heizgradtage wurden mit den gemessenen Raumtemperaturen bei Außentemperaturen kleiner 15°C ermittelt.

Bezogen auf die treated floor area des gesamten Gebäudes betrug der Nutzenergieverbrauch für das erste Messjahr 41,6 kWh/m<sup>2</sup>a. Im ersten Messjahr wurden 3.815 [Kd] Heizgradtage gemessen und die Globalstrahlung betrug 1.173 kWh/m<sup>2</sup>a. Im zweiten Messjahr betrug der Nutzenergieverbrauch 44,9 kWh/m<sup>2</sup>a bei 3.524 [Kd] Heizgradtagen und einer Globalstrahlung von 1.221 kWh/m<sup>2</sup>a.

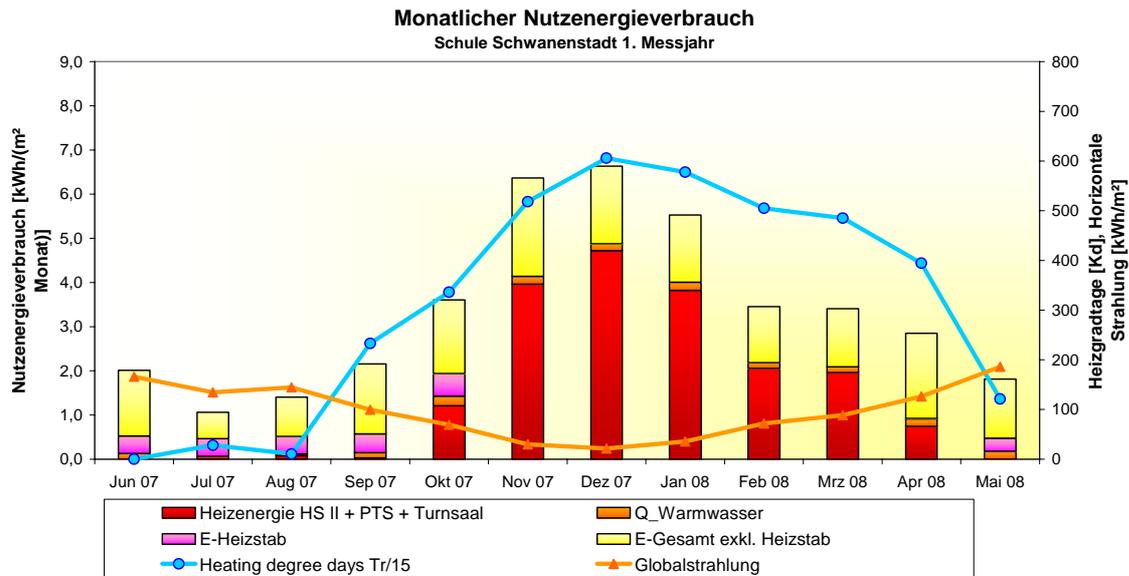


Abbildung 51 Monatlicher Nutzenergieverbrauch Schule Schwanenstadt, Messjahr 1

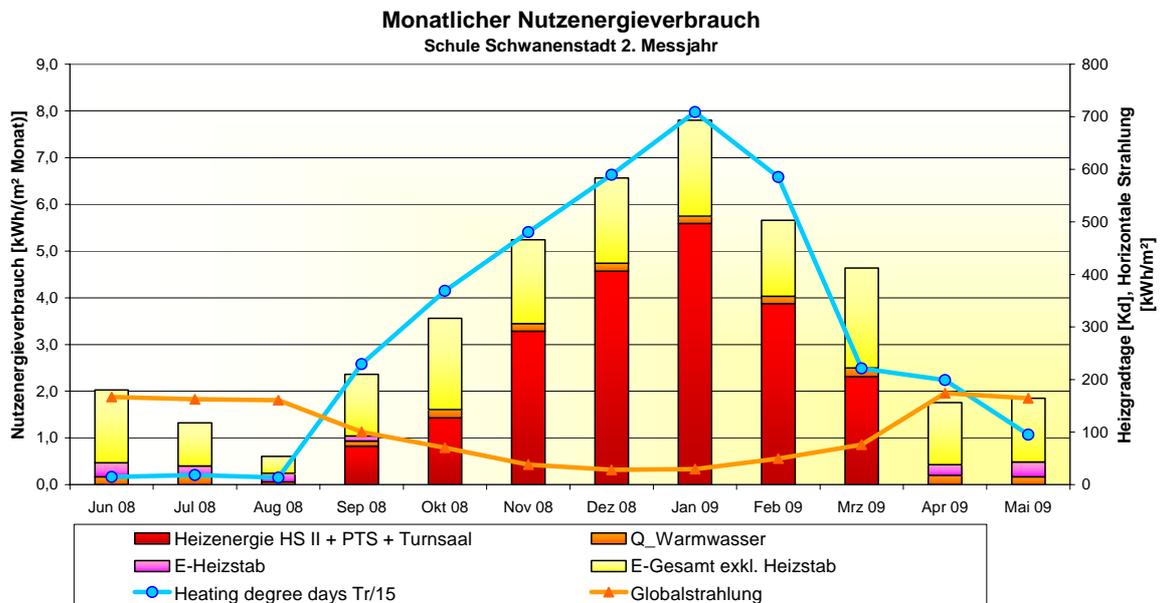


Abbildung 52 Monatlicher Nutzenergieverbrauch Schule Schwanenstadt, Messjahr 2

Der Gesamtstromverbrauch betrug im ersten Messjahr 20,01 kWh/m<sup>2</sup>a, wobei das elektrische Nachheizregister im ersten Messjahr 2,45 kWh/m<sup>2</sup>a verbrauchte. Der allgemeine Stromverbrauch inklusive Klassenlüftungsgeräte betrug 17,56 kWh/m<sup>2</sup>a.

In Abbildung 53 wurden Lüftungsstrom und Stromverbrauch des Heizstabes im Verhältnis zum Gesamtstromverbrauch dargestellt. Zur Ermittlung des Stromanteiles der Lüftungsgeräte wurde der Stromverbrauch der Lüftungsgeräte der Messklassen (Messzeitraum 17.10.2008 bis 2.4.2009) auf das Messjahr hochgerechnet. Der Stromverbrauch der vermessenen Lüftungsgeräte wurde gemittelt und mit der Anzahl der installierten Lüftungsgeräte multipliziert.

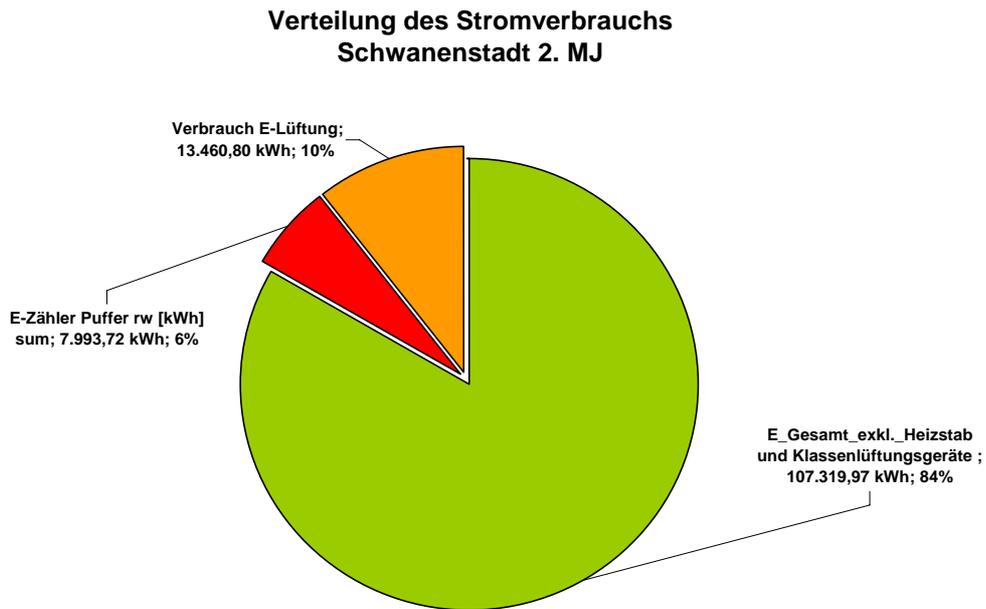


Abbildung 53 Verteilung des Stromverbrauchs, Absolutwerte

Zum Abschluss sollen Heizenergie-, Endenergie- und Primärenergieverbrauch für das erste und zweite Messjahr dargestellt werden

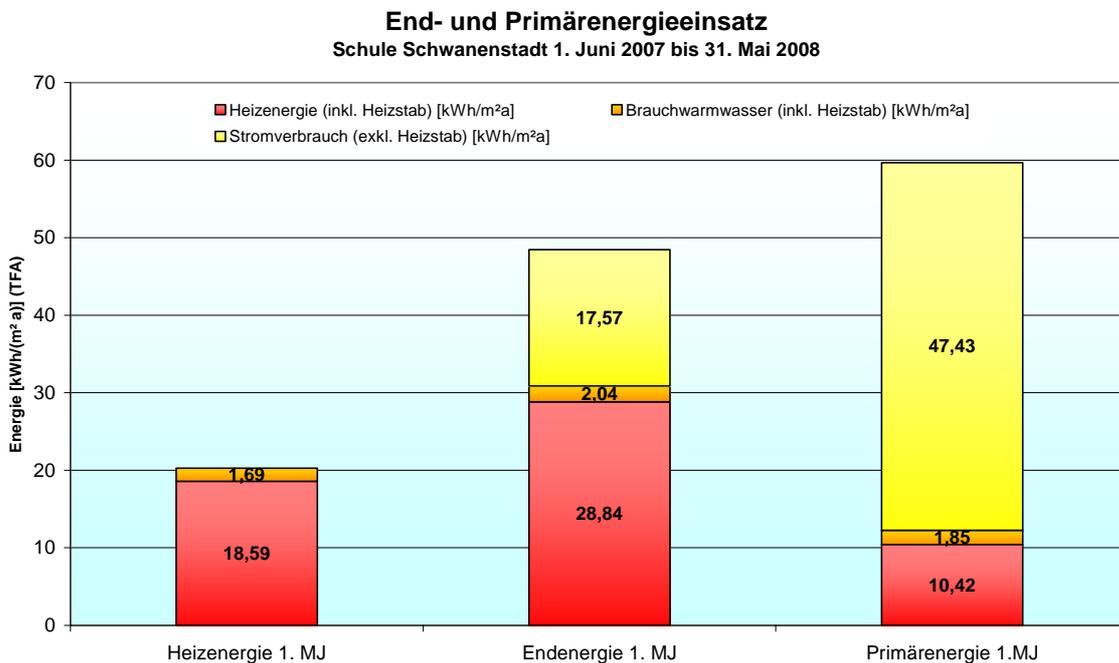


Abbildung 54 Heizenergie, End- und Primärenergieeinsatz Schule Schwanenstadt, Messjahr 1

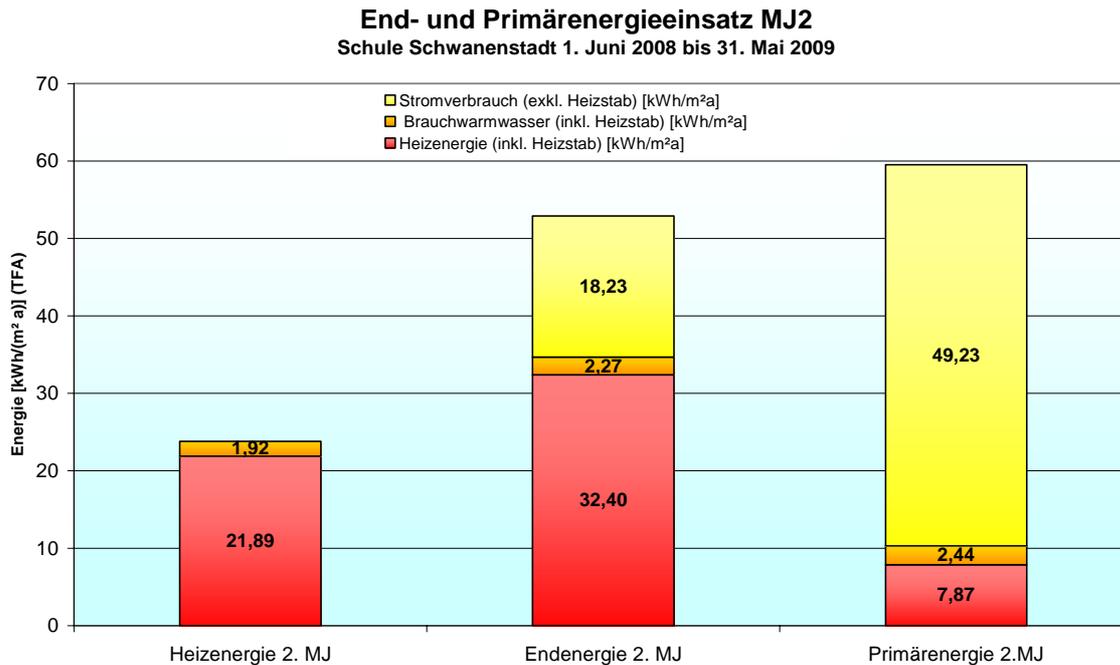


Abbildung 55 Heizenergie, End- und Primärenergieeinsatz Schule Schwanenstadt, Messjahr 2

Der Balken Heizenergie in Abbildung 54 und Abbildung 55 bezieht sich auf den Verbrauch von Warmwasser und Heizwärme für Polytechnische Schule, Musikhauptschule und Turnsaal. Der Balken Endenergie Heizenergie beinhaltet den Heizenergieeintrag durch den Pelletskessel und den Stromverbrauch des elektrischen Nachheizregisters. Für den zentralen Pelletskessel wurde in der ersten Messperiode ein Gesamtenergieeintrag von 127,4 MWh bzw. 21,6 kWh/m²a gemessen. Im zweiten Messjahr betrug der gemessene Gesamtenergieeintrag 149,4 MWh bzw. 25,3 kWh/m²a. Mit Berücksichtigung des Kesselwirkungsgrad von 76% (zur Bestimmung des Kesselwirkungsgrad siehe Kapitel 5.2.3, Seite 55) ergeben sich die im Diagramm dargestellten Werte für die Heizenergie des Balken „Endenergie“. Weiters sind in der Endenergie der durch Pelletskessel und Nachheizregister bereitgestellte Warmwasseranteil sowie der Gesamtstromverbrauch (exklusive Heizstab) dargestellt. Im dritten Balken wurde der Endenergieverbrauch mit den Primärfaktoren, die in Kapitel 5.1.1 dargestellt wurden, bewertet.

Die Werte in den Diagrammen beziehen sich jeweils auf die treated floor area des gesamten Gebäudes (siehe 5.1.2).

Im zweiten Messjahr liegen Heizwärmeverbrauch und Warmwasserverbrauch höher als im ersten Messjahr. Auch der Stromverbrauch liegt höher. Trotzdem ist der Primärenergieverbrauch in beiden Messjahren etwa gleich, da der Anteil der elektrischen Nachheizung im zweiten Messjahr geringer als im ersten Messjahr war (siehe auch Tabelle 8 auf Seite 57).

#### 5.2.4 Bewertung des Heizwärmebedarfs

Wie in Kapitel 5.1.3 näher erläutert wurde ein temperatur- und klimabereinigter Heizwärmebedarf berechnet. Für das erste Messjahr ergab sich ein temperatur und klimabereinigter Wert von 19,29 kWh/m²a, für das zweite Messjahr betrug dieser Wert 18,40 kWh/m²a.

## 5.3 Zusammenfassung und Fazit

### Klima

Die mittlere Außentemperatur lag im Projekt Schwanenstadt im ersten Messjahr bei 10,8°C, im zweiten Messjahr bei 9,8°C. Die mittlere Außentemperatur im Referenzklima, das im Rahmen des Projektes Promotion of European Passive Houses (PEP) für Österreich festgelegt wurde, beträgt 9,8°C. Die Globalstrahlung auf die ebene Fläche lag im ersten Messjahr mit einem Wert von 1172 kWh/m<sup>2</sup>a um 50 kWh/m<sup>2</sup>a über dem Wert des Referenzklimas von 1122,6 kWh/m<sup>2</sup>a, im zweiten Messjahr lag die Globalstrahlung bei 1221 kWh/m<sup>2</sup>a und damit um 100 kWh/m<sup>2</sup>a über dem Wert des Referenzklimas.

### Komfortparameter

Die wichtigsten Komfortparameter zur Beurteilung des Raumklimas sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Hierbei muss man beachten, dass es sich um gemittelte Werte handelt und die Raumtemperaturen ein Maximum von 32°C im ersten Messjahr und 30°C im zweiten Messjahr erreichten. Die Überhitzung konnte durch die Verschattungsmaßnahme im zweiten Messjahr verbessert werden, durch gezielte Nutzung der Nachtstunden zur Kühlung könnte sie weiter verbessert werden.

Die relative Raumfeuchtigkeit sank in den Wintermonaten im ersten Messjahr auf minimal 13,3 %rH in Klasse Süd und im zweiten Messjahr auf minimal 19,15 %rH in Klasse Ost. Sinkt die relative Raumluftfeuchtigkeit unter 30%, schalten die Lüftungsgeräte auf reduzierten Betrieb.

Tabelle 9: Übersicht über die gemittelten Komfortparameter

	Messjahr 1	Messjahr 2
Mittlere Raumtemperatur in der Heizperiode [°C]	22	22
Mittlere relative Raumluftfeuchtigkeit in der Heizperiode [%rH]	38	37
Mittlere Raumtemperatur in den Sommermonaten [°C]	24	25
Mittlere relative Raumluftfeuchtigkeit in den Sommermonaten [%rH]	44	43
Anzahl der Stunden über 26°C in % der Gesamtschulstunden	16,57	10,96
Relative Raumfeuchtigkeit < 30 %rH in % der Gesamtschulstunden	10,74	12,41

### Energiebilanz

Der Endenergieverbrauch des Pelletskessels betrug für das erste Messjahr 28,43 kWh/m<sup>2</sup>a und für das zweite Messjahr 33,32 kWh/m<sup>2</sup>a. Diese Werte wurden aus den gemessenen Energieverbräuchen bestimmt und berücksichtigen einen Kesselwirkungsgrad von 76%. Der Stromverbrauch des Nachheizregisters betrug 2,45 kWh/m<sup>2</sup>a für das erste und 1,35 kWh/m<sup>2</sup>a für das zweite Messjahr. Der Heizwärmeverbrauch betrug im ersten Messjahr 18,59 kWh/m<sup>2</sup>a und im zweiten Messjahr 21,89 kWh/m<sup>2</sup>a.

Die Verteilung des Stromverbrauchs wurde für das zweite Messjahr bestimmt und ist in Tabelle 10 zusammengefasst. Durch Berechnung eines mittleren Stromverbrauchs der vermessenen Lüftungsgeräte wurde der Stromverbrauch für 45 Lüftungsgeräte hochgerechnet.

Tabelle 10: Verteilung des Stromverbrauchs, Projekt Schwanenstadt, Messjahr 2

	Absolutwert [kWh/a]	Prozentanteil [%]
Stromverbrauch Nachheizregister	7.993,72	6
Stromverbrauch Lüftungsgeräte	13.460,80	10
Stromverbrauch für Beleuchtung, EDV, ...	107.319,97	84

Abschließend werden in Tabelle 11 der Heiz-, End- und Primärenergieeinsatz des Projektes Schwanenstadt dargestellt. Die Werte beziehen sich auf die treated floor area (TFA).

Tabelle 11: Heiz-, End- und Primärenergieeinsatz für Messjahr 1 und Messjahr 2

	Messjahr 1	Messjahr 2
Heizwärmebedarf temperatur- und klimabereitigt [kWh/m <sup>2</sup> a]	19,29	18,40
Heizwärmeverbrauch [kWh/m <sup>2</sup> a]	18,59	21,89
Warmwasserverbrauch [kWh/m <sup>2</sup> a]	1,69	1,92
Endenergiekennzahl [kWh/m <sup>2</sup> a]	48,44	52,91
Primärenergiekennzahl [kWh/m <sup>2</sup> a]	59,69	59,54

## Fazit

Das Projekt zeichnet sich durch einen sehr niedrigen Energieverbrauch aus. Auch die Komfortparameter Raumtemperatur und Raumfeuchte erreichen sehr gute Werte. Die Überhitzungsproblematik des ersten Messjahres konnte durch eine Verschattungsmaßnahme sehr verbessert werden.

## **6 Die sozialwissenschaftliche Erhebung**

### **6.1 Beschreibung des Vorgehens**

Für die sozialwissenschaftliche Begleitforschung wurden mit den Direktoren der beiden Schulen, Herrn Dir. Karl Hainbucher (Musikhauptschule) und Herrn Dir. Solon Petrowisch (Polytechnische Schule) persönliche qualitative Interviews geführt. Ebenfalls gab es ein Interview mit dem für die Betreuung der Lüftungsanlage zuständigen Schulwart der Schule, Herrn Manfred Humer-Wenger. Weiters wurden schriftliche Fragebögen an die LehrerInnen der beiden Schulen über die Direktoren verteilt.

Ziel dieser Befragung war es, die Zufriedenheit der NutzerInnen zu evaluieren in Hinsicht auf die Sanierung (Hauptschule) bzw. den Neubau (Polytechnische Schule), das Passivhauskonzept, die Lüftungsanlage, die Informationen und die Betreuung während der Bauphase und aus den eventuell auftretenden Problemen und Schwierigkeiten Lösungsmöglichkeiten für diese und auch für weitere Passivhaus-Schulen abzuleiten.

Insbesondere interessant ist das Projekt Hauptschule Schwanenstadt auch deshalb, weil es sich um eines der wenigen Sanierungsprojekte im Schul-Passivhausbereich handelt. Ein Sanierungsvorhaben dieser Art bringt spezielle Herausforderungen für den Sanierungsprozess mit sich – die LehrerInnen und SchülerInnen sind während der Bauphase anwesend (außer der ganze Sanierungsprozess kann in die Schulferien gelegt werden), sie müssen informiert und betreut werden.

### **6.2 Ergebnisse der Fragebogenerhebung**

Neun LehrerInnen der beiden Schulen haben einen Fragebogen, der ihnen persönlich in ihr Postfach eingefächert wurde, retourniert. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser quantitativen Erhebung dargestellt.

#### **6.2.1 Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage**

Die Zufriedenheit mit der Arbeitssituation in den Schulen ist bei den befragten LehrerInnen recht hoch, die meisten sind sehr oder eher zufrieden. Bei der Frage nach der Bewertung der Lüftungsanlage sind die Meinungen geteilt: Ungefähr gleich viele waren nach der Sanierung zufrieden bzw. unzufrieden, zum Zeitpunkt der Befragung hat sich die Bewertung etwas zum Positiven verändert.

Probleme mit der Lüftungsanlage werden bei der schriftlichen Befragung an erster Stelle im Bereich „Überhitzung“ genannt, danach kommen „Schlechte Luftqualität“ und „Geruchsbelästigung“. Weiters wird vereinzelt auch noch „Lärm durch die Lüftungsanlage“ und „Zugluft“ in den Klassen bzw. Räumen genannt. Die Bedienerfreundlichkeit der Lüftungsanlage wird von allen Befragten mit „eher gut“ eingestuft.

Die vergebenen Schulnoten für die Lüftungsanlage liegen eher im positiven Bereich bei „sehr gut“, „gut“ und „befriedigend“.

#### **6.2.2 Informationen zur Lüftungsanlage**

Die Hälfte der Befragten fühlte sich nach der Sanierung ausreichend über den Umgang mit der Lüftungsanlage informiert. Die andere Hälfte zu wenig. Bei den dafür eingesetzten Informationsmedien wird zu gleichen Teilen eine kurze persönliche Einweisung vor Ort bzw. die Informationsweitergabe bei einer Konferenz angeführt.

Ungefähr die Hälfte der Befragten meint, diese Informationen wären genau richtig im Umfang gewesen, die andere Hälfte meint, sie wären nicht ausreichend gewesen. Gewünscht wurden noch zusätzlich persönliche Erläuterungen, einige hätten auch gerne noch eine Konferenz zu diesem Thema gehabt. Es gibt aber auch die Meinung, dass die Bedienung der Lüftungsanlage nicht die Aufgabe der LehrerInnen in der Schule sei und

sie daher auch keine Informationen dazu haben wollen. Es geben auch nur zwei Befragte an, dass sie über eine Bedienungsanleitung für die Lüftungsanlage verfügen. Von fast allen wird aber der Schulwart als mögliche Auskunftsperson genannt, falls sie Informationen über die Lüftungsanlage benötigen würden.

Die meisten der Befragten würden auch eher wieder in einem Schul-Passivhaus arbeiten wollen als nicht.

### 6.3 Interview mit dem Schulwart

Mit dem für die Lüftungsanlage zuständigen Schulwart, Herrn Manfred Humer-Wenger, wurde ein persönliches qualitatives Interview geführt, um seinen Umgang und seine Erfahrungen mit der Lüftungsanlage kennen zu lernen.

Im Großen und Ganzen ist der Schulwart mit der Lüftungsanlage sehr zufrieden.

„Mir geht es so nicht schlecht. Ich habe kein Problem. Ich habe so kein Problem.“

Ein Problem stellt auch noch die fehlende Nachtlüftungsmöglichkeit dar.

„Das Thema ist, die Nachtlüftung geht auch noch nicht. ... Zu dem kann ich auch noch nichts sagen, wie gut das funktioniert und ob das funktioniert, weil das noch nicht gemacht ist. In Zeiten wie diesen, wo es relativ warm ist, wäre das schon wichtig.“

Was die Betreuung der Anlage betrifft, wird vom Schulwart das Thema „Filterwechsel“ angesprochen. Die Filter sollten vier Mal im Jahr gewechselt werden, diese sind aber sehr teuer.

„In der Dokumentation steht, wir empfehlen, vier Mal jährlich die Filter zu wechseln. Wir sind aber draufgekommen, dass die Filter gar nicht billig sind. Eine sehr teure Geschichte. Wenn man die vier Mal im Jahr wechselt, dann kommt man auf über 20.000.- Euro an Kosten. ... Das ist schon so, bei vier Mal wechseln im Jahr sind das die Kosten. ... Und es hat aber im Vorfeld geheißen, der Preis der Filter ist marginal. Das ist aber nicht ganz so.“

Mit der Regelung oder den Einstellungen der Lüftungsgeräte gibt es laut Aussage des Schulwartes keine Probleme. Die LehrerInnen sind nicht immer zufrieden, der Schulwart verweist aber darauf, dass es im alten Schulgebäude auch sehr heiß gewesen sei.

„Ich muss trotz alledem sagen: In der alten Schule, wenn es warm war, haben die LehrerInnen auch die Ventilatoren drinnen stehen gehabt. Man darf jetzt nicht nur schimpfen und sagen, das ist alles so sauschlecht. Das hat sich halt auch bei den Lehrern schon in den Kopf hinein gebrannt, das muss ich auch sagen, da haben wir noch keine Beschattung gehabt. Das war natürlich schon eine andere Geschichte.“

Hier wird die automatisch gesteuerte Beschattung angesprochen, die im neuen Schulgebäude dafür sorgen soll, dass die Raumtemperaturen an heißen Tagen erträglich bleiben. Damit dies funktioniert, wurde eine automatische Steuerung installiert.

„Die gehen automatisch herunter. Wir haben auch das Problem gehabt, das haben wir auch schon geändert, dass die Lehrer die Klasse verlassen und die Jalousien nicht hinunter lassen, Jetzt haben wir es so eingestellt, dass ... die Jalousie automatisch herunter fährt.“

Vom Schulwart wurden auch die Temperaturen schon selbst gemessen. Ein Problem dabei ergibt sich aber aus dem unterschiedlichen Temperatur- und Behaglichkeitsempfinden der LehrerInnen.

„Das Problem ist, was wir im Konferenzzimmer haben, der eine sagt, super, der andere, es ist so warm, es ist so heiß, das ist das persönliche Empfinden der Lehrer. Ich glaube, dass wir ganz gut dran sind mit der Temperatur, im Winter hat niemand gejammert, da sind wir gut hingekommen. Im Sommer geht es schon gleich hinauf“.

Was die Luftqualität betrifft, will sie der Schulwart selbst nicht beurteilen, berichtet aber über Beschwerden der LehrerInnen.

„Ich bin selbst nicht so viel in den Klassen. Ich kann nur sagen, was die Lehrerschaft sagt, die sind mehr drinnen, im Winter ist es zu Problemen gekommen, das sagen sie schon, da jammern sie schon. Dass sie mit dem Hals ein Problem haben. Das ist meine Erfahrung, die ich von mehreren weiß.“

Besonders im Neubau der Polytechnischen Schule ist es zu diesbezüglichen gesundheitlichen Problemen bei den LehrerInnen gekommen (Halsbeschwerden, brennende rote Augen), die aber nicht unbedingt mit der Lüftungsanlage zu tun haben müssen.

„Ich weiß nicht wodurch. Gerade am Schulanfang sind im Lüftungsgerät frische Filter drinnen, so kann ich das nicht nachvollziehen. Heuer ist das Thema geworden.“

Bei einigen der dezentralen Lüftungsgeräte, die in den Klassen aufgestellt sind, scheint es noch Probleme mit den Bewegungsmeldern zu geben, die diese ein- und ausschalten sollen.

„Es sind ein paar Lüftungsgeräte, da bin ich drauf gekommen, ein paar sprechen an, wenn man bei der Klasse hineingeht ... und bei ein paar da rührt sich gar nichts. Da musst du zum Bewegungsmelder gehen, dass sich was tut. ... Wie gesagt, nicht für alle ist das gleich.“

Eine spezielle Einschulung zur Bedienung der Lüftungsanlage hat es für den Schulwart nicht gegeben. Er hat sich selbst kundig gemacht und nachgefragt. Allerdings scheint er selbst großes technisches Verständnis zu haben. Außerdem verfügt er über eine Beschreibung der Anlage.

„Eigentlich eine spezielle Einschulung nicht. ... So spezielle Sachen eigentlich nicht. Das haben wir mehr aus der Beschreibung heraus gelesen.“

„Ein Problem war es für mich nicht. Man hat schon geredet darüber, wir haben schon gefragt, dieses ganze Wissen – erklärt ist es einem schon geworden.“

Der Schulwart hätte sich auch nicht mehr an Information gewünscht, die LehrerInnen nach seiner Einschätzung hingegen schon.

„An und für sich nicht. ... Ich glaube, die Lehrerschaft hätte sich noch mehr gewünscht, aber sie sagen zu mir: Sie kennen das Lüftungsgerät – dann sollen Sie die Wartung machen. Weil es da auch Diskussionen gegeben hat, dass ihnen nichts erklärt worden ist ...“.

## 6.4 Interview mit dem Direktor der Hauptschule

Mit dem Direktor der Musikhauptschule Schwanenstadt wurde ebenfalls ein persönliches qualitatives Interview geführt. Dieser berichtet gleich zu Beginn des Interviews über Probleme mit Überhitzung und die noch fehlende Nachtlüftungsmöglichkeit.

„Es ist – im Winter, also momentan, kein Problem. Aber sobald natürlich die Sonneneinstrahlung da ist, wird das ganze sehr aufgeheizt. Da fehlt uns ja noch die Nachtlüftung, d.h. es muss bei den Türen zu den einzelnen Zimmern noch etwas kommen, dass die nach dem Unterricht einen Spalt offen bleiben und da sind sie sich - also der Bauträger und die Gemeinde und der Architekt – noch nicht einig, was da überhaupt gemacht werden soll. Man findet nicht das Richtige. Und das bewirkt natürlich – und diejenigen, die die Lüftungstechnik hier gemacht haben, haben gesagt – dass diese Nachtlüftung 40% von der ganzen Lüftung ausmacht. Das ist momentan noch unser großes Problem.“

Wichtig ist daher der rechtzeitige und konsequente Einsatz der Beschattungsmöglichkeiten.

„Es ist natürlich bei uns so, dass wir schauen müssen, dass wir z.B. in der Früh, wenn die Sonne schon scheint, dass wir die Ostseite auf jeden Fall mit Jalousien sofort abdecken. Da muss man sehr aufpassen. Wenn wir das übersehen, dann haben wir die warme Luft drinnen und die bringen wir den ganzen Tag nicht mehr hinaus.“

Aber prinzipiell wird die Sanierung als sehr positiv wahrgenommen.

„Ansonsten ist es nicht so schlecht. Es ist vom Raumklima her ganz angenehm. Alles zusammen, die Helligkeit, die Farben. Aber diese Punkte wären für uns schon sehr wichtig, dass die noch geklärt werden.“

Auch bei den LehrerInnen herrscht laut Aussage des Direktors eine positive Grundstimmung vor.

„Der Grundtenor ist auf jeden Fall positiv. Zur ganzen Sanierung ist der Grundtenor positiv. Es gibt natürlich – aus dem heraus, jetzt hat man so viele Millionen da hinein gepumpt – und dann gibt es Dinge, die nicht so funktionieren, wie man es sich vorstellt. Aber ich glaube, es ist einfach eine Sanierung, es ist kein Neubau.“

Trockene Luft stellt allerdings ein weiteres Problem dar.

„Das ist natürlich schon. Dort ist es schon so, dass man bei den Lehrkräften schon merkt – also an der Stimme – wenn sie viel reden müssen, dass wir sehr trockene Luft haben. Das müsste noch besser werden.“

Ebenfalls wird ein zu hoher Geräuschpegel angesprochen, wenn die Lüftungsgeräte in den Klassen auf der höchsten Stufe laufen.

„In den Klassenzimmern können die Geräte geregelt werden. Da gibt es eine Automatik und dann gibt es noch drei Stufen. Da können die Lehrer regeln. Was aber noch dazu kommt, dass man bei der dritten Stufe es schon hört.“

Auch Probleme mit Schall werden angesprochen.

„Darauf hat man schon sehr wenig geschaut. Oder auch die schalldämmenden Schichten zwischen den einzelnen Stockwerken. Da ist man draufgekommen, dass die nicht passen. Da haben die Firmen entweder nicht so gearbeitet, wie sie arbeiten hätten sollen oder vom Architekten her nicht so richtig gemacht, da haben wir ganz große Probleme.“

Um die LehrerInnen mit dem Passivhauskonzept vertraut zu machen, gab es eine Exkursion nach Vorarlberg zu Passivhausbauten. Dies waren allerdings Neubauten und keine Sanierungsprojekte. Enttäuscht zeigt sich der Direktor darüber, dass die versprochene Einbeziehung und Beteiligung der Betroffenen nicht in der Weise geschehen ist, wie dies ursprünglich versprochen wurde.

„Auf der anderen Seite hat man uns gesagt, es werden alle mit einbezogen, während der ganzen Bauzeit wird es immer wieder Gespräche geben mit den Lehrern, mit den Schülern, man will also alle mit einbinden, da waren wir schon enttäuscht, wir sind da auf der Seite liegen gelassen worden. Das war dann nicht mehr aktuell.“

Eine große Belastung stellte die Tatsache dar, dass ein Teil des Sanierungsprozesses während des laufenden Schulbetriebs abgewickelt wurde, obwohl versprochen worden war, dass die Sanierung in der unterrichtsfreien Zeit stattfinden wird. Insgesamt ist die Sanierung über zwei Jahre gelaufen, zeitweise musste ohne Jalousien und mit Plastikvorhängen bzw. nicht adäquaten Klassenzimmertüren unterrichtet werden. Auch gab es keine ausreichende Betreuung während der Bauphase.

„Die ganze Sanierung hat an die zwei Jahre gedauert. Das zweite Jahr war dann nicht mehr so tragisch. Aber ich finde natürlich, irgendwo haben wir das Gefühl gehabt, der Bauträger hat am Anfang gesagt, das mache ich selbst, ich komme alle 14 Tage, ich bespreche mich mit den Firmen, was sie zu tun haben und so wird das funktionieren. Das hat überhaupt nicht funktioniert. Erst als sie wen direkt hergestellt haben an die Baustelle, der jeden Tag da war, dann ist das wesentlich besser gelaufen. So ein Riesenbau mit einem solchen Bauvolumen, das geht nicht ohne Bauleiter.“

Nach der Sanierung gab es noch einen Informationsvormittag, bei dem über die Lüftung informiert wurde.

Wir haben sehr spät dann auch noch einmal einen Informationsvormittag gehabt, bei dem wir über diese ganze Lüftung informiert worden sind, wie das ausschaut, wie das geht, und da sind wir auch zum ersten Mal informiert worden, dass eben diese Nachtlüftung so viel ausmachen wird.“

Es gab für die LehrerInnen auch eine Bedienungsanleitung für die Lüftungsgeräte, in der hauptsächlich wird aber dem Schulwart die Verantwortung für die Lüftungsanlage zugesprochen.

„Der Schulwart betreut die Anlage und wechselt auch die Filter. Wenn es neue Einstellungen gibt, läuft das Ganze über ihn.“

Der Direktor der Hauptschule zieht folgendes abschließendes Resümee:

„Aber im Großen und Ganzen muss man sagen, bevor man noch jahrelang wartet, ist es gescheiter, wir haben die Schule so. Es sind sehr viele Führungen da, unwahrscheinlich viele.“

## 6.5 Interview mit dem Direktor der Polytechnischen Schule

Auch mit dem Direktor der Polytechnischen Schule, Herrn Solon Petrowisch, wurde ein persönliches qualitatives Interview geführt. Die Polytechnische Schule wurde neu gebaut und an die sanierte Hauptschule angekoppelt.

Auch er spricht gleich zu Beginn die fehlende Nachtlüftungsmöglichkeit an.

„Kann ich eigentlich noch nicht formulieren und zwar deshalb, weil ja das System noch nicht so funktioniert wie es gedacht ist mit dieser Nachtlüftung. Daher kann ich das nicht beurteilen, wie das sein würde, wenn das funktioniert.“

Aber eine Verbesserung gegenüber der vorherigen Situation ist es aber auf jeden Fall.

„Weil es ja wirklich schön ist. Wir haben 10 Jahre lang drei Standorte gehabt, wo wir hin- und hergefahren sind in den 5 Minuten Pause, jetzt sind wir eh sehr bescheiden. Aber die wesentlichsten Sachen, muss man sagen, wie es auch verkauft worden ist in der Öffentlichkeit, eben diese 90% oder wie viel Energieersparnis, die frische Luft für kluge Köpfe, das spielt es derweil nicht.“

Ebenfalls werden gesundheitliche Probleme bei den SchülerInnen erwähnt, die sich in letzter Zeit gezeigt haben.

„Dann ist das Durstgefühl sehr groß – gerade im Winter jetzt Hustenreiz, Halskratzen. Ich will nicht übertreiben, aber wir haben jeden Tag – es sind allerdings immer die gleichen, die mit Schwindelanfällen kommen, da haben wir schon eine Bahre da drüben stehen, wo sich die Kinder hinlegen können. Ich kann es nicht genau sagen, woher das kommt. Es ist eine Vermutung, ob das vielleicht von diesen Platten kommt oder ... ob es von der Farbe kommen könnte, das ist eine Spekulation.“

„ ... Augenrötung, Lehrkräfte, die ziemlich allergisch sind, die stehen in den Klassen und denen tränen die Augen, das ist bei zwei Lehrkräften akut der Fall. Das ist das, was mir momentan zu dieser Be- und Entlüftung einfällt.“

Auch das Problem mit der Akustik in der Schule stellt die LehrerInnen vor Herausforderungen.

„Die ganze Akustik funktioniert nicht, das habe ich auch schon messen lassen, das ist zum Teil knapp am Limit und zum Teil extrem darüber, was der Toleranzbereich ist, da wurde vom Architekten überhaupt nicht berücksichtigt, dass das eine Schule ist.“

Daher seien viele LehrerInnen auch eher unzufrieden.

„Ich rede eigentlich mehr für die Kollegen als für mich. Weil ich sage, ich stehe 11 Stunden in der Klasse, die Kollegen stehen 21 Stunden drinnen. Wenn man andauert diesen Lärmpegel zurück kriegt, kann das sehr anstrengend sein. Die kommen dann und sagen: In dem Raum halte ich es einfach nicht mehr aus, ich habe laufend Nasenprobleme, ich habe zwei Kollegen, die über tränende Augen klagen, auch Schüler, das, was ich erzähle, kommt eher von den Lehrern.“

Auch die automatisch gesteuerte Beschattung wird mit einiger Skepsis betrachtet.

„Es ist sehr ungewöhnlich, wenn um 10 Uhr vormittags die Jalousien schon zugehen, weil da das Bedürfnis da ist, dass man die Jalousien wieder aufmacht, weil man Licht möchte. Es ist uns gesagt worden, das ist so und an das sollten wir uns gewöhnen. Weil wenn die Jalousien nicht unten bleiben, dann erhitzen sich diese großen Scheiben und wir haben die Hitze ziemlich massiv drinnen, was der Fall war – wenn es draußen 35 Grad hat, hat es innen fast 30 Grad gehabt.“

Was Informationen zum Projekt und die Betreuung und Einbeziehung der Betroffenen angeht, wird auch in diesem Interview ein eher pessimistisches Bild gezeichnet.

„Da hat es schon Informationen gegeben, wo dieses System erklärt worden ist auch mit der Be- und Entlüftung. Dann, wie man das mit den Jalousien machen soll. Aber, sagen wir so: es ist gesagt worden, aber die tatsächliche Betreuung ist nicht da. ... Und das Hinterfragen ist eher lästig. ... Es hat zu funktionieren. Weil das alles simuliert wurde. Das ist so diese Grundaussage.“

Am Ende des Interviews zieht der Direktor der Polytechnischen Schule folgendes Resümee:

„Das Resümee nach zwei Jahren ist, dass wir sehr stolz und froh sind, dass wir so eine schöne Schule haben. Die Kinder fühlen sich irrsinnig wohl. Es gibt keine in diesem Sinne mutwillige Sachbeschädigung. Die schätzen das schon sehr. Auch wir Lehrer natürlich. Wir werden natürlich auch beneidet von anderen Schulen. Es ist natürlich, wie ich zuerst schon gesagt habe, noch immer nicht fertig, also d.h., es ist noch immer ein Zustand, wo man sagt, das und das funktioniert noch nicht, das mit der Be- und Entlüftung, mit der Nachtabkühlung, mit der Akustik. Darum kann ich noch kein endgültiges Urteil abgeben.“

## **6.6 Resümee aus sozialwissenschaftlicher Perspektive**

Welches Resümee kann aus der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt „Schule Schwanenstadt“ gezogen werden?

### **Zufriedenheit**

Vorausgeschickt werden kann, dass die Sanierung bei den SchülerInnen, LehrerInnen und sonstigen Beteiligten bereits lange ersehnt und daher auch sehr begrüßt wurde. Es ist durch die Umbaumaßnahmen auch eine deutliche Verbesserung in der räumlichen Situation eingetreten, auch optisch hat die Schule sowohl im Außen- als auch im Innenbereich stark gewonnen.

### **Probleme**

Angemerkt werden muss aber doch, dass es während der Sanierungsphase in der Hauptschule sicher Verbesserungsbedarf gegeben hätte: Versprochene Zeitpläne wurden nicht eingehalten, sodass Unterricht während des Sanierungsprozesses abgehalten werden musste, eine Zeitlang fehlten an den Fenstern der Schule die Beschattungsmöglichkeiten, was zu sehr hohen Temperaturen in den Klassenräumen führte und auch die Türen zu den Klassenzimmern wurden erst spät eingebaut. Die Informations- und Kommunikationspolitik von Seiten des zuständigen Architekten schien auch nicht ganz glücklich gewesen zu sein.

Von den LehrerInnen wird über Überhitzung in den Klassen geklagt, die auch auf die noch fehlende Nachtlüftung zurück geführt wird. Die dezentralen in den Klassen stehenden Lüftungsgeräte können, wenn sie auf höchste Stufe eingestellt sind, durch ihren Geräuschpegel den Unterricht stören. Auch Schallübertragungsprobleme zwischen den Klassenräumen werden erwähnt und bemängelt.

Der Schulwart ist mit der Lüftungsanlage prinzipiell zufrieden und betreut diese auch gut und gerne, beklagt aber hohe Kosten beim Filterwechsel.

Es herrscht hier also sicher noch Nachbesserungsbedarf in den genannten Bereichen.

### **Information**

Informationen bekamen die LehrerInnen bei einer Konferenz bzw. einer kurzen persönlichen Einweisung. Einigen war dies an Information zu wenig, andere meinen, sie seien für die Betreuung der Lüftungsgeräte nicht zuständig und wollen sich daher damit auch nicht auseinander setzen. Eine etwas geschicktere Informationspolitik hätte dem ganzen Projekt sicher gut getan.

## 7 Fotodokumentation und Verzeichnisse

### 7.1 Fotodokumentation



Eingangsbereich mit Photovoltaikfassade  
Quelle: AEE Intec



Nord-Ost-Ansicht Hauptschule II, Turnsaal,  
Polytechnische Schule Quelle: AEE Intec



Außenliegende Verschattung, Lüftungsöffnungen  
Quelle: AEE Intec



Klassenlüftungsgerät Quelle: AEE Intec



Pelletsessel 110 kW Quelle: AEE Intec



Messstellen und Datenlogger an Heizwärmeverteilung Quelle: AEE Intec



Temperaturmessstellen am Pufferspeicher  
Quelle: AEE Intec



Messstellen WMZ VL & RL Heizkessel Quelle:  
AEE Intec

## 7.2 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 LAGEPLAN HAUPTSCHULE II (HS II) UND POLYTECHNISCHE SCHULE (PTS) SCHWANENSTADT	7
ABBILDUNG 2 GEBÄUDEKOMPLEX VOR DER SANIERUNG [PAUAT ARCHITEKTEN]	9
ABBILDUNG 3 NORD- WESTANSICHT DES SCHULGEBÄUDES [PAUAT ARCHITEKTEN]	10
ABBILDUNG 4 BRUNNENGRÜNDUNGEN SCHULSANIERUNG SCHWANENSTADT [H. PLÖDERL ET AL.]	12
ABBILDUNG 5 ZUBAU HAUPTSCHULE II PASSIVHAUSTAUGLICHE GEBÄUDEHÜLLE	13
ABBILDUNG 6 GESAMTSCHNITT DURCH DIE FASSADE [PAUAT ARCHITEKTEN]	14
ABBILDUNG 7 MONTAGE DER VORGEFERTIGTEN HOLZWANDELEMENTE IN PASSIVHAUSQUALITÄT	15
ABBILDUNG 8 AUSDÄMMUNG DER BODENPLATTE MIT ZEMENTGEBUNDENEM SCHAUMGLASSCHOTTER [PAUAT ARCHITEKTEN]	16
ABBILDUNG 9 AUßENLIEGENDE VERSCHATTUNG DER FENSTERFLÄCHEN [AEE INTEC]	17
ABBILDUNG 10 SONNENLICHTEINFALL IM GANGBEREICH DES TURNSAALES [AEE INTEC]	17
ABBILDUNG 11 HAUPTSCHULE II UND TURNSAAL, POLYTECHNISCHE SCHULE, NO-ANSICHT [AEE INTEC]	18
ABBILDUNG 12 SÜDFASSADE, EINGANG MIT PHOTOVOLTAIKFASSADE [AEE INTEC]	18
ABBILDUNG 13 ÜBERSICHT ÜBER DIE PASSIVHAUSKENNGRÖßEN NACH PHPP [PAUAT ARCHITEKTEN]	19
ABBILDUNG 14 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES DEZENTRALEN LÜFTUNGSGERÄTES [DREXEL UND WEISS]	22
ABBILDUNG 15 FASSADENINTEGRIERTE LUFTKANALFÜHRUNG (LINKS); AEROSCHOOL KOMPAKTGERÄT, ERSTE VERSION NOCH NICHT UMGEBAUT (RECHTS); [AEE INTEC]	23
ABBILDUNG 16 LÜFTUNGSGERÄT MIT OPTIMIERTER LUFTFÜHRUNG UND VERKLEIDUNG	23
ABBILDUNG 17 MESSTECHNIKSHEMA SCHWANENSTADT	26
ABBILDUNG 18 SCHEMAGRUNDRISS 2.OG HAUPTSCHULE II (HSII), UND 1.OG HAUPTSCHULE II; VERMESSENE KLASSENZIMMER ROT UND PINK MARKIERT	29
ABBILDUNG 19 WÄRMEMENGENZÄHLER DER HEIZKREISLÄUFE HS II, PTS UND TURNSAAL MIT DATENLOGGER	30
ABBILDUNG 20 WÄRMEMENGENZÄHLER AM HEIZKESSEL	31
ABBILDUNG 21 SCHEMA DER DATENAUFZEICHNUNG UND WEITERVERARBEITUNG	32
ABBILDUNG 22 VERGLEICH DER PHPP KLIMADATEN FÜR WIEN MIT DEN IM ERSTEN MESSJAHR ERHOBENEN DATEN	35
ABBILDUNG 23 VERGLEICH DER PHPP KLIMADATEN FÜR WIEN MIT DEN IM ZWEITEN MESSJAHR ERHOBENEN DATEN	36
ABBILDUNG 24 RAUMKLIMA IN TAGESMITTELWERTEN, SCHWANENSTADT MESSJAHR 1	37
ABBILDUNG 25 RAUMKLIMA IN TAGESMITTELWERTEN, SCHWANENSTADT MESSJAHR 2	38
ABBILDUNG 26 VERTEILUNG DER MITTLEREN RAUMTEMPERATUREN IN DEN KLASSENZIMMERN UND DER GARDEROBE ALS FUNKTION DER AUßENTEMPERATUREN MESSJAHR 1, STUNDENMITTELWERTE	39
ABBILDUNG 27 HEIßE SCHULWOCHE IM SOMMER 2007	40
ABBILDUNG 28 HEIßER SCHULTAG IM SOMMER 2007 (15 MIN MITTELWERTE)	40
ABBILDUNG 29 VERTEILUNG DER RAUMTEMPERATUREN ALS FUNKTION DER AUßENTEMPERATUR, MESSJAHR 2, STUNDENMITTELWERTE	41
ABBILDUNG 30 HEIßE SCHULWOCHE IM SOMMER 2008	42
ABBILDUNG 31 MONATLICHE ÜBERHITZUNGSSTUNDEN BEZOGEN AUF DIE GESAMTSCHULSTUNDEN IN PROZENT, MESSJAHR 1	43
ABBILDUNG 32 MONATLICHE ÜBERHITZUNGSSTUNDEN BEZOGEN AUF DIE GESAMTSCHULSTUNDEN IN PROZENT, MESSJAHR 2	43
ABBILDUNG 33 GEORDNETER TEMPERATURVERLAUF DER MESSKLASSEN, MESSJAHR 1	44
ABBILDUNG 34 GEORDNETER TEMPERATURVERLAUF DER MESSKLASSEN, MESSJAHR 2	45
ABBILDUNG 35 ÜBERSICHT ÜBER DIE GEMESSENEN TEMPERATURDATEN, ERSTES MESSJAHR (OBEN); ZWEITES MESSJAHR (UNTEN)	46
ABBILDUNG 36 INNENRAUMTEMPERATUREN IN DER KÄLTESTEN SCHULWOCHE IM DEZEMBER 2007 (15MIN MITTELWERTE)	47
ABBILDUNG 37 INNENRAUMFEUCHTEN IN DER KÄLTESTEN SCHULWOCHE IM DEZEMBER 2007 (15MIN MITTELWERTE)	47
ABBILDUNG 38 RELATIVE LUFTFEUCHTIGKEIT ÜBER DER RAUMTEMPERATUR – BEHAGLICHKEITSFELD, MESSJAHR 1, STUNDENMITTELWERTE	48
ABBILDUNG 39 RELATIVE LUFTFEUCHTIGKEIT ÜBER DER RAUMTEMPERATUR-BEHAGLICHKEITSFELD, MESSJAHR 2	49
ABBILDUNG 40 LUFTQUALITÄT UND LÜFTUNGSVERHALTEN KLASSE SÜD	50
ABBILDUNG 41 AUßENLUFTRÜCKWÄRMEZAHLE FÜR KLASSE SÜD UND MUSIKRAUM IN ABHÄNGIGKEIT VON DER AUßENTEMPERATUR	51
ABBILDUNG 42 LÜFTUNGSSTROMVERLAUF UND RELATIVE LUFTFEUCHTIGKEIT 17.10.2008 -13.3.2009, STUNDENMITTELWERTE	52
ABBILDUNG 43 LÜFTUNGSSTROMVERLAUF IN DER KÄLTESTEN WOCHE (JÄNNER 2009)	53
ABBILDUNG 44 LÜFTUNGSSTROMVERLAUF UND VERLAUF DER CO <sub>2</sub> -KONZENTRATION FÜR EINE WOCHE IM JÄNNER 2009, KLASSE SÜD	53
ABBILDUNG 45 LÜFTUNGSSTROMVERLAUF UND VERLAUF DER CO <sub>2</sub> -KONZENTRATION FÜR EINE WOCHE IM MÄRZ 2009	54
ABBILDUNG 46 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER MESSSTELLEN ZUR ERSTELLUNG DER ENERGIEBILANZ	55
ABBILDUNG 47 ENERGIEBILANZ MESSJAHR 1	56
ABBILDUNG 48 ENERGIEBILANZ MESSJAHR 2	56
ABBILDUNG 49 ZIRKULATIONS- UND SPEICHERSYSTEMWIRKUNGSGRAD, MESSJAHR 1	57
ABBILDUNG 50 ZIRKULATIONS- UND SPEICHERSYSTEMWIRKUNGSGRAD, MESSJAHR 1	58
ABBILDUNG 51 MONATLICHER NUTZENERGIEVERBRAUCH SCHULE SCHWANENSTADT, MESSJAHR 1	59
ABBILDUNG 52 MONATLICHER NUTZENERGIEVERBRAUCH SCHULE SCHWANENSTADT, MESSJAHR 2	59
ABBILDUNG 53 VERTEILUNG DES STROMVERBRAUCHS, ABSOLUTWERTE	60
ABBILDUNG 54 HEIZENERGIE, END- UND PRIMÄRENERGIEEINSATZ SCHULE SCHWANENSTADT, MESSJAHR 1	60
ABBILDUNG 55 HEIZENERGIE, END- UND PRIMÄRENERGIEEINSATZ SCHULE SCHWANENSTADT, MESSJAHR 2	61

## 7.3 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: JÄHRLICHE KLIMADATEN SCHWANENSTADT [OIB]	7
TABELLE 2: MONATLICHE KLIMADATEN SCHWANENSTADT [ÖSTERREICHISCHER KLIMADATENKATALOG]	8
TABELLE 3: REGELQUERSCHNITTE DER WICHTIGSTEN AUßENBAUTEILE [LAUT PHPP, PAUAT ARCHITEKTEN]	11
TABELLE 4: BETEILIGTE AM PROJEKT UND ZEITLICHE ORGANISATION	18
TABELLE 5: MESSSTELLENLISTE SCHWANENSTADT	27
TABELLE 6: ANGABE DER ENERGIEBEZUGSFLÄCHEN	33
TABELLE 7: WETTERDATEN IM VERGLEICH	36
TABELLE 8: ENDENERGIEEINTRÄGE DURCH PELLETSKESSEL UND NACHHEIZREGISTER, ENERGIEVERBRÄUCHE DER POLYTECHNISCHEN SCHULE, MUSIKHAUPTSCHULE UND DES TURNSAALS, MESSJAHR 1 UND 2	57
TABELLE 9: ÜBERSICHT ÜBER DIE GEMITTELTEN KOMFORTPARAMETER	62
TABELLE 10: VERTEILUNG DES STROMVERBRAUCHS, PROJEKT SCHWANENSTADT, MESSJAHR 2	63
TABELLE 11: HEIZ-, END- UND PRIMÄRENERGIEEINSATZ	63

## 7.4 Quellenverzeichnis

- [drexel und weiss] drexel und weiss, energieeffiziente haustechniksysteme GmbH.  
[www.drexel-weiss.at/HP/Upload/Dateien/9008243\\_00\\_KA\\_aerosilent\\_business\\_aeroschool\\_DE.pdf](http://www.drexel-weiss.at/HP/Upload/Dateien/9008243_00_KA_aerosilent_business_aeroschool_DE.pdf) (30.12.2009)
- [E+E] E+E Elektronik Ges.m.b.H.  
[www.epluse.com/de/produkte/feuchtemesstechnik/feuchte-temperatur-aufzeichnung/humlog-10](http://www.epluse.com/de/produkte/feuchtemesstechnik/feuchte-temperatur-aufzeichnung/humlog-10) (30.12.2009)
- [Feist W. et al.] Jürgen Schnieders, Dr.Wolfgang Feist, Rainer Pfluger Oliver Kah, CEPHEUS-Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung, Endbericht Juli 2001, Passivhaus Institut Darmstadt
- [Feist W.] Dr. Wolfgang Feist (Herausgeber)  
Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser – Phase II  
Protokollband Nr. 13, Energiebilanzen mit dem Passivhaus Projektierungs Paket, Darmstadt, Dezember 1998
- [H. Plöderl et. al.] H. Plöderl, M. Berger, G. Lang, C. Muss H. Weingartsberger, B. Krauß, HC. Obermayr, Erste Passivhaus–Schulsanierung, Ganzheitliche Faktor 10 Generalsanierung der Hauptschule II und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt mit vorgefertigten Holz-wandelementen und Komfortlüftung, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 33/2008, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, April 2008
- [HdZ] Haus der Zukunft Demonstrationsprojekt  
Erste Passivhaus – Schulsanierung, Ganzheitliche Faktor 10 Generalsanierung der Hauptschule II und Polytechnischen Schule Schwanenstadt mit vorgefertigten Holzwandelementen und Komfortlüftung, Schwanenstadt, April 2004  
[http://www.hausderzukunft.at/hdz\\_pdf/endbericht2204\\_id2761.pdf](http://www.hausderzukunft.at/hdz_pdf/endbericht2204_id2761.pdf) (23.09.2008)
- [IG Passivhaus] IG Passivhaus Österreich  
1000 Passivhäuser in Österreich - Interaktives Dokumentations-Netzwerk Passivhaus, <http://www.igpassivhaus.at/> (16.10.2007)
- [PAUAT Architekten] Architekt DI Heinz Plöderl, Bernardingasse 14, 4600 Wels
- [PHPP] Primärenergiefaktoren gemäß DIN V 4701-10/Gemis 4.14

## Anhang TQ-Bewertung

**Gebäudezertifikat**

**total quality**

## Generalsanierung HS II und PTS Schwanenstadt



## Tabellenteil

### Allgemeine Projektbeschreibung

Bezeichnung	Eingabe	Anmerkungen
Gebäudenutzung	Schule	
Bauweise	Misch	
TQ-Bewertung: Planungsphase/Fertigstellung	Planungsphase	
Anschrift	HS II und PTS Gmundner Straße 7, A-4690 Schwanenstadt	
Bauherr	Stadt Schwanenstadt	
Eigentümer	Stadt Schwanenstadt	
Verwalter	Stadt Schwanenstadt	
Baujahr	Planungsphase 2004	
Katastralgemeinde	GB 50215 Schwanenstadt	
Voraussichtliche Nutzungsdauer für Rohbau	90 Jahre	

### Planerteam

Bezeichnung	Name / Firma	Adresse
Architektur	PAUAT Architekten, Arch. DI Heinz Plöderl	A – 4600 Wels Bernardingasse 14
Bauphysik	Planungsteam E-Plus, Egg (Haustechnik) LANG Consulting, Wien team gmi Vorarlberg – Wien Obermayr Holzkonstruktionen GesmbH, Schwanenstadt	

### Klimadaten und Seehöhe

Bezeichnung	Eingabe	Anmerkungen
Jährliche Heizgradtage (20°C/12°C)	3856	Kd ... Kelvintage (Klimadaten: Kalksburg)
Jahressumme Globalstrahlung auf horizontale Ebene	1044 kWh/m²a	kWh pro m² und Jahr
Jahresniederschlag		mm ... Millimeter
Seehöhe		

## **Nähere Angaben zum Nutzungskonzept**

*Art der Bewirtschaftung:* Hauptschule und Polytechnischen Schule, dreigeschossig,  
Generalsanierung auf Passivhausqualität

## **Bau- und Ausstattungsbeschreibung**

Die Generalsanierung der Hauptschule II und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt ist die erste Schulsanierung auf Passivhausniveau in Österreich.

Die bestehenden Außenwände wurden mittels vorgefertigter Holzwandelementen saniert.

Es wurden neue Decken als Brettstapel- bzw. Holzbetonverbunddecken eingezogen und die Bodenplatte mit zementgebundenem Schaumglasschotter gedämmt.

Innen liegende Bereiche erhielten Tageslicht über neue Oberlichten.

Für gute Frischluftqualität in den Klassen sorgt eine Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung.

Die Sanierung wurde ohne wesentliche Beeinträchtigung des Schulbetriebes durch Vorfertigung und kurze Montagezeiten auf der Baustelle durchgeführt. Das Objekt setzt neue Maßstäbe für die Sanierung von Schulen. Im Rahmen der TQ – Bewertung erreicht das Projekt aus den hier umrissenen Gründen in den zahlreichen Bewertungskategorien Bestwerte.

**Technische Details: Wand und Deckenaufbauten**

<p><b>Standardelement</b>  <b>Außenwand Altbau saniert</b>                  U-Wert: 0,13</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beton</li> <li>• Wärmedämmung/Zellulose (inkl.Stahlbetonstütze und Konstruktionsvollholz-Ständer)</li> <li>• Wärmedämmung Zellulose</li> <li>• Agepan DWD-Platte</li> <li>• Lattung</li> <li>• Holzfassade</li> </ul>	<p><b>Bodenplatte Altbau saniert</b>                  U-Wert: 0,154</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodenbelag</li> <li>• Verbundestrich</li> <li>• Hohlbohlen</li> <li>• Schaumglasschotter</li> </ul>
<p><b>Standardelement</b>  <b>Dach Altbau saniert</b>                  U-Wert: 0,101</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dachabdichtung aus EPDM Saargummi</li> <li>• OSB</li> <li>• Wärmedämmung</li> <li>• Dampfsperre</li> <li>• Stahlbeton</li> <li>• Gipsspachtel</li> </ul>	

**Flächenaufstellung der Gebäude (Achtung: Kennzahlen wurden aus den zur Verfügung stehenden Planunterlagen ermittelt)**

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Netto-Grundfläche (NGFa)	8.000,00 m <sup>2</sup>		nach ÖN B 1800
Beheizte bzw. beheizbare Brutto-Grundfläche	6.835,20 m <sup>2</sup>		nach ÖN B 8110-1
Grundstücksfläche (tatsächliche Fläche)	5.000,00 m <sup>2</sup>		Anteilig an Gesamtfläche
PKW-Stellplätze innen	nein		

## 1 Ressourcenschonung

### 1-1 Energiebedarf des Gebäudes

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung*	Anmerkungen
Nicht erneuerbare Primärenergie für die Errichtung des Rohbaus (Baustoffproduktion) pro m <sup>2</sup> NGF und Jahr*	Keine detaillierte Ermittlung aufgrund fehlender Bewertungsunterlagen möglich: Einstufung aufgrund Bauweise: Sanierung Betonbau mit Holzelementen; Neubau Holzbauweise	5	Bezug: Netto-Grundfläche
Heiz- und Warmwasserwärmebedarf		5	Gesamtbewertung
Heizenergiebedarf pro Jahr	85.455,00 kWh/a		
Heiz- und Warmwasserwärmebedarf gesamt; pro m <sup>2</sup> beheizte BGF und Jahr	11,70 kWh/m <sup>2</sup> .a		
davon: Heizwärmebedarf; pro m <sup>2</sup> beheizte BGF und Jahr	10,00 kWh/m <sup>2</sup> .a		
davon: Warmwasserwärmebedarf; pro m <sup>2</sup> beheizte BGF und Jahr	1,70 kWh/m <sup>2</sup> .a		
Charakteristische Länge			
Anteil der Erneuerbaren Energieträger am Heizwärmebedarf	75 Prozent	5	
Solaranlage für die Warmwasserbereitung	Keine Solaranlage	0	

\* Bezogen auf die Nutzungsdauer Rohbau (siehe „0 Allgemeine Projektbeschreibung“)

\*\* Die Bewertungsskala reicht von -2 bis +5 Punkten. Ein Ergebnis von 0 entspricht in etwa der durchschnittlichen Qualität des Baubestandes.

### 1-2 Bodenschutz

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Versiegelungsgrad der unbebauten Fläche	1,85 Prozent	5	
Ökologische Wertigkeit der bebauten Fläche	Nutzung bestehender Gebäudesubstanz	5	
Ökologie des Baulandes	Verbesserung durch freiraumplanerisches Konzept	4	

### 1.3 Schonung der Trinkwasserressourcen

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Regenwassernutzung vorhanden	Ja		
Wassersparende Sanitäreinrichtungen vorhanden	Ja		
Wasserzähler vorhanden	Ja		
<b>Gesamtbewertung</b>		5	

### 1.4 Effiziente Nutzung von Baustoffen

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Masse des Rohbaus			
Baustoffe mit Anteil an recyceltem oder wiedergewonnenem Material	> 25 %	5	
Trennbarkeit in sortenreine Fraktionen bei Sanierung oder Rückbau: - Trennbare Innenwandaufbauten - Trennbare Außenwandaufbauten - Trennbarer Bodenaufbau - Trennbare Geschosdecken	Ja Ja Ja Ja	5	
Produktauswahl	überwiegend regionale Produkte für Rohbau und Ausbau	5	Bestätigung Bauträger
Transportmanagement	Transportmanagement ansatzweise vorhanden	0	

## 2 Verminderung der Belastungen für Mensch und Umwelt

### 2-2 Abfallvermeidung: Trennung des Baustellenabfalls

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Liegt ein Abfallkonzept inkl. Vermeidungskonzept für Bautätigkeit und späteren Rückbau/Abbruch vor?	Nein, überwiegende Verwertung der ausgewiesenen Fraktionen		
<b>Gesamtbewertung</b>		2	

### 2-3 Abwasser

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Schmutzwasserentsorgung		Nicht bewertet	Dieser Punkt wird nur für Ein- bzw. Zweifamilienhäuser bewertet.
Versickerung des gereinigten Regenwassers von bebauten und versiegelten Flächen	war nicht Planungsziel	Nicht bewertet	

## 2-4 Reduktion des motorisierten Individualverkehrs

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
1. Rahmenbedingungen für ein Verkehrskonzept		3	Gesamtbewertung für 1A bis 1E
1A. Beschreibung der Möglichkeiten des Verzichts auf das Auto liegt vor	Ja		
1B. Möglichkeit für Car-Sharing vorgesehen	Nein		
1C. Zufahrtsmöglichkeit für Lieferdienste vorgesehen	Ja		
1D. Erreichbarkeits- / Entfernungsangaben von Einrichtungen des täglichen Bedarfs liegen vor	Ja		
1E. Erreichbarkeits- / Entfernungsangaben öffentlicher Haltestellen liegen vor	Ja		
2. Fahrradabstellplätze	Ja	2	Gesamtbewertung für 2A bis 2G
2A. Keine Abstellplätze vorhanden	Nein		
2B. Versperbarer Sammelraum	Nein		
2C. Versperbarer Sammelraum leicht zugänglich	Nein		
2D. Bügel für Fahrradsicherung im versperbaren Sammelraum	Nein		
2E. Abstellplätze für mehr als 50% der BewohnerInnen im versperbaren Sammelraum vorhanden	Nein		
2F. Abstellplätze im Freien mit Bügeln vorhanden	Ja		
2G. Abstellplätze im Freien sind wettergeschützt	Ja		

## 2-5 Reduktion von Belastungen durch Baustoffe

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
1. Vermeidung von PVC		3	Gesamtbewert. für PVC
- Kein PVC bei Elektrokabeln	Nein		
- Kein PVC in Sanitärinstallationen	Ja		
- Kein PVC bei Bodenbelägen	Ja		
- Kein PVC bei Fenstern	Ja		
- Kein PVC bei Folien	Ja		
- Kriterium in der Ausschreibung berücksichtigt	Ja		
2. Vermeidung von PUR und PIR		3	Gesamtbewertung PUR und PIR
- Beim Fenstereinbau	Ja		
- Bei der Rohrdämmung	Ja		
- Bei der Installationsfixierung	Ja		
- Bei der Füllung von Hohlräumen	Nein		
- Kriterium in der Ausschreibung berücksichtigt	Nein		
3. Chemischer Holzschutz			
- Wird außen Holz verwendet?	Ja		
- Chemischer Holzschutz außen	Kein chemischer Holzschutz außen		
- Konstruktiver Holzschutz	Ja	5	
- Wird innen Holz verwendet?	Ja		
- Chemischer Holzschutz innen	Verzicht auf chem. Holzschutz innen	5	
4. Lösungsmittelarme bzw. -freie Voranstriche, Anstriche, Lacke und Klebstoffe		3	Gesamtbewertung für Anstriche, Lacke u. Kleber
- Verzicht auf Alkydharzlacke	Ja		
- Verzicht auf Nitrolacke	Ja		
- Verwendung lösungsmittelarmer Voranstriche	Nein		
- Verwendung lösemittelfreier Verlegeunterlagen	Ja		
- Überwiegender Einsatz von Naturklebstoffen	Nein		
- Lösungsmittelgehalt in der Ausschreibung berücksichtigt	Ja		

## 2-6 Vermeidung von Radon

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Gesamtbewertung für Vermeidung von Radon		5	
Radonrisikopotenzial durch Radonkarten erhoben	Ja, falls erforderlich wurden Maßnahmen getroffen		Radonkarte beigelegt
Baustoffe nach ÖN S5200 untersucht	Nein		

## 2.7 Elektrobiologische Hausinstallation

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Gesamtbewertung für Elektrobiologische Hausinstallation		nicht bewertet	
Ist die Vermeidung von Elektromog ein Planungsziel?	Nein		war kein Planungsziel

## 2-8 Vermeidung von Schimmel

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Trockenheit des Rohbaus	Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte vor Nutzung	5	Nachweis liegt vor

## 3 Komfort für Nutzerinnen und Nutzer

### 3.1 Qualität der Innenraumluft

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Lüftungskonzept / -system	Mechanische Lüftung, Büronutzung	5	Gesamtbewertung Innenraumluft
Zuluftfilter: Frischluft $\geq 7$ , Abluft $\geq 4$	Ja		
CO <sub>2</sub> -gesteuerter Luftvolumenstrom	ja		
Effizienz der WRG > 75% und spezif. Strombedarf $\leq 0,4$ W/(m <sup>3</sup> h)	Ja		WRG...Wärmerückgewinnung
Konzept zur Vermeidung von Luftschadstoffen	Ja		

### 3.2 Behaglichkeit

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
1. Behaglichkeit im Sommerbetrieb		4	Teilbewertung Sommerbetrieb
Planungsziel Lufttemperatur $\leq 26^{\circ}\text{C}$	Ja		
Planungsziel relative Feuchte $\leq 55\%$	Ja		
Nachweis über a) Dynamische Kühllastberechnung liegt vor, aktive Kühlung nicht erforderlich. Eine Raumtemperatur von $26^{\circ}\text{C}$ wird an weniger als 50 Stunden im Referenzjahr überschritten	Ja		Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3
2. Im Winterbetrieb		5	Teilbewertung Winterbetrieb
Planungsziel Lufttemperatur $18-22^{\circ}\text{C}$	Ja		
Planungsziel relative Feuchte $\geq 45\%$	Ja		
Luftgeschwindigkeit $\leq 0,15\text{ m/s}$	Nein		
Auslegungsbedingungen	Temperaturunterschied Wand/Luft kleiner 1K, Temperaturunterschied Glas/Luft kleiner 4K		K...Kelvin

### 3-3 Tages- und Kunstlicht

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Tageslichtquotient* ist größer oder gleich 2 bei:	$2 \leq 100$ Prozent der Tops	5	

\* In 2m Raumtiefe, 1m Seitenabstand von Wand; Nutzebene: 0,85cm über Fußbodenoberkante.

### 3-4 Sonnen- und Blendschutz

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
mindestens 1,5 Sonnenstunden erreichen am 21.12.	100 Prozent der Tops	5	Nachweis liegt vor

### 3.5 Schallschutz in den Tops: Achtung: Einstufung ausschließlich auf Basis der Aufbauten; nicht aufgrund tatsächlicher Messungen.

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Baulandkategorie	Kategorie 5: Gebiet für Betriebe mit geringer Schallemission (Verteilung, Erzeugung, Dienstleistung, Verwaltung)		anhand Ö-Norm 8115-2;
Nicht transparente Außenbauteile	63 dB	5	Bewertetes Schalldämmmaß $R_w$ in Abhängigkeit v. Außenschallpegel $L_{A,eq}$ bei Tag
Transparente Außenbauteile	44 dB	5	Bewertetes Schalldämmmaß $R_w$ in Abhängigkeit v. Außenschallpegel $L_{A,eq}$ bei Tag

### 3-6 Gebäudeautomation

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Qualitätslevel	Automationskonzept vorhanden; Realisierung mittels BUS-System möglich	4	

## 4 Langlebigkeit

### 4.1 Flexibilität der Konstruktion bei Nutzungsänderungen

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Flexibilität der Konstruktion bei Nutzungsänderung		4	Gesamtbewertung
Dimensionierung der Deckenkonstruktion erlaubt Nutzungsänderungen	Ja		Lt. Planungsangaben
Grundkonstruktion mit leicht austauschbaren Subsystemen	Ja		Lt. Planungsangaben
Raumhöhen größer gleich 2,75 m	Ja		Lt. Planungsangaben
Ausreichende Kapazität an Versorgungsschächten	Ja		Lt. Planungsangaben
Versorgungsleitungen nur in als fix betrachteten Wänden	Ja		Lt. Planungsangaben
Elektroinstallation mittels BUS-System oder ausreichende Kapazität an Leerverrohrung	Nein		Lt. Planungsangaben
Beschreibung von baulichen und haustechnischen Maßnahmen für Nutzungsänderungen vorhanden	Ja		Lt. Planungsangaben

### 4.2 Grundlagen für den Gebäudebetrieb und die Instandhaltung

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Grundlagen Gebäudebetrieb und Instandhaltung		5	Gesamtbewertung
Leitfaden für Wartung und Instandhaltung	Ja		
Leitfaden für Betrieb	Ja		
Dokumentation der Gebäudetechniksysteme	Ja		
Dokumentation des Gebäudes	Ja		
Vollständige Ausführungszeichnungen	Ja		

## 5. Sicherheit

### Einbruchsschutz

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Ist erhöhter Einbruchsschutz ein Planungsziel?	Nein	Nicht bewertet	Fakultatives Kriterium
Gewählte Schutzmaßnahmen			

### Brandschutz

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Brandschutz		4	Gesamtbewertung
Besondere Anforderungen an Baustoffe (Grundkonstruktion)	Ja		
Besondere Anforderungen an Innenausstattung	Ja		
Besondere Anforderungen an Brandschutzmaßnahmen im Haustechnikbereich	Ja		
Besondere Anforderungen an Brandmeldeeinrichtungen und automatische Löschanlagen	Nein		
Besondere Anforderungen an Fluchtwegkonzept	Ja		

### Barrierefreiheit

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Barrierefreiheit		5	Gesamtbewertung
Barrierefreiheit als Planungsziel?	Ja		
Ausstattungsmerkmale:			
Lift	Rollstuhlgängiger durchgehender Lift		
Barrierefreie allgemeine Erschließungsflächen	Ja		Nachweis siehe Plandokumente
Mit geringem Aufwand barrierefrei gestaltbare Tops	Ja		

### Umgebungsrisiken

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Hochwasser	Basisrisiko nicht gegeben		
Muren	Basisrisiko nicht gegeben		
Lawinen	Basisrisiko nicht gegeben		
Geologische Stabilität	Basisrisiko nicht gegeben		
Erdbebensicherheit	Bedingungen nach ÖNORM B 4015-1 erfüllt		
Welche Schutzmaßnahmen wurden zur Verringerung eines Basisrisikos getroffen?			
Blitzschutz: Verbessertes Blitzschutz gegenüber behördlichen Auflagen	Nein		
Freiwilliger Blitzschutz realisiert	Ja		
Hochspannungsanlagen	empfohlener Abstand wurde eingehalten		
Spannung der nächsten Hochspannungsleitung	110 kV		
Abstand zur nächsten Hochspannungsleitung	500 Meter		

## 6 Planungsqualität

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Planungsqualität	siehe unten	5	Gesamtbewertung
Nutzungskonzept	Ja		
Zielvorgaben für Entwurfsbereiche	Ja		
Variantenanalyse	Ja		
Folgekostenabschätzung Verwaltung/Service	Ja		
Folgekostenabschätzung Strom	Ja		
Folgekostenabschätzung Brennstoffe	Ja		
Folgekostenabschätzung Wasser	Ja		
Folgekostenabschätzung Abwasser	Ja		
Folgekostenabschätzung Wartung/Instandhaltung	Ja		
Folgekostenabschätzung Reinigung	Ja		
Folgekostenabschätzung Umbaukosten	Ja		
Gebäudemanagement-Konzept	Ja		
Gebäudeinformationssystem (GIS)	Nein		

## 7 Qualitätssicherung bei der Errichtung

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
TQ-Bewertung für Errichtung oder Planung?	Planung	nicht bewertet	
Bauaufsicht	Thermographie, Blower-Door-Test		
Endabnahme	detaillierte Endabnahme, Prüfumfang hoch		

## 8 Infrastruktur und Ausstattung

### 8-1 Anbindung an die Infrastruktur

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Anzahl der EinwohnerInnen der Stadt / der Gemeinde	ländl. Gemeinde < 5000 EinwohnerInnen		
Entfernung zu:	Teilergebnisse siehe unten	2	Gesamtbewertung
Einkaufsmöglichkeiten (täglich Bedarf)	500 m		
Freizeiteinrichtungen (Sport)	100 m		
Freizeiteinrichtungen (Kultur/Soziales)	500 m		
Parks, Aufenthaltsmöglichkeit im Freien	100 m		
Apotheke	500 m		
Praktischer Arzt, Praktische Ärztin	500 m		
Haltestelle öffentlicher Verkehr	300 m		
Car-Sharing	3500 m		

## BEWERTUNGSERGEBNISSE IM ÜBERBLICK

Das sind Ihre Ergebnispunkte

4,03

	Ergebnis	Gewichtung	Punkte
<b>1 Ressourcenschonung</b>	<b>4,31</b>	<b>0,1563</b>	<b>0,67</b>
<b>1.1 Energiebedarf des Gebäudes</b>	<b>3,75</b>	<b>0,3000</b>	<b>1,13</b>
Primärenergie für die Errichtung des Rohbaus (Baustoffproduktion)	5,00	0,2500	1,25
Heizwärmebedarf	5,00	0,2500	1,25
Anteil der Erneuerbaren Energieträger am Heizwärmebedarf	5,00	0,2500	1,25
Solaranlage für die Warmwasserbereitung	0,00	0,2500	0,00
<b>1.2 Bodenschutz</b>	<b>4,67</b>	<b>0,2000</b>	<b>0,93</b>
1.2.1 Versiegelungsgrad der unbebauten Fläche	5,00	0,3333	1,67
1.2.2 Ökologische Wertigkeit der bebauten Fläche	5,00	0,3333	1,67
1.2.3 Ökologie des Baulandes	4,00	0,3333	1,33
<b>1.3 Schonung der Trinkwasserressourcen</b>	<b>5,00</b>	<b>0,2000</b>	<b>1,00</b>
<b>1.4 Effiziente Nutzung von Baustoffen</b>	<b>4,17</b>	<b>0,3000</b>	<b>1,25</b>
1.4.1 Baustoffe mit Anteil an recyceltem oder wiedergewonnenem Material	5,00	0,3333	1,67
1.4.2 Trennbarkeit in sortenreine Fraktionen bei Sanierung oder Rückbau	5,00	0,3333	1,67
1.4.3 Produktauswahl	5,00	0,1667	0,83
Transportmanagement	0,00	0,1667	0,00

	Ergebnis	Gewichtung	Punkte
<b>2 Verminderung der Belastungen für Mensch und Umwelt</b>	<b>3,91</b>	<b>0,1563</b>	<b>0,61</b>
<b>2.1 Atmosphärische Emissionen</b>	<b>5,00</b>	<b>0,2941</b>	<b>1,47</b>
Beitrag zum Treibhauseffekt aus der Raumwärmeversorgung für die Gebäudenutzung	5,00	1,0000	5,00
<b>2.2 Abfallvermeidung</b>	<b>2,00</b>	<b>0,1176</b>	<b>0,24</b>
<b>2.2.1 Minimierung des Baustellenabfalls</b>	2,00	1,0000	2,00
<b>2.3 Abwasser</b>	Nicht bewertet	0,0000	
<b>2.4 Reduktion des motorisierten Individualverkehrs</b>	<b>2,50</b>	<b>0,1176</b>	<b>0,29</b>
<b>2.4.1 Rahmenbedingungen für ein Verkehrskonzept</b>	3,00	0,5000	1,50
<b>2.4.2 Fahrradabstellplätze</b>	2,00	0,5000	1,00
<b>2.5 Reduktion von Belastungen durch Baustoffe</b>	<b>3,50</b>	<b>0,2941</b>	<b>1,03</b>
<b>2.5.1 Vermeidung von PVC</b>	3,00	0,2500	0,75
<b>2.5.2 Vermeidung von PUR und PIR in Schäumen, Dichtungen, Dämmungen</b>	3,00	0,2500	0,75
<b>2.5.3 Chemischer Holzschutz außen</b>	5,00	0,1250	0,63
Chemischer Holzschutz innen	5,00	0,1250	0,63
<b>2.5.4 Lösungsmittelarme bzw. -freie Voranstriche, Anstriche, Lacke und Klebstoffe</b>	3,00	0,2500	0,75
<b>2.6 Vermeidung von Radon</b>	<b>5,00</b>	<b>0,0588</b>	<b>0,29</b>
<b>2.7 Elektrobiologische Hausinstallation</b>	Nicht bewertet	0,0000	
<b>2.8 Vermeidung von Schimmel</b>	<b>5,00</b>	<b>0,1176</b>	<b>0,59</b>

	Ergebnis	Gewichtung	Punkte
<b>3 NutzerInnenkomfort</b>	4,40	0,1563	0,69
3.1 Qualität der Innenraumlufte	5,00	0,2000	1,00
3.2 Behaglichkeit	4,50	0,2000	0,90
3.2.1 Im Sommerbetrieb	4,00	0,5000	2,00
3.2.2 Im Winterbetrieb	5,00	0,5000	2,50
3.3 Tages- und Kunstlicht	5,00	0,1500	0,75
3.4 Sonnen-/Blendschutz/Sonne	5,00	0,1500	0,75
3.5 Schallschutz in den Tops	3,00	0,2000	0,60
Bewertetes Schalldämmmaß $R_w$ N. transp. Außenbauteile	5,00	0,3000	1,50
Transparente Außenbauteile	5,00	0,3000	1,50
3.6 Gebäudeautomation	4,00	0,1000	0,40
<b>4 Langlebigkeit</b>	4,50	0,1250	0,56
4.1 Flexibilität der Konstruktion bei Nutzungsänderungen	4,00	0,5000	2,00
4.2 Grundlagen für den Gebäudebetrieb und die Instandhaltung	5,00	0,5000	2,50
<b>5 Sicherheit</b>	4,50	0,1250	0,56
5.1 Einbruchschutz	Nicht bewertet	0,0000	
5.2 Brandschutz	4,00	0,5000	2,00
5.3 Barrierefreiheit	5,00	0,5000	2,50

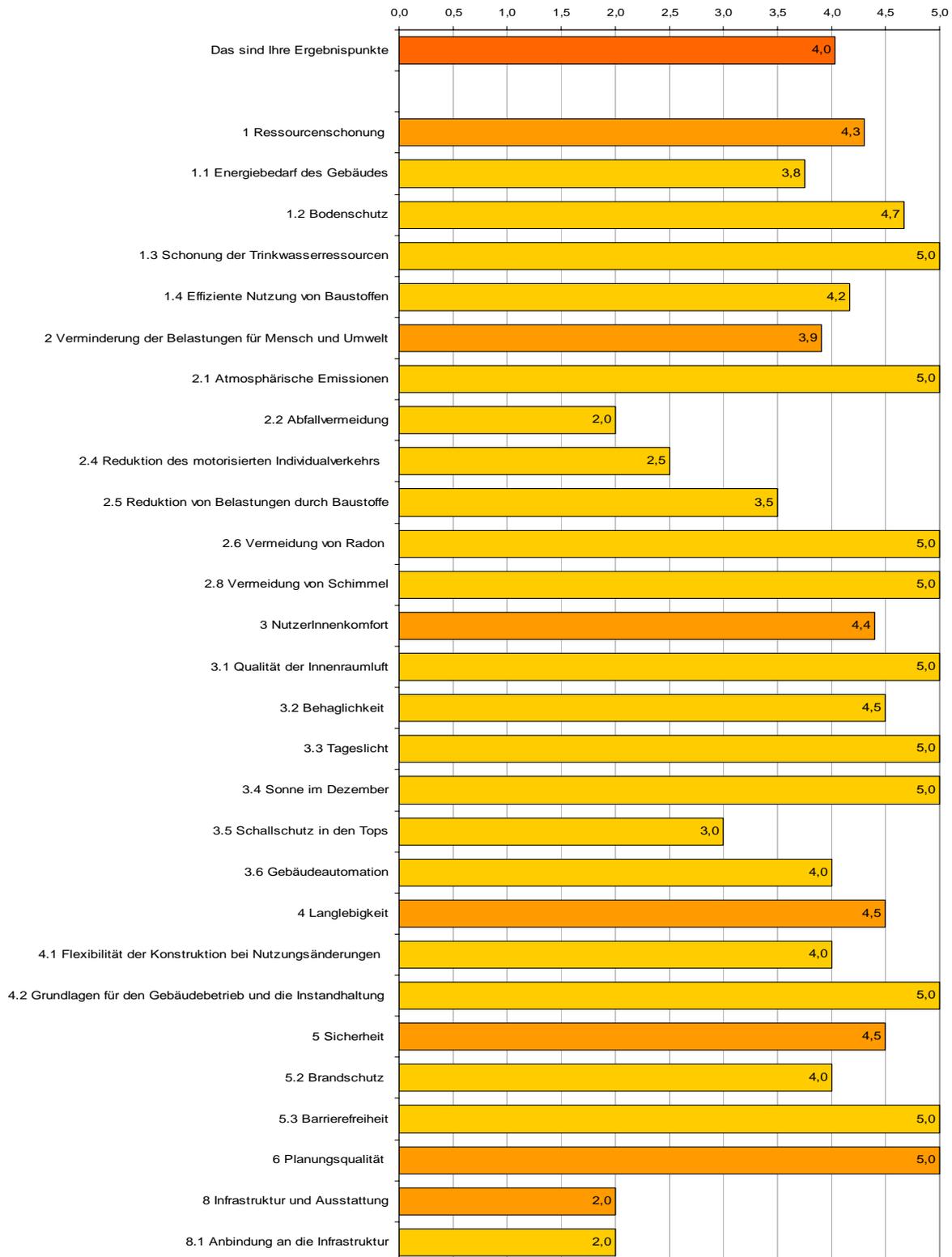
	Ergebnis	Gewichtung	Punkte
<b>6 Planungsqualität</b>	5,00	0,1250	0,63
<b>7 Qualitätssicherung bei der Errichtung</b>	Nicht bewertet	0,0000	
<b>7.1 Bauaufsicht</b>	Nicht bewertet	0,0000	
<b>7.2 Endabnahme</b>	Nicht bewertet	0,0000	
<b>8 Infrastruktur und Ausstattung</b>	2,00	0,1563	0,31
<b>8.1 Anbindung an die Infrastruktur</b>	2,00	1,0000	2,00
<b>8.2 Ausstattungsmerkmale des Objekts</b>	Nicht bewertet	0,0000	
<b>9 Kosten</b>	Nicht bewertet	0,0000	

**Legende:**

Ergebnispunkte Gruppe	Gewichtungsfaktor Gruppe	Gewichtete Ergebnispunkte Gruppe
Ergebnispunkte Untergruppe	Gewichtungsfaktor Untergruppe	Gewichtete Ergebnispunkte Untergruppe
Ergebnispunkte einzelne Kriterien	Gewichtungsfaktor einzelnes Kriterium	Gewichtete Ergebnispunkte einzelnes Kriterium

**Erklärungen zur Bewertung:** Die gewichteten Ergebnispunkte der Gruppen werden aufsummiert und ergeben die Gesamtbewertung, die Sie ganz oben in diesem Blatt finden.

## GRAFISCHE ÜBERSICHT DER GESAMTERGEBNISSE



## Erläuterungen wichtiger Qualitätskriterien

Das Total Quality (TQ)-Zertifikat besteht aus einer vierseitigen Kurzzusammenfassung sowie dem vorliegenden ausführlichen Tabellenteil. Im Folgenden werden einige wichtige, im Zertifikat vorkommende Begriffe bzw. Sachverhalte zusätzlich erläutert.

### Heizwärmebedarf

Der **Heizwärmebedarf (HWB)** ist jene Wärmemenge die einem Gebäude im Normaljahr (Jahr mit durchschnittlichem Klima) zugeführt werden muss, um die gewünschte Raumtemperatur aufrecht zu erhalten. Der Heizwärmebedarf wird in Kilowattstunden (kWh) angegeben.

Der **spezifische Heizwärmebedarf** ist der auf die beheizte Brutto-Grundfläche (BGF) bezogene Heizwärmebedarf eines Gebäudes bzw. Raumverbandes. Die Brutto-Grundfläche ist gemäß ÖN B 1800 als Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerkes definiert. Der spezifische Heizwärmebedarf wird in  $\text{kWh/m}^2_{\text{BGF}}$  angegeben.

Mit dem Ziel der Vergleichbarkeit wurde ein standardisiertes Berechnungsschema in der Europäischen Norm EN 832 festgelegt. In diese Berechnung des Heizwärmebedarfs fließen Klimadaten des Standortes in Form der Monatsmittelwerte der Globalstrahlung und der Lufttemperaturen ein. Auch Nutzungsdaten (Lüftungsverhalten, Abwärmen von Personen und Geräten) werden einbezogen. Die EN 832 wurde bei der Übernahme in das nationale Normenwerk von einzelnen Ländern unterschiedlich adaptiert. So wird in Deutschland (DIN EN 832) der Energiebedarf zur Warmwasserbereitung in den HWB hineingerechnet, in Österreich (ÖN EN 832) nicht.

### Heizenergiebedarf

Der **Heizenergiebedarf** ist jene Energiemenge, die dem Gebäude im mittleren Jahr zur Deckung des Heizwärmebedarfs zugeführt werden muss (Brennstoffe, Fernwärme). Der Heizenergiebedarf wird aus dem Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung des Jahres-Nutzungsgrades des/der Wärmebereitstellungssystem(s) errechnet. Als Heizenergie wird stets die Endenergie betrachtet, also jene Energiemenge, die auch bezahlt werden muss. Beträgt zum Beispiel der spezifische Heizwärmebedarf  $30 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGF}}$  und der Jahres-Nutzungsgrad 90 %, ergibt sich ein spezifischer Heizenergiebedarf von  $30/0,9 = 33,33 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGF}}$ ; bei Verwendung von Heizöl EL mit einem Heizwert von rund  $10 \text{ kWh/l}$  entspricht das  $33,33/10 = 3,33 \text{ l Heizöl}$  pro  $\text{m}^2_{\text{BGF}}$  und Jahr.

### Schallschutz

Im Rahmen der Total-Quality-Bewertung wird bei Bürogebäuden nur die Abschottung gegen Außenlärm bewertet, und zwar an Hand von Planungsnachweisen der Schallschutzeigenschaften der Außenbauteile wie Außenwände, Fenster, Glasfassaden, etc. Messungen wie bei Wohngebäuden sind nicht vorgeschrieben.

### Thermische Behaglichkeit im Winterbetrieb

Für die Beurteilung der thermischen Behaglichkeit im Winter wird in der Total-Quality-Bewertung die Differenz zwischen der inneren Oberflächentemperatur der Wand bzw. der Verglasung und der Raumlufttemperatur herangezogen. Die Berechnung erfolgt unter der Annahme, dass die Außenlufttemperatur gleich der Normaußentemperatur ist. Die Normaußentemperatur ist jene Außentemperatur, die für die Dimensionierung der Heizung herangezogen wird. Sie liegt für die meisten österreichischen Standorte im Bereich von  $-12^\circ\text{C}$  bis  $-14^\circ\text{C}$ . Die Berechnung wird für die ebene Außenwand bzw. die Verglasungsmittelpunkte von Verglasungen durchgeführt. Im Bereich von Kanten, Ecken, Fenster- bzw. Tür-Anschlüssen können auch tiefere innere Oberflächentemperaturen auftreten.

Bei großen Verglasungen mit hohen U-Werten (etwa  $U_{\text{Glas}} \geq 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ , das bedeutet, dass bei einer Temperaturdifferenz von 1 K pro  $\text{m}^2$  Verglasungsfläche eine Wärmeleistung von 1,6 W von innen nach außen abgeführt wird und damit dem Innenraum „verloren“ geht) können an kalten Tagen bei entsprechend niedrigen inneren Oberflächentemperaturen Zugerscheinungen durch Kaltluftabfall an der inneren Glas-Oberfläche auftreten.

### **Messungen**

Die im Folgenden beschriebenen Messungen werden nach Baufertigstellung gefordert.

#### **Thermografie**

Die Thermografie liefert Oberflächentemperaturverteilungen mit hoher Auflösung. Die thermografische Analyse der äußeren Gebäudeoberflächen erlaubt damit eine großflächige, qualitative und zerstörungsfreie Untersuchung der Wärmedämmeigenschaften von Gebäudeoberflächen. Eine genaue Ermittlung der U-Werte (Wärmedurchgangskoeffizienten) ist auf diese Weise nicht möglich; das Auffinden bestimmter Wärmebrücken (wie z.B. nicht ausreichend gedämmte auskragende Bauteile, Wärmebrücken aufgrund von Durchstoßungen der Wärmedämmung oder aufgrund von Baustoffwechsel) hingegen schon. Thermografie-Aufnahmen der Gebäudehülle bei Überdruck (innerer Luftdruck größer als der äußere Luftdruck) liefern darüber hinaus Informationen über Undichtheiten der Gebäudehülle.

Im Rahmen der TQ Messungen werden außenthermografische Aufnahmen überall dort durchgeführt, wo die Außenfassaden leicht erfassbar sind (z.B. Straßenfronten). Da für die Messung eine Mindesttemperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenlufttemperatur von ca. 20 °C erforderlich ist, können die Messungen nur in der kalten Jahreszeit durchgeführt werden.

Da nicht alle Außenflächen gemessen werden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass trotz der vorliegenden Nachweise Mängel auftreten. Durch die Überprüfung ist die Wahrscheinlichkeit, dass Mängel vorhanden sind, reduziert.

#### **Messungen der Luftdichtheit**

Wenn im Gebäude eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung eingebaut ist, wird auch die Luftdichtheit stichprobenartig gemessen. Bedingung ist, dass die mechanische Lüftung entweder das ganze Gebäude oder zumindest den größten Teil des Gebäudes versorgt. Die Luftdichtheit muss gegeben sein, weil die mechanische Lüftung nur dann eine optimale Wirkung erbringen kann, wenn das Gebäude ausreichend dicht ist. Die Messung wird nach dem „Blower door“-Verfahren durchgeführt. Mit einem Ventilator wird eine Druckdifferenz von ca. 50 Pa zwischen Innen und Außen erzeugt und die Menge der ein- bzw. ausströmenden Luft gemessen.

Da die Luftdichtheit nicht in allen Tops gemessen wird, kann nicht ausgeschlossen werden, dass trotz der vorliegenden Nachweise in anderen Tops Mängel bezüglich der Luftdichtheit auftreten. Durch die Überprüfung ist die Wahrscheinlichkeit, dass Mängel vorhanden sind, reduziert.

### Weiterführende Hinweise

Eine vollständige Erläuterung aller verwendeten Begriffe und eine Begründung der Zielwerte finden Sie unter [www.argeTQ.at](http://www.argeTQ.at). Für weitere Erläuterungen bezüglich der TQ-Kriterien stehen Ihnen die Mitglieder der argeTQ zur Verfügung.

### argeTQ-Mitglieder sowie Ansprechpartner:

Österreichisches Ökologie Institut  
Robert Lechner  
Seideng. 13  
1070 Wien  
Tel.: 01/523 61 05--38  
Email: [lechner@ecology.at](mailto:lechner@ecology.at)

Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie  
Dipl.-Ing. Dr. Bernhard Lipp  
Alserbachstraße 5/8  
1090 Wien  
Tel.: 01/319 20 05-12  
Email: [blipp@ibo.at](mailto:blipp@ibo.at)