



**Wissenschaftliche Analyse der Sanierungsnotwendigkeiten, ihres abgeschätzten Einsparpotenzials und der Wirtschaftlichkeit von drei ausgesuchten Schulen des Landkreises Goslar  
(Projekt-Nr.: 26487-25)**

Analyse der Verbrauchsdaten (Wärme, Wasser, Strom) und des Gebäude- und Anlagenbestandes von drei Schulen des Landkreises Goslar

Abschlussbericht (Stand: 07.04.2010)

**Antragsteller**

Landkreis Goslar  
Klubgartenstr. 6  
38640 Goslar  
Tel.: 05321-76-100; Fax: 05321-76-245



**Koordination**

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften  
– Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel -  
Institut für energieoptimierte Systeme (EOS)  
Prof. Dr.-Ing. Gernot Wilhelms  
Salzdahlumer Str. 46/48  
38302 Wolfenbüttel  
Tel.: 05331 939 39660; Fax: 05331 939 39662  
E-Mail: g.wilhelms@ostfalia.de



Bearbeitung:  
Dipl.-Ing. (FH) Jörn Deidert



09/02		<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>26487-25</b>	Referat		Fördersumme	<b>93.300,00 €</b>
<b>Antragstitel</b>		Wissenschaftliche Analyse der Sanierungsnotwendigkeiten, ihres abgeschätzten Einsparpotenzials und der Wirtschaftlichkeit von drei ausgesuchten Schulen des Landkreises Goslar			
<b>Stichworte</b>		Sanierung, Gebäude			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
<b>26 Monate</b>		<b>24.01.2008</b>		<b>31.03.2010</b>	
Zwischenberichte		1. ZB / 30.10.2008		2. ZB / 31.01.2009	
4. ZB / 31.07.2009		5. ZB / 25.01.2010		3. ZB / 30.04.2009	
<b>Bewilligungsempfänger</b>		Landkreis Goslar Klubgarten 6 38640 Goslar		Tel 05321-76-100 Fax 05321-76-245	
				Projektleitung Fachbereichsleiter Manfred Hühne	
				Bearbeiter Walter Marx	
<b>Kooperationspartner</b>		Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften Institut für energieoptimierte Systeme (EOS) Salzdahlumer Str. 46/48 38302 Wolfenbüttel			
		Prof. Dr.-Ing. G. Wilhelms Institut für energieoptimierte Systeme (EOS) Labor für Energie- und Kältetechnik Tel.: 05331 939-39660 Fax: 05331 939-39662 E-Mail: <a href="mailto:g.wilhelms@ostfalia.de">g.wilhelms@ostfalia.de</a>			
		Prof. Dr.-Ing. D. Wolff Institut für energieoptimierte Systeme (EOS) Labor für Heizungstechnik Tel.: 05331 939-39590 Fax: 05331 939-39592 E-Mail: <a href="mailto:d.wolff@ostfalia.de">d.wolff@ostfalia.de</a>			
<b>Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens</b>					
<p>Der Landkreis Goslar ist Träger von 17 allgemein- und 3 berufsbildenden Schulen an acht Standorten. Diese sind zum großen Teil in den sechziger Jahren nach Abschaffung der Volksschulen und in den siebziger Jahren nach Einführung der Orientierungsstufe gebaut wurden. Sie sind nun in die Jahre gekommen und entsprechen nicht mehr den heutigen Anforderungen. Wie bei den meisten öffentlichen Gebäuden mit Baujahr vor 1980 besteht ein hoher Instandhaltungs- und Sanierungsstau, so dass eine grundlegende Sanierung und Revitalisierung des Altbestandes für einen zukunftsfähigen Betrieb unumgänglich ist.</p> <p>Um die anstehende Sanierung seiner Schulen wirtschaftlich und energetisch nachhaltig zu gestalten, will der Landkreis Goslar in Zusammenarbeit mit Institut für energieoptimierte Systeme (EOS) der Ostfalia ergänzend zu einem anderen Modellprojekt (Begleitung durch die TU BS) ein Konzept für die ganzheitliche Sanierung und energetische Modernisierung seiner Schulen entwickeln. Zur Schaffung optimaler Lehr- und Lernbedingungen sollen Raumluftqualität, Beleuchtung, Akustik, sanitäre Einrichtungen und die thermische Behaglichkeit dem bestmöglichen Stand der Technik und Wissenschaft unter Einhaltung langfristiger Gesamtwirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum min. 20 – 30 Jahre) entsprechen.</p>					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>					

### ***Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden***

In der ersten und hiermit genehmigten Projektphase erfolgt die Bestandsaufnahme des Ist-Zustandes von drei ausgewählten Schulen im Landkreis Goslar. Hierbei handelt es sich um das Werner-von-Siemens-Gymnasium in Bad Harzburg, das Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg sowie die Haupt- und Realschule in Seesen. Dabei steht zunächst die Analyse der Verbrauchsdaten hinsichtlich Wärme, Wasser und Strom in den betrachteten Objekten sowie die Aufnahme des jeweilig vorhandenen Gebäude- und Anlagenbestandes in Form einer Bestandsbilanzierung nach DIN EN 18599 im Fokus dieses Vorprojektes. Für Schulkomplexe mit nur wenigen vorhandenen Zählwerken werden Konzepte zur sinnvollen Erweiterung der Messtechnik erstellt und umgesetzt, um eine explizite Auswertung der Verbrauchsdaten durchführen zu können. Weiterer Bestandteile dieses Vorprojektes sind, wenn noch nicht vorhanden, raumklimatische und akustische Messungen in den Schulen sowie thermografische Aufnahmen der vorhandenen Gebäudehüllen. Zu den Methoden für die Erfassung des Nutzungsprofils gehören Befragungen der Lehrer und Schüler. Aus den Erkenntnissen dieser Analyse wird im Anschluss zunächst ein Grobkonzept zur energetisch sinnvollen und wirtschaftlichen Modernisierung für die jeweiligen Objekte erarbeitet. Zu gegebener Zeit wird im Rahmen der haushaltsrechtlichen Möglichkeiten des Landkreises entschieden, ob und ggf. welche Schule davon umfassend „angefasst“ werden soll. Dabei wird in einer weiteren Projektphase durch ein interdisziplinäres Projektteam aus Verwaltung, Forschung und Ingenieurbüros unter Einbeziehung von technischen, architektonischen, umweltspsychologischen und pädagogischen Gesichtspunkten ein ganzheitliches Konzept zur nachhaltigen Modernisierung für die ausgewählte Schule erarbeitet.

### ***Ergebnisse und Diskussion***

Die Verbrauchsdaten der drei Schulen über den Zeitraum von einem Jahr werden dargestellt und die Energie- und Wasserverbrauchskennwerte ermittelt. Bezüglich Architektur, Bauphysik, Beleuchtung, und Anlagentechnik werden der Ist-Zustand aufgenommen und Sanierungsvorschläge unterbreitet. Es wird die Empfehlung gegeben, das Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg ganzheitlich zu sanieren. Für diese Schule wird ein konkreter Sanierungsvorschlag unterbreitet und die Wirtschaftlichkeit der Varianten: ENEC 2009, Passivhausstandard, Neubau abgeschätzt.

### ***Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation***

Der Abschlussbericht wird im April 2010 in einer Veranstaltung des Landkreises Goslar der Öffentlichkeit vorgestellt.

### ***Fazit***

Um das Ziel dieses Projektes, eine schlüssiges Konzept für die Sanierung der Schulen des Landkreises Goslar, zu erreichen, wird empfohlen, im folgenden Projektabschnitt eine Ausführungsplanung für eine Sanierung des Schulzentrums Schule am Schloss und parallel eine Vorplanung eines Neubaus unter wissenschaftlicher Begleitung der Ostfalia durchzuführen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>9</b>
1.1 Gegenstand und Ziel des Gesamtprojektes .....	9
1.2 Zielsetzung des ersten Teilprojektes .....	11
1.3 Begründung der Notwendigkeit einer ganzheitlichen Sanierung .....	12
1.4 Allgemeine Erkenntnisse aus der bisherigen Projektarbeit .....	13
<b>2. Bestandsaufnahme der drei Schulen.....</b>	<b>15</b>
2.1 Grundlegende Daten der drei untersuchten Schulen .....	15
2.1.1 Haupt- und Realschule Seesen .....	15
2.1.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	16
2.1.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	18
2.2 Schulplanung .....	19
2.2.1 Haupt- und Realschule Seesen .....	19
2.2.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	20
2.2.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	21
2.2.4 Verwaltungsübersicht Landkreis Goslar .....	23
2.3 Architektur.....	24
2.3.1 Gutachten des Architekturbüros LampeVier .....	24
2.3.1.1 Haupt- und Realschule Seesen .....	24
2.3.1.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	25
2.3.1.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	26
2.3.2 Gutachten Architekt Dr. Schulze Darup.....	27
2.3.2.1 Haupt- und Realschule Seesen .....	27
2.3.2.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	28
2.3.2.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	29
2.4 Bauphysik .....	30
2.4.1 Gutachten Büro für Bauphysik Dipl.-Ing. Architekt S. Horschler.....	30
2.4.1.1 Haupt- und Realschule Seesen .....	30
2.4.1.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	31
2.4.1.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	31
2.4.2 Zusammenfassung Bestandsaufnahme der drei Schulen .....	31
2.4.2.1 Bestandsaufnahme Gebäudehülle Haupt- und Realschule Seesen.....	31
2.4.2.2 Bestandsaufnahme Gebäudehülle Haupt- und Realschule Liebenburg ....	32
2.4.2.3 Bestandsaufnahme Gebäudehülle Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg.....	33
2.4.3 Gebäudehüllflächen.....	35
2.4.3.1 Haupt- und Realschule Seesen .....	35

---

2.4.3.2	Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	36
2.4.3.3	Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	37
2.5	Thermografie der drei Schulen .....	38
2.5.1	Thermografie Haupt- und Realschule Seesen.....	38
2.5.2	Thermografie Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg.....	38
2.5.3	Thermografie Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg.....	39
2.6	Beleuchtung.....	40
2.6.1	Gutachten Dipl.-Ing. Architekt R. Jakobiak .....	40
2.6.1.1	Haupt- und Realschule Seesen .....	40
2.6.1.2	Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	41
2.6.1.3	Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	42
2.7	Anlagenbeschreibung der Schulen.....	44
2.7.1	Haupt- und Realschule Seesen .....	44
2.7.1.1	Die Heizungsanlage.....	44
2.7.1.2	Die Lüftungsanlagen.....	49
2.7.2	Haupt- und Realschule, Liebenburg .....	58
2.7.2.1	Die Heizungsanlage.....	58
2.7.2.2	Die Lüftungsanlage.....	60
2.7.3	Werner von Siemens-Gymnasium, Bad Harzburg.....	68
2.7.3.1	Die Heizungsanlage.....	68
2.7.3.2	Die Lüftungsanlage.....	72
2.7.4	Sanierungsvorschläge zur Anlagentechnik.....	77
2.7.4.1	Haupt- und Realschule Seesen .....	77
2.7.4.2	Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	77
2.8	Erfassung der Verbrauchsdaten .....	78
2.8.1	Haupt- und Realschule Seesen .....	78
2.8.2	Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	81
2.8.3	Werner-von-Siemens Gymnasium Bad Harzburg .....	85
2.8.4	Kennwerte der drei Schulen .....	88
2.8.5	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung BHKW Liebenburg .....	89
2.9	IT-Ausstattung Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg.....	92
2.10	Auswertung Fragebogenaktion.....	93
2.10.1	Haupt- und Realschule Seesen .....	93
2.10.2	Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	94
2.10.3	Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	94
2.11	Instandhaltungs- und Modernisierungskosten, geplante Baumaßnahmen.....	95
2.11.1	Haupt- und Realschule Seesen .....	95
2.11.2	Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	96

---

2.11.3	Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	96
2.12	Betriebskosten .....	97
2.13	Übersicht Verbrauchsdaten der drei Schulen .....	99
2.13.1	Verbrauchsübersicht Haupt- und Realschule Seesen .....	99
2.13.2	Verbrauchsübersicht Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	101
2.13.3	Verbrauchsübersicht Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	103
<b>3.</b>	<b>Bewertung .....</b>	<b>106</b>
3.1	Haupt- und Realschule Seesen .....	106
3.1.1	Übersicht der Quellen für die Tabelle 3-1 .....	108
3.2	Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	111
3.2.1	Übersicht der Quellen für Tabelle 3-2 .....	113
3.3	Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	117
3.3.1	Übersicht der Quellen für Tabelle 3-3 .....	118
3.4	Allgemeine Empfehlungen .....	120
3.5	Frage der Beibehaltung von Heizkörpern .....	121
3.6	Qualitätssicherungsmaßnahmen .....	121
<b>4.</b>	<b>Empfehlung .....</b>	<b>122</b>
4.1	Sanierungsmaßnahmen .....	122
4.1.1	Gebäudehülle .....	122
4.1.2	Innenbereiche .....	124
4.1.3	Anlagentechnik .....	125
4.1.4	Schadstoffbelastungen .....	126
4.1.5	Ausstattung des Schulgebäudes .....	126
4.2	Wirtschaftlichkeit .....	127
4.3	Einsparungen .....	128
4.4	Heizungs- und Lüftungskonzept .....	129
<b>5.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>130</b>
5.1	Gutachten LampeVier .....	130
5.2	Gutachten Dr. Burkhard Schulze Darup .....	154
5.3	Gutachten Büro für Bauphysik .....	189
5.3	Thermografien .....	213
5.3.1	Haupt- und Realschule Seesen .....	213

---

5.3.2	Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg .....	251
5.3.3	Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	286
5.4	Gutachten Beleuchtung .....	337
5.5	Konzept für die Informations- und Kommunikationstechnik des Schulzentrums Schule am Schloss Liebenburg .....	370



## 1. Einleitung

Der Landkreis Goslar ist Träger von 17 Allgemein- und 3 Berufsbildenden Schulen an acht Standorten. Diese sind zum großen Teil in den sechziger Jahren nach Abschaffung der Volksschulen und in den siebziger Jahren nach Einführung der Orientierungsstufe gebaut worden. Sie sind nun in die Jahre gekommen und entsprechen nicht mehr den heutigen Anforderungen. Wie bei den meisten öffentlichen Gebäuden mit Baujahr vor 1980 besteht ein hoher Instandhaltungs- und Sanierungsstau. Durch Umsetzung von Schulreformen, hier seien die Abschaffung der Orientierungsstufe im Jahre 2004, die verstärkte Mittagsbetreuung und die zunehmende Ganztagsbetreuung genannt, muss die Ausstattung der Schulen auch bezüglich der Funktions- und Hygieneanforderungen mindestens dem Stand der Technik, besser dem heute bestmöglichen Stand der Wissenschaft und Technik nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten angepasst werden. Wegen der drastisch ansteigenden Energiekosten und der wachsenden Bedeutung von Klimaschutz mit Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen müssen Bausubstanz und Anlagentechnik nicht nur in Stand gesetzt sondern energetisch bestmöglich modernisiert werden.

Laut Kreistagsbeschluss vom 25.02.2008 (Vorlage X/198) sind:

Alle Sanierungs-, Modernisierungs- und Neubaumaßnahmen für kreiseigene Liegenschaften so zu planen, dass der Energiebedarf der Gebäude möglichst niedrig ist. Anzustreben ist ein „KfW 40- bis Passivhaus-Standard“.

Bei Neubaumaßnahmen für zum dauernden Aufenthalt von Menschen vorgesehenen Gebäuden oder Gebäudeteilen ist ein „Passivhaus-Standard“ Pflicht.

Bei der Sanierung und Modernisierung, insbesondere von Heizungsanlagen in kreiseigenen Liegenschaften, ist dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist, der Vorzug zu geben.

Soweit der Einsatz regenerativer Energieträger nicht möglich oder wirtschaftlich nicht sinnvoll ist, ist dem Einsatz der Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung mit fossilen Brennstoffen der Vorzug zu geben.

Unter umweltpolitischen Gesichtspunkten ist dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe bzw. der Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung der Vorzug zu geben.

### 1.1 Gegenstand und Ziel des Gesamtprojektes

Um die anstehende Sanierung seiner Schulen wirtschaftlich und energetisch nachhaltig zu gestalten, will der Landkreis Goslar in Zusammenarbeit mit der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften – Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel (im Folgenden Ostfalia) ergänzend zu einem anderen Modellprojekt (begleitet durch die Technische Universität Braunschweig) ein Konzept für die ganzheitliche Sanierung und energetische Modernisierung seiner Schulen entwickeln.

Zur Schaffung optimaler Lehr- und Lernbedingungen sollen Raumluftqualität, Beleuchtung, Akustik, sanitäre Einrichtungen und die thermische Behaglichkeit dem bestmöglichen Stand der Technik und Wissenschaft unter Einhaltung langfristiger Gesamtwirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum mindestens 20 – 30 Jahre) entsprechen. Lehrkräfte und SchülerInnen

sollen sich in der Schule wohl fühlen und aktiv in den Prozess einbezogen werden. Eine Aufnahme in das vom BMU geförderte Programm „Energiesparclub für Schulen“ aus der bestehenden Zusammenarbeit von Ostfalia – Institut EOS mit co2online bietet sich an: <http://www.energiesparclub.de/der-club/energiesparclub-fuer-schulen/index.html>

Die energetische Sanierung soll möglichst dem höchsten KfW-Standard entsprechen und damit deutlich weit unterhalb der derzeitigen EnEV-Vorgaben liegen. Hierbei sollen zusätzlich innovative Verfahren der Energieversorgung und auch unkonventionelle gebäudetechnische Lösungen unter Beachtung wirtschaftlicher Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

Erstmals soll in diesem Projekt das Prinzip einer von allen Beteiligten unterstützten Einspargarantie verwirklicht werden. Dieses Prinzip liegt z. B. den Konzepten von Energieeinspar-Contracting bzw. Performance-Contracting zugrunde. Einspargarantie bedeutet in diesem Sinne, den rechnerisch bestimmten Energiebedarf (Wärme, elektrische Energie) unter Einhaltung der real vorgefundenen Rahmenbedingungen im Verbrauch zu garantieren. Das heißt, dass der reale Verbrauch mit dem errechneten Bedarf weitest möglichst übereinstimmt – unter der Voraussetzung, dass sich schwer berechenbare Parameter, wie z. B. Nutzerverhalten oder ähnliche, durch weitergehende Betreuung im definierten Rahmen bewegen.

Die Vorgehensweise bei der Planung von ganzheitlichen Modernisierungsmaßnahmen (Instandsetzungsmodernisierungen) ist noch nicht Stand der Technik. Hier bedarf es zurzeit noch einer wissenschaftlichen Begleitung der Planer und Handwerker. Ziel des Gesamtprojektes ist es, ein verallgemeinerbares Konzept zu entwickeln, dessen Ergebnisse in zukünftige technische Regeln und Richtlinien einfließen (DIN 18599, HOAI) und somit zum Stand der Technik werden. Weiterhin sind die Vorgaben des Bundesbauministeriums BmVBS – Leitfaden nachhaltiges Bauen bei der Ausschreibung möglichst einzuhalten:

[http://www.bmvbs.de/Bauwesen/Arbeitshilfen\\_-Leitfaeden\\_-Ric/Leitfaeden-.3016.4165/Leitfaden-Nachhaltiges-Bauen.htm](http://www.bmvbs.de/Bauwesen/Arbeitshilfen_-Leitfaeden_-Ric/Leitfaeden-.3016.4165/Leitfaden-Nachhaltiges-Bauen.htm)

Das Gesamtprojekt besteht aus den drei Teilprojekten:

**1. Analyse der Verbrauchsdaten (Wärme, Wasser, Strom) und des Gebäude- und Anlagenbestandes von drei Schulen des Landkreises Goslar.**

Zusammen mit der Schulentwicklungsplanung und der Schulgemeinschaft (SchülerInnen, Lehrkräfte, Eltern) werden für drei Schulen eine detaillierte Bestandsaufnahme durchgeführt, die erforderlichen Sanierungen dargestellt und diese bewertet, um daraus die Beantragung einer ganzheitlichen Planung für eine Schule im Rahmen eines nachfolgend zu beantragenden DBU-Modellprojektes abzuleiten.

**2. Entwicklung eines allgemeinen Konzeptes zur Planung und Umsetzung der ganzheitlichen Sanierung von Schulen am Beispiel einer ausgewählten Schule des Landkreises Goslar.**

Für die Schule, deren Sanierung die größten Erfolge verspricht, wird für eine ganzheitliche Sanierung die Ausführungsplanung erstellt. Die Koordination und wissenschaftliche Begleitung erfolgt durch die Ostfalia. Besonders beachtet wird hierbei die Abstimmung zwischen den Gewerken und die im dritten Teilprojekt durchzuführende Qualitätssicherung und Energieanalyse aus dem Verbrauch (Vorher-Nachher-Vergleich). Als Ergebnis des zweiten Teilprojektes soll ein detailliertes Konzept für die Planung und Umsetzung

einer ganzheitlichen Sanierung und energetischen Modernisierung unter Berücksichtigung der geplanten Instandhaltung vorliegen.

### **3. Umsetzung des Konzeptes „Planung und Umsetzung der ganzheitlichen Sanierung von Schulen“ beispielhaft für eine ausgewählte Schule des Landkreises Goslar.**

Die ausgewählte Schule soll nach der politischen Entscheidung und nach Vorliegen der haushaltsrechtlichen Voraussetzungen in einem geplanten Nachfolgeteilprojekt saniert und energetisch modernisiert werden. Dabei wird das Sanierungskonzept überprüft, angepasst und verbessert. Durch einen Vorher-Nachher-Vergleich mit Verbrauchsmessungen über mindestens zwei Heizperioden nach der Sanierung werden die Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der getroffenen Maßnahmen dokumentiert und bewertet. Gleichzeitig soll das Prinzip der Einspargarantie (Ist-Soll-Abgleich) durch alle Beteiligten (Landkreis als Bauherr, Energieberatung durch Ostfalia, Architekt, Fachplaner, beauftragte Qualitätssicherung, ausführendes Handwerk) in Form eines Modellprojekts verifiziert werden. Im Rahmen verschiedenster begleitender Aktionen und Veranstaltungen in und außerhalb des Schulunterrichts und durch stetigen kommunikativen Austausch werden SchülerInnen, Lehrkräfte und Eltern für die Thematik des energetischen Ressourcenverbrauchs und des Klimawandels in hohem Maße sensibilisiert. Hausmeister, Lehrpersonal und die Mitarbeiter des technischen Gebäudemanagements werden geschult in der Bedienung, Nutzung und Wartung der technischen Anlagen.

## **1.2 Zielsetzung des ersten Teilprojektes**

Im ersten Teilprojekt, dessen Abschlussbericht hier vorliegt, werden die Verbrauchsdaten (Wärme, Wasser, Strom) und der Gebäude- und Anlagenbestand von drei Schulen des Landkreises Goslar analysiert.

Durch eine Vorauswahl, die die Entwicklung der Schülerzahlen und den Sanierungsbedarf mit in Betracht zogen, wurden die drei Schulen: Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg, Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (früher: Haupt- und Realschule Liebenburg) und Haupt- und Realschule Seesen ausgesucht.

Die gesammelten Daten werden dokumentiert und daraus Sanierungsmaßnahmen abgeleitet und vorgeschlagen. Es werden die Sanierungskosten und die durch die Sanierung erreichbaren Einsparmöglichkeiten (Energiekosten, CO<sub>2</sub>-Emissionen, Primärenergie) abgeschätzt. Die notwendigen bautechnischen (z. B. Dichtheitsnachweis, Wärmebrücken) sowie anlagentechnischen Qualitätssicherungsmaßnahmen (z. B. Heizungsanlagen mit hydraulischer und regelungstechnischer Einregulierung der Heizungs- und Lüftungsverteilung) werden definiert. Unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Umweltrelevanz wird eine Empfehlung gegeben, welche der drei Schulen ganzheitlich saniert werden sollte.

Im Gegensatz zu den BAFA-Richtlinien, bei denen nur Bedarfswerte bzw. Jahresverbrauchswerte für Energien und Medien ermittelt werden, wird im Rahmen dieses Projektes eine wöchentliche Erfassung der Verbrauchswerte und ein Abgleich mit den berechneten Bedarfswerten durchgeführt. Dieses Verfahren hat sich bereits bei einem weiteren, von der DBU geförderten Projekt („Grundlagenprojekt im Rahmen der energetischen und ökologischen Modernisierung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode: Bestandsaufnahme des

Gebäude- und Anlagenbestandes“), das von der Ostfalia durchgeführt wurde, erfolgreich bewährt.

Mit einer Energieanalyse aus dem Verbrauch werden die Hauptverursacher des derzeitigen hohen Energieverbrauchs ermittelt. Es werden: Transmissions- und Lüftungsheizlasten (durch natürliche und maschinelle Lüftung), innere und solare Wärmegevinne (Personen, Beleuchtung, passive Solargevinne) zur Bestimmung der Größen: Heizgrenztemperatur, Trinkwarmwassernutzen, Verluste des Heizwasser- und Trinkwarmwasserverteilnetzes, Verluste von Speichern, Kesseffizienz (Wirkungsgrad und Bereitschaftsverluste), elektrische Hilfsenergien (im Wesentlichen für Pumpen und Ventilatoren) bestimmt. Auf der Grundlage dieser Verbrauchsanalyse und dem Abgleich mit rechnerischen Bedarfswerten nach DIN EN 18 599 werden realistische Vorschläge zur Wirtschaftlichkeit von Einzel- und Paketlösungen im Rahmen einer umfassenden Instandsetzungsmodernisierung formuliert.

Es werden die in den letzten Jahren angefallenen Instandhaltungskosten erfasst. Nur durch eine Gesamtkostenerfassung (Energie, Instandhaltung, Kapitalkosten) und Gesamtkostenoptimierung lassen sich zukünftig technisch bestmögliche und wirtschaftliche Instandsetzungsmodernisierungen realisieren. Erweitert sollen die Gesamtlebenszykluskosten in einem Umsetzungsprojekt erhoben werden.

Im abgeschlossenen Projekt, über das hier berichtet wird, wurden Lehrkräfte und Schüler aus dem naturwissenschaftlichen Bereich sowie die Hausmeister aktiv an der Aufnahme der Verbrauchsdaten beteiligt. Sie nehmen die Daten auf, übermitteln diese an die Projektbeteiligten und sind in den Auswertungsprozess einbezogen. Lehrer sowie Eltern- und Schülervertreter werden laufend über die Fortschritte des Vorhabens informiert. Spezielle Fragestellungen des Projektes werden von Studierenden der Fakultät Versorgungstechnik der Ostfalia in Form von Projekt- oder Abschlussarbeiten bearbeitet. Die Ergebnisse dieses Projektes fließen in die Ausbildung der Bachelor- und Masterstudierenden ein.

### **1.3 Begründung der Notwendigkeit einer ganzheitlichen Sanierung**

Die Sanierung einer Schule ist ein komplexes System von Teilsanierungen. Diese sind miteinander vernetzt. Führt man eine Teilsanierung aus, hat dies Auswirkungen auf die folgenden Sanierungen. Zwischen den einzelnen Sanierungen besteht ein Wirkgefüge. Das Ergebnis mehrerer Sanierungen ist nicht gleich der Summe der Ergebnisse der einzelnen Sanierungen.

Dies macht eine ganzheitliche Sanierung erforderlich. Hier wird berücksichtigt, wie sich die Teilsanierungen zu einer Gesamtheit zusammenfügen, wie die Eigenschaften der Teilsanierungen in ihrer gegenseitigen Wirkung die Eigenschaften der Gesamtsanierung bestimmen.

Eine ganzheitliche Sanierung wiederum macht erforderlich, dass ein Gesamtkonzept vorliegt, ehe die ersten Sanierungsvorhaben ausgeführt werden. Hier können kurzfristige Fördermaßnahmen wie z. B. das Konjunkturpaket II kontraproduktiv sein. In 95 % aller zurzeit aus dem Konjunkturpaket II geförderten Projekte, werden hier leider nur Einzelmaßnahmen gefördert. Bei der Fassadensanierung der Haupt- und Realschule Seesen, aus Mitteln des Konjunkturpaketes II, wird der ganzheitliche Sanierungsgedanke weitestgehend berücksichtigt. Auch das zukünftige Belüftungskonzept und eine EDV-Vernetzung der Schule wurden mit betrachtet und sind in die technische Lösung mit eingeflossen.

Nur teilweise Sanierungen können zu wirtschaftlich nicht optimierten Lösungen und Investitionen führen. Ist die Dämmung der Fassaden des Hauptgebäudes des Werner-von-Siemens-Gymnasiums in Bad Harzburg aus Instandsetzungsgründen unbedingt erforderlich gewesen, ist es aus Sicht der Berichterstatter, ebenfalls dringlich und wirtschaftlich effektiv, kurzfristig die hohen Energiekosten der neuen Sporthalle zu senken. Sehr positiv zu bewerten ist die Tatsache, dass bei der erfolgten Instandsetzung der Fassade des Hauptgebäudes höchste Standards hinsichtlich der eingesetzten Dämm- und Fensterqualitäten gefordert und realisiert wurden.

Nicht ganzheitliche Sanierungen können häufig sogar das Gegenteil eines wirtschaftlichen Konzeptes bewirken. Dämmen der Gebäudehülle haben Einfluss auf die Dimensionierung der Anlagentechnik. Wird dies nicht berücksichtigt, können die erwarteten Einsparungen durch eine überdimensionierte Heizungsanlage ausbleiben.

Mit einem ganzheitlichen Sanierungs-Konzept ist es möglich, zeitliche Sanierungs-Prioritäten zu erkennen. Anstelle der Dämmung eines Gebäudes lässt sich eventuell durch eine Senkung des Stromverbrauchs wirtschaftlich im ersten Schritt mehr Primärenergie einsparen.

Ein ganzheitliches Sanierungskonzept, das auch Stufenlösungen vorsieht, ermöglicht eine sinnvolle Reihenfolge der Sanierungsmaßnahmen. Bautechnische Sanierungen sollten vor der Sanierung der Heizungsanlage durchgeführt werden. Werden bei Arbeiten an der Decke die Deckenplatten entfernt, sollte ggf. gleich die neue Beleuchtung mit installiert bzw. modernisiert werden.

Eine ganzheitliche Sanierung ermöglicht darüber hinaus in vielen Fällen eine Verbesserung durch Einbeziehung des Umfeldes des Sanierungsobjektes. Lässt sich z. B. ein Blockheizkraftwerk gemeinsam mit einer benachbarten Einrichtung (z. B. Freibad einer Kommune, also in anderer Trägerschaft als des Landkreises) nutzen, können hierdurch beträchtliche Einsparungen und Umweltentlastungen erreicht werden.

#### **1.4 Allgemeine Erkenntnisse aus der bisherigen Projektarbeit**

Während der Bearbeitung des ersten Teilprojekts haben sich einige allgemeiner Erkenntnisse ergeben, die hier vorab zusammengestellt werden.

- Schulen im Bestand zeigen so unterschiedliche Sanierungserfordernisse, dass **für jede Schule ein spezielles Sanierungskonzept** zu erstellen ist. Dieses zeigt auf, welche Sanierungsschritte in welcher Reihenfolge sinnvoll sind. Das Sanierungskonzept sollte unabhängig von konkreten Sanierungsmaßnahmen immer „ganzheitlich“ und „vorbeugend“ erstellt werden. Damit können dann auch „überraschend“ und kurzfristig zur Verfügung stehende Fördermittel sinnvoll einsetzen.
- Es zeigte sich, dass in den Schulen quasi keine oder nur unzureichend dokumentierte Verbrauchsmessungen vorliegen. Es gibt zu wenige Zähler. Von den Zählern ist teilweise nicht klar, was sie messen. Es gibt keine ausreichende Beschriftung und Dokumentation der Zähler. Umrechnungsfaktoren sind nicht bekannt usw. Der „Kunde“ nimmt nur den Rechnungsbetrag des Versorgungsunternehmens zur Kenntnis. Hier sollte bei zukünftiger Planung von Anlagentechnik verbindlich auch eine **Planung der Verbrauchsmessung** mit ins Pflichtenheft aufgenommen werden. Es ist ausreichend, wenn diese

Zähler eindeutig zugeordnet sind und den Verbrauch ablesbar angeben. Die Problematik der Fernauslese wird im nächsten Punkt aufgezeigt. Der Vorteil eines direkt ablesbaren Zählers ist, dass der Nutzer, die Angehörigen der Schulgemeinschaft, bei Bedarf die Zähler ablesen und selbständig auswerten könnten und zu einem umweltbewussten und sparsamen Umgang mit Energie erzogen würden. Anreize hierfür werden im übernächsten Punkt angesprochen.

- Im Oktober 2005 wurde mit der GA-tec, Gebäude- und Anlagentechnik GmbH (ab 1.7.2007 Heidec GmbH), ein Vertrag über ein Energiecontrolling für die Schulen des Landkreises Goslar mit dem Ziel der Verringerung des Energie- und Wasserverbrauchs, abgeschlossen. Die GA-tec verpflichtet sich hierin, die erforderlichen Mess- und Datenübertragungseinrichtungen zu installieren, ein Berichtswesen aufzubauen und den Landkreis bei der Verringerung des Energie- und Wasserverbrauchs zu unterstützen. Die Maßnahme sollte sich aus den von der GA-tec prognostizierten Energieeinsparungen finanzieren. Eine nennenswerte Unterstützung des Landkreises Goslar durch die GA-tec hat nicht stattgefunden. Die Berichterstattung über die Verbräuche wurde nach ca. einem Jahr eingestellt, da sich für die Firma GA-tec bzw. Heidec kein wirtschaftlicher Erfolg abzeichnete. Zukünftig sollte das Controlling entweder in Eigenregie oder mit zuverlässigen Partnern besser abgestimmt werden.
- Ganz entscheidend für den Erfolg der Sanierungsmaßnahmen ist das Nutzerverhalten. Sei dies ein gezieltes Lüften der Klassenräume, ein geschultes Bedienen der Thermostatventile (bei Stoßlüftung vorher schließen) oder ein Zudrehen oder Reparieren eines tropfenden Wasserhahns. Ganz besondere Bedeutung hierfür hat sicherlich das Wirken des Hausmeisters, wenn es ihn überhaupt einer Schule zugeordnet noch gibt. Auch die persönliche Einstellung und Vorbildfunktion der Schulleitung und der Lehrerschaft zur Haustechnik in ihrer Schule ist von großer Bedeutung und Wirkung. Hier sollte man sicherlich mal die Lehrerschaft durch die Räume, in denen die Belüftungsanlage installiert ist, oder durch die Heizzentrale der Schule führen und diese erläutern. Jede neu installierte Anlagentechnik sollte einfach zu bedienen sein. Wird durch das energie- und umweltbewusste Nutzerverhalten und durch eine gute Bedienung der Anlagentechnik Energie eingespart, sollten, um hierfür weitere Anreize zu schaffen, die dadurch erzielten Einsparungen zum Teil der Schule zu Gute kommen, wie es in dem früher in Niedersachsen durchgeführten „NESSY-Programm“ erfolgreich durchgeführt wurde. Der Landkreis Goslar hat mit Einführung der Budgetierung der Schulen vor ca. 10 Jahren entsprechende Anreize geschaffen. Die Energieeinsparserfolge waren erheblich und lagen teilweise über 20 %.
- Es sollte verstärkt bei allen Betroffenen ein Bewusstsein zur Einsparung elektrischer Energie geweckt werden. Zurzeit liegt meist die Betonung bei Sanierungsmaßnahmen auf Einsparung von Heizenergie z. B. durch Dämmung oder auf einer Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emission z. B. durch regenerative Energieerzeugung. Mit abnehmendem Heizbedarf infolge guter Dämmung und zunehmendem Stromverbrauch infolge zunehmender EDV-Ausstattung der Schulen werden der Primärenergieeinsatz für Strom und letztendlich auch die Kosten infolge des Stromverbrauchs immer mehr an Bedeutung gewinnen.

## 2. Bestandsaufnahme der drei Schulen

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Untersuchungen aufgeführt, hinsichtlich:

- Schulplanung,
- Architektur,
- Bauphysik,
- Beleuchtung,
- Anlagentechnik und
- Nutzerbefragung.

### 2.1 Grundlegende Daten der drei untersuchten Schulen

#### 2.1.1 Haupt- und Realschule Seesen



Abbildung 2-1: Eingangsbereich der Haupt- und Realschule Seesen (Süd-Ost-Ansicht)

Die Haupt- und Realschule ist ein Teil des Schulzentrums Seesen, welches sich an der St.-Annen-Straße am südwestlichen Randgebiet der Stadt Seesen befindet. Das Gebäude wurde 1975/76 erbaut und besteht aus sechs Etagen (zwei Untergeschosse, Erdgeschoss, zwei Obergeschosse und einem Penthaus). Im Schuljahr 08/09 besuchten insgesamt 847 Schülerinnen und Schüler die Schule (254 HS und 593 RS).

<b>Anschrift:</b>	Haupt- und Realschule Seesen St. Annen Straße 30 38723 Seesen	
<b>Internet:</b>	<a href="http://www.hauptschule-seesen.de">www.hauptschule-seesen.de</a>	
<b>Schulleitung:</b>	<b>Hauptschule</b>	Frau Marina Fellmann-Cordes, stellv. Konrektorin
	<b>Realschule</b>	Frau Tuchfeld, stellv. Rektorin
<b>Hausmeister:</b>	Herr Axel Flüg	
<b>technischer Hausmeister</b>	Herr Fiedhelm Grotjahn	
<b>Fachlehrer:</b>	Herr Manfred Ehrhorn	
<b>Grundstücksfläche:</b>	96 387 m <sup>2</sup>	
<b>Brutto-Grundfläche (BGF):</b>	12 116 m <sup>2</sup> (HS+RS)	
<b>Netto-Grundfläche (NGF):</b>	11 148 m <sup>2</sup> (HS+RS)	
<b>Schülerzahlen:</b>	847 (254 HS und 593 RS) (Stand: 09.2008)	
<b>Lehrerzahlen:</b>	58 (HS+RS) (Stand: 09.2008)	
<b>Baujahr:</b>	1975/76 - Hauptgebäude	

Tabelle 2-1: Grundlegende Daten der Haupt- und Realschule Seesen

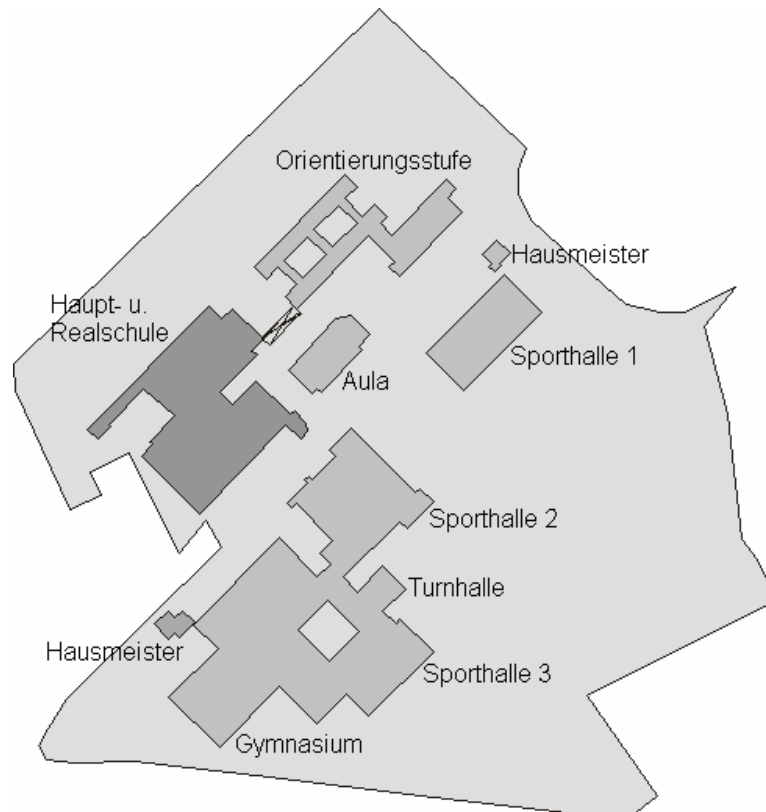


Abbildung 2-2: Lageplan der Haupt- und Realschule Seesen im Schulzentrum Seesen

### 2.1.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg



Abbildung 2-3: Eingangsbereich Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (Nord-Ansicht)

Das Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (neuer Name seit September 2009; vorher Haupt- und Realschule Liebenburg) liegt am Gitterweg 1 im westlichen Teil von Liebenburg. Die Schule besteht aus drei Gebäuden: Hauptgebäude (HG), Sporthalle und Neubau (auch Fachtrakt genannt). Das Hauptgebäude des Schulzentrums, sowie die Sporthalle wurden 1976 erbaut. Der 634 m<sup>2</sup> große Neubau wurde Ende 2007 fertig gestellt. Hier befinden sich Räume für naturwissenschaftliche Fächer sowie ein EDV-Raum. Die Sporthalle wird sowohl zum Schul- als auch für den Vereinssport genutzt. Die Schule am Schloss wird von 367 Schülerinnen und Schülern besucht (Stand 09.2008).



<b>Anschrift:</b>	Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg Gitterweg 1 38704 Liebenburg
<b>Internet:</b>	<a href="http://www.nibis.de/~rs-lbg/">www.nibis.de/~rs-lbg/</a>
<b>Schulleitung:</b>	Herr Werner Sperlich (seit Sommer 2009)
<b>Hausmeister:</b>	Herr Helmut Kirchner
<b>Fachlehrer:</b>	Herr Christian Sauer
<b>Grundstücksfläche:</b>	29 364 m <sup>2</sup>
<b>Brutto-Grundfläche (BGF):</b>	3924 m <sup>2</sup> (HG) + 3003 m <sup>2</sup> (Sporthalle und Heizwerk) + 634 m <sup>2</sup> (Neubau) + 239 m <sup>2</sup> Hausmeisterwohnung
<b>Netto-Grundfläche (NGF):</b>	3688 m <sup>2</sup> (HG)
<b>Schülerzahlen:</b>	367 (101 HS und 266 RS) (Stand: 09.2008)
<b>Lehrerzahlen:</b>	29 (HS+RS) (Stand: 09.2009)
<b>Baujahr:</b>	1976 - Hauptgebäude (HG), Heizwerk, Sporthalle, Hausmeisterwohnung 2007 - Neubau (Fachtrakt)

Tabelle 2-2: Grundlegende Daten des Schulzentrums Schule am Schloss, Liebenburg

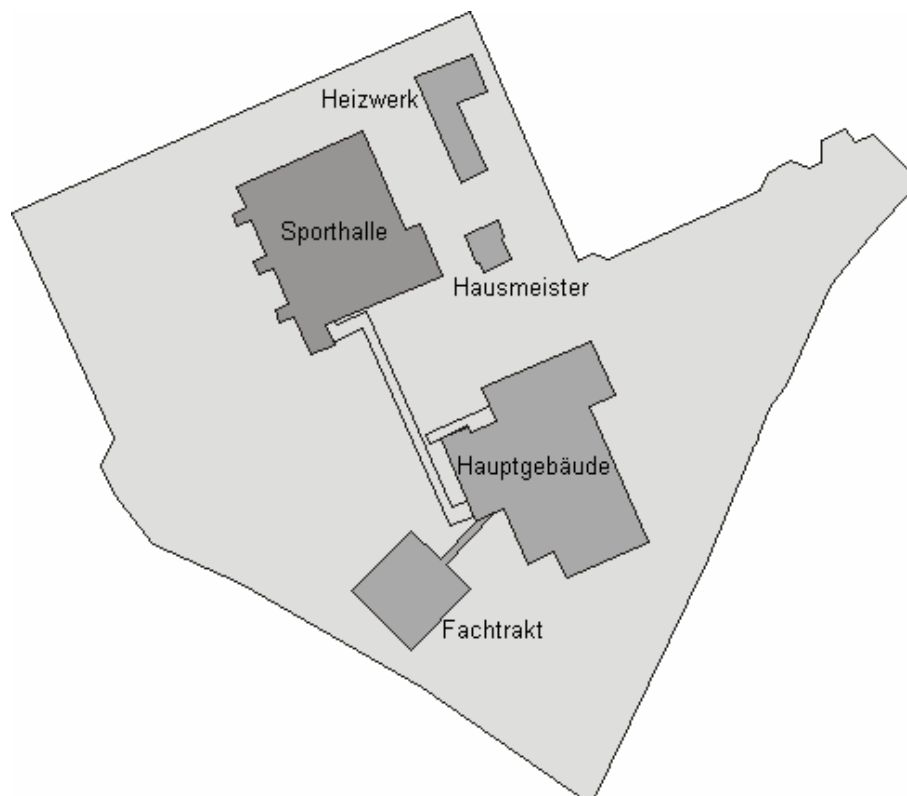


Abbildung 2-4: Lageplan des Schulzentrums Schule am Schloss, Liebenburg

### 2.1.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg



Abbildung 2-5: Hauptgebäude des Werner-von-Siemens-Gymnasiums (Süd-West-Ansicht)

Das Werner-von-Siemens-Gymnasium liegt in der Herzog-Wilhelm-Str. 25 direkt im Zentrum von Bad Harzburg. Die Schule besteht aus vier Gebäuden (Hauptgebäude, Fachtrakt, alte und neue Sporthalle) mit einer Brutto-Grundfläche von ca. 9.700 m<sup>2</sup>. Das Hauptgebäude wurde 1928 erbaut. Im Jahre 1960 kam der Fachtrakt hinzu, welcher 1980 aufgestockt wurde. Die beiden Sporthallen wurden 1960 bzw. 1990 erbaut und werden sowohl für den Schul- als auch für den Vereinssport genutzt. Das um 1900 erbaute alte Schulgebäude steht unter Denkmalschutz und wird in diesem Projekt nicht betrachtet. Das Werner-von-Siemens-Gymnasium wird von 732 Schülerinnen und Schülern besucht (Stand 09.2008).

<b>Anschrift:</b>	Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg Herzog-Wilhelm-Straße 25 38667 Bad Harzburg
<b>Internet:</b>	<a href="http://www.wvsharzburg.de">www.wvsharzburg.de</a>
<b>Schulleitung:</b>	Frau Helga Treinies, Oberstudiendirektorin
<b>Hausmeister:</b>	Herr Carsten Henrix
<b>Fachlehrer:</b>	Herr Wilfried Eberts, Studiendirektor
<b>Grundstücksfläche:</b>	20 536 m <sup>2</sup>
<b>Brutto-Grundfläche (BGF):</b>	7029 m <sup>2</sup> (Hauptgebäude+Fachtrakt) + 2687 m <sup>2</sup> (Sporthallen, Heizzentrale) + 943 m <sup>2</sup> (altes Schulgebäude)
<b>Netto-Grundfläche (NGF):</b>	3 688 m <sup>2</sup> (HG)
<b>Schülerzahlen:</b>	732 (Stand: 09.2008)
<b>Lehrerzahlen:</b>	64 (Stand: 09.2009)
<b>Baujahr:</b>	1900 - Altes Schulgebäude (steht unter Denkmalschutz) 1928 – Hauptgebäude 1960 - Turnhalle und Heizzentrale 1968 - Fachtrakt (1980 aufgestockt) 1986 - Aula angebaut 1990 - neue Sporthalle

Tabelle 2-3: Grundlegende Daten des Werner-von-Siemens-Gymnasiums Bad Harzburg



Abbildung 2-6: Lageplan des Werner-von-Siemens-Gymnasiums Bad Harzburg

## 2.2 Schulplanung

Im Jahr 2004 wurde in Niedersachsen die Orientierungsstufe aufgehoben. Dadurch kam es im Schuljahr 2004/2005 zu einer generellen Erhöhung der Schülerzahlen an allen drei Schulformen. Die Entwicklung der Schülerzahlen der letzten 10 Jahre ist in diesem Kapitel dargestellt. Des Weiteren wird auf die zukünftige Schulplanung eingegangen.

### 2.2.1 Haupt- und Realschule Seesen

In den Jahren 2000 – 2004 waren die Schülerzahlen in beiden Schulformen nahezu gleich. Nach Auflösung der OS hat die Hauptschule mit einem verstärkten Rückgang der Schülerzahlen zukämpfen. Von 04/05 bis 08/09 hat sich die Schülerzahl von 471 auf 254 fast halbiert. Die Realschule hingegen hat einen leichten Anstieg zu verzeichnen. Hier stieg die Schülerzahl im gleichen Zeitraum von 517 auf 593. Insgesamt ist aber ein Rückgang der Schülerzahl von 988 (04/05) auf 847 (08/09) an der Haupt- und Realschule in Seesen zu verzeichnen. Aufgrund der doch relativ hohen Schülerzahl der beiden Schulformen, ist im Gebäude nicht genügend Platz für alle Klassen. So mussten im abgelaufenen Schuljahr einige Klassen im alten OS-Gebäude (dieses liegt direkt neben dem Haupt- und Realschulgebäude) unterrichtet werden.

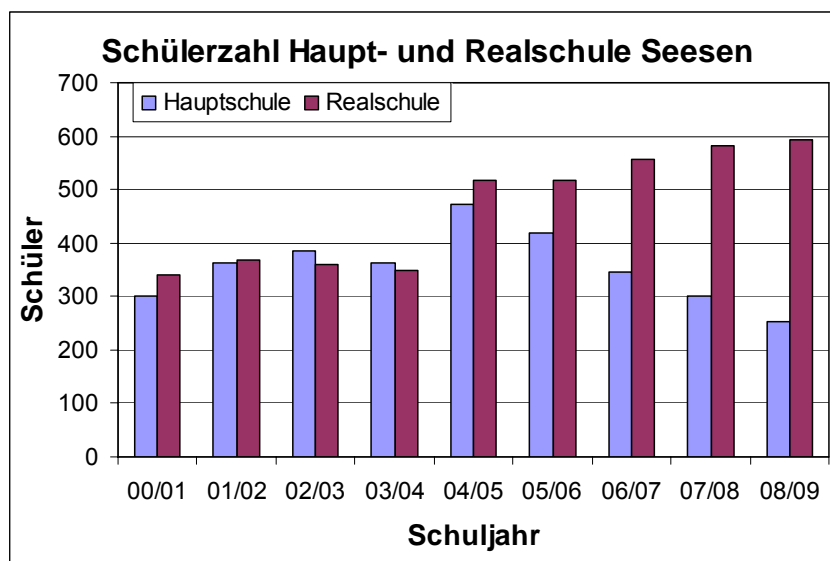


Abbildung 2-7: Entwicklung der Schülerzahl an der Haupt- und Realschule Seesen<sup>1</sup>

Die beiden Schulformen bleiben für mindestens 5 weitere Jahre getrennt. Der Schulstandort ist langfristig gesichert. Die Verwaltung wird mittel- bis langfristig zusammengelegt. Der Nachmittagsunterricht wird an der Hauptschule von zwei auf drei Tage ausgebaut. An der Realschule wird ein Nachmittagsunterricht an vier Tagen in der Woche ab dem 01.08.2010 eingeführt. Aus Platzgründen müssen auch in diesem Schuljahr (2009/2010) sieben Räume im alten OS-Gebäude genutzt werden.

### 2.2.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

Wie bei der Hauptschule in Seesen ist auch an der Hauptschule in Liebenburg in den Schuljahren 00/01 bis 03/04 eine nahezu gleich bleibende Schülerzahl unterrichtet worden. Nach Auflösung der OS ist die Zahl um etwa 1/3 von 157 (04/05) auf 101 (08/09) gesunken. Dieser Rückgang hatte im Schuljahr 2008/2009 zur Folge, dass keine 5. Klasse mehr gebildet werden konnte. Die 8 Schüler/innen wurden mit der sechsten Klasse zusammen unterrichtet. Die Hauptschule wird seit dem Schuljahr 06/07 nur einzügig gefahren.

Die Realschule wurde erst im Jahr 2004 mit jeweils zwei fünften, sechsten und siebten Klassen in Liebenburg gegründet. Im Jahre 2008 konnten die ersten Realschüler entlassen werden. In diesem Schuljahr wurden 256 Schüler/innen an der Realschule unterrichtet. Im Schuljahr 08/09 waren es 10 Schüler/innen mehr. Die Realschule wird durchgehend zweizügig gefahren. Die Klassenstärke liegt zwischen 20 und 25 Schüler/innen.

Die Schülerzahl wird in den nächsten Jahren vermutlich konstant bleiben. Es wird wahrscheinlich keine Abwanderungen zur geplanten IGS Oker geben. Der Schulstandort ist langfristig gesichert. Es ist sogar der Ausbau zur Ganztagschule über längere Sicht möglich und angedacht. In den kommenden Schuljahren werden weiter gemeinsame AGs und Wahlpflichtkurse für beide Schulformen zusammen angeboten.

<sup>1</sup> Daten Landkreis Goslar

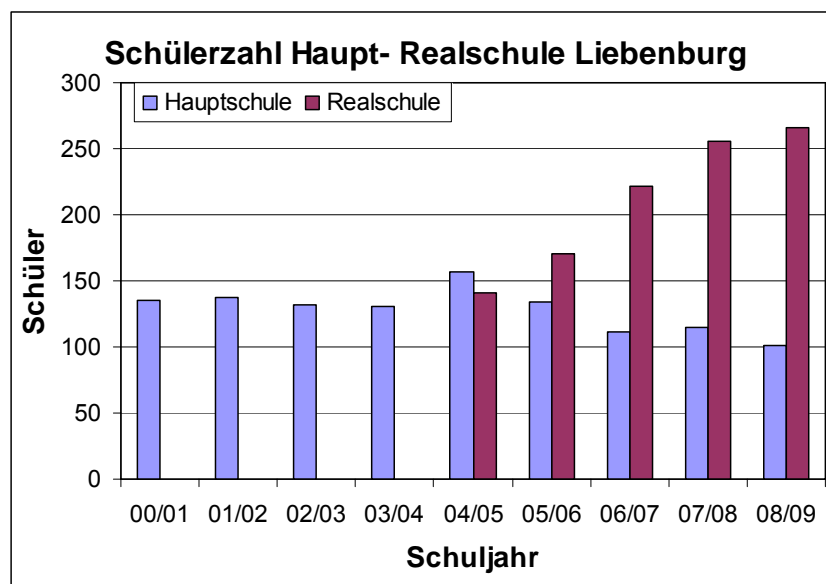


Abbildung 2-8: Entwicklung der Schülerzahl an der Haupt- und Realschule Liebenburg<sup>2</sup>

### 2.2.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg

Wie bei den Schulen zuvor ist auch am Werner-von-Siemens-Gymnasium die Schülerzahl in den Jahren vor der Auflösung der OS konstant geblieben. Durch die Auflösung der OS hat sich die Zahl der Gymnasiasten von 401 (03/04) auf 608 (04/05) um 50 % erhöht. Auch in den nachfolgenden Schuljahren stieg die Zahl weiter an und lag für das abgelaufene Schuljahr bei 732 Schüler/innen. Die unteren Jahrgänge (Klasse 5 bis 8) wurden vierzünftig gefahren und die oberen Jahrgänge (Klasse 9 bis 11) dreizünftig. Die Klassen 12 und 13 sind in Kursen unterteilt.

Die Kapazitätsgrenze der Schule ist erreicht. Es stehen keine Räume mehr zur Verfügung, selbst im alten Schulgebäude werden bereits Räume genutzt. Die meisten Klassenräume sind nicht für die großen Schülerzahlen ausgelegt. Dadurch ist kein didaktisch notwendiger Unterricht und auch keine Ganztagschule möglich. Trotzdem werden vermutlich die Schülerzahlen bis mindestens zum Jahr 2011 weiter steigen. Erst dann wird mit einer Entspannung der Situation durch die Einrichtung der IGS Oker gerechnet.

<sup>2</sup> Daten Landkreis Goslar

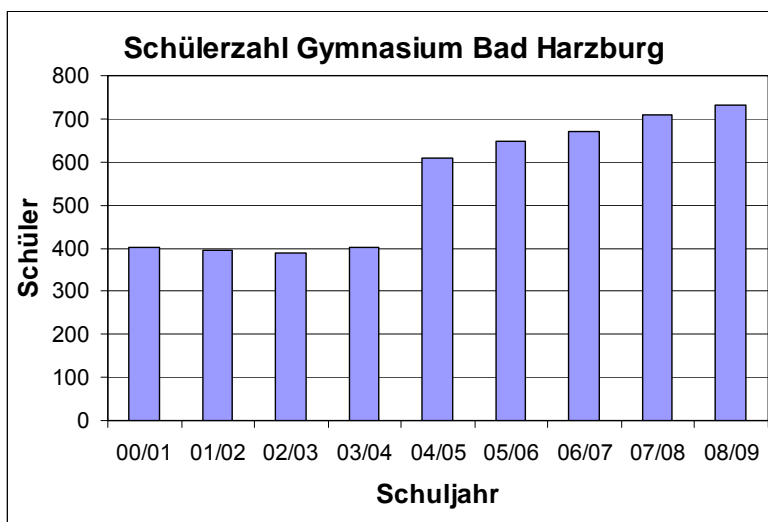


Abbildung 2-9: Entwicklung der Schülerzahl am Werner-von-Siemens-Gymnasium<sup>3</sup>

Für die nächsten Jahre wird die Schülerzahl in etwa gleich bleiben, da es durchgehend einen Trend zum Gymnasium gibt. Fürs neue Schuljahr (2009/2010) haben sich ca. 120 Schüler/innen angemeldet. Der Schulstandort Bad Harzburg ist über längere Sicht gesichert. Es wird geplant, einen Ganztagsunterricht einzurichten. Der Ausbau der Integrationsklassen soll weitergeführt werden.

---

<sup>3</sup> Daten Landkreis Goslar

## 2.2.4 Verwaltungsübersicht Landkreis Goslar

In der nachfolgenden Abbildung 2-10 ist die Verwaltungsgliederung des Landkreises Goslar dargestellt.

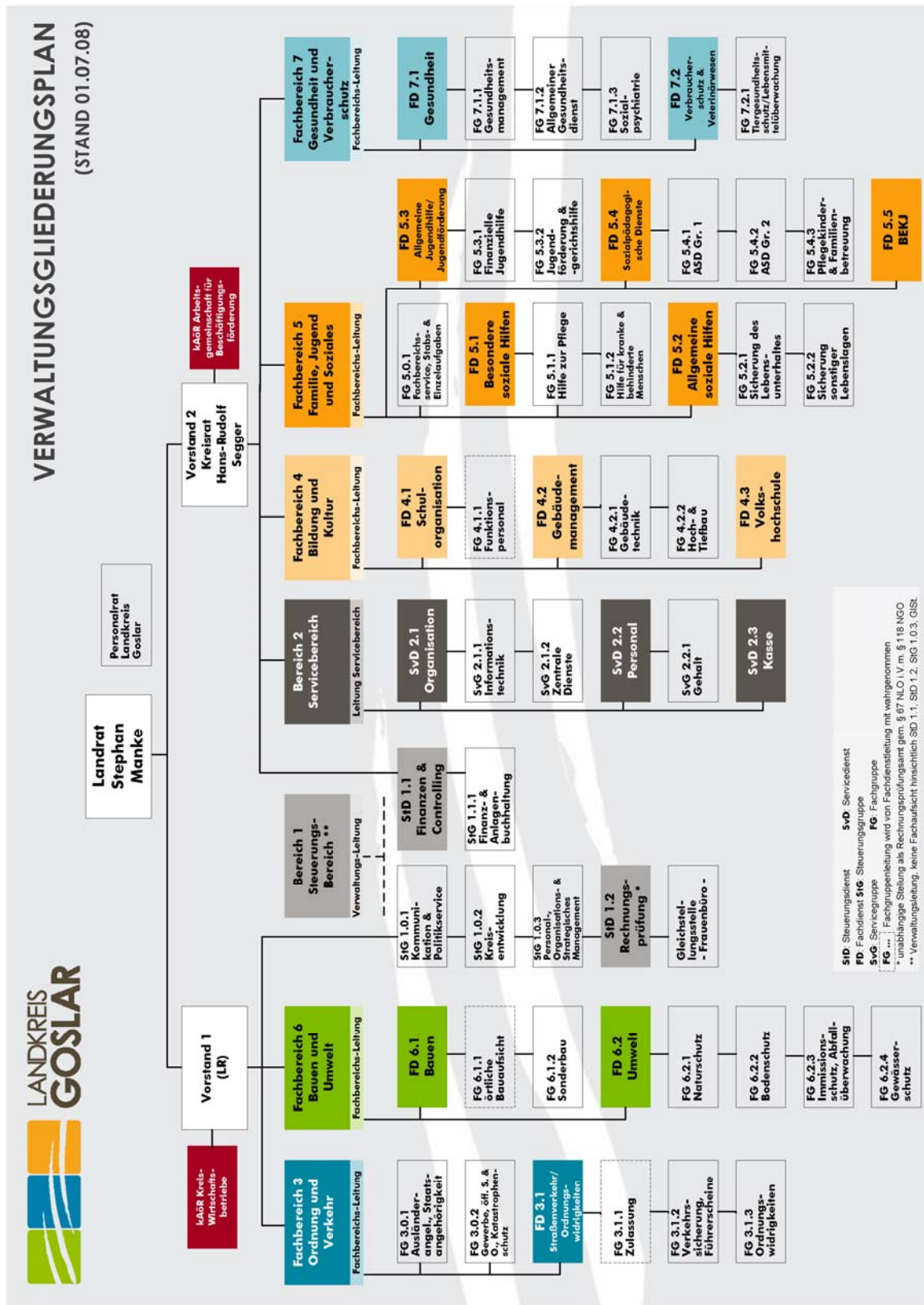


Abbildung 2-10: Übersicht Verwaltungsgliederung Landkreis Goslar

## **2.3 Architektur**

### **2.3.1 Gutachten des Architekturbüros LampeVier**

*(Ein ausführlicher Bericht über alle Schulen befindet sich im Anhang)*

#### **2.3.1.1 Haupt- und Realschule Seesen**

##### **Bestand**

Das ursprüngliche Entwurfskonzept für die Schule aus den 70iger Jahren war auf Technik und Flexibilität ausgerichtet, mit klimatisierten und künstlich belichteten Räumen und verschiebbaren Wänden. Die Schule wurde in Stahlbeton-Skelettbauweise errichtet. Um das Gebäude herum, sind an den Geschossübergängen vor den Leichtbauelementen große unansehnliche Waschbetonplatten auf die Fassade gesetzt worden. Auch im Inneren des Gebäudes kann nicht von einer „Wohlfühlatmosphäre“ gesprochen werden. Durch variable Wände sollten die Räume an die Klassengrößen angepasst werden können. Daher wurden in der Schule die meisten Räume mit leichten Wänden und ohne Waschbecken versehen. Energieverbrauch und Schallschutz spielten eine untergeordnete Rolle. Ein Umstellen der Wände hat jedoch nie stattgefunden. Beim Rückbau der Werkräume zu Klassenräumen sind die variablen Wände evt. von Vorteil. Des Weiteren wurde auch nicht an eine behindertengerechte Erschließung des Gebäudes gedacht.

Teilbereiche der Flachdächer in diversen Ebenen wurden in den vergangenen Jahren bereits saniert. Aufgrund der kompakten Bauweise und der innen liegenden Verkehrsflächen müssen diese ständig künstlich beleuchtet werden. Die kompakte Bauweise der Schule hat als Vorteil einen geringen Heizwärmebedarf zur Folge.

##### **Sanierungsvorschläge**

Als Sanierungsmaßnahmen werden unter anderem der Einbau von Aufzügen zur behindertengerechten Erschließung der Schule und Lichtschächte/Lichtkuppeln (siehe Abbildung 2-11) zur besseren Beleuchtung der Verkehrsflächen vorgeschlagen. Mit den Lichtschächten ist eine Durchlüftung des Gebäudes ebenfalls möglich. Soweit bauordnungsrechtlich möglich, sollte durch Einbau von Oberlichtern eine Querlüftung in den Klassenräumen möglich sein. Des Weiteren könnten die Waschbeton-Vorhangplatten entfernt werden (weniger Wärmebrücken) und die Fassade mit den Fensterfronten erneuert werden. Dabei sollten die zurückliegenden Fensterfronten vor die Betonstützen gezogen werden, um eine geschlossene Fassade zu erreichen. Bei den Fassaden sollte Vorrichtungen für eine Nachtkühlung vorgesehen werden. Durch Verringerung der Verkehrsflächen könnte Nutzfläche gewonnen werden. Die Räume der ehemaligen Orientierungsstufe sollten bis um Ende der Sanierung als Ausweichfläche erhalten bleiben. Die Außenbereiche sollten neu gestaltet werden.



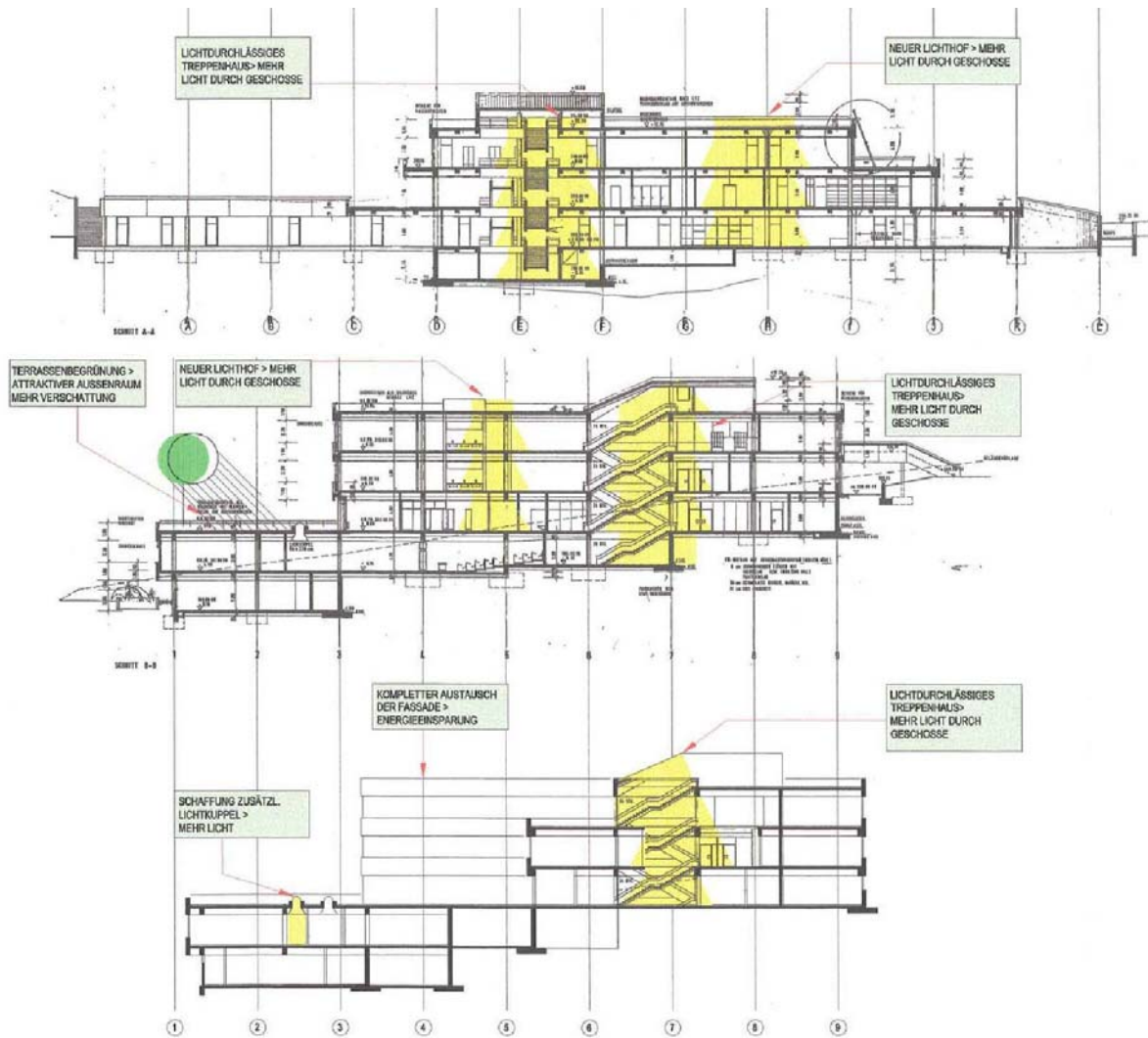


Abbildung 2-11: Lichtschächte, Haupt- und Realschule Seesen

### 2.3.1.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

#### Bestand

In Liebenburg wurde neben einigen Umnutzungen ein zusätzlicher Unterrichtsraum an der Stelle des rückwärtigen Ausganges im Erdgeschoss gebaut. Die Schule ist aufgrund der innen liegenden Verkehrsflächen ständig künstlich beleuchtet, da es in den Fluren und Teilbereichen der Aufenthaltsbereiche sehr dunkel ist. Des Weiteren wurde, aufgrund der variablen Wände (diese reichen nicht bis zur Rohdecke), die hohe Schallübertragung zwischen den Klassenräumen bemängelt. Die variablen Wände wurden laut Auskunft der Verantwortlichen nur ein einziges Mal in zwei Klassenräumen umgestellt.

An der Sporthalle wurden zwischen 1998 – 1999 Flachdächer und Dachfenster saniert.

#### Sanierungsvorschläge

Als Sanierungsmaßnahmen werden unter anderem der Einbau eines Aufzuges zur behindertengerechten Erschließung der Schule und der nachträgliche Einbau von Lichtschächten (siehe Abbildung 2-12) zur besseren Belichtung der Verkehrsflächen vorgeschlagen. Pausen- und sonstige Aufenthaltsbereiche müssen attraktiver gestaltet werden. Die Fensterfron-

ten müssen erneuert und die Fassade sollte saniert werden. Hierbei ist aber zu beachten, dass es sich bei den Faserzementplatten möglicherweise um asbesthaltige Platten handelt.

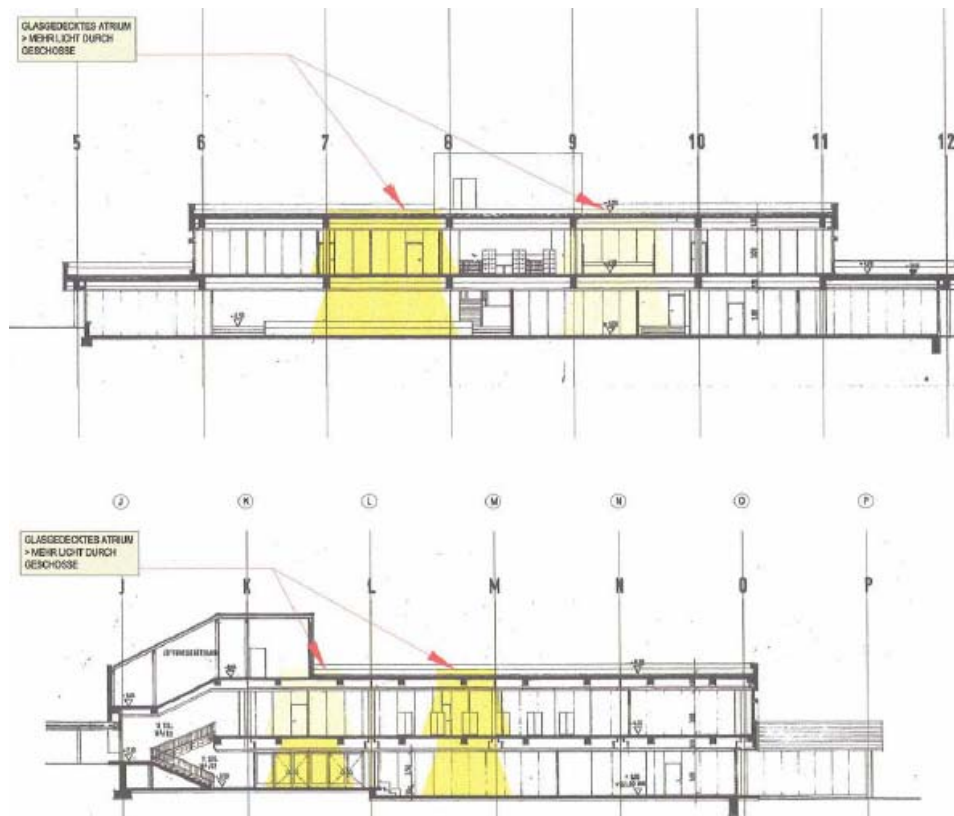


Abbildung 2-12: Lichtschächte, Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

### 2.3.1.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg

#### Bestand

Das Hauptgebäude ist zwischen den Jahren 2001 und 2008 teilweise saniert worden. Die Fenster auf der Hauptfassade wurden gegen 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht, nur die Fenster der Südgaube haben eine neuere (ab 2001) 2-Scheiben-Verglasung. Der Verbindungsgang ist weitestgehend unsaniert. Die Fenster des Fachtraktes wurden in den vergangenen Jahren saniert und haben eine 2-Scheiben-Isolierverglasung mit Sonnenschutzfunktion. Die obersten Geschossdecken des Hauptgebäudes und des Fachtraktes wurden vor drei Jahren im KfW-40-Standard gedämmt. Eine behindertengerechte Erschließung des Hauptgebäudes existiert nicht. In den Sommerferien 2009 wurden die restlichen Fassaden des Hauptgebäudes mit einem WDVS versehen und die Fenster gegen 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht.

#### Sanierungsvorschläge

Im Zuge einer Fassadensanierung sollte ein außen liegender Sonnenschutz eingebaut werden. Des Weiteren sollten der Verbindungsgang zwischen Hauptgebäude und Fachtrakt saniert werden und die Flure und Aufenthaltsbereiche neu gestaltet werden. Der Fachtrakt könnte mit einem Wärmedämmverbundsystem energetisch saniert werden. Ferner sollte das Hauptgebäude durch Aufzüge und Treppenlifts behindertengerecht erschlossen werden. Im Bereich Elektroanlagen fehlen in den Klassen Steckdosen und Internetzugänge. Die Installa-

tion könnte zusammen mit einer Fassadensanierung mittels Brüstungskanal erfolgen. Auf eine ausreichende Konvektion der Heizkörper ist dabei zu achten.

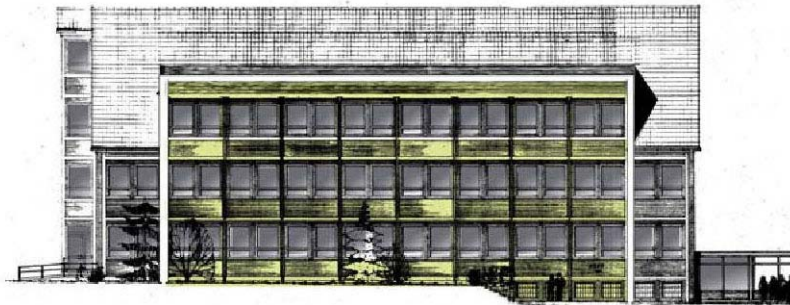


Abbildung 2-13: Gestaltungsvorschlag für die Nord-Ost-Fassade des Fachtraktes

## 2.3.2 Gutachten Architekt Dr. Schulze Darup

*(Ein ausführlicher Bericht über alle Schulen befindet sich im Anhang)*

### 2.3.2.1 Haupt- und Realschule Seesen

#### Sanierungsvorschläge

Für eine grundlegende energetische Modernisierung müssten die vorgehängten Waschbetonplatten abgenommen und eine neue Vorhangfassade erstellt werden. Alternativ käme als kostengünstigste aber etwas wartungsträchtiger Lösung ein Wärmedämmverbundsystem in Frage. Es wird eine Dämmdicke von ca. 20 cm mit einem Lambda von  $0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  empfohlen. Auf Grund der hohen Kosten für den Austausch der Fassade ist angedacht, die vorgehängten Waschbetonplatten zu erhalten und der Zwischenraum zwischen Vorhangplatte und bestehender Dämmung mit Mineralwolldämmung auszublasen. Vor allem am oberen Brüstungsaufleger verschärft sich bei diesem Vorgehen allerdings eine sehr gravierende Wärmebrücke. Deshalb sollte versucht werden, auf der Innenoberfläche eine zusätzliche Dämmung aufzubringen. Es ist zu prüfen, welche Dämmdicke möglich ist. Da die raumseitig begrenzenden Heizkörper nur noch eine deutlich niedrigere Leistung abgeben müssen, ist eine Dämmung bis nah an die Heizkörper möglich. Ggf. sollte auch überprüft werden, ob eine kostengünstige Möglichkeit besteht, die Heizkörper um einige Zentimeter in den Raum zu verschieben.

Die Außenwände zum Erdreich sollten mit einer 20 cm Perimeterdämmung versehen werden und im Sockelbereich sollte die Dämmung bis an die Unterkante des Fundaments (mindestens bis in Frosttiefe von 80 cm) fortgesetzt werden.

Die abgehängten Decken sollten erneuert werden. Bei der Demontage der Deckenplatten muss die Schadstoffkonzentrationen überprüft werden.

Da eine nachträgliche Dämmung der Bodenplatte ohne großen Aufwand nur in Teilbereichen möglich ist, sollte über eine andere Alternative nachgedacht werden. Es wäre zum Beispiel möglich die Dämmung an der Außenwand tiefer zuziehen und damit die Ausbildung einer

Wärmelinse unterhalb des Gebäudes zu erreichen. Diese würde den U-Wert der Bodenplatte senken.

Im Zuge der Fassadensanierung sollten Holz-Aluminium-Fenster eingebaut werden. Der Vorteil einer angenehmen rauminnenseitigen Oberfläche in Verbindung mit der wartungsfreien Außenschale aus Aluminium ist für den Einsatz in Schulen bestens geeignet. Des Weiteren sind für Holz-Alu-Fenstern auf kostengünstige Weise Rahmen U-Werte zwischen 0,6 und 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) zu erreichen, während Alu-Fenster im Bereich von 1,4 bis 1,8 W/(m<sup>2</sup>K) liegen und somit deutlich ungünstigeren Wärmeschutz bieten. Es ist gleichzeitig auch auf den sommerlichen Wärmeschutz und Verschattung zu achten. Die neuen Fenster sollten so viel Tageslicht wie möglich in die Räume führen. Von einer Verglasung unterhalb der Brüstungshöhe wird auf Grund des sommerlichen Wärmeschutzes und des schlechteren U-Wertes abgeraten.

Bei den Außentüren sollte die Gebrauchstauglichkeit in den Vordergrund gestellt werden. Es wird empfohlen die Haupteingangstüren als Aluminiumelemente auszuführen. Des Weiteren sind in den Eingangsbereichen Windfänge vorzusehen.

Die Innenwände sollten unter Beachtung des Brand- und Schallschutzes neu erstellt und bis zur Stahlbetondecke ausgeführt werden. Dabei sollten zur besseren Belichtung Oberlichter zu den Fluren eingeplant werden.

### **2.3.2.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg**

#### **Sanierungsvorschläge**

Die Außenfassade muss demontiert werden und durch ein kostengünstiges Wärmedämmverbundsystem oder durch eine wartungsarme Vorhangfassade ersetzt werden. Beim Abriss der alten Fassade ist auf die Schadstoffentwicklung (Asbest) zu achten. Es wird eine Dämmdicke von ca. 20 cm mit einem Lambda von 0,035 W/(m·K) empfohlen.

Die Außenwände zum Erdreich sollten mit einer 20 cm Perimeterdämmung versehen werden und im Sockelbereich sollte die Dämmung bis an die Unterkante des Fundaments (mindestens bis in Frosttiefe von 80 cm) fortgesetzt werden.

Die abgehängten Decken sollten erneuert werden. Der Aufbau auf dem Dach muss überprüft werden und kann möglicherweise erhalten und mit einer zusätzlichen neuen Dämmung ergänzt werden. Es sollten ca. 25 cm Dämmung mit einem Lambda von 0,035 W/(m·K) aufgetragen werden.

Da eine nachträgliche Dämmung der Bodenplatte ohne großen Aufwand nur in Teilbereichen möglich ist, sollte über eine andere Alternative nachgedacht werden. Es wäre zum Beispiel möglich die Dämmung an der Außenwand tiefer zuziehen und damit die Ausbildung einer Wärmelinse unterhalb des Gebäudes zu erreichen. Diese würde den U-Wert der Bodenplatte senken.

Im Zuge der Fassadensanierung sollten Holz-Aluminium-Fenster eingebaut werden. Der Vorteil einer angenehmen rauminnenseitigen Oberfläche in Verbindung mit der wartungsfreien Außenschale aus Aluminium ist für den Einsatz in Schulen bestens geeignet. Des Weiteren sind für Holz-Alu-Fenstern auf kostengünstige Weise Rahmen U-Werte zwischen 0,6 und

0,8 W/(m<sup>2</sup> K) zu erreichen, während Alu-Fenster im Bereich von 1,4 bis 1,8 W/(m<sup>2</sup> K) liegen und somit deutlich ungünstigeren Wärmeschutz bieten. Es ist gleichzeitig auch auf den sommerlichen Wärmeschutz und Verschattung zu achten. Die neuen Fenster sollten so viel Tageslicht wie möglich in die Räume führen. Von einer Verglasung unterhalb der Brüstungshöhe wird auf Grund des sommerlichen Wärmeschutzes und des schlechteren U-Wertes abgeraten.

Bei den Außentüren sollte die Gebrauchstauglichkeit in den Vordergrund gestellt werden. Es wird empfohlen die Haupteingangstüren als Aluminiumelemente auszuführen. Des Weiteren sind in den Eingangsbereichen Windfänge vorzusehen.

Die Innenwände sollten unter Beachtung des Brand- und Schallschutzes neu erstellt und bis zur Stahlbetondecke ausgeführt werden. Dabei sollten zur besseren Belichtung Oberlichter zu den Fluren eingeplant werden.

### **2.3.2.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg**

#### **Sanierungsvorschläge**

Grundsätzlich sollte bei jeder vorhandenen Konstruktionsart ein Weg gesucht werden, einen hochwertigen Wärmeschutz mit einem Ziel-U-Wert um 0,16 W/(m<sup>2</sup> K) zu erreichen, der im Allgemeinen durch das Aufbringen von 20 cm Dämmstoff mit einem Lambda-Wert von 0,035 W/(m K) oder günstiger zu erreichen ist. Beim Hauptgebäude sollte der Sockelbereich mit Innendämmung versehen werden und die darüber liegenden Putzbereiche mit einer gestalterisch hochwertigen Form eines Wärmedämmverbundsystem versehen werden, das dem Charakter des Gebäudes Rechnung trägt. Der Fachtrakt verträgt eine vollständige Neugestaltung mit einer Vorhangfassade oder ebenfalls einem WDVS, wobei auch eine etwas erhöhte Dämmdicke Anwendung finden könnte.

Die Außenwände zum Erdreich sollten mit einer 20 cm Perimeterdämmung versehen werden und im Sockelbereich sollte die Dämmung bis an die Unterkante des Fundaments (mindestens bis in Frosttiefe von 80 cm) fortgesetzt werden.

Schrägdächer sollten im Sparrenbereich oder in Form von Aufdachdämmung energetisch saniert werden. Der resultierende U-Wert sollte etwa 0,12 bis 0,16 W/(m<sup>2</sup> K) betragen. Oberste Geschossdecken zu ungenutzten Dachböden sind besonders kostengünstig zu sanieren bei anzustrebenden U-Werten um 0,12 W/(m<sup>2</sup> K). Bei Flachdächern muss der Aufbau auf dem Dach überprüft werden und kann möglicherweise erhalten und mit einer zusätzlichen neuen Dämmung ergänzt werden. Es sollten ca. 25 cm Dämmung mit einem Lambda von 0,035 W/(m·K) aufgetragen werden.

Bodenplatte von nicht unterkellerten Gebäuden können auf unterschiedlichen Wegen saniert werden: insbesondere bei Gebäuden mit großer Grundfläche kann der Aufbau beibehalten werden und eine Dämmschürze rund um das Gebäude gezogen werden. Diese Dämmung sollte möglichst tief geführt werden, um die Ausbildung einer Wärmelinse unterhalb der Bodenplatte zu begünstigen.

Im Zuge der Fassadensanierung sollten Holz-Aluminium-Fenster eingebaut werden. Der Vorteil einer angenehmen rauminnenseitigen Oberfläche in Verbindung mit der wartungsfreien Außenschale aus Aluminium ist für den Einsatz in Schulen bestens geeignet. Des Weiteren

sind für Holz-Alu-Fenstern auf kostengünstige Weise Rahmen U-Werte zwischen 0,6 und 0,8 W/(m<sup>2</sup> K) zu erreichen, während Alu-Fenster im Bereich von 1,4 bis 1,8 W/(m<sup>2</sup> K) liegen und somit deutlich ungünstigeren Wärmeschutz bieten. Es ist gleichzeitig auch auf den sommerlichen Wärmeschutz und Verschattung zu achten. Die neuen Fenster sollten so viel Tageslicht wie möglich in die Räume führen. Von einer Verglasung unterhalb der Brüstungshöhe wird auf Grund des sommerlichen Wärmeschutzes und des schlechteren U-Wertes abgeraten.

Bei den Außentüren sollte die Gebrauchstauglichkeit in den Vordergrund gestellt werden. Es wird empfohlen die Haupteingangstüren als Aluminiumelemente auszuführen. Des Weiteren sind in den Eingangsbereichen Windfänge vorzusehen.

## **2.4 Bauphysik**

### **2.4.1 Gutachten Büro für Bauphysik Dipl.-Ing. Architekt S. Horschler**

*(Ein ausführlicher Bericht über alle Schulen befindet sich im Anhang)*

#### **2.4.1.1 Haupt- und Realschule Seesen**

##### **Bestand**

In der Analyse der vorhandenen Bauphysik konnten im Bereich der Flachdächer keine bzw. nur an einigen wenigen Stellen leichte Schäden festgestellt werden.

Der bauliche Zustand der Waschbetonplatten an der Außenfassade ist im Allgemeinen gut. Es konnten keine Betonschäden festgestellt werden. Auffallend ist, dass Fugen ungleichmäßig breit sind bzw. fehlen oder zu dünn sind.

Ein großer Teil der Verglasung weist Schlieren im Scheibenzwischenraum auf. Einige Verglasungen der Fenster und transparenten Elemente in den Eingangsbereichen wurden teilweise bereits ersetzt.

##### **Sanierungsvorschläge**

Für die Fenster bestehen zwei Möglichkeiten der Sanierung. Entweder wird lediglich ein Austausch der eingetrübten Verglasung oder es wird der Austausch der kompletten Fensterelemente vorgenommen. In beiden Fällen sollte der Einsatz von Sonnenschutzverglasung geprüft werden.

Sollen ehrgeizige energetische Ziele erreicht werden, ist es denkbar die äußeren Waschbetonverkleidungen zu demontieren und die Wände von außen entsprechend den Mindestanforderungen der EnEV 2009 oder besser zu dämmen.

### **2.4.1.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg**

#### **Bestand**

In der Analyse der Bauphysik konnten im Bereich der Flachdächer keine Schäden festgestellt werden. Lediglich die Anschlüsse des Erdgeschossflachdaches an die aufgehende Wand sind teilweise nicht mehr intakt.

Die Leichtbau-Füllungen mit Aluminium-Bekleidung zeigen keine witterungsbedingten Schäden. Ob in den Stößen und Anschlussbereichen die Luftdichtheit gewährleistet ist, sollte messtechnisch überprüft werden. Auf der Südseite in Raum 15 und 16 gibt es Ausblühungen im Bereich der Fußleisten.

#### **Sanierungsvorschläge**

Die Fenster mit eingetrübter Verglasungen sollten ausgetauscht werden. Im Bereich der Attika und der Auskragungen sollte der Dämmverlauf überprüft werden. Die offenen Fugen zwischen den Außenwandelementen aus Aluminium am Übergang zur Flachdachterrasse sollten saniert werden.

### **2.4.1.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg**

#### **Bestand**

In der Analyse der Bauphysik konnten im Bereich der Steildächer keine bzw. nur in der Sporthalle Schäden festgestellt werden. An den Flachdächern waren ebenfalls keine offensichtlichen Schäden zu erkennen. An den Außenwänden des Hauptgebäudes und der neuen Sporthalle gibt es kleinere Beschädigungen. Im Bereich der eingeschossigen Verbindung zwischen Schule und Sporthallen sind an einer Wand Risse und hohl klingende Stellen erkannt worden.

#### **Sanierungsvorschläge**

Die Ursache der Pfützenbildung auf dem Hallenboden der neuen Sporthalle sollte unbedingt durch eine Bauteilöffnung festgestellt werden.

Im Rahmen des Austausches von Fenstern und Verglasungen sollte der sommerliche Wärmeschutz überprüft werden.

In den Bereichen mit Feuchteschäden bzw. Rissen im Putz sollte die Ursache ermittelt und behoben werden.

## **2.4.2 Zusammenfassung Bestandsaufnahme der drei Schulen**

### **2.4.2.1 Bestandsaufnahme Gebäudehülle Haupt- und Realschule Seesen**

Die Haupt- und Realschule ist ein Teil des Schulzentrums Seesen, welches sich an der St.-Annen-Straße am südwestlichen Randgebiet der Stadt Seesen befindet. Das Gebäude wurde 1975 erbaut und besteht aus sechs Etagen (zwei Untergeschosse, Erdgeschoss und drei Obergeschosse). Die Schule wurde in Stahlbeton-Skelettbauweise errichtet.

Bei den Außenwänden kommen große Wandelemente in Leichtbauweise zum Einsatz, größtenteils mit integrierten Fenstern (Fensterelemente ca. 2,40 m x 2,40 m; gedämmte Füllungselemente ca. 1,20 m x 3,30 m). Sie erstrecken sich je nach Geschoss teilweise um das

gesamte Gebäude. Die dort eingebrachte Isolierung zwischen Element und Stahlbeton ist nicht mehr vorhanden. Teilweise kann man über diese Elemente hinweg ins Freie fassen. Auf der Außenseite sind beide Elemente mit Aluminiumprofilen verkleidet. Bei den Fenstern handelt es sich größtenteils um Zweischeibenverglasung mit Holzrahmen aus dem Jahr 1975. Die meisten sind allerdings schon fast blind, ein ungehindertes durchsehen ist kaum noch möglich. Um das Gebäude herum, sind an den Geschossübergängen vor den Leichtbauelementen große unansehnliche Waschbetonplatten auf die Fassade gesetzt worden. Bei den Außenwänden der unteren drei Geschosse, die ans Erdreich grenzen, wurde 40 cm dicker Stahlbeton ohne Dämmung verwendet. Ähnlich verhält es sich bei den Fußböden gegen Erdreich. Auch hier ist neben Stahlbeton und Waschbetonplatten keinerlei Dämmung vorhanden.

Ein Großteil der Innenwände besteht aus einer beidseitigen Stahlverschalung mit innen liegenden Gipskartonplatten und einer Füllung aus Glaswolle. In den unteren Geschossen UG2 bis EG sowie den Versorgungsschächten bestehen die Innenwände teilweise aus Mauerwerk oder Stahlbeton.

In fast allen Klassenräumen im 1. und 2. OG sind keine Waschbecken vorhanden. Der Teppichboden in den oberen Etagen (Klassenräume und Flure) ist stark durch Kaugummi, Brotreste, etc. verschmutzt und teilweise abgetreten. Des Weiteren gibt es im 1. und 2. Obergeschoss keine Toiletten mehr. Alle Schüler müssen das WC im Erdgeschoss benutzen. Einige Klassenräume und Flure im gesamten Gebäude sind ohne künstliche Beleuchtung viel zu dunkel. Im Außenbereich mangelt es an Sitzmöglichkeiten und Tischen für die Schüler.

Die Flachdächer auf den unterschiedlichen Ebenen wurden in den Jahren 1998 bis 2003 nach und nach saniert und mit Wärmedämmung versehen.

#### **2.4.2.2 Bestandsaufnahme Gebäudehülle Haupt- und Realschule Liebenburg**

Die Haupt- und Realschule in Liebenburg wurde 1975/76 erbaut. Zum Sanierungskonzept gehören neben dem Schulgebäude eine aus dem gleichen Jahr erbaute Sporthalle und die Heizzentrale.

Das Schulgebäude besteht aus einem Erd- und einem Obergeschoss. Auf das Obergeschoss ist die Lüftungszentrale aufgesetzt. Wie bei der Haupt- und Realschule Seesen handelt es sich auch hier um eine Stahlbeton-Skelettbauweise des Schulgebäudes. Das Fundament besteht aus einer 25 cm dicken Kies-Sandschicht, 20 cm dicken Stahlbetonplatte und 8 cm Fließestrich mit Bodenbelag (größtenteils PVC-Belag). In der Pausenhalle im Erdgeschoss sind Waschbetonplatten verlegt.

Der Aufbau der Außenwände entspricht in etwa dem der Schule in Seesen. Auch hier kommen große Wandelemente in Leichtbauweise zum Einsatz, größtenteils mit integrierten Fenstern (Fensterelemente ca. 1,20 m x 3,70 m; gedämmte Füllungselemente ca. 1,20 m x 3,70 m). Sie erstrecken sich um das gesamte Gebäude. Die Dichtungen der Fenster sind bereits so weit abgenutzt, dass es durch die dort entstandenen Ritzen zieht. Auf der Außenseite sind beide Elemente mit Aluminiumprofilen verkleidet. Bei den Fenstern handelt es sich größtenteils um Zweischeibenverglasung mit Holzrahmen aus dem Jahr 1975. Die Geschossübergänge sind auf der Außenseite mit Schieferplatten verkleidet.



Bei den Innenwänden im Erdgeschoss und Obergeschoss handelt es sich um Leichtbauwände, bestehend aus einer Stahlverkleidung, Gipskartonplatte und Dämmung. Die dicke beträgt ca. 10 cm. Es kommt zu Schallübertragungen aus angrenzenden Klassenräumen und Fluren durch die undichten Innenwände. In fast allen Klassenräumen sind keine Waschbecken vorhanden. Der Teppichboden im Obergeschoss (Klassenräume und Flur) ist stark durch Kaugummi, Brotreste, etc. verschmutzt und teilweise abgetreten. In den Eingangsbereichen im Erdgeschoss ist es im Winter häufig sehr kalt, da ein Windfang vor den Türen fehlt. Des Weiteren handelt es bei den Scheiben der Eingangstüren um Einfachverglasung. Der Flur im Obergeschoss und das Forum im Erdgeschoss sind ohne künstliche Beleuchtung viel zu dunkel. Im Forum mangelt es zu dem an Sitzplätzen und Tischen, ebenso im Außenbereich.

Die Flachdächer sind noch nicht saniert worden und bestehen teilweise aus Waschbetonplatten und einer Kiesschicht.

Die Sporthalle ist im Bereich der Umkleiden und Technikräumen zweigeschossig aufgebaut. Der Hallenboden besteht aus einem 14 cm dicken Schwingboden, 8 cm Leichtbeton, 15 cm Unterbeton und einer Kiesschicht.

Die Dachkonstruktion (Sheddach) der Sporthalle wird von Stahlstützen getragen. Alle Außenwände sind gemauert und mit Betonelementen verkleidet. Alle Innenwände in den Umkleide-, Wasch- und Technikräumen sind ebenfalls gemauert.

Die Heizzentrale wurde ebenfalls 1975/76 erbaut. Die Bodenplatte besteht aus 15 cm Stahlbeton. Auf den Stahlbeton ist eine 4 cm dicke Estrichschicht aufgebracht. Alle Außenwände der Heizzentrale bestehen aus 25 cm Stahlbeton. Es gibt keine Fenster in den Wänden.

#### **2.4.2.3 Bestandsaufnahme Gebäudehülle Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg**

Das Hauptgebäude des Werner-von-Siemens-Gymnasiums in Bad Harzburg wurde 1930 erbaut. Zum Sanierungskonzept gehört neben dem Hauptgebäude ein Fachtrakt, der 1968 erbaut und 1978 aufgestockt wurde. Des Weiteren sind zwei Sporthallen (alte Sporthalle erbaut 1960, neue Sporthalle erbaut 1989) in das Konzept mit eingebunden.

Das Hauptgebäude wurde in Massivbauweise errichtet. Alle Außen- und Innenwände sind aus Ziegelsteinen gemauert und beidseitig verputzt. Das Gebäude besteht aus vier Etagen (Untergeschoss, Erdgeschoss, Obergeschoss und Dachgeschoss) mit unterschiedlichen Geschosshöhen und einem Dachboden der nicht genutzt wird. Bei der Dachkonstruktion handelt es sich um ein Walmdach mit Gauben. Das Untergeschoss ist im Bereich der Schülertoiletten (im Hauptgebäude gibt es nur diese Toiletten) unterkellert. Hier befindet sich die Heizungsverteilung für das Hauptgebäude und den Fachtrakt.

In den Sommerferien 2008 wurde auf die Südwest- und Nordwestfassade eine Wärmedämmung (WLS 035) mit einer Stärke von ca. 20 cm oberhalb der Natursteinverkleidung aufgebracht. Des Weiteren wurden hier die Fenster durch Dreischeibenwärmeschutzverglasung ausgetauscht. Bei allen anderen Fenstern handelt es sich um Zweischeibenwärmeschutzverglasung aus verschiedenen Jahren (2001 bis 2007). In den Herbstferien 2008 wurden die Decke und einige Wände im Dachgeschoße zum Dachboden mit einer 20 cm dicken Wär-

medämmung (WLS 035) versehen, ebenso im Fachtrakt. Teilweise sind die Flure im Hauptgebäude ohne künstliche Beleuchtung zu dunkel.

Der Fachtrakt hat einen rechteckigen Grundriss in Stahlbeton-Skelettbauweise und besteht aus vier Etagen mit unterschiedlichen Geschosshöhen und einem Dachboden, der teilweise als Lager genutzt wird. Der Fachtrakt wurde 1978 um das Dachgeschoss und den Dachboden aufgestockt. Das Untergeschoss ist nicht durchgehend. Von hier führen drei Versorgungsgänge unter dem Erdgeschoss entlang. Bei dem Dach handelt es sich um ein Satteldach mit einer Neigung von 45°. Auf der Nordost- und Südwestseite des Daches sind jeweils acht Gauben aufgesetzt. Alle Außen- und Innenwände sind gemauert. Bei den Fenstern handelt es sich um Zweischeibenisolierverglasung auf der Nordostseite aus dem Jahr 2004 und auf der Südwestseite aus 2001 mit Kunststoffrahmen.

Im Außenbereich der Schule gibt es zu wenig Sitzgelegenheiten und Tische für die Schüler. Des Weiteren gibt es keine Pausenhalle. Die Schüler halten sich vorwiegend im Untergeschoss des Hauptgebäudes und in der zu kleinen Cafeteria auf. Ein Neubau der Cafeteria ist für dieses Jahr geplant. Das größte Problem in dieser Schule ist die Raumnot. Es gibt zu viele Schüler in den Jahrgängen, aber keine ausreichenden Räume für sie. Es wurde allerdings auch festgestellt, dass die beiden Biologieräume (Raum 27 und 29 im Fachtrakt) nur zur Hälfte in der Woche belegt sind.

Die Außenwände der alten Sporthalle auf der Nordost- und Südostseite sowie die Außenwand auf der Nordwestseite der Umkleiden sind gemauert und verputzt. Die Nordwestfassade der Sporthalle besteht aus einer Fensterfront. Bei den Fenstern handelt es sich um Zweischeibenisolierverglasung. Der Aufbau des Daches über der alten Sporthalle und den Umkleiden konnte nicht genau ermittelt werden. Es handelt sich bei dem Dach um ein Satteldach. Vermutlich besteht die Decke aus Stahlbeton mit einem Dachstuhl aus Holz, Holzlatung und Dachpappe zur Abdichtung. Die sanitären Anlagen in den Umkleiden sind veraltet und benötigen dringend eine Sanierung.

Bei den Außenwänden der neuen Sporthalle handelt es sich um Fertigbauelemente aus Stahlbeton mit einer außen liegenden Wärmedämmung von 5 cm. Die Außen- und Innenwände im Bereich der Umkleiden und Geräteräumen sind gemauert und die Außenwände ebenfalls mit einer 5 cm dicken Wärmedämmung versehen. Ein Teil des Daches über den Umkleiden ist als Flachdach und der andere Teil als Pultdach gebaut worden. Bei dem Dach über der Sporthalle handelt es sich um ein Satteldach mit einer Neigung von 15°. In der Mitte des Daches ist eine Lichttonne über die gesamte Länge der Halle eingebaut. Bei den Fenstern handelt es sich um Zweischeibenisolierverglasung mit Aluminiumrahmen aus dem Jahr 1990. Der Dachüberstand von der Sporthalle, den Geräteräumen auf der Nordostseite der Sporthalle, den Umkleiden und dem Verbindungsgang zur Schule ist mit Schieferplatten verkleidet.

## 2.4.3 Gebäudehüllflächen

### 2.4.3.1 Haupt- und Realschule Seesen

In der nachfolgenden Auflistung sind alle Gebäudehüllflächen des Schulgebäudes aufgeführt. Diese Daten stammen aus der Berechnungssoftware IBP 18599 des Fraunhofer Institutes.

Bruttovolumen:	47 641,00 m <sup>3</sup>
Nettovolumen:	33 980,00 m <sup>3</sup>
Nettogrundfläche:	11 327,03 m <sup>2</sup>
beheizte Bruttogrundfläche:	10 243,00 m <sup>2</sup>
Außenwand an Erdreich:	1 307,74 m <sup>2</sup>
Außenwand an Außenluft:	2 414,95 m <sup>2</sup>
Fenster an Außenluft:	1 382,15 m <sup>2</sup>
Außentüren	19,38 m <sup>2</sup>
Decke an Außenluft:	4 380,45 m <sup>2</sup>
Dach als Systemgrenze:	309,47 m <sup>2</sup>
Dachoberlichter:	12,00 m <sup>2</sup>
Fußboden aufgeständerte Bodenplatte:	206,47 m <sup>2</sup>
Fußboden gegen Erdreich:	4 046,39 m <sup>2</sup>

Aus diesen Daten lassen sich einige Kennwerte bestimmen. Das A/V-Verhältnis z. B. gibt das Verhältnis der Umfassungsfläche zum externen Volumen (Bruttovolumen) an. Für die Haupt- und Realschule Seesen beträgt dieser Wert 0,3 m<sup>-1</sup>. Zum Vergleich, die Schule am Schloss Liebenburg hat ein A/V-Verhältnis von 0,4 m<sup>-1</sup> und das W-v-S-Gymnasium Bad Harzburg (Hauptgebäude und Fachtrakt) von 0,25 m<sup>-1</sup>.

Des Weiteren lassen sich aus der Berechnungssoftware die Flächen der einzelnen Zonen bestimmen und mit einander vergleichen. Zum Beispiel kann die Klassenraumfläche (inkl. Lehrerzimmer und Verwaltung) bezogen auf die Nettogrundfläche (ohne Technikzentralen) mit den Verkehrsflächen bezogen auf die Nettogrundfläche (ohne Technikzentralen) verglichen werden.

Klassenraum/Nettogrundfläche (K/N):	4 864,63 m <sup>2</sup> / 10 109,93 m <sup>2</sup>	→ 48,1 %
Verkehrsfläche/Nettogrundfläche (V/N):	3 575,10 m <sup>2</sup> / 10 109,93 m <sup>2</sup>	→ 35,4 %

Zum Vergleich: für Liebenburg und Bad Harzburg ergeben sich folgende Werte:

Liebenburg:	K/N = 50,6 %	V/N = 36,9 %
Bad Harzburg:	K/N = 70,9 %	V/N = 23,7 %

An Hand der Zahlen ist deutlich zusehen, dass in Liebenburg und in Seesen über 1/3 der Nettogrundflächen nur für Verkehrsflächen benötigt werden.

### 2.4.3.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

In der nachfolgenden Auflistung sind die Gebäudehüllflächen des Hauptgebäudes aufgeführt. Diese Daten stammen aus der Berechnungssoftware IBP 18599 des Fraunhofer Institutes.

Bruttovolumen:	14 989,10 m <sup>3</sup>
Nettovolumen:	10 649,40 m <sup>3</sup>
Nettogrundfläche:	3 629,04 m <sup>2</sup>
beheizte Bruttogrundfläche:	3 681,00 m <sup>2</sup>
Außenwand an Erdreich:	42,40 m <sup>2</sup>
Außenwand an Außenluft:	989,90 m <sup>2</sup>
Fenster an Außenluft:	460,41 m <sup>2</sup>
Außentüren:	69,35 m <sup>2</sup>
Dach als Systemgrenze:	2 218,80 m <sup>2</sup>
Dachoberlichter:	11,52 m <sup>2</sup>
Fußboden gegen Erdreich:	2 184,86 m <sup>2</sup>

Aus diesen Daten können folgende Kennwerte bestimmt werden: Das A/V-Verhältnis z. B. gibt das Verhältnis der Umfassungsfläche zum externen Volumen (Bruttovolumen) an. Für das Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg beträgt dieser Wert 0,4 m<sup>-1</sup>. Zum Vergleich, die Haupt- und Realschule Seesen hat ein A/V-Verhältnis von 0,3 m<sup>-1</sup> und das W-v-S-Gymnasium Bad Harzburg (Hauptgebäude und Fachtrakt) von 0,25 m<sup>-1</sup>.

Des Weiteren lassen sich aus der Berechnungssoftware die Flächen der einzelnen Zonen bestimmen und mit einander vergleichen. Zum Beispiel kann die Klassenraumfläche (inkl. Lehrerzimmer und Verwaltung) bezogen auf die Nettogrundfläche mit den Verkehrsflächen bezogen auf die Nettogrundfläche verglichen werden.

Klassenraum/Nettogrundfläche (K/N):	1 834,84 m <sup>2</sup> / 3 629,04 m <sup>2</sup>	→ 50,6 %
Verkehrsfläche/Nettogrundfläche (V/N):	1 338,90 m <sup>2</sup> / 3 629,04 m <sup>2</sup>	→ 36,9 %

Zum Vergleich: für Liebenburg und Bad Harzburg ergeben sich folgende Werte:

Seesen:	K/N = 48,1 %	V/N = 35,4 %
Bad Harzburg:	K/N = 70,9 %	V/N = 23,7 %

An Hand der Zahlen ist deutlich zu sehen, dass in Liebenburg und in Seesen über 1/3 der Nettogrundfläche nur für Verkehrsflächen benötigt werden. In Bad Harzburg hingegen, ist es weniger als 1/4 der Nettogrundfläche.

### 2.4.3.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg

In der nachfolgenden Auflistung sind die Gebäudehüllflächen des Hauptgebäudes und des Fachtaktes aufgeführt. Diese Daten stammen aus der Berechnungssoftware IBP 18599 des Fraunhofer Institutes.

Bruttovolumen:	23 115,60 m <sup>3</sup>
Nettovolumen:	12 983,20 m <sup>3</sup>
Nettogrundfläche:	4 443,63 m <sup>2</sup>
beheizte Bruttogrundfläche:	5 554,00 m <sup>2</sup>
Außenwand an Erdreich:	173,49 m <sup>2</sup>
Außenwand an Außenluft:	2 379 79 m <sup>2</sup>
Fenster an Außenluft:	1 124,25 m <sup>2</sup>
Außentüren:	17,68 m <sup>2</sup>
Dach als Systemgrenze:	542,95 m <sup>2</sup>
Decke an Außenluft:	54,19 m <sup>2</sup>
Fußboden gegen Erdreich:	1 544,63 m <sup>2</sup>

Aus diesen Daten können folgende Kennwerte bestimmt werden: Das A/V-Verhältnis z. B. gibt das Verhältnis der Umfassungsfläche zum externen Volumen (Bruttovolumen) an. Für das Werner-von-Siemens-Gymnasium beträgt dieser Wert 0,25 m<sup>-1</sup>. Zum Vergleich, die Haupt- und Realschule Seesen hat ein A/V-Verhältnis von 0,3 m<sup>-1</sup> und das Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (Hauptgebäude) von 0,4 m<sup>-1</sup>.

Des Weiteren lassen sich aus der Berechnungssoftware die Flächen der einzelnen Zonen bestimmen und mit einander vergleichen. Zum Beispiel kann die Klassenraumfläche (inkl. Lehrerzimmer und Verwaltung) bezogen auf die Nettgrundfläche mit den Verkehrsflächen bezogen auf die Nettogrundfläche verglichen werden.

Klassenraum/Nettogrundfläche (K/N):	3 149,17 m <sup>2</sup> / 4 443,63 m <sup>2</sup>	→ 70,9 %
Verkehrsfläche/Nettogrundfläche (V/N):	1 051,73 m <sup>2</sup> / 4 443,63 m <sup>2</sup>	→ 23,7 %

Zum Vergleich: für Liebenburg und Bad Harzburg ergeben sich folgende Werte:

Seesen:	K/N = 48,1 %	V/N = 35,4 %
Liebenburg:	K/N = 50,6 %	V/N = 36,9 %

An Hand der Zahlen ist deutlich zu sehen, dass in Liebenburg und in Seesen über 1/3 der Nettogrundfläche nur für Verkehrsflächen benötigt werden. In Bad Harzburg hingegen, ist es weniger als 1/4 der Nettogrundfläche.

## 2.5 Thermografie der drei Schulen

### 2.5.1 Thermografie Haupt- und Realschule Seesen

*(Ein ausführlicher Bericht über die Schule befindet sich im Anhang)*

Die Thermografie wurde am 01.03.1999 durch die Firma Dr. E. Weßling Beratende Ingenieure GmbH aus Hannover durchgeführt. Der ausführliche Bericht befindet sich im Anhang.

Die Thermografie zeigt als wesentliche Ergebnisse zum einen, dass die Luftdichtheit der Gebäudehülle nicht gegeben ist (über den Fenstern strömt Warmluft aus, starke Abkühlung der abgehängten Decken im Bereich der Außenwände) und zum anderen, dass die Stahlbeton-Skelett-Konstruktion viele Wärmebrücken aufweist (die Temperaturen der Innenoberflächen z. B. in den Außenecken sind örtlich sehr niedrig). Die direkt vor den Außenfenstern stehenden Heizkörper weisen hohe Abstrahlungen auf.

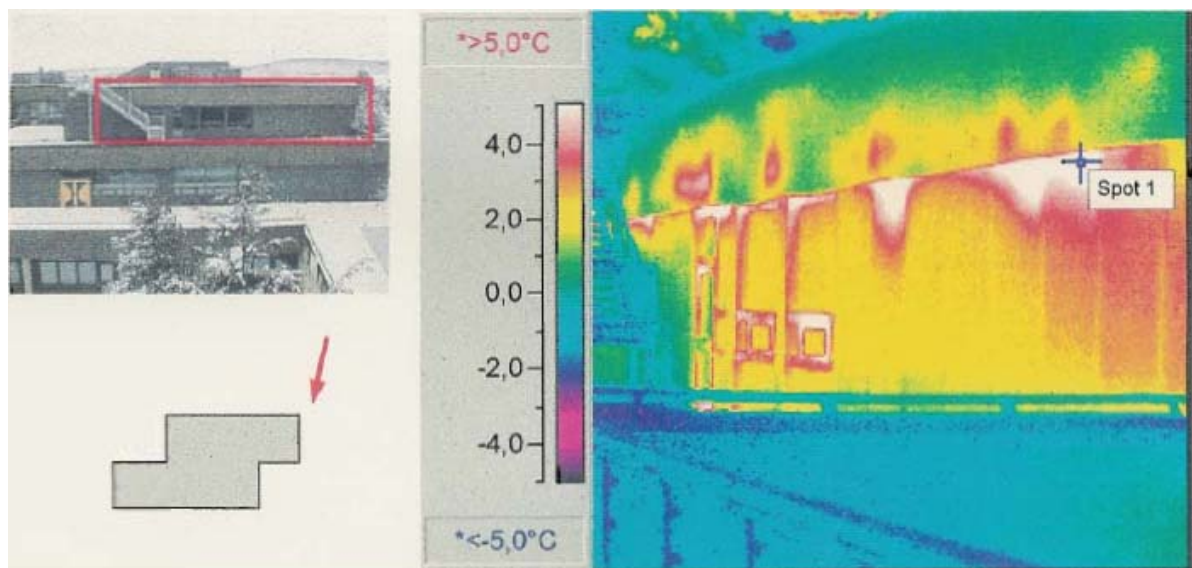


Abbildung 2-14: Thermografie der Außenfassade der Haupt- und Realschule Seesen

### 2.5.2 Thermografie Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

*(Ein ausführlicher Bericht über die Schule befindet sich im Anhang)*

Die Thermografie wurde am 06.01.2006 durch die Firma PTA Physikalisch-Technische Analysen GmbH aus Wernigerode durchgeführt. Der ausführliche Bericht befindet sich im Anhang.

Die Thermografie zeigt, dass die Luftdichtheit der Gebäudehülle nicht gegeben ist. Die Leichtbau-Außenwandelemente sind in sich (Fugen zwischen Wandelementen, Fugen zwischen Rahmen und Füllung, Steckdosen usw.) und gegenüber den angrenzenden Bauelementen (Betonwände, Böden usw.) undicht. Außerdem sind die Dreh- und Kippflügel der Fenster an der Dichtfuge undicht (siehe Abbildung 2-15). Die einfachverglasten Türen weisen hohe Abstrahlungen auf.

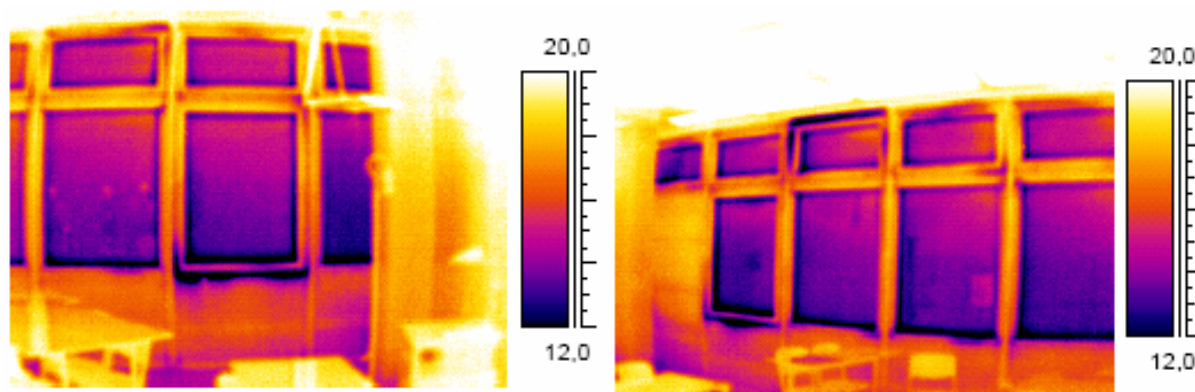


Abbildung 2-15: Thermografie des Klassenraumes Nr. 13 im Obergeschoss

### 2.5.3 Thermografie Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg

*(Ein ausführlicher Bericht über die Schule befindet sich im Anhang)*

Die Thermografie wurde im April 2009 durch die Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften Fakultät Versorgungstechnik aus Wolfenbüttel durchgeführt. Der ausführliche Bericht befindet sich im Anhang.

Die Thermografie zeigt an den noch nicht gedämmten Fassaden des Hauptgebäudes beträchtliche Wärmebrücken (Fensterstürze, Geschossdecken, Mauerwerk). Deutlich ist zu erkennen, dass der Sockel des Hauptgebäudes ungedämmt ist. Die Eingänge in der Nord-West-Fassade sowie der Musikraum weisen eine bezüglich des Wärmeschutzes unzureichende Verglasung auf. Im Bereich des Technikraumes ist eine starke Wärmeabstrahlung zu erkennen (siehe Abbildung 2-16).

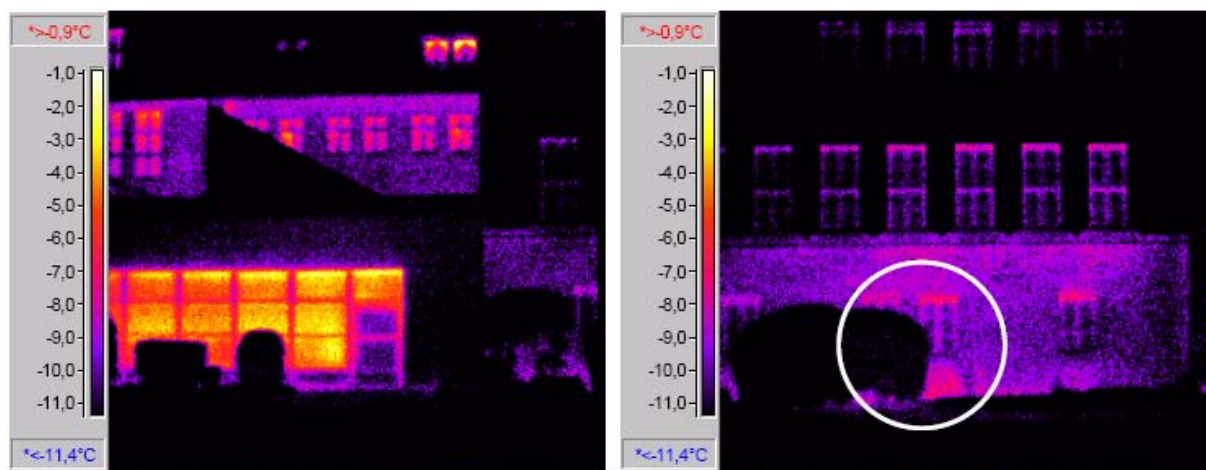


Abbildung 2-16: Thermografie des Hauptgebäudes (Nordwestseite) und der Aula

In den Fassaden des Fachtraktes befinden sich Lüftungsgitter der Lüftungstruhen. Sie stellen eine direkte Verbindung zwischen Innen- und Außenluft dar. Die Öffnungen wurden bereits verschlossen. In der alten Turnhalle sind die Kippflügel der Fenster an der Dichtfuge undicht. Die Außenwände der Umkleideräume der neuen Sporthalle zeigen, vermutlich wegen der an der Außenwand angebrachten Heizkörper, eine hohe Wärmeabstrahlung.

## 2.6 Beleuchtung

### 2.6.1 Gutachten Dipl.-Ing. Architekt R. Jakobiak

*(Ein ausführlicher Bericht über alle Schulen befindet sich im Anhang)*

#### 2.6.1.1 Haupt- und Realschule Seesen

Das Schulgebäude ist ein kompakter Baukörper mit einem hohen Anteil innen liegender fensterferner Bereiche ohne Tageslichtversorgung. Die Klassenräume haben eine große Raumtiefe und werden nicht ausreichend mit Tageslicht versorgt. Eine Sanierung der Schule muss diese Defizite durch tief greifende bauliche Einschnitte lösen, um eine qualitativ hochwertige und angepasste Beleuchtung zu ermöglichen. Eine alleinige Sanierung der künstlichen Beleuchtungssysteme könnte zwar energetisch effizient sein, wäre in qualitativer Hinsicht jedoch nicht ausreichend.

Unter anderem wurde der Klassenraum Nr. 16 im 2.OG der Schule beispielhaft und eingehend untersucht (siehe Abbildung 2-17). Der Raum ist nicht ausreichend mit Tageslicht versorgt. Die spezifische installierte Lichtleistung erscheint mit  $13,5 \text{ W/m}^2$  im Verhältnis zum Anlagenalter vergleichsweise gering. Die vorhandene Beleuchtungsanlage wird als nicht sanierungsfähig eingeschätzt und sollte daher durch eine neue Anlage ersetzt werden. Aufgrund der großen Raumtiefe ist das Einsparpotenzial aus Tageslicht in der Raumtiefe begrenzt.



Abbildung 2-17: Klassenraum Nr. 16, 2.OG, Haupt- und Realschule Seesen

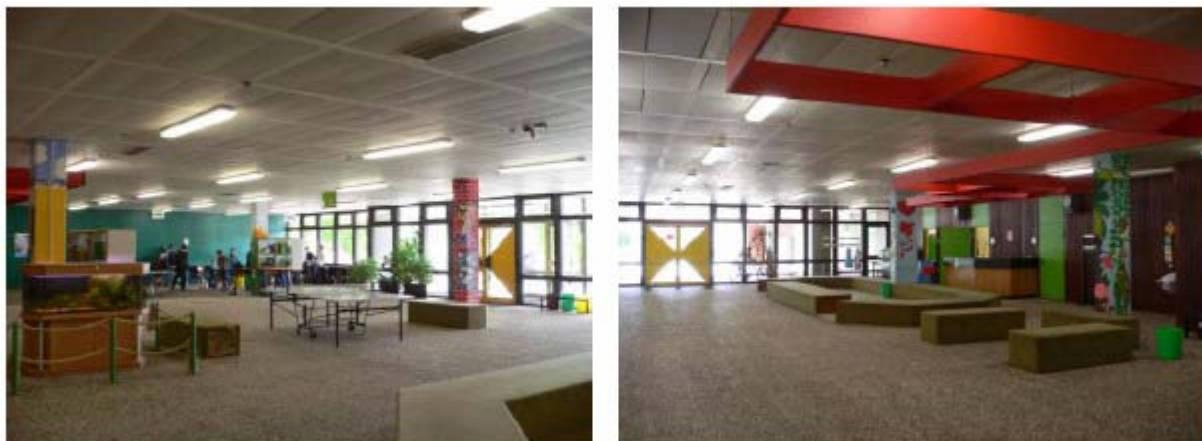


Abbildung 2-18: Eingangs- und Pausenhalle Haupt- und Realschule Seesen



Des Weiteren wurden die Eingangs- und Pausenhalle untersucht (siehe Abbildung 2-18). Auch dieser Bereich ist nicht ausreichend mit Tageslicht versorgt. Die Pausenhalle ist als Aktivitätsbereich vorgesehen und gestaltet. Die installierte Beleuchtungsstärke ist allerdings für einen Aktivitätsraum zu gering und für einen Verkehrsraum wiederum zu hoch. Die gegenwärtige Einteilung der Schaltbereiche stimmt nicht mit den Tageslichtbereichen überein, sodass das teilweise vorhandene Tageslicht energetisch nicht genutzt wird. Im Zuge einer Sanierung wäre es wünschenswert, die Pausenhalle als Tageslichtraum zu entwickeln in dem z. B. ausreichend große Lichthöfe geschaffen werden. Zusätzlich sollte die Beleuchtungsstärke in der Pausenhalle und auf den Verkehrswegen während der Pausen höher sein, um eine ausreichende Beleuchtung zu gewährleisten. Während der Schulstunden kann diese dann wieder auf ein Minimum gesenkt werden.

### 2.6.1.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

Das Schulgebäude ist geprägt durch einen hohen Anteil innen liegender Verkehrs- und Aufenthaltsflächen, die kein bzw. wenig Tageslicht erhalten und u. a. aufgrund einer qualitativ und energetisch nicht überzeugenden künstlichen Beleuchtung eine geringe Attraktivität aufweisen. Die Klassenräume haben eine größere Raamtiefe als bei einseitiger Seitenlichtbeleuchtung wünschenswert ist. Um eine qualitätvolle Beleuchtung zu schaffen, sind daher bauliche Maßnahmen erforderlich, die die Innenbereiche mit Tageslicht versorgen.

Unter anderem wurde der Klassenraum Nr. 17 im Obergeschoss untersucht (siehe Abbildung 2-19). Aufgrund seiner Raamtiefe wird der Klassenraum im flurseitigen Raumbereich nicht mit Tageslicht versorgt. Die vergleichsweise hohe installierte spezifische Leistung von  $17,7 \text{ W/m}^2$  ist auf geringe Energieeffizienz der Leuchten und eine leichte Überdimensionierung der Beleuchtungsanlage zurückzuführen. Des Weiteren sind die Schaltbereiche hinsichtlich der Tageslichtnutzung nicht vernünftig angeordnet und es fehlen in einigen Räumen Tafelbeleuchtungen. Allein durch die Neueinteilung der Schaltbereiche in drei zu der Fassade parallel verlaufende Reihen kann ein Einsparpotenzial erschlossen werden. Mit einer neuen Beleuchtungsanlage kann die spezifisch installierte Leistung halbiert und mit tageslicht- und präsenzabhängigen Kontrollsystemen sogar auf ein Drittel gesenkt werden.



Abbildung 2-19: Innenraumaufnahme der Klassenraums 17 im OG; links bei Tageslicht und rechts mit Sonnenschutz und künstlicher Beleuchtung

Mit einem mittleren Tageslichtquotienten von unter 4 % liegt das Niveau der Tageslichtbeleuchtung in der Sporthalle geringer als wünschenswert. Der hohe Sprossenanteil und die dunklen Balken im Dachbereich tragen zur Verminderung des Beleuchtungsniveaus bei.

Durch die Shedbeleuchtung ergibt sich eine Lichtrichtung im Innenraum, die dazu führt, dass die südliche Giebelwand hell, während die nördliche dunkel erscheint. Diese einseitige Lichtrichtung ist bei einer Spielrichtung in der Längsachse der Halle kritisch, die nach Süden spielende Mannschaft wird immer im Vorteil sein.



Abbildung 2-20: Innenraumaufnahme der Sporthalle bei Tageslicht

### 2.6.1.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg

Das Werner-von-Siemens-Gymnasium ist mit dem Hauptgebäude, dem Fachtrakt und den beiden Sporthalle durch sehr verschiedenartige Gebäude gekennzeichnet. Dabei ist die Tageslichtversorgung in den Klassenräumen und auf den Sportfeldern insgesamt gut; dank der gegenüber den anderen beiden Schulkomplexen früher sinnvoll ausgebildeten Architektur und Raumaufteilung. Die künstliche Beleuchtung ist in den meisten Gebäudeteilen veraltet und energetisch ineffizient.



Abbildung 2-21: Innenraumaufnahme des Klassenraums 309 im Hauptgebäude des Werner-von-Siemens-Gymnasiums Bad Harzburg

Im Hauptgebäude wurde der Klassenraum 309 im 2. Obergeschoss untersucht (siehe Abbildung 2-21). Die baulichen Voraussetzungen zur Tageslichtnutzung sind in diesem Raum gegeben. Der für einen Nachweisort in halber Raumtiefe berechnete Tageslichtversorgungsfaktor sollte dabei nicht darüber hinweg täuschen, dass in der Raumtiefe über weite Strecken des Jahres eine Tageslicht ergänzende künstliche Beleuchtung auch tagsüber erforderlich ist. Das Fehlen eines Blendschutzes an den Fenstern im Bereich der Tafelwand ist

hinsichtlich der Nutzung visueller Medien kritisch. Die spezifisch installierte Leistung ist mit  $18,6 \text{ W/m}^2$  im Klassenraum vergleichsweise hoch. Eine Ursache hierfür ist neben den konventionellen Betriebsgeräten die Zweilampigkeit der Leuchten in der Flurreihe.

Eine Maßnahme, mit der die vorhandene Beleuchtungsanlage effizienter gemacht werden könnte, besteht darin, eine separate Schaltbarkeit der Lampen innerhalb der zweilampigen Leuchten der Leuchtreihe an der Flurseite zu ermöglichen. Zur Tageslichtergänzung dürfte in der Regel der einlampige Betrieb dieser Leuchten ausreichend sein. Ein präsenzabhängiges Ausschalten der Beleuchtungsanlage ist sinnvoll.



Abbildung 2-22: Innenraumaufnahme der neuen Sporthalle, Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg

Die Sporthalle wird aufgrund des Dachoberlichtes und der zusätzlichen, ebenfalls lichtstreuend verglasten Seitenfenster, gut mit Tageslicht versorgt. Die lichtstreuende Verglasung ist als feststehendes System funktional robust. Nachteilig sind jedoch die Möglichkeiten der Blendung bei klarem Himmel und der große solare Wärmeeintrag aufgrund der unbeschatteten Oberlichtfläche.

Mit einer installierten spezifischen Leistung von  $14,6 \text{ W/m}^2$  wird am Anfang des Wartungsintervalls eine Beleuchtungsstärke  $> 500 \text{ lx}$  erreicht, mit dem die Halle der für lokales Wettkampfniveau definierten Klasse 2 entspricht. Im Trainings- und Schulbetrieb ist jeweils nur die Hälfte der Lampen in Betrieb. Bei einem energiebewussten Schaltverhalten kann das durch Tageslicht und Präsenz gegebene Einsparpotenzial bereits heute zu großen Teilen realisiert werden.

## 2.7 Anlagenbeschreibung der Schulen<sup>4</sup>

Im Folgenden wird für alle drei Schulen der jeweilige Aufbau der vorhandenen heizungs- und lüftungstechnischen Anlagen dokumentiert, um eine genaue Übersicht über die jeweilige Liegenschaft zu erlangen.

### 2.7.1 Haupt- und Realschule Seesen

#### 2.7.1.1 Die Heizungsanlage

Das gesamte Schulzentrum wird über Nahwärme von einer Heizungszentrale aus versorgt, welche unterhalb von Sporthalle 1, östlich des Gebäudes der Haupt- und Realschule liegt. Die Kesselanlage wurde im Jahr 1996 erneuert. Sie besteht aus zwei Wärmeerzeugern, die sowohl mit Erdgas, als auch um Spitzenlasten abzudecken, mit Öl betrieben werden können. Die beiden Kessel versorgen das gesamte Schulzentrum mit Heizung und Warmwasser. Die Verteilung erfolgt aus dem Obergeschoss der Heizungszentrale. Außerdem befindet sich in der Heizungszentrale noch ein atmosphärischer Gaskessel, der aber lediglich für die Warmwasserbereitung der Sporthallen im Sommer zuständig ist. Der Betreiber der Kesselanlage sind die Stadtwerke Seesen, von denen die Schule über einen Liefercontracting-Vertrag das Produkt „Wärme“ bezieht. Die Kosten hierfür belaufen sich auf einen Brutto-Preis<sup>5</sup> von 9,08 Cent/ kWh. Zum Vergleich der Kosten bei Selbsterzeugung der Wärme dient das Schulzentrum Langelsheim, welches etwa die gleiche Wärmemenge benötigt. Hier liegt der Brutto-Preis<sup>6</sup> bei 5,33 Cent/ kWh.

In der folgenden Tabelle sind die Daten der Wärmeerzeuger aufgelistet und im darauf folgenden Bild wird die oben beschriebene Heizungszentrale schematisch dargestellt.

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Leistung
Kessel 1	Buderus	S725-1350	1996	$\dot{Q}_{\text{therm.}} = 1350\text{kW}$
Brenner	Weishaupt	GL7/1-D	1996	$\dot{Q}_{\text{Br.}} = 300 - 1750\text{kW}$
Kessel 2	Buderus	S725-1150	1996	$\dot{Q}_{\text{therm.}} = 1150\text{kW}$
Brenner	Weishaupt	GL7/1-D	1996	$\dot{Q}_{\text{Br.}} = 300 - 1750\text{kW}$
Kessel 3	Buderus	-----	1996	$\dot{Q}_{\text{therm.}} = 44\text{kW}$

Tabelle 2-4: Daten der Wärmeerzeuger, Haupt- und Realschule, Seesen

<sup>4</sup> Aufnahme der Anlagentechnik im Rahmen einer Bachelorarbeit von S. Lietz

<sup>5</sup> Landkreis Goslar; Versorgungsbetriebe Seesen/ Harz: *Preisanpassung zum 1. April 2009*. Mai 2009

<sup>6</sup> Landkreis Goslar; Harz Energie GmbH & Co. KG: *Errechnung der Gaspreise für den Zeitraum vom 01.04.2009 bis zum 30.06.2009*. Januar 2009

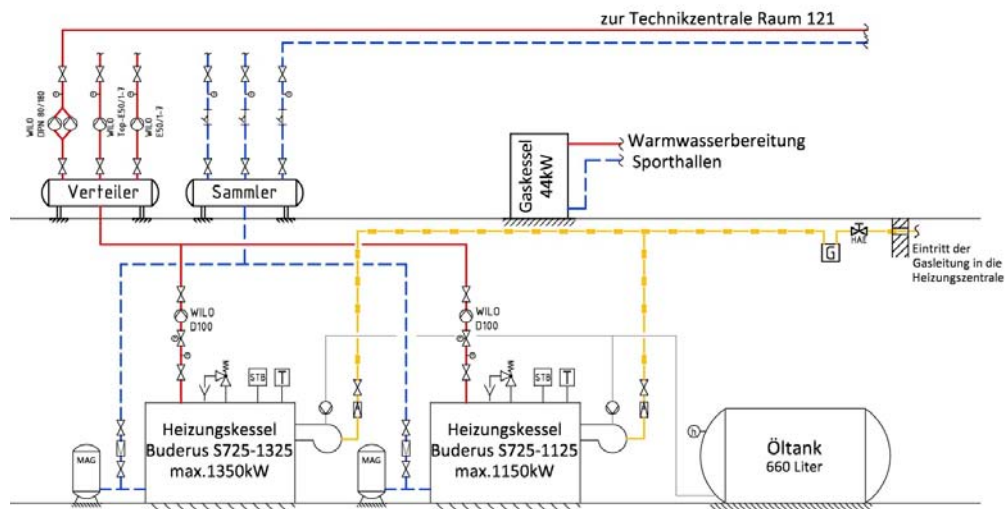


Abbildung 2-23: Schematische Darstellung der Heizungszentrale, Haupt- und Realschule, Seesen

Die abgenommene Wärmeenergie wird über einen Wärmemengenzähler (WMZ) nach Eintritt des Nahwärmekreislaufes in das Schulgebäude im Technikbereich des Raumes 121 erfasst und danach über drei Wärmeübertrager mit einer maximalen Leistung<sup>7</sup> von jeweils ca. 935 kW an den Kesselkreislauf des Schulgebäudes übergeben. Die Wärmeübertrager sind parallel geschaltet und die Heizwasserströme verlaufen im Gegenstrom um einen möglichst hohen Wärmeübertragungsgrad zu erreichen. Im primären Kreislauf, d.h. dem Kreislauf, der aus der Heizungszentrale kommt, werden die Volumenströme der Wärmeübertrager durch ein motorgesteuertes Stellventil geregelt, welches je nach benötigter Leistung seinen Ventilhub verändert. Des Weiteren wurde im Rücklauf der Leitungen zu den Wärmeübertragern ein Abzweig gesetzt, welcher zum Rücklaufsammler führt. Diese Leitung wird zum Auffüllen der Anlage bei Wassermangel verwendet, wobei das verbrauchte Wasser über einen Wasserzähler erfasst wird. Sekundärseitig besitzt jeder Wärmeübertrager ein Sicherheitsventil, welches bei Überschreiten des Ansprechdruckes<sup>8</sup> von 3,0 bar öffnet und somit die Anlage vor Beschädigungen schützt.

Durch die Erhöhung der Wassertemperatur am Wärmeübertrager werden im Wasser gelöste Gase freigesetzt. Um diese wieder abzuscheiden, wurde zwischen Wärmeübertragerkreislauf und Verteiler ein Absorptions-Luftabscheider der Firma Flamco eingesetzt. Dieser vergrößert den Rohrquerschnitt und verringert dadurch die Strömungsgeschwindigkeit. Dadurch kommen die Gasblasen zur Ruhe, können abgeschieden werden und über ein Ventil aus dem Behälter entweichen. In der folgenden Abbildung werden die Wärmeübertrager im Technikraum 121 schematisch dargestellt.

<sup>7</sup> laut Typenschild der Wärmeübertrager durchschnittlich 810.000 kcal/ h

<sup>8</sup> Grothjahn, F., Hausmeister des Heizwerkes: *Private Mitteilung*, Gespräch 04. Mai 2009

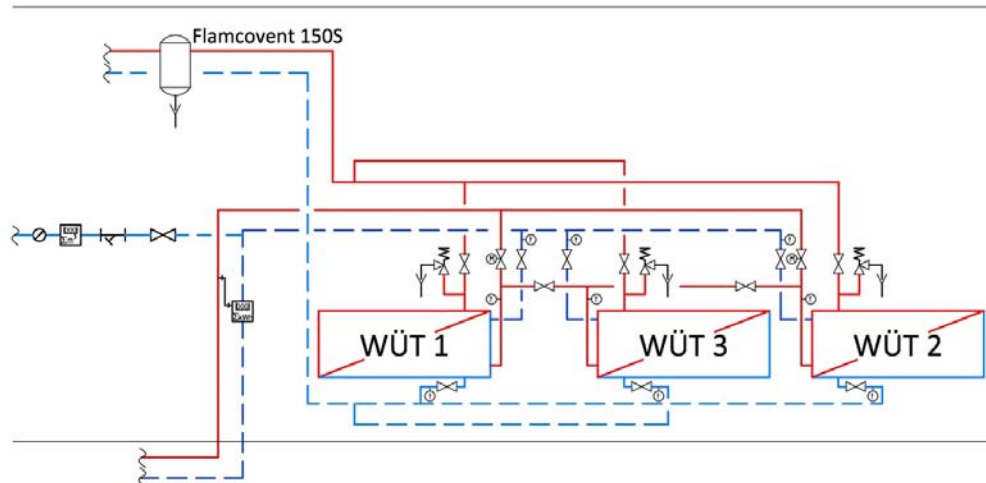


Abbildung 2-24: Schematische Darstellung der Wärmeübertrager, Technikraum 121, Haupt- und Realschule, Seesen

Das Heizwasser erreicht das Schulgebäude über einen Verteiler im Technikraum 121, im 2. Untergeschoss der Haupt- und Realschule. Dieser wird auf der nächsten Seite schematisch dargestellt. Strang 0 des Verteilers dient, wie bereits oben beschrieben, zum Befüllen der Anlage mit Wasser. Die Stränge VI und VII (Haupt- bzw. der Sommervorlauf) haben die Aufgabe die Wärme von den Wärmeübertragern zum Verteiler zu transportieren. Während der Heizperiode laufen laut Aussage des Hausmeisters sowohl die Pumpe des Hauptvorlaufs als auch die Pumpe des Sommervorlaufs. Diese sind über ein so genanntes Master-Slave Pumpensystem gekoppelt. Das bedeutet, dass sich die Drehzahl der Slave-Pumpe (hier die Pumpe des Sommervorlaufs) nach der Drehzahl der Master-Pumpe (hier die Pumpe des Hauptvorlaufs) richtet. Außerhalb der Heizperiode läuft keine der beiden Pumpen, da die Wärmeerzeuger ausgeschaltet sind. Die Bezeichnung „Sommervorlauf“ ist somit nicht richtig.

In den Strängen I bis V, die zu den unterschiedlichen Verbrauchern führen, wurde jeweils ein Drei-Wege-Ventil eingebaut, um bei geforderter Minderleistung dem Vorlauf kälteres Rücklaufwasser beizumischen.

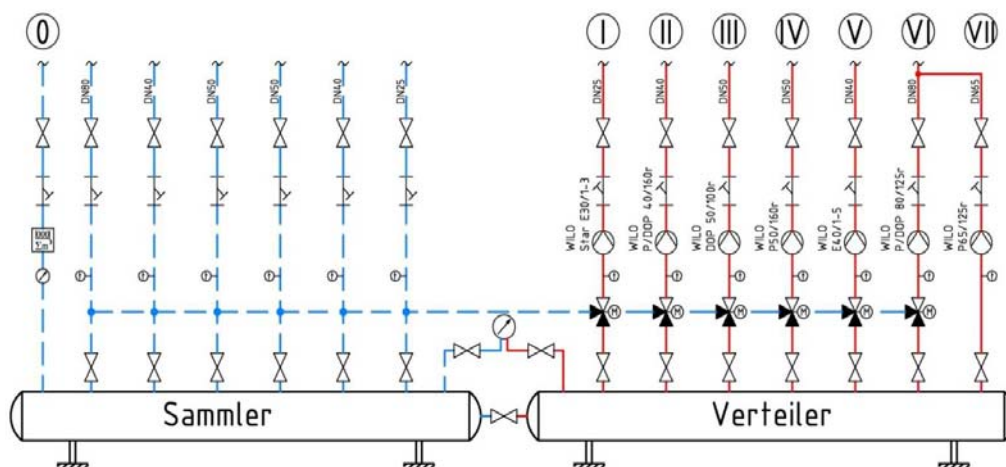


Abbildung 2-25: Schematische Darstellung des Hauptverteilers, Technikraum 121

- **Strang 0:** Fülleitung
- **Strang I:** Heizkörper Verwaltung
- **Strang II:** Heizkörper 2. Untergeschoss – 2. Obergeschoss (Südseite)
- **Strang III:** Luftherhitzer Küche 2. Untergeschoss  
Lehrsäle 1. Untergeschoss  
Dachanlage Süd (I)
- **Strang IV:** Heizkörper 1. Untergeschoss (innen)  
Heizkörper Erdgeschoss - 3. Obergeschoss (Nordseite)
- **Strang V:** Luftherhitzer Forum Erdgeschoss  
Raum 44 (1. Obergeschoss)  
Dachanlage Nord (II)
- **Strang VI:** Hauptvorlauf
- **Strang VII:** Sommervorlauf

Die Stränge III und V des Verteilers im 2. Untergeschoss versorgen die insgesamt neun Luftherhitzer der verschiedenen Lüftungsgeräte des Schulgebäudes (vgl. Kapitel 2.7.1.2) mit Heizwasser. Die Leistung jedes Heizregisters wird jeweils über ein Drei-Wege-Ventil vor jedem Erhitzer geregelt, welches in diesen Fällen als Beimischventil fungiert. D.h., es mischt bei Bedarf kälteres Rücklaufwasser dem Vorlaufwasser bei, um die Erhitzerleistung zu minimieren. Außerdem wurde vor jedem Luftherhitzer eine weitere Pumpe verbaut, die den Durchfluss durch das Heizregister garantieren soll. Die vor den Luftherhitzern verbauten Pumpen wurden in der folgenden Tabelle aufgelistet.

	Strang III		Strang V	
Pumpe vor Luftherhitzer	Lehrsäle 95-98	4x Wilo RS 25/60r	Raum 44	Wilo RS 25/70r
	Küche	Wilo P40/100r	Forum	Wilo RS 25/70r
	Dach I	Wilo P40/100r	Dach II	Wilo P40/100r

Tabelle 2-5: Daten der Pumpen vor den Luftherhitzern

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, werden unter anderem die Lehrsäle 95-98 im 1. Untergeschoss über eine Luftheizung erwärmt. Die dafür benötigten Erhitzer werden durch einen weiteren Verteiler im hinteren Bereich des Technikraumes 121 im 2. Untergeschoss des Schulgebäudes versorgt. Dieser wird von Strang III des Hauptverteilers gespeist und in der folgenden Abbildung dargestellt.

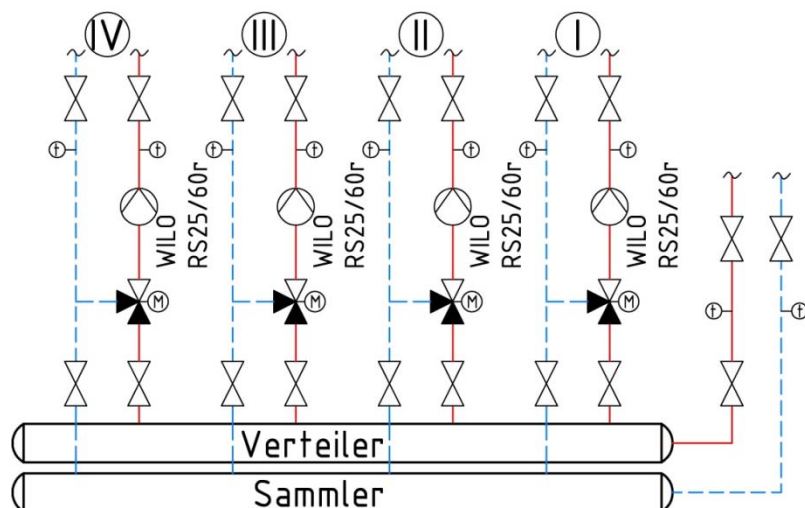


Abbildung 2-26: Schema des Verteilers der Lufterhitzer, Lehrsäle 95-98

- **Strang I:** Erhitzer Lehrsaal 95
- **Strang II:** Erhitzer Lehrsaal 96
- **Strang III:** Erhitzer Lehrsaal 97
- **Strang IV:** Erhitzer Lehrsaal 98

Im Zuge der Modernisierung der Heizungsanlage der Schule im Jahr 1994 wurde das Leitungsnetz im 2. Untergeschoss (Raum 121), inklusive der zugehörigen Pumpen, Technik, und Leitungsdämmung, komplett saniert. Die Heizkörper der gesamten Schule wurden mit Rücklaufverschraubungen ausgestattet, die einen separaten Anschluss zum Messen von Volumenströmen besitzen. Durch eine Rücklaufverschraubung ist es möglich, den Heizwasservolumenstrom jedes Heizkörpers individuell zu drosseln und somit seine Leistung zu beeinflussen. Durch die nach den Messungen vorgenommenen Einstellungen der Rücklaufverschraubungen wird erreicht, dass jeder Heizkörper mit genau der Wärmemenge versorgt wird, die er benötigt um den Raum auf seine Solltemperatur zu bringen. Die Heizungsanlage der Haupt- und Realschule in Seesen wurde somit nachträglich hydraulisch abgeglichen. Die einzelnen Einstellparameter der Heizkörper wurden dokumentiert. Durch ein hydraulisch abgeglichenes System kann die Anlage mit der optimalen Volumenmenge betrieben werden wodurch niedrige Energiekosten im Betrieb erreicht werden.

Die Verteil- und Anschlussleitungen innerhalb des Gebäudes verlaufen fast ausschließlich in der abgehängten Decke und schließen immer die Heizkörper des darüber liegenden Geschosses an. Die Leitungen der Heizkörper für die Lehrküchen im 2. Untergeschoss verlaufen im Fußboden. Die Verteilung zur Nordseite des Gebäudes erfolgt über im Erdreich liegende Versorgungsschächte.

Die Unterrichtsräume, sowie alle Verwaltungs- und einige Aufenthalts- und Lagerräume sind mit Raumthermostaten ausgestattet, die die gewünschte Raumtemperatur über elektronische Regelventile an den Heizkörpern einzeln regeln. Die Soll- und Istwerte dieser Räume lassen sich über das Büro des Hausmeisters, welches sich oberhalb der Heizungszentrale befindet, jederzeit abrufen. Außerdem lassen sich von hier aus die Tagesverläufe darstellen sowie Änderungen der Solltemperaturen der Räume vornehmen. Die folgende Tabelle stellt diese Solltemperaturen in Abhängigkeit der Tageszeit dar.



	Schulbetrieb (MO-FR, 07:30 Uhr-13:30 Uhr)	Kein Schulbetrieb (MO-FR, 13:30 Uhr-07:30 Uhr u. WE)
Räume	20 °C	15 °C
Forum	18 °C	15 °C
Verkehrswege	18 °C	15 °C

Tabelle 2-6: Solltemperaturen der Räume mit Einzelraumregelung

Außerdem gibt es noch einige Räume, die mit Heizkörpern und von Hand einstellbaren Thermostatventilen ausgestattet sind. Diese werden je nach Bedarf manuell auf die gewünschte Raumtemperatur gebracht. Das Forum im Erdgeschoss verfügt über keine Heizkörper, und wird daher ausschließlich über Luftheizung erwärmt (vgl. Kapitel 2.7.1.2, Tabelle 2-11).<sup>9</sup>

### 2.7.1.2 Die Lüftungsanlagen

Das Schulgebäude verfügt über insgesamt fünf verschiedene Lüftungsanlagen deren Möglichkeiten der Luftbehandlungen und Einsatzort im Folgenden beschrieben werden.

Hierbei handelt es sich um die folgenden Lüftungsanlagen:

- Lüftungsanlage der Lehrküchen, 2. Untergeschoss
- Lüftungsanlage der Lehrsäle 95 bis 98, 2. Untergeschoss
- Lüftungsanlage Dachzentrale I, Nord
- Lüftungsanlage Dachzentrale II, Süd
- Lüftungsanlage Raum 44, 1. Obergeschoss

Es besteht ein Wartungsvertrag mit einer örtlichen Firma. Alle Lüftungsgeräte werden einmal im Jahr gewartet.<sup>10</sup> Die Daten der Lüftungsanlagen stammen aus einer Objektliste<sup>11</sup> des Landkreises Goslar, da auf den Lüftungsgeräten keine Typenschilder vorhanden waren, konnten die Daten nicht vor Ort aufgenommen werden. Die Volumenströme der Anlagen stammen aus einem Prüfbericht.<sup>12</sup>

Auf den folgenden Seiten wird diverse Male auf die Hausmeisterloge bzw. auf das Büro des Hausmeisters vom Heizwerk Bezug genommen. Diese sind wie folgt zu unterscheiden. Die Hausmeisterloge befindet sich im Erdgeschoss des Schulgebäudes, wobei sich das Büro des Hausmeisters oberhalb der Heizungszentrale befindet.

<sup>9</sup> Storm, Markus: *Energieeinsparung an Schulen*. Diplomarbeit FH Braunschweig/ Wolfenbüttel, Fachbereich Versorgungstechnik, Januar 2009

<sup>10</sup> Fa. Neukirchen + Schulz GmbH, Dieselstraße 2, 38644 Goslar

<sup>11</sup> Landkreis Goslar: *Objektliste - Lufttechnik Haupt- und Realschule, Seesen*. Goslar, Sept. 1981

<sup>12</sup> Landkreis Goslar: *DEKRA Prüfbericht, Schulzentrum Seesen*. Goslar, Juli 2004

Die erste Lüftungsanlage versorgt die Lehrküchen der Haupt- und Realschule im 2. Untergeschoss. Die Anlage besteht aus einem separaten Zu- und Abluftgerät. Das Zuluftgerät befindet sich im südwestlichen Bereich des Technikraums 121 im 2. Untergeschoss. Zur Luftaufbereitung verfügt dieses über einen Erhitzer. Das Abluftgerät befindet sich in Raum 114, welcher ebenfalls im 2. Untergeschoss im nordwestlichen Bereich des Gebäudes zu finden ist. Die Anlage wird von der jeweiligen Lehrküche über einen Schalter aktiviert und kann nicht von der Hausmeisterloge oder vom Büro des Hausmeisters aus gesteuert werden. Sie kann jedoch vom Büro des Hausmeisters gesperrt werden. Die Luft wird den Räumen durch Kanäle in der abgehängten Decke über Luftauslässe in der Mitte des Raumes zugeführt und oberhalb der Kochnischen über Abluftgitter entzogen.

Die folgende Tabelle stellt die Daten der Lüftungsgeräte der Lehrküchen im 2. Untergeschoss dar.

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Volumenstrom
Zuluftgerät	Rox	NDKL 400	1975	$\dot{V}_{ZU} = 7350 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
Heizwasserpumpe	Wilo	P40/100r	-----	-----
Abluftgerät	Rox	NDKL 400	1975	$\dot{V}_{AB} = 7350 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Tabelle 2-7: Daten der Lüftungsanlage Lehrküchen 2.UG, Haupt- und Realschule, Seesen

Die nächste Anlage befindet sich ebenfalls in Raum 121. Sie ist für die Versorgung mit Zu- und Abluft der Lehrsäle 95 bis 98 im 1. Untergeschoss zuständig. Diese Anlage kann im Umluftbetrieb gefahren werden und besitzt außerdem einen Rotationswärmeübertrager, der es ermöglicht, einen Teil der kälteren Außenluft vorzuwärmen, um so Energie einzusparen. Der Umluftanteil wurde dem Hausmeister zur Folge mit der Inbetriebnahme der Anlage einmal von Hand an den Jalousieklappen eingestellt und wurde seitdem nicht mehr verändert. Der Lüftungskanal teilt sich hinter dem Zuluftventilator in vier Kanäle auf, wobei die Lufttemperatur in jedem Lehrsäal individuell über einen Erhitzer, der sich jeweils vor dem Lehrsäal befindet (vgl. Kapitel 2.7.1.1), geregelt werden kann. Die Luft wird den Räumen über unterirdische Schächte zu- bzw. abgeführt. Die Zuluft wird jeweils unterhalb der treppenförmig verlaufenden Sitzreihen eingeblasen und die Abluft wird den Räumen über Schlitzauslässe in der Decke entzogen. Die Solltemperatur in den Lehrsälen liegt bei 20 °C. Die Anlage wird vom Büro des Hausmeisters bedient.

Die folgende Tabelle stellt die Daten der Lüftungsgeräte für die Lehrsäle 95 bis 98 im 1. Untergeschoss dar.

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Volumenstrom
Zuluftgerät	Rox	TER 500 A	1975	$\dot{V}_{ZU} = 15\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
4x Heizwasserpumpe	Wilo	RS 25/60r	-----	-----
Abluftgerät	Rox	TER 450 A	1975	$\dot{V}_{AB} = 15\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Tabelle 2-8: Daten der Lüftungsanlage Lehrsäle 95-98 1.UG, Haupt- und Realschule, Seesen

Die beiden größten Lüftungsanlagen des Schulgebäudes befinden sich auf dem Dach des 2. Obergeschosses. Sie sind baugleich, können im Umluftbetrieb gefahren werden und besitzen neben je einem Erhitzer ebenfalls einen Rotationswärmeübertrager zum Vorwärmen der Außenluft. Der Umluftanteil kann vom Büro des Hausmeisters aus geregelt werden und wird mit steigender Außentemperatur verringert.

Die folgenden Tabellen stellen die Daten der Lüftungsgeräte in den Dachzentralen I und II dar.

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Volumenstrom
Zuluftgerät	Gebhardt	TRZ 710 B	1975	$\dot{V}_{ZU} = 36\,660 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
Heizwasserpumpe	Wilo	P 40/100r	-----	-----
Abluftgerät	Gebhardt	TRZ 710 A	1975	$\dot{V}_{AB} = 32\,990 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Tabelle 2-9: Daten der Lüftungsanlagen Dachzentrale I, Haupt- und Realschule, Seesen

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Volumenstrom
Zuluftgerät	Gebhardt	TRZ 710 B	1975	$\dot{V}_{ZU} = 35\,340 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
Heizwasserpumpe	Wilo	P 40/100r	-----	-----
Abluftgerät	Gebhardt	TRZ 710 A	1975	$\dot{V}_{AB} = 34\,560 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Tabelle 2-10: Daten der Lüftungsanlagen Dachzentrale II, Haupt- und Realschule, Seesen

Die Luftverteilung der beiden Dachanlagen erfolgt über zwei Versorgungsschächte, die jeweils direkt unterhalb der beiden Dachzentralen liegen. In den Geschossen verlaufen sämtliche Kanäle im abgehängten Bereich der Decke, wobei die Zuluftauslässe bzw. die Abluftgitter mit flexiblem Lüftungsrohr angeschlossen wurden.

Die folgende Tabelle gibt Aufschluss über die Versorgungsbereiche der Dachzentralen I und II.

	Lüftungsanlage Dach I	Lüftungsanlage Dach II
Versorgungsbereich	1. und 2. OG (Nord)	1. und 2. OG (Süd)
	EG Forum	EG Verwaltung
	EG Räume 72 - 74	1 UG gesamt
		2. UG Flur

Tabelle 2-11: Versorgungsbereiche der Dachzentralen I und II, Haupt- und Realschule, Seesen

Die letzte Lüftungsanlage befindet sich im 1.Obergeschoss in Raum 44, welcher hauptsächlich als Filmvorführungsraum genutzt wird. Dieser Raum soll im Zuge einer Raumumstrukturierung in Zukunft als Bibliothek dienen.

Es handelt sich hierbei nur über ein Zuluftgerät. Zur Luftaufbereitung verfügt die Anlage über einen Erhitzer. Die Zuluft wird dem Raum über Schlitzauslässe in der Decke zugeführt. Die Abluft erfolgt ebenfalls durch Schlitzauslässe in der Decke über die darüber liegende Dachzentrale II. Daher darf diese Anlage nur hinzu geschaltet werden, wenn die Dachanlage II in Betrieb ist.<sup>13</sup>

Die folgende Tabelle stellt die Daten des Lüftungsgerätes im Raum 44 dar.

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Volumenstrom
Zuluftgerät	Rox	NDKL 25o	1975	$\dot{V}_{ZU} = 3000 \frac{m^3}{h}$
Heizwasserpumpe	Wilo	RS 25/70r	-----	-----

Tabelle 2-12: Daten der Lüftungsanlage Raum 44, Haupt- und Realschule, Seesen

Um eine Aussage über die Qualität der Lüftungsanlagen zu treffen, ist das Verhältnis zwischen elektrischer Nennleistungsaufnahme der Ventilatoren und den Auslegungsluftvolumenströmen aussagekräftig. In der nachfolgenden Tabelle 2-13 sind diese Kennwerte für die einzelnen Anlagen aufgeführt.

<sup>13</sup> Storm, Markus: *Energieeinsparung an Schulen*. Diplomarbeit FH Braunschweig/ Wolfenbüttel, Fachbereich Versorgungstechnik, Januar 2009

Lüftungsanlagen	Ventilator	elektrische Leistung	Volumenstrom	Kennwert nach	
				DIN V 18599: 0,55 Wh/m <sup>3</sup>	DIN EN 13779: 750 - 2000 Ws/m <sup>3</sup>
	-	kW	m <sup>3</sup> /h	W h/m <sup>3</sup>	W s/m <sup>3</sup>
Lehrküchen	werden im Zuge der Küchensanierung zurückgebaut				
Lehrsäle	Zuluft	8,00	15 000	0,53	1920
	Abluft	8,00	15 000	0,53	1920
Raum 44	Zuluft	0,12	3 000	0,04	148
	Abluft	-	-	-	-
Dachzentrale I (Nord)	Zuluft	14,00	36 660	0,38	1375
	Abluft	14,00	32 990	0,42	1528
Dachzentrale II (Süd)	Zuluft	14,00	35 340	0,40	1426
	Abluft	14,00	34 560	0,41	1458

Tabelle 2-13: Kennwerte Lüftungsanlagen, Haupt- und Realschule Seesen

In der DIN V 18599-6 (Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 6: Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnungsbau) werden Standardwerte für die volumenstrombezogene Leistungsaufnahme von Ventilatoren angeführt. Für Zuluft- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung beträgt der Richtwert 0,55 W h/m<sup>3</sup>. Nach der Tabelle 2-13 liegen alle in der Schule installierten Ventilatoren unter diesem Richtwert und sind somit besser als die DIN V 18599 zu Grunde legt. Einen weiteren Kennwert empfiehlt die DIN EN 13779 (Lüftung von Nichtwohngebäuden). Hier sollte der Wert zwischen 750 W s/m<sup>3</sup> - 2000 W s/m<sup>3</sup> (SFP 3 – SFP 4) liegen. Wie in der Tabelle 2-13 zu sehen ist, liegen alle Ventilatoren in diesem Bereich. Eine Ausnahme bildet der Ventilator im Raum 44.

Auf Grund der Komplexität des Schulgebäudes werden in der folgenden Abbildung die Versorgungsbereiche sämtlicher Lüftungsanlagen der Schule dargestellt.

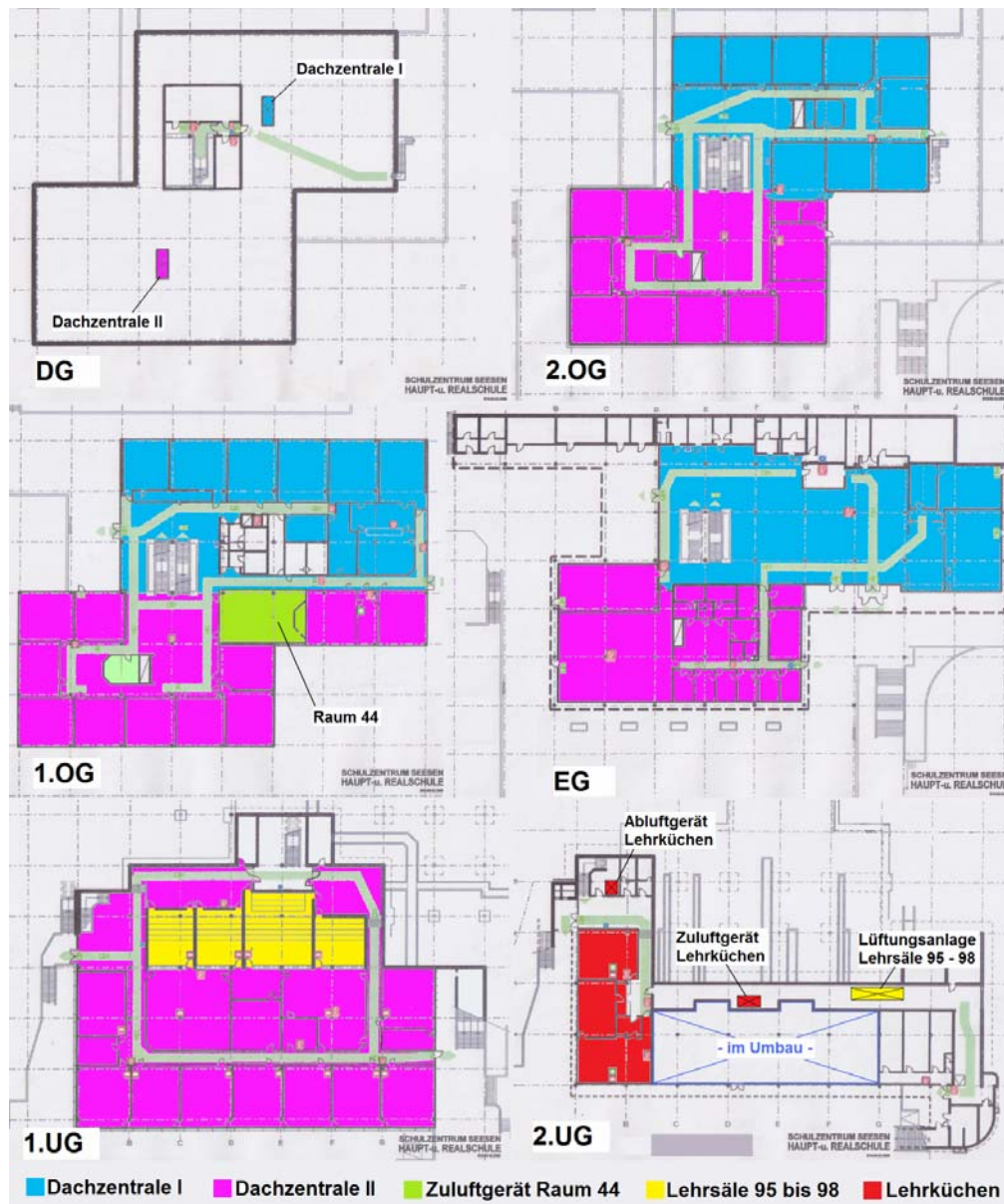


Abbildung 2-27: Versorgungszone der Lüftungsanlagen, Haupt- und Realschule, Seesen<sup>14</sup>

Auf den folgenden Seiten werden die Zusammenhänge der Heizungs- und Lüftungsanlagen und deren Komponenten schematisch dargestellt. Das Schema ist aus Anschaulichkeitsgründen in drei Teile geteilt. Abbildung 2-28 stellt die Wärmeübergabe und den Verteiler im Technikraum 121 sowie die Lüftungsanlage Dach II und die Heizkörper der Nordseite dar. In Abbildung 2-29 wird die Lüftungsanlage der Lehrsäle 95 bis 98 sowie der Heizverteiler der Heizregister für diese Räumlichkeiten dargestellt. Abbildung 2-30 stellt die Lüftungsgeräte der Lehrküchen im 2. Untergeschoss und die Lüftungsanlage Dach I sowie die Heizkörper der Südseite dar. Die Darstellung der Heizungszentrale ist in Abbildung 2-23 zu finden. Diese wird auf den folgenden Bildern nicht mehr mit dargestellt. Die Legende in Abbildung 2-28 gilt für alle drei Abbildungen.

<sup>14</sup> Storm, Markus: *Energieeinsparung an Schulen*. Diplomarbeit FH Braunschweig/ Wolfenbüttel, Fachbereich Versorgungstechnik, Januar 2009

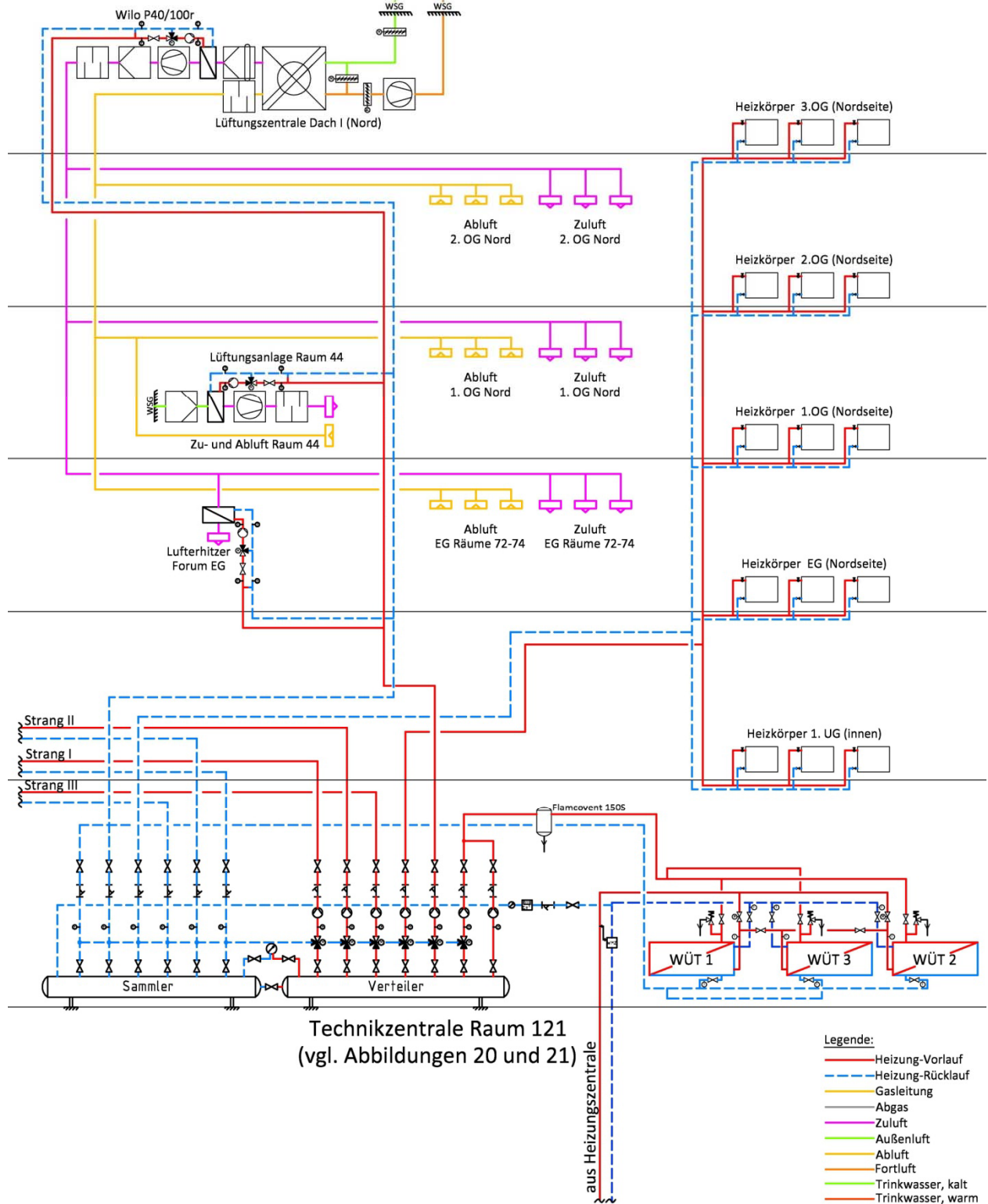


Abbildung 2-28: Schematische Darstellung der Heizungs- und Lüftungsanlage, Haupt- und Realschule, Seesen, Teil 1

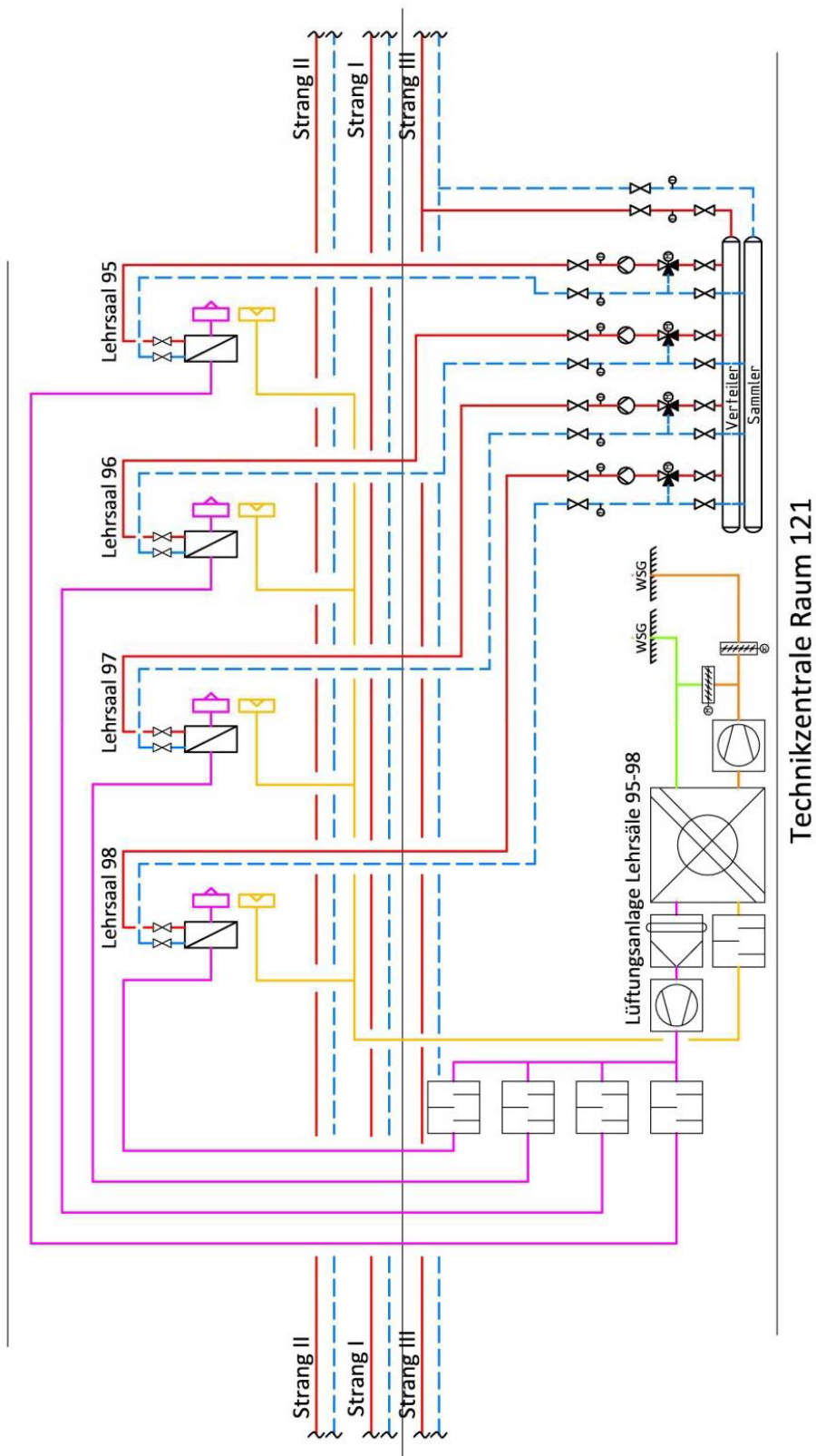


Abbildung 2-29: Schematische Darstellung der Heizungs- und Lüftungsanlage, Haupt- und Realschule, Seesen, Teil 2



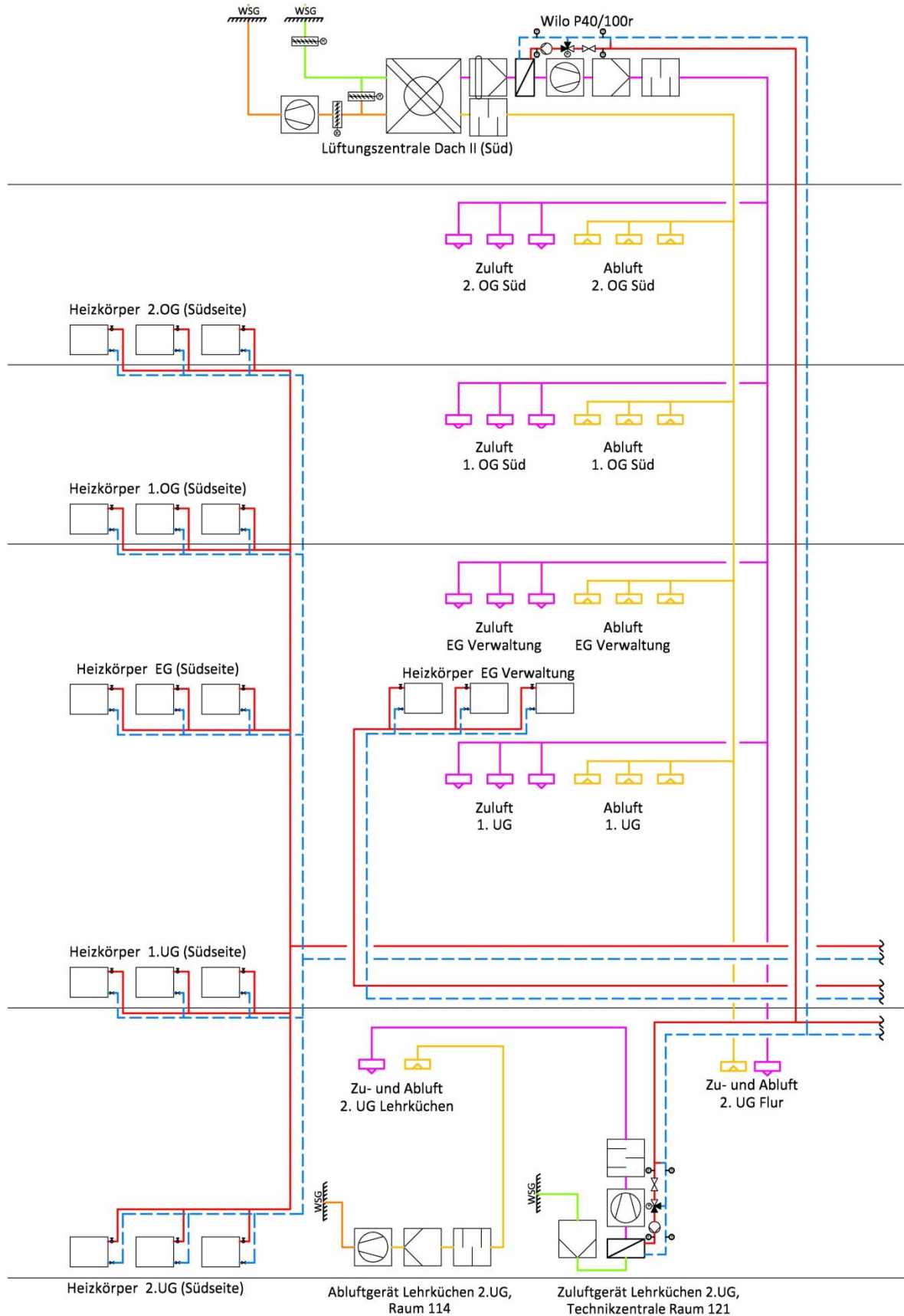


Abbildung 2-30: Schematische Darstellung der Heizungs- und Lüftungsanlagen, Haupt- und Realschule, Seesen, Teil 3

## 2.7.2 Haupt- und Realschule, Liebenburg

### 2.7.2.1 Die Heizungsanlage

Alle Gebäude werden über Nahwärme von einer Heizungszentrale aus versorgt, welche sich östlich von der Sporthalle im Untergeschoss befindet. Die Anlage besteht aus einem Blockheizkraftwerk (BHKW) und einem Brennwertkessel, die beide mit Erdgas L<sup>15</sup> betrieben werden.

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Leistung
BHKW	Buderus	E 0826 DN-60	1998	$\dot{Q}_{\text{therm.}} = 110\text{kW}$ $\dot{Q}_{\text{elektr.}} = 65\text{kW}$
Kessel	Buderus	SB605	1998	$\dot{Q}_{\text{therm.}} = 650\text{kW}$
Brenner	Weishaupt	G5/1-D	1998	$\dot{Q}_{\text{Br.}} = 160 - 830\text{kW}$

Tabelle 2-14: Daten der Wärmeerzeuger, Haupt- und Realschule, Liebenburg

Das BHKW wurde wegen eines technischen Defekts im Januar 2009 abgeschaltet und steht seitdem still. Erste Untersuchungen ergaben, dass die Reparaturarbeiten Kosten<sup>16</sup> in Höhe zwischen 30.000 und 35.000 € verursachen würden. Die Reparaturpläne wurden daraufhin eingestellt, um die Ergebnisse der DBU-Studie abzuwarten und somit zu erfahren, ob eine Instandsetzung des BHKWs sinnvoll wäre. Der erzeugte Strom des BHKWs wurde bis zur Außerbetriebnahme zur Bedarfsdeckung der Schule genutzt. Zu Tageszeiten, an denen die Stromerzeugung größer war als der Strombedarf der Schule wurde der überschüssige Strom gegen eine Vergütung eingespeist. Zu Tageszeiten, an denen der Strombedarf größer war als der erzeugte Strom musste er aus dem Netz entnommen werden. Der ins Netz eingespeiste Strom wurde größtenteils erfasst. Aufgrund der mangelnden Abnahme der thermischen Leistung in den Sommermonaten stand das BHKW meist still. So wies es z.B. in der Zeit vom 05. Juni 2009 bis zum 02. Oktober 2009 lediglich eine Laufzeit von 15 Betriebsstunden auf. Ein Vorschlag der FH Braunschweig/ Wolfenbüttel war es, die Wärme an das angrenzende Freibad zu verkaufen, was jedoch aus politischen Gründen scheiterte.

Die Verteilung für das Schulgebäude sowie für die Sporthalle erfolgt aus der Heizungszentrale. Hier befinden sich auch die beiden einzigen Wärmemengenzähler der Schule. Durch diese werden die Verbräuche des Schulgebäudes, sowie der Sporthalle getrennt voneinander erfasst. Die folgende Abbildung stellt den Verteiler schematisch dar.

<sup>15</sup> Landkreis Goslar, Kulle, J.: *Private Mitteilung*. Goslar, Gespräch 18.Mai 2009

<sup>16</sup> Landkreis Goslar, Kulle, J.: *Private Mitteilung*. Goslar, Gespräch 18.Mai 2009

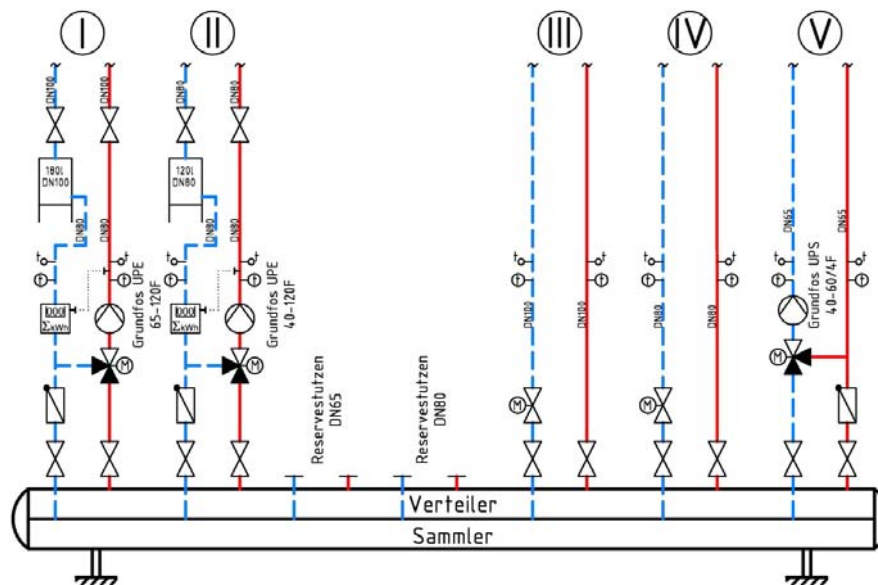


Abbildung 2-31: Schematische Darstellung des Verteilers, Heizungszentrale<sup>17</sup>

- **Strang I:** Heizkreis Schule
- **Strang II:** Heizkreis Sporthalle
- **Strang III:** Einspeisung Brennwertkessel
- **Strang IV:** Pufferspeicher
- **Strang V:** Einspeisung Blockheizkraftwerk

In der Heizungszentrale befindet sich neben dem Heizungsverteiler ein Pufferspeicher mit einem Inhalt von 16.000 Litern, der zur Aufnahme und Speicherung der überschüssigen thermischen Energie bei Schaltung des Kessels auf Bereitschaft dient. Außerdem findet man hier ein Druckhaltegefäß mit einem Inhalt von 20.000 Litern, welches dazu dient den Anlagendruck<sup>18</sup> möglichst konstant bei 2,0 bar zu halten, vor.

Die Anlage sorgt für die Beheizung der Schulgebäude (Haupt- und Realschule + Anbau) und der Sporthalle, ist aber auch für die Warmwasserbereitung der Sporthalle zuständig. Die Warmwasserbereitung der Schulgebäude erfolgt elektrisch über Durchlauferhitzer und Unter-tischgeräte.

Im alten Schulgebäude gibt es nur wenige Räume, die über Heizkörper beheizt werden. Hierbei handelt es sich um den Raum EG01, welcher als Lehrküche dient, den Klassenraum EG18 sowie die Räume OG11 und OG12, welche als Filmraum bzw. als Bücherei genutzt werden. Diese wurden laut Aussage des Hausmeisters nachträglich installiert, da die besagten Räume zuvor keine Heizmöglichkeit besaßen.

Im neu erbauten naturwissenschaftlichen Trakt wird ausschließlich über Heizkörper geheizt. Die Heizungsleitungen zum Neubau beginnen in der Lüftungszentrale. Hier wurde ein Abzweig vor den Heizleitungen, die die Erhitzer des Lüftungsgerätes versorgen, gesetzt. Es wurde eine neue drehzahlgeregelte Hocheffizienzpumpe (Hersteller: Grundfos; Typ: Magna

<sup>17</sup> Jonny Peper GmbH: Strangschema Heizzentrale, Schulzentrum Liebenburg. August 2000

<sup>18</sup> Kirchner, H., Hausmeister der Schule: *Private Mitteilung*. Liebenburg, Gespräch 21. April 2009

32-60) sowie Absperrarmaturen und ein Drei-Wege Mischer zur Senkung der Vorlauftemperatur bei geforderter Minderleistung installiert. Die Heizleitungen führen zu einem Verteiler im Lehrmittelraum des Neubaus. Hier werden sie in acht Heizstränge aufgeteilt, wobei jeder Heizstrang einen Raum des Neubaus versorgt. Der Verteiler wird in der folgenden Abbildung dargestellt.

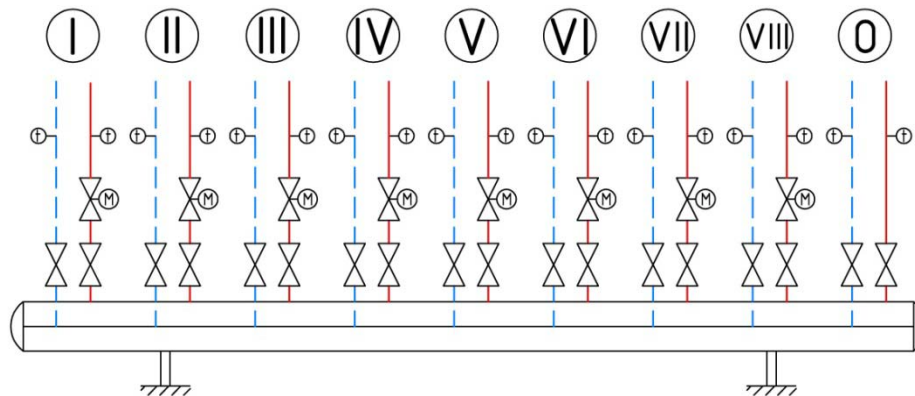


Abbildung 2-32: Verteiler im Lehrmittelraum des Neubaus, Haupt- und Realschule, Liebenburg

- **Strang 0:** Einspeisung
- **Strang I:** Heizkreis Biologie
- **Strang II:** Heizkreis Sammlung 1
- **Strang III:** Heizkreis Physik
- **Strang IV:** Heizkreis Lehrmittel
- **Strang V:** Heizkreis Flur
- **Strang VI:** Heizkreis Physik
- **Strang VII:** Heizkreis Lehrmittel
- **Strang VIII:** Heizkreis Flur

Die Raumtemperatur wird über den Massenstrom des Vorlaufes geregelt. Wie in Abbildung 2-32 zu erkennen ist, besitzt jeder Heizkreis ein motorgesteuertes Ventil. Zusätzlich besitzt jeder Raum ein Raumthermostat wodurch eine Soll-Temperatur eingestellt werden kann. Durch den Vergleich der Soll- und Ist-Temperatur innerhalb des Raumes wird der Massenstrom des jeweiligen Vorlaufes an den Wärmebedarf angepasst. Die Raumtemperaturen im Neubau sind somit einzeln regelbar.

Der Neubau besitzt keine Klima- oder Lüftungsanlage, deshalb steigt, laut Aussage des Hausmeisters, an Tagen mit hoher Außentemperatur die Temperatur in den Räumen stark an, was immer wieder zu Beschwerden von Schüler- und Lehrerseite führt. Dort sind zwar Außenjalousien als Beschattungseinrichtung vorhanden, die aber ein Aufheizen der Räume nicht verhindern können.

### 2.7.2.2 Die Lüftungsanlage

Das Schulgebäude wird fast ausschließlich mit einer Warmluftheizung über die Lüftungszentrale auf dem Dach beheizt. Die Zentrale ist über einen Einstieg im nordwestlichen Bereich des Schulgebäudes erreichbar. Die Anlage verfügt zur Luftaufbereitung über zwei parallel geschaltete Erhitzer und ein Wärmerad. Ein Wärmerad ist eine Möglichkeit der Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen. Es besteht aus zahlreichen parallel zur Achse verlaufenden

Kanälen, die sowohl von Abluft als auch von Außenluft durchströmt werden. Durch Rotation des Rades kann die Wärme der Abluft an die Außenluft übertragen werden<sup>19</sup>.

Die Anlage kann sowohl im Außenluft- als auch im Umluftbetrieb gefahren werden. Der Außenluftanteil wird manuell über ein Potentiometer direkt an der Jalousieklappe eingestellt. Die Klappenstellung wird laut Aussage des Hausmeisters je nach Jahreszeit und Außentemperatur einige male im Jahr verändert. Der Außenluftanteil wird mit steigenden Außentemperaturen erhöht.

Die folgende Tabelle stellt die Daten der Lüftungsanlage des Schulgebäudes dar.

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Volumenstrom
Zuluftgerät	Wolf	KG400	1976	$\dot{V}_{ZU} = 34\,100 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
2x Heizwasserpumpe	Wilo	RP 25/80r	-----	-----
Abluftgerät	Wolf	KG250	1976	$\dot{V}_{AB} = 29\,200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Tabelle 2-15: Daten der Lüftungsanlage Schulgebäude, Haupt- und Realschule, Liebenburg

Die geförderte Luft wird über einen Rollbandfilter, der sich im Zuluftkanal hinter dem Wärmerad befindet, von Feststoffen und Partikeln befreit. Die Vorlauftemperatur der beiden parallel geschalteten Erhitzer kann durch jeweils ein motorgesteuertes Drei-Wege-Ventil bei geforderter Minderleistung gesenkt werden. Die Erhitzer sind zur Luftaufbereitung der Zuluft für die Innenzonen im Erdgeschoss sowie im Obergeschoss zuständig. Die Verteilung der Luft erfolgt über Kanäle in der abgehängten Decke. Genauere Angaben zu den verbauten Pumpen und hydraulischen Schaltungen sind in Abbildung 2-34 auf Seite 26 zu finden.

Die den Klassenräumen zugeführte Luft wird nur über das Wärmerad vorgewärmt und jeweils über einen Nacherhitzer, der sich ebenfalls in der abgehängten Decke des jeweiligen Klassenraums befindet, auf die gewünschte Einblastemperatur gebracht. Jeder Erhitzer ist Teil eines Lüftungsgerätes (Hersteller: Wolf, Typ: KG15 bzw. KG20), welches in der folgenden Abbildung dargestellt wird. Im Schulgebäude befinden sich insgesamt 29 Lüftungsgeräte<sup>20</sup> dieser Bauart.

<sup>19</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Rotationsw%C3%A4rme%C3%BCbertrager>, 26. Mai 2009

<sup>20</sup> Landkreis Goslar: *Grundriss Schule EG Lüftung.pdf*, Bestandsplan August 1976

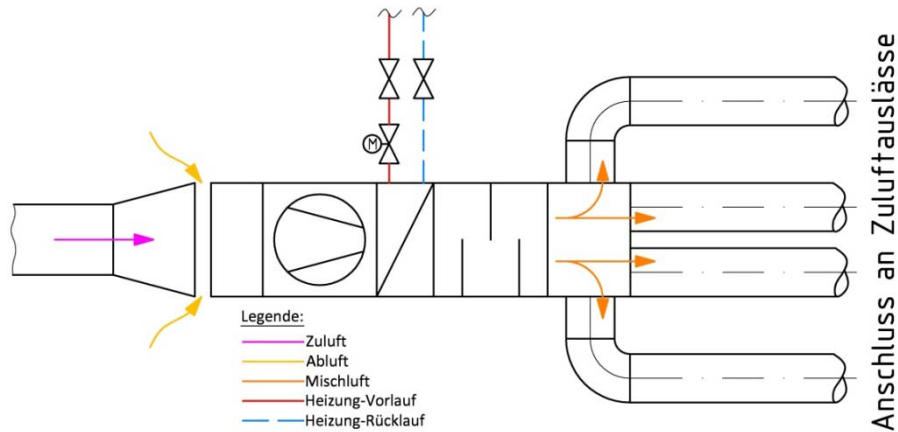


Abbildung 2-33: Lüftungsgerät im Deckenbereich der Klassenräume, Haupt- und Realschule, Liebenburg<sup>21</sup>

Wie in Abbildung 2-33 zu erkennen ist, befindet sich zwischen dem Ende des Zuluftkanals und der Ansaugseite des Ventilators keine Verbindung. Dadurch saugt jeder Ventilator einen gewissen Anteil an Abluft aus dem Deckenhohlraum und führt diesen nach erneuter Erhitzung dem Klassenraum, über Schlitzauslässe im Deckenbereich, als Mischluft zu. Der Abluftanteil jedes Gerätes ist unterschiedlich. Er kann durch Differenzbildung des geförderten Ventilatorvolumenstroms sowie des Zuluftvolumenstroms bestimmt werden.

Die hohe Anzahl an Ventilatoren hat einen hohen Stromverbrauch zur Folge, der größtenteils durch die Stromerzeugung des BHKWs gedeckt wurde. Seit Außerbetriebnahme des BHKWs im Januar 2009 muss der Strom aus dem Netz entnommen werden, was hohe Stromkosten verursachte. Im Vergleich zum Vorjahr beliefen sich die Strommehrkosten<sup>22</sup> im Februar und März 2009 auf ca. 3000 € pro Monat.

Die Absaugung der Luft aus den Klassenräumen erfolgt über den Deckenhohlraum. In jedem Klassenraum endet ein Abluftkanal, der im Deckenhohlraum einen Unterdruck erzeugt und dadurch die verbrauchte Luft dem Klassenraum entzieht. Die Abluft aller Klassenräume wird in die Dachzentrale geführt. Von dort aus wird sie nach Entzug der Wärme durch das Wärmerad, über das Dach ins Freie geleitet.

Die Raumtemperatur der Klassenräume wird über eine Einzelraumregelung von der Hausmeisterloge aus bestimmt. Hier kann über eine Regelsoftware von einem Computer aus jeder Sollwert der Klassenräume individuell eingestellt werden. Die Istwerte der Räume sowie der jeweilige Ventilhub der Stellventile der Erhitzer können eingesehen werden. Des Weiteren sind die Raumtemperaturen der Innenzonen im Erd- sowie im Obergeschoss separat regelbar.

Die Sporthalle wird ebenfalls mit einer Warmluftheizung über insgesamt sechs Lüftungsgeräte geheizt. Drei Geräte versorgen den Bereich „Sporthalle“ und drei den Bereich „Nebenräume“. Die Abluft der Nebenräume erfolgt über drei Abluftgeräte, die sich im Untergeschoss der Sporthalle befinden. Die Abluft der Sporthalle erfolgt über die Lüftungsgeräte für den

<sup>21</sup> Landkreis Goslar: *Grundriss Schule EG Lüftung.pdf*, Bestandsplan August 1976

<sup>22</sup> Landkreis Goslar: *Übersichtsblatt Energieverbrauch im Haushaltsjahr 2008/ 2009, Haupt- und Realschule Liebenburg*, Mai 2009

Bereich „Sporthalle“ (vgl. hierzu Abbildung 2-34). Diese Lüftungsgeräte fungieren als Umluftgeräte mit einem Mindestaußenluftanteil<sup>23</sup> von 10%. Die Außenluft wird mit der Abluft aus der Sporthalle gemischt und im Deckenbereich der Sporthalle wieder eingeblasen. Die Abluftgitter befinden sich in den Geräteräumen der Sporthalle. Mitte 2006 wurden laut Aussage des Landkreises Goslar in den Abluftkanälen CO<sub>2</sub> Sensoren eingebaut. Durch die Messung des CO<sub>2</sub> Anteils in der Abluft wird der Außenluftanteil durch Veränderung der Klappenstellung der Geräte ab einer CO<sub>2</sub> Belastung von 700 ppm erhöht.

Die Lüftungsgeräte für den Bereich der Sporthalle sowie die Abluftgeräte für den Bereich Nebenräume befinden sich in drei Lüftungszentralen im Dachbereich der Sporthalle. Sie sind über einen Einstieg in der Decke im jeweiligen Treppenhaus zu erreichen. Die Umluftgeräte verfügen zur Luftaufbereitung lediglich über einen Erhitzer. Die Abluft verlässt die Nebenräume über Schlitzauslässe im Deckenbereich und wird direkt über das Dach ins Freie geleitet. Die Zuluftgeräte der Nebenräume im Untergeschoss der Sporthalle verfügen zur Luftaufbereitung ebenfalls über einen Erhitzer. Die Zuluft wird den darüber liegenden Nebenräumen über Kanäle in waagrecht und senkrecht verlaufenden Schächten zugeführt und über Schlitzauslässe in die Räume eingeblasen.

Die Solltemperaturen der Räume können ebenfalls über den Computer von der Hausmeisterloge aus eingestellt werden. Die Anlagen sind an den Lichtschalter der Sporthalle gekoppelt. Diese schalten ein, sobald der Lichtschalter im Sporthallenbereich betätigt wird und gehen nach erneuter Betätigung wieder aus. Außerdem werden die Anlagen dem Hausmeister zur Folge auch bei Unterschreitung einer Mindestraumtemperatur von 14 °C angeschaltet, um eine Auskühlung der Sporthalle zu verhindern.

Des Weiteren befinden sich insgesamt drei Warmwasserspeicher mit einem jeweiligen Inhalt von ca. 750 l im Untergeschoss der Sporthalle. Das warme Wasser wird über ein so genanntes Speicherladesystem bereitgestellt. Das heißt, der Speicher besitzt einen externen Wärmeübertrager, der auf der einen Seite mit Heizwasser und auf der anderen Seite mit Trinkwasser durchströmt wird. Durch Wärmeabgabe von dem Heizwasser wird das kalte Trinkwasser erwärmt und in den Warmwasserspeicher geleitet. Dort wird es auf Temperatur gehalten und kann bei Bedarf entnommen werden. Die Volumenströme können sowohl auf der Heizungsseite als auch auf der Trinkwasserseite über ein hydraulisches Regulierventil auf einen konstanten Sollwert eingestellt werden (vgl. hierzu Abbildung 2-34).

Die folgenden Tabellen stellen die Daten der Lüftungsgeräte für den Sporthallenbereich sowie für den Bereich der Nebenräume dar.

---

<sup>23</sup> Landkreis Goslar, Kulle, J.: *Private Mitteilung*. Goslar, Gespräch 18.Mai 2009

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Volumenstrom
2x Lüftungsgerät	Wolf	KG100	1976	$\dot{V}_{ZU} = 9700 \frac{m^3}{h}$
Heizwasserpumpe	Wilo	TOP-S40/4 bzw. P40/100r	-----	-----
Lüftungsgerät	Wolf	KG100	1976	$\dot{V}_{ZU} = 11\,700 \frac{m^3}{h}$
Heizwasserpumpe	Wilo	P40/100r	-----	-----

Tabelle 2-16: Daten der Lüftungsgeräte der Sporthalle für den Bereich "Sporthalle", Haupt- und Realschule, Liebenburg

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Volumenstrom
Zuluftgerät	Wolf	KG400	1976	$\dot{V}_{ZU} = 34100 \frac{m^3}{h}$
2x Heizwasserpumpe	Wilo	RP 25/80r	-----	-----
Abluftgerät	Wolf	KG250	1976	$\dot{V}_{AB} = 29\,200 \frac{m^3}{h}$

Tabelle 2-17: Daten der Lüftungsgeräte der Sporthalle für den Bereich „Nebenräume“, Haupt- und Realschule, Liebenburg

Es besteht ein Wartungsvertrag mit einer örtlichen Firma. Sämtliche Lüftungsgeräte werden einmal im Jahr gewartet.<sup>24</sup>

Die Sporthalle wird ebenfalls mit einer Warmluftheizung über insgesamt sechs Lüftungsgeräte geheizt. Drei Geräte versorgen den Bereich „Sporthalle“ und drei den Bereich „Nebenräume“. Die Abluft der Nebenräume erfolgt über drei Abluftgeräte, die sich im Untergeschoss der Sporthalle befinden. Die Abluft der Sporthalle erfolgt über die Lüftungsgeräte für den Bereich „Sporthalle“. In der Tabelle 2-18 sind diese Kennwerte für die einzelnen Anlagen aufgeführt.

<sup>24</sup> Neukirchen + Schulz GmbH, Dieselstraße 2, 38644 Goslar



Lüftungsanlage	Ventilator	elektrische Leistung	Volumenstrom	Kennwert nach	
				DIN V 18599: 0,55 W h/m <sup>3</sup>	DIN EN 13779: 750 - 2000 W s/m <sup>3</sup>
				-	kW
Schulgebäude	Zuluft	18,50	34 100	0,54	1944
	Abluft	15,00	29 200	0,51	1836
Sporthalle Nebenräume 2x	Zuluft	2,20	3 500	0,63	2268
	Abluft	0,75	3 500	0,21	756
Sporthalle Nebenräume 1x	Zuluft	2,20	4 000	0,55	1980
	Abluft	0,75	4 000	0,19	684
Sporthalle 2x	Zuluft	4,00	9 700	0,41	1476
Sporthalle 1x	Zuluft	4,00	11 000	0,34	1224

Tabelle 2-18: Kennwerte Lüftungsanlagen Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

In der DIN V 18599-6 (Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 6: Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnungsbau) werden Standardwerte für die volumenstrombezogene Leistungsaufnahme von Ventilatoren. Für Zuluft- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung beträgt der Richtwert 0,55 W h/m<sup>3</sup>. Nach der Tabelle 2-18 liegen fast alle in der Schule installierten Ventilatoren unter diesem Richtwert und sind somit besser als die DIN V 18599 zu Grunde legt. Einen weiteren Kennwert empfiehlt die DIN EN 13779 (Lüftung von Nichtwohngebäuden). Hier sollte der Wert zwischen 750 W s/m<sup>3</sup> - 2000 W s/m<sup>3</sup> (SFP 3 – SFP 4) liegen. Wie in der Tabelle 2-18 zu sehen ist, liegen zwei Ventilatoren nicht in diesem Bereich.

Auf den folgenden Seiten folgt abschließend die schematische Darstellung der Anlagentechnik. Das gesamte Anlagenschema wurde aus Gründen der Anschaulichkeit in zwei Abbildungen unterteilt. Abbildung 2-34 stellt die Heizungszentrale mit den vorhandenen Wärmeerzeugern, dem Pufferspeicher und dem Verteiler sowie die Anlagentechnik und Verteilung der Sporthalle dar. In Abbildung 2-35 wird die Anlagentechnik des Schulgebäudes sowie des Neubaus schematisch dargestellt. Die Legende gilt für beide Zeichnungen.

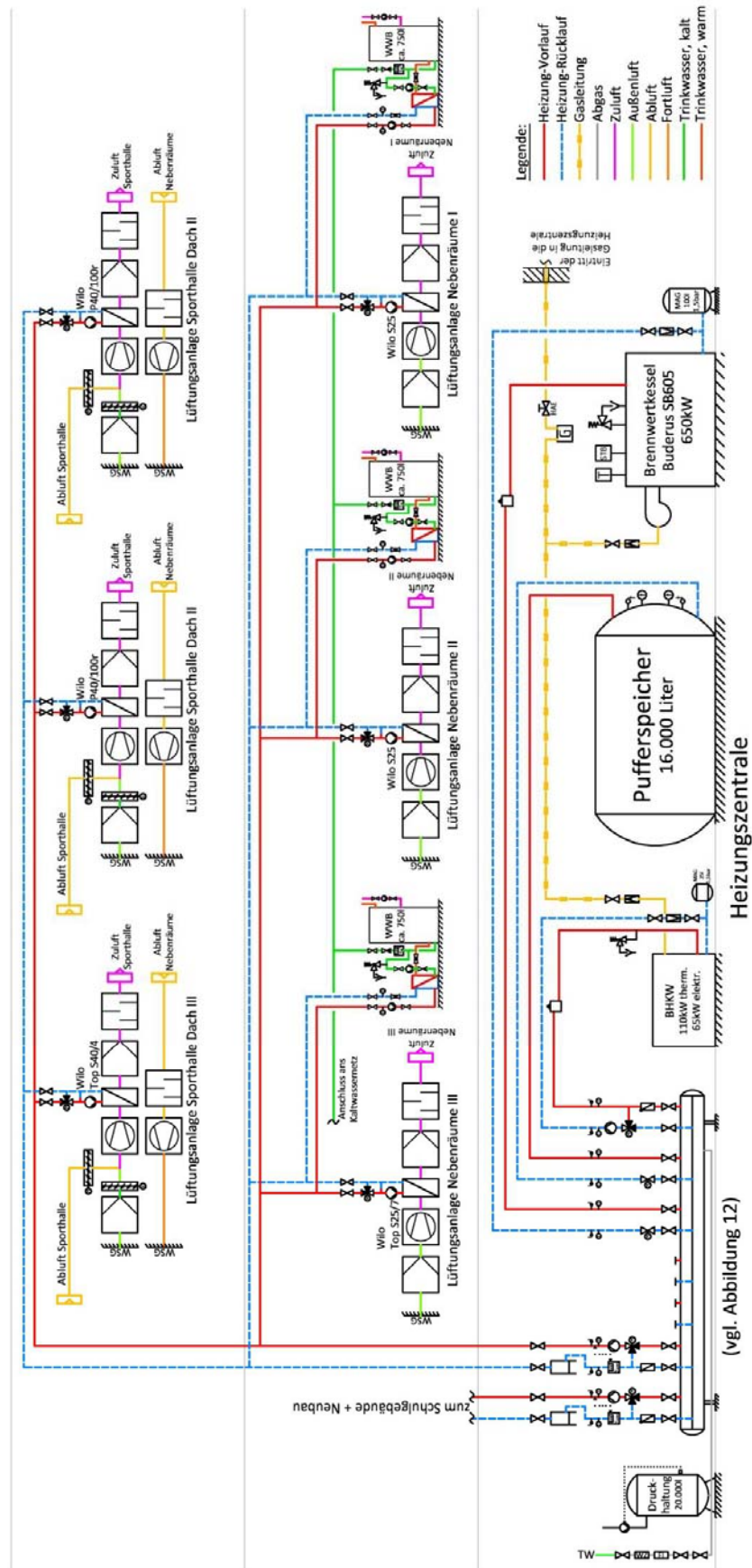


Abbildung 2-34: Schematische Darstellung der Heizungs- und Lüftungsanlage, Haupt- und Realschule, Liebenburg, Teil 1

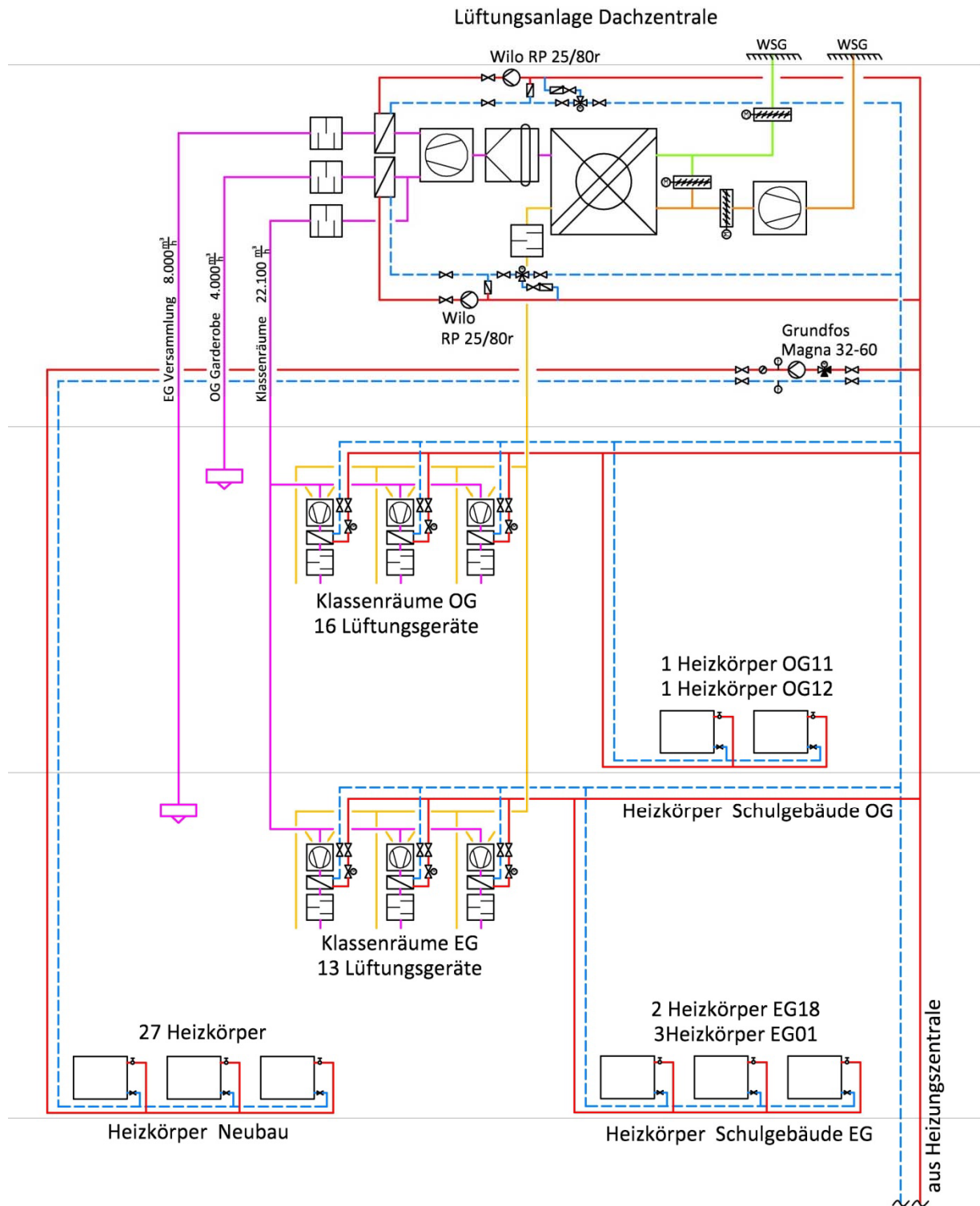


Abbildung 2-35: Schematische Darstellung der Heizungs- und Lüftungsanlage, Haupt- und Realschule, Liebenburg, Teil 2<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Jonny Peper GmbH: *Strangschema Lüftungszentrale, Schulzentrum Liebenburg*, August 2000

## 2.7.3 Werner von Siemens-Gymnasium, Bad Harzburg

### 2.7.3.1 Die Heizungsanlage

Die gesamte Liegenschaft wird über Nahwärme von einer Heizungszentrale aus versorgt, welche sich östlich vom Hauptgebäude befindet. Die Wärmeerzeugung erfolgt über zwei Niedertemperatur-Kessel, die jeweils über einen zweistufigen Brenner mit Erdgas L<sup>26</sup> betrieben werden.

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Leistung
Kessel 1	Buderus	Lollar 505W	1983	$\dot{Q}_{\text{therm.}} = 367\text{kW}$
Brenner	Weishaupt	G3/1-3	1983	$\dot{Q}_{\text{Br.}} = 90 - 680\text{kW}$
Kessel 2	Buderus	Lollar 45.1W	1983	$\dot{Q}_{\text{therm.}} = 570\text{kW}$
Brenner	Weishaupt	G5/1-D	1983	$\dot{Q}_{\text{Br.}} = 175 - 970\text{kW}$
Abgas-WÜT	Buderus	-----	1983	$\dot{Q}_{\text{therm.}} = 31\text{kW}$

Tabelle 2-19: Daten der Kesselanlage, Werner-von-Siemens-Gymnasium, Bad Harzburg

Im Rücklauf der beiden Kessel wurde jeweils ein motorgesteuertes Drei-Wege-Ventil zur Temperaturerhöhung des Kesselrücklaufes eingebaut, um die Kessel vor Korrosion zu schützen und die Aufheizzeit so gering wie möglich zu halten. Kessel 2 verfügt zusätzlich über einen Abgaswärmeübertrager, der kurz vor Eintritt des Rücklaufs in den Kessel installiert wurde (vgl. Abbildung 2-40). Durch die Nutzung der im Abgas enthaltenen Wärmeenergie wird der Kessel entlastet und dadurch Energie eingespart.

Aus energetischen Gründen sind die beiden Kessel über eine so genannte Kesselfolgeschaltung geregelt. Das heißt, sie werden so geschaltet, dass in den Herbst- und Wintermonaten, wenn die anfallenden Lasten (Heizlast und Trinkwassererwärmung) am größten sind, vorerst der Kessel mit der höheren Leistung läuft (hier: Kessel 2) und bei Erreichen seiner Leistungsgrenze der zweite Kessel (hier: Kessel 1) hinzu geschaltet wird. Aus den Verbrauchsdaten<sup>27</sup> des letzten halben Jahres ist zu erkennen, dass die Leistung von Kessel 2 in ca. 98 % der Fälle ausreicht, um die anfallenden Lasten zu decken und deshalb diese Folgeschaltung selten realisiert wird. In den Frühlings- und Sommermonaten, wenn eine kleinere Leistung (d.h. nur zur Trinkwassererwärmung) benötigt wird, befindet sich Kessel 2 außer Betrieb, da auch hier die Leistung eines Kessels zu 100% (Kessel 1) ausreicht, um die anfallenden Lasten zu decken.

<sup>26</sup> Landkreis Goslar, Kulle, J.: *Private Mitteilung*. Goslar Gespräch 18. Mai 2009

<sup>27</sup> *Messdaten W-v-S-Gymnasium Bad Harzburg.xls*; FH Braunschweig/Wolfenbüttel, Institut für energieoptimierte Systeme; März 2009

Der Hauptverteiler der Anlage befindet sich im Obergeschoss der Heizungszentrale. Zudem steht hier noch ein Warmwasserbereiter (Fabrikat: Buderus, Typ: TBS-sen, Inhalt: 1500 Liter), welcher die beiden Sporthallen mit Warmwasser versorgt. In den Räumen des Hauptgebäudes sowie des Fachtraktes erfolgt die Warmwasserbereitung über Untertischgeräte. Des Weiteren befinden sich im Obergeschoss der Heizungszentrale drei Membran-Ausdehnungsgefäße (MAG), die dazu dienen die Volumenänderung des Wasserkreislaufes der Heizungsanlage durch Erhitzen und Abkühlen zu kompensieren, um dadurch die Anlage vor Beschädigung zu schützen. Außerdem ist das MAG mit einer so genannten Wasservorlage gefüllt, welche die Wasserverluste im System ausgleichen soll. MAGs werden aus Gründen der thermischen Belastung immer an den Rücklauf angeschlossen. Das erste MAG, mit einem Inhalt von 800 l und einem Vordruck von 2,5 bar wurde an den Rücklaufsammler (vgl. Abbildung 2-36) im Obergeschoss der Heizungszentrale angeschlossen. Die beiden anderen MAGs, mit einem jeweiligen Inhalt von 600 l und einem Vordruck von 1,5 bar, wurden im Zuge des Anbaus der neuen Sporthalle im Jahr 1989 installiert und wurden direkt an den Kesselrücklauf angeschlossen.

Die Verteilung erfolgt über jeweils vier Verteiler und Sammler. Wie bereits erwähnt befindet sich der Hauptverteiler im Obergeschoss der Heizungszentrale. Von hier aus wird der Hauptvorlauf in fünf Stränge aufgeteilt: Eine Fernleitung, die in eine Unterstation im Keller des Hauptgebäudes führt, eine Leitung zum Warmwasserbereiter sowie drei Stränge zur alten Sporthalle. Genauere Informationen zu den Verteilsträngen sowie den Pumpen und Armaturen sind in Abbildung 2-36 zu finden.

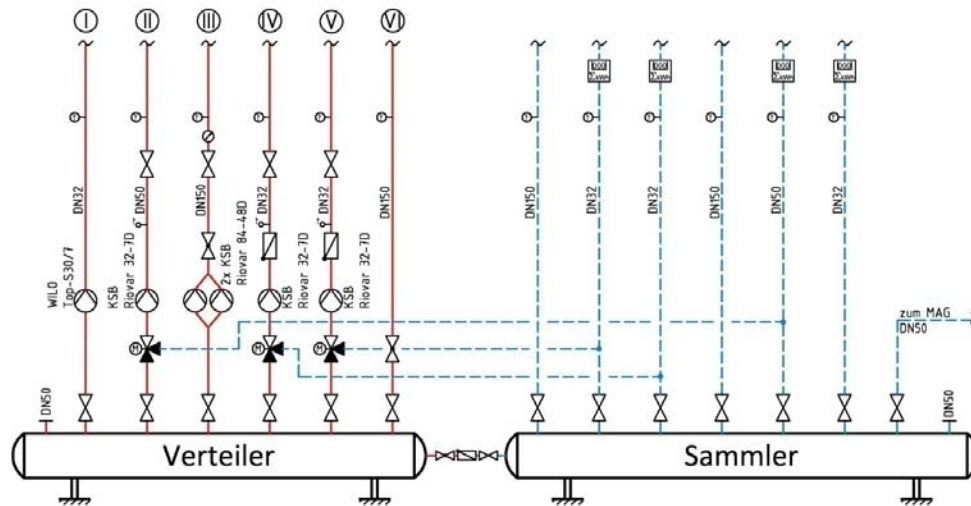


Abbildung 2-36: Schematische Darstellung des Verteilers im Obergeschoss der Heizungszentrale, Werner von Siemens- Gymnasium, Bad Harzburg

- **Strang I:** Warmwasserbereiter Sporthallen
- **Strang II:** Deckenstrahlheizung Alte Sporthalle
- **Strang III:** Fernleitung Unterstation Hauptgebäude/ Fachtrakt
- **Strang IV:** Heizkörper Nebenräume Alte Sporthalle
- **Strang V:** Heizkörper Sanitärtrakt Alte Sporthalle
- **Strang VI:** Hauptvorlauf

Wie durch die Bezeichnungen der Stränge zu erkennen ist, wird die alte Sporthalle über eine Deckstrahlheizung beheizt. In den Nebenräumen und im Sanitärbereich erfolgt die Beheizung mittels Heizkörper. In den Strängen II, IV und V, die zur alten Sporthalle führen, wurde jeweils ein motorgesteuertes Drei-Wege-Ventil installiert, um die Temperatur des Vorlaufs bei geforderter Minderleistung durch Beimischen von kälterem Rücklaufwasser zu senken.

Des Weiteren wurden Ende August 2008 in der gesamten Schule Wärmemengenzähler (WMZ) installiert, um den Verbrauch der einzelnen Bereiche erfassen, dokumentieren und analysieren zu können. Die WMZ der Stränge I, II, IV und V befinden sich ebenfalls im Obergeschoss der Heizungszentrale und wurden jeweils im Rücklauf des Stranges verbaut. Die Zählerstände der Bereiche werden jeweils einmal wöchentlich vom Hausmeister notiert und an die FH Braunschweig/ Wolfenbüttel weitergeleitet.

Über Strang III des Verteilers gelangt das Heizwasser vom Obergeschoss der Heizungszentrale über Leitungen, die laut Revisionszeichnungen im Erdreich parallel zur Außenwand des Hauptgebäudes verlaufen, in die Unterstation im nordwestlichen Bereich des Hauptgebäudes. Hier befinden sich zwei weitere Verteiler. Einer versorgt das Hauptgebäude und der andere den Fachtrakt sowie die Lüftungsanlage der Aula (vgl. Kapitel 2.7.3.2). Auch hier befindet sich ein WMZ im Rücklauf der Fernleitung. Er dient zur Ermittlung des Wärmeverbrauchs des Hauptgebäudes. Das gesamte Hauptgebäude sowie die Aula, werden über eine statische Heizung, d.h. über Heizkörper beheizt. Hier wurden Gliederheizkörper verwendet.

Abbildung 2-37 und Abbildung 2-38 stellen die beiden Verteiler in der Unterstation des Hauptgebäudes mit den dazugehörigen Pumpen und hydraulischen Anschlüssen grafisch dar.

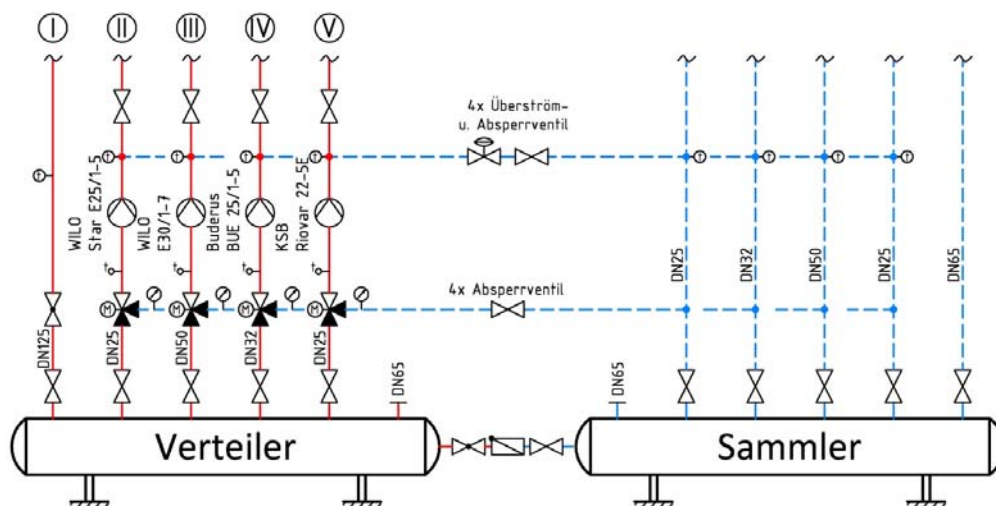


Abbildung 2-37: Schematische Darstellung des Verteilers in Unterstation für das Hauptgebäude, Werner von Siemens-Gymnasium, Bad Harzburg

- **Strang I:** Fernleitung
- **Strang II:** Heizkörper Verwaltung Ost
- **Strang III:** Heizkörper Altbau Süd-West
- **Strang IV:** Heizkörper Altbau Nord
- **Strang V:** Heizkörper Musikbereich

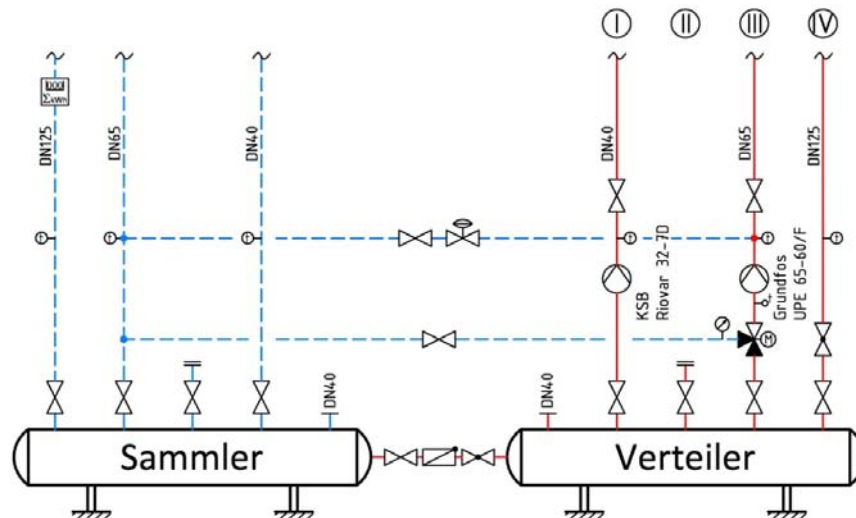


Abbildung 2-38: Schematische Darstellung des Verteilers in Unterstation für den Fachtrakt sowie der Aula, Werner von Siemens-Gymnasium, Bad Harzburg

- **Strang I:** Lüftung Musikbereich (Aula)
- **Strang II:** Lüftung Fachtrakt (stillgelegt, vgl. Kapitel 2.7.3.2)
- **Strang III:** Heizkörper Fachtrakt
- **Strang IV:** Fernleitung

In den Strängen II, III, IV und V des in Abbildung 2-37 dargestellten sowie in Strang III des in Abbildung 2-38 dargestellten Verteilers wurden motorgesteuerte Drei-Wege-Ventile zur Temperaturabsenkung des Vorlaufs, bei geforderter Minderleistung, eingebaut. Außerdem besitzen diese Stränge jeweils ein Überströmventil.

Strang III des zweiten Verteilers versorgt die Heizkörper des Fachtraktes mit Heizwasser. Die Fernleitung, die zum Fachtrakt führt, liegt in einem unterirdischen Schacht, der unterhalb des Durchgangs vom Hauptgebäude zum Fachtrakt verläuft und ca. 3 m nach Eintritt in den Fachtrakt endet. Hier befindet sich ein weiterer Wärmemengenzähler, der zur Erfassung des Wärmeverbrauchs des Fachtraktes dient. Mit Ende des waagrecht verlaufenden Schachtes verlaufen auch die Heizleitungen in der Senkrechten und schließen in jedem Geschoss seitlich an die Heizkörper des Fachtraktes an.

Der letzte Verteiler der Schule befindet sich in einem Technikraum der neuen Sporthalle. Da diese im Jahr 1989 erbaut wurde, mussten die Leitungen zum Verteiler nachträglich installiert werden. Diese beginnen am Hauptstrang im Obergeschoss der Heizungszentrale. Die Vorlauftemperatur dieser Fernleitung kann bei Bedarf über einen Drei-Wege-Ventil gemindert werden. Die Leitungen von der Heizungszentrale zum Verteiler verlaufen innerhalb des Gebäudes durch die alte Sporthalle, treten im Deckenbereich des Technikraums der neuen Sporthalle aus der Wand und schließen an den Verteiler an. Auch in dieser Sporthalle wird die Heizlast über eine Deckenstrahlheizung gedeckt und in den Geräträumen, den Umkleiden sowie im Bereich der Flure wurden hauptsächlich Platten-Heizkörper sowie einige Gliederheizkörper installiert. Der WMZ der neuen Sporthalle befindet sich im Technikraum im Rücklauf der Fernleitung. Hier wird jedoch, im Gegensatz zur alten Sporthalle, lediglich der Verbrauch der gesamten Sporthalle, einschließlich der Geräte- und Nebenräume, ermittelt.

Die Einzelverbräuche, z.B. die der Deckenstrahlheizung oder der Nebenräume, werden nicht aufgezeigt.

Die folgende Abbildung stellt den Verteiler der neuen Sporthalle einschließlich aller hydraulischen Anschlüsse und Pumpen schematisch dar.

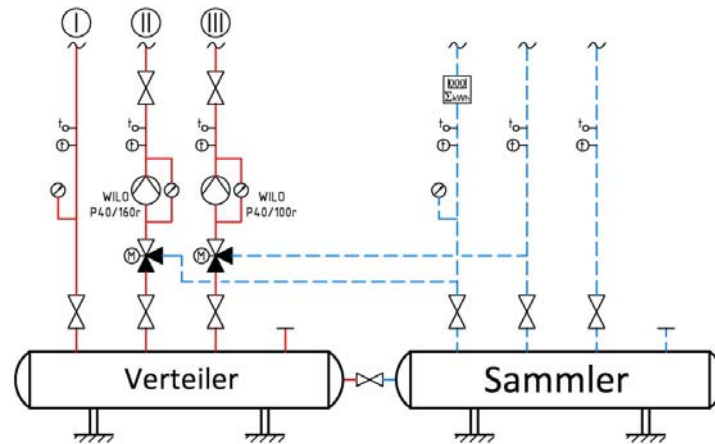


Abbildung 2-39: Verteiler der neuen Sporthalle, Werner von Siemens-Gymnasium, Bad Harzburg

- **Strang I:** Fernleitung
- **Strang II:** Deckenstrahlheizung/ Geräteräume
- **Strang III:** Umkleide, Sanitärbereich, Flure

### 2.7.3.2 Die Lüftungsanlage

Die Aula, die sich im nordöstlichen Teil des Schulgebäudes befindet, wird über eine Lüftungsanlage versorgt, die zum Luftaustausch des Raumes und als Zusatzheizung dient. Die Grundlast wird über Heizkörper gedeckt. Zur Luftbehandlung verfügt diese Anlage über einen Erhitzer. Die Luft wird dem Raum über Schlitzauslässe in der Decke, die gleichmäßig über den Raum verteilt wurden, zu- und abgeführt. Die folgende Tabelle stellt die Daten der Lüftungsanlage in der Aula dar.

	Fabrikat	Typ	Baujahr	Volumenstrom
Zuluftgerät	Wolf	KG63	1982	$\dot{V}_{ZU} = 4800 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
Heizwasserpumpe	KSB	Riomatic A3V	-----	-----
Abluftgerät	Wolf	KG63	1982	$\dot{V}_{AB} = 4800 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Tabelle 2-20: Daten der Lüftungsanlage Aula, Werner von Siemens-Gymnasium, Bad Harzburg

Die Anlage kann sowohl im Außenluft- als auch im Umluftbetrieb gefahren werden. Sie wird aus einem Regieraum im hinteren Bereich der Aula bedient. Von hier aus kann die gewünschte Raumtemperatur sowie der Außenluftanteil der Anlage von Hand über ein Potentiometer eingestellt werden. Die Einstellungen haben Einfluss auf die Vorlauftemperatur des



Erhitzerkreislaufes und somit auf die Leistung des Erhitzers bzw. auf die Stellung der Jalousieklappen und dadurch auf die Menge an Außenluft, die der Umluft beigemischt wird.

Das Lüftungsgerät befindet sich in einer Zentrale auf dem Dach oberhalb der Aula. Die Anlage wurde 1982 erbaut. Laut Aussage des Landkreises Goslar besteht seit 2 Jahren ein Wartungsvertrag mit einer örtlichen Firma<sup>28</sup>. Die Wartung der Lüftungsanlage wird einmal im Jahr durchgeführt.

Eine weitere Anlage befindet sich im Dachgeschoss des Fachtraktes. Es handelt sich hierbei um ein Abluftgerät, welches zur Abführung der Luft aus einigen Räumen im Fachtrakt zuständig war. Diese Räumlichkeiten wurden über so genannte „Truhen“, in denen die Außenluft über ein Heizregister erwärmt wurde, mit Zuluft versorgt. Die gesamte Anlage, einschließlich der „Truhen“, wurde jedoch vor ca. 10-15 Jahren aus energetischen Gründen stillgelegt. Die Abluftkanäle wurden abgeschottet. Die Öffnungen im Mauerwerk, die zur Außenluftzufuhr für die „Truhen“ dienten, wurden jedoch nicht verschlossen und stellen dadurch große Wärmebrücken dar, die das Heizen der Räume auf eine behagliche Temperatur durch hohen Kaltlufteintritt und Wärmeverlust erschweren. Nach Aussage des Hausmeisters kam es vermehrt zu Beschwerden über die niedrigen Raumtemperaturen und Zuglufterscheinungen in den betroffenen Räumen. Die besagten Öffnungen im Mauerwerk wurden Anfang April 2009 mit Dämmmaterial abgedichtet und verschlossen. Die „Truhen“ wurden entfernt. Diese Maßnahme sollte das Problem des Kaltlufteintritts durch die Mauerwerksöffnungen gelöst haben.

Nur die Aula besitzt eine Lüftungsanlage, die aber selten in Betrieb ist. Der Kennwert für den Zuluftventilator ( $W_{\text{elektr.}} = 2,0 \text{ kW}$ ;  $V_{\text{ZU}} = 4 \text{ 800 m}^3/\text{h}$ ) beträgt  $0,42 \text{ W h/m}^3$  und für den Abluftventilator ( $W_{\text{elektr.}} = 1,5 \text{ kW}$ ;  $V_{\text{ZU}} = 4 \text{ 800 m}^3/\text{h}$ )  $0,31 \text{ W h/m}^3$ .

Nach der Dokumentation der Anlagen in schriftlicher Form folgt die schematische Darstellung der Anlagentechnik. Alles was in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben wurde, wird hier noch einmal zeichnerisch wiedergegeben. Die Zeichnungen wurden aus Gründen der Anschaulichkeit in drei Abbildungen unterteilt. Abbildung 2-40 stellt die Heizungszentrale sowie den Abzweig zur neuen Sporthalle dar, Abbildung 2-41 das Obergeschoss der Heizungszentrale sowie die Heizelemente der alten und neuen Sporthalle samt Verteiler und Abbildung 2-42 die Unterstation im Hauptgebäude, die Lüftungsanlage der Aula sowie die Verteilung zum Fachtrakt. Des Weiteren wurden in den Zeichnungen auch Angaben zu den Rohrleitungslängen (Vor- und Rücklauf bereits zusammengefasst) sowie zu der Anzahl der installierten Heizkörper gemacht. Diese wurden zum Teil mit Hilfe von Revisionszeichnungen des Landkreises Goslar ermittelt oder direkt vor Ort gezählt. Die Ermittlung der Rohrleitungslängen war nur dort möglich, wo Revisionszeichnungen vorhanden waren. Die in Abbildung 2-40 dargestellte Legende gilt für alle drei Zeichnungen.

---

<sup>28</sup> Neukirchen + Schulz GmbH, Dieselstraße 2, 38644 Goslar

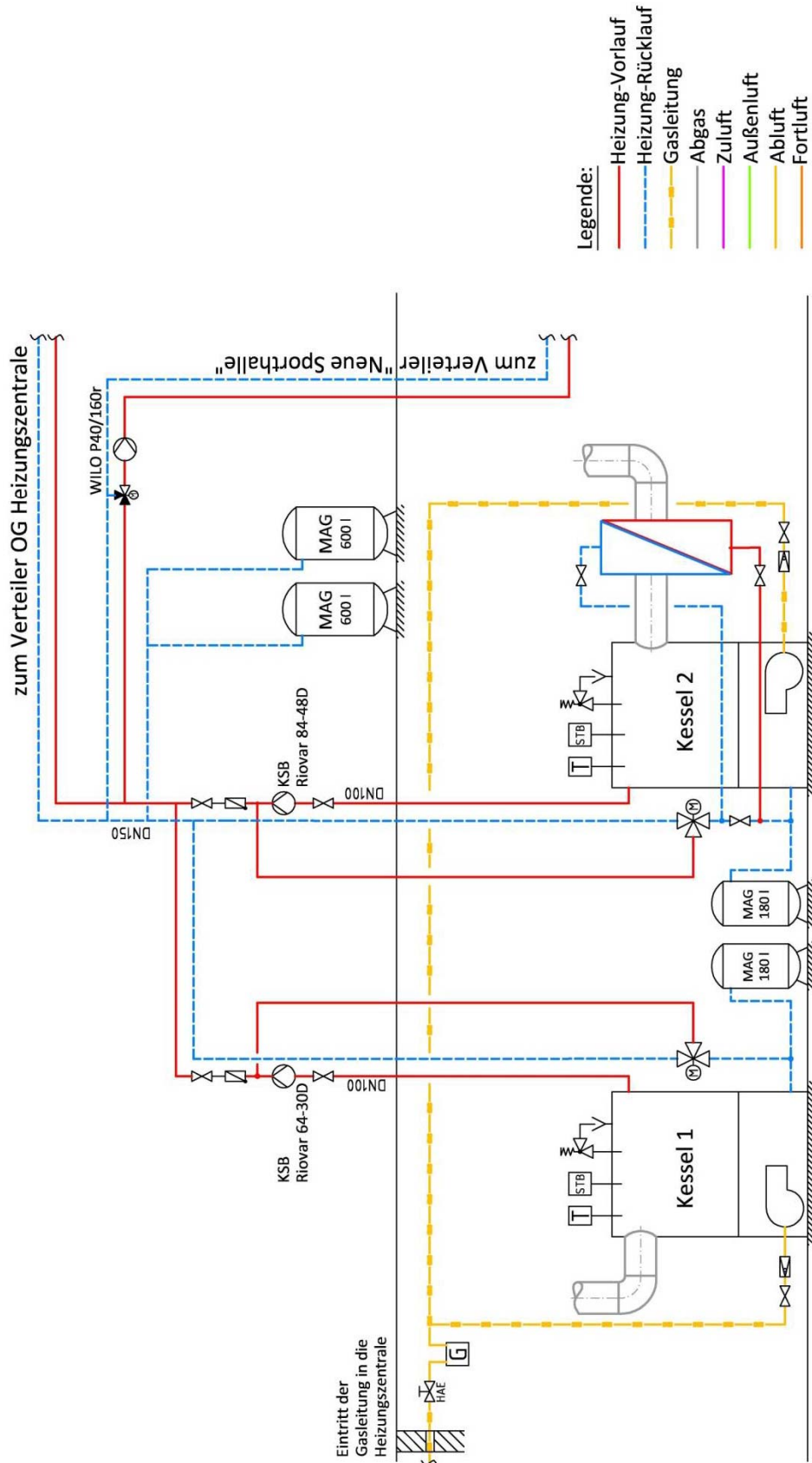


Abbildung 2-40: Schematische Darstellung der Heizungs- und Lüftungsanlage, Werner von Siemens-Gymnasium, Bad Harzburg, Teil 1

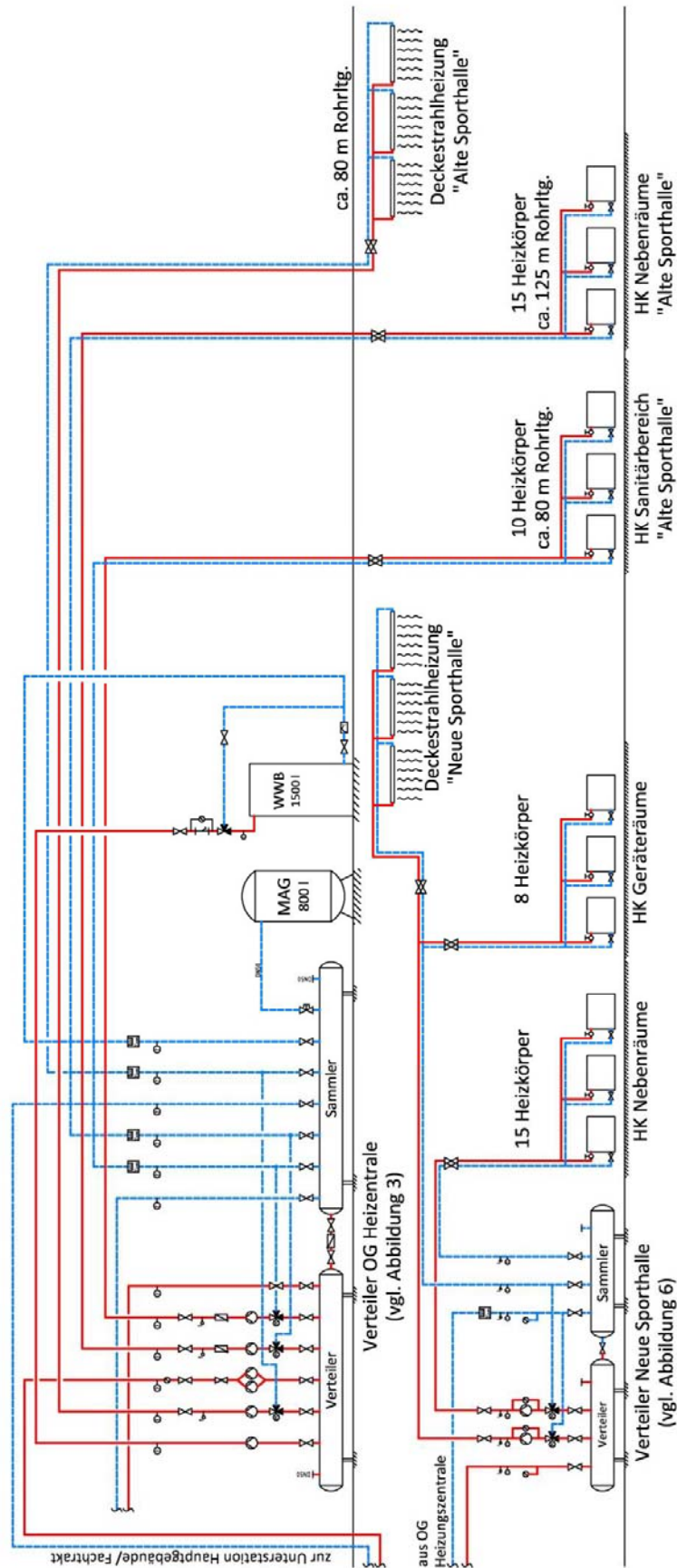


Abbildung 2-41: Schematische Darstellung der Heizungs- und Lüftungsanlage, Werner von Siemens-Gymnasium, Bad Harzburg, Teil 2

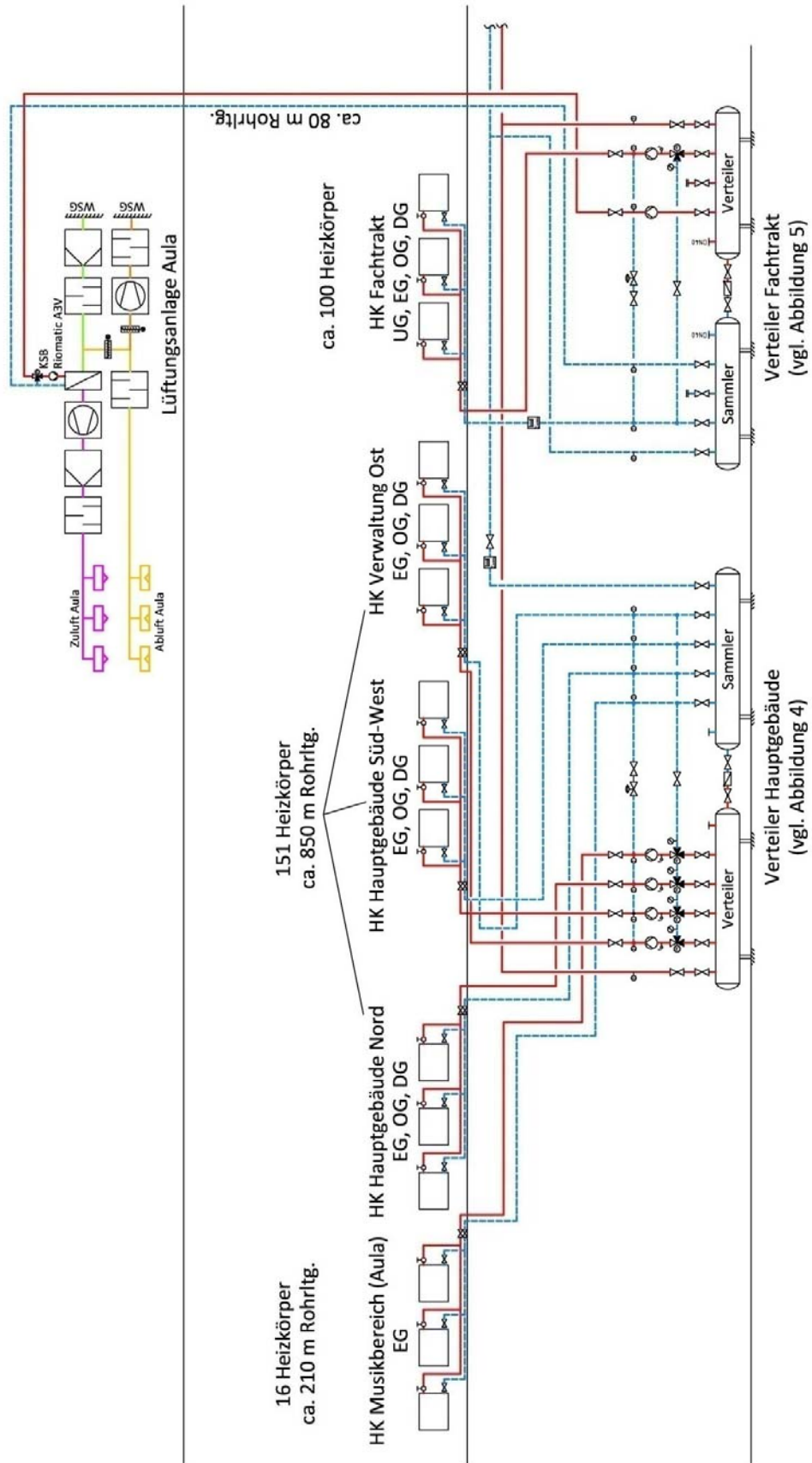


Abbildung 2-42: Schematische Darstellung der Heizungs- und Lüftungsanlage, Werner von Siemens-Gymnasium, Bad Harzburg, Teil 3

---

## 2.7.4 Sanierungsvorschläge zur Anlagentechnik<sup>29</sup>

### 2.7.4.1 Haupt- und Realschule Seesen

#### Lüftung

Es ist bereits eine Zu-/Abluftanlage in dem Gebäude vorhanden, die allerdings in einem sehr schlechten Zustand ist. Grundsätzlich sollte die Technik ertüchtigt bzw. erneuert werden.

Aus raumlufthygienischer Sicht kann das Luftvolumen auf etwa 18 m<sup>3</sup>/h je Schüler ausgelegt werden in Verbindung mit einer kurzen Fensterlüftung in den Pausen. Es ist zu überprüfen, ob Teile der Anlage weiter verwendet werden können.

Die Abluftseite sollte vereinfacht werden. Insbesondere ist zu empfehlen, die Abluft im Bereich der Verkehrsflächen bzw. der Ablufträume abzusaugen. Dazu müssen Überströmelemente zwischen Klassenräumen und Fluren geschaffen werden, die hinsichtlich Schallschutz und Brandschutz wirksam sind. Gegenüber der jetzigen Situation, die keinerlei wirkliche Trennung zwischen den Bereichen darstellt, ist damit eine deutliche Verbesserung gegeben. Im Verkehrsflächenbereich sollte keine gesonderte Zuluft eingebracht werden, um zu einer möglichst wirtschaftlichen Dimensionierung der Anlage zu gelangen. Nur im Bereich des Eingangs sollte eine angepasste Menge frischer Luft zugeführt werden. Die Zentrale mit der Zu-/Abluftanlage muss in jedem Fall erneuert werden.

Die vorhandene Lüftungsanlage im 2.UG für die Vorlesungsräume mit insgesamt etwa 500 m<sup>2</sup> erscheint sehr aufwändig. Es sollte eine Überprüfung durchgeführt werden, wie ggf. diese Anlage und die Zentralgeräte an aktuelle Technik mit hohem Jahresbereitstellungsgrad von 85 bis 90 % bei einer Elektroeffizienz von 0,35 W/m<sup>3</sup> angepasst werden können.

#### Heizung

Die vorhandene Heizungsanlage sollte nach Möglichkeit beibehalten werden und die Hydraulik auf die neue Situation mit dem deutlich niedrigeren Heizwärmebedarf ausgelegt werden. Die Heizlast dürfte im Bereich von etwa 20 W/m<sup>2</sup> liegen. D. h. die Gesamtleistung der Heizanlage im Gebäude liegt bei gut 200 kW.

### 2.7.4.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

#### Lüftung

Eine Zu-/Abluftanlage mit WRG ist zwar mit hohen Kosten verbunden, aber es gibt zahlreiche Vorteile die sich aus dem Anlagenkonzept ergeben. Die Zuluft kann durch die WRG vorgewärmt werden. Bei einer guten Gebäudehülle, die angestrebt wird, kann auf ein zusätzliches Heizsystem verzichtet werden. Dafür ist allerdings eine sehr gute Auslegung der Anlage Voraussetzung. Die Zuluft sollte in den Klassenräumen einströmen. Durch Überströmelemente in den Wänden zwischen den Klassenräumen und den Fluren kann die Luft in den Fluren abgesaugt werden. Hier ist allerdings der Schall- und Brandschutz zu prüfen. Da bereits eine Lüftungsanlage im Gebäude vorhanden ist, könnten ggf. einige Anlagenteile übernommen werden.

---

<sup>29</sup> Teilgutachten Architekt Dr. Schulze Darup (siehe Anhang)

## Heizung

Hinsichtlich der Modernisierung der Heizzentrale soll an dieser Stelle keine Empfehlung gegeben werden, sondern nur ein Hinweis, dass eine kleine Gasbrennwerttherme nach der energetischen Sanierung des Schulgebäudes ausreichend wäre.

## 2.8 Erfassung der Verbrauchsdaten

### 2.8.1 Haupt- und Realschule Seesen

Die Verbrauchsdaten (Wärme, Strom, Wasser) wurden nahezu wöchentlich von Schülern bzw. in den Ferien vom Hausmeister abgelesen. In den nachfolgenden drei Abbildungen sind die wöchentlichen Verbrauchsdaten aufgetragen. Die farblich gekennzeichneten Säulen geben Zeiträume mit Ferien und/oder unterrichtsfreien Tagen an (**Osterferien**, **Pfingsten/Himmelfahrt**, **Sommerferien**, **3. Oktober**, **Herbstferien**, **Weihnachten** und **Zeugnisferien**). Die wöchentlich gemessenen Verbrauchswerte für Raumheizung und Strom werden in mittlere wöchentliche Leistungen (gemessener Energieverbrauch in kW h/Zeitraum geteilt durch Länge des Messzeitraumes in h/Zeitraum) umgerechnet und in den Abbildungen dargestellt. Für den Wasserverbrauch verhält es sich ähnlich, allerdings wird dieser auf einen mittlere tägliche Verbrauch umgerechnet.

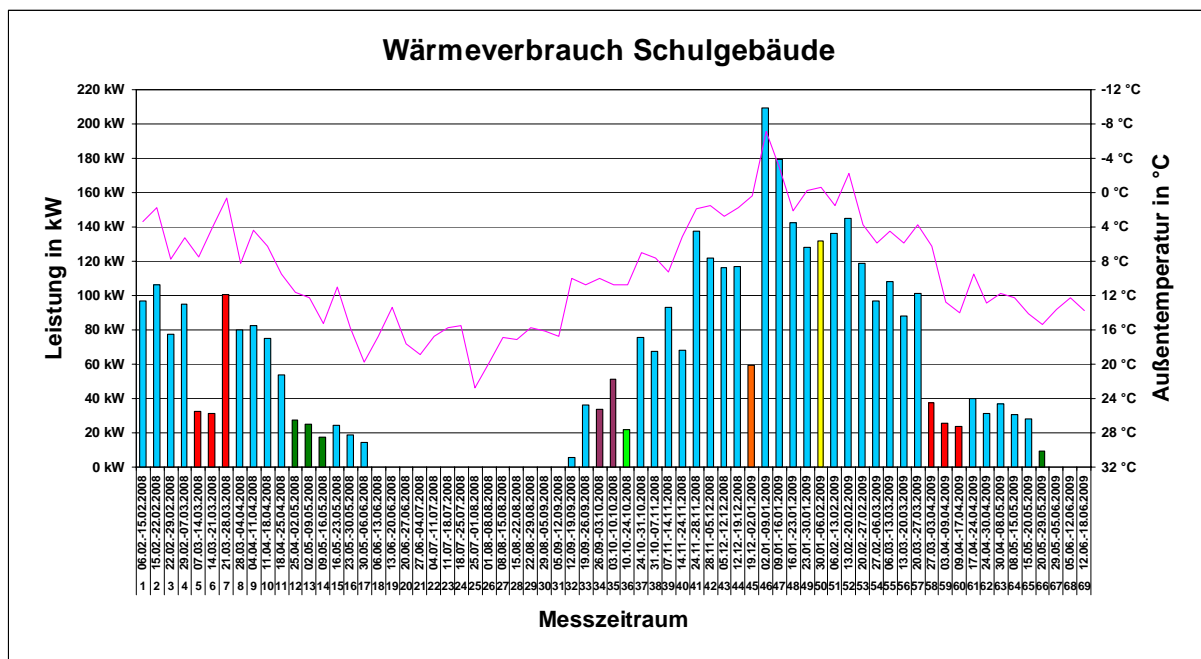


Abbildung 2-43: Wärmeverbrauch (Säulen) und Außentemperatur (Linie) Haupt- und Realschule Seesen vom 06.02.2008 bis 18.06.2009

In der Abbildung 2-43 ist neben dem Wärmeverbrauch auch die Außentemperatur aufgeführt. Das Diagramm zeigt sehr anschaulich, wie der Wärmebedarf der Schule von der Außentemperatur abhängig ist. Des Weiteren ist auch zu sehen, dass in den Sommermonaten keine Wärme benötigt wird und in der unterrichtsfreien Zeit der Wärmebedarf niedriger ist als in der Schulzeit. Der hohe Wärmeverbrauch im Messzeitraum 7 (21.03. – 28.03.2008 – Osterferien) im Vergleich zu den beiden anderen Ferienwochen kann zum einen auf die niedrige Außentemperatur und zum anderen auf das Wiederaufheizen der Schule am 26.03. (letzter Ferientag) zurückgeführt werden. Das gleiche gilt für den Messzeitraum 46 (02.01. – 09.01.2009). Am 06.01. (letzter Ferientag) wurde das Schulgebäude wieder aufgeheizt.

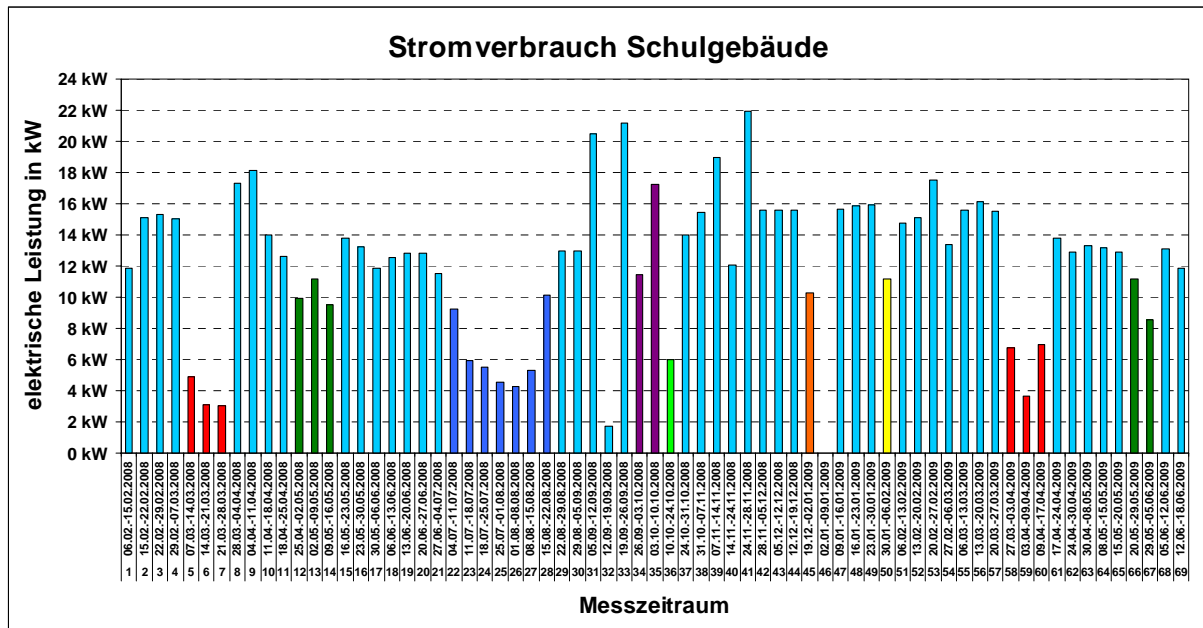


Abbildung 2-44: Stromverbrauch Haupt- und Realschule Seesen vom 06.02.2008 bis 18.06.2009

Beim Stromverbrauch verhält es sich ähnlich. Auch hier ist der Verbrauch in den Ferien niedriger als in der Schulzeit. Der hohe Verbrauch im Messzeitraum 31 und 33 und der niedrige im Messzeitraum 32 ist vermutlich auf einen Ables- oder Übertragungsfehler zurückzuführen. Das gleiche gilt vermutlich auch für die Messzeiträume 45 und 46. Ferner ist zu erkennen, dass der Stromverbrauch in den Messzeiträumen der Schulzeit teilweise stark schwankt. Dies hängt mit der Nutzungszeit des Schulgebäudes zusammen. An einigen Abenden in der Woche finden Lehrerkonferenzen bzw. Elternabende statt. Dann muss die Beleuchtung in den entsprechenden Räumen und Verkehrswegen eingeschaltet bleiben. Dies führt folglich zu höheren wöchentlichen Verbräuchen.

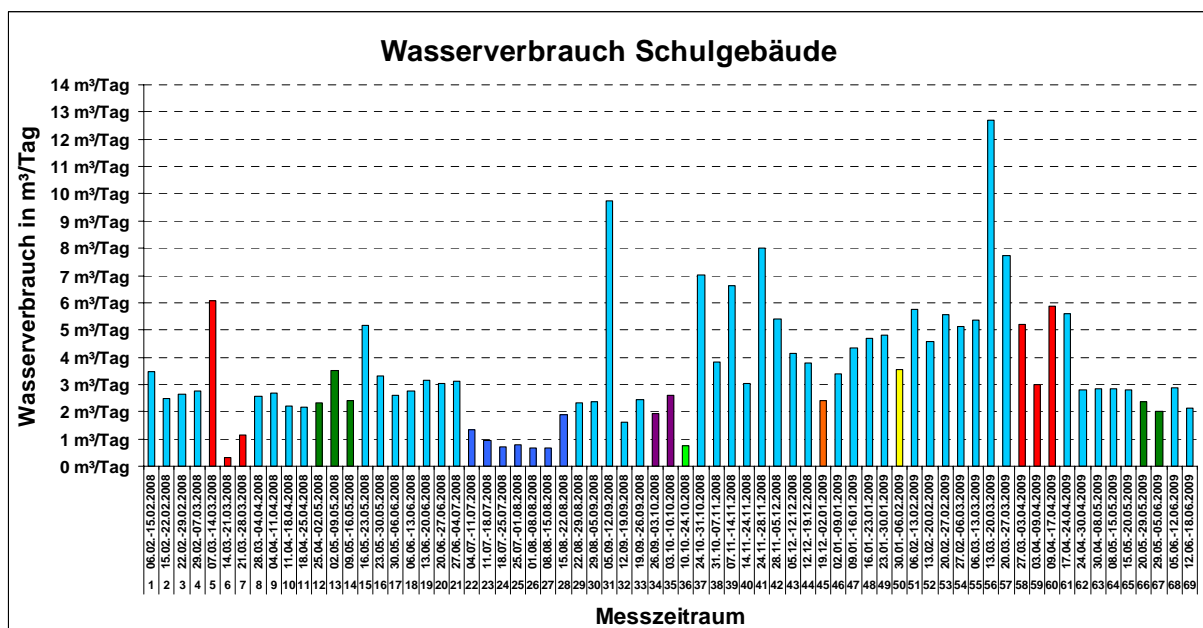


Abbildung 2-45: Wasserverbrauch Haupt- und Realschule Seesen vom 06.02.2008 bis 18.06.2009

Ebenfalls vom Nutzerverhalten ist der Wasserverbrauch abhängig. Wie in Abbildung 2-45 zu sehen ist, schwankt auch hier der Verbrauch. In den Ferien ist der Verbrauch wiederum ge-

ringer als in der Schulzeit. Die hohen Verbräuche in den Ferien (Messzeitraum 5, 58 und 60) können auf Umbaumaßnahmen im Schulgebäude zurückgeführt werden. In den Messzeiträumen 31 und 56 fanden im Schulgebäude öffentliche Veranstaltungen (zu denen auch die Eltern und Freunde etc. der SchülerInnen eingeladen waren) statt, die zu einem erhöhten Wasserverbrauch geführt haben.

### Energieanalyse aus dem Verbrauch (E-A-V)

In der Abbildung 2-46 sind für den Messzeitraum vom 07.03.2008 bis zum 06.03.2009 die mittleren Wärmeleistungen aus der Abbildung 2-43 in Abhängigkeit von der Außentemperatur aufgetragen. Die Streuung der Messpunkte hängt mit der Schulferienzeit zusammen. Hier wird das Gebäude auf einem niedrigeren Temperaturniveau gehalten.

Die Steigung der Geraden in der Abbildung 2-46 entspricht dem bezogenen Wärmeverlust aus Transmission und Lüftung. Diese Größe wird mit „H“ bezeichnet. Je schlechter die Dämmqualität des Gebäudes bzw. je höher der mittlere Luftwechsel, desto steiler ist die Steigung der Regressionsgeraden und desto größer ist auch „H“. Für die Haupt- und Realschule Seesen liegt dieser Wert bei 7,84 kW/K. Zum Vergleich: für das Hauptgebäude + Fachtrakt des kleineren Schulzentrums Schule am Schloss Liebenburg liegt H bei 3,52 kW/K.

Des Weiteren wird mit diesem Wert auch der aussagekräftigere spezifische Wärmeverlust des Gebäudes, auch „Fingerabdruck des Gebäudes“ genannt, bestimmt. Die Wärmeverlustleistung „H“ wird auf die beheizte Grundfläche ( $BGF_E$ ) bezogen. Der „Fingerabdruck des Gebäudes“ für die Haupt- und Realschule beträgt 0,76 W/(K·m<sup>2</sup>). Zum Vergleich: das Hauptgebäude + Fachtrakt der Schule am Schloss hat einen schlechteren Wert von 0,90 W/(K·m<sup>2</sup>).

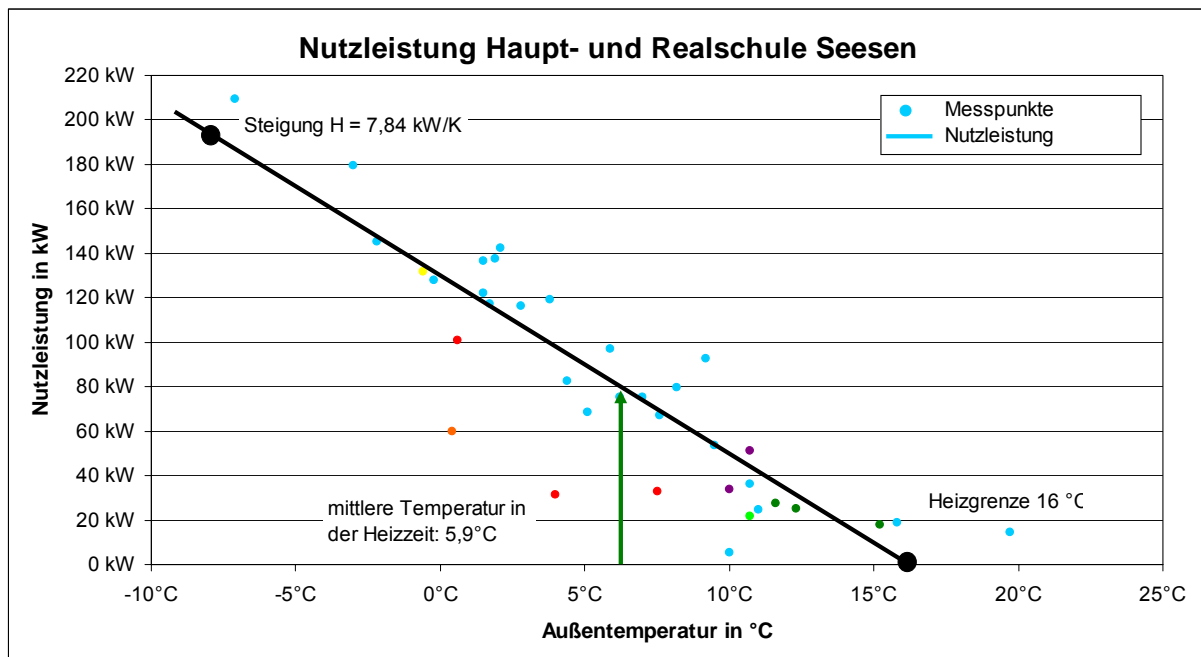


Abbildung 2-46: Energieanalyse aus dem Verbrauch, Haupt- und Realschule Seesen

Ferner kann aus dieser Abbildung eine Heizgrenztemperatur von ca. 16 °C abgelesen werden. Diese gibt die Außentemperatur an, bei der die Fremdwärmegewinne gleich den Wärmeverlusten sind und folglich die Heizlast null ist. An Tagen unterhalb dieser Außentempera-



tur muss geheizt werden. Für das Schulgebäude des Schulzentrums Schule am Schloss Liebenburg liegt diese Temperatur bei ca. 13,5 °C.

### 2.8.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

Die Verbrauchsdaten wurden nahezu wöchentlich von Schülern bzw. in den Ferien vom Hausmeister abgelesen. In den nachfolgenden drei Abbildungen sind die wöchentlichen Verbrauchsdaten (Wärme, Wasser) aufgetragen. Die farblich gekennzeichneten Säulen geben Zeiträume mit Ferien und/oder unterrichtsfreien Tagen an (**Osterferien**, **Pfingsten/Himmelfahrt**, **Sommerferien**, **3. Oktober**, **Herbstferien**, **Weihnachten** und **Zeugnisferien**). Die wöchentlich gemessenen Verbrauchswerte für Raumheizung werden in mittlere wöchentliche Leistungen (gemessener Energieverbrauch in kWh/Zeitraum geteilt durch Länge des Messzeitraumes in h/Zeitraum) umgerechnet und in den Abbildungen dargestellt. Für den Wasserverbrauch verhält es sich ähnlich, allerdings wird dieser auf einen mittlere tägliche Verbrauch umgerechnet. Die Verbrauchsdaten für Strom fehlen, da bisher immer noch unklar ist, wie die Stromzähler verschaltet sind und mit welchem Faktor die Zählerstände multipliziert werden müssen.

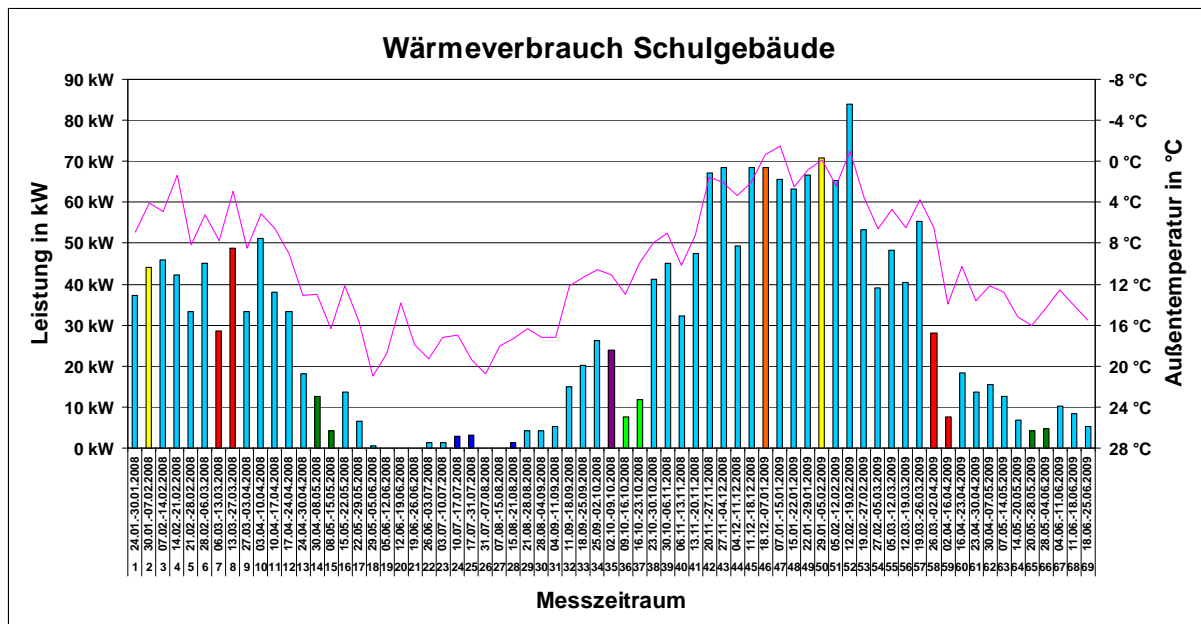


Abbildung 2-47: Wärmeverbrauch (Säulen) und Außentemperatur (Linie) Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (Hauptgebäude und Fachtrakt) vom 24.01.2008 bis 25.06.2009

Wie bei der Haupt- und Realschule Seesen ist auch in der Abbildung 2-47 der Wärmebedarf für die Schule am Schloss Liebenburg in der Schulfreizeit niedriger als in der Schulzeit. Allerdings ist für die Weihnachtsferien (Messzeitraum 46 vom 18.12.08 bis 07.01.09) kein Rückgang des Wärmeverbrauches zu sehen. Dies liegt daran, dass das Wiederaufheizen des Schulgebäudes nach den Ferien mit in diesen Zeitraum gefallen ist. Das gleiche gilt auch für die Osterferien 2008 (Messzeitraum 8 vom 13.03. bis 27.03.2008). Des Weiteren ist zu sehen, dass selbst in den Sommerferien eine Wärmeanforderung für das Schulgebäude bestand, obwohl sich zu dieser Zeit eigentlich niemand im Gebäude aufhielt. In Zukunft sollte geprüft werden, ob, ähnlich wie in Seesen, die Nahwärme vom Heizwerk zum Schulgebäude in den Sommerferien abgeschiebert werden kann.

In der nachfolgenden Abbildung 2-48 ist der Wärmeverbrauch der Sporthalle aufgetragen. Wie beim Schulgebäude ist auch hier nach den Osterferien 2008 (Messzeitraum 8 vom 13.03. bis 27.03.2008) ein Aufheizen des Gebäudes zu erkennen. Der Wärmeverbrauch in den Weihnachtsferien ist nicht zurückgegangen. Dies liegt, wie beim Schulgebäude daran, dass das Wiederaufheizen in den Messzeitraum 46 vom 18.12.08 bis 07.01.09 gefallen ist. Ferner ist in den Sommermonaten (von Mai bis September) eine nahezu konstante wöchentliche Nutzleistung von ca. 8 kW zu erkennen (Vergleiche auch Abbildung 2-52: E-A-V, Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (Sporthalle)). Diese Wärme wird fast ausschließlich für die Warmwasserbereitung der Duschen benötigt (siehe hier auch Abbildung 2-50: Wasserverbrauch Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (Sporthalle) vom 24.01.2008 bis 25.06.2009).

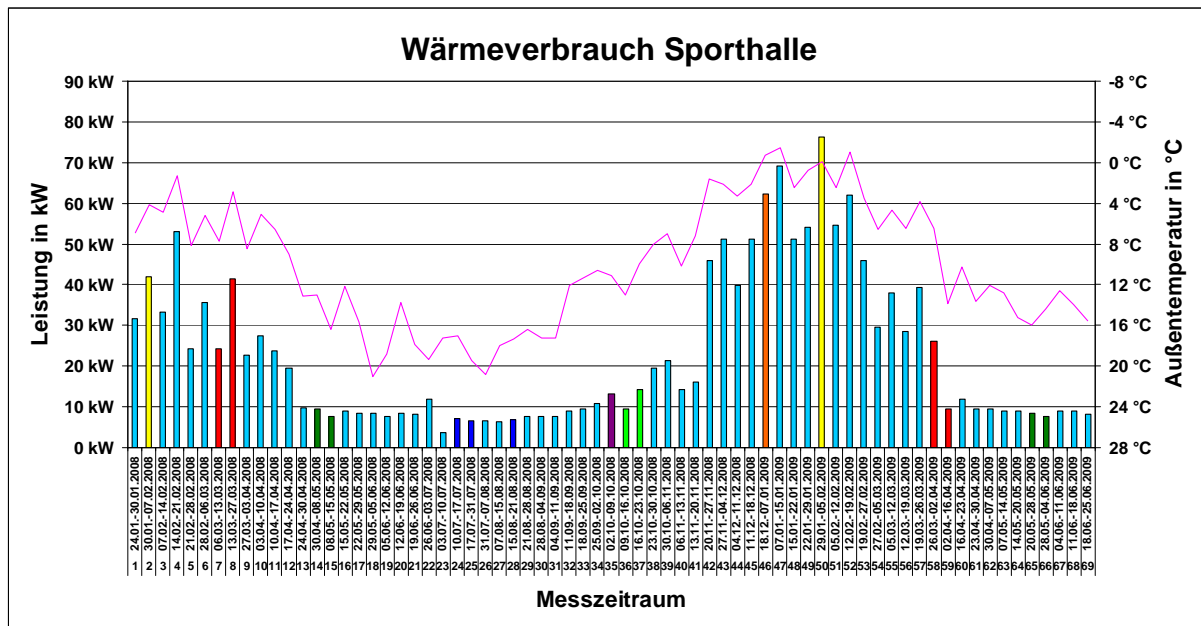


Abbildung 2-48: Wärmeverbrauch Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (Sporthalle) vom 24.01.2008 bis 25.06.2009

Bei einer zukünftigen Sanierung der Schule und der Sporthalle und einem möglicherweise daraus resultierenden Wegfall des BHKWs, sollte hier über die Installation einer thermischen Solaranlage auf dem Dach der Sporthalle nachgedacht werden. Diese kann in den Sommermonaten die Warmwasserbereitung übernehmen. Es gibt mindesten zwei positive Aspekte, die für den Einbau einer Solaranlage sprechen.

1. Die Sporthalle wird durch den Vereinsport auch am Nachmittag und am Abend sowie in den Sommerferien genutzt. Aus der Nutzerbefragung ging hervor, dass die Schüler am Vormittag die Duschen kaum bzw. gar nicht nutzen, wo hingegen die Vereinsportler sie häufig nutzen. Somit kann über Mittag der Solarspeicher aufgeladen werden.
2. Bei der Dachkonstruktion der Sporthalle handelt es sich um ein so genanntes Sheddach. Die Dachseite ist Richtung Südsüdost ausgerichtet. Somit ist dieses Dach eigentlich hervorragend für Sonnenkollektoren geeignet. Es bleibt allerdings noch die Statik zu prüfen, und ob es zur Verschattung der Kollektoren kommen kann.

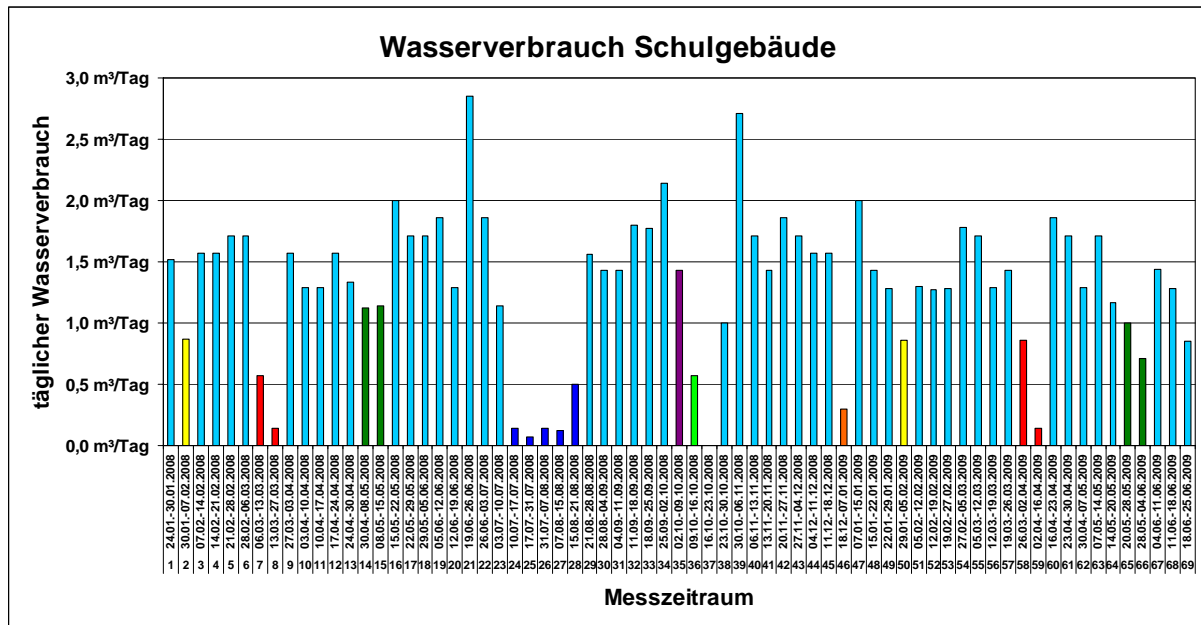


Abbildung 2-49: Wasserverbrauch Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (Schulgebäude) vom 24.01.2008 bis 25.06.2009

Am Wasserverbrauch des Schulgebäudes (siehe Abbildung 2-49) lässt sich wiederum sehr gut ablesen, in welchen Messzeiträumen sich Ferien befanden und in welchen nicht. Die hohen Verbräuche in den Messzeiträumen 21 (19.06. bis 26.06.2008) und 39 (30.10. bis 06.11.2008) lassen sich wie in Seesen auf öffentliche Veranstaltungen im Schulgebäude zurückführen.

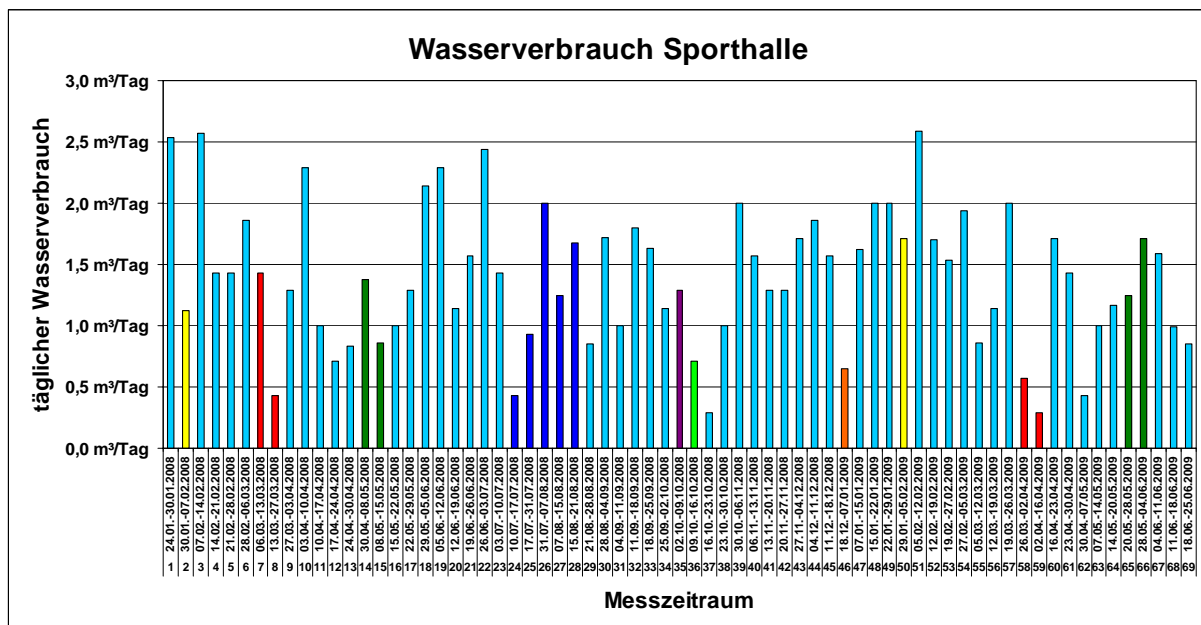


Abbildung 2-50: Wasserverbrauch Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (Sporthalle) vom 24.01.2008 bis 25.06.2009

Am Wasserverbrauch der Sporthalle (siehe Abbildung 2-50) lässt sich ablesen, dass die Halle auch in den Ferien durch den Vereinssport genutzt wird. Die Verbrauchsspitzen mit Werten von über 2,0 m³ am Tag, resultieren vermutlich von Wettkämpfen mit einem größeren Zuschauerinteresse.

**Energieanalyse aus dem Verbrauch (E-A-V)**

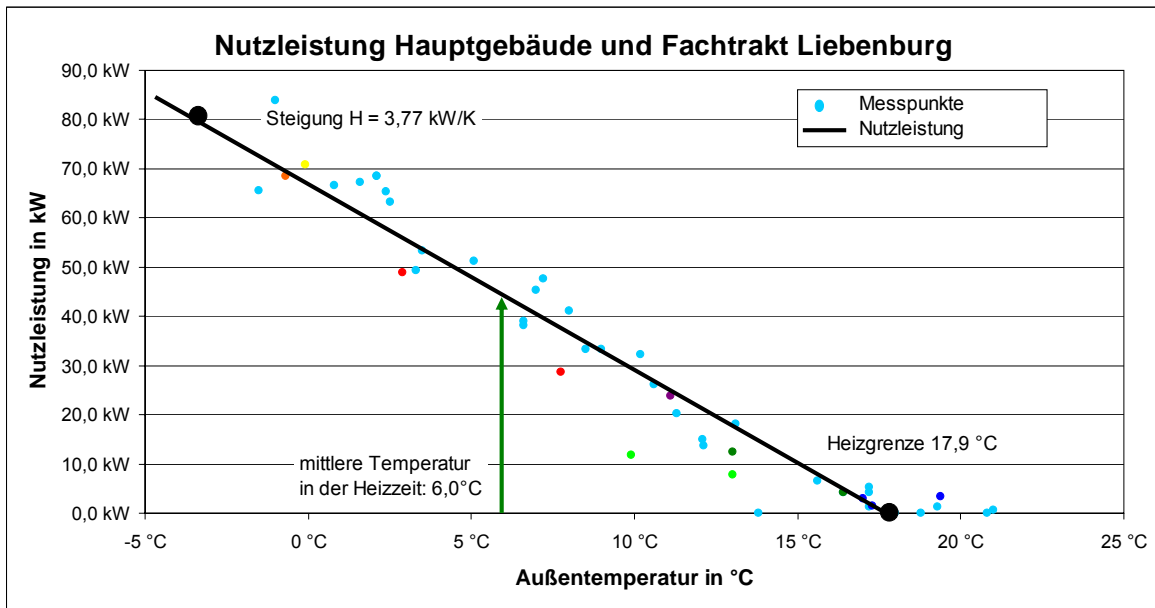


Abbildung 2-51: E-A-V, Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (Hauptgebäude + Fachtrakt)

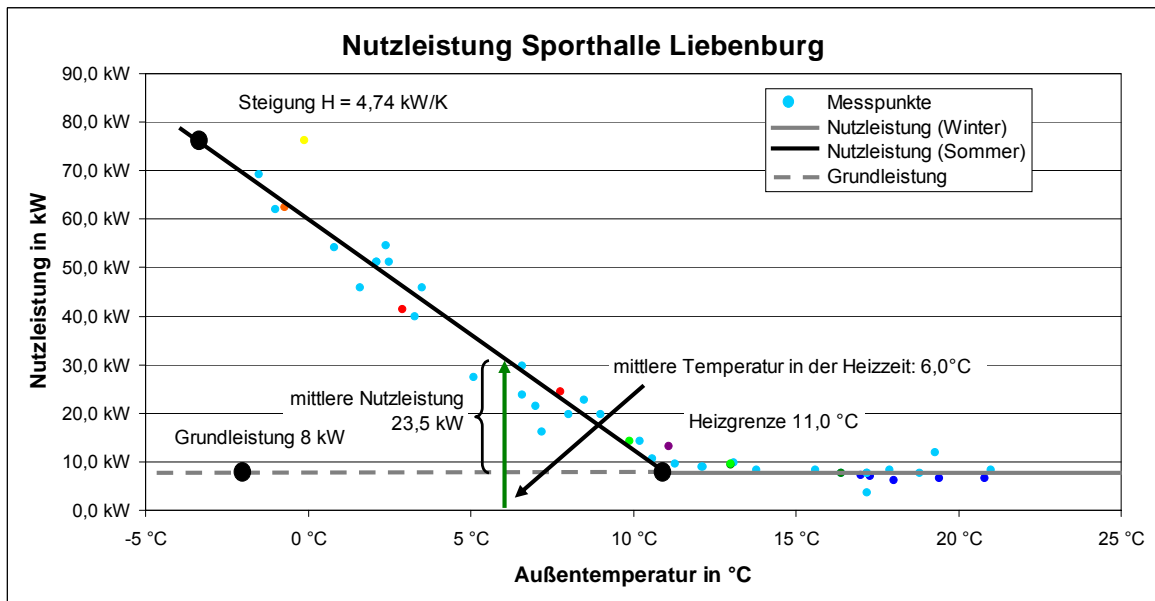


Abbildung 2-52: E-A-V, Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (Sporthalle)

In den Abbildung 2-51 und 2-52 sind die Nutzleistungen des Hauptgebäudes + Fachtrakt und der Sporthalle über der Außentemperatur aufgetragen. Die Steigung der Geraden (schwarze Linie) entspricht dem bezogenen Wärmeverlust aus Transmission und Lüftung. Für das Hauptgebäude + Fachtrakt des Schulzentrums liegt dieser Wert bei 3,77 kW/K, zum Vergleich bei der Sporthalle 4,74 kW/K. Die mittlere Nutzleistung beträgt bei der Sporthalle 23,5 kW bei einer mittleren Außentemperatur in der Heizzeit von 6,0 °C. Die Heizgrenztemperatur liegt bei 11,0 °C. Das Hauptgebäude hat eine mittlere Nutzleistung von ca. 44 kW und eine sehr hohe Heizgrenztemperatur von ca. 17,9 °C. Dies kann auf den Einsatz der weitgehend unregulierten Warmluftheizung zurückzuführen sein. Die graue Linie stellt die Nutzleistung für die Warmwasserbereitung in der Sporthalle dar. Dieser Wert ist über ein Jahr gesehen nahezu konstant und liegt bei ca. 8 kW.

Des Weiteren kann mit dem bezogenen Wärmeverlust aus Transmission und Lüftung auch der spezifische Wärmeverlust des Gebäudes, auch „Fingerabdruck des Gebäudes“ genannt, bestimmt werden. Die Wärmeverlustleistung „H“ wird auf die beheizte Grundfläche ( $BGF_E$ ) bezogen. Der „Fingerabdruck des Gebäudes“ für das Hauptgebäude inkl. Fachtracht beträgt  $0,90 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$  und für die Sporthalle  $2,14 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ .

### 2.8.3 Werner-von-Siemens Gymnasium Bad Harzburg

Die Verbrauchsdaten werden nahezu wöchentlich von Schülern bzw. in den Ferien vom Hausmeister abgelesen. In den nachfolgenden drei Abbildungen sind die wöchentlichen Verbrauchsdaten (Wärme, Strom, Wasser) aufgetragen. Die farblich gekennzeichneten Säulen geben Zeiträume mit Ferien und/oder unterrichtsfreien Tagen an (**Osterferien**, **Pfingsten/Himmelfahrt**, **Sommerferien**, **3. Oktober**, **Herbstferien**, **Weihnachten** und **Zeugnisferien**). Die wöchentlich gemessenen Verbrauchswerte für Raumheizung und Strom werden in mittlere wöchentliche Leistungen (gemessener Energieverbrauch in kWh/Zeitraum geteilt durch Länge des Messzeitraumes in h/Zeitraum) umgerechnet und in den Abbildungen dargestellt. Für den Wasserverbrauch verhält es sich ähnlich, allerdings wird dieser auf einen mittlere tägliche Verbrauch umgerechnet.

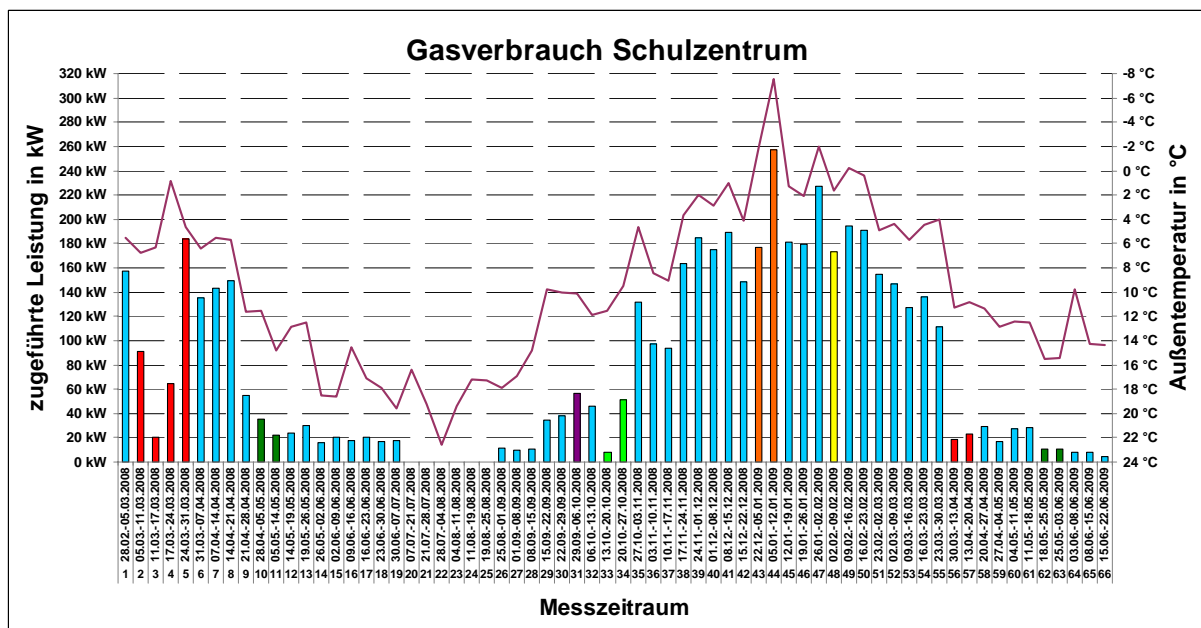


Abbildung 2-53: Gasverbrauch Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg vom 28.02.2008 bis 22.06.2009

In der Abbildung 2-53 ist neben dem Gasverbrauch auch die Außentemperatur aufgeführt. Das Diagramm zeigt sehr anschaulich, wie der Gasbedarf der Schule von der Außentemperatur abhängig ist. Des Weiteren ist auch zu sehen, dass in den Sommerferien (Messzeitraum 20 bis 25) keine Wärme benötigt wird und in der unterrichtsfreien Zeit der Gasverbrauch niedriger ist als in der Schulzeit. Der hohe Wärmeverbrauch im Messzeitraum 5 (24.03. – 31.03.2008 – Osterferien) und Messzeitraum 44 (05.01. – 12.01.2009 - Weihnachtsferien) im Vergleich zu den anderen Messzeiträumen in den Ferien kann zum einen auf die niedrige Außentemperatur und zum anderen auf das Wiederaufheizen der Schule am letzter Ferientag zurückgeführt werden. Der Gasverbrauch von Mai bis September 2008 kann nahezu vollständig der Warmwasserbereitung für die Sporthallen zugeschrieben wer-

den. Der Einbau einer thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung könnte zwar auch hier den Gasverbrauch senken, wäre aber vermutlich unwirtschaftlich. In den Sommerferien werden beide Sporthallen nicht genutzt. Das heißt, zu dieser Zeit wird auch keine Wärme benötigt. Lange Stillstandszeit einer Solaranlage wirken sich negativ auf die „Lebensdauer“ der einzelnen Komponenten, besonders den Kollektoren, aus: Problem der Stagnation.

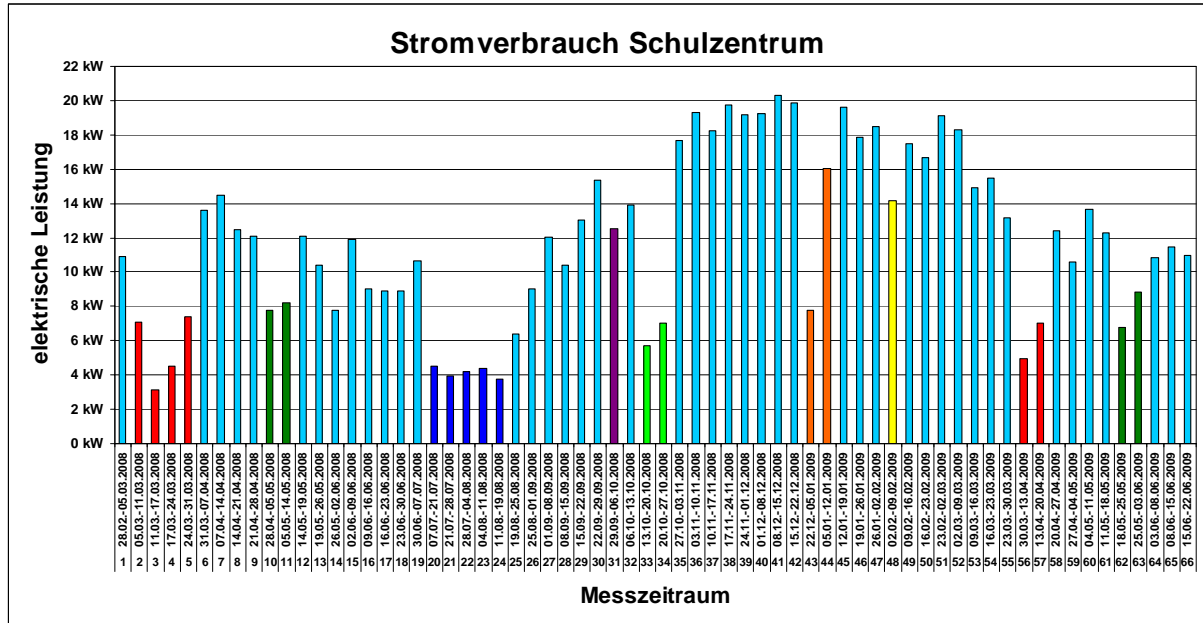


Abbildung 2-54: Stromverbrauch Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg vom 28.02.2008 bis 22.06.2009

In der Abbildung 2-54 ist der Stromverbrauch des Gymnasiums und der beiden Sporthallen dargestellt. Es ist auch hier deutlich zu sehen, dass in den Ferien die mittlere Leistung deutlich auf ca. 4 bis 6 kW zurückgeht. Ferner ist der Stromverbrauch in den Wintermonaten höher als in den Sommermonaten. Dies hängt mit der höheren Betriebszeit der Beleuchtung in den Klassenräumen zusammen.

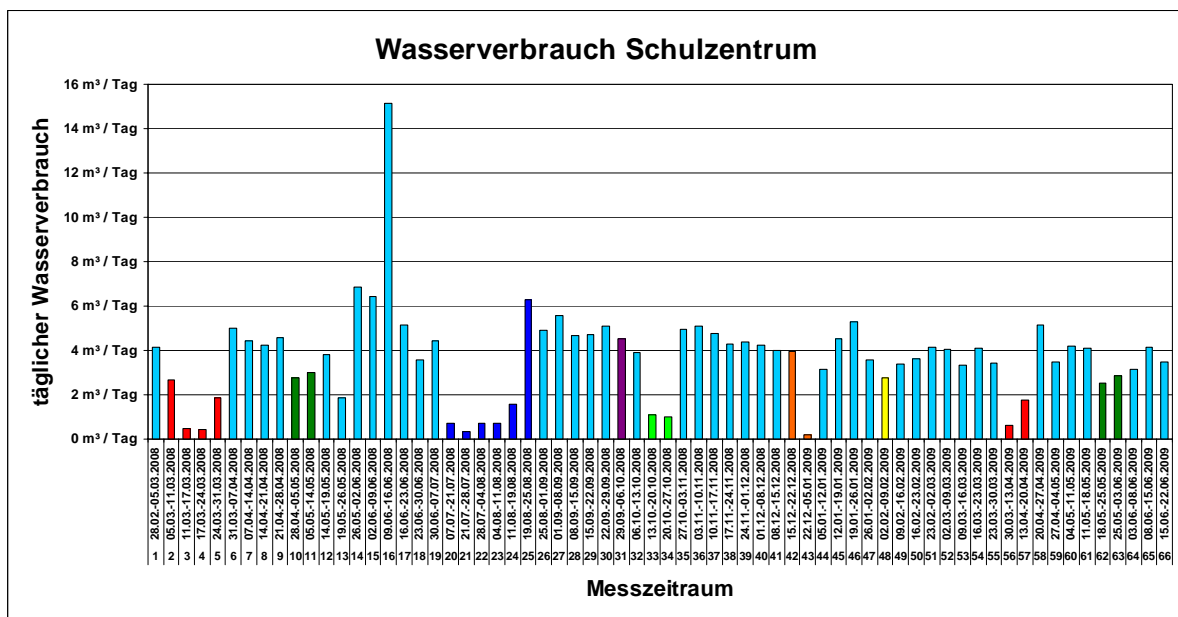


Abbildung 2-55: Wasserverbrauch Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg vom 28.02.2008 bis 22.06.2009

Der Wasserverbrauch des Gymnasiums und der beiden Sporthallen ist in der Abbildung 2-55 dargestellt. Während der Schulzeit schwankt der tägliche Verbrauch gering und liegt bei ca. 4 m<sup>3</sup>/Tag. Ausnahme ist der Messzeitraum 16 (09.06. bis 16.06.2008). In dieser Woche lag der Verbrauch bei ca. 15 m<sup>3</sup>/Tag. Diese kann auf eine öffentliche Veranstaltung im Schulgebäude zurückgeführt werden. Der hohe Wasserverbrauch im letzten Messzeitraum der Sommerferien 2008 (Messzeitraum 25 vom 19.08. bis 25.08.2008) hängt vermutlich mit der Grundreinigung der Schule und der Durchspülung des Wassernetzes zur Legionellenbekämpfung zusammen.

### Energieanalyse aus dem Verbrauch (E-A-V)

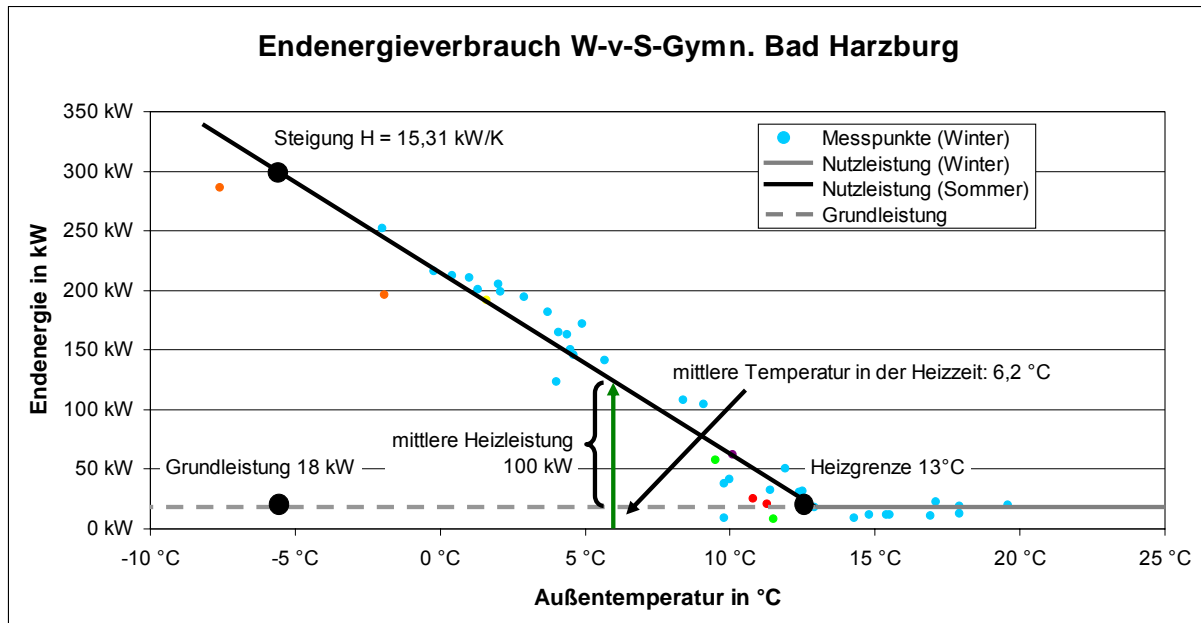


Abbildung 2-56: E-A-V, Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg

In der Abbildung 2-56 ist die Endenergieleistung (Brennwert bezogen) der Schule und den beiden Sporthallen über der Außentemperatur aufgetragen. Die Steigung der Geraden (schwarze Linie) in der Abbildung entspricht dem Endenergieverbrauch aus Transmission und Lüftung. Für den gesamten Schulkomplex inkl. der Sporthallen liegt dieser Wert bei 15,31 kW/K. Zum Vergleich der bezogenen Wärmeverlust aus Transmission und Lüftung (Nutzleistung) für Hauptgebäude  $H = 3,37$  kW/K, Fachtrakt  $H = 2,93$  kW/K, alte Sporthalle  $H = 1,42$  kW/K und neue Sporthalle  $H = 3,61$  kW/K. Die mittlere Heizleistung beträgt ca. 100 kW bei einer mittleren Außentemperatur in der Heizzeit von 6,2 °C. Die Heizgrenztemperatur liegt bei 13,0 °C. Zum Vergleich, das Hauptgebäude hat eine mittlere Nutzleistung von ca. 28 kW, der Fachtrakt 24 kW, die alte Sporthalle 10 kW und die neue Sporthalle von 29 kW. Die restlichen ca. 9 kW sind Erzeuger- und Verteilverluste. Die graue Linie stellt die Endenergieleistung für die Warmwasserbereitung dar. Dieser Wert ist über ein Jahr gesehen nahe zu konstant und liegt bei ca. 18 kW.

Des Weiteren kann mit dem bezogenen Wärmeverlust aus Transmission und Lüftung auch der spezifische Wärmeverlust („h“) des Gebäudes, auch „Fingerabdruck des Gebäudes“ genannt, für die gesamte Schule inkl. der Sporthallen bestimmt werden. Die Wärmeverlustleistung „H“ wird auf die beheizte Grundfläche ( $BGF_E$ ) bezogen. Der „Fingerabdruck des Gebäudes“ für die gesamte Schule beträgt 1,91 W/(K·m<sup>2</sup>). Zum Vergleich der „Fingerabdruck

des Gebäudes“ (aus Nutzleistung ermittelt) für Hauptgebäude  $h = 1,08 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ , Fachtrakt  $h = 1,21 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ , alte Sporthalle  $h = 2,09 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$  und neue Sporthalle  $h = 1,94 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ .

## 2.8.4 Kennwerte der drei Schulen

Die Auswertung der Verbrauchsmessungen erfolgt mithilfe der VDI-Richtlinie „VDI 3807 – Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude“. In der nachfolgenden Tabelle 2-21 sind die Ergebnisse dieser Berechnungen für alle drei Schulen dargestellt. Ein Vergleich mit Referenzwerten aus der VDI-Richtlinie ist mit Tabelle 2-22 möglich.

		Haupt- und Realschule Seesen	Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (Schulgebäude+ Sporthalle)	W-v-S-Gymnasium Bad Harzburg (Schulgebäude+Sporthallen)
Messzeitraum	-	07.03.08 - 06.03.09	06.03.08 - 05.03.09	31.03.08 - 30.03.09
Bezugsfläche (BGF <sub>E</sub> ) <sup>1)</sup>	m <sup>2</sup>	10 243	6 401	8 017
Schülerzahl	-	847	367	732
<b>Gasverbrauch</b>	m <sup>3</sup> /a	-	87 099 <sup>2)</sup>	89 481
Endenergieverbrauch brennwertbezogen	kW h/a	-	844 279 <sup>2)</sup>	854 532
Verbrauchskennwert für thermische Energie (e <sub>VT</sub> )	kW h/(a·m <sup>2</sup> )	-	-	110,72 <sup>3)</sup>
<b>Stromverbrauch</b>	kWh/a	129 324	-	108 834
Stromverbrauchs-kennwert (e <sub>VS</sub> )	kW h/(a·m <sup>2</sup> )	12,63	-	13,58
<b>Wasserverbrauch</b>	m <sup>3</sup> /a	1 164	952	1 389
Wasserverbrauchs-kennwert (v <sub>VW</sub> )	l/(a·m <sup>2</sup> )	113,6	146,2 / 106,3 <sup>4)</sup>	173,2
Erzeuger- und Verteil-verluste	kWh/a	-	-	265 080
<b>Wärmeverbrauch</b> für Raumheizung und TWW	kW h/a	491 900 <sup>5)</sup>	490 100	589 452 <sup>6)</sup>
	kW h/(a·m <sup>2</sup> )	49,77 <sup>3)</sup>	85,3 <sup>3)</sup> / 71,68 <sup>3,4)</sup>	76,9 <sup>3)</sup> / 64,2 <sup>3,4)</sup>
	kW h/Schüler	580,76	733,8 <sup>4)</sup>	465,7 <sup>4,6)</sup>

<sup>1)</sup> BGF<sub>E</sub> – beheizte Bruttogrundfläche

<sup>3)</sup> witterungskorrigiert

<sup>5)</sup> kein Trinkwarmwasser

<sup>2)</sup> inkl. Gasverbrauch für BHKW

<sup>4)</sup> nur Hauptgebäude und Fachtrakt

<sup>6)</sup> abgeschätzter Wärmeverbrauch

Tabelle 2-21: Übersicht Verbrauchsdaten

Die Haupt- und Realschule Seesen hat den niedrigsten Heizenergiekennwert mit 49,77 kW h/(m<sup>2</sup>·a) der drei Schulen. Dies liegt vor allem an der kompakten Bauweise und der guten Bedienung der Anlagentechnik durch die Hausmeister. Ebenfalls hat das Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg eine kompakte Bauweise, trotzdem ist hier der Heizenergiekennwert mit 71,68 kW h/(m<sup>2</sup>·a) am höchsten. Dies liegt vor allem an der Art der Beheizung des Gebäudes und der vielen Undichtigkeiten der Gebäudehülle. Das Werner-von-



Siemens-Gymnasium Bad Harzburg liegt mit 64,2 kW h/(m<sup>2</sup>·a) in der Mitte. Beim schülerbezogenen Wärmebedarf hat das Gymnasium aufgrund der sehr hohen Schülerzahl den niedrigsten Verbrauch von 465,7 kW h/Schüler, die Haupt- und Realschule Seesen liegt mit 580,76 kW h/Schüler in der Mitte und das Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg hat hier wieder mit 733,8 kW h/Schüler den höchsten Wert.

Der Wasserverbrauchskennwert an der Haupt- und Realschule Seesen liegt mit 113,6 l/(m<sup>2</sup>·a) knapp über dem des Schulzentrums Schule am Schloss Liebenburg von 106,3 l/(m<sup>2</sup>·a). Beim Wasserverbrauch am Gymnasium in Bad Harzburg ist zusätzlich zur Schule noch der Verbrauch der beiden Sporthallen enthalten und beträgt somit 173,2 l/(m<sup>2</sup>·a).

Der Stromverbrauchskennwert der Haupt- und Realschule Seesen ist mit 12,63 kW h/(m<sup>2</sup>·a) zwar niedriger als beim Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg, aber beim Gymnasium sind in den 13,58 kW h/(m<sup>2</sup>·a) noch zwei Sporthallen mit enthalten.

<b>Verbrauchskennwerte von Schulen in kW h/(m<sup>2</sup>a)</b>				
Gebäudebezeichnung	Heizenergieverbrauchs-kennwert e <sub>VH</sub>		Stromverbrauchs-kennwert e <sub>VS</sub>	
	Richtwert	Mittelwert	Richtwert	Mittelwert
Grundschule	70	140	4	9
Grundschule/Hauptschule	75	110	3	7
Gymnasium	65	80	6	9
Berufsschule	30	90	-	-

Tabelle 2-22: Verbrauchskennwerte für Schulen in kWh/(m<sup>2</sup>·a) aus der VDI 3807

Im Vergleich mit den Kennwerten aus der VDI 3807 (siehe Tabelle 2-22) liegt die Haupt- und Realschule Seesen deutlich und das Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg nur knapp unter dem Richtwert für Heizenergie von 75 kW h/(m<sup>2</sup>·a). Das Werner-von-Siemens-Gymnasium erfüllt den Richtwert von 65 kW h/(m<sup>2</sup>·a) Ein Vergleich aller Schulen mit dem Stromverbrauchskennwert ist nicht direkt möglich, da für den Wert in der VDI der Stromverbrauch für die Anlagentechnik nicht berücksichtigt wurde. Der Stromverbrauch für das Schulgebäude in Seesen wird separat abgelesen, also ohne Hilfsstrom für die Anlagentechnik. Hier ergibt sich ein Wert von ca. 10 kW h/(m<sup>2</sup>·a). Dieser ist dreimal so hoch wie der Richtwert in der VDI.

### 2.8.5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung BHKW Liebenburg

Nach mehr als 10 jähriger Betriebszeit (11.1998 bis 31.12.2008) weist das BHKW 38 600 Betriebstunden auf und es wurden insgesamt 2 040 MW h Strom<sup>30</sup> erzeugt. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Laufzeit von ca. 3 800 Stunden und einer durchschnittlichen Leistung von ca. 52,8 kW. Ins Netz wurden dabei ca. 683 MW h Strom eingespeist<sup>31</sup> und ca. 1 357 MW h selbst genutzt.

In der Heizzentrale ist, wie bereits erwähnt, ein Brennwertkessel (BWK) installiert, der den Wärmebedarf für die Schule und die Sporthalle alleine decken kann, wenn das BHKW Au-

<sup>30</sup> Zählerstand BHKW Ende Dezember 2008

<sup>31</sup> Abrechnung e.on-avacon

ßerbetrieb ist. Für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung über die vergangenen 10 Jahre werden folgende zwei Varianten zu Grunde gelegt:

1. Wärmeerzeugung mit BHKW und Brennwertkessel
2. Wärmeerzeugung nur mit Brennwertkessel

Aus diesem Variantenvergleich lässt sich abschätzen, in wiefern das BHKW über den Zeitraum der letzten 10 Jahre wirtschaftlich war.

Für die 1. Variante, BHKW und BWK, werden folgende Daten aus Messungen verwendet bzw. abgeschätzt.

- Der Gasverbrauch der Jahre 1999 – 2008 betrug ca. 8 900 MW h (Abrechnungen LK Goslar). Die Kosten betragen 362.339,30 €.
- Der Strombedarf, der zusätzlich aus dem Netz bezogen wurde, betrug in den Jahren 1999 – 2008 ca. 996 MW h (Abrechnung LK Goslar). Die Kosten für den Strom betragen 169.299,19 €.
- Die Einnahmen durch den Stromverkauf an den Stromversorger beliefen sich über die letzten 10 Jahre auf 32.800 € inkl. KWK-Bonus und Netznutzungsentgelte (NNE).
- Für das BHKW wurde in den letzten 10 Jahre die Mineralölsteuer zurückerstattet. Der entsprechende Betrag beläuft sich auf ca. 37.000 €
- Die Wartungs- und Instandhaltungskosten der letzten 10 Jahre betragen 69.683 € (Angabe Landkreis Goslar)
- Die Beschaffungskosten des BHKW im Jahre 1998 betragen ca. 63.000 € (Angabe Landkreis Goslar)

Für die 2. Variante, nur Brennwertkessel, werden folgende Daten aus Messungen verwendet bzw. abgeschätzt.

- Um den Nutzwärmebedarf der letzten 10 Jahre für die Schule und die Sporthalle abschätzen zu können, wird der Wärmeverbrauch aus dem Messzeitraum 30.01.08 bis 29.01.09 von ca. 461 000 kW h mithilfe einer Witterungskorrektur bereinigt und dann auf 10 Jahre hochgerechnet. Der Nutzwärmebedarf betrug ca. 5 200 MW h.
- Der Nutzungsgrad des BWK (70 – 90 % bezogen auf Brennwert) wird variabel angenommen und für den Gaspreis wird der Mittelwert der letzten 10 Jahre (4,19 Cent/kW h; Abrechnungen Landkreis Goslar) angesetzt.
- Der Strombedarf, der aus dem Netz bezogen wurde, betrug in den Jahren 1999 – 2008 ca. 996 MW h (Abrechnung LK Goslar). Die Kosten für den Strom betragen 169.299,19 €. Zusätzlich muss der erzeugte Strom vom BHKW, der selbst genutzt wurde, nun ebenfalls mit einen Mittelwert der letzten 10 Jahre von 17 Cent/kW h berechnet werden. Der Eigenverbrauch betrug ca. 1 357 MW h.
- Wartungs- und Instandhaltungskosten für den BWK entfallen, da sie auch in der ersten Variante nicht betrachtet wurden.

In der nachfolgenden Tabelle 2-23 ist dargestellt, wie hoch die Einsparung durch das BHKW in Abhängigkeit vom Nutzungsgrad des Gas-Brennwertkessels ist. Aus den Gasabrechnungen des Landkreises der letzten 10 Jahren geht einen durchschnittlicher Gaspreis von ca. 4,19 Cent/kW h hervor. Setzt man nun noch einen Nutzungsgrad des Brennwertkessels von ca. 85 % (Brennwert bezogen) an, so konnten in den letzten 10 Jahren ca. 62.000 € eingespart werden.

<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Abhängigkeit vom Kessel- nutzungsgrad in den letzten 10 Jahren</b>					
$\eta_a$ (HS bezogen)	70%	75%	80%	85%	90%
Gaspreis					
4,19 ct/kW h	<b>116.596 €</b>	<b>95.846 €</b>	<b>77.689 €</b>	<b>61.668 €</b>	<b>47.428 €</b>

Tabelle 2-23: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Einsparung in €) in Abhängigkeit vom Kesselnutzungsgrad in den letzten 10 Jahren

Auf Nachfrage des Landkreises Goslar wurde für die Reparatur des BHKWs eine weitere Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt. Für die Analyse werden folgende Daten festgelegt bzw. abgeschätzt:

- Stromverbrauch gesamt: 220 000 kW h/a geschätzt
- Nutzwärmebedarf gesamt: 520 000 kW h/a aus E-A-V 2008
- Betriebsstunden BHKW: 4 500 h/a geschätzt
- Gasdurchsatz BHKW: 21,60 m<sup>3</sup>/h aus Probelaufprotokoll '98
- Brennwert Erdgas L: 9,693 kW h/m<sup>3</sup> Abrechnung 2008 LK
- th. Wirkungsgrad: 50,00 % geschätzt
- el. Wirkungsgrad: 27,28 % Mittelwert letzten 10 Jahre
- Stromeinspeisung: 1/3 des erzeugten Stroms wird eingespeist
- Einspeisevergütung: 7,317 Cent/kW h Stand Dezember 2008
- Nutzungsgrad BWK: 80 %; ohne BHKW 85 %, da größere Auslastung
- Erstattung Mineralölsteuer: 5,5 €/MW h letzter Stand Abrechnung
- Wartung/Instandhaltung: 3,40 Cent/erzeugte kW h Strom Ø letzten 10 Jahre
- Reparaturkosten BHKW: 35.000 € geschätzt
- KWK – Bonus entfällt nach der Reparatur des BHKWs

<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Abhängigkeit vom Strom- und Gaspreis für den Zeitraum von 8 Jahren</b>					
Strompreis	16 ct/kW h	17 ct/kW h	18 ct/kW h	19 ct/kW h	20 ct/kW h
Gaspreis					
5,00 ct/kW h	<b>48.576 €</b>	<b>62.284 €</b>	<b>75.992 €</b>	<b>89.700 €</b>	<b>103.408 €</b>
5,50 ct/kW h	<b>32.915 €</b>	<b>46.622 €</b>	<b>60.330 €</b>	<b>74.038 €</b>	<b>87.746 €</b>
6,00 ct/kW h	<b>17.253 €</b>	<b>30.961 €</b>	<b>44.668 €</b>	<b>58.376 €</b>	<b>72.084 €</b>
6,50 ct/kW h	<b>1.591 €</b>	<b>15.299 €</b>	<b>29.007 €</b>	<b>42.714 €</b>	<b>56.422 €</b>
7,00 ct/kW h	<b>-14.071 €</b>	<b>-363 €</b>	<b>13.345 €</b>	<b>27.053 €</b>	<b>40.760 €</b>
7,50 ct/kW h	<b>-29.733 €</b>	<b>-16.025 €</b>	<b>-2.317 €</b>	<b>11.391 €</b>	<b>25.099 €</b>
8,00 ct/kW h	<b>-45.394 €</b>	<b>-31.687 €</b>	<b>-17.979 €</b>	<b>-4.271 €</b>	<b>9.437 €</b>
8,50 ct/kW h	<b>-61.056 €</b>	<b>-47.348 €</b>	<b>-33.641 €</b>	<b>-19.933 €</b>	<b>-6.225 €</b>
9,00 ct/kW h	<b>-76.718 €</b>	<b>-63.010 €</b>	<b>-49.302 €</b>	<b>-35.595 €</b>	<b>-21.887 €</b>
9,50 ct/kW h	<b>-92.380 €</b>	<b>-78.672 €</b>	<b>-64.964 €</b>	<b>-51.256 €</b>	<b>-37.549 €</b>
10,00 ct/kW h	<b>-108.042 €</b>	<b>-94.334 €</b>	<b>-80.626 €</b>	<b>-66.918 €</b>	<b>-53.210 €</b>
10,50 ct/kW h	<b>-123.703 €</b>	<b>-109.996 €</b>	<b>-96.288 €</b>	<b>-82.580 €</b>	<b>-68.872 €</b>
11,00 ct/kW h	<b>-139.365 €</b>	<b>-125.657 €</b>	<b>-111.950 €</b>	<b>-98.242 €</b>	<b>-84.534 €</b>

Tabelle 2-24: Wirtschaftlichkeitsanalyse in Abhängigkeit vom Strom- und Gaspreis (Zeitraum 8 Jahre)  
In der Tabelle 2-24 sind die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung mit den vorher festgelegten Daten aufgetragen. Wenn der Strom- und Gaspreis in den nächsten acht Jahren nicht steigt (Stand Abrechnung LK Goslar 2008: Strom ca. 17 Cent/kW h; Gas ca.

7,0 Cent/kW h), würde sich die Reparatur erst innerhalb von 8 Jahren amortisieren. Es bleibt noch zu klären, in wieweit sich der elektrische und thermische Wirkungsgrad des BHKWs durch die Modernisierung verbessert.

Des Weiteren ist zu klären, ob nach einer energetischen Sanierung der Haupt- und Realschule Liebenburg (nach Auskunft vom Landkreis frühestens in zwei bis drei Jahren) noch ein hoher Strombedarf wie zurzeit vorhanden ist. Ferner wurde angedacht, die erzeugte Wärme und den Strom an das angrenzende Freibad der Gemeinde Liebenburg zu verkaufen. Diese wurde aber nach Prüfung des vorhandenen Energieverbrauches wieder verworfen. Das Freibad hatte im Jahre 2008 (01.02.08 – 01.02.09) einen Gasverbrauch von ca. 3000 m<sup>3</sup>. Zusätzlich zum Gaskessel wird das Freibad mittels einer thermischen Solaranlage beheizt. Damit wurde diese Überlegung nicht weiter verfolgt.

## 2.9 IT-Ausstattung Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

*(Ein ausführlicher Bericht über die IT-Ausstattung der Schule befindet sich im Anhang)*

Auf dem Schulgelände wird ein flächendeckendes, kabelgebundenes Datennetz installiert sowohl für die Rechneranwendungen als auch für das Telefonnetz. Dies ist die effizienteste zugleich aber auch teuerste Lösung (Kat 6/Kat7 Kabel: 102.340 €, Kabelkanäle: 64.827 €, kabelgebundenes Datennetz plus aktive Komponenten insgesamt: 237.988 €). Die erforderliche Servertechnik einschließlich Software kostet ca. 24.900 €. Für das kabelgebundene Datennetz einschließlich der Servertechnik fallen Kosten von ca. 71 €/m<sup>2</sup> bei vorhandenen Kabelkanälen 54 €/m<sup>2</sup> an.

Für die einzelnen Ausstattungsmerkmale der IuK-Technik werden folgende Kosten ermittelt:

- Ergänzendes WLAN  
(55 Access-Points. Als alleiniges Hauptnetz ist WLAN nicht zu empfehlen.) 56.700 €
- VoIP TK-Anlage (40 Anschlüsse) 11.500 €
- Notebookwagen (3 Stück mit 38 Notebooks und 2 Druckern) 53.315 €
- Medientechnische Ausstattung der Unterrichtsräume  
(29 Räume, je Raum 9.422 €) 273.238 €
- PC Ausstattung Verwaltung 7.560 €
- Notebooks für Lehrer (27 Stk.) 26.460 €
- Schul-Card (wird wegen des finanziellen und personellen Aufwandes nicht empfohlen. Ca. 143 €/Schüler) 52.573 €
- Zugangskontrollsysteme mit Schul-Card für 10 Türen 21.240 €

Alle Preise verstehen sich einschließlich MWSt und Wartungsverträgen. Der neue Fachtrakt ist mit berücksichtigt.

## 2.10 Auswertung Fragebogenaktion

Die Fragebogenaktion wurde in der Haupt- und Realschule Seesen und im Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg im Zeitraum vom 15.12.2008 bis 22.01.2009 und im Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg vom 22.01.2009 bis 18.02.2009 durchgeführt. Befragt wurden in den drei Schulen alle Lehrer/innen und jeweils eine Klasse je Jahrgang und Schulform. In der Tabelle 2-25: Anzahl der ausgewerteten Fragebögen ist eine Übersicht über die abgegebenen Fragebögen der einzelnen Schulen dargestellt.

Schule	Klasse	Schüler/innen										Lehrer/innen	
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	%		
HS - Seesen		22	13	21	12	18	15	-	-	-	89	39 von 58	67%
RS - Seesen		26	24	25	27	20	17	-	-	-	94		
HS - Liebenburg		7	13	18	18	13	14	-	-	-	82	17 von 26	65%
RS - Liebenburg		25	19	20	18	23	23	-	-	-	96		
W-v-S Gymn. Bad Harzburg		21	21	15	21	21	15	23	-	11	71	20 von 60	33%

Tabelle 2-25: Anzahl der ausgewerteten Fragebögen

Die prozentuale Abschätzung der abgegebenen Fragebögen der Schüler/innen ist ein ungefährender Wert, da die genaue Klassenstärke nicht bekannt war (Ausnahme Hauptschule Liebenburg; hier gibt es nur eine Klasse je Jahrgang). Zu Beginn der Umfrage war die jeweilige Jahrgangsstärke bekannt und diese wurde durch die Anzahl der Klassen geteilt. Die Resonanz unter den Schüler/innen in Liebenburg und in Seesen war recht gut (Zwischen 82 % und 96 %). Von den Lehrern/innen in Liebenburg und in Seesen haben sich jeweils 2/3 an der Umfrage beteiligt. Am Werner-von-Siemens-Gymnasium in Bad Harzburg war die Beteiligung geringer ausgefallen. Hier haben ca. 71 % der Schüler und nur 1/3 des Kollegiums an der Umfrage teilgenommen.

Des Weiteren wurde auch eine Umfrage unter den Nutzern/innen der beiden Sporthallen am Werner-von-Siemens-Gymnasium in Bad Harzburg und der Sporthalle an der Haupt- und Realschule Liebenburg durchgeführt. Es wurden alle Sportvereine, die die drei Hallen nutzen, angeschrieben und über die Befragung informiert. Die Befragung erfolgte im Zeitraum vom 09.03.2009 bis 27.03.2009 in den Sporthallen. In Bad Harzburg wurden in der neuen Sporthalle acht Fragebögen ausgefüllt und in der alten Sporthalle hat niemand an der Befragung teilgenommen. In Liebenburg haben sich sieben Personen bereit erklärt einen Bogen auszufüllen.

### 2.10.1 Haupt- und Realschule Seesen

In den Unterrichtsräumen, im Lehrerzimmer und in der Verwaltung ist es im Sommer häufig zu warm. Im Winter ist die Luft häufig zu trocken und nach dem Wochenende und freien Tagen oft zu kalt. Dies liegt unter anderem an der nicht richtig funktionierenden Lüftungsanlage, den teilweise undichten und defekten Fenstern und der nicht ausreichend wärmeisolierten Außenfassade. Einen ausreichenden Luftaustausch über geöffnete Fenster zu erzielen, scheitert an zu kleinen Fenstern. Die Lichtverhältnisse auf den Fluren sind katastrophal. Ohne künstliche Beleuchtung sind diese viel zu dunkel. Im Zentrum des Gebäudes sollte über die Möglichkeit eines Lichtschachtes nachgedacht werden.

Die Ausstattung der Klassenräume ist teilweise veraltet. Es gibt in fast keinem Klassenraum Waschbecken, Internetanschluss, Computer oder Beamer und die Anzahl der Steckdosen in

ist ebenfalls zu gering. Im Zuge der anstehenden Fassadensanierung werden Brüstungskanäle verlegt und alle Klassen miteinander vernetzt. Des Weiteren stehen die Drucker im Lehrerzimmer in unmittelbarer Nähe der Sitzgruppen. Die Ausdünstungen dieser Geräte beeinflussen negativ das Raumklima und sollten in einen extra Raum untergebracht werden.

Das gesamte Schulgebäude macht einen dunklen, unfreundlichen und ungepflegten Eindruck. Die Waschbetonplatten im Forum, der Teppich im Treppenhaus und in den beiden oberen Geschossen sollten gegen andere, geeignetere Materialien ausgetauscht werden. Ferner ist die Schule nicht behindertengerecht. Im Forum und im Außenbereich fehlen geeignete Sitzgelegenheiten und Tische sowie Spiel- und Sportgeräte.

### **2.10.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg**

Die Aussagen der Schüler und Lehrer in Liebenburg entsprechen vom Grundsatz her denen der Schüler und Lehrer in Seesen. In den Unterrichtsräumen, im Lehrerzimmer und in der Verwaltung ist es im Sommer häufig zu warm. Im Winter ist die Luft häufig zu trocken und nach dem Wochenende oder freien Tagen oft zu kalt. Dies liegt unter anderem an der nicht richtig funktionierenden Lüftungsanlage, den teilweise undichten und defekten Fenstern und der nicht ausreichend wärmegeämmten Außenfassade. Einen ausreichenden Luftaustausch über geöffnete Fenster zu erzielen, scheitert an den zu kleinen Fenstern. Die Lichtverhältnisse auf den Fluren sind katastrophal. Ohne künstliche Beleuchtung sind diese viel zu dunkel. Im Zentrum des Gebäudes sollte über die Möglichkeit eines Lichtschachtes nachgedacht werden. Der 2007 errichtete Fachtrakt für Naturwissenschaften heizt sich im Sommer zu stark auf und im Gang zwischen dem Neubau und dem Hauptgebäude ist es im Winter oft zu kalt. Dies liegt unter anderem an den großen Glasflächen im Verbindungsgang.

Die Ausstattung der Klassenräume ist teilweise veraltet. Es gibt in fast keinem Klassenraum ein Tafellicht, Waschbecken, Internetanschluss, Computer und Beamer und die Anzahl der Steckdosen ist ebenfalls zu gering.

Das gesamte Schulgebäude macht einen dunklen und unfreundlichen Eindruck. Alle Innenwände auf den Fluren sind in einem tristen Grau gehalten. Des Weiteren kommt es innerhalb des Gebäudes zu störenden Schallübertragungen aus angrenzenden Klassenräumen und Fluren. Die Waschbetonplatten im Forum und der Teppich im Obergeschoss sollten durch andere geeignete Materialien ausgetauscht werden. Ferner ist die Schule nicht behindertengerecht.

### **2.10.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg**

In den Unterrichtsräumen auf der Südseite ist es im Sommer häufig zu warm. In einigen Klassenräumen und im Lehrerzimmer ist die Luft aufgrund der hohen Personenzahl schnell verbraucht.

Die Ausstattung der Klassenräume ist teilweise veraltet. Es gibt in fast keinem Klassenraum einen Internetanschluss, Computer und Beamer und die Bestuhlung und die Tische sind in einigen Räumen veraltet. Des Weiteren sind viele Klassenräume zu klein für die zurzeit vorhandenen Klassenstärken.

## 2.11 Instandhaltungs- und Modernisierungskosten, geplante Baumaßnahmen

### 2.11.1 Haupt- und Realschule Seesen

In der Abbildung 2-57 sind die Bauunterhaltungs- und Verbrauchskosten, sowie die getätigten Investitionen an der Haupt- und Realschule in Seesen aufgetragen. Die Verbrauchskosten von 1998 bis 2005 beinhalten keine Wasser- und Abwasserkosten. Nachfolgend sind die bisher getätigten und zukünftig geplanten Baumaßnahmen aufgeführt:

- 1998 – 2003 Sanierung der Flachdächer nach EnEV
- 2004 Neugestaltung der Außenbereiche
- 2008 Umbau des Musikraumes im Erdgeschoss in eine Mensa
- 2009 - 2010 Verlagerung der Werkräume aus dem 1.OG in das 2.UG und Umbau dieser Räume in Klassenräume
- 2010 Geplant: Sanierung der Außenfassade und Fenster
- 2010 Geplant: Modernisierung der Lüftungsanlage

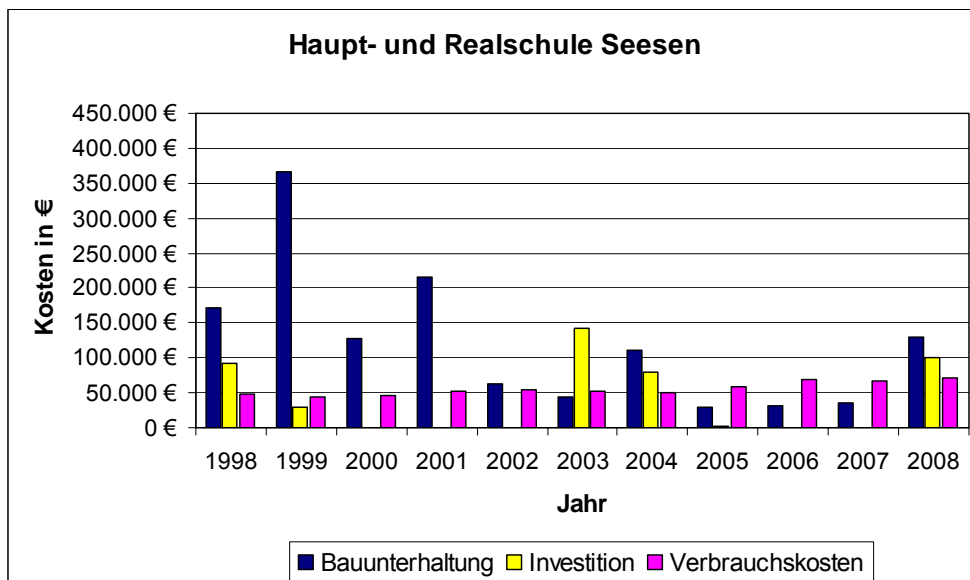


Abbildung 2-57: Übersicht Bauunterhaltungs-, Investitions- und Verbrauchskosten Haupt- und Realschule Seesen

Bezogen auf die beheizte Bruttogrundfläche der Schule (10 243 m<sup>2</sup>) betragen die Bauunterhaltungskosten der letzten 10 Jahre 112,63 €/m<sup>2</sup> (11,26 €/(m<sup>2</sup>·a)), die Investitionen 34,53 €/m<sup>2</sup> (3,45 €/(m<sup>2</sup>·a)) und die Verbrauchskosten 55,42 €/m<sup>2</sup> (5,54 €/(m<sup>2</sup>·a)). Zum Vergleich das Werner-von-Siemens-Gymnasium in Bad Harzburg (inkl. Sporthallen und Fachtrakt) und das Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (inkl. Sporthalle und Fachtrakt) haben folgende Werte:

Schule	beheizte Bruttogrundfläche	Bauunterhaltung	Investition	Verbrauch
Seesen	10 243 m <sup>2</sup>	112,63 €/m <sup>2</sup>	34,53 €/m <sup>2</sup>	55,42 €/m <sup>2</sup>
Liebenburg	6 401 m <sup>2</sup>	129,25 €/m <sup>2</sup>	269,42 €/m <sup>2</sup>	91,13 €/m <sup>2</sup>
Bad Harzburg	8 017 m <sup>2</sup>	97,00 €/m <sup>2</sup>	28,79 €/m <sup>2</sup>	70,88 €/m <sup>2</sup>

Tabelle 2-26: Flächenbezogene Kosten der drei Schulen

### 2.11.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

In der nachfolgenden Abbildung 2-58 sind die Kosten für Bauunterhaltung und Energie sowie die getätigten Investitionen über die letzten 11 Jahre dargestellt. Folgende Investitionen und Modernisierungen wurden in den vergangenen Jahren durchgeführt und sind zukünftig in Planung:

- 1998 – 1999 Sanierung Flachdach der Sporthalle nach Wasserschaden
- 1998 Modernisierung der Heizzentrale und Einbau eines BHKWs
- 2000 Dachsanierung der Sporthalle
- 2006 – 2008 Neubau des naturwissenschaftlichen Fachtraktes
- 2009/2010 Sanierung des BHKWs?

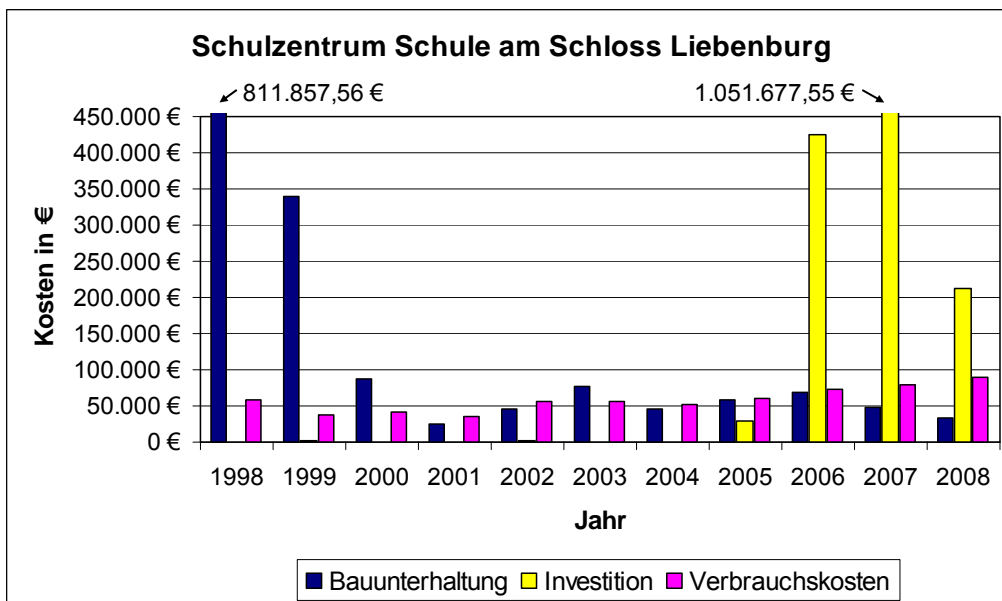


Abbildung 2-58: Übersicht Bauunterhaltungs-, Investitions- und Verbrauchskosten Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

Bezogen auf die beheizte Bruttogrundfläche der Schule (6 401 m<sup>2</sup> → inkl. Sporthalle und Fachtrakt) betragen die Bauunterhaltungskosten der letzten 10 Jahre 129,25 €/m<sup>2</sup> (12,93 €/m<sup>2</sup>·a), die Investitionen 269,42 €/m<sup>2</sup> (26,94 €/m<sup>2</sup>·a) und die Verbrauchskosten 91,13 €/m<sup>2</sup> (9,11 €/m<sup>2</sup>·a). Zum Vergleich das Werner-von-Siemens-Gymnasium in Bad Harzburg (inkl. Sporthallen und Fachtrakt) und die Haupt- und Realschule Seesen haben folgende Werte:

Schule	beheizte Bruttogrundfläche	Bauunterhaltung	Investition	Verbrauch
Seesen	10 243 m <sup>2</sup>	112,63 €/m <sup>2</sup>	34,53 €/m <sup>2</sup>	55,42 €/m <sup>2</sup>
Liebenburg	6 401 m <sup>2</sup>	129,25 €/m <sup>2</sup>	269,42 €/m <sup>2</sup>	91,13 €/m <sup>2</sup>
Bad Harzburg	8 017 m <sup>2</sup>	97,00 €/m <sup>2</sup>	28,79 €/m <sup>2</sup>	70,88 €/m <sup>2</sup>

Tabelle 2-27: Flächenbezogene Kosten der drei Schulen

### 2.11.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg

In der Abbildung 2-59 sind die Bauunterhaltungs- und Verbrauchskosten, sowie die getätigten Investitionen am Werner-von-Siemens-Gymnasium aufgetragen. Folgende Investitionen



und Modernisierungen wurden in den vergangenen Jahren durchgeführt und sind zukünftig in Planung:

- 2000 – 2004 Austausch der Fenster im Fachtrakt gem. EnEV
- 2007/2008 Wärmedämmung der Dachböden im Hauptgebäude und Fachtrakt
- 2007/2008 Wärmedämmung der Südwest- u. Nordwestfassade am Hauptgebäude
- 2009 Fortführung der Wärmedämmung am Hauptgebäude
- 2009/2010 Neubau einer Cafeteria

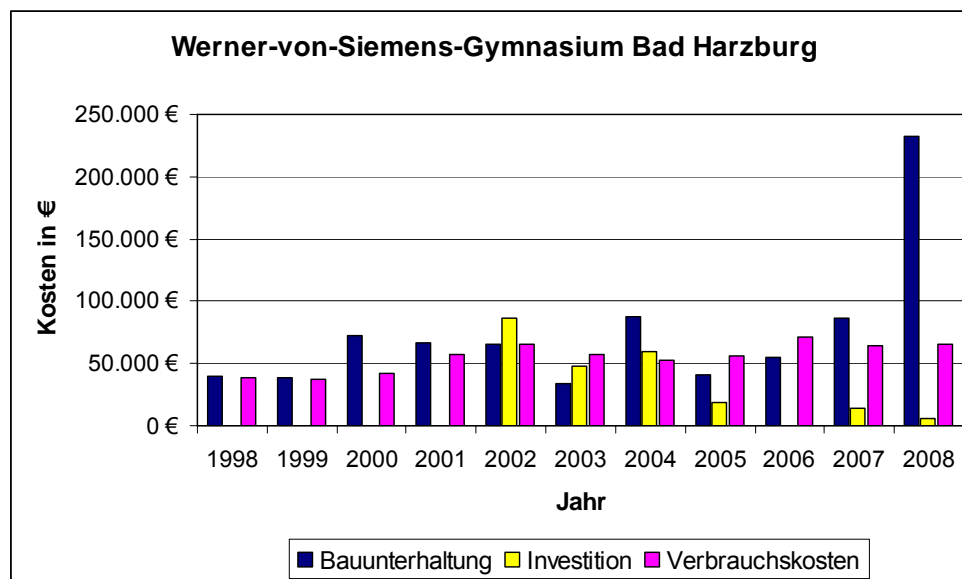


Abbildung 2-59: Übersicht Bauunterhaltungs-, Investitions- und Verbrauchskosten W-v-S-Gymnasium Bad Harzburg

Bezogen auf die beheizte Bruttogrundfläche der Schule (8 017 m<sup>2</sup> → inkl. Sporthallen und Fachtrakt) betragen die Bauunterhaltungskosten der letzten 10 Jahre 97,00 €/m<sup>2</sup> (9,70 €/(m<sup>2</sup>·a)), die Investitionen 28,79 €/m<sup>2</sup> (2,88 €/(m<sup>2</sup>·a)) und die Verbrauchskosten 70,88 €/m<sup>2</sup> (7,09 €/(m<sup>2</sup>·a)). Zum Vergleich das Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg (inkl. Sporthalle und Fachtrakt) und die Haupt- und Realschule Seesen haben folgende Werte:

Schule	beheizte Bruttogrundfläche	Bauunterhaltung	Investition	Verbrauch
Seesen	10 243 m <sup>2</sup>	112,63 €/m <sup>2</sup>	34,53 €/m <sup>2</sup>	55,42 €/m <sup>2</sup>
Liebenburg	6 401 m <sup>2</sup>	129,25 €/m <sup>2</sup>	269,42 €/m <sup>2</sup>	91,13 €/m <sup>2</sup>
Bad Harzburg	8 017 m <sup>2</sup>	97,00 €/m <sup>2</sup>	28,79 €/m <sup>2</sup>	70,88 €/m <sup>2</sup>

Für alle drei Schulen gilt: In den kommenden Jahren sind vorrangig, abhängig von der Finanzkraft des Landkreises, energetische Sanierungen (u. a. der Fassaden, Fenster und Anlagentechnik) und die Beseitigung von bauordnungsrechtlichen Mängeln (u. a. Minderung von Brandlasten, Einbau von Brandmelde- und Rauch-Wärmeabzugs- Anlagen) vorgesehen.

## 2.12 Betriebskosten

In der Tabelle 2-28 werden alle Haupt- und Realschulen des Landkreises Goslar mit den Haupt- und Realschulen anderer Landkreise (hier anonym) anhand wichtiger Kennzahlen verglichen. Bei allen Punkten liegen die Schulen des Landkreises im oberen Mittelfeld.

	Reinigungskosten pro m <sup>2</sup> BGF (Summe ER und FR)	Betriebskosten pro m <sup>2</sup> BGF (mit Sport- /Schw.Hallen)	Wärmeverbrauch pro m <sup>2</sup> BGF (mit Sport-/Schw.Hallen)	Stromverbrauch pro m <sup>2</sup> BGF (mit Sport- /Schw.Hallen)	Wasserverbrauch pro m <sup>2</sup> BGF (mit Sport-/Schw.Hallen)
	EUR/m <sup>2</sup>	EUR/m <sup>2</sup>	kW h/m <sup>2</sup>	kW h/m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Landkreis 1	15,81	9,47	92,77	17,28	0,14
Landkreis 2	7,00	10,14	87,82	15,30	0,14
Landkreis 3	8,46	9,13	83,41	15,04	0,00
Landkreis 4	8,71	9,15	91,68	15,18	0,13
Landkreis 7	7,32	10,12	64,30	10,53	0,10
<b>LK Goslar</b>	<b>10,51</b>	<b>10,83</b>	<b>99,98</b>	<b>14,04</b>	<b>0,14</b>
Landkreis 9	7,40	12,13	0,00	0,00	0,00
Landkreis 10	10,05	9,82	96,37	14,58	0,16
Landkreis 11	11,69	16,65	119,57	14,19	0,13
Landkreis 12	10,91	10,81	102,34	15,61	0,12
Landkreis 13	6,98	11,71	114,11	19,23	0,24
Landkreis 14	10,21	0,00	68,24	11,45	0,12
Landkreis 16	11,08	13,86	109,50	21,23	0,23
Landkreis 17	7,27	10,68	107,24	21,64	0,15
Landkreis 18	7,69	9,70	111,99	17,85	0,29
Landkreis 21	11,71	9,57	82,14	12,06	0,09
<b>Mittelwert</b>	<b>9,55</b>	<b>10,24</b>	<b>89,47</b>	<b>14,70</b>	<b>0,14</b>

Tabelle 2-28: Vergleich von Kennzahlen mit anderen Landkreisen

In der nachfolgenden Abbildung sind die Betriebskosten des Werner-von-Siemens-Gymnasiums dargestellt. Die Energie- und Wasserkosten setzen sich aus den Strom-, Gas-, Wasser- und Abwasserkosten (inkl. Regenwasser) zusammen. Die Reinigungskosten für das Gebäude beinhalten die Eigen-, Fremd- und Glasreinigungskosten.

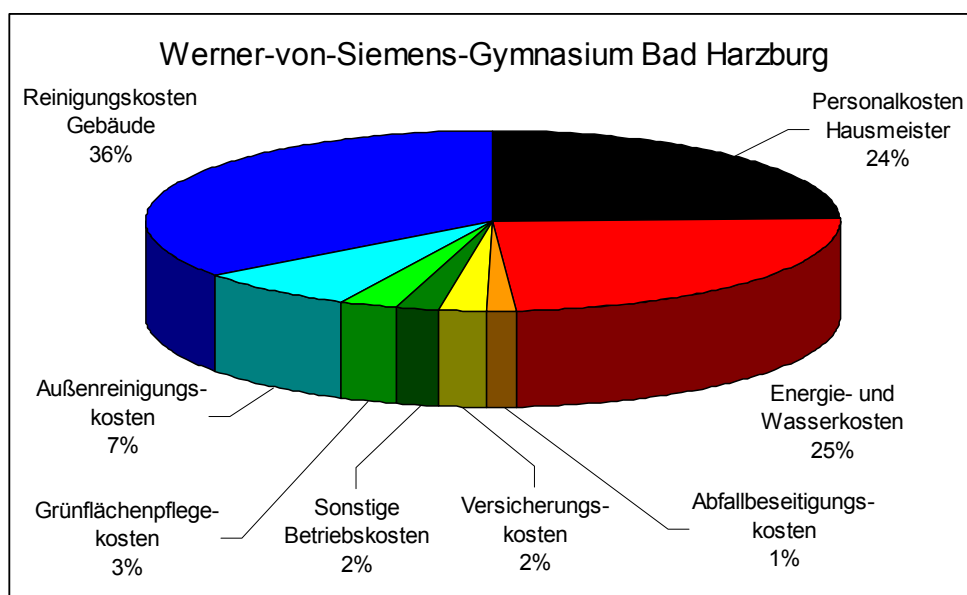


Abbildung 2-60: Übersicht der Betriebskosten des Werner-von-Siemens-Gymnasiums in Bad Harzburg

Beim Gymnasium machen die Reinigungskosten des Gebäudes den größten Anteil der Betriebskosten aus. An zweiter Stelle folgen die Energie- und Wasserkosten, gefolgt von den Personalkosten für den Hausmeister.

## 2.13 Übersicht Verbrauchsdaten der drei Schulen

Nachfolgend werden die Verbrauchsdaten und Kosten für Strom, Gas (bzw. Wärme) und Wasser der drei Schulen über die letzten 11 Jahre graphisch dargestellt (Quelle Landkreis Goslar).

### 2.13.1 Verbrauchsübersicht Haupt- und Realschule Seesen

Alle hier aufgeführten Verbrauchsdaten beziehen sich ausschließlich auf das Gebäude der Haupt- und Realschule.

#### Stromverbrauch

Der Strombezug für die Haupt- und Realschule in Seesen ist über die letzten 11 Jahre nahezu konstant geblieben und lag zwischen 100 000 kW h/a und 125 000 kW h/a. Es gibt nur einen Ausreißer im Jahre 2002. Hier stieg der Strombezug um etwa  $\frac{1}{3}$  (auf ca. 167 000 kW h) im Vergleich zu den anderen Jahren. Des Weiteren ist noch ein leichter Anstieg 2008 zu sehen.

Der Strom hat sich von 13,45 ct/kW h (1998) auf 14,68 ct/kW h (2008) um etwa 1,2 ct/kW h verteuert. Im Jahr 2000 lag der Preis für eine kW h sogar nur bei ca. 11 ct/kW h.

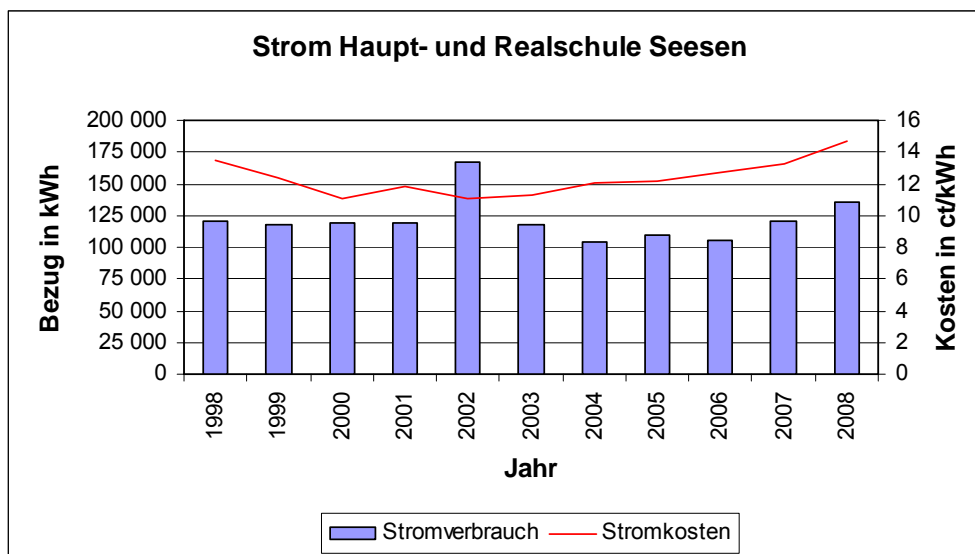


Abbildung 2-61: Übersicht Stromverbrauch in kWh und -kosten in ct/kWh

#### Wärmeverbrauch

Wie in Kapitel 2.7.1.1 bereits erwähnt, wird die Haupt- und Realschule in Seesen von einer Heizzentrale, die für das gesamte Schulzentrum die Wärme bereitstellt, über ein Liefercontracting mit Nahwärme versorgt. In Abbildung 2-62 ist ersichtlich, dass der Wärmeverbrauch der Schule in den vergangenen 11 Jahren zurück ging, von 659 000 kW h 1998 auf 425 000 kW h 2008. Zurückführen lässt sich dies, auf die Flachdachsaniierungen Ende der 90iger und die effiziente Heizungsregulierung durch die Hausmeister. Ferner führten die

relativ milden Winter 2007 und 2008 zu einem weiteren Rückgang des Verbrauches. Zum Vergleich, der bisherige Wärmeverbrauch für 2009 liegt bei ca. 310 000 kWh (01. Jan – 18. Juni).

Gleichzeitig hat sich der Preis für die kWh Wärme von 4,73 ct/kWh 1998 auf 12,15 ct/kWh nahezu verdreifacht.

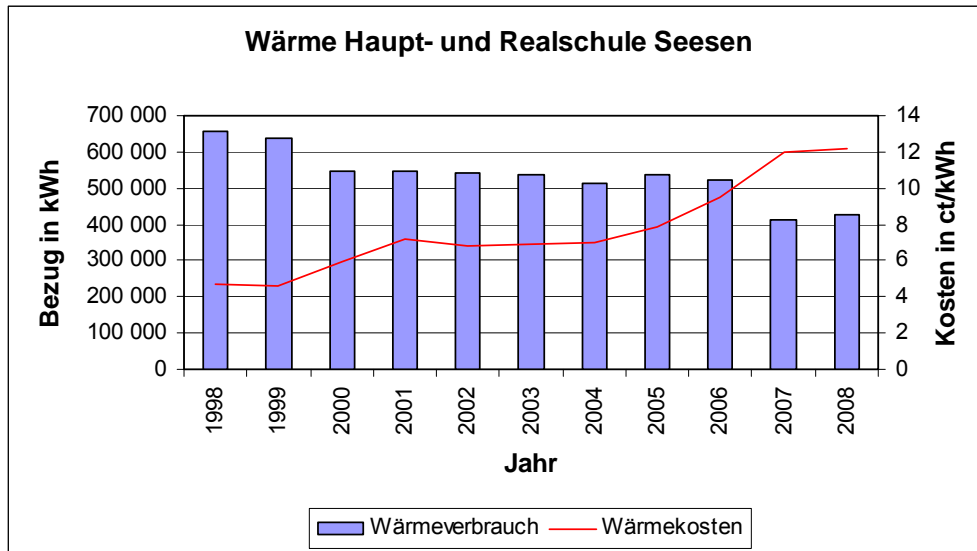


Abbildung 2-62: Übersicht Wärmeverbrauch in kWh und -kosten in ct/kWh

### Wasser und Abwasser

In der Abbildung 2-63 ist der Wasser- und Abwasserverbrauch der Schule für die letzten 10 Jahre dargestellt. Es ist zu sehen, dass der Verbrauch seit 2003 kontinuierlich zurückgeht. Der jährliche Verbrauch hat sich seit 2003 von 1 263 m<sup>3</sup> auf 502 m<sup>3</sup> 2008 um mehr als die Hälfte reduziert.

Über die Wasserkosten der vergangenen Jahre kann keine Aussage gemacht werden, da diese Daten zurzeit nicht vorliegen.

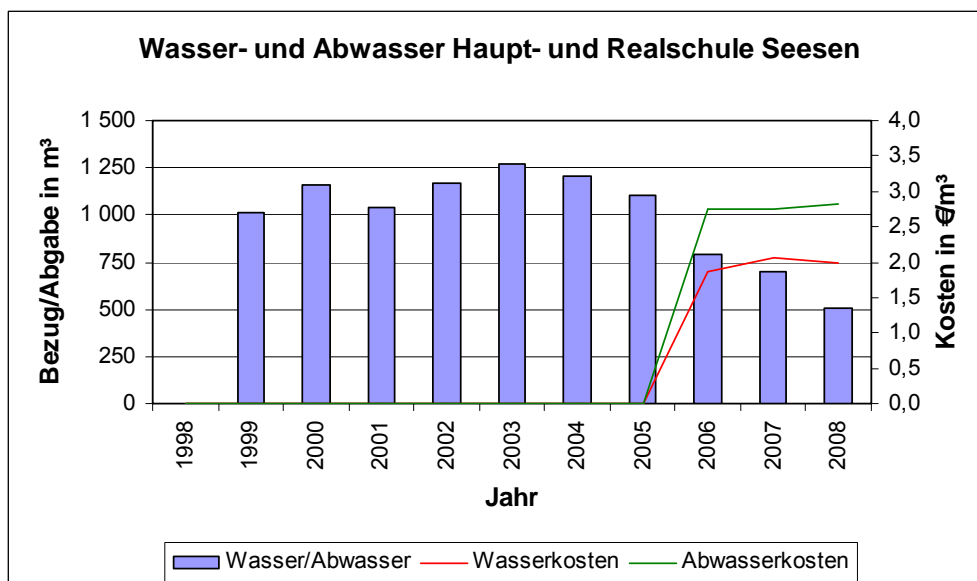


Abbildung 2-63: Übersicht Wasserverbrauch und Abwasser in m<sup>3</sup> und Kosten in €/m<sup>3</sup>

### 2.13.2 Verbrauchsübersicht Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

Alle hier aufgeführten Verbrauchsdaten beziehen sich auf das Gebäude der Haupt- und Realschule sowie die Sporthalle.

#### Stromverbrauch

Durch den Einbau eines Blockheizkraftwerkes Ende 1998 konnte der Strombezug aus dem Netz um mehr als die Hälfte gesenkt werden. Im Jahr 2008 ist ein Anstieg des Strombezuges aus dem Netz zu sehen. Dies kann auf mindestens drei Faktoren zurückgeführt werden:

1. zum Schuljahr 2007/2008 wurde der neue Fachtrakt in Betrieb genommen,
2. von Juni 2008 bis September 2008 war das BHKW nicht in Betrieb und
3. Ende Januar 2009 wurden bei einer routinemäßigen Wartung des BHKWs einige Mängel festgestellt, die zur Stilllegung geführt haben. Vermutlich lief das BHKW auch schon Ende 2008 nicht mehr einwandfrei.

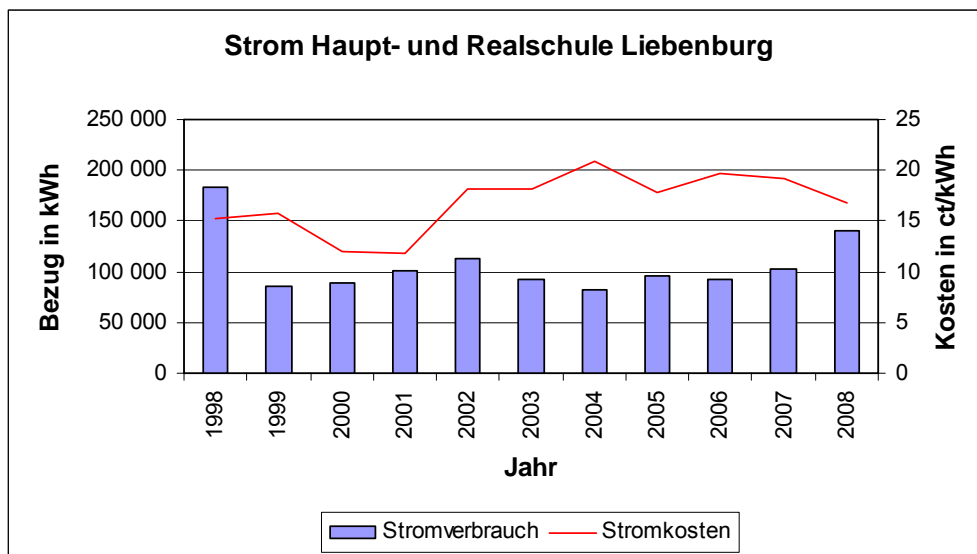


Abbildung 2-64: Übersicht Stromverbrauch in kWh und -kosten in ct/kWh

#### Gasverbrauch

Bedingt durch den Einbau des BHKWs stieg der Gasverbrauch in den Jahren 1999 bis 2008 um ca.  $\frac{1}{3}$  im Vergleich zu 1998 an. Gleichzeitig hat sich der Gaspreis von 1998 bis 2008 verdoppelt. Er stieg von 3,56 ct/kW h (1998) auf 6,94 ct/kW h (2008).

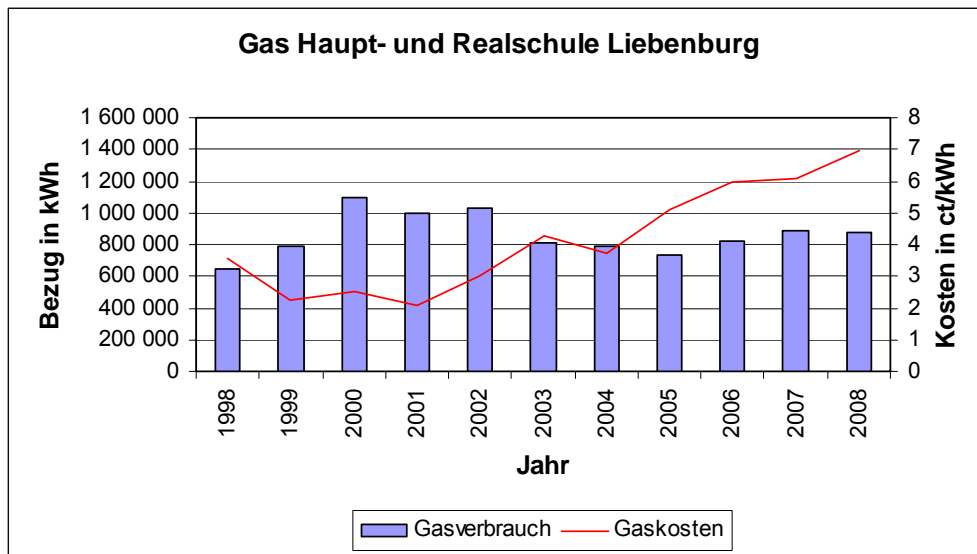


Abbildung 2-65: Übersicht Gasverbrauch in kWh und -kosten in ct/kWh

### Wasser und Abwasser

Der Wasserverbrauch ist in den Jahren 1998 bis 2000 von 2 294 m<sup>3</sup> auf 1 013 m<sup>3</sup> um etwa die Hälfte zurückgegangen. Von 2000 bis 2003 lag der jährliche Verbrauch zwischen 1 000 m<sup>3</sup> und 1 250 m<sup>3</sup>. Seit 2004 ist ein weiterer leichter Rückgang des Verbrauches zu verzeichnen. Er liegt nun zwischen 750 m<sup>3</sup> und 1 000 m<sup>3</sup>.

Im Zeitraum 1998 bis 2008 hat sich der Wasserpreis verdoppelt. Er stieg von 1,07 €/m<sup>3</sup> auf 2,05 €/m<sup>3</sup>. Die Abwasserkosten stiegen im selben Zeitraum um ca. 50 % von 2,63 €/m<sup>3</sup> auf 3,94 €/m<sup>3</sup> an.

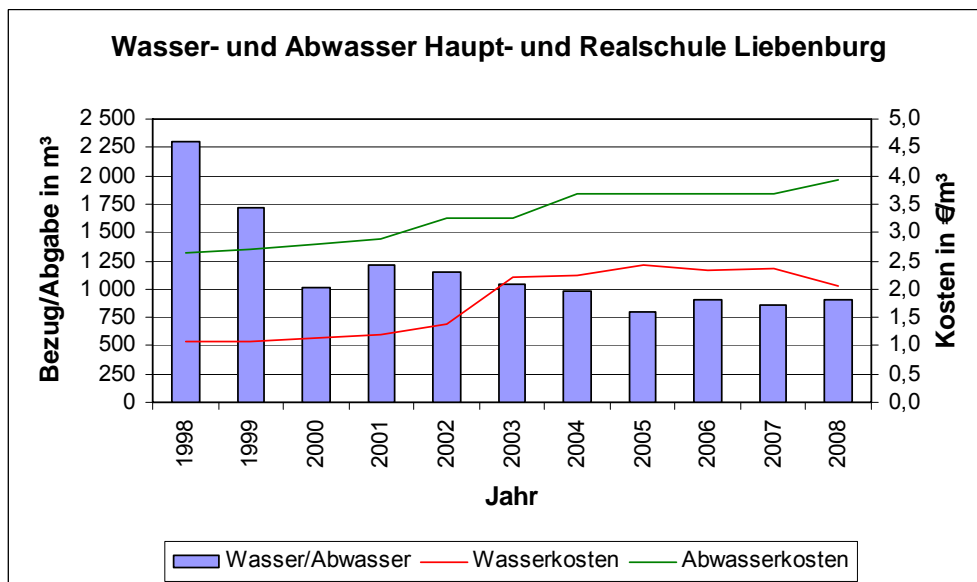


Abbildung 2-66: Übersicht Wasserverbrauch und Abwasser in m<sup>3</sup> und Kosten in €/m<sup>3</sup>

### Übersicht Verbrauchskosten 2008

In der Abbildung 2-67 ist eine Aufstellung der Verbrauchskosten für 2008 zu sehen. Den größten Anteil an den Verbrauchskosten machen die Kosten für Gas mit ca. 68 % aus, ge-

folgt von den Stromkosten mit ca. 26 %. Die Wasser- und Abwasserkosten machen nur einen kleinen Anteil von ca. 2 % bzw. 4 % aus.

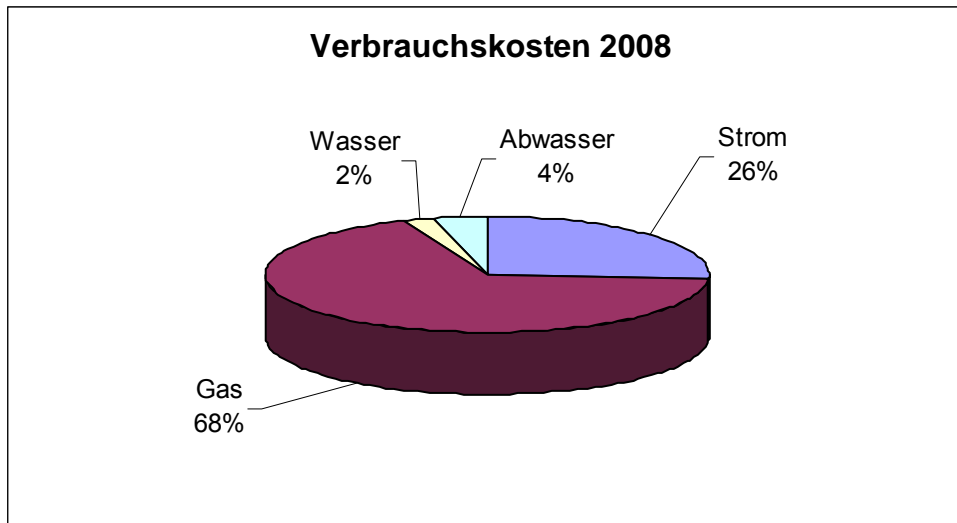


Abbildung 2-67: Übersicht Verbrauchskosten für Strom, Gas, Wasser und Abwasser 2008

### 2.13.3 Verbrauchsübersicht Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg

Alle hier aufgeführten Verbrauchsdaten beziehen sich auf die beiden Gebäude des Gymnasiums (Hauptgebäude und Fachtrakt) sowie auf die beiden Sporthallen.

#### Stromverbrauch

Beim Stromverbrauch des Werner-von-Siemens-Gymnasiums ist ein geringer Anstieg von 1998 bis 2008 zu verzeichnen. Der Verbrauch erhöhte sich von ca. 88 000 kWh (1998) auf ca. 103 000 kWh (2008).

Das gleiche gilt auch für den Strompreis. Er stieg von 14,94 ct/kWh (1998) auf 16,50 ct/kWh (2008) an.

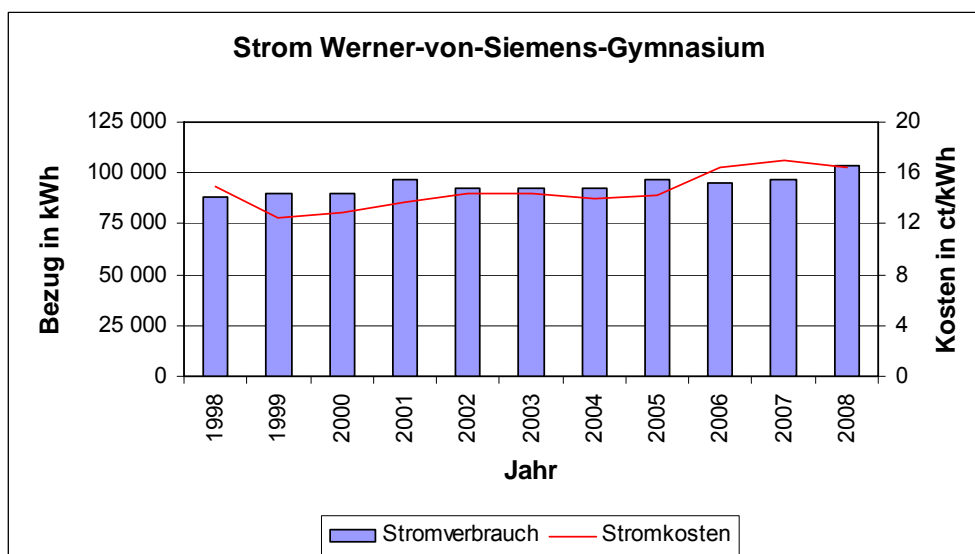


Abbildung 2-68: Übersicht Stromverbrauch in kWh und -kosten in ct/kWh

## Gasverbrauch

In den Jahren 1998 bis 2002 ist ein leichter Anstieg des jährlichen Gasverbrauches zu erkennen. Seit 2003 geht der Verbrauch jährlich zurück. Für die Jahre 2007 und 2008 hat sich der Verbrauch im Vergleich zu 2002 um ca.  $\frac{1}{3}$  verringert. Dies kann auf die Wärmedämmung des Hauptgebäudes und auf die milden Winter zurückgeführt werden.

Hingegen hat sich der Gaspreis von 1998 bis 2008 nahe zu verdreifacht. Er stieg von 2,24 ct/kW h (1998) auf 5,98 ct/kW h (2008) an.

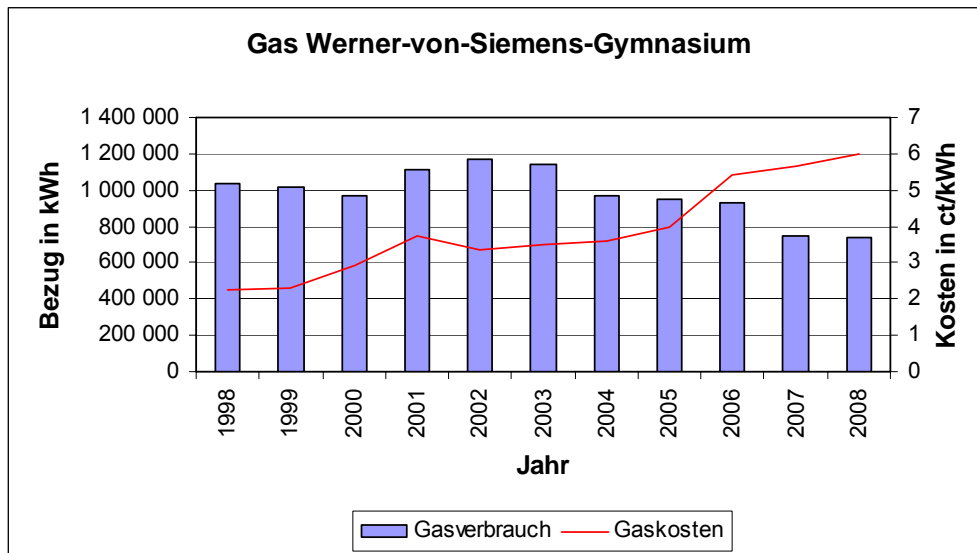


Abbildung 2-69: Übersicht Gasverbrauch in kWh und -kosten in ct/kWh

## Wasser und Abwasser

Der Wasserverbrauch erhöhte sich von 1998 bis 2007 von ca. 1 000 m<sup>3</sup> auf 1 300 m<sup>3</sup> um etwa  $\frac{1}{4}$ . Für 2008 ist ein Rückgang auf 1 150 m<sup>3</sup> zu sehen. Der hohe Wasserverbrauch im Jahr 2000 ist auf einen Wasserschaden in der Sporthalle zurückzuführen. Die Ortung der Leckage dauerte etwa 4 Wochen<sup>32</sup>.

Die Wasser- und Abwasserkosten stiegen in den letzten 11 Jahren um ca.  $\frac{1}{3}$  von 1,27 €/m<sup>3</sup> (Wasser) und 1,55 €/m<sup>3</sup> (Abwasser) auf 1,75 €/m<sup>3</sup> (Wasser) und 2,07 €/m<sup>3</sup> (Abwasser) an.

<sup>32</sup> Landkreis Goslar, Feil, S.: E-Mail vom 11.08.2009



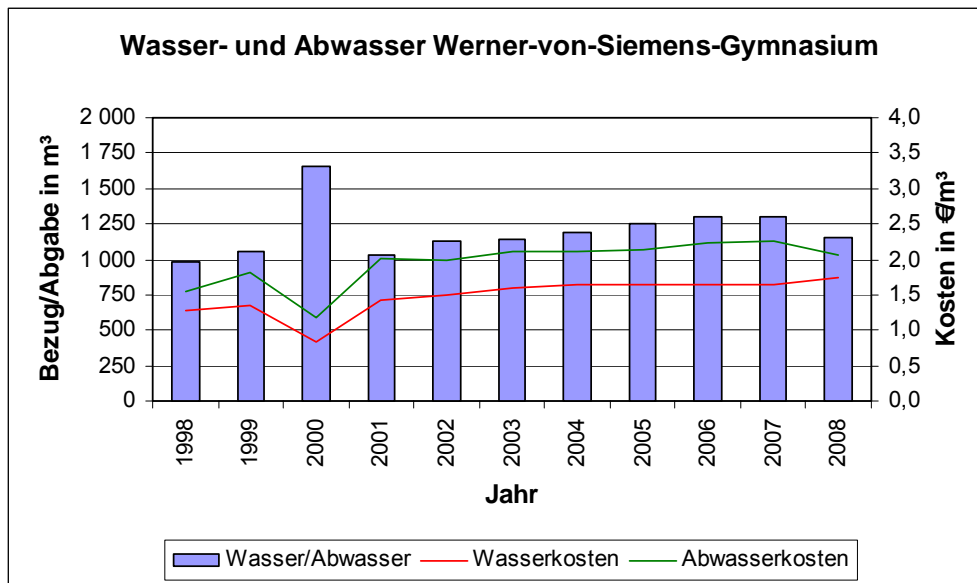


Abbildung 2-70: Übersicht Wasserverbrauch und Abwasser in m³ und Kosten in €/m³

### Übersicht Verbrauchskosten 2008

In der Abbildung 2-71 ist eine Aufstellung der Verbrauchskosten für 2008 zu sehen. Den größten Anteil an den Verbrauchskosten machen die Kosten für Gas mit ca. 68 % aus, gefolgt von den Stromkosten mit ca. 26 %. Die Wasser- und Abwasserkosten machen nur einen kleinen Anteil von jeweils ca. 3 % aus.

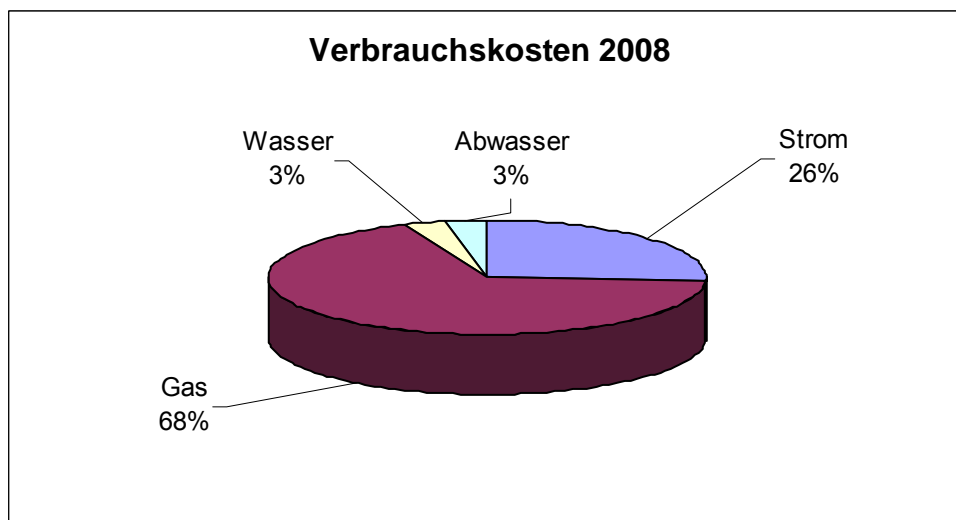


Abbildung 2-71: Übersicht Verbrauchskosten für Strom, Gas, Wasser und Abwasser 2008

### 3. Bewertung

In diesem Kapitel werden für die drei Schulen durchzuführenden Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle, im Gebäude, an der Anlagentechnik und der Ausstattung des Schulgebäudes sowie der Außenbereiche aufgeführt. Die Auflistung gibt grob eine Reihenfolge der durchzuführenden Maßnahmen vor. Es sollte aber beachtet werden, dass zum Beispiel eine Sanierung der Lüftungs- und Heizungstechnik nach einer energetischen Sanierung der Gebäudehülle durchzuführen ist.

Des Weiteren werden für jede Schule die Kosten der Sanierungsmaßnahmen, soweit ermittelbar, abgeschätzt und jeweils in einer Tabelle aufgelistet. Die Erklärung, wie diese Daten ermittelt wurden, folgt im Anschluss an die jeweilige Tabelle. Die Verfasser weisen darauf hin, dass es sich bei den Kosten um eine grobe Abschätzung handelt. Für eine genaue Kostenermittlung der Sanierungsmaßnahmen muss ein ausführliches Sanierungskonzept erarbeitet werden, in dem enthalten ist, wie z.B. die Außenfassade nach dem Umbau aufgebaut sein soll.

#### 3.1 Haupt- und Realschule Seesen

1. Einbindung zweier überdachter Lichthöfe. Einen großen Lichthof vom Dach bis ins Erdgeschoss im Nordostbereich des Gebäudes und den Zweiten etwas kleineren Lichthof vom Dach bis ins 1. Untergeschoss im südwestlichen Bereich des Gebäudes einbauen. Zusätzlich wird das Dach über der Haupttreppe durch ein lichtdurchlässiges Dach ersetzt. Im 1. Untergeschoss werden fünf zusätzliche Lichtkuppeln eingebaut.

Alternativ: Öffnen von Räumen durch innenarchitektonische Mittel, z. B. partielles Anheben der abgehängten Decken und Schaffen von Lichträumen unter der Decke mittels Beleuchtungseffekten und ggf. changierenden Farbtönen in kleinen „Erlebnisbereichen“. Innovative Konzepte wie Lichtkamine oder Lichtwellenleiter sollten überprüft werden (<http://www.glasfaserinfo.de/>).

2. Erreichen der Barrierefreiheit des Gebäudes durch Einbau zweier Aufzüge. Einer südwestlich der Haupttreppe vom 1. Untergeschoss bis ins 2. Obergeschoss. Der Zweite verbindet die beiden Ebenen im 1. Untergeschoss mit dem 2. Untergeschoss.
3. Sanierung der Außenfassade
  - Vorgehängte Betonplatten abnehmen
  - Fensterfronten im Erdgeschoss vor die Betonstützen verlegen und somit eine senkrechte Außenwand ohne Wärmebrücken schaffen
  - Wärmedämmung der Außenfassade bis in den Boden, ggf. überhängende Bauteile auch von unten mit Wärmedämmung versehen (teilweise bereits ausgeführt)
  - Fensterfronten erneuern und Lichtleit- und Sonnenschutzsysteme integrieren
  - Vollständige Versorgung der Schule mit Brüstungskanälen für Kabel
  - Außentüren erneuern und für Kartenlesegeräte vorsehen
4. evt. verschiebbare Innenwände durch Leichtbauwände ersetzen und in die Wände zwischen Klassenräumen und Fluren Oberlichter einbauen.

5. Auswahl von Oberflächen mit angenehmer Haptik und hellen Farbtönen. Farbkonzept für die gesamte Schule, z. B. im hellen Farbspektrum pastellgelb-orange-rot.
6. evt. Abgehängte Decken in allen Bereichen erneuern
7. Lüftungsanlagen und statische Heizung modernisieren.
8. Die Schaltkreise der Beleuchtung in den Klassenräumen und den Fluren optimieren. Ein Austausch der gesamten Beleuchtungsanlage ist wirtschaftlich nicht sinnvoll (siehe Bericht Begutachtung der Beleuchtung; Architekt Dipl.-Ing. Roman A. Jakobiak). Während des Unterrichts das Licht auf den Verkehrswegen reduzieren.
9. Sanitäranlagen modernisieren und ein behindertengerechtes WC installieren.
10. Ausstattung der Klassenräume mit folgenden Installationen vervollständigen:
  - Waschbecken
  - Pylonentafeln (2 Tafelflächen)
  - Beamer mit Whiteboard und/oder Leinwand
  - Internetanschluss und/oder WLAN mit Computer oder Laptop
  - Telefon
  - Flipchart
  - DVD-Player und Videorecorder mit Audioanlage
  - Tageslichtprojektor
11. Ausstattung Schulgebäude
  - Drucker/Kopierer für Schüler
  - Schließfächer
  - Sitzmöglichkeiten und Tische
  - Chipkarten System für Schüler/innen
12. IT Versorgung und Datensicherung
13. Gestaltung der Außenanlagen
  - Bepflanzung an der Gebäudekante
    - Rodung der Bepflanzung / Erhaltung von Großgehölzen
    - Austausch des Bodens mit nährstoffarmen Substrat
    - Pflanzung von pflegeleichten Staudenmischungen zur Definition eines Gesamtbildes
  - Ausgestaltung der Flächen
    - Partielle Entsiegelung der Hofflächen
    - Einbau differenzierter Spielmöglichkeiten
    - Verschattung der talseitigen Hofflächen durch intensive Dachbegrünung
    - Einbau großer Holzterrassen zur Schaffung eines einheitlichem Gestaltungsbildes

Sanierungsmaßnahme		Kosten und Kostengruppe	
		300	400
1	Lichtschächte / Lichtkuppeln	635.000 € <sup>1)</sup>	-
2	Barrierefreiheit durch Aufzüge/Treppenlifts	300.000 € <sup>2)</sup>	-
3	Sanierung der Außenfassade (alles)	2.560.000 € <sup>3)</sup>	
3a	Fenster und Türen austauschen	520.000 € <sup>4)</sup>	
3b	Wärmedämmung der Außenfassade bis in den Boden	25.000 € <sup>5)</sup>	
3c	Lichtleit- und Sonnenschutzsysteme installieren		102.000 € <sup>6)</sup>
4	Innenwände erneuern und Fenster einbauen	615.000 € <sup>7)</sup>	
5	Abgehängte Decken im Innenbereich sanieren	675.000 € <sup>8)</sup>	
6	Lüftungsanlage und statische Heizung modernisieren		
7	Schaltkreise der Beleuchtung optimieren		225.000 € <sup>9)</sup>
8	Sanitäranlagen modernisieren	91.000 € <sup>10)</sup>	52.000 € <sup>10)</sup>
9	Ausstattung der Klassenräume		125.000 € <sup>11)</sup>
10	Ausstattung des Schulgebäudes		
11	IT Versorgung		
12	Außenanlagen		120.000 € <sup>12)</sup>

Tabelle 3-1: Übersicht über die Kosten der einzelnen Sanierungsmaßnahmen der Haupt- und Realschule Seesen

### 3.1.1 Übersicht der Quellen für die Tabelle 3-1

#### 1) Lichtschächte und Lichtkuppeln

LAMPEvier Architekten + Ingenieure:

Schriftlicher Abschlussbericht; Begutachtung von drei Schulen

#### 2) Barrierefreiheit durch Aufzüge und Treppenlifts

LAMPEvier Architekten + Ingenieure:

Schriftlicher Abschlussbericht; Begutachtung von drei Schulen

#### 3) Fassadensanierung unter Erhalt der Waschbeton-Elemente mit zusätzlicher Kerndämmung

LAMPEvier Architekten + Ingenieure:

Sanierung des 1. und 2. Obergeschosses; e-mail Anfrage vom 14.12.2009

#### 4) Fenster und Türen austauschen

Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:

Kunststofffenster, Wärmeschutzverglasung, incl. Ausbau altes Fenster und Schuttabfuhr, Verglasung, Beschläge, Beiputz und dauerelastischer Fugenabdichtung

→ Kunststofffenster, mehrflügelig Größe 1,75 – 2,50 m<sup>2</sup> (334 11 12):

350 €/m<sup>2</sup> → Fensterfläche: ca. 1400 m<sup>2</sup>

Hauseinganstüren Größe 2,0 – 3,0 m<sup>2</sup>, incl. Ausbau alte Tür und Schuttabfuhr, Beschläge, Beiputz, Oberflächenbehandlung und dauerelastischer Fugenabdichtung

→ Hauseingangstüren Holz/Kunststoff, einfach (334 41 01):

1.825 €/Stk. → Anzahl: ca. 18 Außentüren

#### **5) Wärmedämmung bis in den Boden**

*Grundlagenprojekt im Rahmen der energetischen und ökologischen Modernisierung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode: Bestandsaufnahme des Gebäude- und Anlagenbestandes; Abschlussbericht 02: Investitionskosten und Instandhaltung*

Perimeterdämmung 200 mm WLS 035 mit Erdarbeiten:

100 €/m<sup>2</sup> → Außenwandfläche an Erdreich ca. 250 m<sup>2</sup>

#### **6) Lichtleit- und Sonnenschutzsysteme**

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Sonnenschutzvorrichtungen, incl. Führungen, Zugvorrichtungen und Abdeckblenden

→ Sonnenschutz-Außenlamellen (338 31 01):

255 €/m<sup>2</sup> → Fensterfläche: ca. 400 m<sup>2</sup>

#### **7) Innenwände, Innentüren erneuern und Fenster zum Lüften einsetzen**

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Leichte Konstruktionen abrechen in Container laden und abfahren, incl. Gebühren, Handarbeit → Lattenwände / Plattenwände abrechen (394 07 02):

16 €/m<sup>2</sup> → Innenwandfläche ca. 4 500 m<sup>2</sup>

Ständerwände, Wohnungstrennwände mit erhöhten Anforderungen an Brandschutz, Schall und Wärmedämmung, incl. Doppelbeplankung aus Gipswerkstoff-Feuerschutzplatten, 6 cm Mineralfaserplatten, Wandanschlüssen, Spachtelung und Fugenüberdeckung → Einfachständerwand, D = 15 cm (342 02 02):

92 €/m<sup>2</sup> → Innenwandfläche (alle bisher vorhandenen): ca. 5 000 m<sup>2</sup>

Innentüren in neuen, normgroßen Öffnungen, in neuen Wänden oder neu geschaffenen Öffnungen als Normtüren, incl. Türschloss, Türzarge, Beschlägen und Oberflächenbehandlung → Tür einfach, Wanddicke < 24 cm (344 03 01):

395 €/Stk. → Anzahl Innentüren (vorhanden): 120 Stk.

Verglasung in vorhandene Glasausschnitte einsetzen, incl. notwendiger Vorarbeiten mit Kittfalz oder Glashalteleisten

→ Klarglas in Glasausschnitte einsetzen (344 54 01):

56 €/m<sup>2</sup> → verglaste Innenwandfläche ca. 600 m<sup>2</sup>

#### **8) Abgehängte Decken und Fußböden erneuern**

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Leichte Konstruktionen abrechen in Container laden und abfahren, incl. Gebühren, Handarbeit → abgehängte Decken abrechen (394 07 11):

19,50 €/m<sup>2</sup> → Deckenfläche ca. 8500 m<sup>2</sup>

Plattenbekleidungen unter Massiv- oder Holzbalkendecken direkt befestigt oder abgehängt, ohne Dämmung, incl. Unterkonstruktion, Randabschlüssen und Spachtelung → Deckenbekleidungen aus Gips-Feuerschutzplatten, Dicke 15 mm (353 01 02):

60 €/m<sup>2</sup> → Deckenfläche ca. 8500 m<sup>2</sup>

#### **9) Schaltkreise der Beleuchtung optimieren**

*Architekt Dipl.-Ing. Roman Jakobiak:*

Schriftlicher Abschlussbericht: Begutachtung der Beleuchtung

Neue Beleuchtungsanlage Klassenräume, präsenzabhängig → ca. 32 €/m<sup>2</sup> → Fläche ca. 4 900 m<sup>2</sup>

Neue Beleuchtungsanlage und Regelbereiche Pausenhalle und Verkehrsflächen  
ca. 19 €/m<sup>2</sup> → Fläche ca. 3 600 m<sup>2</sup>

## **10) Sanitäranlagen Modernisieren**

*Kostenabrechnung Sanierung WC-Anlagen am Campus Suderburg der Ostfalia*

Die Kosten beinhalten Abbruch- und Demontearbeiten, Rohbau- und Putzarbeiten, Fliesen-, Platten- und Estricharbeiten, Trockenbauarbeiten, Tischlerarbeiten, Trennwände, Malerarbeiten, Sanitär-, Heizungs- und Elektroinstallation und eine Abluftanlage; Die Gesamtkosten sind auf die Grundfläche des Sanitärbereiches umgerechnet: ca. 1.250 €/m<sup>2</sup> (KG 300 ca. 700 €/m<sup>2</sup>; KG 400 ca. 400 €/m<sup>2</sup>; KG 700 150 €/m<sup>2</sup>) → Fläche Sanitäranlagen ca. 130 m<sup>2</sup>

## **11) Ausstattung Klassenräume**

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:* Sanitäre Einrichtungsgegenstände, incl. notwendiger Vorarbeiten, Befestigungen Isolierungen, Armaturen und Zubehör → Handwaschbecken, einfache Qualität (412 21 03):

202 €/Stk. → Anzahl: 52 Stk.

[www.schultafeln.de/pylonentafel.html](http://www.schultafeln.de/pylonentafel.html):

Mittelfläche 200x100 cm; Flügel 100x100 cm (Art. Nr. 342010)

641 €/Stk. zuzüglich 10 €/m<sup>2</sup> für Lineatur und 69 €/Stk. Montage → Anzahl: 52 Stk.

[www.lehrmittel-reinhold-de](http://www.lehrmittel-reinhold-de):

Beamer Sanyo PLC-X475 → 757 €/Stk. → Anzahl: 52 Stk.

Flipchart mit Block und Schreiber → 105 €/Stk. → Anzahl: 52 Stk.

Tageslichtprojektor 250 Watt → 184 €/Stk. → Anzahl: 52 Stk.

Kartenständer mit fünf Füßen, feststehend → 156 €/Stk. Anzahl: 52 Stk.

Whiteboardtafel mit Ablage 200x100 cm, beschreibbar → 292 €/Stk. zuzüglich 9 € für Whiteboardstifte und 4,30 € für Magnete (12 Stk.) → Anzahl: 52 Stk.

## **12) Außenanlagen**

*E-Mail von Till Binder; Landschaftsarchitekt:*

Im schriftlichen Abschlussbericht: „Begutachtung von drei Schulen“ vom Architekturbüro LAMPEvier sind die Veränderungen an den Außenanlagen aufgeführt.

### 3.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg

1. Einbindung zweier Lichthöfe; einen großen Lichthof vom Dach bis in den Bereich der Versammlungszone im Erdgeschoss und den zweiten Lichthof vom Dach bis in den Bereich der Pausenhalle im Erdgeschoss einbauen.

Alternativ: Öffnen von Räumen durch innenarchitektonische Mittel, z. B. partielles Anheben der abgehängten Decken und Schaffen von Lichträumen unter der Decke mittels Beleuchtungseffekten und ggf. changierenden Farbtönen in kleinen „Erlebnisbereichen“. Innovative Konzepte wie Lichtkamine oder Lichtwellenleiter sollten überprüft werden (<http://www.glasfaserinfo.de/>).

2. Erreichen der Barrierefreiheit des Gebäudes durch Einbau eines Aufzuges neben dem Raum 21 im Erdgeschoss. Der Anschluss im Obergeschoss erfolgt im Raum 8.
3. Flachdach wärmetechnisch sanieren, ggf. geneigtes Dach aufsetzen.
4. Sanierung der Außenfassade
  - Faserzement-Platten (Asbest) abnehmen
  - Fensterfronten im Erdgeschoss vor die Betonstützen verlegen und somit eine senkrechte Außenwand ohne Wärmebrücken schaffen
  - Wärmedämmung der Außenfassade bis in den Boden, ggf. überhängende Bauteile auch von unten mit Wärmedämmung versehen
  - Fensterfronten erneuern und Lichtleit- und Sonnenschutzsysteme integrieren
  - Vollständige Versorgung der Schule mit Brüstungskanälen für Kabel
  - Außentüren erneuern und für Kartenlesegeräte vorsehen
  - Haupteingang vorziehen und Platz für einen Klassenraum und eine Cafeteria/Mensa schaffen
5. Verschiebbare Innenwände durch Leichtbauwände (bis an die Rohdecke) ersetzen und Fenster zwischen Klassenräume und Flure einbauen.
6. Auswahl von Oberflächen mit angenehmer Haptik und hellen Farbtönen. Farbkonzept für die gesamte Schule, z. B. im hellen Farbspektrum pastellgelb-orange-rot.
7. Abgehängte Decken und Fußbodenbeläge in allen Bereichen erneuern
8. Lüftungsanlage modernisieren und ggf. statische Heizung installieren. Die Heizzentrale bleibt vorerst bestehen.
9. Die Schaltkreise der Beleuchtung in den Klassenräumen und den Fluren optimieren. Ein Austausch der gesamten Beleuchtungsanlage ist wirtschaftlich nicht sinnvoll (siehe Bericht Begutachtung der Beleuchtung; Architekt Dipl.-Ing. Roman A. Jakobiak). Während des Unterrichts das Licht auf den Verkehrswegen reduzieren.
10. Sanitäranlagen modernisieren und ein behindertengerechtes WC installieren.

11. Ausstattung der Klassenräume mit folgenden Installationen vervollständigen:
  - Waschbecken
  - Pylonentafeln (2 Tafelflächen)
  - Beamer mit Whiteboard und/oder Leinwand
  - Internetanschluss und/oder WLAN mit Computer oder Laptop
  - Telefon
  - Flipchart
  - DVD-Player und Videorecorder mit Audioanlage
  - Tageslichtprojektor
12. Ausstattung des Schulgebäudes
  - Drucker/Kopierer für Schüler
  - Schließfächer
  - Sitzmöglichkeiten und Tische
  - Chipkarten System für Schüler/innen
13. IT Versorgung und Datensicherung
14. Gestaltung der Außenanlagen
  - Abfallcontainer verlegen bzw. blickgeschützten Stellplatz schaffen
  - Einrichtung eines Schulgartens
  - Naturnahe Spiel- und Turnmöglichkeiten sowie ausreichende Sitzmöglichkeiten
  - Versiegelung des Pausenhofes reduzieren
  - Die Treppenanlage zwischen Schulgebäude und Sporthalle sollte in den zentralen Bereich verschoben werden und neu strukturiert werden
15. Thermische Solaranlage und/oder Photovoltaikanlage auf dem Dach der Sporthalle installieren



Sanierungsmaßnahme		Kosten und Kostengruppe	
		300	400
1	Lichtschächte / Lichtkuppeln	350.000 € <sup>1)</sup>	
2	Barrierefreiheit durch Aufzüge/Treppenlifts	90.000 € <sup>2)</sup>	
3	Dachsanierung (Flachdach bleibt)	330.000 € <sup>3)</sup>	
3a	Dachsanierung (leicht geneigtes Dach)		
4	Sanierung der Außenfassade (alles)		
4a	Fenster und Türen austauschen	190.000 € <sup>4)</sup>	
4b	Wärmedämmung der Außenfassade bis in den Boden	5.000 € <sup>5)</sup>	
4c	Lichtleit- und Sonnenschutzsysteme installieren		76.500 € <sup>6)</sup>
4d	Haupteingang vorziehen; Platz für Mensa/Cafeteria und Klassenraum	350.000 € <sup>7)</sup>	
5	Innenwände erneuern und Fenster einbauen	250.000 € <sup>8)</sup>	
6	Abgehängte Decken und Fußböden im Innenbereich sanieren	440.000 € <sup>9)</sup>	
7	Lüftungsanlage modernisieren und ggf. statische Heizung einbauen		
8	Schaltkreise der Beleuchtung optimieren		14.000 € <sup>10)</sup>
9	Sanitäranlagen modernisieren	68.000 € <sup>11)</sup>	39.000 € <sup>11)</sup>
10	Ausstattung der Klassenräume		55.000 € <sup>12)</sup>
11	Ausstattung des Schulgebäudes		
12	IT Versorgung	765.000 € <sup>13)</sup>	
13	Außenanlagen		220.000 € <sup>14)</sup>
14	Thermische Solaranlage und Photovoltaik		

Tabelle 3-2: Übersicht über die Kosten der einzelnen Sanierungsmaßnahmen des Schulzentrums Schule am Schloss Liebenburg

### 3.2.1 Übersicht der Quellen für Tabelle 3-2

#### 1) Lichtschächte und Lichtkuppeln

*LAMPEvier Architekten + Ingenieure:*

Schriftlicher Abschlussbericht; Begutachtung von drei Schulen

#### 2) Barrierefreiheit durch Aufzüge und Treppenlifts

*LAMPEvier Architekten + Ingenieure:*

Schriftlicher Abschlussbericht; Begutachtung von drei Schulen

#### 3) Flachdachsanierung

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Leichte Konstruktionen abrechen in Container laden und abfahren, incl. Gebühren, Handarbeit → Dachbeläge abrechen (394 07 41):

20,50 €/m<sup>2</sup> → Deckenfläche ca. 2 200 m<sup>2</sup> (BGF Erdgeschoss)

Dichtungsbahneneindeckung von flachen und geneigten Dächern, incl. notwendiger Vorarbeiten, Aufnehmen und Abfuhr der vorhandenen Dachhaut und Randanschlüssen → 3-lagige Bitumdachbahn, 14 – 16 cm Dämmung WLG 035, Kies (363 21 04):

---

128 €/m<sup>2</sup> → Dachfläche: ca. 2 200 m<sup>2</sup>

#### 4) Fenster und Türen austauschen

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Kunststofffenster, Wärmeschutzverglasung, incl. Ausbau altes Fenster und Schuttabfuhr, Verglasung, Beschläge, Beiputz und dauerelastischer Fugenabdichtung

→ Kunststofffenster, mehrflüchtig Größe 1,75 – 2,50 m<sup>2</sup> (334 11 12):

350 €/m<sup>2</sup> → Fensterfläche: ca. 460 m<sup>2</sup>

Hauseingangstüren Größe 2,0 – 3,0 m<sup>2</sup>, incl. Ausbau alte Tür und Schuttabfuhr, Beschläge, Beiputz, Oberflächenbehandlung und dauerelastischer Fugenabdichtung

→ Hauseingangstüren Holz/Kunststoff, einfach (334 41 01):

1.825 €/Stk. → Anzahl: ca. 14 Außentüren

#### 5) Wärmedämmung bis in den Boden

*Grundlagenprojekt im Rahmen der energetischen und ökologischen Modernisierung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode: Bestandsaufnahme des Gebäude- und Anlagenbestandes; Abschlussbericht 02: Investitionskosten und Instandhaltung*

Perimeterdämmung 200 mm WLS 035 mit Erdarbeiten:

100 €/m<sup>2</sup> → Außenwandfläche an Erdreich ca. 50 m<sup>2</sup>

#### 6) Lichtleit- und Sonnenschutzsysteme

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Sonnenschutzvorrichtungen, incl. Führungen, Zugvorrichtungen und Abdeckblenden

→ Sonnenschutz-Außenlamellen (338 31 01):

255 €/m<sup>2</sup> → Fensterfläche: ca. 300 m<sup>2</sup>

#### 7) Haupteingang vorziehen und Platz für Mensa/Cafeteria und Klassenraum schaffen

*LAMPEvier Architekten + Ingenieure:*

e-mail Anfrage vom 14.12.2009

#### 8) Innenwände, Innentüren erneuern und Fenster zum Lüften einsetzen

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Leichte Konstruktionen abrechen in Container laden und abfahren, incl. Gebühren, Handarbeit → Lattenwände / Plattenwände abrechen (394 07 02):

16 €/m<sup>2</sup> → Innenwandfläche ca. 1600 m<sup>2</sup>

Ständerwände, Wohnungstrennwände mit erhöhten Anforderungen an Brandschutz, Schall und Wärmedämmung, incl. Doppelbeplankung aus Gipswerkstoff-Feuerschutzplatten, 6 cm Mineralfaserplatten, Wandanschlüssen, Spachtelung und Fugenüberdeckung → Einfachständerwand, D = 15 cm (342 02 02):

92 €/m<sup>2</sup> → Innenwandfläche (alle bisher vorhandenen): ca. 2100 m<sup>2</sup>

Innentüren in neuen, normgroßen Öffnungen, in neuen Wänden oder neu geschaffenen Öffnungen als Normtüren, incl. Türschloss, Türzarge, Beschlägen und Oberflächenbehandlung → Tür einfach, Wanddicke < 24 cm (344 03 01):

395 €/Stk. → Anzahl Innentüren (vorhanden): 50 Stk.

Verglasung in vorhandene Glasausschnitte einsetzen, incl. notwendiger Vorarbeiten mit Kittfalz oder Glashalteleisten → Klarglas in Glasausschnitte einsetzen (344 54 01):

56 €/m<sup>2</sup> → verglaste Innenwandfläche ca. 200 m<sup>2</sup>

### 9) Abgehängte Decken und Fußböden erneuern

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Leichte Konstruktionen abrechen in Container laden und abfahren, incl. Gebühren, Handarbeit → abgehängte Decken abrechen (394 07 11):

19,50 €/m<sup>2</sup> → Deckenfläche ca. 3400 m<sup>2</sup>

→ Bodenbeläge ohne Unterkonstruktion abrechen (394 07 31):

7,00 €/m<sup>2</sup> → Fußbodenfläche ca. 3400 m<sup>2</sup>

Plattenbekleidungen unter Massiv- oder Holzbalkendecken direkt befestigt oder abgehängt, ohne Dämmung, incl. Unterkonstruktion, Randabschlüssen und Spachtelung → Deckenbekleidungen aus Gips-Feuerschutzplatten, Dicke 15 mm (353 01 02):  
60 €/m<sup>2</sup> → Deckenfläche ca. 3400 m<sup>2</sup>

Oberbeläge auf vorhandener Unterkonstruktion, incl. notwendiger Vorarbeiten und Randsanschlüssen → PVC, Material ca. 17 €/m<sup>2</sup> (352 12 02):

42 €/m<sup>2</sup> → Fußbodenfläche ca. 3400 m<sup>2</sup>

### 10) Schaltkreise der Beleuchtung optimieren

*Architekt Dipl.-Ing. Roman Jakobiak:*

Schriftlicher Abschlussbericht: Begutachtung der Beleuchtung

Neueinteilung der Beleuchtungskreise → ca. 4 €/m<sup>2</sup> → Fläche ca. 3400 m<sup>2</sup>

### 11) Sanitäranlagen modernisieren

*Kostenabrechnung Sanierung WC-Anlagen am Campus Suderburg der Ostfalia*

Die Kosten beinhalten Abbruch- und Demontearbeiten, Rohbau- und Putzarbeiten, Fliesen-, Platten- und Estricharbeiten, Trockenbauarbeiten, Tischlerarbeiten, Trennwände, Malerarbeiten, Sanitär-, Heizungs- und Elektroinstallation und eine Abluftanlage; Die Gesamtkosten sind auf die Grundfläche des Sanitärbereiches umgerechnet: ca. 1.250 €/m<sup>2</sup> (KG 300 ca. 700 €/m<sup>2</sup>; KG 400 ca. 400 €/m<sup>2</sup>; KG 700 150 €/m<sup>2</sup>) → Fläche Sanitäranlagen ca. 97 m<sup>2</sup>

### 12) Ausstattung Klassenräume

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Sanitäre Einrichtungsgegenstände, incl. notwendiger Vorarbeiten, Befestigungen Isolierungen, Armaturen und Zubehör → Handwaschbecken, einfache Qualität (412 21 03):

202 €/Stk. → Anzahl: 25 Stk.

[www.schultafeln.de/pylonentafel.html](http://www.schultafeln.de/pylonentafel.html):

Mittelfläche 200x100 cm; Flügel 100x100 cm (Art. Nr. 342010)

641 €/Stk. zuzüglich 10 €/m<sup>2</sup> für Lineatur und 69 €/Stk. Montage → Anzahl: 25 Stk.

[www.lehrmittel-reinhold-de](http://www.lehrmittel-reinhold-de):

Beamer Sanyo PLC-X475 → 757 €/Stk. → Anzahl: 25 Stk.

Flipchart mit Block und Schreiber → 105 €/Stk. → Anzahl: 25 Stk.

Tageslichtprojektor 250 Watt → 184 €/Stk. → Anzahl: 25 Stk.

Kartenständer mit fünf Füßen, feststehend → 156 €/Stk. Anzahl: 25 Stk.

Whiteboardtafel mit Ablage 200x100 cm, beschreibbar → 292 €/Stk. zuzüglich 9 € für  
Whiteboardstifte und 4,30 € für Magnete (12 Stk.) → Anzahl: 25 Stk.

### **13) IT Versorgung**

*Dipl.-Ing. P. Franke; Leiter des Rechenzentrums der Ostfalia - Hochschule für ange-  
wandte Wissenschaften, Campus Wolfenbüttel*

Schriftlicher Abschlussbericht: Konzept für die Informations- und Kommunika-  
tionstechnik der HRS Liebenburg

### **14) Außenanlagen**

*E-Mail von Till Binder; Landschaftsarchitekt:*

Im schriftlichen Abschlussbericht: „Begutachtung von drei Schulen“ vom Architekturbüro LAMPEvier sind die Veränderungen an den Außenanlagen aufgeführt.

### 3.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg

1. Erreichen der Barrierefreiheit des Hauptgebäudes durch den Einbau eines Aufzuges und mehrerer Treppenlifts. Im Fachtrakt sollte zwischen Erdgeschoss und Sockelgeschoss ebenfalls ein Treppenlift eingebaut werden
2. Sanierung der Außenfassade
  - Fachtrakt und beide Sporthallen von außen energetisch Sanieren
  - Fenster in der alten Sporthalle sanieren
  - Neubau des Verbindungsganges zwischen Hauptgebäude und Fachtrakt
  - Lichtleit- und Sonnenschutzsysteme im Hauptgebäude und Fachtrakt nachrüsten
  - Vollständige Versorgung der Schule mit Brüstungskanälen für Kabel
  - Außentüren erneuern und für Kartenlesegeräte vorsehen
3. Nach Beendigung der energetischen Sanierung aller Gebäudeteile ebenfalls die Heizzentrale sanieren
4. Die Schaltkreise der Beleuchtung in den Klassenräumen und den Fluren optimieren. Ein Austausch der gesamten Beleuchtungsanlage ist wirtschaftlich nicht sinnvoll (siehe Bericht Begutachtung der Beleuchtung; Architekt Dipl.-Ing. Roman A. Jakobiak). Während des Unterrichts das Licht auf den Verkehrswegen reduzieren.
5. Sanitäranlagen modernisieren und ein behindertengerechtes WC installieren
6. Austausch der Fußbodenbeläge durch leicht und kostengünstig zu reinigende Materialien zu ersetzen
7. Ausstattung der Klassenräume:
  - Waschbecken
  - Pylonentafeln (2 Tafelflächen) und Pinwänden
  - Beamer mit Whiteboard und/oder Leinwand
  - Internetanschluss und/oder W-LAN mit Computer oder Laptop
  - Telefon
  - Flipchart
  - DVD-Player und Videorecorder mit Audioanlage
  - Tageslichtprojektor
8. Ausstattung des Schulgebäudes
  - Drucker/Kopierer für Schüler
  - Schließfächer
  - Sitzmöglichkeiten und Tische
  - Chipkarten System für Schüler/innen
9. IT Versorgung und Datensicherung
10. Gestaltung der Außenanlagen
  - Bepflanzung an der Gebäudekante
    - Rodung der Bepflanzung / Erhaltung von Großgehölzen

- Austausch des Bodens mit nährstoffarmen Substrat
- Pflanzung von pflegeleichten Staudenmischungen zur Definition eines Gesamtbildes

#### Ausgestaltung der Flächen

- Instandsetzung des momentanen Bestandes
- Einbau von Spielmöglichkeiten
- Beton des historischen grünen Pausenbereiches als eingefasste Hoffläche
- Errichtung eines Schulgartens auf der Wiese am Lehrerparkplatz

Sanierungsmaßnahme		Kosten und Kostengruppe	
		300	400
1	Barrierefreiheit durch Aufzüge/Treppenlifts	180.000 € <sup>1)</sup>	
2	Sanierung der Außenfassade (alles)		
2a	Fenster und Türen austauschen (Fachtrakt)	260.000 € <sup>2)</sup>	
2b	Wärmedämmung Fachtrakt	140.000 € <sup>3)</sup>	
2c	Wärmedämmung Sporthallen	200.000 € <sup>4)</sup>	
2d	Lichtleit- und Sonnenschutzsysteme installieren		225.000 € <sup>5)</sup>
2e	Neubau Verbindungsgang		
3	Heizungsanlage modernisieren		
4	Beleuchtungsanlage optimieren		80.000 € <sup>6)</sup>
5	Sanitäranlagen modernisieren	63.000 € <sup>7)</sup>	36.000 € <sup>7)</sup>
6	Ausstattung der Klassenräume		90.000 € <sup>8)</sup>
7	Ausstattung des Schulgebäudes		
8	IT Versorgung		
9	Außenanlagen		40.000 € <sup>9)</sup>

Tabelle 3-3: Übersicht über die Kosten der einzelnen Sanierungsmaßnahmen des Werner-von-Siemens-Gymnasiums Bad Harzburg

### 3.3.1 Übersicht der Quellen für Tabelle 3-3

#### 1) Barrierefreiheit durch Aufzüge und Treppenlifts

*LAMPEvier Architekten + Ingenieure:*

Schriftlicher Abschlussbericht; Begutachtung von drei Schulen

#### 2) Fenster und Türen austauschen

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Kunststofffenster, Wärmeschutzverglasung, incl. Ausbau altes Fenster und Schuttabfuhr, Verglasung, Beschläge, Beiputz und dauerelastischer Fugenabdichtung

→ Kunststofffenster, mehrflügelig Größe 1,75 – 2,50 m<sup>2</sup> (334 11 12):

350 €/m<sup>2</sup> → Fensterfläche Fachtrakt: ca. 640 m<sup>2</sup> und Fensterfläche Aula: ca. 57 m<sup>2</sup>

Hauseingangstüren Größe 2,0 – 3,0 m<sup>2</sup>, incl. Ausbau alte Tür und Schuttabfuhr, Beschläge, Beiputz, Oberflächenbehandlung und dauerelastischer Fugenabdichtung

→ Hauseingangstüren Holz/Kunststoff, einfach (334 41 01):

1.825 €/Stk. → Anzahl: 2 Außentüren Fachtrakt und 6 Außentüren Hauptgebäude

### **3) Wärmedämmung Fachtrakt**

*Grundlagenprojekt im Rahmen der energetischen und ökologischen Modernisierung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode: Bestandsaufnahme des Gebäude- und Anlagenbestandes; Abschlussbericht 02: Investitionskosten und Instandhaltung*

Aufbringen von Wärmedämmverbundsystem 200 mm WLS 035:

133 €/m<sup>2</sup> → Außenwandfläche an Außenluft ca. 950 m<sup>2</sup>

Perimeterdämmung 200 mm WLS 035 mit Erdarbeiten:

100 €/m<sup>2</sup> → Außenwandfläche an Erdreich ca. 100 m<sup>2</sup>

### **4) Wärmedämmung Sporthallen**

*Grundlagenprojekt im Rahmen der energetischen und ökologischen Modernisierung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode: Bestandsaufnahme des Gebäude- und Anlagenbestandes; Abschlussbericht 02: Investitionskosten und Instandhaltung*

Aufbringen von Wärmedämmverbundsystem 200 mm WLS 035:

133 €/m<sup>2</sup> → Außenwandfläche an Außenluft ca. 1 500 m<sup>2</sup>

### **5) Lichtleit- und Sonnenschutzsysteme**

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Sonnenschutzvorrichtungen, incl. Führungen, Zugvorrichtungen und Abdeckblenden  
→ Sonnenschutz-Außenlamellen (338 31 01):

255 €/m<sup>2</sup> → Fensterfläche: ca. 880 m<sup>2</sup>

### **6) Beleuchtungsanlage optimieren**

*Architekt Dipl.-Ing. Roman Jakobiak:*

Schriftlicher Abschlussbericht: Begutachtung der Beleuchtung

Kontrollsystem: Tageslicht und präsenzabhängig für Klassenräume, Lehrerzimmer und Sekretariat im Hauptgebäude → ca. 13,20 €/m<sup>2</sup> → Fläche ca. 1 406 m<sup>2</sup>

Neue Beleuchtungsanlage Klassenräume Fachtrakt → ca. 40,3 €/m<sup>2</sup> → Fläche ca. 1 458 m<sup>2</sup>

### **7) Sanitäranlagen modernisieren**

*Kostenabrechnung Sanierung WC-Anlagen am Campus Suderburg der Ostfalia*

Die Kosten beinhalten Abbruch- und Demontearbeiten, Rohbau- und Putzarbeiten, Fliesen-, Platten- und Estricharbeiten, Trockenbauarbeiten, Tischlerarbeiten, Trennwände, Malerarbeiten, Sanitär-, Heizungs- und Elektroinstallation und eine Abluftanlage; Die Gesamtkosten sind auf die Grundfläche des Sanitärbereiches umgerechnet: ca. 1.250 €/m<sup>2</sup> (KG 300 ca. 700 €/m<sup>2</sup>; KG 400 ca. 400 €/m<sup>2</sup>; KG 700 150 €/m<sup>2</sup>) → Fläche Sanitäranlagen ca. 90 m<sup>2</sup>

### **8) Ausstattung Klassenräume**

*Baukosten 2008, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung:*

Sanitäre Einrichtungsgegenstände, incl. notwendiger Vorarbeiten, Befestigungen Isolierungen, Armaturen und Zubehör → Handwaschbecken, einfache Qualität (412 21 03):

202 €/Stk. → Anzahl: 36 Stk.

[www.schultafeln.de/pylonentafel.html](http://www.schultafeln.de/pylonentafel.html):

Mittelfläche 200x100 cm; Flügel 100x100 cm (Art. Nr. 342010)

641 €/Stk. zuzüglich 10 €/m<sup>2</sup> für Lineatur und 69 €/Stk. Montage → Anzahl: 36 Stk.

[www.lehrmittel-reinhold.de](http://www.lehrmittel-reinhold.de):

Beamer Sanyo PLC-X475 → 757 €/Stk. → Anzahl: 36 Stk.

Flipchart mit Block und Schreiber → 105 €/Stk. → Anzahl: 36 Stk.

Tageslichtprojektor 250 Watt → 184 €/Stk. → Anzahl: 36 Stk.

Kartenständer mit fünf Füßen, feststehend → 156 €/Stk. Anzahl: 36 Stk.

Whiteboardtafel mit Ablage 200x100 cm, beschreibbar → 292 €/Stk. zuzüglich 9 € für Whiteboardstifte und 4,30 € für Magnete (12 Stk.) → Anzahl: 36 Stk.

## 9) Außenanlagen

*E-Mail von Till Binder; Landschaftsarchitekt:*

Im schriftlichen Abschlussbericht: „Begutachtung von drei Schulen“ vom Architekturbüro LAMPEvier sind die Veränderungen an den Außenanlagen aufgeführt.

## 3.4 Allgemeine Empfehlungen

- Sanierung in Seesen sollte in absehbarer Zeit beginnen da das OS-Gebäude noch vorhanden ist
- Jeder Klassenlehrer bekommt einen eigenen Klassenraum, in dem er immer unterrichtet (Schüler gehen zu den Lehrern – Vorbild Realschule Seesen); Ausnahme Fächer für die es extra Räume gibt – Bio, Chemie, etc. → Ziel die Verschmutzung der Räume zu verringern
- Alle nicht Klassenlehrer bekommen zweier bis vierer Büros (Vorbild Gebhard-Müller Schule Biberach – „Lehrerstützpunkte“) – Ausstattung mit Internet und Computer/Laptop für jeden
- Einrichtung von 1 bis 2 Besprechungsräumen für Eltern-Lehrer Gespräche und einem großen Konferenzraum
- Drucker und Kopierer auch für Schüler nutzbar mittels Karte (Vorbild Ostfalia)
- Computer für Schüler auch in den Freistunden nutzbar für Ausarbeitungen und Hausaufgaben – persönliche Anmeldung erforderlich (Vorbild Gebhard-Müller Schule Biberach)
- Große Fenster, die zum Lüften geöffnet werden, können mit sinnvollem Sonnenschutz ausgestattet werden
- Ernennung eines Schülers zum „Energiebeauftragten“ – Zuständig für Lüftung in den Pausen, zudrehen der Heizkörper (evt.)
- Viele Sitzgelegenheiten in der Pausenhalle und im Außenbereich
- Fußball-, Basketballplätze, Tischtennisplatten, etc.
- Wegweiser in den Schulen



### **3.5 Frage der Beibehaltung von Heizkörpern**

In einer weiterführenden Untersuchung grundsätzlicher Art sollten Checklisten entwickelt werden, mit denen eine Entscheidungshilfe für den Einbau einer kontrollierten Lüftung (Abluftanlagen oder Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung), den Einbau von Lüftungsampeln oder die Empfehlung einer weiterhin natürlichen Fensterlüftung gegeben wird. Zurzeit läuft eine entsprechende Untersuchung in Zusammenhang mit einer Diplomarbeit und in Kooperation mit proKlima-Hannover. Geklärt werden soll hierbei auch die Weiterverwendung vorhandener Heizkörper, die Neuinstallation neuer und kleiner Heizkörper, auch mit Innenwandanordnung oder – bei Dämmung auf Passivhausniveau – der vollständige Verzicht auf statische Heizflächen.

### **3.6 Qualitätssicherungsmaßnahmen**

Die notwendigen Qualitätssicherungsmaßnahmen bautechnisch sowie anlagentechnisch werden nachfolgend definiert:

- Hydraulische Einregulierung der Heizungs- und Lüftungsverteilung
- Abstimmung der Regelung von Heizungs- und Lüftungsanlage aufeinander
- Heizungs- und Lüftungsregelung den betreffenden Personen erklären
- Weiterhin Aufnahme der Verbrauchsdaten (Wasser, Gas bzw. Wärme und Strom)
- Nutzer über richtiges Lüftungsverhalten aufklären

## **4. Empfehlung**

Wir empfehlen das Schulzentrum Schule am Schloss in Liebenburg zu sanieren. Das Schulzentrum hat von den drei untersuchten Schulen den höchsten spezifischen Energieverbrauch. An dieser Schule wurden bisher noch keine energetischen Sanierungen durchgeführt. Am Werner-von-Siemens-Gymnasium in Bad Harzburg wurden bereits die Fassaden des Hauptgebäudes und die Dachböden des Hauptgebäudes und des Fachtraktes nachträglich gedämmt. Des Weiteren wurden die Fenster im Hauptgebäude durch 3 Scheiben-Wärmeschutzverglasung ersetzt. An der Haupt- und Realschule Seesen wurden die Flachdächer saniert und mit einer Wärmedämmung versehen. Zurzeit laufen die Planungen für eine energetische Sanierung des 1. und 2. Obergeschosses. Des Weiteren handelt es sich beim Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg um ein vergleichsweise kleines und kompaktes Schulgebäude, das sich relativ kostengünstig und einfach sanieren lässt.

Wir empfehlen weiterhin, im zweiten Projektabschnitt eine Ausführungsplanung für eine Sanierung des Schulzentrums Schule am Schloss und parallel eine Vorplanung eines Neubaus unter wissenschaftlicher Begleitung der Ostfalia durchzuführen. Dadurch lässt sich abschätzen, inwieweit ein Neubau der Schule günstiger und/oder sinnvoller ist als eine Sanierung.

### **4.1 Sanierungsmaßnahmen**

#### **4.1.1 Gebäudehülle**

##### **Außenwände**

Wir empfehlen die alte Vorhangfassade zu demontieren und durch eine neue zu ersetzen. Es ist davon auszugehen, dass die Verkleidung mit Asbestzementplatten ausgeführt ist. Die Demontage der Platten sollte möglichst in den Ferien erfolgen um eine Gefährdung der Schüler und Lehrer auszuschließen. Vor und nach den Arbeiten sollten die Räume auf eventuelle Fasern untersucht werden, um ein gesichertes Ergebnis zu erhalten.

Als neue Außenwand empfehlen wir wiederum eine Vorhangfassade. Diese ist zwar in der Anschaffung teurer, aber dafür wartungsärmer. Eine WDVS würden wir nicht installieren, da hier die Gefahr der mutwilligen Zerstörung höher ist. Die neue Fassade sollte einen U-Wert von mindestens  $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  haben. Die Gestaltung der Fassade sollte mit hellen und freundlichen Farben erfolgen.

Im Erdgeschoss sollten alle Außenwände vorgezogen werden um Wärmebrücken zu vermeiden.

##### **Außenwände zum Erdreich**

Die Außenwände zum Erdreich sollten mit 20 cm Perimeterdämmung versehen werden und die Dämmung im Sockelbereich fortgesetzt und möglichst nah an die Unterkante des Fundaments herangeführt werden. Die Dämmtiefe ist mindestens bis in Frosttiefe von 80 cm vorzusehen. Falls ohne hohen Aufwand möglich, sollte die Dämmschürze tiefer geführt werden, weil dadurch ein Wärmepuffer unterhalb der Bodenplatte verbessert wird und auf Maßnahmen bei der Dämmung der Bodenplatte möglicherweise verzichtet werden kann.

Im Zuge dieser Arbeiten schlagen wir vor, rund um das Gebäude eine Dränage zu verlegen und evt. eine Erdgasleitung zur Lüftungszentrale geführt werden.

### **Bodenplatte**

Eine nachträgliche Dämmung der Bodenplatte ist sehr aufwendig. Daher empfehlen wir eine Dämmschürze rund um das Gebäude (siehe Außenwände zum Erdreich) zu ziehen. Diese Dämmung sollte möglichst tief geführt werden, um die Ausbildung einer Wärmelinse unterhalb der Bodenplatte zu begünstigen. Grundsätzlich sollte bei der Planung eine detaillierte Simulation ausgeführt werden, bei der auch die Untergrundverhältnisse präzise einbezogen werden. Von besonders hoher Bedeutung ist dabei der Ansatz für Grundwasser und ggf. der Fließgeschwindigkeit.

### **Dach**

Das Flachdach wird weiterhin beibehalten. Der bisherige Aufbau auf dem Dach muss überprüft werden und kann möglicherweise erhalten und mit einer zusätzlichen neuen Dämmung ergänzt werden. Die Kiesschüttung ist vorher zu entfernen. Dabei sind die Diffusionsvorgänge zu überprüfen und ggf. die vorhandene Abdichtung vor Montage der neuen Schicht zu perforieren. Die zusätzliche Dämmdicke sollte mindestens 25 cm mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda$  0,035 W/(mK) betragen. Dabei sollte das Gefälle überprüft und ggf. ergänzt werden. Berücksichtigt werden müssen die Wärmebrücken an Durchdringungen und vor allem im Bereich der Attika. Für diese Details sollte eine Wärmebrückenberechnung mit Optimierung der Konstruktion durchgeführt werden. Der neue U-Wert des Daches sollte bei mindestens 0,12 W/(m<sup>2</sup>·K) liegen. Das Dach sollte bereits für eine spätere Montage einer Photovoltaikanlage vorbereitet werden.

### **Fenster und Außentüren**

Im Zuge der Fassadensanierung schlagen wir vor, Holz-Aluminium-Fenster einzusetzen. Der Vorteil gegenüber Holz- oder Kunststofffenstern besteht darin, dass sie eine erhöhte Qualität haben und es ist mit einem geringeren Wartungsaufwand zu rechnen. Des Weiteren ist die Haptik der Innenoberfläche anzuführen, die für Schulräume geeigneter erscheint. Darüber hinaus liegt ein wesentlicher Vorteil im energetischen Bereich: bei Holz-Alu-Fenstern sind auf kostengünstige Weise Rahmen U-Werte zwischen 0,6 und 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) zu erreichen, während Alu-Fenster im Bereich von 1,4 bis 1,8 W/(m<sup>2</sup>K) liegen und somit deutlich ungünstigeren Wärmeschutz bieten.

Es sollte auf jeden Fall Dreischeibenverglasung mit einem U-Wert von 0,6 W/(m<sup>2</sup>K) eingesetzt werden. Die Verglasung mit Argon-Füllung wird zunehmend zum Standard und ist nur 20 bis 30 Euro pro m<sup>2</sup> teurer als Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung. Die Mehrkosten gegenüber Gläsern mit einem U-Wert um 0,9 W/(m<sup>2</sup>K) liegen nochmals niedriger.

Die Anordnung der Fenster sollten so gewählt werden, dass so viel Tageslicht wie möglich in die Räume gelangen kann. Verglaste Flächen unterhalb der Brüstungshöhe tragen kaum zur Belichtung der Räume bei. Sie verschlechtern nur den sommerlichen Wärmeschutz und führen im Winter zu höheren Transmissionswärmeverlusten. Des Weiteren müssen auf den Sonnenseiten Verschattungssysteme installiert werden. Diese sollten so beschaffen sein, dass

immer noch genug Tageslicht in die Klassenräume eindringen kann, ohne dass die künstliche Beleuchtung eingeschaltet werden muss.

Die Außentüren nehmen bei der Gebäudehüllfläche nur einen sehr kleinen Prozentsatz der Fläche ein. Deshalb ist es sinnvoll, dort der Gebrauchstauglichkeit und vor allem der Luftdichtheit absolute Priorität einzuräumen. Es wird empfohlen, die Haupteingangstüren als Aluminiumelemente auszuführen. Die angrenzenden Fenster können bei gleicher Außenoptik wiederum als Holz-Alu-Konstruktionen ausgeführt werden.

Hoher Wert muss auf einen hochwertigen Schließmechanismus gelegt werden, der auch im Normalbetrieb für hohe Luftdichtheit bürgt. Zudem sollte bei allen Eingängen großzügig bemessene Windfänge ausgeführt werden. Je nach Dämmsituation kann dann eine Ebene der Türen energetisch hochwertig (=Thermische Hülle) und die andere Ebene in eher kostengünstigem normalem Standard ausgeführt werden.

#### **4.1.2 Innenbereiche**

##### **Abgehängte Decken**

Die abgehängten Decken sollten komplett erneuert werden. Auf den abgehängten Decken befinden sich Matten aus künstlichen Mineralfasern, die als schadstoffträchtig zu betrachten sind. Ein vollständiges Entfernen ist dringend geboten. Die Demontage sollte unbedingt in den Ferien erfolgen, um keine Schüler durch Staubeinträge zu schädigen.

In den Klassenräumen und in den Verkehrsflächen sollten die neuen Decken in einigen Bereichen angehoben werden. Durch das Anheben lassen sich mittels Beleuchtungseffekten und ggf. changierenden Farben Lichträume schaffen die zu einer angenehmeren Raumatmosphäre beitragen. Auf den Einbau von Lichtschächten sollte aus kosten und energetischen Gründen verzichtet werden. Die Verkehrsflächen sollen durch eine optimale künstliche Beleuchtung erhellt werden.

##### **Innenwände**

Die Innenwände sollten ebenfalls komplett demontiert und von Grund auf unter der Beachtung des Schall- und Brandschutzes neu erstellt werden. Des Weiteren sollten sie bis unter die Stahlbetondecke ausgeführt werden. In den Wänden zwischen den Klassenräumen und den Fluren sollten Oberlichter eingebaut werden, um eine bessere Belichtung der Flure zu erreichen. Auswahl von Oberflächen mit angenehmer Haptik und hellen Farbtönen. Farbkonzept für die gesamte Schule, z. B. im hellen Farbspektrum pastellgelb-orange-rot. Die klassenraumseitigen Wände müssen so beschaffen sein, dass dort leicht Bilder, Grafiken, Landkarten, etc. aufgehängt werden können.

##### **Fußböden**

Die Bodenbelege sollten im ganzen Schulgebäude erneuert und durch helle und leicht zu reinigende Belege ersetzt werden. Insbesondere gilt das für die Waschbetonplatten im Eingangsbereich.

## **Barrierefreiheit**

Im Schulgebäude muss ein Aufzug für körperlich behinderte Personen und zum Lastentransport eingebaut werden, der das Erdgeschoss mit dem Obergeschoss verbindet. Damit können auch körperlich behinderte Personen den Fachtrakt erreichen.

## **Eingangsbereich**

Der Haupteingang der Schule ist bedingt durch die bauliche Situation schlecht zu erkennen. Aus diesem Grund empfehlen wir den Eingangsbereich vorzuziehen und den gesamten Bereich freundlicher zu gestalten. Zusätzlich kann durch die Erweiterung ein dringend benötigter Raum für eine Cafeteria geschaffen werden. Des Weiteren müssen alle Eingänge mit Windfängen ausgestattet werden.

## **Beleuchtung**

Durch die Erneuerung der abgehängten Decken muss die gesamte Beleuchtungsanlage demontiert werden und sollte dann ebenfalls modernisiert werden. Die einzelnen Schaltkreise sollten neu angelegt werden.

### **4.1.3 Anlagentechnik**

#### **Lüftungsanlage**

Wir empfehlen eine Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung zu installieren. Da bereits ein ähnliches System im Gebäude installiert ist, sollte die Anlagenteile überprüft werden, ob sie weiterhin verwendet werden können. Der Standort der Lüftungszentral wird nicht verlegt. Die Luftansaugung erfolgt zurzeit von der Südseite des Gebäudes. Dies sollte in den Wintermonaten auch weiterhin beibehalten werden. Für die Sommermonate empfehlen wir die Außenluft von der Westseite des Gebäudes anzusaugen. Diese liegt während der Schulzeit im Schatten. Die Zuluft sollte in den Klassenräumen zugeführt werden. Aus den Klassenräumen wird die Luft durch Überströmöffnungen (Brand- und Schallschutz beachten) in die Flure geleitet und von dort wieder abgesaugt. Als weitere Ablufträume müssen die Toiletten ausgelegt werden.

In den Sommermonaten sollte die Lüftungsanlage als Nachtkühlung des Gebäudes eingesetzt werden. Die Nachtkühlung ist nur dann effizient wirksam, wenn Oberflächen im Raum angemessen aktiviert werden können. Von Bedeutung sind dabei die Materialien der obersten vier bis acht Zentimeter der Raum umfassenden Bauteile: sie sollten bei der Planung so ausgewählt werden, dass Speichermasse zur Verfügung steht. Im Bodenbereich kann der Estrich diese Funktion übernehmen. Die bisherige Leichtbaukonstruktion ist in diesem Sinn wenig hilfreich.

#### **Heizungsanlage**

Eine statische Heizung wird für das Schulgebäude nicht vorgesehen. Alle Räume, die bisher über Heizkörper verfügen, können optional auch weiterhin über sie versorgt werden. Zusätzlich werden die Räume an die Lüftungsanlage angeschlossen. Nach der energetischen Sanierung der Gebäudehülle wird der Wärmebedarf so gering sein, dass er über eine Gas-Brennwerttherme gedeckt werden kann. Diese sollte dann, um hohe Verteilverluste auszu-

schließen, in der Lüftungszentrale installiert werden. Die Anbindung mit einer Gasleitung kann während der Sockeldämmung von der Westseite des Gebäudes her erfolgen. Die bisherige Heizzentrale versorgt dann nur noch die Sporthalle.

Das gesamte Lüftungs- und Heizungskonzept sollte vor Beginn der Planung noch einmal genau geprüft werden.

### **Messtechnik**

Während der Modernisierung der Anlagentechnik sollten in allen Bereichen Messgeräte zur Verbrauchsüberwachung eingebaut werden. Dies gilt vor allem im Bereich der Heizung und der Elektrizität. Für den Bereich Heizung sollten in jeden Kreis Wärmemengenzähler (WMZ) eingebaut werden. Im Einzelnen sind dies: Fachtrakt, Lüftungsanlage und statische Heizung. Hinter dem Wärmeerzeuger sollte ebenfalls ein WMZ installiert werden. Der Stromverbrauch sollte getrennt für Heizung, Lüftungsanlage, Beleuchtung und sonstige Verbraucher gemessen werden. Durch den Einbau der Messgeräte kann die gesamte Anlagentechnik während des laufenden Betriebes weiter optimiert werden und so zur Energieeinsparung beitragen. Die Auswertung der Messdaten könnten u. a. die Schülerinnen und Schüler selber durchführen. Durch diese Arbeiten wird das Bewusstsein zur Energieeinsparung gestärkt.

Des Weiteren sollte zur Technikzentrale ein besserer Zugang geschaffen werden um die Anlage auch für Besichtigungen zugänglich zu machen.

#### **4.1.4 Schadstoffbelastungen**

Auf Grund des Baujahrs besteht die Möglichkeit, dass Schadstoffe mit verschiedenen Baustoffen und Bauteilen eingebaut wurden. Deshalb wird empfohlen, eine diesbezügliche Untersuchung durchzuführen, wobei Schwerpunkte im Bereich Asbest (Fassade und weitere Bauteile, Brandschutzmaßnahmen), PCB (Fugenmaterialien, wahrscheinlich auf Grund des Baujahrs nicht mehr belastet), Oberflächenbeschichtungen (insbesondere von Holz hinsichtlich Holzschutzmitteln), Oberbodenbelägen und Einrichtungsgegenständen liegen sollten. Die abgehängten Decken sind ebenfalls zu überprüfen. Erkennbar waren bei der Begehung KMF-Matten, die frei auf den Deckenplatten liegen und mit hoher Wahrscheinlichkeit entfernt werden müssen, weil die Fasern kanzerogenes Potenzial beinhalten. Eine Untersuchung der Gebäudetechnik und der Leitungen auf Schadstoffpotenzial sollte ebenfalls durchgeführt werden.

Im Zuge der Modernisierung sollten die neuen Materialien im Vorfeld auf Schadstoffpotenziale untersucht werden und ggf. bei Materialien mit hohem Volumen bzw. Oberflächenanteil spezifisch untersucht werden. D. h. die angelieferten Chargen sollten rechtzeitig mittels Messungen auf Emissionen getestet werden.

#### **4.1.5 Ausstattung des Schulgebäudes**

Ein großes Augenmerk sollte während der Sanierung des Schulgebäudes auf die zukünftige Ausstattung der Schule gelegt werden. Während der Planung sollte ein flächendeckendes Datennetz für das Schulgebäude berücksichtigt und jeder Klassenraum mit Netzanschlüssen versorgt werden. In der Verwaltung sollten neue Desktop-PCs und netzwerkfähige Drucker installiert und für die Lehrerinnen und Lehrer 2 Desktop-PCs und ein netzwerkfähiger Drucker bereitgestellt werden. Ferner sollten in den Klassenräumen eine ausreichende Anzahl

von Steckdosen eingeplant, in jedem Raum mit einer Tafel ein Waschbecken installiert und Schränke und/oder Regale aufgestellt werden.

## 4.2 Wirtschaftlichkeit

Die Sanierungskosten nach EnEV 2009 werden mit 1.000 €/m<sup>2</sup> – 1.400 €/m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche abgeschätzt. Zu den gesamten Kosten kommen zusätzlich die Kosten für eine bessere Ausstattung der Schule mit Lehrmitteln, Informations- und Kommunikationstechnik (IuK), Einrichtung einer Cafeteria/Mensa, usw. Von den genannten Kosten von 1.000 €/m<sup>2</sup> – 1.400 €/m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche entfallen etwa die Hälfte auf eine energetische Sanierung der Gebäudehülle.

Eine Sanierung nach Passivhaus-Standard würde einen Kostenmehraufwand von ca. 60 €/m<sup>2</sup> Nettogrundfläche im Vergleich zur EnEV-2009 Sanierung zur Folge haben. Die Berichterstatter empfehlen bei einer Sanierung den Passivhaus-Standard einzuhalten. Die einzelnen Bauteilkosten sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Pos	Bauteil	Konstr.- Fläche	spez. Mehrinv. netto KG 300/400	Dämmdicke - Kennwert		Mehrinvestitionen ohne MWSt.		
				EnEV 2009	Passivhausst.	pro m <sup>2</sup> Konstruktions- fläche	pro m <sup>2</sup> Nettogrund- fläche	gesamt
			pro cm Dämm.	cm	cm	€*		€
		m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup> *cm	cm	cm	€*		€
1	Außenwand	989,9	1,35 €	14	20	8,10	2,21	<b>8.018</b>
2	Außenwand Erdreich	42,4	1,15 €	12	20	9,20	0,11	<b>390</b>
3	Flachdach	2.218,8	1,20 €	15	25	12,00	7,34	<b>26.626</b>
4	Bodenplatte EG	2.184,9	1,50 €	3	3	0,00	0,00	<b>0</b>
5	Dämmschürze 0,80 m tief	218,0	1,90 €	10	20	19,00	1,14	<b>4.142</b>
6	Fenster	442,5	75,00 €	U=1,3	U=0,8	75,00	9,15	<b>33.188</b>
7	Türelemente	12,0	50,00 €	U=1,6	U=1,2	50,00	0,17	<b>600</b>
8	Lüftung - Abluft	3.629,0	30,00 €	30,00 €				
9	Lüftung - Zulage für WRG	3.629,0	40,00 €	30,00 €	40,00 €	40,00	40,00	<b>145.160</b>
10	Heizung	3.629,0		105,00 €	87,00 €	-18,00	-18,00	<b>-65.322</b>
	<b>Summe netto</b>							<b>152.801</b>
	inkl. Nebenkosten 15 %	15%						175.722
	<b>Summe brutto inkl. MWSt.</b>	<b>19%</b>						<b>209.109</b>

Tabelle 4-1: Aufstellung von Mehrinvestitionen für das Gebäude: Aufstellung der jeweiligen Konstruktionsfläche, der spezifischen Mehrinvestitionen pro cm Dämmdicke und m<sup>2</sup> Konstruktion sowie der unterschiedlichen Kennwerte im Vergleich EnEV 2009 vs. Passivhaus-Komponenten; als Ergebnis werden die resultierenden Mehrinvestitionen pro m<sup>2</sup> Wohnfläche, pro m<sup>2</sup> Nettogrundfläche sowie gesamt (netto) aufgeführt<sup>33</sup>

Ein Neubau der Schule könnte gemäß BKI Baukosten 2008 für die reinen Baukosten (Kostengruppe 300/400 nach DIN 276) bei 1.200 €/m<sup>2</sup> bis 1.600 €/m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche liegen. Dazu kommen die sonstigen Kosten, die man mit folgenden Werten veranschlagen kann: Für Erschließung (KG 200) ca. 5 % aus der benannten Summe, für Freimachen (Abriss des alten Gebäudes) ca. 10 %, für Freiflächen (KG 500) ca. 10 % - 15 % und für Nebenkosten und Honorare (KG 700) ca. 17 %.

<sup>33</sup> Auszug aus Gutachten von Architekt Dr. Burkhard Schulze Darup (5. Zwischenbericht S. 6 ff)

Aus den Aufstellungen geht hervor, dass ein Neubau der Schule wahrscheinlich teurer sein wird als eine Sanierung. Demgegenüber weist aber ein Neubau bessere Nutzungsmöglichkeiten auf, kann besser an aktuelle Erfordernisse angepasst und natürlich von Grund auf im Passivhaus-Standard errichtet werden.

Des Weiteren muss bei den Baukosten für die Sanierung bzw. Neubau der Schule berücksichtigt werden, dass die Schule auf den neusten Stand der Technik gebracht wird und dadurch die Instandhaltungs- und Bauunterhaltungskosten um 60-70 % und die Verbrauchskosten um 50-60 % für die nächsten 20 bis 30 Jahren gesenkt werden.

### 4.3 Einsparungen

Für die Schule am Schloss ist durch eine energetische Sanierung nach EnEV 2009 eine Energieeinsparung von ca. 50-60 % zu erwarten. Dies entspricht etwa einer Endenergieeinsparung von ca. 490 MW h/a, einer Kostenreduzierung von ca. 30.000 €/a und einer Primärenergieeinsparung von ca. 540 MW h/a. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden dadurch um ca. 50-60 % gesenkt. Bei der geplanten vollständigen Erneuerung der Beleuchtung würden die Energiekosten und der Energieverbrauch um ca. 40 % und der Primärenergieverbrauch um proportional den gleichen Betrag gesenkt werden.

Nachfolgend sind die zu erwartenden Einsparungen bei Sanierung bzw. Neubau aufgeführt. Alle flächenbezogenen Kosten sind auf die beheizte BGF des gesamten Schulzentrums von 6 400 m<sup>2</sup> bezogen (BGF Schulgebäude: 3 400 m<sup>2</sup>).

Modernisierung		IST		EnEV 2009	EnEV 2009 - 30 %	Neubau	
Energie 2008	Gas <sup>1</sup>	136,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)		68,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)	47,8 kWh/(m <sup>2</sup> a)	27,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
	Strom	22,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)		18,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	18,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	18,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Primärenergie		209,6 kWh/(m <sup>2</sup> a)		121,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)	99,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)	76,8 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
CO <sub>2</sub>	Gas	34,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)		17,1 kg/(m <sup>2</sup> a)	12,0 kg/(m <sup>2</sup> a)	6,8 kg/(m <sup>2</sup> a)	
	Strom	36,8 kWh/(m <sup>2</sup> a)		30,0 kg/(m <sup>2</sup> a)	30,0 kg/(m <sup>2</sup> a)	30,0 kg/(m <sup>2</sup> a)	
Energiekosten 2008	Gas	9,5 €/m <sup>2</sup> a	6,94 Cent/kWh	31,2 €/m <sup>2</sup> a <sup>3</sup>	15,6 €/m <sup>2</sup> a <sup>3</sup>	10,9 €/m <sup>2</sup> a <sup>3</sup>	6,2 €/m <sup>2</sup> a <sup>3</sup>
	Strom	3,7 €/m <sup>2</sup> a	16,8 Cent/kWh	12,2 €/m <sup>2</sup> a <sup>3</sup>	9,9 €/m <sup>2</sup> a <sup>3</sup>	9,9 €/m <sup>2</sup> a <sup>3</sup>	9,9 €/m <sup>2</sup> a <sup>3</sup>
Bauunterhaltung <sup>2,5</sup>		12,9 €/m <sup>2</sup> a		3,0 €/m <sup>2</sup> a	4,0 €/m <sup>2</sup> a	4,0 €/m <sup>2</sup> a	
Investitionen <sup>2,4,5</sup>		26,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)		1000 - 1400 €/m <sup>2</sup>	1100 - 1500 €/m <sup>2</sup>	1700 - 2300 €/m <sup>2</sup>	
		0,7 Mio € <sup>6</sup>		3,4 - 4,8 Mio €	3,7 - 5,1 Mio €	5,8 - 7,8 Mio €	

Tabelle 4-2: Möglichkeiten der Energie- und Kosteneinsparung bei Sanierung und Neubau

<sup>1</sup> Gasverbrauch für BHKW und

<sup>2</sup> Mittelwert der letzten 10 Jahre

<sup>3</sup> Langfristiger Energiepreis; Zeitraum 30 Jahre (Energiepreissteigerung 8%/a, Kapitalzins 4%/a)

<sup>4</sup> Investitionen nur auf das Schulgebäude bezogen

<sup>5</sup> Keine genaue Trennung zwischen Bauunterhaltung und Investition seitens des Landkreises

<sup>6</sup> ca. 200 €/m<sup>2</sup> müssen zur Unterhaltung der Schule investiert werden; keine energetischen Maßnahmen enthalten



#### **4.4 Heizungs- und Lüftungskonzept**

Für die Schule am Schloss Liebenburg wird ein Lüftungskonzept (siehe 4.1.3 Anlagentechnik) vorgeschlagen, das ganz ohne statische Heizung auskommen soll. Kann das Konzept mit Überströmöffnungen in den Wänden zwischen Klassenräumen und Fluren aus bauordnungsrechtlichen und/oder aus finanziellen Gründen nicht umgesetzt werden, sollte aus Sicht der Berichterstatter, eine statische Heizung in den Klassenräumen installiert werden und die Lüftung mittels Fensterlüftung erfolgen. Die Verkehrsflächen sollten weiterhin mittels Lüftungsanlage beheizt und belüftet werden. Da diese Lösung für Schulen noch wenig erforscht ist, würden die Berichterstatter empfehlen, dies als eigenes Projekt auszusprechen und die Auswirkungen auf das Lernverhalten der Schüler zu untersuchen.

## 5. Anhang

### 5.1 Gutachten LampeVier

#### **BEGUTACHTUNG VON DREI SCHULEN**

Schriftlicher Abschlussbericht



Haupt- und Realschule Seesen



Haupt- und Realschule Liebenburg



Werner-von-Siemens Gymnasium  
Bad Harzburg

**LAMPEVIER**

## LAMPEVIER

- Aufgabe:** Begutachtung von drei Schulen unter architektonischen Gesichtspunkten
- Architektenleistungen:** Begehung der Schulen
- Bewertung des Ist-Zustandes
  - Vorschläge für Sanierungsmaßnahmen
  - Schriftlicher Abschlußbericht
- Grundlagen:**
- Besichtigung der Schulen vor Ort
  - Rücksprache mit der Direktion und den Hausmeistern
  - Unterlagen der EOS, Institut für energieoptimierte Systeme, FH BS / Wolfenbüttel, Erster und zweiter Zwischenbericht
  - Auswertung von Fragebögen und Bestandsplänen
- Zu untersuchen sind:**
- Haupt- und Realschule in Seesen, St. Annen - Str. 30a, 38723 Seesen
  - Haupt- und Realschule in Liebenburg, Gitterweg 1, 38704 Liebenburg
  - Werner von Siemens Gymnasium in Bad Harzburg, Herzog – Wilhelm - Str. 25, 38667 Bad Harzburg
- Verfasser:** LAMPEvier Architekten + Ingenieure
- Dirk Lampe, Maurice Hoeck,
  - Bäringerstr. 4, 38640 Goslar
  - Netzwerk.LAMPEvier
  - Till Binder, Landschaftsarchitektur und Umweltplanung
  - Weinbrennerstr. 38, 76135 Karlsruhe

## LAMPEVIER

### Einführung

Ziel bei der Begutachtung der Architektur und den vorgeschlagenen Lösungsansätzen ist es, dass die Schulen langfristig ein Ambiente erhalten, in dem sich Schüler und Lehrer wohl fühlen und lernen und lehren Spaß macht.

Die Begutachtung der Architektur für die drei Schulen im Landkreis Goslar beschränkt sich auf die Aussenanlagen und im Hochbaubereich auf die Schulbaukörper. Die angelagerten Sporthallen sind nach Rücksprache mit dem Auftraggeber im Rahmen der Bearbeitung nicht untersucht worden. Bei den angegebenen geschätzten Kosten handelt es sich um die Brutto-Baukosten (Kostengruppen 300 + 400 nach DIN 276 inkl. MwSt. von 19%).

Die Haupt- und Realschulen in Seesen und Liebenburg sind vom selben Architekten erbaut worden und in ihrer Bauweise sehr ähnlich. Daher werden diese beiden Schulen im schriftlichen Teil der Bearbeitung unter Punkt A zusammengefasst. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Planunterlagen für jede Schule einzeln dargestellt. Das Gymnasium in Bad Harzburg wird separat in Punkt B betrachtet. Anschließend werden die Außenräume der drei Schulen in Titel Betrachtung Außenraumgestaltung bearbeitet.

### A) Haupt- und Realschule Seesen und

#### Haupt- und Realschule Liebenburg

##### Kurzbeschreibung

Die Schulgebäude in Seesen und Liebenburg wurden in den Jahren 1975/76 erbaut und sind vom selben Architekturbüro geplant. Beide Schulen bestehen aus einer Stahlbeton-Skelett-Konstruktion. Die Schule in Seesen ist größer als die Schule in Liebenburg. Sie hat sechs Stockwerke (Erdgeschoss, zwei Untergeschosse und drei Obergeschosse). Die Schule in Liebenburg hat zwei Geschosse (Erd- und Obergeschoss).

Das ursprüngliche Entwurfskonzept aus den 70er Jahren war auf Technik und Flexibilität ausgerichtet, mit klimatisierten und künstlich belichteten Räumen und verschiebbaren Wänden. Der variable Innenausbau sollte neue Formen der Unterrichtsorganisation und spätere Umnutzungsmöglichkeiten ermöglichen. Daher wurden in beiden Schulen die meisten Räume mit leichten Wänden und ohne Waschbecken versehen. Dagegen spielten Energieverbrauch und Schallschutz untergeordnete Rollen. Auch die behindertengerechte Erschließung ist in der Grundstruktur nicht bedacht und vorgesehen worden.

In Seesen werden die Ebenen unterschiedlich genutzt. Das 2. Obergeschoss wird überwiegend von der Realschule belegt und das 1. Obergeschoss von der Hauptschule. Im Erdgeschoss und in den Untergeschossen liegen die Funktions-, Lehrer- und Technikräume.

In Liebenburg besteht keine etagenweise Trennung der beiden Schulformen. Die Fachräume sind in einem vor ca. zwei Jahren errichteten Erweiterungsbau, auch Fachtrakt genannt, ausgelagert.

WWW.LAMPEVIER.DE

## LAMPEVIER

### Situation des Bestandes

Beide Schulen sind seit der Errichtung 1975 / 76 weitestgehend unsaniert.

In Seesen sind Teilbereiche des Flachdaches in den vergangenen Jahren saniert worden. Des Weiteren wurde auf dem Pultdach des Treppenhauses eine Fotovoltaik-Anlage installiert. Weitere kleinere räumliche Umbauten und Planungen wurden bzw. werden realisiert. Aufgrund des kompakten Volumens und der innen liegenden Verkehrsflächen ist es in den Fluren und Teilbereichen der Aufenthaltsbereiche sehr dunkel. Diese müssen ständig künstlich belichtet werden. Andererseits haben die Kompaktheit der Anlage und deren im Verhältnis zum Volumen geringen Hüllfläche im jetzigen Zustand einen positiv zu bewertenden Einfluss auf den zukünftigen Energiehaushalt.

In Liebenburg wurde neben einigen Umnutzungen ein zusätzlicher Unterrichtsraum an Stelle des rückwärtigen Ausgangs im Erdgeschoss gebaut. Der Haupteingang des Gebäudes ist schwer erkennbar. Die Lagerung der Abfallcontainer liegt sehr ungünstig in der Nähe des Eingangsbereichs und ist nicht blickgeschützt. Auch diese Schule ist aufgrund der innen liegenden Verkehrsflächen ständig künstlich beleuchtet, da es in den Fluren und Teilbereichen der Aufenthaltsbereiche sehr dunkel ist. Des Weiteren wurde, aufgrund der variablen Wände (diese reichen nicht bis zur Rohdecke), die hohe Schallübertragung zwischen den Klassenräumen bemängelt.

Neben der energetischen Sanierung schlagen wir die unten aufgeführten Punkte vor, um die Gebäude beider Schulen architektonisch aufzuwerten. Diese Punkte und die dazugehörigen Einzelmaßnahmen sind in den anliegenden Plänen dargestellt.

### Mehr Licht

Wie oben beschrieben spielte natürliches Licht bei Schulplanungen in den 70er Jahren eine untergeordnete Rolle. Heute weiß man, welche große Rolle das natürliche Sonnenlicht für das Wohlbefinden und den Lernerfolg von Schülern spielt. Die Hauptaufenthaltsbereiche in den Pausen in den Schulen in Seesen und Liebenburg sind großflächig und dunkel und müssen auch bei hellem Sonnenschein künstlich beleuchtet werden. Ziel der Planung ist es also MEHR LICHT in das Innere der Gebäude zu bekommen.

Wir schlagen daher vor, in Seesen zwei überdachte Lichthöfe jeweils im nördlichen und im südlichen Teil des Gebäudes vorzusehen. Diese sollen sich durch die Geschosse ziehen um hiermit das Gebäude von innen zu erleuchten. Darüber hinaus haben wir ein lichtdurchlässiges Dach im Bereich der Haupttreppe geplant, so dass auch hier mehr Licht einfällt. Flure und innen liegende Räume im 1. Untergeschoss können durch zusätzliche Lichtkuppeln, belichtet werden. Die Führung des Lichts ist in den anliegenden Grundrissen und Schnitte dargestellt.

Die Baukosten für den vom Dach bis ins Erdgeschoss gehende große Lichthof im Nordostbereich des Gebäude würden wir mit 250.000 Euro abschätzen, die Verglasung des Daches des Treppenhauses mit 60.000 Euro, das vom Dach bis ins 1. Untergeschoss reichende etwas kleinere Atrium mit ca. 275.000 Euro. Die fünf zusätzlichen Lichtkuppeln zum 1. Untergeschoss setzen wir mit insgesamt 50.000 Euro an.

## LAMPEVIER

In der Haupt- und Realschule in Liebenburg empfehlen wir ebenfalls zwei glasgedeckte Atrien, eines im westlichen Teil über der Aula und das Zweite in der Nähe des Eingangsbereichs. Zur weiteren natürlichen Belichtung schlagen wir vor ein Oberlicht in der Außenwand nahe der Haupttreppe zu installieren. Ggf. könnte auch der rückwärtige Eingang wiederhergestellt werden. Mit der Rekonstruktion der ursprünglichen Situation würde der Blick zum Grün der Außenanlage wieder frei.

Die Baukosten für das größere Atrium im südlichen Gebäudeteil schätzen wir mit 200.000 Euro ein, der kleinere Lichthof kostet ca. 150.000 Euro.

Diese Maßnahmen für beide Schulen sorgen für eine natürliche Belichtung der tief liegenden Verkehrsflächen und Aufenthaltsbereiche, ohne die Form der Gebäude zu verändern. Um eine bessere Querlüftung und eine zusätzliche Belichtung zu ermöglichen, wären Flurwände mit kippbaren Oberlichtern auf allen betroffenen Ebenen eine gute Lösung. Im Zuge eines Austauschs der Sonnenschutzanlagen wäre es empfehlenswert, ein neues Raffstore-System mit breiten Lamellen einzubauen. Diese lassen sich so einstellen, dass im oberen Drittel der Raffstores Licht unter die Decke geleitet wird. So lassen die Lamellen Licht ein, verhindern aber unerwünschte Sonnenstrahlen und damit eine Überhitzung der Räume.



Bild 1: Erdgeschoss Seesen



Bild 2: Erdgeschoss Liebenburg



Bild 3: Beispiel Flurwände mit Oberlicht

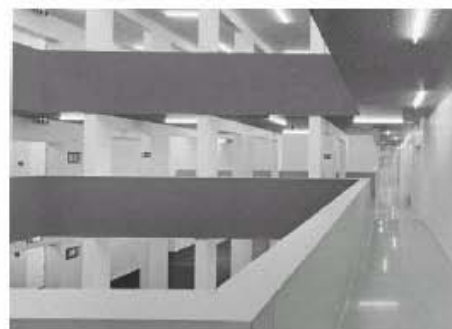


Bild 4: Beispiel glasgedecktes Atrium

## LAMPEVIER

### Eingangssituation Liebenburg

Wie oben bereits erwähnt, ist bedingt durch die bauliche Situation das Entrée der Schule von außen kaum erkennbar. Der Eingang liegt hinter aus dem Baukörper hervortretenden Fachräumen. Außerdem sind im Eingangsbereich Abfallcontainer im Blickfeld des Besuchers dauerhaft gelagert.

Mit zusätzlichen eingeschossigen Räumen, wie als bauliche Maßnahme im Plan beschrieben, besteht die Möglichkeit, die Besucher zum Haupteingang zu leiten und neue dringend benötigte Räume zu schaffen. Zumindest könnte eine gestalterische Neuplanung der Außenanlagen, als erste kostengünstigere Maßnahme in Betracht gezogen werden, welche eine spätere Raumerweiterung berücksichtigen sollte. Der Stellplatz für die Abfallcontainer muss verlegt bzw. blickgeschützt werden.



Bild 5: Eingangssituation



Bild 6: Eingang

### Aufenthalts- und Verkehrsflächen - innen und außen

Pausen- und sonstige Aufenthaltsbereiche müssen attraktiv gestaltet werden um den Schülern und Lehrern Entspannungsmöglichkeiten zwischen den Unterrichtseinheiten zu bieten. Licht und Farbakzente erhöhen im Allgemeinen die Attraktivität.

Zurzeit werden die Flure und Aufenthaltsbereiche von zum Teil verglasten Außenfassaden (in Seesen), von innen liegenden Metallwandelementen und zum Teil von Mauerwerk bzw. Betonwänden umgrenzt. Der Bodenbelag besteht in den Obergeschossen aus dunklen Teppichbelag und in Erdgeschossen zum größten Teil aus Waschbeton-Platten. Diese Platten stellen eine erhöhte Verletzungsgefahr dar.

Wir empfehlen eine helle Farbe als Farbe für Decken und Wände. Der bestehende dunkle Bodenbelag kann über alle Ebenen hinweg durch farbigen Linoleum-Belag ersetzt werden. Dieser Belag transportiert das Licht durch seine reflektierende Eigenschaft tiefer in die Gebäude, lässt eine Unterscheidung der verschieden genutzten Ebenen durch Farbe zu und bietet damit auch die Möglichkeit, diese freundlicher zu gestalten und sich besser im Schulhaus zu orientieren.

## LAMPEVIER

Die abgenutzten wenigen Sitzgelegenheiten der innen liegenden Aufenthaltsflächen sollten durch neue freundlichere Sitzmöbel bzw. Zonen aufgewertet werden. Eine zusätzliche Qualitätssteigerung würde man durch den Einbau von Windfängen, wie in den Plänen vorgeschlagen, aufgrund des verminderten Luftzugs erhalten.

Die Aufenthaltsflächen im Außenbereich beider Schulen wirken zurzeit trostlos und werden kaum genutzt. Auch hier besteht dringender Handlungsbedarf. Eine Ausarbeitung von versch. Themenschwerpunkten ist von Seiten der Schulleitung erwünscht und wird von unserer Seite aus begrüßt, speziell mit Augenmerk auf die verschiedenen Altersgruppen. Der Bodenbelag der außen liegenden Haupttreppenanlage der Schule in Seesen ist durch jahrelange Witterungseinflüsse beschädigt und sollte im Zuge einer Sanierung ebenfalls erneuert werden. Außerdem sollten solche Terrassenflächen energetisch saniert werden, welche über beheizten Räumen liegen. Es ist zu prüfen, ob nicht Teilbereiche der Waschbeton-Platten im Außenbereich begrünt werden können.



Bild 7: Aufenthalt Seesen



Bild 8: Aufenthalt Liebenburg



Bild 9: Vorschlag Belag mit Linoleum



## LAMPEVIER



Bild 10: Sitzmöbel Seesen



Bild 11: Vorschlag Sitzmöbel



Bild 12: Außenanlage Seesen ungenutzt



Bild 13: Treppe mit freiliegender rostiger Bewehrung

## LAMPEVIER

### Fassade

In Seesen besteht die heutige Fassade aus Waschbeton – Elementen und einem dazwischen liegenden Fensterband mit gedämmten Metall-Paneelen. In Liebenburg sind die geschlossenen Außenwände mit Faserzement-Platten behängt (Asbest). Diese sind zum Teil beschädigt. Zur Zeit ist es u.a. kleinen Nagetieren möglich durch die bestehende Fassade in das Innere des Gebäudes vorzudringen. Alle Elemente beider Schulen sind veraltet und müssen energetisch saniert bzw. erneuert werden. Die südlich orientierten Seiten beider Schulen sind am stärksten von Überhitzung und Witterungseinflüssen betroffen.

Durch Abbruch der Wasch-Beton-Platten bzw. Faserzement-Platten können die Fassaden der Schulgebäude z. B. mit einem Wärmedämmverbund-System oder einer vorgehängten Fassade neu gestaltet werden.

Die Sonnenschutz-Anlagen sind ca. 35 Jahre alt und sollten somit ersetzt werden, wie in Punkt „Mehr Licht“ beschrieben.

Die Proportionen und das Erscheinungsbild der Baukörper werden sich nicht verändern und die bestehenden Dächer und Terrassen bleiben in Ihrer Form erhalten.



Bild 14: Bestand Fassade Seesen

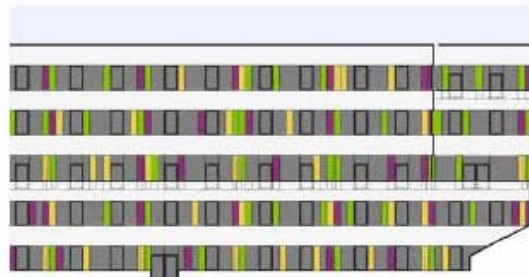


Bild 15: Vorschlag Fassadengestaltung Seesen



Bild 16: Bestand Fassade Liebenburg



Bild 17: beschädigte Faserzementplatten

### **Barrierefreie Erschließung**

Die Geschosse der Schule in Seesen sind in Hangrichtung versetzt. Die behindertengerechte Erschließung des Schulgebäudes vom 2. UG bis einschließlich zum 3. OG über einen Aufzug ist in diesem Falle problematisch. Dieses ist schon am Verlauf der Haupttreppe schon zu erkennen. Die Treppe verspringt über die Geschosse vom 1. UG zum 2.UG. Unser Vorschlag wäre es, in diesem Fall zwei Aufzüge vorzusehen. Diese Lösung ist in den anliegenden Plänen dargestellt. Diese Maßnahme ist statisch zu überprüfen und ist mit einem nicht unerheblich hohen Kostenaufwand verbunden. Eine Alternative wäre es, einen Aufzug in dem südlichen Installationsschacht vorzusehen. Diese Lösung hat jedoch die Nachteile, dass der Lift nur das Erdgeschoss und die Obergeschosse erreicht. Zusätzlich müsste ein behindertengerechtes WC in Seesen, vorzugsweise im Erdgeschoss, vorgesehen werden.

Die Baukosten für die Lösung mit zwei Liftanlagen schätzen wir auf 300.000 Euro, den Einbau eines Lifts in den Installationsschacht auf 150.000 Euro.

In der Schule in Liebenburg sollte im Inneren des Hauptgebäudes ein behindertengerechter Aufzug, wie in den Plänen beschrieben, vorgesehen werden. Von dort können sowohl das Erdgeschoss mit seinen zwei höhenunterschiedlichen Ebenen und das Obergeschoss dieses Gebäudes erreicht werden. Vom Obergeschoss des Hauptgebäudes aus, lässt sich der Fachtrakt über den bestehenden Verbindungsgang erreichen. Ein behindertengerechtes WC liegt im Hauptgebäude vor.

Die Baukosten für den Einbau eines Aufzugs in Liebenburg schätzen wir auf 90.000 Euro.

Diese Maßnahmen für die Erschließungskonzepte beider Schulen sind statisch zu überprüfen und mit einem nicht unerheblich hohen Kostenaufwand verbunden. Wenn aus Kostengründen der Aufzug im Rahmen einer Sanierung nicht gebaut werden kann, so sollten doch zumindest die Bereiche für eine spätere „Nachrüstung“ vorbereitet werden.

### **Heizung**

Die Heizanlage der Haupt- und Realschule in Seesen wurde früher durch ein eigenes Kraftwerk betrieben und hatte eine Zentralregelung. Heute empfängt das Schulhaus Fernwärme und die Räume werden durch Einzelraumregelung beheizt. Diese scheint laut Aussagen der Schulleitung und des Hausmeisters nicht mehr ausreichend.

In Liebenburg wird die Heizanlage der Schule durch eine eigene Anlage betrieben.

Im Aufenthaltsbereich des Erdgeschosses ist in beiden Schulen keine Heizung vorhanden. Die Beheizung erfolgt über die Zuluft der Lüftungsanlage und ist an kalten Wintertagen nicht ausreichend.

## LAMPEVIER

Durch eine Fassadensanierung wird die gesamte Situation in allen Räumen erheblich verbessert. Die neuen Fenster und die neue Fassade wird die Heizlast deutlich reduzieren. Auch die Dichtigkeit der Räume kann maßgeblich verbessert werden. Der Einbau einer wasserführenden Heizung im Aufenthaltsbereich der Erdgeschoss ist im Zuge der Maßnahmen zu prüfen.

### Lüftung

In Seesen bestehen zwei Lüftungsanlagen. Zum einen gibt es eine gemeinsame Lüftung für Fachräume (Chemie, Biologie und Physik) im 1. Untergeschoss und der darüber liegenden Unterrichtsräume auf der Südseite. Laut Aussage des Hausmeisters läuft die Anlage mit 50% Umluft und sorgt folglich für entsprechend belastete Luft in den darüber liegenden Räumen. Die nördlich gelegene Lüftungsanlage ist mit den sich dort befindenden Klassenzimmern und den Kunsträumen verbunden. Auch hier gibt es Beanstandungen wegen der Luftqualität.

In Liebenburg gibt es nur eine Lüftungsanlage. Hier sind die Räume der Fachbereiche in einem Nebengebäude ausgelagert.

Generell empfehlen wir eine Prüfung der Lüftungsanlagen und der dazugehörigen Leitungen. Gegebenenfalls ist eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung in den Klassenräumen einzubauen. Zumindest sind die bestehenden Lüftungsanlagen so zu sanieren, dass eine gute, kontrollierte Lüftung gewährleistet werden kann. Um einer möglichen Überhitzung der zur Südseite gewandten Räume im Zusammenhang mit dem verstärkten Gebrauch von elektronischen Medien im Unterricht entgegenzuwirken ist eine Kühlung der Zuluft erforderlich.

Ein weiterer Lösungsansatz für beide Schulen ist der Abbruch der bestehenden abgehängten Decken, der Einbau von einzelnen Akustikdeckenfeldern und die Hochführung der bestehenden Wandelemente. Dadurch erhöht sich erstens das Rauminvolumen, was zu einer besseren Luftqualität führt und zweitens lässt sich auf diesem Wege die Speicherfähigkeit der Stahlbetondecken besser nutzen. Des Weiteren sollten Lüftungsklappen für eine nachtkontrollierte Lüftung vorgesehen werden, um eine Kühlung der Räume in den warmen Sommermonaten zu gewährleisten.

### Sanitär

Die ursprünglichen WC-Anlagen in Seesen sind im 1. und 2. Obergeschoss zurückgebaut worden. Für Schüler und Lehrer existieren im Erdgeschoss WC-Anlagen. Im 2. Untergeschoss, nahe der Lehrküche, gibt es ebenfalls WC-Anlagen.

In der Haupt- und Realschule in Liebenburg liegen die WC-Anlagen ebenfalls im Erdgeschoss, zuzüglich eines Behinderten-WCs. Im Fachtrakt existieren keine WC-Anlagen.

Die allgemeinen Klassenräume beider Schulen haben in der Regel keine Waschgelegenheiten. Diese sind in den Fluren vorgesehen.

---

## LAMPEVIER

Nach Rücksprache mit den Schulleitungen und den Hausmeistern betrachten wir diese Situation als ausreichend. Lediglich der Austausch der Sanitärgegenstände und der Leitungen sollte aufgrund des Alters und der Trinkwasserverordnung nochmals geprüft werden. Des Weiteren raten wir in diesem Zusammenhang zu einer Kanaluntersuchung da zu vermuten ist, dass zumindest Teilbereiche zu sanieren sind.

### **Elektro**

Die Elektroanlagen der Schulen beruhen im Wesentlichen auf einer Planung aus der Bauzeit. Es gibt sehr viel Kunstlicht, wenige Steckdosen pro Klassenraum und unzureichende Möglichkeiten der Internetanbindungen.

Mit den oben beschriebenen Maßnahmen zur natürlichen Belichtung kann eine enorme Reduzierung des Kunstlichtes, welches den prozentual höchsten Posten im Stromverbrauch einnimmt (siehe EOS-Bericht), bewerkstelligt werden. Für die Verbesserung der elektrischen Versorgung ist im Zusammenhang mit einer Fassadensanierung ein Brüstungskanal vorzusehen.

## **B) Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg**

### **Kurzbeschreibung**

Das vierstöckige Hauptgebäude des Gymnasiums wurde 1928 erbaut. Der dazugehörige Fachtrakt, ebenfalls vierstöckig, wurde 1968 erbaut und 1978 aufgestockt.

Das Hauptgebäude wurde in Massivbauweise errichtet und beinhaltet im Wesentlichen die allgemeinen Unterrichtsräume und die Verwaltung.

Beim Fachtrakt, durch einen verglasten Gang (1978) mit dem Hauptgebäude verbunden, handelt es sich um ein Stahlbeton-Skelett-Bau mit Verblendmauerwerk.

### **Situation des Bestandes**

Das Hauptgebäude ist zwischen den Jahren 2001 und 2008 saniert worden. Die Fenster auf der Nordwest- und Südwestseite wurden durch 3-Scheiben-Fensterverglasung ausgetauscht, alle anderen Fenster haben eine neuere (ab 2001) 2-Scheiben-Verglasung. In naher Zukunft wird mit dem Anbau einer Mensa begonnen.

Der Fachtrakt und der Verbindungsgang sind weitestgehend unsaniert. Aufgrund der innen liegenden Verkehrsflächen im Fachtrakt, ist es in den Fluren dunkel. Die Flure müssen ständig künstlich belichtet werden.

Eine behindertengerechte Erschließungsmöglichkeit existiert im Hauptgebäude nicht. Ein Behinderten-WC fehlt in beiden Gebäuden.

Neben der energetischen Sanierung des Fachtrakts und des Verbindungsgangs schlagen wir die unten aufgeführten Punkte vor, um die Gebäude architektonisch aufzuwerten. Diese Punkte und die dazugehörigen Einzelmaßnahmen sind in den anliegenden Plänen dargestellt. Unsere Betrachtungen konzentrieren sich auf die Sanierung des Fachtrakts, da das Hauptgebäude wie beschrieben saniert wurde bzw. wird.

### **Mehr Licht und Lüftung**

Um den besseren Austausch von Luft (Querlüftung) in den Klassenräumen des Fachtrakts und eine zusätzliche Belichtung der Flure zu ermöglichen, sind Flurwände mit kippbaren Oberlichtern auf allen betroffenen Ebenen empfehlenswert.

Im Zuge einer Fassadensanierung sollten des Weiteren außen liegende Sonnenschutzanlagen eingebaut werden, z. B. Raffstores, welche sich von innen bedienen lassen. In einem bestimmten Winkel eingestellt, lassen die Lamellen Licht ein, verhindern aber unerwünschte Sonnenstrahlen und damit eine Überhitzung der Räume.



Bild 18: Flur Kunstlicht



Bild 19: Wand mit Oberlicht

### **Verbindungsgang**

Wie oben bereits erwähnt, besteht der Gang größtenteils aus Glaselementen. Bei der Brüstung handelt es sich um Aluminium-Paneele, welche dem heutigen Dämm-Standard nicht entsprechen. Das Dach besteht aus einer Hohldecke mit Dämmung, Abdichtungsfolie und Dachpappe. Der Dachaufbau sollte im Zuge einer Sanierung auf den heutigen Stand der Technik gebracht werden.

Der Verbindungsgang mit seinen großen Glasflächen stellt zwischen den beiden Baukörpern einen großen Transmissionswärmeverlust dar. Um dem entgegenzuwirken, sollte die Nordseite weitestgehend geschlossen werden. Die Südseite wird auch im Winter solare Gewinne bringen, welche die Beheizung über Heizflächen mindert. Die geschlossene Nordfassade soll stark gedämmt werden.



Bild 20: Bestand Verbindungsgang



Bild 21: Vorschlag Verbindungsgang Nordseite, stark gedämmt

### **Aufenthalts- und Verkehrsflächen - innen und außen**

Zurzeit werden die Flure und Aufenthaltsbereiche im Fachtrakt von Mauerwerk bzw. Betonwänden umgrenzt.

Um die Erschließungswege im Innenbereich der Schule ansprechender zu gestalten, sollten Decken und Wände in hellen Farben gestrichen werden. Außerdem wäre eine Ausarbeitung von versch. Themenschwerpunkten im Außenbereich sehr passend, speziell mit Augenmerk auf die verschiedenen Altersgruppen (siehe Landschaftsplanung).

### **Fassade**

Die Fassade besteht aus einer Stahlbeton-Struktur mit Verblendmauerwerk und muss energetisch dringend saniert werden.

Dies könnte z.B. mit einem Wärmedämmverbund-System geschehen oder mit einer vorgehängten Fassade. Die Gebäudestruktur könnte erhalten bleiben. Der zweite Vorschlag wäre eine Fassadensanierung mit einer Änderung der Dachkonstruktion im Kontext zum bestehenden Hauptgebäude. Eine Sonnenschutz-Anlage existiert nicht, nur eine innen liegende Verdunkelungsanlage. Ein außen liegender Sonnenschutz sollte erstellt werden, wie in Punkt „Mehr Licht und Lüftung“ beschrieben.



Bild 22: Bestand kein Sonnenschutz



Bild 23 Bestand Fassade





1. Musterkonzeption  
2. Musterkonzeption  
3. Musterkonzeption

**Bild 22: Vorschlag Fassadensanierung 1 –Thema Reihung**



**Bild 23 Vorschlag Fassadensanierung 2 –Annäherung an Hauptgebäude**

### **Barrierefreiheit**

Alle Geschosse im Hauptgebäude haben unterschiedliche Höhen und müssen über mehrere Treppen erschlossen werden. Die behindertengerechte Erschließung des Schulgebäudes vom Untergeschoss bis einschließlich zum Dachgeschoss nur über einen Aufzug ist als problematisch zu betrachten. Der Fachtrakt hat einen eigenen Aufzug. Beide Gebäude besitzen jedoch kein behindertengerechtes WC.

Wenn eine Barrierefreiheit hergestellt werden muss, schlagen wir vor einen Aufzug und mehrere Treppenlifts im Hauptgebäude vorzusehen. Im Fachtrakt schlagen wir ebenfalls einen Treppenlift zwischen Erdgeschoss und Sockelgeschoss vor, wie im Plan dargestellt. Somit lassen sich beide Teile der Schule rollstuhlgerrecht erschließen. Die Baukosten für die Kosten einzelnen Treppenlifts liegen je nach Treppenlänge zwischen 20.000 und 35.000 Euro. Die einzelnen Lifts sind in den anliegenden Plänen dargestellt.

### **Sanitär**

In beiden Schulgebäuden des Gymnasiums existieren mehrere Sanitäranlagen. Behindertengerechte WC-Einrichtungen fehlen jedoch.

Ein möglicher Standort eines Behinderten-WC's wäre der Raum unter den aufsteigenden Stuhlreihen des Biologieraumes im Erdgeschoss. Dieses WC wäre dann ebenerdig von beiden Gebäuden erreichbar.

Nach Rücksprache mit der Schulleitung und des Hausmeisters betrachten wir diese Situation der allgemeinen Sanitäranlagen als ausreichend. Lediglich der Austausch der Einrichtungen und der Leitungen sollte aufgrund des Alters und der Trinkwasserverordnung nochmals geprüft werden. Des Weiteren raten wir in diesem Zusammenhang zu einer Kanaluntersuchung, da zu vermuten ist, dass zumindest Teilbereiche zu sanieren sind.

### **Elektro**

Die Elektroanlagen der Schulen beruhen im Wesentlichen auf einer Planung aus der Bauzeit. Es gibt sehr viel Kunstlicht, wenige Steckdosen pro Klassenraum und eine unzureichende Möglichkeit der Internetanbindungen.

Mit den oben beschriebenen Maßnahmen zur natürlichen Belichtung kann eine enorme Reduzierung des Kunstlichtes bewerkstelligt werden. Um die elektronische Versorgung in den Räumen zu verbessern, ist im Zusammenhang mit einer Fassadensanierung die Installation eines Brüstungskanals nötig.

## **Betrachtung Außenraumgestaltung**

### **Seesen**

#### **Situation des Bestandes**

Die Gestaltung der Pausenhofflächen zur Zeit ihrer Entstehung wurde aufgrund der topografischen Gegebenheiten Terrassenförmig um das Hauptgebäude gruppiert.

Diese Terrassen bilden eine komplexe Nutzungsverteilung, die sich in Erschließung der Gebäude, Freiflächen für das Pausengeschehen, Hofsituationen für sportliche und schulische Aktivitäten und Fluchtkorridore aufsplitten lassen.

Eingerahmt werden diese Funktionsräume durch eine umfangreiche Begrünung zur Hangseite und durch massive Brüstungen zur Talseite.

Der Zustand des Areals ist in einem stark sanierungsbedürftigen Zustand. Dabei sind folgende offensichtliche Mängel zu nennen:

- die Angebote für die Pausengestaltung der Schüler sind ungenügend
- es fehlen Möglichkeiten zur individuellen Nutzung der Pausenflächen
- die Flächen zur Talseite sind monoton und heizen sich in den Sommermonaten stark auf
- die Bepflanzung der Terrassen vermittelt einen tristen Gesamteindruck
- die Beläge der Hofflächen sind überwiegend versiegelt und in teilweise schlechtem Zustand
- fehlende Orientierungshilfen zur Strukturierung des Areals

#### **Vorschläge zur Verbesserung**

Da das Grundgerüst der Gesamtanlage nicht veränderbar ist, sollten die Maßnahmen in einem Sanierungskonzept auf die Schaffung klar definierter Nutzungsräume und auf die Erzielung eines einheitlichen Gestaltungsbildes zur Verbesserung des Gesamteindrucks fokussiert werden.

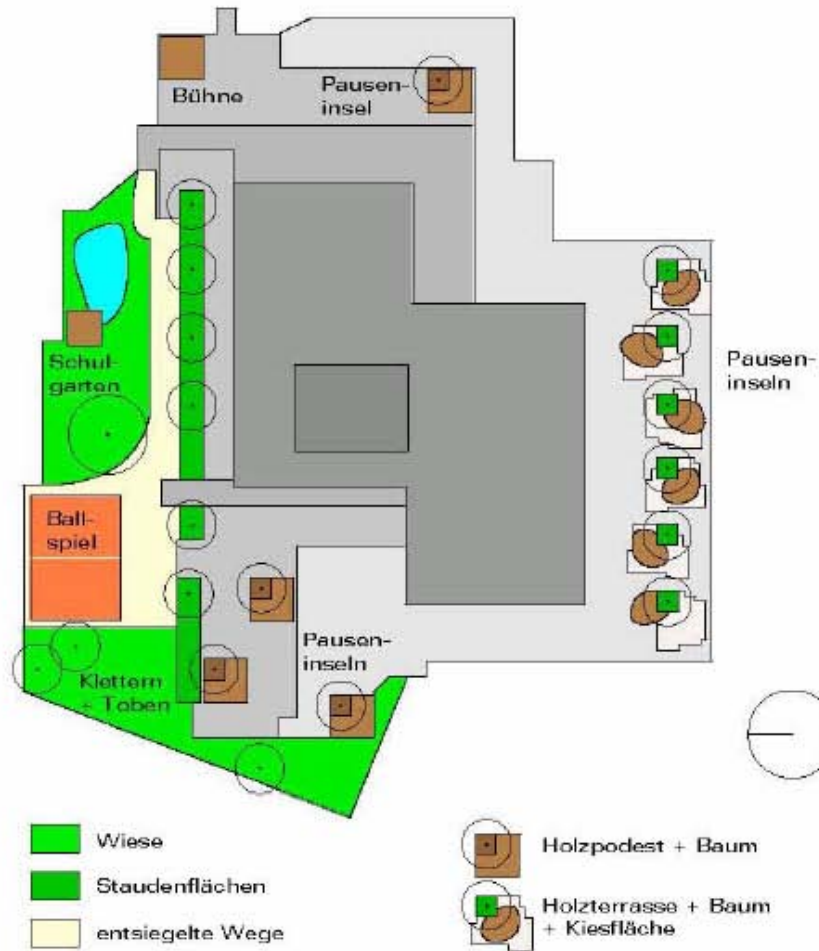
#### **Maßnahmenkatalog**

##### **Bepflanzung:**

- Rodung der Bepflanzung / Erhaltung von Großgehölzen
- Austausch des Bodens mit nährstoffarmen Substrat
- Pflanzung von pflegeleichten Staudenmischungen zur Definition eines Gesamtbildes

##### **Ausgestaltung der Flächen:**

- partielle Entsiegelung der Hofflächen
- Einbau differenzierter Spielmöglichkeiten zur Förderung der Motorik etc.
- Verschattung der talseitigen Hofflächen durch intensive Dachbegrünung
- Einbau großer Holzterrassen zur Schaffung eines einheitlichem Gestaltungsbildes und zur Schaffung von kommunikativen Orten



Holzterrassen + Bäume  
+ Kiesflächen auf Pausenterrasse

## **Liebenburg**

### **Situation des Bestandes**

Der Außenraum um die Gebäude lässt sich in zwei Zonen unterteilen.

1. Unversiegelte Flächen westlich des Hauptgebäudes  
Hier befinden sich großflächige Wiesen mit einzelnen Großgehölzen. In diese Flächen sind umlaufend von Süd nach Nord folgende Nutzungsschwerpunkte eingegliedert:
  - Naturstein Sitztreppen als Grünes Klassenzimmer / Bühnensituation für kleine Theaterveranstaltungen
  - Sandfläche mit Klettergerüst zur aktiven Pausengestaltung
  - Versiegelte Terrassenfläche als variabler Platz für Pausenballspiele oder saisonale Veranstaltungen des Schuljahres
  - Regenwasserversickerungsbecken
  - Teilweise überdachte und versiegelte Erschließungsfläche des Neubaus unbestimmter Nutzungszuordnung
  - Grünfläche als Grünsperre zwischen Neubau und Sporthalle unbestimmter Nutzungszuordnung
2. Versiegelte Flächen zwischen Hauptgebäude und Sporthalle  
Dieser Bereich dient der fußläufigen Erschließung der Gebäude und ist in zwei Ebenen untergliedert, welche durch umfangreiche Treppen und Terrassen verbunden sind.

Das unversiegelte Areal ist baulich in einem guten Zustand. Folgende Defizite an die Nutzung sind zu nennen:

- die Angebote für die Pausengestaltung der Schüler sind, gemessen an den räumlichen Möglichkeiten und dem Nutzungsdruck der Schüler, ungenügend
- fehlende Gestaltungselemente zur räumlichen Definierung des Areals als Grüner Pausenhof
- der nördliche Teil hat keine Nutzungsdefinition wirkt kahl und abweisend

Der versiegelte Bereich ist in einem stark sanierungsbedürftigen Zustand. Folgende Defizite sind zu nennen:

- die Bepflanzung der Raumkanten und der Terrassen sowie der Zustand der Beläge und Einfassungen vermittelt einen tristen Gesamteindruck
- die Konzeption der Treppen und Terrassen geht nicht auf eine Verbindung der Ebenen ein und verhindert in ihrem derzeitigen Zustand die Definition eines Haupteinganges und eines zentralen Campus
- der überdachte Verbindungsgang verstellt durch seine Bauweise den öffnenden Blick zur oberen Terrasse und zum Horizont

### **Vorschläge zur Verbesserung**

Der grüne Bereich der Freiflächen sollte durch ein größeres Angebot an naturnahen Spiel- und Turnmöglichkeiten sowie mit ausgewiesenen Rasenflächen für Ballspiele aufgewertet werden. Zur Entwicklung eines Gesamtbildes als Grünem Pausenhof sollten durch Bepflanzungen Raumkanten geschaffen und die Erschließung durch neue Wege in das Gelände verlegt werden. Der nördliche Teil sollte als Schulgarten und als Endpunkt der grünen Spielstrecke entwickelt werden. Die überdachte Stützwand des Neubaus könnte als horizontale Kletterstrecke genutzt werden.

Der versiegelte Pausenhof sollte durch umfangreiche Umstrukturierung zu einem zentralen Campus umgestaltet werden. Die Treppenanlagen müssten dazu im zentralen Bereich nach Norden verschoben, die Abstufungen klar in Sitz und Treppenstufen gegliedert werden. Die Beläge sollten großflächig entsiegelt und als wassergebundene Wegedecke neu geordnet werden. In die neue Höhenabwicklung sollten stahlgefasste Pflanzflächen und Holzpodeste als Leitbild für die Gestaltung eingelassen werden. Die trennende Wirkung des Verbindungsganges sollte durch die Umgestaltung in eine mit Kletterpflanzen begrünte Pergola aufgehoben werden. Eine partielle Verbretterung aus hölzernen Lammeln würde neue Blicke und Raumbezüge schaffen. Die obere Ebene ist als zentraler Treffpunkt und Drehscheibe des Pausenverkehrs zu entwickeln. Die unterste Ebene vom Haupteingang bis zum Parkplatz sollte als direkte Anlaufstelle zur Schule hervorgehoben und gestaltet werden. Die Bepflanzung dieses Bereiches sollte mit pflegeleichten Staudenmischungen aufgewertet und einzelne Gehölze und Bäume als prägende Erscheinung erhalten werden.

# LAMPEVIER



- |  |   |
|--|---|
|  Wiese                  |  Holzterrassen |
|  Stauden/Gehölz Flächen |  Betonplatten  |
|  entsiegelte Wege       |  Betonpflaster |



Zentraler Campus  
Pergola + Holzterrassen + Pflanzencontainer

## **Bad Harzburg**

### **Situation des Bestandes**

Die Außenanlagen befinden sich weitestgehend in einem guten Zustand und spiegeln die Gestaltungsphilosophie ihrer jeweiligen Entstehungszeit wieder. Die Einbindung der Freiluftsportstätten in das direkte Schulumfeld wirkt prägend für das Erscheinungsbild der Schule. Dagegen sind die eigentlichen Pausenhofflächen klein aber sehr differenziert.

Der Bestand an Großgehölzen ist hoch, die Bepflanzung an den Gebäudekanten ist gepflegt vermittelt aber kein Gestaltungskonzept das dem Erscheinungsbild der Schule gerecht wird.

Teile des Areals sind in einem renovierungsbedürftigen Zustand. Dabei sind folgende offensichtliche Mängel zu nennen:

- die Angebote für die Pausengestaltung der Schüler sind Verbesserungsfähig
- die Bepflanzung der Gebäudekanten vermittelt einen tristen Eindruck
- die Mülleimer nehmen einen zu wichtigen Stellenwert ein
- die Beläge der Hofflächen sind in teilweise schlechtem Zustand
- ein Schulgarten ist nicht vorhanden
- Naturnahe Kletter- und Turnanlagen fehlen

### **Vorschläge zur Verbesserung**

Die räumliche Abfolge der Hofsituationen am westlichen Gebäudeareal bietet ein hohes potential zur Ausdifferenzierung unterschiedlicher Nutzungsschwerpunkte. Dabei ist der Erhalt der momentan typischen Ausgestaltung wünschenswert.

### **Maßnahmenkatalog**

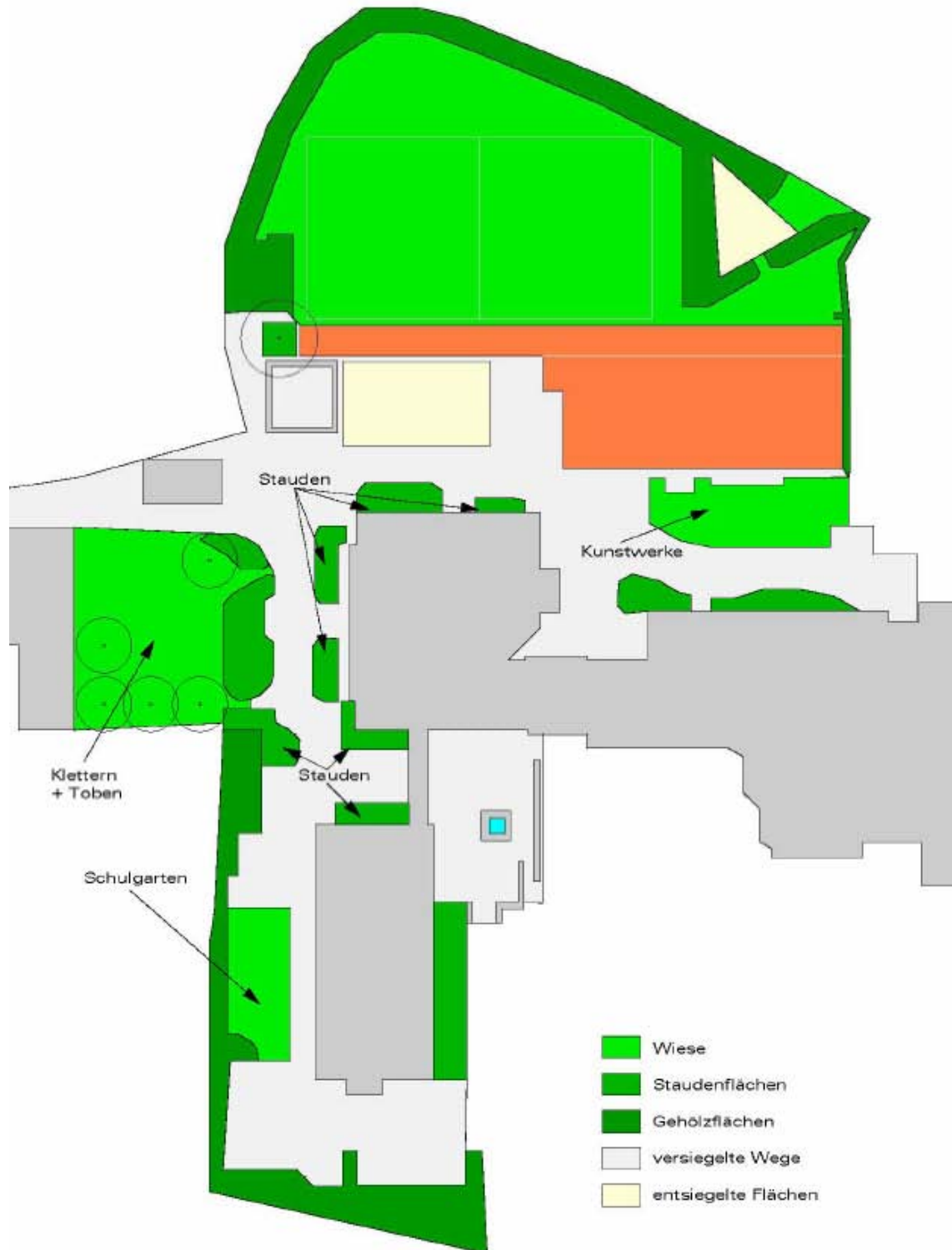
Bepflanzung an den Gebäudekanten:

- Rodung der Bepflanzung / Erhaltung von Großgehölzen
- Austausch des Bodens mit nährstoffarmen Substrat
- Pflanzung von pflegeleichten Staudenmischungen zur Definition eines Gesamtbildes

Ausgestaltung der Flächen:

- Instandsetzen des momentanen Bestandes
- Einbau differenzierter Spielmöglichkeiten zur Förderung der Motorik etc.
- Betonung des historischen grünen Pausenbereiches als eingefasste Hoffläche
- Errichtung eines Schulgartens auf der Wiese am Lehrerparkplatz





## 5.2 Gutachten Dr. Burkhard Schulze Darup



### **Wissenschaftliche Analyse der Sanierungsnotwendigkeiten, ihres abgeschätzten Einsparpotenzials und der Wirtschaftlichkeit von drei ausgesuchten Schulen des Landkreises Goslar**

**(Projekt-Nr.: 26487-25)**

#### **Auftraggeber**

Landkreis Goslar  
Klubgartenstr. 6  
38640 Goslar  
Tel.: 05321-76-100; Fax: 05321-76-245



#### **Koordination**

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften  
– Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel -  
Institut für energieoptimierte Systeme (EOS)  
Prof. Dr.-Ing. Gernot Wilhelms  
Salzdahlumer Str. 46/48  
38302 Wolfenbüttel  
Tel.: 05331 939 39660; Fax: 05331 939 39662  
E-Mail: g.wilhelms@ostfalia.de



#### **Ausführung des Teilgutachtens**

Dr. Burkhard Schulze Darup  
Augraben 96  
90475 Nürnberg  
Tel.: 0911 8325262  
E-Mail: schulze-darup@schulze-darup.de

14. Januar 2010

## Inhalt

1	Grundlagen.....	4
1.1	Vorgehen und Gewichtung der Untersuchung .....	4
2	Schulzentrum am Schloss Liebenburg .....	5
2.1	Grundlegende Entwurfsaspekte .....	5
2.1.1	Behaglichkeit.....	5
2.1.2	Entwurfsaspekte, Oberflächengestaltung und Haptik.....	6
2.2	Konstruktion und Gebäudehülle .....	6
2.2.1	Außenwände .....	6
2.2.2	Außenwände zum Erdreich.....	7
2.2.3	Dach und abgehängte Decken.....	7
2.2.4	Bodenplatte .....	8
2.2.5	Fenster und Türen.....	9
2.2.6	Innenwände.....	10
2.3	Lüftung .....	10
2.4	Energetische Berechnung nach PHPP - Heizwärmebedarf .....	12
2.4.1	Heizwärmelast nach PHPP .....	14
2.5	Heizanlage .....	14
2.5.1	Ausgangslage .....	14
2.5.2	Erneuerung des Heizsystem .....	15
2.6	Mehrinvestitionen .....	15
2.7	Sommerlicher Wärmeschutz und Verschattung .....	16
2.8	Belichtung, Beleuchtung und elektrische Geräte.....	17
2.8.1	Beleuchtung .....	17
2.8.2	Elektrische Geräte.....	17
2.9	Schadstoffbelastungen.....	18
3	Haupt- und Realschule Seesen.....	19
3.1	Grundlegende Entwurfsaspekte .....	19
3.1.1	Behaglichkeit.....	19
3.1.2	Entwurfsaspekte, Oberflächengestaltung und Haptik.....	19
3.2	Konstruktion und Gebäudehülle .....	20
3.2.1	Außenwände .....	20
3.2.2	Außenwände zum Erdreich.....	21
3.2.3	Dach und abgehängte Decken.....	21
3.2.4	Bodenplatte .....	21
3.2.5	Fenster und Türen.....	22
3.2.6	Innenwände.....	24
3.3	Lüftung .....	24
3.4	Heizanlage .....	25
3.4.1	Ausgangslage .....	25
3.4.2	Erneuerung des Heizsystem .....	25
3.5	Sommerlicher Wärmeschutz und Verschattung .....	26
3.6	Belichtung, Beleuchtung und elektrische Geräte.....	26
3.6.1	Beleuchtung .....	27
3.6.2	Elektrische Geräte.....	27
3.7	Schadstoffbelastungen.....	27
4	Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg .....	28
4.1	Grundlegende Entwurfsaspekte .....	28
4.1.1	Behaglichkeit.....	28
4.1.2	Entwurfsaspekte, Oberflächengestaltung und Haptik.....	29
4.2	Konstruktion und Gebäudehülle .....	29
4.2.1	Außenwände .....	29

4.2.2	Außenwände zum Erdreich.....	29
4.2.3	Dach und abgehängte Decken.....	30
4.2.4	Bodenplatten und Kellerdecken .....	30
4.2.5	Fenster und Türen.....	31
4.3	Lüftung .....	32
4.4	Sommerlicher Wärmeschutz und Verschattung .....	33
4.5	Belichtung, Beleuchtung und elektrische Geräte.....	34
4.5.1	Beleuchtung .....	34
4.5.2	Elektrische Geräte.....	34
4.6	Schadstoffbelastungen.....	35

## **1 Grundlagen**

Seitens der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften - Institut für energieoptimierte Systeme (EOS) von Prof. Dr.-Ing. Gernot Wilhelms wird anhand von drei ausgesuchten Schulen des Landkreises Goslar eine wissenschaftliche Analyse der Sanierungsnotwendigkeiten, ihres abgeschätzten Energieeinsparpotenzials und der Wirtschaftlichkeit durchgeführt. Dabei erfolgt eine Analyse der Verbrauchsdaten (Wärme, Wasser, Strom) und des Gebäude- und Anlagenbestandes. Das Projekt wird gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Projekt-Nr.: 26487-25).

Die Zwischenberichte 1 bis 4 mit ausführlichen diesbezüglichen Aufstellungen und Auswertungen liegen ebenso vor wie ein Zwischenstand des Abschlussberichtes.

Als ein wesentliches Ergebnis des Berichtes soll die Empfehlung für ein Schulgebäude zur modellhaften Modernisierung abgegeben werden.

### **1.1 Vorgehen und Gewichtung der Untersuchung**

Am 10. Dezember 2009 wurde ein Besichtigungstermin für die Schulen vereinbart und auf Grundlage der vorhandenen Untersuchungen im Vorfeld dieses Termins eine Gewichtung hinsichtlich der Auswahl der Schulen diskutiert.

Dabei wurde festgestellt, dass die beiden Schulen in Seesen und Liebenburg als Modellprojekt aus zahlreichen Erwägungen heraus präferiert werden. Das Werner-von-Siemens-Gymnasium in Bad Harzburg ist wegen bereits ausgeführter Teilmaßnahmen und der sehr spezifischen Fragestellungen auf Grund der sehr heterogenen Gebäudestruktur eher nicht als Modellprojekt geeignet. Deshalb wurden die Begehungen am 10. Dezember auf die Haupt- und Realschule Seesen sowie das Schulzentrum am Schloss Liebenburg beschränkt.

Im Folgenden werden Empfehlungen zur Modernisierung der drei Schulen zusammen gestellt, wobei die Schwerpunkte auf die Gebäudehülle sowie Lüftungstechnik gelegt werden. Die weitestgehenden Untersuchungen wurden dabei für das Schulzentrum am Schloss Liebenburg durchgeführt inklusive einer überschlägigen Modellberechnung nach dem Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP 2007). Grundsätzliche Anmerkungen werden bei jeder Schule aufgeführt und wiederholen sich deshalb in Teilbereichen, da die Leser den jeweiligen Text möglicherweise nur jeweils für eine ausgesuchte Schule durchschauen werden.

## 2 Schulzentrum am Schloss Liebenburg

Das Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg besteht aus drei Gebäuden: Schulgebäude und Sporthalle wurden 1976 erbaut und der 634 m<sup>2</sup> große Neubau wurde Ende 2007 fertig gestellt. Betrachtet wird in den folgenden Untersuchungen das Schulgebäude mit einer Brutto-Grundfläche (BGF) von 3924 m<sup>2</sup> und einer Netto-Grundfläche (NGF) von 3688 m<sup>2</sup>. Eine Anzahl von 367 Schülern besucht die Schule, davon 101 Schüler in der Hauptschule und 266 Schüler in der Realschule (Stand: 09.2008). Insgesamt 29 Lehrer unterrichten in der Schule (Stand: 09.2009).

Das Schulgebäude weist eine gute Kompaktheit mit einer zweigeschossigen Bebauung auf. Der konstruktive und energetische Zustand ist als dringend modernisierungsbedürftig zu bezeichnen.

Grundlegend müsste überprüft werden, ob ein kompletter Abriss des alten Schulgebäudes (ohne den neuen Fachtrakt) in Verbindung mit einem Neubau wirtschaftlicher ist als eine Modernisierung. Eine abschließende Aussage lässt sich natürlich nicht auf Grund einer einzelnen Begehung von drei Stunden treffen, wie sie am 10. Dezember 2009 durchgeführt wurde. Es ist davon auszugehen, dass eine Modernisierung des Gebäudes mit 70 bis 80 Prozent der Neubaukosten möglich ist. Die Kosten sind natürlich stark davon abhängig, welche Maßnahmenkonfiguration gewählt wird. Ein Neubau würde zahlreiche Vorteile gegenüber einer Sanierung aufweisen. So könnten bessere Nutzungsmöglichkeiten erzielt werden und der neue Entwurf besser an aktuelle Erfordernisse angepasst werden. Darüber hinaus könnte die Neuplanung selbstverständlich im Passivhaus-Standard erstellt werden.

Bei der Güterabwägung zwischen Modernisierung und Neubau ist es eine politische Entscheidung, ob die zusätzlichen Kosten für den Neubau aufgebracht werden sollen. Die Kosten von Allgemeinbildenden Schulen liegen gemäß BKI Baukosten 2008 für die reinen Baukosten (Kostengruppen 300/400 nach DIN 276) bei 1200 bis 1600 Euro pro m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche. Es ist davon auszugehen, dass für den Kostenstand der ersten Jahreshälfte 2010 ein Zuschlag von mindestens 10 Prozent anzusetzen ist. Dazu kommen die sonstigen Kostengruppen, die überschlägig mit folgenden Werten zu veranschlagen sind:

- KG 100 Grundstück (wird als vorhanden vorausgesetzt)
- KG 200 Erschließung ca. 5 % aus der benannten Summe
- KG 200 Freimachen (Abriss des alten Gebäudes) ca. 10 %
- KG 500 Freiflächen ca. 10-15 %
- KG 600 Interieur, Möbel etc. (keine Angaben)
- KG 700 Nebenkosten und Honorare ca. 17 %.

### 2.1 Grundlegende Entwurfsaspekte

Eine Aufgabenstellung des Gutachtens liegt darin, den Entwurf in Richtung einer „Wohlfühlschule“ zu unterstützen. Im Rahmen einer vor allem energetischen Untersuchung sind dazu zunächst die bauphysikalischen Aspekte zu benennen.

#### 2.1.1 Behaglichkeit

Durch eine energetische Modernisierung und die damit verbundene verbesserte Wärmedämmung wird die Oberflächentemperatur der Außenhülle nahezu auf die Temperatur der Raumluft gebracht. Dadurch entsteht eine hohe thermische Behaglichkeit. Zudem werden dadurch Zugerscheinungen in Folge von Temperaturschichtungen vermieden. Die Temperatur im Gebäude ist sehr homogen und

differiert im Allgemeinen nur um etwa drei Kelvin zwischen den minimalen und maximalen Temperatur. Voraussetzung für diesen Effekt ist die Luftdichtheit des Gebäudes. Darüber hinaus wird durch die hochwertige Lüftungsanlage eine hervorragende Raumlufthygiene sicher gestellt, Schadstoffbelastungen werden deutlich reduziert und die Konzentration der Schüler wird durch den angenehm niedrigen Wert für die CO<sub>2</sub>-Konzentration verbessert.

### **2.1.2 Entwurfsaspekte, Oberflächengestaltung und Haptik**

Der Entwurf für die Modernisierung sollte darauf abzielen, dem kompakten und schwer anmutenden Gebäude Transparenz, Helligkeit und Wärme zu geben. Dazu könnten folgende Entwurfskomponenten hilfreich sein:

- Auswahl von Oberflächen mit angenehmer Haptik und hellen Farbtönen
- Farbkonzept für die gesamte Schule, z. B. im hellen Farbspektrum pastellgelb-orange-rot
- Die Transparenz des Gebäudes durch die Gestaltung der Fensterflächen unterstützen, darüber hinaus Stürze über Fenstern minimieren und für Lichteinfall vor allem im oberen Bereich des Raumes sorgen
- Öffnen von Räumen durch innenarchitektonische Mittel, z. B. partielles Anheben der abgehängten Decken und Schaffen von Lichträumen unter der Decke mittels Beleuchtungseffekten und ggf. changierenden Farbtönen in kleinen „Erlebnisbereichen“; grundsätzlich könnten auch weiter gehende Maßnahmen durchgeführt werden wie das Schaffen von Lichtkuppeln oder sogar Lichthöfen. Diese Maßnahmen sind allerdings mit hohen Kosten verbunden. Innovative Konzepte wie Lichtkamine oder Lichtwellenleiter sollten überprüft werden (<http://www.glasfaserinfo.de/>).
- Intensive Gestaltung von freundlichen Eingangssituationen
- Intensive Beachtung des Themas Schallschutz hinsichtlich der Oberflächen: Vermeiden von schallharten Materialien zugunsten von absorbierenden Oberflächen
- Interdisziplinäre Planung eines Beispielklassenzimmers mit allen in diesem Gutachten benannten Aspekten und Übernahme der Essentials in die Planung der Schule und weiterer Anschlussprojekte.

## **2.2 Konstruktion und Gebäudehülle**

Die Konstruktion des Schulgebäudes wurde als Stahlbeton-Skelettkonstruktion mit charakteristischen Kennwerten des Baujahrs 1976 erstellt. Die bei den einzelnen Konstruktionen angegebenen Aufbauten entsprechen den Angaben, die im Vorfeld ermittelt wurden bzw. charakteristischen Konstruktionen des Baujahrs. Sie müssen ggf. vor Ort nochmals überprüft werden.

### **2.2.1 Außenwände**

Der Aufbau der Außenwand besteht aus Stahlbeton. Die Dämmung erfolgte mit künstlichen Mineralfasern mit Dämmdicken von etwa 40 bis 60 mm. Es ist davon auszugehen, dass der Zustand der Dämmung nicht fehlerfrei ist und Fehlstellen durch Montagefehler, Materialänderungen, Abnutzung oder fachfremde Eingriffe gegeben sind. Die Verkleidung der Vorhangfassade erfolgte mit Faserzementplatten. Teilbereiche der opaken Fassade wurden in Leichtbau ausgeführt. Das gilt z. B. im Bereich der Brüstungen. Dort ist von vergleichbaren Dämmdicken und energetischen Kennwerten auszugehen. Die U-Werte der Bestandsfassaden liegen im Bereich von 0,55 bis 0,65 W/(m<sup>2</sup>K).

**Schadstoffaspekte:** Es ist davon auszugehen, dass die Verkleidung mit Asbestzementplatten ausgeführt wurde. Die Asbestfasern dürften fest gebunden sein, sodass keine Gefahr für die Nutzer des Gebäudes besteht, solange keine Beschädigungen, Brüche oder Bearbeitungen an den Platten erfolgen. Im Zuge der Modernisierung muss die Fassade fachgerecht entsorgt werden inklusive der künstlichen Mineralfasern, die ebenfalls als schadstoffträchtig zu betrachten sind. Die Demontage sollte unbedingt in den Ferien erfolgen, um jeglichen Eventualitäten aus dem Weg zu gehen. Die Räume sollten vor und nach der Maßnahme auf Fasern untersucht werden, um ein gesichertes Ergebnis zu erhalten.

**Vorschlag für die Modernisierung:** die Vorhangfassade muss demontiert und durch eine neue Konstruktion ersetzt werden. Als kostengünstigste Lösung kommt ein Wärmedämmverbundsystem in Frage. Langfristig wartungsärmer sind allerdings Vorhangfassaden mit langlebigen Oberflächen. Dadurch sind zugleich erhöhte Möglichkeiten hinsichtlich der Fassadengestaltung gegeben. Als resultierender U-Wert ist ein Kennwert um  $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu empfehlen, der durch das Aufbringen von 20 cm Dämmstoff mit einem Lambda-Wert von  $0,035 \text{ W}/(\text{mK})$  oder günstiger zu erreichen ist. Bei Vorhangfassaden muss die Dämmdicke ggf. geringfügig erhöht werden, da die Befestigungssysteme eine Wärmebrückenfunktion innerhalb der Fläche verursachen. Die Montagesysteme müssen hinsichtlich dieses Aspektes von vorneherein optimiert werden.

### 2.2.2 Außenwände zum Erdreich

Die Außenwände zum Erdreich weisen wenn überhaupt nur eine sehr geringe Dämmdicke von zwei bis vier Zentimetern auf. Der U-Wert der Außenwände zum Erdreich liegt im Bereich von  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

**Vorschlag für die Modernisierung:** Die Außenwände zum Erdreich sollten mit 20 cm Perimeterdämmung versehen werden und die Dämmung im Sockelbereich fortgesetzt und möglichst nah an die Unterkante des Fundaments herangeführt werden. Die Dämmtiefe ist mindestens bis in Frosttiefe von 80 cm vorzusehen. Falls ohne hohen Aufwand möglich, sollte die Dämmschürze tiefer geführt werden, weil dadurch ein Wärmepuffer unterhalb der Bodenplatte verbessert wird und auf Maßnahmen bei der Dämmung der Bodenplatte möglicherweise verzichtet werden kann.

### 2.2.3 Dach und abgehängte Decken

Der Dachkonstruktion ist von innen nach außen in folgender Form gegeben: abgehängte Decke mit KMF-Auflage, Luftraum ca. 70 cm, Stahlbetondecke 20 – 22 cm, Flachdachaufbau als Warmdach mit 4 bis 6 cm Dämmung und Kiesabdeckung. Die U-Werte des Bestandsdaches liegen im Bereich von  $0,7$  bis  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Analog dazu wurden hinsichtlich der abgehängten Decke die Geschossdecken ausgebildet.

**Schadstoffaspekte:** Auf den abgehängten Decken befinden sich Matten aus künstlichen Mineralfasern, die als schadstoffträchtig zu betrachten sind. Ein vollständiges Entfernen ist dringend geboten. Die Demontage sollte unbedingt in den Ferien erfolgen, um keine Schüler durch Staubeinträge zu schädigen. Die Räume sollten vor und nach der Maßnahme auf Fasern untersucht werden, um ein gesichertes Ergebnis zu erhalten.

**Vorschlag für die Modernisierung:** Die abgehängte Decke sollte erneuert werden. Der Aufbau auf dem Dach muss überprüft werden und kann möglicherweise erhalten und mit einer zusätzlichen neuen Dämmung ergänzt werden. Dabei sind die Diffusionsvorgänge zu überprüfen und ggf. die vorhandene Abdichtung vor Montage der neuen Schicht zu



perforieren. Die zusätzliche Dämmdicke sollte mindestens 25 cm mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda$  0,035 W/(mK) betragen. Dabei sollte das Gefälle überprüft und ggf. ergänzt werden. Die Abdichtung oberhalb der neuen Dämmung stellt die energetisch sinnvollste Lösung dar. Grundsätzlich ist auch eine Umkehrung der Abdichtungsebene möglich. Als resultierender U-Wert ist ein Kennwert möglichst unterhalb von  $U = 0,12$  W/(m<sup>2</sup>K) zu empfehlen. Berücksichtigt werden müssen die Wärmebrücken an Durchdringungen und vor allem im Bereich der Attika. Für diese Details sollte eine Wärmebrückenberechnung mit Optimierung der Konstruktion durchgeführt werden. Grundsätzlich kann die Aufkantung an der Attika durch Materialien mit günstigen Dämmeigenschaften und hoher Festigkeit statt der bisher üblichen Stahlbetonteile etc. ausgeführt werden.

#### 2.2.4 Bodenplatte

Die Bodenplatte wurde in Stahlbetonausführung in Verbindung mit Streifenfundamenten ausgeführt. Die Dicke der Bodenplatte ist in den Plänen sehr dünn eingezeichnet und bei vergleichbaren Projekten oftmals mit geringen Dicken von 14 bis 16 cm ausgeführt worden. Die Aufbauhöhe beträgt vermutlich etwa acht Zentimeter, d. h. die Dämmdicke liegt bei zwei bis maximal vier Zentimetern. Dadurch ergibt sich ein U-Wert von etwa 0,7 W/(m<sup>2</sup>K).

Der Oberbodenbelag mit Waschbetonplatten ist ein Gestaltungsmerkmal des Gebäudes, das der Architekt auch bei anderen Gebäuden angewandt hat. Im Zuge der Planung ist zu klären, ob diese strapazierfähige aber nicht unbedingt zeitgemäße Oberfläche erhalten werden soll oder eine Alternativlösung mit neuem Aufbau gewählt werden soll.

**Vorschlag für die Modernisierung:** Die energetische Berechnung wurde in der Form ausgeführt, dass der ungünstige U-Wert der Bodenplatte mit 0,7 W/(m<sup>2</sup>K) beibehalten wurde und eine Dämmschürze rund um das Gebäude gezogen wurde. Diese Dämmung sollte möglichst tief geführt werden, um die Ausbildung einer Wärmelinse unterhalb der Bodenplatte zu begünstigen. Die Berechnung nach Passivhaus Projektierungs- Paket (PHPP) ergibt eine gute Näherung. Das Ergebnis ergibt einen Beiwert von 0,22 für den U-Wert der Bodenplatte. D. h. der rechnerisch resultierende U-Wert beträgt 0,154 W/(m<sup>2</sup>K) mit einem theoretischen Beiwert von 1,0. Das heißt die Wärmeverluste durch die Bodenplatte liegen bei 27 430 kWh/a im Vergleich zu 22 066 kWh/a, die durch die Dachfläche entweichen. Bei Vergleichsgebäuden aus dem Neubaubereich liegen die Verluste der Bodenplatte bei deutlich weniger als der Hälfte des Daches.

Grundsätzlich sollte bei der Planung eine detaillierte Simulation ausgeführt werden, bei der auch die Untergrundverhältnisse präzise einbezogen werden. Von besonderer Bedeutung ist dabei der Ansatz für Grundwasser und ggf. der Fließgeschwindigkeit. In der Berechnung wurde eine Tiefe des Grundwasserspiegels von 3,00 Metern unter der Bodenplatte angenommen mit einer Fließgeschwindigkeit 0,05 Metern pro Tag.

Es können auch Zwischenlösungen erwogen werden, wie z. B. der Austausch des Fußbodenaufbaus in den Klassenräumen. Dadurch werden einerseits die thermisch besonders belasteten Räume an den Außenseiten des Gebäudes erfasst und zugleich kann eine Lösung erzielt werden, die für Fußwärme bei den Schülern sorgt, indem z. B. ein Aufbau mit Vakuumdämmung gewählt wird. Die Vakuumdämmung kann in den Klassenzimmern vollflächig eingebracht werden oder bei einer Sparvariante nur entlang der Außenfassade in einer Breite von ein bis zwei Metern. Bei einer Dämmdicke von zwei bis vier Zentimetern können U-Werte von 0,15 bis 0,25 W/(m<sup>2</sup>K) erreicht werden. Die Mehrinvestitionen der Vakuumdämmung liegen im Estrichbereich bei etwa 80 € pro m<sup>2</sup> gegenüber Standardlösungen. Bei dieser Ausführung kann auf eine tief geführte Dämmschürze möglicherweise verzichtet werden. Eine Überprüfung der

Sockelwärmebrücke ist dafür aber Vorbedingung, um Kondenswasserprobleme auszuschließen.

### 2.2.5 Fenster und Türen

Die bestehenden Fenster sind als Holzfenster mit Aluminiumausführung auf der Außenseite ausgeführt. Der  $U_w$ -Wert beträgt etwa  $2,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Zahlreiche Elemente schließen nicht richtig und Luftdichtigkeit ist nur bedingt gegeben. Die Zweischeiben-Isolierverglasung weist zu Teilen Beschlag im Scheibenzwischenraum auf.

#### Vorschlag für die Modernisierung - Fenster:

Es bietet sich an, im Zuge der Sanierung wiederum Holz-Aluminium-Fenster einzusetzen. Der Vorteil einer angenehmen rauminnenseitigen Oberfläche in Verbindung mit der wartungsfreien Außenschale aus Aluminium ist für den Einsatz in Schulen bestens geeignet. Gegenüber Holz- oder Kunststofffenstern ist eine erhöhte Qualität und geringere Wartung zu erwarten. Gegenüber Aluminiumfenstern ist die Haptik der Innenoberfläche anzuführen, die für Schulräume geeigneter erscheint. Darüber hinaus liegt ein wesentlicher Vorteil im energetischen Bereich: bei Holz-Alu-Fenstern sind auf kostengünstige Weise Rahmen U-Werte zwischen  $0,6$  und  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu erreichen, während Alu-Fenster im Bereich von  $1,4$  bis  $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  liegen und somit deutlich ungünstigeren Wärmeschutz bieten.

Bei der energetischen Simulation der Schule zeigt sich, dass allein der Unterschied durch die Wahl der Fensterrahmen den Jahresheizwärmebedarf um  $4,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  verbessert bei Wahl der hochwertigen Holz-Alu-Rahmen, d. h. statt eines Heizwärmebedarfs von  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  (Holz-Alu) wird nur ein Wert von  $19,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  bei Einsatz von Aluminiumrahmen mit einem  $U_f$ -Wert von  $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  erreicht.

Die Differenzkosten zwischen üblichem Standard und Passivhauskennwerten für die Rahmen zwischen  $0,65$  und  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  sind bei Holz-Alu-Fenstern relativ gering. Es sollte auf jeden Fall Dreischeibenverglasung mit einem  $U_g$  – Wert von  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  eingesetzt werden. Die Verglasung mit Argon-Füllung wird zunehmend zum Standard und ist nur  $20$  bis  $30$  Euro pro  $\text{m}^2$  teurer als Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung. Die Mehrkosten gegenüber Gläsern mit einem U-Wert um  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  liegen nochmals niedriger.

Wichtig ist ein Randverbund der Gläser mit einem möglichst geringen Verlust für  $\Psi_{\text{Randverbund}}$  im Bereich von  $0,03$  bis  $0,035 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  sowie eine hochwertige Lösung für den Einbau, um niedrige Wärmebrückenverluste zu erzielen. In den Berechnungen sind die Wärmebrückeneffekte des Fenstereinbaus bei den U-Werten der Fenster abgebildet. Es sollte im Zuge der Werkplanung angestrebt werden den Wert für  $\Psi_{\text{Einbau}}$  möglichst deutlich unter  $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu erreichen. Dafür sollte eine Dämm-Überdeckung der Rahmen realisiert werden. Der resultierende Fenster U-Wert beträgt bei der Simulationsberechnung auf diesen Grundlagen im Mittel  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Tab. 2.1 Energieeffizienter Standard: Kennwerte der Fenster

U-Wert Rahmen	$U_f$	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	0,73
Wärmebrücke Einbau	$\Psi_{\text{Einbau}}$	$\text{W}/(\text{mK})$	< 0,02
Verglasung	$U_g$	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	0,60
g-Wert			0,51-0,53
Wärmebrücke Glasrand	$\Psi_{\text{Glasrand}}$	$\text{W}/(\text{mK})$	0,03-0,035
<b>U-Wert Fenster</b>	<b><math>U_w</math></b>	<b><math>\text{W}/(\text{m}^2\text{K})</math></b>	<b>&lt;0,80</b>

### **Vorschlag für die Modernisierung - Außentüren:**

Die Türen nehmen bei der Gebäudehüllfläche nur einen sehr kleinen Prozentsatz der Fläche ein. Deshalb ist es sinnvoll, dort der Gebrauchstauglichkeit und vor allem der Luftdichtheit absolute Priorität einzuräumen. Es wird empfohlen, die Haupteingangstüren als Aluminiumelemente auszuführen. Die angrenzenden Fenster können bei gleicher Außenoptik wiederum als Holz-Alu-Konstruktionen ausgeführt werden.

Wichtig ist die Wahl eines möglichst optimierten Rahmen-U-Wertes in Verbindung mit hochwertiger Verglasung im Bereich  $UG = 0,6$  bis  $0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , die selbstverständlich die Sicherheitsanforderungen erfüllen muss.

Hoher Wert muss auf einen hochwertigen Schließmechanismus gelegt werden, der auch im Normalbetrieb für hohe Luftdichtheit bürgt. Zudem sollte beim Haupteingang ein großzügig bemessener Windfang ausgeführt werden. Je nach Dämmsituation kann dann eine Ebene der Türen energetisch hochwertig (=Thermische Hülle) und die andere Ebene in eher kostengünstigem normalem Standard ausgeführt werden.

### **2.2.6 Innenwände**

Die Innenwände wurden als Leichtbaukonstruktionen erstellt und enden im Bereich der abgehängten Decken. Dieser Zustand ist aus Komfortgründen, hinsichtlich des Brandschutzes und des Schallschutzes nicht sinnvoll.

**Vorschlag für die Modernisierung:** Grundsätzlich sollten die Innenwände unter Beachtung von Brand- und Schallschutz neu erstellt und dabei zur besseren Belichtung Oberlichter zu den Fluren eingeplant werden. Die bestehenden Wände könnten ggf. erhalten werden und oberseitig im Bereich zwischen abgehängter Decke und Stahlbetondecke kostengünstig ergänzt werden. Ob solch eine Sparlösung tatsächlich sinnvoll ist, muss allerdings hinterfragt werden. Energetisch haben diese Maßnahmen nur eine geringe Relevanz. Das Lüftungskonzept muss an diese Aspekte angepasst werden, da derzeit der Hohlraum in der Decke als Überströmbereich für die Abluft genutzt wird. Vor allem müssen die Aspekte bezüglich Schallschutz, Belichtung, Oberfläche, Haptik und ggf. Brandschutz überprüft werden.

### **2.3 Lüftung**

Da Messwerte für die  $\text{CO}_2$ -Belastung in Klassenräumen durchweg hohe Werte deutlich oberhalb der Zielwerte von 1000 bzw. 1500 ppm ausweisen, sollten grundsätzlich Schulen mit hochwertiger Lüftungstechnik ausgestattet werden. Nur so kann für Schüler und Lehrer eine gute Raumluftqualität bereitgestellt werden. Ausschließliche manuelle Fensterlüftung bewährt sich im Schulbetrieb kaum. Im Folgenden kurze Anmerkungen zu den möglichen Lüftungsarten:

**Manuelle Lüftung:** die Abhängigkeit vom individuellen Lüftungsverhalten führt durchweg entweder zu erhöhtem oder deutlich unterdurchschnittlichem Luftwechsel und somit zu ungünstigen energetischen und raumlufthygienischen Zuständen.

**Automatische Regelung der Fenster nach  $\text{CO}_2$ -Sensoren:** hoher Kostenaufwand mit mäßigem Regelkomfort und ungünstigen Behaglichkeitsfaktoren, da durch geöffnete Fenster Zugluft in Teilen des Klassenraums entstehen kann. Zudem wird die automatische Regelung als unangenehm empfunden, wenn kein direkter Eingriff durch die Nutzer möglich ist. In diesem Fall wird die Wirksamkeit allerdings wieder konterkariert. Die Kosten liegen bei etwa 5 bis 20 €/m<sup>2</sup> NF.

**Ventilatorgestützte Abluftanlagen:** es kann eine gezielte Luftmenge, gestützt durch z. B.  $\text{CO}_2$ -Sensoren aus dem Raum abgesaugt werden. Der Komfort ist günstiger als bei automatischer Fensterregelung. Grundsätzlich wird jedoch kalte Außenluft angesaugt mit

einem relativ hohen Luftwechsel von bis über 3,0 h<sup>-1</sup>, was sehr schnell zu Einschränkungen bei der Behaglichkeit führt. Die Kosten liegen bei etwa 20 bis 40 €/m<sup>2</sup> NF.

**Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung:** den spezifisch hohen Kosten einer Zu-/Abluftanlage stehen zahlreiche Vorteile gegenüber, die sich aus dem Anlagenkonzept ergeben. Die Zuluft wird durch die Wärmerückgewinnung vorgewärmt auf Werte, die im Allgemeinen zwischen 17 und 19 °C liegen. Dadurch wird eine hohe Behaglichkeit erzielt und bei gut geplanten Zuluftelementen keinerlei Zug wahrgenommen. Nur bei Anlagen mit Wärmerückgewinnung ist ein zusätzlicher energetischer Nutzen gegeben, weil 80 bis über 90 Prozent der Wärme aus der Abluft zurück gewonnen wird. Dadurch kann der Heizwärmebedarf der Schule um 15 bis 25 kWh/(m<sup>2</sup>a) gesenkt werden.

Bei diesem Rechenansatz wird für das Lüftungsgerät von einem Jahresbereitstellungsgrad von 80 bis 90 % ausgegangen, was bei richtiger Auslegung durchaus erzielbar ist. In der zu Grunde liegenden Beispielberechnung wird allerdings ein deutlich erhöhter Ansatz für Infiltrationsverluste in Ansatz gebracht, wodurch der resultierende Wert für die Wärmerückgewinnung de facto sinkt. Das ist im Ergebnis bereits berücksichtigt.

Bei einer guten Gebäudehülle kann auf ein zusätzliches Heizsystem verzichtet und die Heizwärme über die Lüftungsanlage eingebracht werden. Dafür ist allerdings eine sehr gute Auslegung der Anlage Voraussetzung.

Die Kosten für Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung liegen bei etwa 45 bis über 100 €/m<sup>2</sup> NF. Bei Wegfall der Heizwärmeverteilung kann dieser Kostenansatz dagegen gerechnet werden.

Im konkreten Fall erfolgte bereits bisher die Heizung über die Lüftungsanlage. Es ist davon auszugehen, dass dadurch ein partieller Umluftbetrieb mit den daraus resultierenden Einschränkungen erforderlich war. Bei einer hochwertigen Dämmung der Gebäudehülle könnte das Anlagenkonzept möglicherweise fortgeführt werden bei dann deutlich verbessertem Komfort. Es ist sehr genau zu überprüfen, ob Teile der vorhandenen Anlage übernommen werden können. Insbesondere sollte diesbezüglich der Zuluftbereich geprüft werden. Aus raumlufthygienischer Sicht kann das Luftvolumen auf etwa 18 m<sup>3</sup>/h je Schüler ausgelegt werden in Verbindung mit einer kurzen Fensterlüftung in den Pausen (zusätzlicher Ansatz im PHPP 0,028 h<sup>-1</sup>). Es ist allerdings eher unsicher, ob dieses Luftvolumen ausreichend für eine komfortable Form der Beheizung mit nicht zu hohen Lufttemperaturen ist. Außerdem ist es aus energetischer Sicht sinnvoll, die Lüftungsanlage nur während der Nutzungszeiten des Gebäudes zu betreiben. Es müsste ein einfacher Modus gefunden werden, wie eine Aufheizung z. B. nach einem Wochenende oder nach Ferien erfolgen kann.

Die Abluftseite sollte vereinfacht werden. Insbesondere ist zu empfehlen, die Abluft im Bereich der Verkehrsflächen bzw. der Ablufträume abzusaugen. Dazu müssen Überströmelemente zwischen Klassenräumen und Fluren geschaffen werden, die hinsichtlich Schallschutz und Brandschutz wirksam sind. Gegenüber der jetzigen Situation, die keinerlei wirkliche Trennung zwischen den Bereichen darstellt, ist damit eine deutliche Verbesserung gegeben. Im Verkehrsflächenbereich sollte keine gesonderte Zuluft eingebracht werden, um zu einer möglichst wirtschaftlichen Dimensionierung der Anlage zu gelangen. Nur im Bereich des Eingangs sollte eine angepasste Menge frischer Luft zugeführt werden, um von vorneherein in dem Gebäude die Luft als frisch zu empfinden.

**Schallschutz und Brandschutz:** der Planungsprozess erfordert von vorneherein die Einbeziehung der Schallschutz- und Brandschutzexperten. Dafür sollten Fachleute gewonnen werden, die bereits erfolgreich Passivhauskonzepte umgesetzt haben. Bereits in Vorgesprächen vor der Beauftragung muss dem grundsätzlichen Konzept zugestimmt werden und im Vertrag vereinbart werden, dass diese Lösung praktikabel ist.

## **2.4 Energetische Berechnung nach PHPP - Heizwärmebedarf**

Für das Gebäude wurde eine überschlägige energetische Berechnung nach Passivhaus Projektierungs- Paket durchgeführt. Nach dem Monatsverfahren wurde für das Bestandsgebäude ein Heizwärmebedarf von 99 kWh/(m<sup>2</sup>a) berechnet. Dieser Wert liegt etwas höher als der ermittelte Heizwärmeverbrauch. Dies liegt in der Temperaturabsenkung im Tages- und Wochenverlauf sowie in den Ferienzeiten, wodurch etwa 20 Prozent Energie eingespart werden können. Darüber hinaus wird das Gebäude nur zu Teilen auf 20 °C gehalten, wodurch sich nochmals eine Reduktion von etwa 15 Prozent erklärt. Für die Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage des Bestandsgebäudes ist ebenfalls ein geringer Einspareffekt anzusetzen, der in der Berechnung nicht enthalten ist.

Durch die beschriebenen Modernisierungsmaßnahmen wird ein Heizwärmebedarf von 15,0 kWh/(m<sup>2</sup>a) ermittelt, d. h. es wird der Passivhausstandard erreicht, obwohl etliche Kennwerte – insbesondere im Bereich der Bodenplatte – nicht den Passivhauskennwerten entsprechen. Die Ursache liegt in dem sehr günstigen A/V-Verhältnis und der temporären Nutzung hinsichtlich der Lüftungswärmeverluste sowie den relativ hohen internen Gewinnen durch die Nutzer des Gebäudes.

Die Heizzeit beginnt mit sehr niedrigen Bedarfswerten im Oktober und endet im April. Die spezifischen Werte in den Wintermonaten liegen deutlich unter 4 kWh/(m<sup>2</sup>Monat) im Vergleich zu Werten knapp unter 20 kWh/(m<sup>2</sup>Monat) im Bestand.

Die Auswirkungen der dargestellten Maßnahmen auf den Heizwärmebedarf werden in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Hinsichtlich der Reduktion für den Heizenergiebedarf bezüglich der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung gegenüber der Fensterlüftung wurde eine Einsparung von 31,1 auf 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) errechnet. Dafür wurde der zu erwartenden Luftwechsel bei Fensterlüftung mit 24,1 kWh/(m<sup>2</sup>a) angesetzt. Das entspricht 50 bis 60 Prozent der rechnerischen Werte aus dem Wohnungsbereich. Mittels Passivhaus Projektierungs- Paket (PHPP) wurde dieser Wert dem Betriebszustand gegenüber gestellt, der durch die Zu-/Abluftanlage zu erwarten ist und ein Lüftungswärmeverlust von 8 kWh/(m<sup>2</sup>a) ermittelt. Dieser Wert wurde mittels zusätzlicher Infiltrationswärmeverluste bewusst etwas höher angesetzt, weil eine Restlüftung über Fenster bzw. die Türen stattfinden wird.

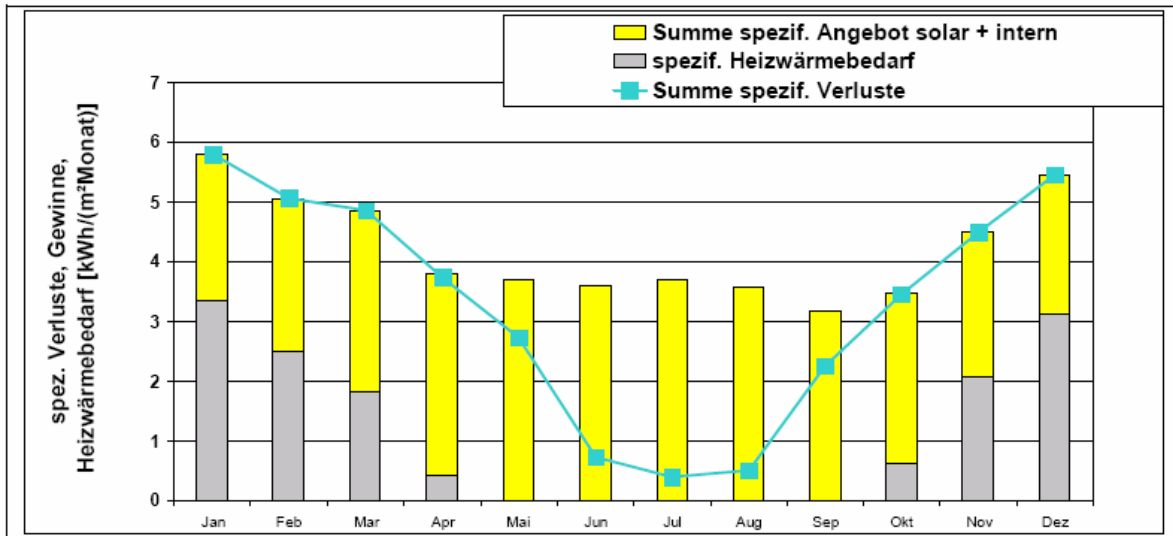
Hinsichtlich der internen Wärmequellen wurde eine spezifische Leistung von 2,8 W/m<sup>2</sup> angesetzt, wobei zu berücksichtigen ist, dass es sich dabei um die gesamte beheizte Fläche handelt und zudem nicht nur für die Hauptnutzungszeit, sondern für 24 Stunden pro Tag. Wenn sich während des Unterrichts 30 Personen á 80 Watt im Klassenraum aufhalten, so errechnet sich bei 60 m<sup>2</sup> eine Leistung von 40 W/m<sup>2</sup>. Im Wochenzyklus beträgt die Nutzungszeit aber nur 15 % und zudem beträgt der Anteil der Klassenfläche nur etwa 60 Prozent der beheizten Fläche. Mit diesem vereinfachten Rechenweg ergibt sich ein Ergebnis von 3,6 W/m<sup>2</sup>, worin allerdings sonstige interne Wärmelasten noch nicht enthalten sind. Der resultierende Heizwärmebedarf könnte bei Korrektur dieses Wertes noch einmal weiter nach unten korrigiert werden.

**Tabelle 2.2: Zusammenstellung der energetischen Maßnahmen mit den resultierenden U-Werten und Kennwerten sowie den jeweiligen Einsparungen beim Heizwärmebedarf gemäß Berechnung mit dem Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP; Bezug: beheizte Nettogrundfläche 3.629 m<sup>2</sup>)**

Bauteil	Maßnahme	U-Wert vorher	U-Wert nachher	Heiz- wärme- bedarf
	Genauere Beschreibung in den obigen Kapiteln	W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Bestand	Heizwärmebedarf des Bestandsgebäudes			99,0
Außenwand	Rückbau Vorhangfassade mit 40 mm Wärmedämmung, neue Vorhangfassade mit 200 mm Dämmung*	0,65	0,163	85,7
Dach	Aufbringen von zusätzlich 250 mm Wärmedämmung*	0,77	0,118	52,4
Außenwand zum Erdreich	Wärmedämmung der Außenwand mit 200 mm Wärmedämmung* (geringer Flächenanteil)	0,87	0,164	52,2
Bodenplatte	Keine energetisch bedingten Maßnahmen, statt dessen Ausbildung einer Dämmschürze rund um das Gebäude s. u. (alternativ: Erneuern des Bodenaufbaus mit z. T. Vakuumdämmung)	0,69	0,69	
Dämmschürze am Sockel	Dämmschürze rund um das Gebäude mit 20 cm Dämmdicke* ca. 80 cm tief unter OK Gelände; alternativ: Vakuumdämmung v. a. in den Klassenräumen unter dem Estrich (= höherer Effekt als Dämmschürze)	Temp-Faktor f <sub>T</sub> = 0,25	Temp-Faktor f <sub>T</sub> = 0,22	50,9
Fenster	Holz-Alu-Fenster in Passivhausqualität mit Dreischeibenwärmeschutzverglasung und gedämmtem Rahmen, optimierte Einbausituation	U <sub>w</sub> = 2,7	U <sub>w</sub> = 0,8	32,9
Wärmebrücken	Berechnung und Optimierung der Wärmebrücken: insbesondere Verzicht auf den Fassadenversprung zwischen EG und OG: $\Psi_{\text{vorher}} \approx 0,3 \text{ W/(mK)}$ - $\Psi_{\text{nachher}} \approx 0,0 \text{ W/(mK)}$ ; Attikaausbildung: $\Psi_{\text{vorher}} \approx 0,10 \text{ W/(mK)}$ - $\Psi_{\text{nachher}} \approx 0,0 \text{ W/(mK)}$			31,1
Luftdichtheit	Luftdichte Ausführung aller Arbeiten (= Ohnehin-Maßnahmen bei jedem Standard); Auswirkung bei Lüftungsanlage beziffert; n <sub>50</sub> = 0,6 h <sup>-1</sup>			
Lüftung	Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (beim Bestandsgebäude wurde kein Ansatz für den Eintrag der bestehenden Anlage berechnet): Einbau einer neuen Anlage mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 88 %, Auslegung 18 m <sup>3</sup> /h pro Person, Infiltrationsverlust 0,042 h <sup>-1</sup> , zusätzliche Fensterlüftung in den Pausen 0,028 h <sup>-1</sup> , Elektroeffizienz 0,33 Wh/m <sup>3</sup>			15,0

\* Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_R = 0,035 \text{ W/(mK)}$

Abbildung 2.1 Heizwärmebedarf nach dem Monatsverfahren gemäß Berechnung mit dem Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP)



### 2.4.1 Heizwärmelast nach PHPP

Die Berechnung nach PHPP ergibt eine Heizwärmelast für das Bestandsgebäude von 48 W/m<sup>2</sup> und von 12 W/m<sup>2</sup> nach Sanierung. Das ergibt eine Gesamtleistung von gut 173 kW vorher und 43,7 kW nachher. Diese geringe Anforderung kann nach der Modernisierung durch eine kleine Gasbrennwerttherme bereitgestellt werden. Die technische Auslegung wird allerdings etwas höher bei etwa 20 W/m<sup>2</sup> liegen. Bei diesen niedrigen Leistungen ist sehr präzise zu prüfen, welcher Leistungsvorhalt für Komfortfaktoren der Lüftungsanlage gegeben sein muss.

## 2.5 Heizanlage

### 2.5.1 Ausgangslage

Das Schulgebäude wurde 1976 mit sehr engagierter aber wenig zukunftsfähiger Gebäudetechnik ausgestattet. Das Heizsystem basierte auf Nachtstrom. Zwei 80.000-Liter-Tanks wurden nachts direktelektrisch aufgeheizt und die Wärme über ein Nahwärmenetz in die Gebäude verteilt. Die heizseitige Übergabe erfolgte über eine Lüftungsanlage ohne ergänzende statische Heizkörper. Im Jahr 1998 wurde die Heizzentrale umgestellt auf ein BHKW in Verbindung mit einem Gasbrennwert-Spitzenkessel. Das BHKW wurde im Januar 2009 nach zehn Jahren Betrieb vorerst still gelegt, da die Betriebskosten und die erforderlichen Wartungs- bzw. Erneuerungskosten zu hoch liegen.

Die Anlage wurde im Rahmen des Gutachtens durch Prof. Wilhelms und Herrn Deidert präzise analysiert und dokumentiert.

Grundsätzlich ist auf Grundlage der neuen Bedarfswerte zu überprüfen, ob solch eine – auch räumlich sehr große – Heizzentrale mittelfristig sinnvoll ist oder eine dezentrale Technik vorgezogen werden sollte, die deutlich geringere Verteilverluste beinhaltet. Der Vorteil der zentralen Anlage liegt darin, dass bei jedem Technikwechsel in einem Turnus von 15 bis 20 Jahren ein regenerativ hochwertigeres System eingebaut werden kann mit der Folge eines besseren Primärenergiekennwertes und geringerer CO<sub>2</sub>-Emissionen.

### **2.5.2 Erneuerung des Heizsystem**

Das Gebäude wird durch die gute Dämmung und die hohe Gebäudemasse zu einem thermisch sehr trägen System. Der Vorteil liegt darin, dass sich bei korrektem Umgang mit der Lüftung die Temperaturen in den Räumen nur sehr langsam ändern. Bei Ausstellen der Heizung sinkt die Raumtemperatur innerhalb eines Tages um etwa 1,0 °C. Daraus ergeben sich neben den hervorragenden Behaglichkeitsfaktoren Vorteile für die Auslegung und das Regelverhalten der Heizanlage.

Hinsichtlich des Wärmewandlers soll an dieser Stelle keine Empfehlung gegeben werden, sondern nur der Hinweis, dass eine sehr günstige kleine Gasbrennwerttherme in einer ersten Ausbaustufe zu sehr geringen Investitionskosten im Bereich Heizung führen könnte und bei einer späteren Erneuerung der Anlage mit erhöhtem Aufwand eine primärenergetisch günstigere Variante gebaut werden kann.

Stehen allerdings genügend Mittel zur Verfügung, sollte im Zuge der Modernisierung ein primärenergetisch hochwertiges System eingebaut werden. Aus Aspekten der CO<sub>2</sub>-Einsparung bietet sich eine Biomasseheizung auf Basis von Holzpellets an. Alternativ kann die BHKW-Lösung im Sinne eines Nahwärmekonzepts erweitert werden, wenn ggf. nahe gelegene weitere Einrichtungen eingebunden werden könnten. Die weiter gehenden Empfehlungen zu diesem Bereich werden durch Herrn Wilhelms formuliert.

Heizseitig könnte die Verteilung bei Erreichen des Passivhausstandards mit der Lüftungsanlage erfolgen. Bei der Planung müssen aber die Besonderheiten des Schulbetriebs mit den kurzen Betriebszeiten der Lüftungsanlage bedacht werden.

### **2.6 Mehrinvestitionen**

Im Rahmen dieses Kurzgutachtens können nur Differenzkosten für die Mehrinvestitionen der Modernisierung mit Passivhaus Komponenten gegenüber dem EnEV-Neubau-Standard dargestellt werden. In der folgenden Tabelle wird die jeweilige Konstruktionsfläche, die spezifischen Mehrinvestitionen pro cm Dämmdicke und m<sup>2</sup> Konstruktion sowie die unterschiedlichen Kennwerte im Vergleich EnEV 2009 vs. Passivhaus-Komponenten dargestellt. Als Ergebnis werden die resultierenden Mehrinvestitionen pro m<sup>2</sup> Wohnfläche, pro m<sup>2</sup> Nettogrundfläche sowie gesamt (netto) aufgeführt. Die Kennwerte für die spezifischen Mehrinvestitionen basieren auf der Fortschreibung von langjährigen Erfahrungswerten. Seitens des Architekten müssen die Grundkosten für den Standard EnEV 2009 (Neubau) ermittelt und dann die Mehrinvestitionen gegenüber gestellt werden.



**Tabelle 2.3: Aufstellung von Mehrinvestitionen für das Gebäude: Aufstellung der jeweiligen Konstruktionsfläche, der spezifischen Mehrinvestitionen pro cm Dämmdicke und m<sup>2</sup> Konstruktion sowie der unterschiedlichen Kennwerte im Vergleich EnEV 2009 vs. Passivhaus-Komponenten; als Ergebnis werden die resultierenden Mehrinvestitionen pro m<sup>2</sup> Wohnfläche, pro m<sup>2</sup> Nettogrundfläche sowie gesamt (netto) aufgeführt**

Pos	Bauteil	Konstr.- Fläche	spez. Mehrinv. netto KG 300/400	Dämmdicke - Kennwert		Mehrinvestitionen ohne MWSt.		
				pro cm Dämm.	EnEV 2009	Passiv- hausst.	pro m <sup>2</sup> Konstruktions- fläche	pro m <sup>2</sup> Nettogrund- fläche
		m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup> *cm	cm	cm	€*		€
1	Außenwand	989,9	1,35 €	14	20	8,10	2,21	8.018
2	Außenwand Erdreich	42,4	1,15 €	12	20	9,20	0,11	390
3	Flachdach	2.218,8	1,20 €	15	25	12,00	7,34	26.626
4	Bodenplatte EG	2.184,9	1,50 €	3	3	0,00	0,00	0
5	Dämmschürze 0,80 m tief	218,0	1,90 €	10	20	19,00	1,14	4.142
6	Fenster	442,5	75,00 €	U=1,3	U=0,8	75,00	9,15	33.188
7	Türelemente	12,0	50,00 €	U=1,6	U=1,2	50,00	0,17	600
8	Lüftung - Abluft	3.629,0	30,00 €	30,00 €				
9	Lüftung - Zulage für WRG	3.629,0	40,00 €	30,00 €	40,00 €	40,00	40,00	145.160
10	Heizung	3.629,0		105,00 €	87,00 €	-18,00	-18,00	-65.322
	<b>Summe netto</b>							<b>152.801</b>
	inkl. Nebenkosten 15 %	15%						175.722
	<b>Summe brutto inkl. MWSt.</b>	19%						<b>209.109</b>

## 2.7 Sommerlicher Wärmeschutz und Verschattung

Die internen Gewinne im Sommer müssen analysiert und auf ein Minimum reduziert werden. Einfluss haben die Nutzer dabei vor allem auf elektrische Geräte und die Beleuchtung (s. u.).

Hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes wird vorgeschlagen, alle Klassenräume, die in Richtung Ost, West und Süd ausgerichtet sind, mit außen liegenden Verschattungssystemen zu versehen in Form von Raffstores mit zentraler Regelung sowie zusätzlicher Bedienmöglichkeit im Klassenraum. Darüber hinaus kann die Lüftungsanlage für eine Nachtkühlung genutzt werden, indem die Abluftseite mit einem Luftwechsel zwischen 3,0 und 5,0 betrieben wird. Dazu muss allerdings in jedem zu lüftenden Klassenraum ein Fenster – auch nachts – zu öffnen sein. Der Bedienkomfort einer automatischen Öffnung wäre günstig, es ist aber auch zumutbar, dies manuell durch den Hausmeister durchzuführen, da es sich vermutlich pro Jahr nur um etwa zehn bis fünfzehn Tage handelt, an denen eine entsprechende Übertemperatur erzielt wird. Nachtkühlung ist nur dann effizient wirksam, wenn Oberflächen im Raum angemessen aktiviert werden können. Von Bedeutung sind dabei die Materialien der obersten vier bis acht Zentimeter der Raum umfassenden Bauteile: sie sollten bei der Planung so ausgewählt werden, dass Speichermasse zur Verfügung steht. Im Bodenbereich kann der Estrich diese Funktion übernehmen. Bei den Außenwänden wirkt der Beton speichernd, allerdings ist die vorhandene Fläche in den Räumen sehr gering. Die Innenwände müssen hinsichtlich der Modernisierung auf diesen Aspekt überprüft werden. Die bisherige Leichtbaukonstruktion ist in diesem Sinn wenig hilfreich. Die Decke verliert ihre Speichermöglichkeit durch die Abhängung. Es sollte überprüft werden, inwieweit die vorhandene Stahlbetondecke zur Aktivierung hinzugezogen werden kann oder ob eine abgehängte Decke Speicherfunktionen über die Einbringung entsprechender Masse ermöglichen kann. Auf Grund der vermutlich ausgereizten Statik könnte eine (theoretische?) Lösung darin liegen, nur einen Teil der Decke abzuhängen.

Die Frischluftansaugung der Lüftungsanlage sollte im Sommer so erfolgen, dass möglichst kühle Luft verwendet wird, d. h. Positionierung des Frischluftelements Richtung Nord / Nordwest.

## **2.8 Belichtung, Beleuchtung und elektrische Geräte**

Grundsätzlich ist die Anordnung und die Konzeption der Fenster so zu wählen, dass möglichst viel Tageslicht für die Belichtung der Räume genutzt werden kann. Dazu ist die wichtigste Regel, dass die Oberkante des Fensters so hoch wie möglich liegt. Verglaste Flächen unterhalb der Brüstungshöhe haben kaum Auswirkungen auf die Belichtung und verschlechtern im Allgemeinen den sommerlichen Wärmeschutz sowie die Behaglichkeitsfaktoren im Winter.

Die oberen Lamellen des Verschattungssystems sollten als Lichtlenkungssystem genutzt werden, um das Sonnenlicht tief in den Raum hinein zu reflektieren bzw. z. T. unter die Decke. Decke und entsprechende Wandflächen sollten hell gestrichen sein, um diesen Effekt zu unterstützen.

### **2.8.1 Beleuchtung**

In den Klassenräumen sollten Langfeldleuchten mit 90 lumen/W dreireihig montiert werden mit 58 W- bzw. 49-W T5-Röhre. Energetisch effizientere Natriumhochdruckleuchten sollen nicht eingesetzt werden, da sie nicht farbecht sind. Die Lichtregelung erfolgt stufenlos tageslichtabhängig mit 300 bzw. hinsichtlich der Nutzung besser 500 Lux. Die drei Leuchtenfelder werden dabei individuell nach Ausleuchtung des Raums geregelt um die Beleuchtungsasymmetrie in den tiefen Räumen auszugleichen. Zusätzlich wird eine Tafelbeleuchtung installiert. Eine Präsenzsteuerung schaltet zeitversetzt das Licht aus, wenn die Räume nicht besetzt sind.

Die Regelung sollte automatisch über Sensoren erfolgen aber gleichzeitig die Schaltung innerhalb der Klasse ermöglichen. Schüler und Lehrer sollten intensiv eingewiesen werden, um aktiv an der Regelung mitzuwirken. So ist vorstellbar, dass für Unterrichtsformen, die keine helle Beleuchtung erfordern, bewusst eine niedrigere Helligkeitsstufe gewählt werden kann. Dies sollte auf einfache Weise durch das Lichtregelungssystem ermöglicht werden. Die Räume erhalten Präsenzmelder.

In den Fluren und Nebenräumen wird eine automatische Lichtschaltung mit ca. 1/3 Leistung als durchgängiger Beleuchtung und zusätzlichen 2/3 Zuschaltung bei Bedarf montiert.

### **2.8.2 Elektrische Geräte**

Hinsichtlich der Elektrogeräte werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Bei EDV-Anlagen ist auf den Einsatz von energieeffizienten Geräten zu achten, insbesondere bei der Beschaffung. Dabei spielen die PC-Monitore (Flachbildschirme) eine wesentliche Rolle. Laptop-Technik mit Leistungen von 12 bis 20 W pro Gerät ist ausreichend für Unterrichtszwecke. Besonders geachtet werden muss auch von den Stand-By-Verbrauch der Geräte. Hier können schaltbare Steckerleisten mit entsprechenden Hinweisen am Arbeitsplatz nennenswerte Einsparungen (neben einem pädagogischen Aspekt) bewirken.
- Falls Serveranlagen vorhanden sind, ist die Lage des Serverraums im Hinblick auf die erforderlichen ganzjährigen kühlen Raumtemperaturen zu beachten. Bei der Technik zur Kühlung der Anlagen sind ebenfalls verschiedene Varianten möglich, die sich im Hinblick auf die Energieeffizienz unterscheiden. So sollte der Server in einem Abluftraum untergebracht sein. Nicht der Raum sollte gekühlt werden, sondern allenfalls nur das Gerät selbst.

- Bei sonstigen elektrischen Verbrauchern in der Schule (z. B. Brennöfen im Werkunterricht) ist besonders darauf zu achten, dass diese nur dann elektrischen Strom benötigen, wenn sie auch genutzt werden (Stand-By).

## **2.9 Schadstoffbelastungen**

Auf Grund des Baujahrs besteht die Möglichkeit, dass Schadstoffe mit verschiedenen Baustoffen und Bauteilen eingebaut wurden. Deshalb wird empfohlen, eine diesbezügliche Untersuchung durchzuführen, wobei Schwerpunkte im Bereich Asbest (Fassade und weitere Bauteile, Brandschutzmaßnahmen), PCB (Fugenmaterialien, wahrscheinlich auf Grund des Baujahrs nicht mehr belastet), Oberflächenbeschichtungen (insbesondere von Holz hinsichtlich Holzschutzmitteln), Oberbodenbelägen und Einrichtungsgegenständen liegen sollten. Die abgehängten Decken sind ebenfalls zu überprüfen. Erkennbar waren bei der Begehung KMF-Matten, die frei auf den Deckenplatten liegen und mit hoher Wahrscheinlichkeit entfernt werden müssen, weil die Fasern kanzerogenes Potenzial beinhalten. Eine Untersuchung der Gebäudetechnik und der Leitungen auf Schadstoffpotenzial sollte ebenfalls durchgeführt werden.

Im Zuge der Modernisierung sollten die neuen Materialien im Vorfeld auf Schadstoffpotenziale untersucht werden und ggf. bei Materialien mit hohem Volumen bzw. Oberflächenanteil spezifisch untersucht werden. D. h. die angelieferten Chargen sollten rechtzeitig mittels Messungen auf Emissionen getestet werden.

### 3 Haupt- und Realschule Seesen

Die Haupt- und Realschule in der St. Annen Straße 30 in 38723 Seesen wurde in den Jahren 1975-1976 erbaut und ist ein Teil des Schulzentrums Seesen. Das Gebäude besteht aus sechs Etagen in sehr kompakter Form von zwei Untergeschossen, Erdgeschoss und drei Obergeschossen. Die Schüleranzahl beträgt insgesamt 847 (Stand September 2008), die von 58 Lehrern unterrichtet werden.

Die Brutto-Grundfläche (BGF) beträgt 12 116 m<sup>2</sup> und die Netto-Grundfläche (NGF) 11 148 m<sup>2</sup>. Das ursprüngliche Entwurfskonzept war für die 70iger Jahre wegweisend mit sehr hochwertiger Technik mit klimatisierten und künstlich belichteten Räumen. Die Schule wurde in Stahlbeton-Skelettbauweise errichtet. Die Wände wurden flexibel und verschiebbar geplant, dieser Aspekt während der Nutzungszeit aber nicht angewandt, sodass daraus vor allem die Nachteile wie ungünstiger Schallschutz etc. zum Tragen kamen. Das Gebäude wird gestalterisch durch Waschbetonplatten an Fassade und am Boden im Innen und Außenbereich dominiert.

#### 3.1 Grundlegende Entwurfsaspekte

Die Aufgabenstellung für einen Entwurf als „Wohlfühlschule“ ist zentrales Anliegen des Gutachtens. Dazu sind folgende Aspekte zu benennen.

##### 3.1.1 Behaglichkeit

Im Zuge der Modernisierung wird durch die verbesserte Wärmedämmung die Oberflächentemperatur der Außenhülle nahezu auf die Temperatur der Raumluft gebracht. Die Temperatur im Gebäude wird dadurch sehr homogen und differiert im Allgemeinen nur um etwa drei Kelvin zwischen den minimalen und maximalen Temperaturbereichen. Bei Bauteilen, die voraussichtlich mit einem etwas geringeren Standard ausgeführt werden, müssen bauphysikalische Untersuchungen durchgeführt werden, um Schäden auszuschließen.

Eine weitere Voraussetzung für hohe Behaglichkeit ist die hochwertige Luftdichtheit. Dadurch entstehen nur geringe Luftströmungen und zusammen mit den angenehmen Oberflächentemperaturen eine hohe thermische Behaglichkeit.

Darüber hinaus wird durch die hochwertige Lüftungsanlage eine hervorragende Raumlufthygiene sicher gestellt, Schadstoffbelastungen werden deutlich reduziert und die Konzentration der Schüler wird durch den angenehm niedrigen Wert für die CO<sub>2</sub>-Konzentration verbessert.

##### 3.1.2 Entwurfsaspekte, Oberflächengestaltung und Haptik

Insbesondere bei der Schule in Seesen muss der Entwurf für die Modernisierung darauf abzielen, dem kompakten und schwer anmutenden Gebäude Transparenz, Helligkeit und Wärme zu geben. Dazu können folgende Entwurfskomponenten hilfreich sein:

- Auswahl von Oberflächen mit angenehmer Haptik und hellen Farbtönen
- Farbkonzept für die gesamte Schule, z. B. im hellen Farbspektrum pastellgelb-orange-rot
- Helle Fensterflächen mit möglichst weit nach oben gezogenen Stürzen
- Öffnen von Räumen durch innenarchitektonische Mittel, z. B. partielles Anheben der abgehängten Decken und Schaffen von Lichträumen unter der Decke mittels Beleuchtungseffekten und ggf. changierenden Farbtönen in kleinen „Erlebnisbereichen“
- Intensive Gestaltung von freundlichen Eingangssituationen

- Intensive Beachtung des Themas Schallschutz hinsichtlich der Oberflächen:  
vermeiden von schallharten Materialien zugunsten von absorbierenden Oberflächen
- Interdisziplinäre Planung eines Beispielklassenzimmers mit allen in diesem Gutachten benannten Aspekten und Übernahme der Essentials in die Planung der Schule und weiterer Anschlussprojekte.

### **3.2 Konstruktion und Gebäudehülle**

Die Konstruktion des Schulgebäudes wurde als Stahlbeton-Skelettkonstruktion mit charakteristischen Kennwerten des Baujahrs 1975/76 erstellt. Die bei den einzelnen Konstruktionen angegebenen Aufbauten entsprechen den Angaben, die im Vorfeld ermittelt wurden bzw. charakteristischen Konstruktionen des Baujahrs. Sie müssen ggf. vor Ort nochmals überprüft werden.

#### **3.2.1 Außenwände**

Der Aufbau der Außenwand besteht aus Stahlbeton. Die Dämmung erfolgte mit künstlichen Mineralfasern in einer Dämmdicke von etwa 50 bis 60 mm. Es ist davon auszugehen, dass der Zustand der Dämmung nicht fehlerfrei ist und Fehlstellen durch Montagefehler, Materialänderungen, Abnutzung oder fachfremde Eingriffe gegeben sind. Die Verkleidung der Vorhangfassade erfolgte mit einer Waschbeton-Vorhangfassade als Stahlbeton Fertigteilelement.

Teilbereiche der opaken Fassade wurden in Leichtbau ausgeführt. Das gilt z. B. im Bereich der Brüstungen. Dort ist von vergleichbaren Dämmdicken und energetischen Kennwerten auszugehen. Die U-Werte der Bestandsfassaden liegen im Bereich von 0,55 bis 0,65 W/(m<sup>2</sup>K).

**Schadstoffaspekte:** Es ist davon auszugehen, dass die eingebauten künstlichen Mineralfasern als schadstoffträchtig zu betrachten sind. Da sie erhalten werden soll, muss im Vorfeld überprüft werden, ob daraus gesundheitliche Probleme entstehen können. Die Räume sollten vor und nach der Maßnahme auf Fasern untersucht werden, um ein gesichertes Ergebnis zu erhalten.

**Vorschlag für die Modernisierung:** für eine grundlegende energetische Modernisierung müssten die vorgehängten Waschbetonplatten abgenommen und eine neue Vorhangfassade erstellt werden. Alternativ käme als kostengünstigste aber etwas wartungsträchtigere Lösung ein Wärmedämmverbundsystem in Frage. Als U-Wert ist ein Kennwert um 0,16 W/(m<sup>2</sup>K) zu empfehlen, der durch das Aufbringen von 20 cm Dämmstoff mit einem Lambda-Wert von 0,35 W/(mK) oder günstiger zu erreichen ist. Bei Vorhangfassaden muss die Dämmdicke ggf. geringfügig erhöht werden, da die Befestigungssysteme eine Wärmebrückenfunktion innerhalb der Fläche verursachen. Die Montagesysteme müssen hinsichtlich dieses Aspektes von vorneherein optimiert werden. Auf Grund der hohen Kosten für den Austausch der Fassade in Höhe von 600.000 € (Angabe des Architekten Lampe gem. Telefonat vom 10.12.2009) soll die vorhandene Konstruktion erhalten bleiben und der Zwischenraum zwischen Vorhangplatte und bestehender Dämmung mit Mineralwolldämmung ausgeblasen werden. Dadurch können zusätzlich zu den 5 bis 6 cm vorhandener Dämmung etwa 4 cm Dämmstoff eingebracht werden. Der resultierende U-Wert wird damit von etwa 0,6 W/(m<sup>2</sup>K) auf 0,4 W/(m<sup>2</sup>K) gesenkt. Vor allem am oberen Brüstungsaufleger verschärft sich bei diesem Vorgehen allerdings eine sehr gravierende Wärmebrücke. Deshalb sollte versucht werden auf der Innenoberfläche eine zusätzliche Dämmung aufzubringen. Es ist zu prüfen, welche Dämmdicke möglich ist. Da die raumseitig begrenzenden Heizkörper nur noch eine deutlich niedrigere Leistung abgeben müssen, ist eine Dämmung bis nah an die

Heizkörper möglich. Ggf. sollte auch überprüft werden, ob eine kostengünstige Möglichkeit besteht, die Heizkörper um einige Zentimeter in den Raum zu verschieben. Mit einer zusätzlichen Innendämmung von 4 cm mit  $\lambda 0,032 \text{ W/(mK)}$  wird ein U-Wert von  $0,266 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  erreicht, mit 8 cm ein U-Wert von  $0,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . In diesem Fall wäre alternativ zu prüfen, ob auf das Ausblasen auf der Außenseite verzichtet werden kann und dadurch wiederum Kosten eingespart werden.

### 3.2.2 Außenwände zum Erdreich

Die Außenwände zum Erdreich weisen wenn überhaupt nur eine sehr geringe Dämmdicke von zwei bis vier Zentimetern auf. Der U-Wert der Außenwände zum Erdreich liegt im Bereich von  $0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

**Vorschlag für die Modernisierung:** Die Außenwände zum Erdreich sollten mit 20 cm Perimeterdämmung versehen werden und die Dämmung im Sockelbereich fortgesetzt und möglichst nah an die Unterkante des Fundaments herangeführt werden. Die Dämmtiefe ist mindestens bis in Frosttiefe von 80 cm vorzusehen. Falls ohne hohen Aufwand möglich, sollte die Dämmschürze tiefer geführt werden, weil dadurch ein Wärmepuffer unterhalb der Bodenplatte verbessert wird und auf Maßnahmen bei der Dämmung der Bodenplatte möglicherweise verzichtet werden kann.

### 3.2.3 Dach und abgehängte Decken

Der Dachkonstruktion ist von innen nach außen in folgender Form gegeben: abgehängte Decke (ursprünglich mit KMF-Auflage), Luftraum ca. 70 cm, Stahlbetondecke 20 – 22 cm, Flachdachaufbau als Warmdach mit ursprünglich 4 bis 6 cm Dämmung. Im Zuge von Sanierungsmaßnahmen wurde das Dach jedoch bereits gedämmt und weist lt. Angabe des Hausmeisters Dämmdicken von über 25 cm auf.

**Schadstoffaspekte:** Auf den abgehängten Decken befanden sich Matten aus künstlichen Mineralfasern, die als schadstoffträchtig zu betrachten sind. Es ist zu überprüfen, ob bei den bisherigen Sanierungsmaßnahmen diese Matten vollständig entfernt wurden. Eine weiter gehende Demontage sollte in der unterrichtsfreien Zeit erfolgen, um keine Schüler durch Staubeinträge zu schädigen. Die Räume sollten vor und nach der Maßnahme auf Fasern untersucht werden, um ein gesichertes Ergebnis zu erhalten.

**Vorschlag für die Modernisierung:** Die abgehängte Decke sollte erneuert werden. Der Aufbau auf dem Dach muss überprüft werden und kann wahrscheinlich erhalten werden. Die vorhandenen U-Werte sind zu überprüfen. Bei einer Dämmdicke von 25 cm mit  $\lambda 0,035 \text{ W/(mK)}$  ist von einem Wert für  $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  auszugehen. Berücksichtigt werden müssen die Wärmebrücken an Durchdringungen und vor allem im Bereich der Attika. Für diese Details sollte eine Wärmebrückenberechnung mit Optimierung der Konstruktion durchgeführt werden. Grundsätzlich kann die Aufkantung an der Attika durch Materialien mit günstigen Dämmeigenschaften und hoher Festigkeit statt der bisher üblichen Stahlbetonteile etc. ausgeführt werden.

### 3.2.4 Bodenplatte

Die Bodenplatte wurde in Stahlbetonausführung in Verbindung mit Streifenfundamenten ausgeführt. Die Dicke der Bodenplatte ist in den Plänen sehr dünn eingezeichnet und bei vergleichbaren Projekten oftmals mit geringen Dicken von 14 bis 16 cm ausgeführt worden. Die Aufbauhöhe beträgt vermutlich etwa acht Zentimeter, d. h. die Dämmdicke

liegt bei zwei bis maximal vier Zentimetern. Dadurch ergibt sich ein U-Wert von etwa  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Der Oberbodenbelag mit Waschbetonplatten ist ein Gestaltungsmerkmal des Gebäudes, das der Architekt auch bei anderen Gebäuden angewandt hat. Im Zuge der Planung ist zu klären, ob diese strapazierfähige aber nicht unbedingt zeitgemäße Oberfläche erhalten werden soll oder eine Alternativlösung mit neuem Aufbau gewählt werden soll.

**Vorschlag für die Modernisierung:** Die energetische Berechnung weist aus, dass der U-Wert der Bodenplatte bei etwa  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  liegt. Es sollte eine Dämmschürze rund um das Gebäude gezogen werden. Diese Dämmung sollte möglichst tief geführt werden, um die Ausbildung einer Wärmelinse unterhalb der Bodenplatte zu begünstigen. Die Berechnung nach Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) ergibt eine gute Näherung. Das Ergebnis ergibt einen Beiwert von 0,2 bis 0,22 für den U-Wert der Bodenplatte. D. h. der rechnerisch resultierende U-Wert beträgt  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  mit einem theoretischen Beiwert von 1,0. Das heißt die Wärmeverluste durch die Bodenplatte liegen in einem noch vertretbaren Bereich. Allerdings sollte grundsätzlich bei der Planung eine detaillierte Simulation ausgeführt werden, bei der auch die Untergrundverhältnisse präzise einbezogen werden. Von besonders hoher Bedeutung ist dabei der Ansatz für Grundwasser und ggf. der Fließgeschwindigkeit. In der Berechnung wurde eine Tiefe des Grundwasserspiegels von 3,00 Metern unter der Bodenplatte angenommen mit einer Fließgeschwindigkeit 0,05 Metern pro Tag.

Es können auch Zwischenlösungen erwogen werden, wie z. B. der Austausch des Fußbodenaufbaus in den Klassenräumen. Dadurch werden einerseits die thermisch besonders belasteten Räume an den Außenseiten des Gebäudes erfasst und zugleich kann eine Lösung erzielt werden, die für Fußwärme bei den Schülern sorgt, indem z. B. ein Aufbau mit Vakuumdämmung gewählt wird. Die Vakuumdämmung kann in den Klassenzimmern vollflächig eingebracht werden oder bei einer Sparvariante nur entlang der Außenfassade in einer Breite von ein bis zwei Metern. Bei einer Dämmdicke von zwei bis vier Zentimetern können ein U-Werte von  $0,15$  bis  $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  erreicht werden. Die Mehrinvestitionen der Vakuumdämmung liegen im Estrichbereich bei etwa  $80 \text{ € pro m}^2$  gegenüber Standardlösungen. Bei dieser Ausführung kann auf eine tief geführte Dämmschürze möglicherweise verzichtet werden. Eine Überprüfung der Sockelwärmebrücke ist dafür aber Vorbedingung, um Kondenswasserprobleme auszuschließen.

### 3.2.5 Fenster und Türen

Die bestehenden Fenster sind als Holzfenster mit Aluminiumausführung auf der Außenseite ausgeführt. Der  $U_w$ -Wert beträgt etwa  $2,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Zahlreiche Elemente schließen nicht richtig und Luftdichtigkeit ist nur bedingt gegeben. Die Zweischeiben-Isolierverglasung weist zu Teilen Beschlag im Scheibenzwischenraum auf.

#### **Vorschlag für die Modernisierung - Fenster:**

Es bietet sich an, im Zuge der Sanierung wiederum Holz-Aluminium-Fenster einzusetzen. Der Vorteil einer angenehmen rauminnenseitigen Oberfläche in Verbindung mit der wartungsfreien Außenschale aus Aluminium ist für den Einsatz in Schulen bestens geeignet. Gegenüber Holz- oder Kunststofffenstern ist eine erhöhte Qualität und geringere Wartung zu erwarten. Gegenüber Aluminiumfenstern ist die Haptik der Innenoberfläche anzuführen, die für Schulräume geeigneter erscheint. Darüber hinaus liegt ein wesentlicher Vorteil im energetischen Bereich: bei Holz-Alu-Fenstern sind auf kostengünstige Weise Rahmen U-Werte zwischen  $0,6$  und  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu erreichen,

während Alu-Fenster im Bereich von 1,4 bis 1,8 W/(m<sup>2</sup>K) liegen und somit deutlich ungünstigeren Wärmeschutz bieten.

Bei der energetischen Simulation der Schule zeigt sich, dass allein der Unterschied durch die Wahl der Fensterrahmen den Jahresheizwärmebedarf um 4 bis 5 kWh/(m<sup>2</sup>a) verbessert bei Wahl der hochwertigen Holz-Alu-Rahmen.

Die Differenzkosten zwischen üblichem Standard und Passivhauskennwerten für die Rahmen zwischen 0,65 und 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) sind bei Holz-Alu-Fenstern relativ gering. Es sollte auf jeden Fall Dreischeibenverglasung mit einem U<sub>g</sub> – Wert von 0,6 W/(m<sup>2</sup>K) eingesetzt werden. Die Verglasung mit Argon-Füllung wird zunehmend zum Standard und ist nur 20 bis 30 Euro pro m<sup>2</sup> teurer als Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung. Die Mehrkosten gegenüber Gläsern mit einem U-Wert um 0,9 W/(m<sup>2</sup>K) liegen nochmals niedriger.

Wichtig ist ein Randverbund der Gläser mit einem möglichst geringen Verlust für  $\Psi_{\text{Randverbund}}$  im Bereich von 0,03 bis 0,035 W/(m<sup>2</sup>K) sowie eine hochwertige Lösung für den Einbau, um niedrige Wärmebrückenverluste zu erzielen. In den Berechnungen sind die Wärmebrückeneffekte des Fenstereinbaus bei den U-Werten der Fenster abgebildet. Es sollte im Zuge der Werkplanung angestrebt werden den Wert für  $\Psi_{\text{Einbau}}$  möglichst deutlich unter 0,02 W/(m<sup>2</sup>K) zu erreichen. Dafür sollte eine Dämm-Überdeckung der Rahmen realisiert werden. Der resultierende Fenster U-Wert beträgt bei der Simulationsberechnung auf diesen Grundlagen im Mittel 0,80 W/(m<sup>2</sup>K).

Tab. 3.1 Energieeffizienter Standard: Kennwerte der Fenster

U-Wert Rahmen	U <sub>f</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)	0,73
Wärmebrücke Einbau	$\Psi_{\text{Einbau}}$	W/(mK)	< 0,02
Verglasung	U <sub>g</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)	0,60
g-Wert			0,51-0,53
Wärmebrücke Glasrand	$\Psi_{\text{Glasrand}}$	W/(mK)	0,03-0,035
<b>U-Wert Fenster</b>	<b>U<sub>w</sub></b>	<b>W/(m<sup>2</sup>K)</b>	<b>&lt;0,80</b>

### Vorschlag für die Modernisierung - Außentüren:

Die Türen nehmen bei der Gebäudehüllfläche nur einen sehr kleinen Prozentsatz der Fläche ein. Deshalb ist es sinnvoll, dort der Gebrauchstauglichkeit und vor allem der Luftdichtheit absolute Priorität einzuräumen. Es wird empfohlen, die Haupteingangstüren als Aluminiumelemente auszuführen. Die angrenzenden Fenster können bei gleicher Außenoptik wiederum als Holz-Alu-Konstruktionen ausgeführt werden.

Wichtig ist die Wahl eines möglichst optimierten Rahmen-U-Wertes in Verbindung mit hochwertiger Verglasung im Bereich U<sub>G</sub> = 0,6 bis 0,8 W/(m<sup>2</sup>K), die selbstverständlich die Sicherheitsanforderungen erfüllen muss.

Hoher Wert muss auf einen hochwertigen Schließmechanismus gelegt werden, der auch im Normalbetrieb für hohe Luftdichtheit bürgt. Zudem sollte beim Haupteingang ein großzügig bemessener Windfang ausgeführt werden. Je nach Dämmsituation kann dann eine Ebene der Türen energetisch hochwertig (=Thermische Hülle) und die andere Ebene in eher kostengünstigem normalem Standard ausgeführt werden.



### 3.2.6 Innenwände

Die Innenwände wurden als Leichtbaukonstruktionen erstellt und enden im Bereich der abgehängten Decken. Dieser Zustand ist aus Komfortgründen, hinsichtlich des Brandschutzes und des Schallschutzes nicht sinnvoll.

**Vorschlag für die Modernisierung:** Grundsätzlich sollten die Innenwände unter Beachtung von Brand- und Schallschutz neu erstellt und dabei zur besseren Belichtung Oberlichter zu den Fluren eingeplant werden. Die bestehenden Wände könnten ggf. erhalten werden und oberseitig im Bereich zwischen abgehängter Decke und Stahlbetondecke kostengünstig ergänzt werden. Energetisch haben diese Maßnahmen nur eine geringe Relevanz. Das Lüftungskonzept muss an diese Aspekte angepasst werden, da derzeit der Hohlraum in der Decke als Überströmbereich für die Abluft genutzt wird.

### 3.3 Lüftung

Es ist bereits eine Zu-/Abluftanlage in dem Gebäude vorhanden, die allerdings in einem sehr schlechten Zustand ist. Grundsätzlich sollte die Technik ertüchtigt bzw. erneuert werden. Im Vorfeld sollte allerdings eine Analyse der vorhandenen Technik durchgeführt werden. Seitens der Schulleitung und des Hausmeisters wurde große Bereitschaft gezeigt, mittels CO<sub>2</sub>-Verlaufsmessung in den Klassenräumen unter Einbindung von Lehrern und Schülern die aktuelle Situation der Lüftungsanlage zu überprüfen. Dazu sollten Messeinrichtungen zur Verfügung gestellt werden und ein gezieltes Praxis-Messprogramm während der kommenden Wochen durchgeführt werden.

Da die Raumlufbelastung in Klassenräumen ohne Lüftungstechnik durchweg hohe Werte deutlich oberhalb der Zielwerte von 1000 bzw. 1500 ppm für die Kohlendioxidbelastung ausweisen, sollten grundsätzlich die Schule wiederum mit hochwertiger Lüftungstechnik ausgestattet werden. Nur so kann für Schüler und Lehrer eine gute Raumlufqualität bereit gestellt werden. Ausschließliche manuelle Fensterlüftung bewährt sich im Schulbetrieb kaum. Im Folgenden kurze Anmerkungen zu den möglichen Lüftungsarten:

**Manuelle Lüftung:** die Abhängigkeit vom individuellen Lüftungsverhalten führt durchweg entweder zu erhöhtem oder deutlich unterdurchschnittlichem Luftwechsel und somit zu ungünstigen energetischen und raumlufthygienischen Zuständen.

**Automatische Regelung der Fenster nach CO<sub>2</sub>-Sensoren:** hoher Kostenaufwand mit mäßigem Regelkomfort und ungünstigen Behaglichkeitsfaktoren, da durch geöffnete Fenster Zugluft in Teilen des Klassenraums entstehen kann. Zudem wird die automatische Regelung als unangenehm empfunden, wenn kein direkter Eingriff durch die Nutzer möglich ist. In diesem Fall wird die Wirksamkeit allerdings wieder konterkariert. Die Kosten liegen bei etwa 5 bis 20 €/m<sup>2</sup> NF.

**Ventilatorgestützte Abluftanlagen:** es kann eine gezielte Luftmenge, gestützt durch z. B. CO<sub>2</sub>-Sensoren aus dem Raum abgesaugt werden. Der Komfort ist günstiger als bei automatischer Fensterregelung. Grundsätzlich wird jedoch kalte Außenluft angesaugt mit einem relativ hohen Luftwechsel von bis über 3,0 h<sup>-1</sup>, was sehr schnell zu Einschränkungen bei der Behaglichkeit führt. Die Kosten liegen bei etwa 20 bis 40 €/m<sup>2</sup> NF.

**Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung:** den spezifisch hohen Kosten einer Zu-/Abluftanlage stehen zahlreiche Vorteile gegenüber, die sich aus dem Anlagenkonzept

ergeben. Die Zuluft wird durch die Wärmerückgewinnung vorgewärmt auf Werte, die im Allgemeinen zwischen 17 und 19 °C liegen. Dadurch wird eine hohe Behaglichkeit erzielt und bei gut geplanten Zuluftelementen keinerlei Zug wahrgenommen. Nur bei Anlagen mit Wärmerückgewinnung ist ein zusätzlicher energetischer Nutzen gegeben, weil 80 bis über 90 Prozent der Wärme aus der Abluft zurück gewonnen wird. Dadurch kann der Heizwärmebedarf der Schule um 15 bis 25 kWh/(m<sup>2</sup>a) gesenkt werden.

Die Kosten für Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung liegen bei etwa 45 bis über 100 €/m<sup>2</sup> NF.

Aus raumlufthygienischer Sicht kann das Luftvolumen auf etwa 18 m<sup>3</sup>/h je Schüler ausgelegt werden in Verbindung mit einer kurzen Fensterlüftung in den Pausen. Es ist zu überprüfen, ob Teile der Anlage weiter verwendet werden können.

Die Abluftseite sollte vereinfacht werden. Insbesondere ist zu empfehlen, die Abluft im Bereich der Verkehrsflächen bzw. der Ablufträume abzusaugen. Dazu müssen Überströmelemente zwischen Klassenräumen und Fluren geschaffen werden, die hinsichtlich Schallschutz und Brandschutz wirksam sind. Gegenüber der jetzigen Situation, die keinerlei wirkliche Trennung zwischen den Bereichen darstellt, ist damit eine deutliche Verbesserung gegeben. Im Verkehrsflächenbereich sollte keine gesonderte Zuluft eingebracht werden, um zu einer möglichst wirtschaftlichen Dimensionierung der Anlage zu gelangen. Nur im Bereich des Eingangs sollte eine angepasste Menge frischer Luft zugeführt werden. Die Zentrale mit der Zu-/Abluftanlage muss in jedem Fall erneuert werden.

Die vorhandene Lüftungsanlage im Keller für die Vorlesungsräume mit insgesamt etwa 500 m<sup>2</sup> erscheint ungeheuer aufwändig. Es sollte eine Überprüfung durchgeführt werden, wie diese Anlage ggf. anzupassen ist und die Zentralgeräte an aktuelle Technik mit hohem Jahresbereitstellungsgrad von 85 bis 90 Prozent bei einer Elektroeffizienz von 0,35 W/m<sup>3</sup> angepasst werden können.

**Schallschutz und Brandschutz:** der Planungsprozess erfordert von vorneherein die Einbeziehung der Schallschutz- und Brandschutzexperten. Dafür sollten Fachleute gewonnen werden, die bereits erfolgreich Passivhauskonzepte umgesetzt haben. Bereits in Vorgesprächen vor der Beauftragung muss dem grundsätzlichen Konzept zugestimmt werden und im Vertrag vereinbart werden, dass diese Lösung praktikabel ist. Die bereits im Gebäude vorhandene Sprinkleranlage vereinfacht Brandschutzlösungen.

### **3.4 Heizanlage**

#### **3.4.1 Ausgangslage**

Die Wärmebereitstellung erfolgt über ein Nahwärmesystem der Stadtwerke und war nicht Gegenstand der Untersuchung. Die Anlage im Gebäude wurde im Rahmen des Gutachtens durch Prof. Wilhelms und Herrn Deidert präzise analysiert und dokumentiert.

#### **3.4.2 Erneuerung des Heizsystem**

Das Gebäude wird durch die gute Dämmung und die hohe Gebäudemasse zu einem thermisch relativ trägen System. Der Vorteil liegt darin, dass sich bei korrektem Umgang mit der Lüftung die Temperaturen in den Räumen nur sehr langsam ändern. Bei Ausstellen der Heizung sinkt die Raumtemperatur innerhalb eines Tages um etwa 2,0 °C. Daraus ergeben sich neben den guten Behaglichkeitsfaktoren Vorteile für die Auslegung und das Regelverhalten der Heizanlage.

Die vorhandene Heizungsanlage sollte nach Möglichkeit beibehalten werden und die Hydraulik auf die neue Situation mit dem deutlich niedrigeren Heizwärmebedarf ausgelegt

werden. Die Heizlast dürfte im Bereich von etwa 20 W/m<sup>2</sup> liegen. D. h. die Gesamtleistung der Heizanlage im Gebäude liegt bei gut 200 kW.

### **3.5 Sommerlicher Wärmeschutz und Verschattung**

Im Zuge einer präzisen Analyse sollten die internen Lasten auf ein Minimum reduziert werden. Einfluss haben die Nutzer dabei vor allem auf elektrische Geräte und die Beleuchtung, die in Kapitel 3.6 näher betrachtet wird. Hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes wird vorgeschlagen, alle Klassenräume, die in Richtung Ost, West und Süd ausgerichtet sind, mit außen liegenden Verschattungssystemen zu versehen in Form von Raffstores mit zentraler Regelung sowie zusätzlicher Bedienmöglichkeit im Klassenraum. Darüber hinaus kann die Lüftungsanlage für eine Nachtkühlung genutzt werden, indem die ohnehin vorhandene Zu-/Abluftanlage mit einem Luftwechsel zwischen 3,0 und 5,0 betrieben wird. Da die Differenz zwischen den Betriebszuständen im Unterricht und der Nachtkühlung nicht besonders hoch ist, kann dieser Ansatz auf einfachem Weg durchgeführt werden.

Nachtkühlung ist nur dann effizient wirksam, wenn Oberflächen im Raum angemessen aktiviert werden können. Von Bedeutung sind dabei die Materialien der obersten vier bis acht Zentimeter der raumumfassenden Bauteile: sie sollten bei der Planung so ausgewählt werden, dass Speichermasse zur Verfügung steht. Im Bodenbereich kann der Estrich diese Funktion übernehmen. Bei den Außenwänden wirkt der Beton speichernd, allerdings ist die vorhandene Fläche in den Räumen sehr gering. Die Innenwände müssen hinsichtlich der Modernisierung auf diesen Aspekt überprüft werden. Die bisherige Leichtbaukonstruktion ist in diesem Sinn wenig hilfreich. Die Decke verliert ihre Speichermöglichkeit durch die Abhängung. Es sollte überprüft werden, inwieweit die vorhandene Stahlbetondecke zur Aktivierung hinzugezogen werden kann oder ob eine abgehängte Decke Speicherfunktionen über die Einbringung entsprechender Masse ermöglichen kann bzw. ob eine Mischlösung möglich ist, bei der nur ein Teil der Decke abgehängt wird.

Die Frischluftansaugung der Lüftungsanlage sollte im Sommer so erfolgen, dass möglichst kühle Luft verwendet wird, d. h. Positionierung des Frischluftelements Richtung Nord / Nordwest.

### **3.6 Belichtung, Beleuchtung und elektrische Geräte**

Es handelt sich um Klassenräume mit einer hohen Raumtiefe und sehr ungünstiger Belichtung durch Tageslicht. Grundsätzlich sind Anordnung und die Konzeption der Fenster so zu wählen, dass möglichst viel Tageslicht für die Belichtung der Räume genutzt werden kann. Dazu ist die wichtigste Regel, dass die Oberkante des Fensters so hoch wie möglich liegt. Verglaste Flächen unterhalb der Brüstungshöhe haben kaum Auswirkungen auf die Belichtung und verschlechtern im Allgemeinen den sommerlichen Wärmeschutz sowie die Behaglichkeitsfaktoren im Winter.

Die oberen Lamellen des Verschattungssystems sollten als Lichtlenkungssystem genutzt werden, um das Sonnenlicht tief in den Raum hinein zu reflektieren bzw. z. T. unter die Decke. Decke und entsprechende Wandflächen sollten hell gestrichen sein, um diesen Effekt zu unterstützen.

### **3.6.1 Beleuchtung**

In den Klassenräumen sollten Langfeldleuchten mit 90 lumen/W dreireihig montiert werden mit 58 W- bzw. 49-W T5-Röhre. Die effizienteren Natriumhochdruckleuchten weisen das Problem auf, dass sie nicht farbecht sind. Die Lichtregelung erfolgt stufenlos tageslichtabhängig mit 300 bzw. hinsichtlich der Nutzung besser 500 Lux. Die drei Leuchtenfelder werden dabei individuell nach Ausleuchtung des Raums geregelt um die Beleuchtungsasymmetrie in den tiefen Räumen auszugleichen.

Zusätzlich wird eine Tafelbeleuchtung installiert. Eine Präsenzsteuerung schaltet zeitversetzt das Licht aus, wenn die Räume nicht besetzt sind.

Die Regelung sollte automatisch über Sensoren erfolgen aber gleichzeitig die Schaltung innerhalb der Klasse ermöglichen. Schüler und Lehrer sollten intensiv eingewiesen werden, um aktiv an der Regelung mitzuwirken. So ist vorstellbar, dass für Unterrichtsformen, die keine helle Beleuchtung erfordern, bewusst eine niedrigere Helligkeitsstufe gewählt werden kann. Dies sollte auf einfache Weise durch das Lichtregelungssystem ermöglicht werden. Die Räume erhalten Präsenzmelder. In den Fluren und Nebenräumen wird eine automatische Lichtschaltung mit ca. 1/3 Leistung als durchgängiger Beleuchtung und zusätzlichen 2/3 Zuschaltung bei Bedarf montiert.

### **3.6.2 Elektrische Geräte**

Hinsichtlich der Elektrogeräte werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Bei EDV-Anlagen ist auf den Einsatz von energieeffizienten Geräten zu achten, insbesondere bei der Beschaffung. Dabei spielen die PC-Monitore (Flachbildschirme) eine wesentliche Rolle. Laptop-Technik mit Leistungen von 12 bis 20 W pro Gerät ist ausreichend für Unterrichtszwecke. Besonders geachtet werden muss auch von den Stand-By-Verbrauch der Geräte. Hier können schaltbare Steckerleisten mit entsprechenden Hinweisen am Arbeitsplatz nennenswerte Einsparungen (neben einem pädagogischen Aspekt) bewirken.
- Falls Serveranlagen vorhanden sind, ist die Lage des Serverraums im Hinblick auf die erforderlichen ganzjährigen kühlen Raumtemperaturen zu beachten. Bei der Technik zur Kühlung der Anlagen sind ebenfalls verschiedene Varianten möglich, die sich im Hinblick auf die Energieeffizienz unterscheiden. So sollte der Server in einem Abluftraum untergebracht sein. Nicht der Raum sollte gekühlt werden, sondern allenfalls nur das Gerät selbst.
- Bei sonstigen elektrischen Verbrauchern in der Schule (z. B. Brennöfen im Werkunterricht) ist besonders darauf zu achten, dass diese nur dann elektrischen Strom benötigen, wenn sie auch genutzt werden (Stand-By).

## **3.7 Schadstoffbelastungen**

Auf Grund des Baujahrs besteht die Möglichkeit, dass Schadstoffe mit verschiedenen Baustoffen und Bauteilen eingebaut wurden. Deshalb wird empfohlen, eine diesbezügliche Untersuchung durchzuführen, wobei Schwerpunkte im Bereich Asbest (Fassade und weitere Bauteile, Brandschutzmaßnahmen), PCB (Fugenmaterialien, wahrscheinlich auf Grund des Baujahrs nicht mehr belastet), Oberflächenbeschichtungen (insbesondere von Holz hinsichtlich Holzschutzmitteln), Oberbodenbelägen und Einrichtungsgegenständen liegen sollten. Die abgehängten Decken sind ebenfalls zu überprüfen. Zu überprüfen ist, ob KMF-Matten nach wie vor frei auf den Deckenplatten liegen und entfernt werden müssen, weil die Fasern kanzerogenes Potenzial beinhalten. Eine Untersuchung der Gebäudetechnik und der Leitungen auf Schadstoffe sollte ebenfalls durchgeführt werden.

Im Zuge der Modernisierung sollten die neuen Materialien im Vorfeld auf Schadstoffpotenziale untersucht werden und ggf. bei Baustoffen mit hohem Volumen bzw. Oberflächenanteil spezifisch untersucht werden. D. h. die angelieferten Chargen sollten rechtzeitig mittels Messungen auf Emissionen getestet werden.

## **4 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg**

Das Werner-von-Siemens-Gymnasium besteht aus vier Gebäuden und liegt in der Herzog-Wilhelm-Str. 25 zentral in Bad Harzburg. Die Bauteile wurden in sechs Schritten erbaut:

- 1900 – Altes Schulgebäude (Denkmalschutz)
- 1928 – Hauptgebäude
- 1960 – Turnhalle und Heizzentrale
- 1968 – Fachtrakt (1980 aufgestockt)
- 1986 – Aula angebaut
- 1990 – Neue Sporthalle

Das Hauptgebäude, der Fachtrakt sowie die alte und neue Sporthalle weisen eine Brutto-Grundfläche von ca. 9.700 m<sup>2</sup> auf. Das Hauptgebäude mit Fachtrakt weist eine Brutto-Grundfläche (BGF) von 7029 m<sup>2</sup> auf. Dazu kommen 2687 m<sup>2</sup> für die Sporthallen und die Heizzentrale sowie 943 m<sup>2</sup> für das alte Schulgebäude. Die Netto-Grundfläche (NGF) des Hauptgebäudes beträgt 3688 m<sup>2</sup>.

Das Werner-von-Siemens-Gymnasium besuchen 732 Schülerinnen und Schüler, die von 64 Lehrern unterrichtet werden (Stand September 2009).

In den Jahren 2001 und 2008 wurde das Hauptgebäude in Teilbereichen saniert. Insbesondere wurden die Fenster auf der Nordwest- und Südwestseite gegen neue Bauteile mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht. Die anderen Fenster weisen eine ab 2001 erneuerte Zweischeibenwärmeschutzverglasung auf. Der Fachtrakt und der Verbindungsgang sind weitestgehend unsaniert.

### **4.1 Grundlegende Entwurfsaspekte**

Ein wesentlicher Aspekt des Entwurfsansatzes muss darin liegen, der bisher sehr zufällig wirkenden Ansammlung verschiedener zeittypischer Baustilrichtungen einen Rahmen zu geben und die städtebauliche Situation aufzuwerten. Wie darüber hinaus Konzeptansätze für eine „Wohlfühlschule“ möglich sind, wird in den folgenden Kapiteln dargestellt. Energetische Ansätze erhalten durch die bauphysikalischen Behaglichkeitsaspekte dabei einen wesentlichen Anteil.

#### **4.1.1 Behaglichkeit**

Hochwertige Dämmung der Gebäudehülle bringt die Oberflächentemperatur der Außenhülle nahezu auf die Temperatur der Raumluft. Dadurch entsteht eine hohe thermische Behaglichkeit. Zudem werden Zugerscheinungen in Folge von Temperaturschichtungen vermieden. Die Temperatur im Gebäude ist sehr homogen und differiert im Allgemeinen nur um etwa drei Kelvin zwischen den minimalen und maximalen Temperaturen. Voraussetzung für diesen Effekt ist die hochwertige Luftdichtheit. Darüber hinaus wird durch die hochwertige Lüftungsanlage eine hervorragende Raumlufthygiene sicher gestellt, Schadstoffbelastungen werden deutlich reduziert und die

Konzentration der Schüler wird durch den angenehm niedrigen Wert für die CO<sub>2</sub>-Konzentration verbessert.

#### **4.1.2 Entwurfsaspekte, Oberflächengestaltung und Haptik**

Der Entwurf für die Gesamtmodernisierung des Areals sollte darauf abzielen, den sehr unterschiedlich wirkenden Gebäuden einen qualitätvollen Charakter und eine Identität zu geben. Dabei sind Aspekte wie Transparenz, Helligkeit und Wärme wesentliche Gestaltungsfaktoren. Folgende Entwurfskomponenten könnten hilfreich sein:

- Harmonisierung der Oberflächen des Gesamtareals
- Auswahl von Oberflächen mit angenehmer Haptik und hellen Farbtönen
- Farbkonzept für die gesamte Schule, z. B. in einem hellen Farbspektrum mit Pastelltönen
- Fensterflächen möglichst weit nach oben ziehen, Stürze minimieren
- Öffnen von Räumen durch innenarchitektonische Mittel, z. B. partielles Anheben der abgehängten Decken und Schaffen von Lichträumen unter der Decke mittels Beleuchtungseffekten und ggf. changierenden Farbtönen in kleinen „Erlebnisbereichen“
- Intensive Gestaltung von freundlichen Eingangssituationen und Übergängen zwischen den Gebäuden
- Hochwertige Freiflächengestaltung als verbindender Entwurfsaspekt zwischen den Gebäuden
- Intensive Beachtung des Themas Schallschutz hinsichtlich der Oberflächen: vermeiden von schallharten Materialien zugunsten von absorbierenden Oberflächen
- Interdisziplinäre Planung eines Beispielklassenzimmers mit allen in diesem Gutachten benannten Aspekten und Übernahme der Essentials in die Planung der Schule und weiterer Anschlussprojekte.

## **4.2 Konstruktion und Gebäudehülle**

Die Konstruktion der Schulgebäude ist jeweils jahrgangstypisch und wird im Hauptgutachten zusammen gestellt. Die Sanierungshinweise können jeweils nur für die wesentlichen Bauteile gegeben werden und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

### **4.2.1 Außenwände**

**Vorschlag für die Modernisierung:** grundsätzlich sollte bei jeder vorhandenen Konstruktionsart ein Weg gesucht werden, einen hochwertigen Wärmeschutz mit einem Ziel-U-Wert um 0,16 W/(m<sup>2</sup>K) zu erreichen, der im Allgemeinen durch das Aufbringen von 20 cm Dämmstoff mit einem Lambda-Wert von 0,35 W/(mK) oder günstiger zu erreichen ist. Beim Hauptgebäude sollte der Sockelbereich mit Innendämmung versehen werden und die darüber liegenden Putzbereiche mit einer gestalterisch hochwertigen Form eines Wärmedämmverbundsystem versehen werden, das dem Charakter des Gebäudes Rechnung trägt. Der Fachtrakt verträgt eine vollständige Neugestaltung mit einer Vorhangfassade oder ebenfalls einem WDVS, wobei auch eine etwas erhöhte Dämmdicke Anwendung finden könnte.

### **4.2.2 Außenwände zum Erdreich**

Die Außenwände zum Erdreich weisen wenn überhaupt nur eine sehr geringe Dämmdicke von zwei bis vier Zentimetern auf. Die U-Werte der Außenwände zum Erdreich liegt im Bereich von 0,6 bis 1,0 W/(m<sup>2</sup>K).

**Vorschlag für die Modernisierung:** Die Außenwände zum Erdreich sollten mit 20 cm Perimeterdämmung versehen werden. Bei nicht unterkellerten Gebäuden muss die Dämmung im Sockelbereich fortgesetzt und möglichst nah an die Unterkante des Fundaments herangeführt werden. Die Dämmtiefe ist mindestens bis in Frosttiefe von 80 cm vorzusehen. Falls ohne hohen Aufwand möglich, sollte die Dämmschürze tiefer geführt werden, weil dadurch ein Wärmepuffer unterhalb der Bodenplatte verbessert wird und auf Maßnahmen bei der Dämmung der Bodenplatte möglicherweise verzichtet werden kann.

#### 4.2.3 Dach und abgehängte Decken

Im Ensemble sind unterschiedliche Dachkonstruktionen vorhanden mit U-Werten von 0,7 bis 1,0 W/(m<sup>2</sup>K). In Teilbereichen wie z. B. dem Hauptgebäude wurden bereits Dämmmaßnahmen durchgeführt.

**Schadstoffaspekte:** Es ist zu überprüfen, ob sich auf abgehängten Decken Matten aus künstlichen Mineralfasern befinden. Eine Überprüfung und wahrscheinlich vollständiges Entfernen ist in diesen Fällen dringend geboten, da die Materialien möglicherweise kanzerogenes Potenzial beinhalten. Die Demontage sollte unbedingt in den Ferien erfolgen, um keine Schüler durch Staubeinträge zu schädigen. Die Räume sollten vor und nach der Maßnahme auf Fasern untersucht werden, um ein gesichertes Ergebnis zu erhalten.

**Vorschlag für die Modernisierung:** Schrägdächer sollten im Sparrenbereich oder in Form von Aufdachdämmung energetisch saniert werden. Der resultierende U-Wert sollte etwa 0,12 bis 0,16 W/(m<sup>2</sup>K) betragen. Oberste Geschossdecken zu ungenutzten Dachböden sind besonders kostengünstig zu sanieren bei anzustrebenden U-Werten um 0,12 W/(m<sup>2</sup>K). Bei Flachdächern muss der Aufbau auf dem Dach überprüft werden und kann möglicherweise erhalten und mit einer zusätzlichen neuen Dämmung ergänzt werden. Dabei sind die Diffusionsvorgänge zu überprüfen und ggf. die vorhandene Abdichtung vor Montage der neuen Schicht zu perforieren. Die zusätzliche Dämmdicke sollte mindestens 25 cm mit einer Wärmeleitfähigkeit von Lambda 0,035 W/(mK) betragen. Dabei sollte das Gefälle überprüft und ggf. ergänzt werden. Die Abdichtung oberhalb der neuen Dämmung stellt die energetisch sinnvollste Lösung dar. Grundsätzlich ist auch eine Umkehrung der Abdichtungsebene möglich. Als resultierender U-Wert ist ein Kennwert möglichst unterhalb von U = 0,12 W/(m<sup>2</sup>K) zu empfehlen. Berücksichtigt werden müssen die Wärmebrücken an Durchdringungen und vor allem im Bereich der Attika. Für diese Details sollte eine Wärmebrückenberechnung mit Optimierung der Konstruktion durchgeführt werden. Grundsätzlich kann die Aufkantung an der Attika durch Materialien mit günstigen Dämmeigenschaften und hoher Festigkeit statt der bisher üblichen Stahlbetonteile etc. ausgeführt werden.

#### 4.2.4 Bodenplatten und Kellerdecken

Bei den Gebäuden sind sowohl Bodenplatten ohne Unterkellerung gegeben als auch Kellerdecken zu nicht beheizten Kellerdecken.

**Vorschlag für die Modernisierung:** Bodenplatte von nicht unterkellerten Gebäuden können auf unterschiedlichen Wegen saniert werden: insbesondere bei Gebäuden mit großer Grundfläche kann der Aufbau beibehalten werden und eine Dämmschürze rund um das Gebäude gezogen werden. Diese Dämmung sollte möglichst tief geführt werden,

um die Ausbildung einer Wärmelinse unterhalb der Bodenplatte zu begünstigen. Grundsätzlich sollte bei der Planung eine detaillierte Simulation ausgeführt werden, bei der auch die Untergrundverhältnisse präzise einbezogen werden. Es können auch Zwischenlösungen erwogen werden, wie z. B. der Austausch des Fußbodenaufbaus in den außen liegenden Klassenräumen. Dadurch werden einerseits die thermisch besonders belasteten Räume an den Außenseiten des Gebäudes erfasst und zugleich kann eine Lösung erzielt werden, die für Fußwärme bei den Schülern sorgt, indem z. B. ein Aufbau mit Vakuumdämmung gewählt wird, wenn keine genügende Aufbauhöhe zur Verfügung steht. Die Vakuumdämmung kann in den Klassenzimmern vollflächig eingebracht werden oder bei einer Sparvariante nur entlang der Außenfassade in einer Breite von ein bis zwei Metern. Bei Dämmdicken von zwei bis vier Zentimetern können U-Werte von 0,15 bis 0,25 W/(m<sup>2</sup>K) erreicht werden. Die Mehrinvestitionen der Vakuumdämmung liegen im Estrichbereich bei etwa 80 € pro m<sup>2</sup> gegenüber Standardlösungen. Bei dieser Ausführung kann auf eine tief geführte Dämmschürze möglicherweise verzichtet werden. Eine Überprüfung der Sockelwärmebrücke ist dafür aber Vorbedingung, um Kondenswasserprobleme auszuschließen. Bei Gebäuden mit Unterkellerung und unbeheiztem Keller ist nach Möglichkeit anzustreben, die Dämmung unterhalb der Decke anzubringen. Details im Bodenplatten- und Kellerbereich sind besonders sorgfältig auf Wärmebrückeneffekte und resultierende Oberflächentemperaturen zu überprüfen, um Bauschäden auszuschließen. Bei allen Betrachtungen müssen Feuchteaspekte bedacht werden.

#### 4.2.5 Fenster und Türen

Beim Hauptgebäude wurden die Fenster auf der Nordwest- und Südwestseite gegen neue Fenster mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht. Die anderen Fenster wurden 2001 erneuert mit Zweischeibenwärmeschutzverglasung. Der Fachtrakt und der Verbindungsgang sind weitestgehend unsaniert. Die sonstigen bestehenden Fenster sind als Kunststofffenster sowie als Holz- bzw. Holz-Alufenster ausgeführt. Die U<sub>w</sub>-Werte liegen zwischen 2,0 und 3,0 W/(m<sup>2</sup>K) und bedürfen einer Modernisierung

##### Vorschlag für die Modernisierung - Fenster:

Es bietet sich an, im Zuge der Sanierung Holz-Aluminium-Fenster einzusetzen. Der Vorteil einer angenehmen rauminnenseitigen Oberfläche in Verbindung mit der wartungsfreien Außenschale aus Aluminium ist für den Einsatz in Schulen bestens geeignet. Gegenüber Holz- oder Kunststofffenstern ist eine erhöhte Qualität und geringere Wartung zu erwarten. Gegenüber Aluminiumfenstern ist die Haptik der Innenoberfläche anzuführen, die für Schulräume geeigneter erscheint. Darüber hinaus liegt ein wesentlicher Vorteil im energetischen Bereich: bei Holz-Alu-Fenstern sind auf kostengünstige Weise Rahmen U-Werte zwischen 0,6 und 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) zu erreichen, während Alu-Fenster im Bereich von 1,4 bis 1,8 W/(m<sup>2</sup>K) liegen und somit deutlich ungünstigeren Wärmeschutz bieten.

Energetische Simulationen zeigen, dass es sich dringend lohnt, Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung einzubauen. Fast ebenso sinnvoll ist die Wahl von energetisch hochwertigen Rahmen. Allein der Unterschied durch die Wahl der Fensterrahmen beeinflusst den Jahresheizwärmebedarf um 4 bis 5 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Die Differenzkosten zwischen üblichem Standard und Passivhauskennwerten für die Rahmen zwischen 0,65 und 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) sind bei Holz-Alu-Fenstern relativ gering. Es sollte auf jeden Fall Dreischeibenverglasung mit einem U<sub>g</sub> – Wert von 0,6 W/(m<sup>2</sup>K) eingesetzt werden. Die Verglasung mit Argon-Füllung wird zunehmend zum Standard und



ist nur 20 bis 30 Euro pro m<sup>2</sup> teurer als Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung. Die Mehrkosten gegenüber Gläsern mit einem U-Wert um 0,9 W/(m<sup>2</sup>K) liegen nochmals niedriger.

Wichtig ist ein Randverbund der Gläser mit einem möglichst geringen Verlust für  $\Psi_{\text{Randverbund}}$  im Bereich von 0,03 bis 0,035 W/(m<sup>2</sup>K) sowie eine hochwertige Lösung für den Einbau, um niedrige Wärmebrückenverluste zu erzielen. Der Wert für  $\Psi_{\text{Einbau}}$  sollte möglichst deutlich unter 0,02 W/(m<sup>2</sup>K) liegen. Dafür sollte eine Dämm-Überdeckung der Rahmen realisiert werden. Der resultierende Fenster U-Wert beträgt bei der Simulationsberechnung auf diesen Grundlagen im Mittel 0,80 W/(m<sup>2</sup>K).

Besonders beim Hauptgebäude muss intensiv untersucht werden, wie mittelfristig mit den Fenstern umgegangen werden kann. Die durchgeführte Sanierung weist den großen Nachteil auf, dass die Fenster in einer ungünstigen Ebene liegen und somit die Anschlüsse bei der Dämmung der Fassade sehr schwierig mit einem günstigen Einbau-Psi-Wert zu erzielen sind.

Tab. 4.1 Ziel-Kennwerte für die Fenster

U-Wert Rahmen	$U_f$	W/(m <sup>2</sup> K)	0,7 – 0,8
Wärmebrücke Einbau	$\Psi_{\text{Einbau}}$	W/(mK)	< 0,02
Verglasung	$U_g$	W/(m <sup>2</sup> K)	0,60
g-Wert			0,51-0,53
Wärmebrücke Glasrand	$\Psi_{\text{Glasrand}}$	W/(mK)	0,03-0,035
<b>U-Wert Fenster</b>	<b><math>U_w</math></b>	<b>W/(m<sup>2</sup>K)</b>	<b>&lt;0,80</b>

#### Vorschlag für die Modernisierung - Außentüren:

Die Türen nehmen bei der Gebäudehüllfläche nur einen sehr kleinen Prozentsatz der Fläche ein. Deshalb ist es sinnvoll, dort der Gebrauchstauglichkeit und vor allem der Luftdichtheit absolute Priorität einzuräumen. Es wird empfohlen, die Haupteingangstüren als Aluminiumelemente auszuführen. Die angrenzenden Fenster können bei gleicher Außenoptik wiederum als Holz-Alu-Konstruktionen gewählt werden.

Wichtig ist die Wahl eines möglichst optimierten Rahmen-U-Wertes in Verbindung mit hochwertiger Verglasung im Bereich  $U_G = 0,6$  bis  $0,8$  W/(m<sup>2</sup>K), die selbstverständlich die Sicherheitsanforderungen erfüllen muss.

Hoher Wert muss auf einen hochwertigen Schließmechanismus gelegt werden, der auch im Normalbetrieb für hohe Luftdichtheit bürgt. Zudem sollte beim Haupteingang ein großzügig bemessener Windfang ausgeführt werden. Je nach Dämmsituation kann dann eine Ebene der Türen energetisch hochwertig (=Thermische Hülle) und die andere Ebene in eher kostengünstigem normalem Standard ausgeführt werden.

### 4.3 Lüftung

In den Gebäuden sind sehr unterschiedliche Lüftungssituationen gegeben. Deshalb muss bei der Planung ein intensives Augenmerk auf den weiteren Umgang mit dem Thema gelegt werden. Da Messwerte für die CO<sub>2</sub>-Belastung in Klassenräumen durchweg hohe Werte deutlich oberhalb der Zielwerte von 1000 bzw. 1500 ppm ausweisen, sollten grundsätzlich Schulen mit hochwertiger Lüftungstechnik ausgestattet werden. Nur so kann für Schüler und Lehrer eine gute Raumluftqualität bereit gestellt werden.

Ausschließliche manuelle Fensterlüftung bewährt sich im Schulbetrieb kaum. Im Folgenden kurze Anmerkungen zu den möglichen Lüftungsarten:

**Manuelle Lüftung:** die Abhängigkeit vom individuellen Lüftungsverhalten führt durchweg entweder zu erhöhtem oder deutlich unterdurchschnittlichem Luftwechsel und somit zu ungünstigen energetischen und raumlufthygienischen Zuständen.

**Automatische Regelung der Fenster nach CO<sub>2</sub>-Sensoren:** hoher Kostenaufwand mit mäßigem Regelkomfort und ungünstigen Behaglichkeitsfaktoren, da durch geöffnete Fenster Zugluft in Teilen des Klassenraums entstehen kann. Zudem wird die automatische Regelung als unangenehm empfunden, wenn kein direkter Eingriff durch die Nutzer möglich ist. In diesem Fall wird die Wirksamkeit allerdings wieder konterkariert. Die Kosten liegen bei etwa 5 bis 20 €/m<sup>2</sup> NF.

**Ventilatorgestützte Abluftanlagen:** es kann eine gezielte Luftmenge, gestützt durch z. B. CO<sub>2</sub>-Sensoren aus dem Raum abgesaugt werden. Der Komfort ist günstiger als bei automatischer Fensterregelung. Grundsätzlich wird jedoch kalte Außenluft angesaugt mit einem relativ hohen Luftwechsel von bis über 3,0 h<sup>-1</sup>, was sehr schnell zu Einschränkungen bei der Behaglichkeit führt. Die Kosten liegen bei etwa 20 bis 40 €/m<sup>2</sup> NF.

**Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung:** den spezifisch hohen Kosten einer Zu-/Abluftanlage stehen zahlreiche Vorteile gegenüber, die sich aus dem Anlagenkonzept ergeben. Die Zuluft wird durch die Wärmerückgewinnung vorgewärmt auf Werte, die im Allgemeinen zwischen 17 und 19 °C liegen. Dadurch wird eine hohe Behaglichkeit erzielt und bei gut geplanten Zuluftelementen keinerlei Zug wahrgenommen. Nur bei Anlagen mit Wärmerückgewinnung ist ein zusätzlicher energetischer Nutzen gegeben, weil 80 bis über 90 Prozent der Wärme aus der Abluft zurück gewonnen wird. Dadurch kann der Heizwärmebedarf der Schule um 15 bis 25 kWh/(m<sup>2</sup>a) gesenkt werden.

Es sollte versucht werden, ein Lüftungssystem zu realisieren, bei dem die Zuluft in die Aufenthaltsräume, d. h. vor allem die Klassenzimmer geleitet wird und die Luft mittels Überströmelementen von dort über den Flur- in den Abluftbereich geleitet wird.

Voraussetzung dafür ist die Beteiligung von Schallschutz- und Brandschutzplanern im allerersten Planungsstadium. Dafür sollten Fachleute gewonnen werden, die bereits erfolgreich Passivhauskonzepte umgesetzt haben. Bereits in Vorgesprächen vor der Beauftragung muss dem grundsätzlichen Konzept zugestimmt werden und im Vertrag vereinbart werden, dass diese Lösung praktikabel ist.

Die Kosten für Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung liegen bei etwa 45 bis über 100 €/m<sup>2</sup> NF.

#### **4.4 Sommerlicher Wärmeschutz und Verschattung**

Die internen Gewinne im Sommer müssen analysiert und auf ein Minimum reduziert werden. Einfluss haben die Nutzer dabei vor allem auf elektrische Geräte und die Beleuchtung (s. u.).

Hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes wird vorgeschlagen, alle Klassenräume, die in Richtung Ost, West und Süd ausgerichtet sind, mit außen liegenden Verschattungssystemen zu versehen in Form von Raffstores mit zentraler Regelung sowie zusätzlicher Bedienmöglichkeit im Klassenraum. Darüber hinaus kann die Lüftungsanlage für eine Nachtkühlung genutzt werden, indem die Abluftseite mit einem Luftwechsel zwischen 3,0 und 5,0 betrieben wird. Dazu muss allerdings in jedem zu lüftenden Klassenraum ein Fenster nachts zu öffnen sein. Der Bedienkomfort einer automatischen Öffnung wäre günstig, es ist aber auch zumutbar, dies manuell durch den Hausmeister durchzuführen, da es sich vermutlich pro Jahr nur um etwa zehn bis fünfzehn Tage handelt, an denen eine entsprechende Übertemperatur erzielt wird. Nachtkühlung ist nur dann effizient wirksam, wenn Oberflächen im Raum angemessen aktiviert werden können. Von Bedeutung sind dabei die Materialien der obersten vier bis acht Zentimeter der raumumfassenden Bauteile: beim Hauptgebäude ist durch die massiven Bauteile eine gute Ausgangssituation gegeben. Bei den sonstigen Gebäuden

sollten die Konstruktionen bei der Planung so ausgewählt werden, dass Speichermasse zur Verfügung steht. Im Bodenbereich kann der Estrich diese Funktion übernehmen. Bei den Außenwänden ist wirkt der Beton speichernd, allerdings ist die vorhandene Fläche in den Räumen sehr gering. Die Innenwände müssen hinsichtlich der Modernisierung auf diesen Aspekt überprüft werden. Leichtbaukonstruktionen sind in diesem Sinn wenig hilfreich. Die Decke verliert ihre Speichermöglichkeit durch abgehängte Decken.

Die Frischluftansaugung der Lüftungsanlage sollte im Sommer so erfolgen, dass möglichst kühle Luft verwendet wird, d. h. Positionierung des Frischluftelements Richtung Nord / Nordwest.

#### **4.5 Belichtung, Beleuchtung und elektrische Geräte**

Grundsätzlich sind Anordnung und Konzeption der Fenster so zu wählen, dass möglichst viel Tageslicht für die Belichtung der Räume genutzt werden kann. Dazu ist die wichtigste Regel, dass die Oberkante des Fensters so hoch wie möglich liegt. Verglaste Flächen unterhalb der Brüstungshöhe haben kaum Auswirkungen auf die Belichtung und verschlechtern im Allgemeinen den sommerlichen Wärmeschutz sowie die Behaglichkeitsfaktoren im Winter.

Die oberen Lamellen des Verschattungssystems sollten als Lichtlenkungssystem genutzt werden, um das Sonnenlicht tief in den Raum hinein zu reflektieren bzw. z. T. unter die Decke. Decke und entsprechende Wandflächen sollten hell gestrichen sein, um diesen Effekt zu unterstützen.

##### **4.5.1 Beleuchtung**

In den Klassenräumen sollten Langfeldleuchten mit 90 lumen/W zwei- bis dreireihig montiert werden mit 58 W- bzw. 49-W T5-Röhre. Energetisch effizientere Natriumhochdruckleuchten sollen nicht eingesetzt werden, da sie nicht farbecht sind. Die Lichtregelung erfolgt stufenlos tageslichtabhängig mit 300 bzw. hinsichtlich der Nutzung besser 500 Lux. Die drei Leuchtenfelder werden dabei individuell nach Ausleuchtung des Raums geregelt um die Beleuchtungsasymmetrie in den tiefen Räumen auszugleichen. Zusätzlich wird eine Tafelbeleuchtung installiert. Eine Präsenzsteuerung schaltet zeitversetzt das Licht aus, wenn die Räume nicht besetzt sind.

Die Regelung sollte automatisch über Sensoren erfolgen aber gleichzeitig die Schaltung innerhalb der Klasse ermöglichen. Schüler und Lehrer sollten intensiv eingewiesen werden, um aktiv an der Regelung mitzuwirken. So ist vorstellbar, dass für Unterrichtsformen, die keine helle Beleuchtung erfordern, bewusst eine niedrigere Helligkeitsstufe gewählt werden kann. Dies sollte auf einfache Weise durch das Lichtregelungssystem ermöglicht werden. Die Räume erhalten Präsenzmelder. In den Fluren und Nebenräumen wird eine automatische Lichtschaltung mit ca. 1/3 Leistung als durchgängiger Beleuchtung und zusätzlichen 2/3 Zuschaltung bei Bedarf montiert.

##### **4.5.2 Elektrische Geräte**

Hinsichtlich der Elektrogeräte werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Bei EDV-Anlagen ist auf den Einsatz von energieeffizienten Geräten zu achten, insbesondere bei der Beschaffung. Dabei spielen die PC-Monitore (Flachbildschirme) eine wesentliche Rolle. Laptop-Technik mit Leistungen von 12 bis 20 W pro Gerät ist ausreichend für Unterrichtszwecke. Besonders geachtet werden muss auch von den Stand-By-Verbrauch der Geräte. Hier können schaltbare Steckerleisten mit entsprechenden Hinweisen am Arbeitsplatz nennenswerte Einsparungen (neben einem pädagogischen Aspekt) bewirken.

- Falls Serveranlagen vorhanden sind, ist die Lage des Serverraums im Hinblick auf die erforderlichen ganzjährigen kühlen Raumtemperaturen zu beachten. Bei der Technik zur Kühlung der Anlagen sind ebenfalls verschiedene Varianten möglich, die sich im Hinblick auf die Energieeffizienz unterscheiden. So sollte der Server in einem Abluftraum untergebracht sein. Nicht der Raum sollte gekühlt werden, sondern allenfalls nur das Gerät selbst.
- Bei sonstigen elektrischen Verbrauchern in der Schule (z. B. Brennöfen im Werkunterricht) ist besonders darauf zu achten, dass diese nur dann elektrischen Strom benötigen, wenn sie auch genutzt werden (Stand-By).

#### **4.6 Schadstoffbelastungen**

Auf Grund des Baujahrs besteht die Möglichkeit, dass Schadstoffe mit verschiedenen Baustoffen und Bauteilen eingebaut wurden. Deshalb wird empfohlen, eine diesbezügliche Untersuchung durchzuführen, wobei Schwerpunkte im Bereich Asbest (Fassade und weitere Bauteile, Brandschutzmaßnahmen), PCB (Fugenmaterialien, wahrscheinlich auf Grund des Baujahrs nicht mehr belastet), Oberflächenbeschichtungen (insbesondere von Holz hinsichtlich Holzschutzmitteln), Oberbodenbelägen und Einrichtungsgegenständen liegen sollten. Abgehängten Decken sind ebenfalls zu überprüfen auf KMF-Matten, die frei auf den Deckenplatten liegen. Eine Untersuchung der Gebäudetechnik und der Leitungen auf Schadstoffpotenzial sollte ebenfalls durchgeführt werden.

Im Zuge der Modernisierung sollten die neuen Materialien im Vorfeld auf Schadstoffpotenziale untersucht werden und ggf. bei Materialien mit hohem Volumen bzw. Oberflächenanteil spezifisch untersucht werden. D. h. die angelieferten Chargen sollten rechtzeitig mittels Messungen auf Emissionen getestet werden.

## 5.3 Gutachten Büro für Bauphysik

### Abschlussbericht

#### 1 Einleitung

##### 1.1 Vorgehensweise

Im Rahmen des DBU-Projekts *Wissenschaftliche Analyse der Sanierungsnotwendigkeiten, ihres abgeschätzten Einsparpotenzials und der Wirtschaftlichkeit von drei ausgesuchten Schulen des Landkreises Goslar* führten wir am 5. Juni 2009 eine Begutachtung aus feuchteschutztechnischer und energetischer Sicht der drei Schulen:

- Haupt- und Realschule in Seesen
- Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg
- Haupt- und Realschule Liebenburg

durch. Dabei ging es insbesondere darum, festzustellen, inwieweit es Bauteile gibt, die aufgrund von erkennbaren baulichen Schäden ohnehin in absehbarer Zeit erneuert werden müssen. In diesem Zuge wurden die Schulen von außen wie von Innen besichtigt und die Bauteile in Augenschein genommen. Es wurde nach augenscheinlich erkennbaren Schäden gesucht. Bauteilöffnungen wurden nicht durchgeführt.

Zusätzlich wurden die Hausmeister und einzelne Lehrer bezüglich aufgefallener Schäden, Zugluft oder sommerlicher Überhitzung befragt. Die baulichen Gegebenheiten bezüglich des sommerlichen Klimas wurden mit aufgenommen.

#### 2 Haupt- und Realschule in Seesen

##### 2.1 Befund Bauschäden / Sanierungs-Stand

###### Dach

Nahezu alle Dach- bzw. Dachterrassen-Flächen wurden bereits in den letzten Jahren saniert. Ausgenommen ist hiervon wohl lediglich eine kleine Fläche über dem Techniktrakt im 2.UG. Typische Schadensphänomene wie Blasenbildungen im Dachbelag konnten nicht wahrgenommen werden. Auch im Bereich der Dachanschlüsse konnten keine besonderen Auffälligkeiten beobachtet werden. Lediglich im Bereich der Attika sollte langfristig erwogen werden, den Anschluss der Flachdachabdichtung an das Attikaelement mit einer äußeren schuppenartigen Bekleidung zu überdecken.

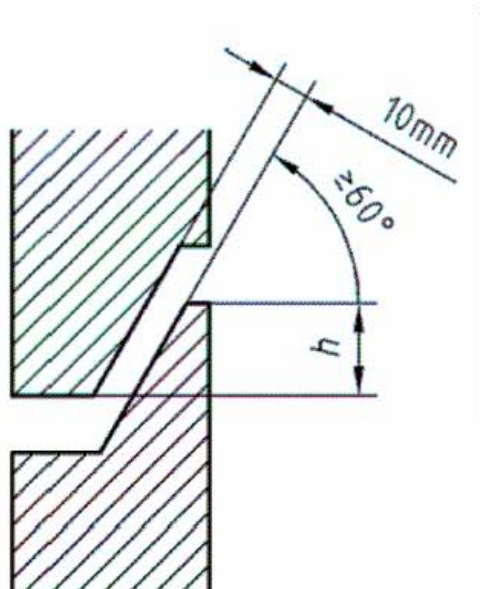
###### Außenwand

Zum größten Teil besteht die Außenwand aus einer zweischaligen Konstruktion mit einer äußeren Bekleidung aus Waschbetonfertigteilen. Teilweise wurden auch Leichtbauelemente mit äußerer Aluminiumbekleidung (z.B. Blindelemente in Fensterebene) realisiert.

Der bauliche Zustand der Waschbetonplatten ist i.A. gut. Es konnten so gut wie keine Betonschäden wie Risse oder Abplatzungen festgestellt werden. Auffallend ist jedoch, dass die Fugen ungleichmäßig breit sind. An der Außen-Treppe 1UG zu EG im SW fehlt auf mehreren Metern Länge die Fugenabdichtung. Die dadurch der Witterung ausgesetzte PE-Rundschnur ist spröde und zerfällt bei Berührung. Ursächlich hierfür ist wahrscheinlich der fehlende UV-Schutz durch den äußeren Baudichtstoff.

In den angrenzenden Fugenbereichen wurde zwar eine Fugendichtungsmasse festgestellt, jedoch betrug diese nur wenige Millimeter. Um den Schlagregenschutz sicherzustellen wird in DIN 4108-3 auf die Regelungen der DIN 18540 verwiesen. Dort sind abhängig von der Einbausituation Mindestfugenbreiten und Materialdicken vorgegeben. Möglicherweise wurde nicht nur an dieser Stelle so ‚sparsam‘ mit der Abdichtungsmasse umgegangen.

Insbesondere im horizontalen Bereich kann hier Wasser eindringen, da dieses auch ohne Schlagregen die Fassade herab laufen kann. Im Hinblick auf eine dauerhafte Verwahrung dieser Fuge sollten die Prinzipien der DIN 4108-3 berücksichtigt werden.



Eine nicht funktionstüchtige Abdichtung kann Schlagregen in die Konstruktion gelangen lassen. Inwieweit die fehlende Abdichtung die im anschließenden unteren Gebäudebereich die aufgetretenen Durchfeuchtungen verursacht hat, kann abschließend nicht gesagt werden. Zumindest waren die bisherigen Reparatur-Versuche nach Aussage des Hausmeisters nicht erfolgreich.

Der Anschlussbereich Fenster an Außenwand ist teilweise mit Jalousien, teilweise aber auch ohne Jalousien ausgeführt. Diese Bereiche (mit und ohne Jalousie) sind nicht von außen wärmegeklämt (In den Bereichen mit Jalousien stünde hierfür auch keine ausreichende Schichtdicke zur Verfügung); somit stellt dieser Bereich gegenüber den wärmegeklämten Situationen eine stofflich-geometrische Wärmebrückensituation dar. In einzelnen Räumen (z.B. Musikraum) wurde vor kurzem der Sturzbereich hinter der abgehängten Decke von Innen nachträglich geklämt.

#### Transparente Bauteile / Fenster

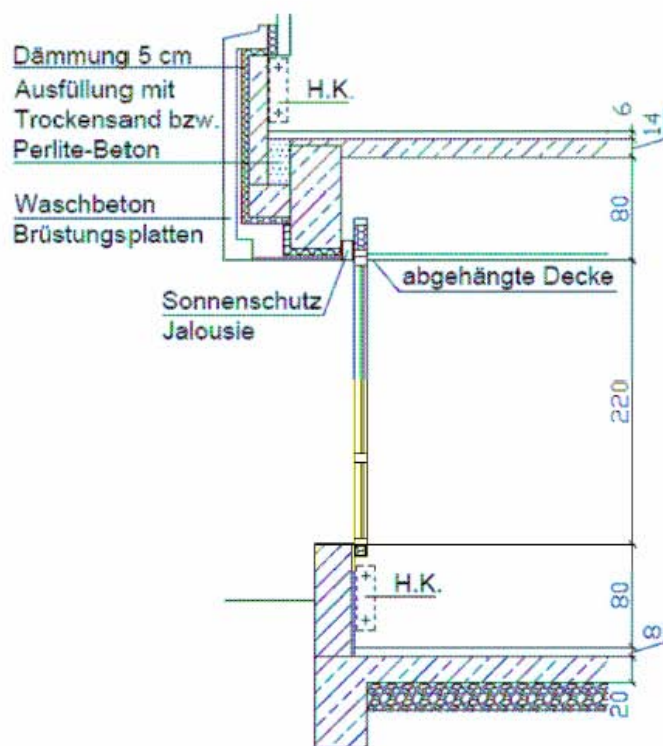
Die Fenster, Fenstertüren bestehen aus Holz-Aluminium-Konstruktionen mit einfacher Lippendichtung im Flügel. Die Rahmen weisen keine sichtbaren Schäden durch Feuchtigkeitseinwirkung auf. Die zu öffnenden Fensterflügel im 3. OG „hängen“ jedoch in den Beschlägen, so dass es zu einem Abrieb der Beschichtung zwischen Blend- und Flügelrahmen gekommen ist. Ein großer Teil der Verglasungen weist Schlieren im Scheibenzwischenraum auf.

Einige Verglasungen der Fenster und der transparenten Elemente in den Eingangsbereichen wurden teilweise bereits ersetzt. Insbesondere kleinformatige Scheiben.

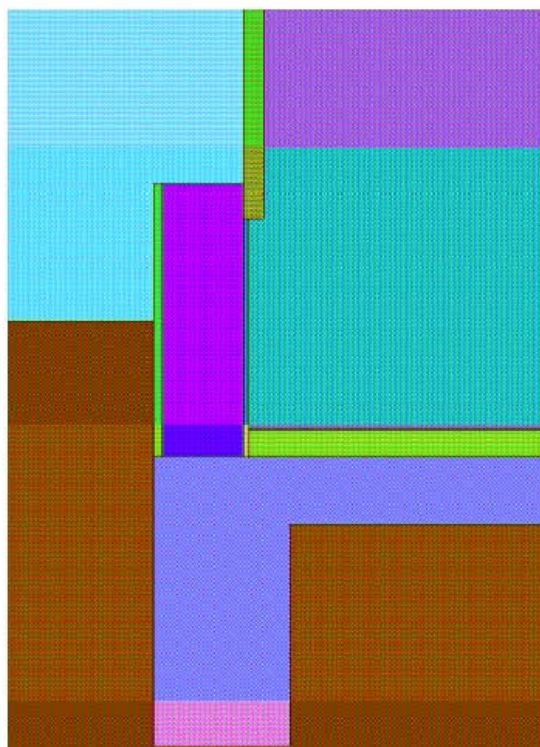
#### Unterer Abschluss und Wände zum Erdreich

Bei der Begehung sämtlicher Räume mit Wänden zum Erdreich konnten im Wesentlichen keine Spuren von aufsteigender Feuchtigkeit/ eindringender Feuchtigkeit festgestellt werden. Ausnahme: An einer Außenwand der Lehrküchen gibt es unter Geländeniveau in geringem Umfang Spuren getrockneten Wassers.

Für den Anschluss zwischen Außenwand und Sohlplatte wurden Wärmebrückenberechnungen zur Ermittlung der Oberflächentemperatur durchgeführt, um eine Tauwasserbildung ausschließen zu können.

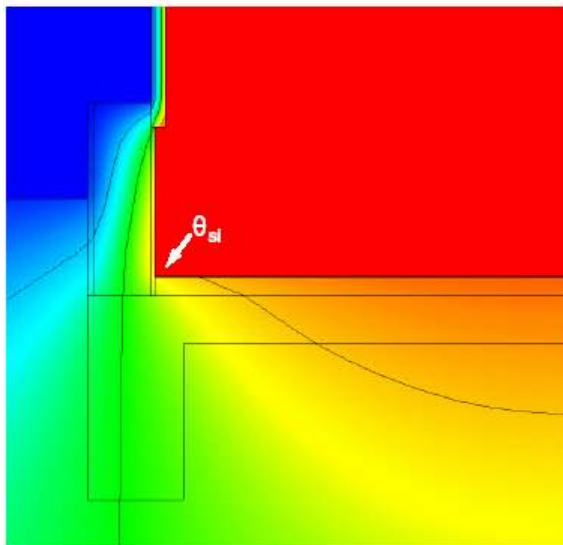


Zeichnerische Darstellung aus dem Endbericht der wärmebrückentechnisch untersucht wurde.



Material	R (m <sup>2</sup> K/W)	θ (°C)
****ADIABAT****	0,000	0,000
Luft außen -5	0,040	0,000
Luft innen Sohlplatte	0,250	20,000
Luft_innen 20	0,250	20,000
Erdreich 3 Meter 10	0,000	10,000
Material	λ (W/mK)	
Z.Estrich	1,400	
Beton	2,300	
Bindige Böden 2	2,000	
Mauerwerk	0,580	
Innenputz	0,700	
Fenster	0,130	

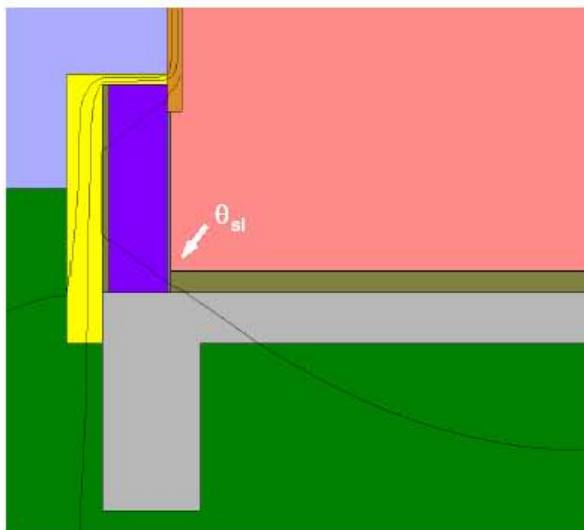
Stoff- und Geometriedaten



**Fall 1:**  
Mauerwerk  
 $\lambda_{\text{BW}} = 0,58 \text{ W/(mK)}$   
 $\theta_{\text{si}} = 13,5 \text{ °C}$

**Fall 2:**  
Stahlbeton  
 $\lambda_{\text{BW}} = 2,1 \text{ W/(mK)}$   
 $\theta_{\text{si}} = 11,7 \text{ °C}$

Auf Grund der stofflichen Unsicherheiten wurden für die Wand unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten (Mauerwerk und Stahlbeton) untersucht. Für beide Fälle ergibt sich jedoch nicht die Unterschreitung der Taupunkttemperatur bei  $\theta_i = 20 \text{ °C}$  und  $\theta_e = -5 \text{ °C}$ .



**Fall 2:**  
Stahlbeton  
 $\lambda_{\text{BW}} = 2,1 \text{ W/(mK)}$   
 $\theta_{\text{si}} = 15,6 \text{ °C}$

$U_{\text{AW}} = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

14 cm WLG 0,035

Für den Fall, dass die Bauteilanforderungen der EnEV 2009 ( $U_{\text{AW}} \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ) über ein nur geklebtes WDVS erfüllt werden sollten, müsste Dämmstoff in einer Dicke von  $d = 14 \text{ cm}$  und einer Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_{\text{BW}} = 0,035 \text{ W/(mK)}$  eingebaut werden. Der Einfluss systemimmanenter Wärmebrückeneffekte in der Regelfläche müssten hier noch entsprechend berücksichtigt werden.

Die Bodenplatte der besichtigten Räume zeigte keine augenscheinlichen Schädigungen (z.B. durch aufsteigende Feuchtigkeit.) Kellerdecken als innen liegende Bauteile wurden nicht näher untersucht.

#### Wärmebrücken:

Tragende Stahlbetonstützen durchstoßen die Dämmebene z.B. im Bereich der Dachterrasse über UG1. Ebenso sind hier möglicherweise ungedämmte Stahlbetondurchstoßungen im Bereich der Dachoberlichter vorhanden. Ob und inwieweit die Attiken bzw. Brüstungen aus Stahlbeton wie in den Detailzeichnungen dargestellt thermisch getrennt sind lässt sich von außen nicht feststellen. Der Steg auf der SW-Seite des 2.OG zur Fluchtweg Außentreppe ist nicht flankierend gedämmt und mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht thermisch getrennt.



### Sonstiges

Im Technikraum 2.UG. befand sich eine größere Pfütze auf dem Boden. Im daran anschließenden Elektroraum gab es ebenfalls Feuchtigkeitsspuren im Bereich der Decke. Beim Erörterungsgespräch und der Projektvorstellung am 26.06.09 in Wolfenbüttel wurde berichtet, dass dieses Wasser Folge eines Rohrbruchs gewesen sei.

Die grüne Wand im Gang bei Raum 113 1.UG zeigt leichte Wasserspuren und Aussinterungen, die sich im Bereich von Haarrissen zu konzentrieren scheinen.

Die genaue Ursache dieser Wasserschäden konnte im Rahmen der Begehung nicht ermittelt werden. Es sollte geprüft werden, ob ungenügend abgedichtete Elementfugen aufgehender Fertigteilwände und –Brüstungen dafür (mit-)verantwortlich sein können.

Im Bereich der Attiken könnte der Bereich zwischen oberer Blechabdeckung und Anschluss der Dachabdichtung mit einem weiteren Blech schuppenartig und damit konstruktiv überdeckt werden. In diesem Zusammenhang ist es empfehlenswert, eine flankierende Dämmung im Bereich der Attika zu montieren.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die festgestellten Schäden/Mängel im Zusammenhang mit Feuchte alle durch separate Instandsetzungen behoben werden können, ohne eine ganzheitliche bauliche Sanierung der Bauteile sich zwingend ergäbe. Eine großflächige Sanierung allein aufgrund dieser Schäden/Mängel ist nicht erforderlich.

## **2.2 Hinweise aus Nutzerbefragung**

Die nach Süden bzw. Südwesten ausgerichteten Räume sind im Sommer zu warm. Einige Räume mit Glasfassaden zu zwei Himmelsorientierungen sind besonders problematisch. Im Sommer ist es hier regelmäßig zu warm. Für den Heizfall wurden Zuglufterscheinungen bzw. Diskomfortbereiche in der Nähe der Fenster beklagt. Laut Aussage des Hausmeisters können im Winter die Kinder deswegen teilweise nicht am Fenster sitzen. In einem Raum könne man im Bereich der abgehängten Decke durch einen Spalt in der Fassade nach außen sehen.

Es werden immer drei Jalousien mit einem Schalter bedient. Einige der Elektromotoren wurden in der Zwischenzeit ausgetauscht. Da die neuen Motoren in einer anderen Geschwindigkeit laufen als die alten, ist eine gleichmäßige Bedienung auch im Hinblick auf die Lamellenstellung in einigen Räumen nicht mehr möglich.

Des Weiteren wurden Klagen über eine mangelhafte Raumluft-Qualität geäußert. Laut einer Lehrerin wurde dies auch schon durch eine CO<sub>2</sub>-Messung im Unterricht bestätigt. Bei den Nutzern besteht trotz RLT-Anlage der Wunsch nach besseren Möglichkeiten der Fensterlüftung.

Der Hausmeister nennt mehrere Fälle, in denen eine ungünstige Regelung bzw. Anlagenkonzept zu unerwünschten Effekten führt. Z.B. was die Verteilung unerwünschter Gerüche durch die Lüftungsanlage angeht.

Die Pausenhalle ist im Winter zu kalt. Es gibt Überlegungen im Haus das Treppenhaus einzuhausen um die Pausenhalle getrennt beheizen zu können.

## **2.3 Befund sommerlicher Wärmeschutz**

Auch an einem relativ kühlen Tag war in den als besonders problematisch bekannten Räumen im Südwesten eine Überhitzung spürbar (z.B. Raum 50 2.UG oder Physik-Raum 105). Die Räume haben grundsätzlich kaum Speichermasse um Temperaturspitzen zu dämpfen. Mit Blick auf den Sommerlichen Wärmeschutz sind die Fensterflächen eher zu groß.

## **2.4 Perspektiven / Optionen**

Bauteile deren Sanierung wir vorschlagen. Ggf. weitere Untersuchungen, die wir vorschlagen.

### Luftdichtheit:

Wie beschrieben, gibt es in den Klassenräumen erhebliche Probleme mit Zugluft. Auch für die ordnungsgemäße Funktion einer RLT-Anlage ist die Luftdichtheit von Bedeutung. Wir schlagen daher vor, in einzelnen Räumen Differenzdruckmessungen durchzuführen und ggf.

Bauteilöffnungen vorzunehmen. So können die Schwachstellen ermittelt und entsprechende Sanierungsvorschläge erarbeitet werden. Sollte eine Fenstersanierung durchgeführt werden, empfehlen wir für die sanierten Klassenräume unbedingt die Durchführung einer derartigen Messung zur „Erfolgskontrolle“. In diesem Zusammenhang verweisen wir auch nachdrücklich auf die neuen Regelungen der DIN 4108-7.

#### Fenster:

Es gibt hier zwei Möglichkeiten der Sanierung. Entweder wird lediglich ein Austausch der eingetrübten Verglasung (ggf. unter Berücksichtigung bereits in den letzten Jahren erneuerter Scheiben) oder es wird der Austausch der kompletten Fensterelemente vorgenommen. Es handelt sich – wie bereits ausgeführt - um Holz-Aluminium-Fenster. Diese Konstruktionsart ist grundsätzlich als hochwertig und besonders langlebig einzustufen. Größere Schäden am Holz waren nicht zu erkennen. Der Hausmeister klagt aber über Probleme mit den Beschlägen. Aus energetischer Sicht kann eine Empfehlung für eine der beiden Sanierungsvarianten erst gegeben werden, wenn geklärt ist, ob die Luftdichtheit im Bereich der Fensterelemente ohne Austausch hergestellt werden kann.

In beiden Fällen sollte der Einsatz von Sonnenschutzverglasung zur Verbesserung des sommerlichen Klimas und die Optimierung des außen liegenden Sonnenschutzes geprüft werden. Hier sollten ggf. ausreichend dimensionierte Lamellen mit einer intensitätsgesteuerten Regelung geprüft werden. Ein Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 sollte unbedingt durchgeführt werden.

#### Außenwand:

Sollen ehrgeizige energetische Ziele erreicht werden, ist es denkbar die äußeren Waschbetonbekleidungen zu demontieren, und die Wände von außen zu dämmen. Der bauliche Zustand der Waschbetonbekleidungen allein liefert dafür allerdings keine zusätzlichen Argumente.

Von der Verwendung eines Wärmedämm-Verbundsystems raten wir hier aufgrund der geringen Robustheit gegen Vandalismus ab. Vorstellbar ist eine hinterlüftete Fassade mit stabiler äußerer Bekleidung. Bei einer Unterkonstruktion der Fassadenplatten aus Metall muss der hierdurch hervorgerufene Wärmebrückeneffekt im U-Wertnachweis nach DIN EN ISO 10211 berücksichtigt werden.

#### Optimierte Tageslichtnutzung:

Im Falle einer Erneuerung der Jalousien sollte der Einsatz lichtlenkender und automatisch gesteuerter Systeme erwogen werden. Dabei ist auf praxismögliche zusätzliche manuelle Steuerungsmöglichkeiten zu achten.

## 2.5 Fotodokumentation



Abbildung 2.1 Fehlende Fugenabdichtung



Abbildung 2.2 Fugenabdichtung wenige Millimeter stark



Abbildung 2.3 Schlieren in Scheibenzwischenraum –  
Scheiben im Öffnungsflügel z.T. bereits ausgetauscht



Abbildung 2.4 Fensterflügel im 3.OG – hängt in Beschlägen



Abbildung 2.5 Lehrküche - Wand gegen Erdreich



Abbildung 2.6 Ausblühungen an Wand gegen Erdreich in  
Lehrküche



Abbildung 2.7 Stahlbetonstützen durch die Dämmebene



Abbildung 2.8 Vorschlag: Verlagerung der Systemgrenzen



Abbildung 2.9 potentielle Wärmebrücke Oberlicht



Abbildung 2.10 potentielle Wärmebrücke über Fenstern



Abbildung 2.11 Pfütze in Technikbereich 2.UG



Abbildung 2.12 Feuchte Wandecke in Technikbereich 2.UG



Abbildung 2.13 Feuchte Wand Elektroanschlussraum



Abbildung 2.14 Ausblühungen bei Raum 113 im Bereich von Haarrissen



Abbildung 2.15 Feuchtespuren an abgehängter Lochblech-Decke im Bereich Lüftungskanal



Abbildung 2.16 Feuchteschaden an Türstock im 1. UG (im SW zu Außentreppe)



Abbildung 2.17 Dachterrasse 1. OG NO  
Überblick zu folgendem Bild



Abbildung 2.18 Betonabplatzung an der Ecke – so genannte „dauerelastische Wartungs-Fuge“ als Anschluss der Dachabdichtung ohne konstruktive Überdeckung.



Abbildung 2.19 Aufgang zu Dachterrasse 1. OG NO  
Überblick zu folgendem Bild



Abbildung 2.20 Betonschaden an Stützwand vor Erdreich.  
Geringe Betonüberdeckung



Abbildung 2.21 Anschluss Dachabdichtung an Attika im  
Stoßbereich der Fertigelemente. Silikon haftet nicht.



Abbildung 2.22 Anschluss Abdichtung an Brüstung im  
Stoßbereich der Fertigelemente



Abbildung 2.23 Jeweils drei Jalousien werden über einen  
Schalter angesteuert. Die Motoren laufen allerdings  
verschieden schnell, eine optimale Funktion ist dadurch  
nicht möglich.



Abbildung 2.24 Bei einer umfassenden Sanierung könnte  
man sich optisch am Nachbargebäude orientieren.

### 3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg

#### 3.1 Befund Bauschäden / Sanierungs-Stand

##### Dach

Es gibt keine offensichtlichen bzw. bekannten Undichtigkeiten an den verschiedenen Steildächern. In der neuen Sporthalle gibt es bei sehr starkem Wind und Regen jedoch kleine Pfützen auf dem Hallenboden. Hier sollte die Ursache ergründet werden.

Das Flachdach des eingeschossigen Bereichs besteht aus verschiedenen Ebenen mit teilweise komplizierten Anschluss-Situationen. Offensichtliche Schäden waren nicht zu erkennen. Der Anschluss zur aufgehenden Wand der alten Sporthalle ist an den beiden Seiten nicht ordnungsgemäß abgeschlossen.

Das Dach der Mensa wurde nur von Innen in Augenschein genommen. Feuchteschäden sind hier nicht bekannt.

Die obersten Geschossdecken von Hauptgebäude und Fachtrakt sind vor kurzem nachträglich gedämmt worden. Im Fachtrakt gab es unterhalb der Fensterluken im nicht ausgebauten Dachgeschoss in kleinerem Umfang Spuren von Wasser-Tropfen auf der relativ frisch verlegten Dämmung. Dies sollte beobachtet werden. Im heutigen Zustand (durch Dämmung größtenteils nicht begehbar) sind im Dachraum Fenster nicht unbedingt erforderlich..

##### Außenwand

Die Außenwand des Hauptgebäudes wurde im Bereich der Putzfassade auf der SW- und NW-Seite letzten Sommer in Abstimmung mit den Denkmalschutzbehörden mit einem Wärmedämm-Verbundsystem versehen. Lediglich der etwa ein Geschoss hohe Sandsteinsockel wurde aus Denkmalschutzgründen ausgespart. Diese Dämmmaßnahmen sollen dieses Jahr mit den restlichen Ausrichtungen des Hauptgebäudes fortgesetzt werden. In diesem Zuge soll auch die eingeschossige Verbindung zu den Sporthallen mit einem WDVS versehen werden. Im Bereich dieser eingeschossigen Verbindung zu den Sporthallen(NW-Seite) gibt es an einer gelb gestrichenen Wand Risse und hohl klingende Stellen im Außenputz. An einer noch nicht sanierten Gaubenfront des Hauptgebäudes sind Putzabplatzungen zu sehen. Im Bereich der Mensa sind keine offensichtlichen Schäden erkennbar bzw. bekannt.

Der Fachtrakt ist ein Stahlbeton-Skelettbau mit Sichtmauerwerksausfachungen. Es sind keine aktuellen Schäden an den Außenwänden erkennbar. In einem Werkraum im EG sind Spuren eines inzwischen sanierten früheren Schadens sichtbar. Zum Zeitpunkt der Besichtigung war die Wand hier trocken. Nicht mehr genutzte Zuluftschlitze für die Belüftung waren zum Termin der Besichtigung provisorisch von Innen verschlossen.

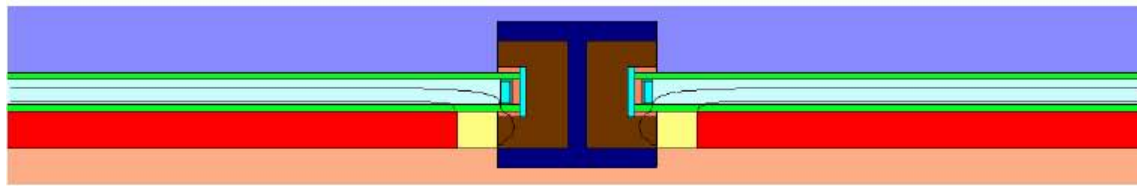
Die neue Sporthalle hat ein bis auf den Boden heruntergezogenes WDVS. Fugendichtbänder für die Schlagregensicherheit im Bereich vertikaler Fugen im WDVS sitzen lose bzw. fallen teilweise bereits heraus. Im schlecht einsehbaren Bereich(NO-Seite, im Bereich eines öffentlichen Gehwegs) sind in kleinem Umfang Vandalismus-Schäden zu beklagen. Z.T sind diese wohl durch spitze Gegenstände oder an die Wand geworfene Steine entstanden - in einem Fall offensichtlich durch einen Fußtritt. Alle Schäden befinden sich in relativ geringer Höhe.

##### Transparente Bauteile / Fenster

Im Hauptgebäude sind im Zuge der Dämmmaßnahme (s.o.) teilweise Fenster mit Dreischeibenverglasung eingebaut worden. Es ist geplant dies im Zuge der weiteren Dämmmaßnahmen für die weiteren Ausrichtungen fortzusetzen.

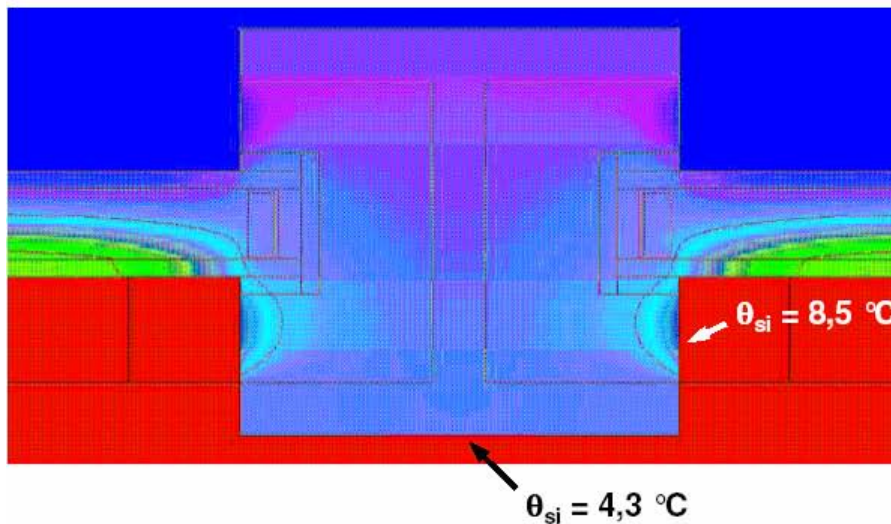
Im Fachtrakt waren keine Schäden an den transparenten Bauteilen festzustellen. Teilweise ist Sonnenschutzverglasung eingebaut.

Im Bereich der alten Sporthalle, gibt es Spuren von Tauwasser am unteren Querriegel der Fenster. Die ungedämmten massiven Pfosten des Hallentragwerks sind anscheinend aus einer Stahl-Stütze und Beton aufgebaut. Die Innenseite der Pfosten besteht aus einer lackierten Metallplatte. Es gibt Beschichtungsschäden insbesondere im Bereich des unteren Anschlusses an die Wand.



Material	R (m <sup>2</sup> K/W)	θ (°C)
■ ****ADIABAT****	0,000	0,000
■ Luft_außen	0,040	0,000
■ Luft innen 0,25, 20 °C, 50%	0,250	20,000
■ Luft innen 0,13, 20 °C, 50%	0,130	20,000
■ Luft innen 0,20, 20 °C, 50%	0,200	20,000
■ Argon 673		
■ Luft 0.1		
Material	λ (W/mK)	
■ Baustahl 50	50,000	
■ Aluminium	200,000	
■ Nadelholz	0,130	
■ Gummi_etc	0,200	
■ Glas	0,800	

Stoff- und Geometriedaten



Unter Zugrundelegung einer Innentemperatur von  $\theta_i = 20 \text{ °C}$  und Außentemperatur von  $\theta_o = -5 \text{ °C}$  ergibt sich Tauwasser da der Taupunkt hier im Stützenbereich unterschritten ist..

### Unterer Abschluss und Wände zum Erdreich

In Raum 111 Cafeteria gibt es im Bereich der Wischleiste Risse im Putz und Farbabplatzungen. Die genaue Ursache (z.B. aufsteigende Feuchte oder fehlende Wandabdichtung) konnte im Rahmen der Begehung nicht ermittelt werden. Der Raum liegt bis zur Brüstungsebene der Fenster unter dem umliegenden Gelände

Im gleichen Raum ist laut dem Hausmeister Herrn Henrix im Bereich der Geländeoberkante in einer früher erstellten Thermografie eine kalte Stelle auf der Innenseite der Wand zu sehen. In diesem Bereich ist von außen der Anschluss der Treppe zum Haupteingang und es wird ein Fallrohr unter des Pflaster geführt.

Die sonstigen Wände gegen Erdreich waren soweit zugänglich und erkennbar trocken. Insbesondere die Räume im Keller des Hauptgebäudes und des Fachtrakts (Technik) waren trocken.



### Sonstiges

Im Raum 105 Musikvorbereitung gibt es an einer Innenwand und Decke Spuren eines älteren Wasserschadens (Wasserrohrbruch). Die Wand ist im verfärbten Bereich dem Anschein nach heute trocken.

An den Wänden von den Duschbereichen zum Gang (Innen) gibt es Ausblühungen im Bereich der Wischleiste. In diesem Bereich gibt es in einer Umkleide wiederholt Aufwölbungen des Kunststoff-Bodenbelags. Der Boden darunter ist feucht. Die Ursache der Feuchtigkeit in diesen beiden Fällen konnte nicht eindeutig geklärt werden. In Frage kommen jeweils: Feuchtigkeit aus den Duschbereichen, Undichtigkeit im Bereich eines darüber liegenden Dachoberlichts oder aufsteigende Feuchte. Aufsteigende Feuchte ist insofern unwahrscheinlich, da das Feuchteproblem nur punktuell an dieser Stelle auftritt.

### **3.2 Hinweise aus Nutzerbefragung**

Das sommerliche Klima unter dem Dach im Hauptgebäude soll nach der Dämmung der obersten Geschossdecke besser geworden sein. Es sei hier aber im Sommer immer noch tendenziell zu warm.

### **3.3 Befund sommerlicher Wärmeschutz**

Nach Aussage des Lehrkörpers ist das sommerliche Klima durch die im Fachtrakt eingebaute Sonnenschutzverglasung angenehm.

### **3.4 Perspektiven / Optionen**

Dämmmaßnahmen sind größtenteils in den letzten Jahren bereits umgesetzt worden, bzw. sind aktuell geplant. Im Einzelnen sind dies:

Die nachträgliche Dämmung der Außenwand des Hauptgebäudes mit WDVS unter Berücksichtigung denkmalpflegerischer Aspekte.

In diesem Zuge der Einbau neuer Fenster (geplant bzw. ausgeführt mit Dreischeibenverglasung).

#### Weitere Maßnahmen, die noch erwogen werden sollten:

Die Ursache der Pfützenbildung auf dem Hallenboden der neuen Sporthalle sollten unbedingt durch Bauteilöffnung von innen und /oder außen festgestellt werden. In diesem Zusammenhang sollten zunächst durch Augenschein die Anschlusssituationen im Hinblick auf eine luftdichte Schicht untersucht werden. In Bereich, in denen Wasser von außen nach innen gelangen kann, besteht auch umgekehrt die Möglichkeit, dass Luft von innen nach außen gelangen kann. Dies könnte u.U. auch die hohen Verbrauchsdaten erklären.

Für die in Bild 3.27 dargestellte Situation sollte geprüft werden, wo das Regenwasser des Fallrohrs dräniert wird. Es sollte geprüft werden, inwieweit durch eine entsprechende Regenbeanspruchung Wasser aus dem Erdreich nach innen eindringen kann (ggf. Über elektronische Einstechelektroden und Widerstandsmessung feststellbar).

Die in Bild 3.26 offene Fuge der Sohlbank sollte verschlossen werden (ggf. durch eine Sohlbank aus Zinkblech). Die Trocknungserscheinungen in der Holzschalung der geneigten Dächer sollten durch Wasserrandmarker beobachtet und dokumentiert werden.

Im Rahmen des Austauschs von Fenstern und Verglasungen sollte der sommerliche Wärmeschutz überprüft werden und für ausreichende variable Verschattungsmöglichkeiten gesorgt werden. Lichtlenkende und automatisch gesteuerte Systeme können hier Vorteile bringen. (Z.B. außerhalb der Nutzungszeit).

In den Bereichen mit Feuchteschäden bzw. Rissen im Putz sollte (ggf. vor einer Überdämmung) die Ursache ermittelt und behoben werden.

### 3.5 Fotodokumentation



Abbildung 3.1 Überblick Flachdach eingeschossiger Bereich



Abbildung 3.2 Dachanschluss im eingeschossigen Bereich.



Abbildung 3.3 Anschluss Flachdach an alte Turnhalle



Abbildung 3.4 Fehlender Abschluss rechts



Abbildung 3.5 Fehlender Abschluss links



Abbildung 3.6 Gedämmte oberste Geschossdecke des Hauptgebäudes mit begehbarem Streifen



Abbildung 3.7 Gedämmte oberste Geschossdecke des Hauptgebäudes mit begehbarem Streifen



Abbildung 3.8 Spuren alter Undichtigkeiten im Dach Hauptgebäude an Holzbauteilen



Abbildung 3.9 Gedämmte oberste Geschossdecke des Fachtraktes mit begehbaren Streifen



Abbildung 3.10 Spuren alter Undichtigkeiten im Dach Fachtrakt an Holzbauteilen



Abbildung 3.11 Bereits gedämmte Fassade (SW)



Abbildung 3.12 Noch ungedämmte Fassade(SO) mit Anschluss an die gedämmte Fassade(SW)



Abbildung 3.13 Risse und hohle Stellen im Putz –  
eingeschossige Verbindung zu den Sporthallen



Abbildung 3.14 Putzschaden an Gaubenvorderwand



Abbildung 3.15 Fachtrakt Ansicht NO



Abbildung 3.16 Alter Feuchteschaden in Werkraum  
(Fachtrakt)



Abbildung 3.17 Neue Sporthalle Rückseite mit Vandalismus-  
Schäden im Wärmedämm-Verbundsystem



Abbildung 3.18 Teile des Dichtbands sind bereits  
herausgefallen



Abbildung 3.19 Giebel Fachtrakt



Abbildung 3.20 Alte Turnhalle - Überblick



Abbildung 3.21 Alte Turnhalle – Lackschäden am Fenster



Abbildung 3.22 Alte Turnhalle – Lackschäden am Fenster  
und Wärmebrücke einbetonierter Stahlträger



Abbildung 3.23 Feuchtigkeit am unterer Gebäudeabschluss  
Cafeteria



Abbildung 3.24 Alter Rohrbruch Musikvorbereitung



Abbildung 3.25 Alter Rohrbruch Musikvorbereitung



Abbildung 3.26 Anschluss Fensterbrüstung im EG außen



Abbildung 3.27 Im Raum Cafeteria war auf (früher erstellter) Thermografie im Bereich hinter dem Fallrohr eine kältere Stelle auf der Innenoberfläche der Wand



Abbildung 3.28 Gang zu Sporthallen – Überblick zu nächstem Bild



Abbildung 3.29 Ausblühungen an Wand zu Duschbereich



Abbildung 3.30 Feuchte Stellen in Fußboden einer Umkleide



Abbildung 3.31 Dieses Oberlicht liegt über der feuchten Stelle des vorigen Bildes.

## 4 Haupt- und Realschule Liebenburg

### 4.1 Befund Bauschäden / Sanierungs-Stand

#### Dach

An den Dächern des Hauptgebäudes sind nach Reparaturen keine aktuellen Undichtigkeiten bekannt. Die Anschlüsse des Erdgeschossflachdachs an die aufgehende Wand sind teilweise nicht mehr intakt. Der Anschluss der Abdichtungsbahnen über offene Fugen hinweg an die Blechbekleidung erscheint konstruktiv fragwürdig. Der wenig systematische Umgang mit elastischem Fugenmaterial an diesen Stellen belegt dies.

Das Dach der Sporthalle ist nach Reparaturarbeiten an der Dachhaut aktuell dicht, auch in den Kehlen der Sagedachkonstruktion. Zur frühzeitigen Erkennung entstehender Undichtigkeiten im Dach ist eine regelmäßige systematische Überwachung auf neue Wasserflecken in den Holzbauteilen erforderlich, insbesondere in Hinblick auf den gewohnten Anblick getrockneter Wasserflecken.

#### Außenwand

Auf den „Schindeln“ der Attikabekleidung findet sich stellenweise Moosbewuchs. Insbesondere unter den Stößen der Attika-Abdeckung des eingeschossigen Bereichs auf der Nordseite haben sich senkrechte Moos-Streifen gebildet.

Die Leichtbau-Füllungen mit Aluminium-Bekleidung zeigen keine witterungsbedingten Schäden. Ob in den Stößen und Anschlussbereichen die Luftdichtheit gewährleistet ist, sollte messtechnisch überprüft werden.

An der Außenwand der Sporthalle wurden großflächig Kletterpflanzen entfernt. Aus den Fugen der hinterlüfteten Waschbetonplatten wachsen aber immer noch Pflanzen. Es ist darauf zu achten, dass die Wurzeln der Pflanzen nicht die dahinter liegende Funktionsschichten zerstören.

#### Transparente Bauteile / Fenster

Die Fenster sind wie in Seesen als Holz-Alu-Konstruktion ausgeführt. Das Holz ist überall trocken. Als ‚Schäden‘ sind lediglich wie für eine Schule typisch Kratzer und Malspuren der Kinder zu nennen. Ein Teil der Verglasungen zeigt allerdings ähnlich wie in Seesen Verfärbungen im Glaszwischenraum.

#### Unterer Abschluss und Wände zum Erdreich

Auf der Süd-Seite in Raum 15 und 16 gibt es Ausblühungen im Bereich der Fußleisten. Als Ursache kommt aufsteigende Feuchte oder eine nicht funktionierende Abdichtung der Wand gegen Erdreich in Frage. Die Räume befinden sich bis zur Brüstungshöhe der Fenster unter Geländeniveau.

An den restlichen Wänden und Bodenplatten wurden keine Schäden festgestellt.

#### Sonstiges

Ob auskragende Bauteile flankierend gedämmt sind ließ sich aufgrund der Bekleidung der Untersicht nicht klären. Im Falle einer Sanierung sollte darauf geachtet werden, dass der Dämmzug möglichst geschlossen verläuft. Ggf. können Wärmebrücken durch flankierende Dämm-Maßnahmen entschärft werden.

### 4.2 Hinweise aus Nutzerbefragung

### 4.3 Befund sommerlicher Wärmeschutz

Die Klassenräume werden i.d.R. abgesehen vom Fußboden ausschließlich durch leichte Bauteile begrenzt. Dadurch ist kaum Speichermasse vorhanden, um kurzfristige Temperaturspitzen abzupuffern. Mit Blick auf den sommerlichen Wärmeschutz sind die Fensterflächen eher zu groß.

### 4.4 Perspektiven / Optionen

#### Luftdichtheit:



Es sollten exemplarisch Differenzdruckmessungen in einzelnen Räumen mit Bauteilöffnungen (oberer Fensteranschluss) durchgeführt werden, um weitergehende Maßnahmen auch in Bezug auf die Luftdichtheit bewerten zu können.

Fenster:

Fenster mit „eingetrübten Verglasungen“ sollten ausgetauscht werden oder ggf. die Fenster insgesamt

Wärmebrücken:

Überprüfung des Dämmverlaufs im Bereich von Auskragungen und der Attika und ggf. Verlagerung der Systemgrenzen zur Minderung des Wärmebrückeneffektes im Bereich der Stahlbetonstützen.

Außenwand:

Es sollte geprüft werden, inwieweit die Ursachen der festgestellten Durchfeuchtungen bereits beseitigt wurden.

Offene Fugen zwischen den Außenwandelementen aus Aluminium am Übergang zur Flachdachterrasse sollten im Sinne der DIN 4108-3 saniert werden (konstruktive Überlappung).

Optimierung von Dränanlagen im Bereich Wand- und Türanschlüssen

Sonstiges:

Überprüfung des sommerlichen Wärmeschutznachweises und Ergreifen geeigneter Maßnahmen gegen sommerliche Überhitzung.

#### 4.5 Fotodokumentation



Abbildung 4.1 Eingeschossiger Vorbau auf der Nordseite



Abbildung 4.2



Abbildung 4.3 Typischer Klassenraum



Abbildung 4.4 Verfärbungen im Scheibenzwischenraum



Abbildung 4.5 Wasserspuren einer alten Undichtigkeit im Dach des Obergeschosses



Abbildung 4.6 Fassadenvorsprung mit Jalousie



Abbildung 4.7 Flachdach Nordseite und aufgehende Wand  
Überblick zu den folgenden Bildern



Abbildung 4.8 Schadhafter Wand-Anschluss der  
Dachabdichtung



Abbildung 4.9 Anschlüsse an Fugen notdürftig  
„zugeschmiert“ – Funktion fraglich



Abbildung 4.10 Anschluss der Abdichtung im Türbereich



Abbildung 4.11 Überblick zu nächstem Bild



Abbildung 4.12 Ausblühungen im Sockelbereich (Südseite)



Abbildung 4.13 Ausblühungen im Sockelbereich (Südseite)



Abbildung 4.14 Die selbe Wand von außen



Abbildung 4.15 Die selbe Wand von außen – Gefälle zum Gebäude – funktionierende Drainage?



Abbildung 4.16 Attika Nordseite – Moosbewuchs



Abbildung 4.17 Holzbauteile im Sporthallendach mit Spuren einer früheren Durchfeuchtung

## 5.3 Thermografien

### 5.3.1 Haupt- und Realschule Seesen

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**  
- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

10.399 Pp



Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

#### **INFRAROT-THERMOGRAFIE**

der Außenhaut

Haupt- und Realschule - Seesen

Projekt-Nr:	H 97002-01 /las
Projekt:	Infrarot-Thermografie Haupt- und Realschule - Seesen
Auftraggeber	Landkreis Goslar Hochbauamt Klubgartenstraße 11 38610 Goslar
Ausführende:	Dr. E. Weßling Beratende Ingenieure GmbH, Abt. Bauschadstoffe, Feodor-Lynen-Straße 23, 30625 Hannover, Sachverständige u.a. nach § 4 der Asbest-Sachverständigen-Verordnung Hamburg, IHK Münster, Verband der Haus- und Grundstücks-Sachverständigen
Projektleiter:	S. Vollert (Dipl.-Ing.)

**Hannover, 01.03.1999**



## INHALTSVERZEICHNIS

1. Aufgabenstellung und Ortstermin.....	2
2. Infrarot-Aufnahmen außen .....	4
3. Infrarot-Aufnahmen innen .....	30
4. Zusammenfassung, Empfehlungen.....	37

### **1. Aufgabenstellung und Ortstermin**

In der Haupt- und Realschule Seesen führen bauphysikalische Mängel der Gebäudehülle nach Auskunft der Betriebstechnik und der Lehrerschaft zu unbehaglichen Zuständen in außenliegenden Räumen. Insbesondere bei niedrigen Außentemperaturen und Windeinfluß kann der thermische Komfort nicht gewährleistet werden.

Zur Lokalisierung dieser Schwachstellen der wärmeübertragenden Gebäudehülle wurde die Dr. E. Weßling Beratende Ingenieure GmbH, Abt. Bauschadstoffe, Feodor Lynen Straße 23, 30625 Hannover nach Angebotsabgabe mit der Erstellung thermografische Aufnahmen beauftragt.

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -



Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 3 von 38

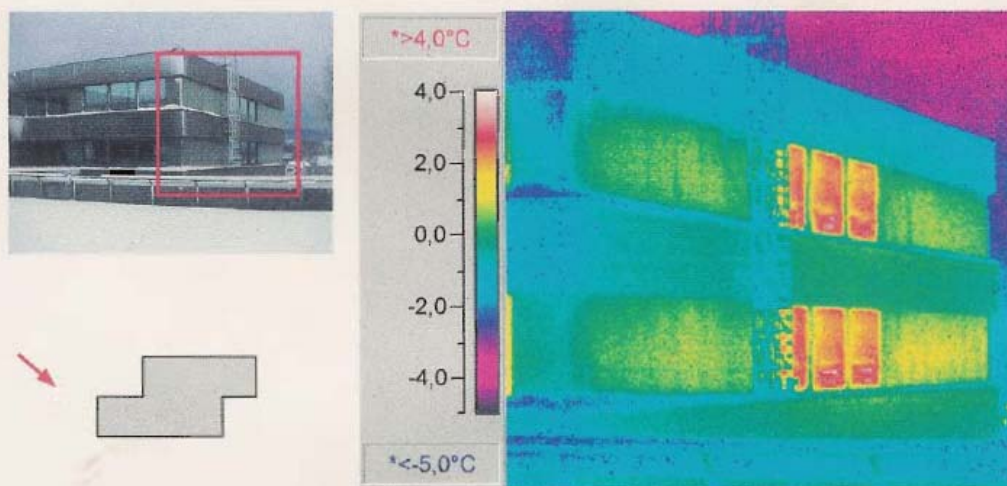
Folgende Bereiche standen zur Untersuchung an:

- Thermografische Außenaufnahmen
- Thermografische Innenaufnahmen ausgewählter exemplarischer Räume

Die Aufnahmen wurden am 17.03.1999 durchgeführt. Beim Ortstermin waren die Herren Vollert, Lasos (WBI) sowie die Hausmeister der Schulen anwesend



## 2. Infrarot-Aufnahmen außen



### Ansicht

West

### Projekt

Haupt- und Realschule  
Seesen

### Datum

17.02.1999

### Bemerkung

### Randbedingungen Klima

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

### Randbedingungen Kamera

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

### Oberflächentemperatur

Spot 1 -

Abbildung 1: Infrarot-Aufnahme West



**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

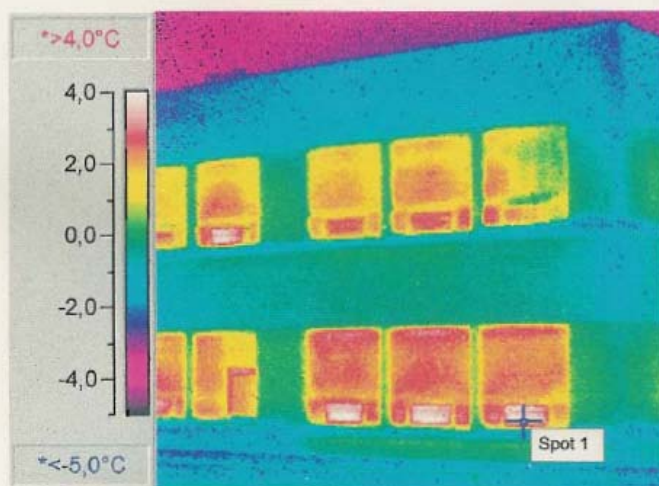


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 5 von 38



**Ansicht**

Nord

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 4,2°C

**Bemerkung**

Heizkörper ohne Strahlungsschirm vor der Außenverglasung

**Abbildung 2: Infrarot-Aufnahme Nord**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

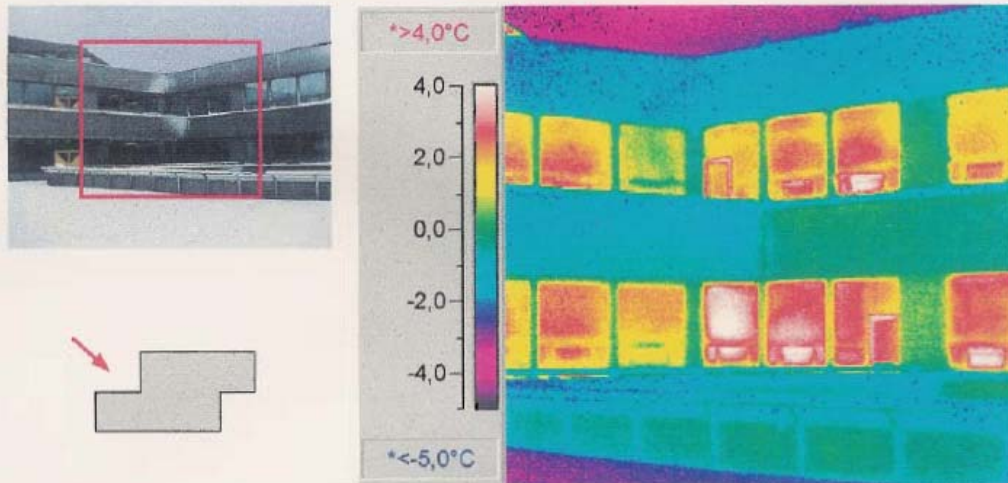


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 6 von 38



**Ansicht**

Nord-West

**Projekt**

Haupt- und Realschule

Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C

Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95

Objektiv 16°

Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Abbildung 3: Infrarot-Aufnahme Nord-West**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

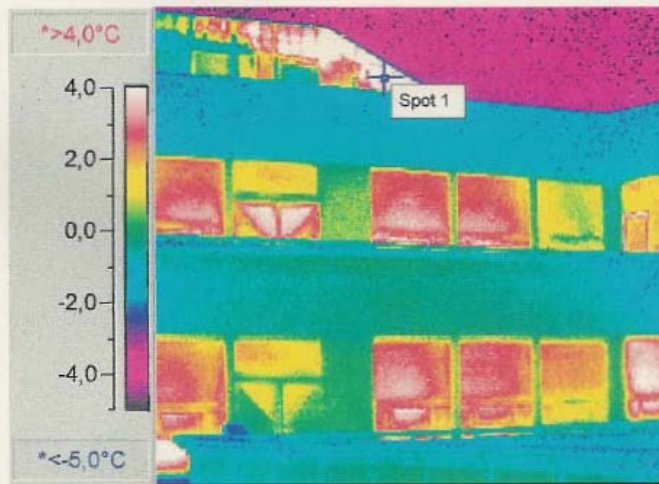
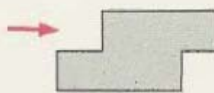


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Reul- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 7 von 38



**Ansicht**

West

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 6,9°C

**Bemerkung**

Erhöhte Oberflächentemperatur der Dachaufbauten

**Abbildung 4: Infrarot-Aufnahme West**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

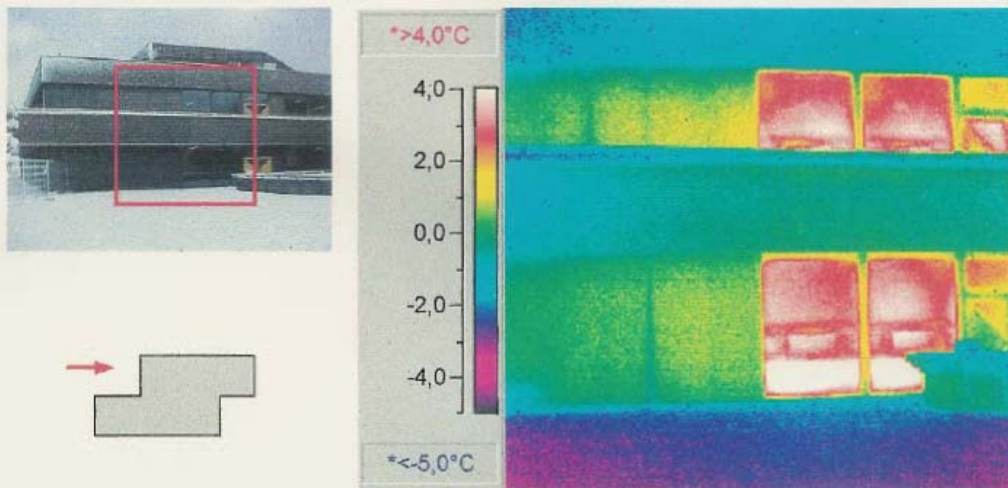


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 8 von 38



**Ansicht**

West

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

**Abbildung 5: Infrarot-Aufnahme West**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

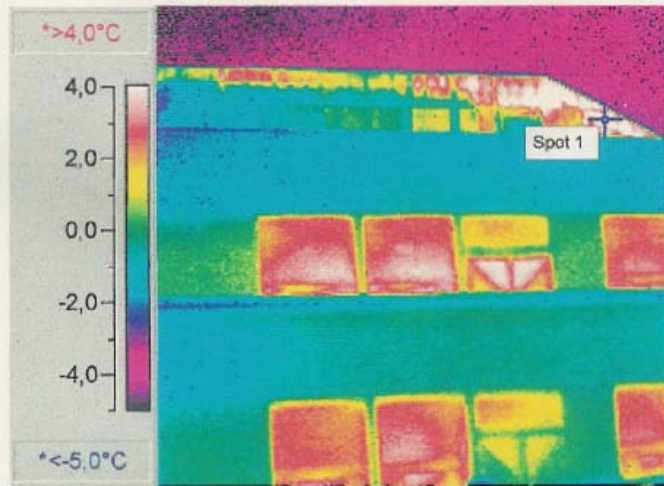
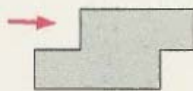


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachien / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 9 von 38



**Ansicht**

West

**Projekt**

Haupt- und Realschule

Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

Erhöhte Oberflächentemperatur der Dachaufbauten

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C

Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95

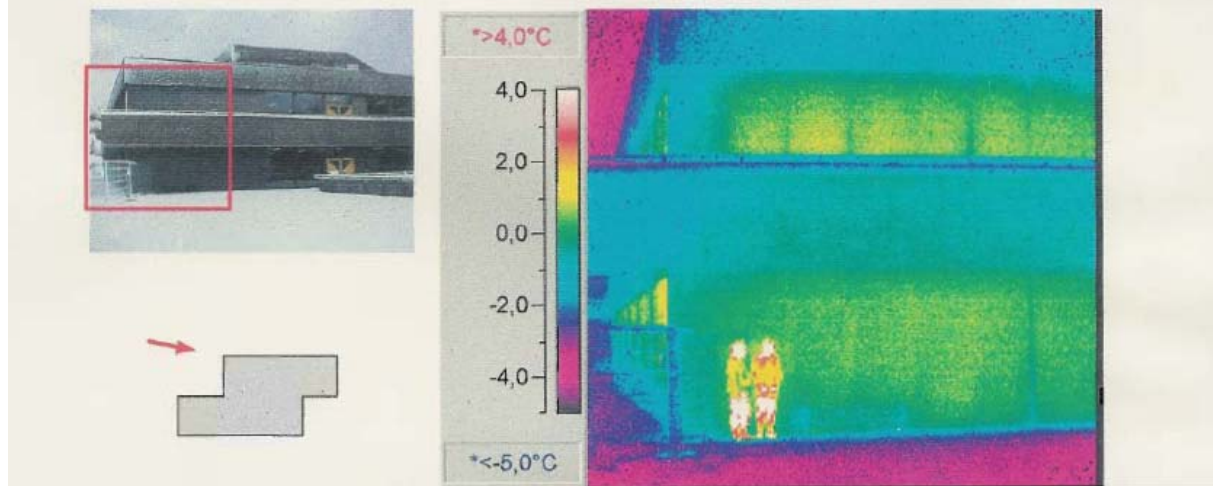
Objektiv 16°

Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 6,7°C

**Abbildung 6: Infrarot-Aufnahme West**



**Ansicht**

West

**Projekt**

Haupt- und Realschule

Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C

Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95

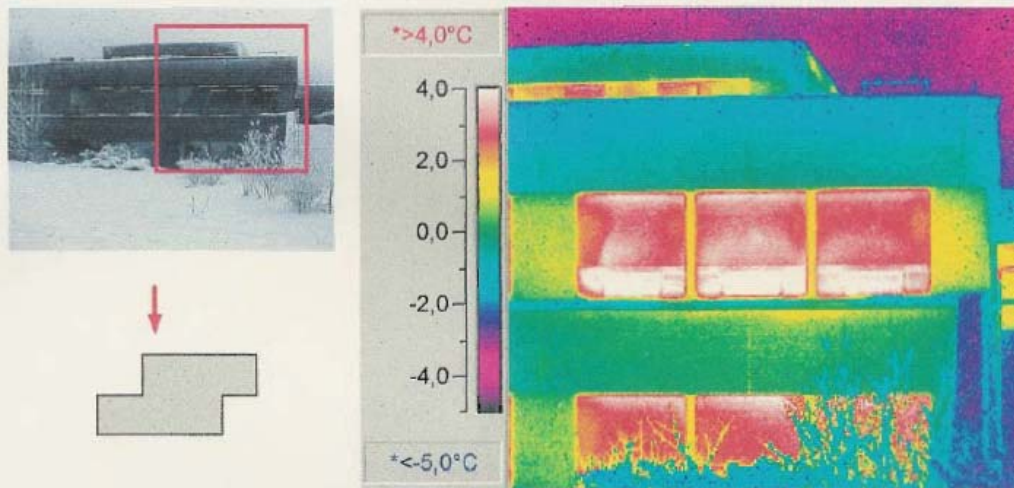
Objektiv 16°

Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Abbildung 7: Infrarot-Aufnahme West**



**Ansicht**

Nord

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

17.02.1999

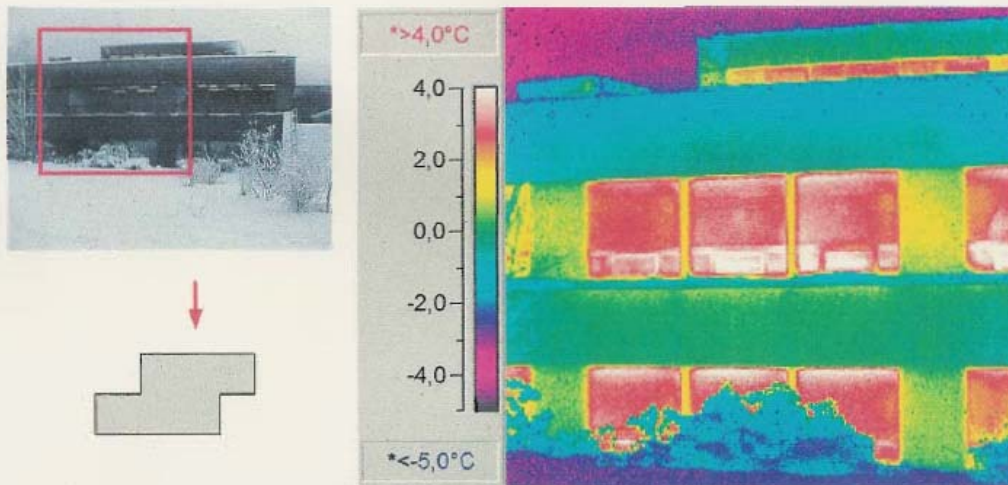
**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

Heizkörper ohne Strahlungsschirm vor der Außenverglasung

**Abbildung 8: Infrarot-Aufnahme Nord**



**Ansicht**

Nord

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

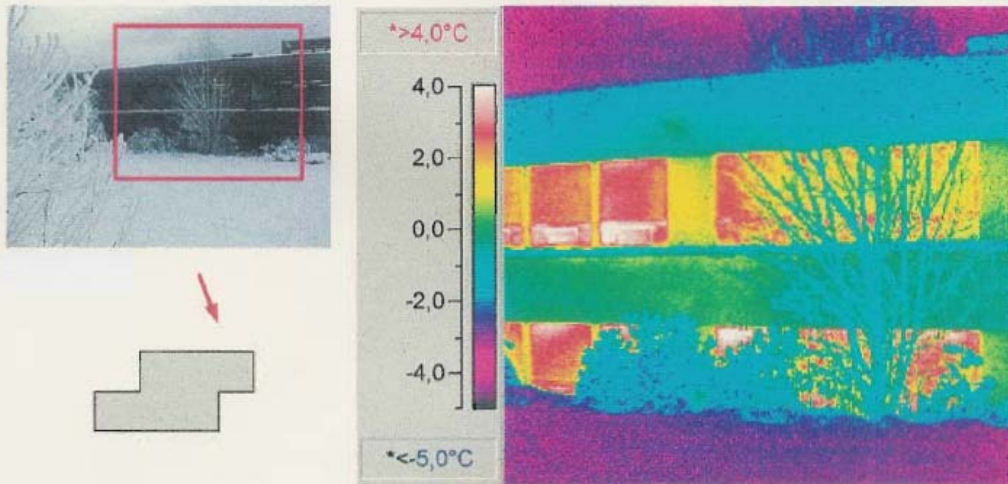
Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Abbildung 9: Infrarot-Aufnahme Nord**





**Ansicht**

Nord

**Projekt**

Haupt- und Realschule

Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C

Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95

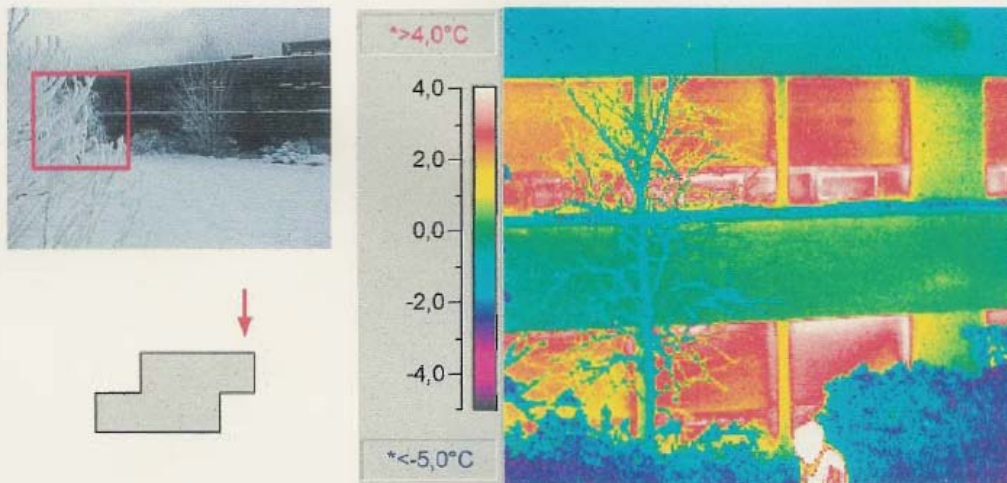
Objektiv 16°

Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Abbildung 10: Infrarot-Aufnahme Nord**



**Ansicht**

Nord

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

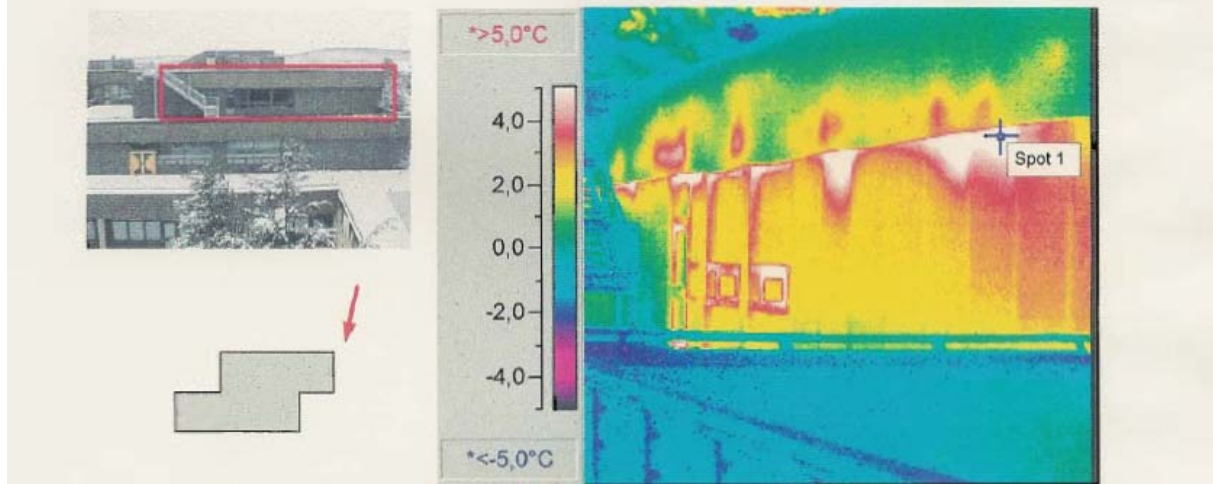
**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Abbildung 11: Infrarot-Aufnahme Nord**



**Ansicht**

Ost

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 6,2°C

**Bemerkung**

Erhöhte Oberflächentemperatur durch ausströmende Warmluft bzw. Hinterströmungen

**Abbildung 12: Infrarot-Aufnahme Ost**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

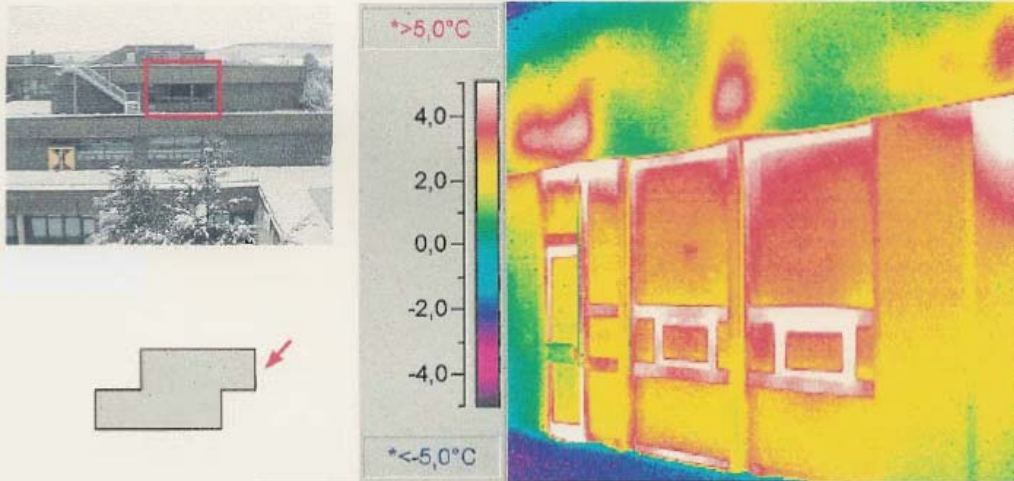


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 16 von 38



**Ansicht**

Ost

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

Erhöhte Oberflächentemperatur durch ausströmende Warmluft bzw. Hinterströmungen

**Abbildung 13: Infrarot-Aufnahme Ost**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

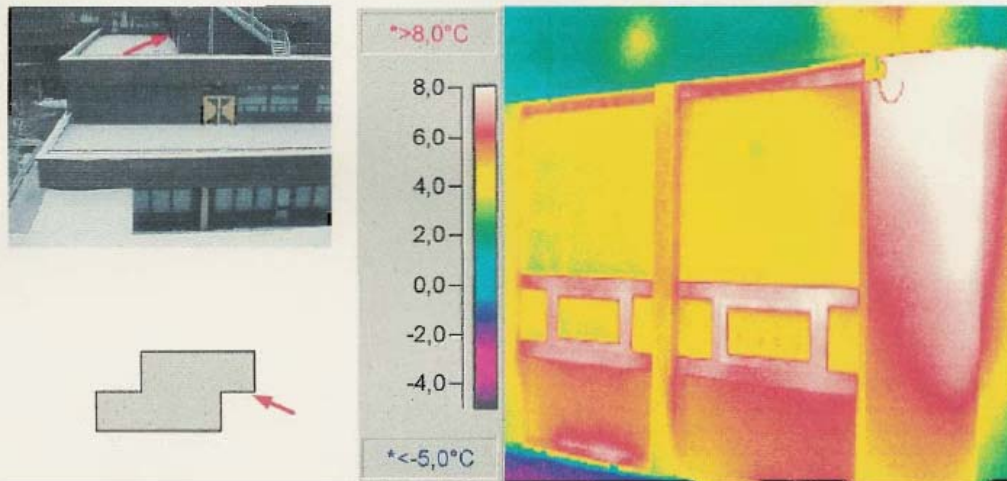


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 17 von 38



**Ansicht**

Süd

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

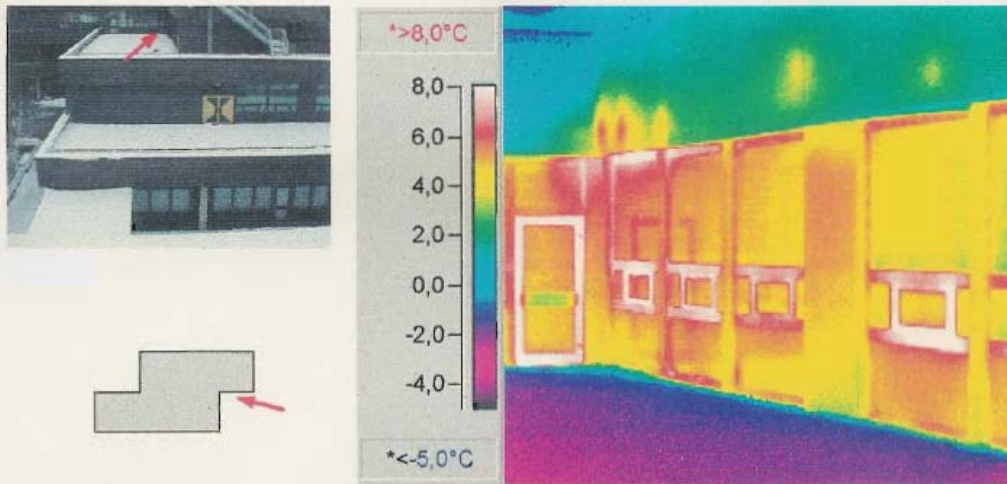
17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

**Abbildung 14: Infrarot-Aufnahme Süd**



**Ansicht**

Süd

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufitemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

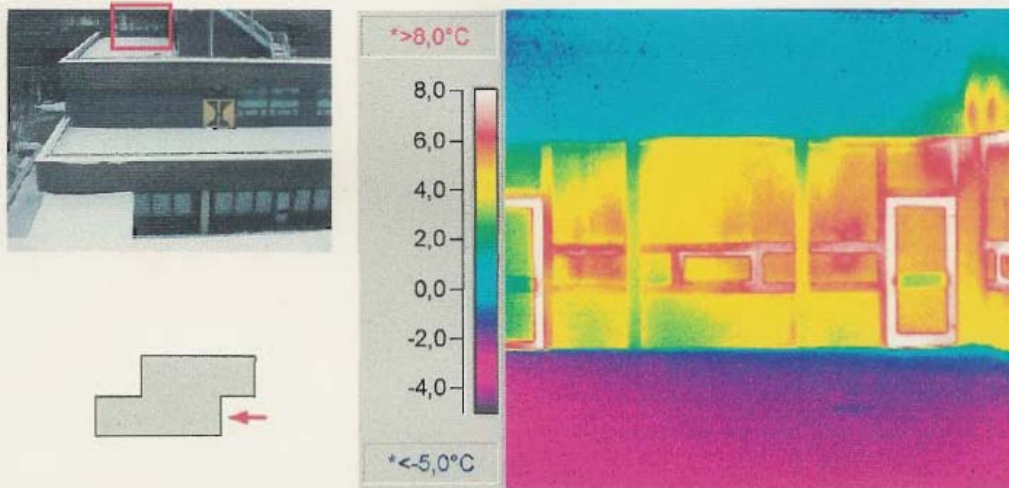
17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

**Abbildung 15: Infrarot-Aufnahme Süd**



**Ansicht**

Ost

**Projekt**

Haupt- und Realschule

Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C

Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95

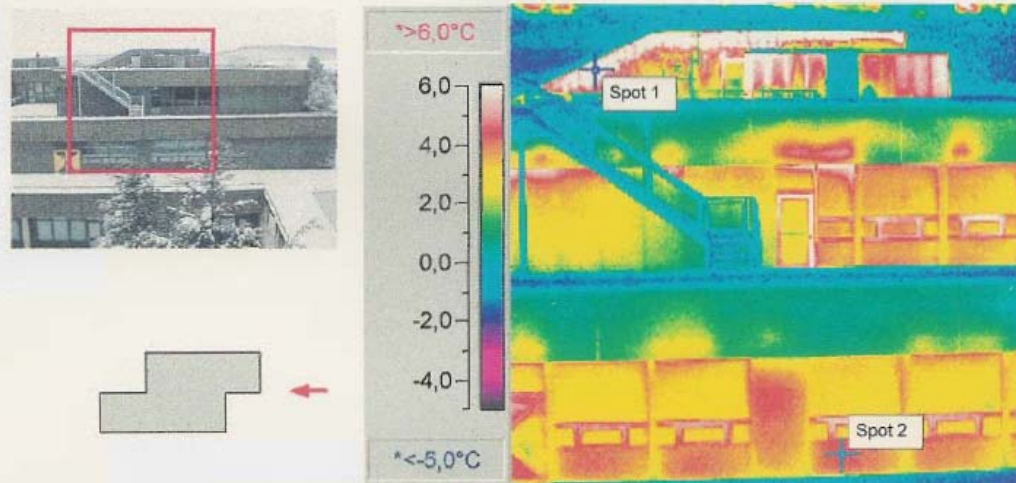
Objektiv 16°

Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Abbildung 16: Infrarot-Aufnahme Ost**



**Ansicht**

Ost

**Projekt**

Haupt- und Realschule

Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

Erhöhte Oberflächentemperatur der Dachaufbauten und der Ausfachung

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C

Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95

Objektiv 16°

Filter nein

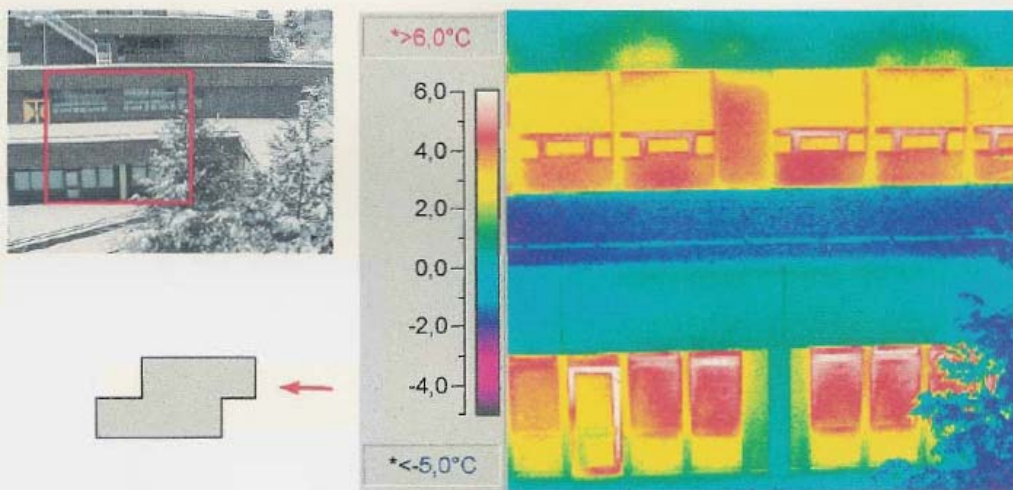
**Oberflächentemperatur**

Spot 1 6,6°C

Spot 2 4,3°C

**Abbildung 17: Infrarot-Aufnahme Ost**





**Ansicht**

Ost

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufthtemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

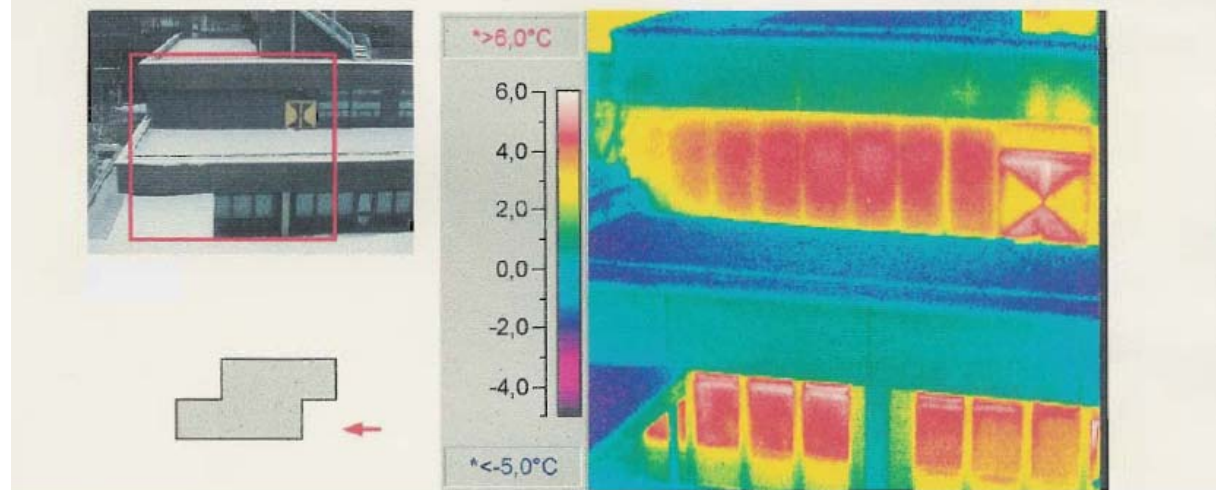
17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

**Abbildung 18: Infrarot-Aufnahme Ost**



**Ansicht**

Ost

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufthtemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

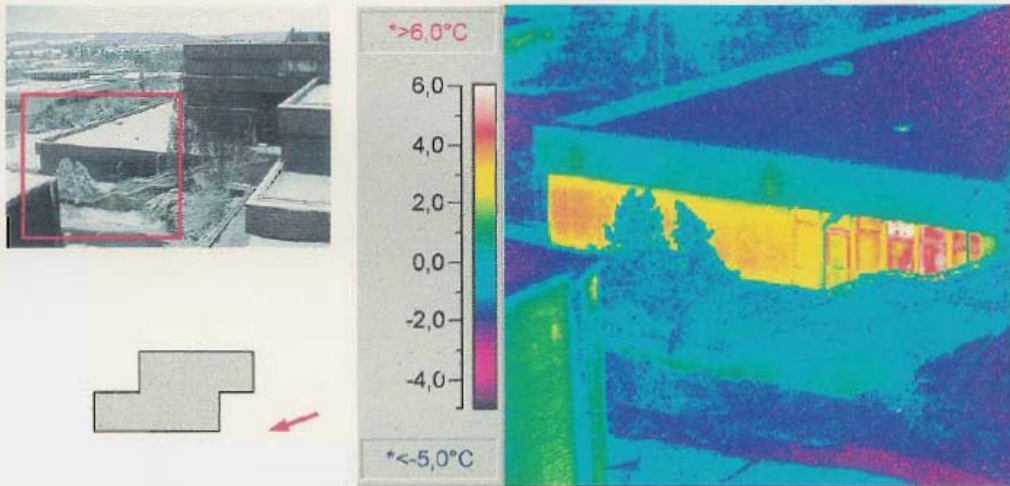
17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

Abbildung 19: Infrarot-Aufnahme Ost



**Ansicht**

Ost

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

**Abbildung 20: Infrarot-Aufnahme Ost**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

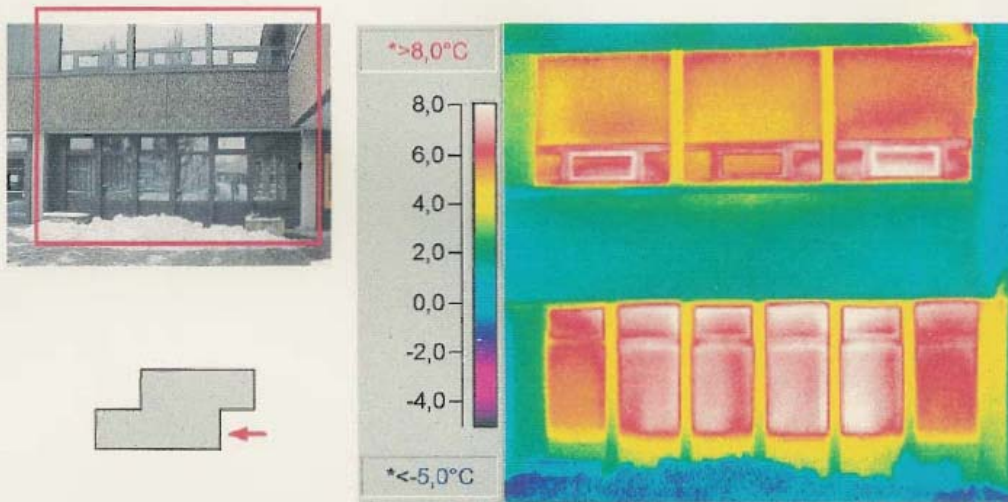


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 24 von 38



**Ansicht**

Ost

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

**Abbildung 21: Infrarot-Aufnahme Ost**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

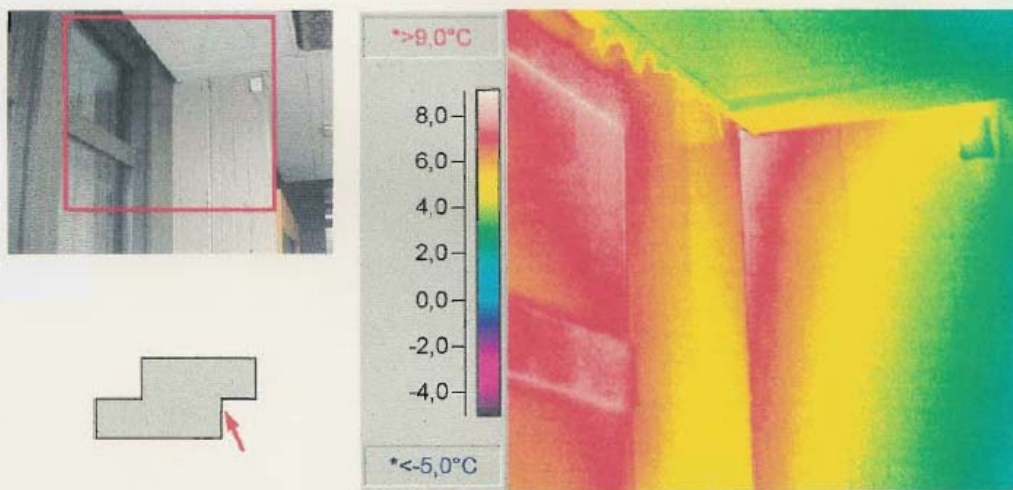


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 25 von 38



**Ansicht**

Detail Schulassistenten-  
Raum

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

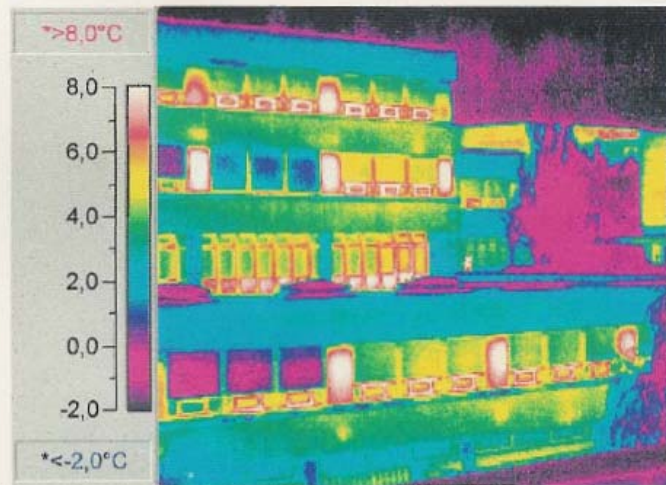
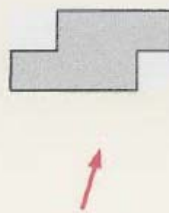
**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Abbildung 22: Infrarot-Aufnahme Schulassistenten-Raum**



**Ansicht**

Süd

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

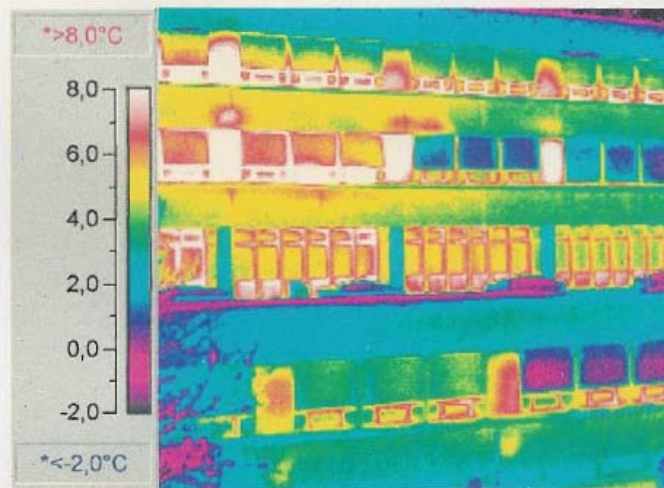
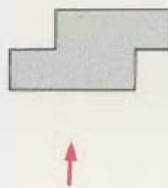
17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

**Abbildung 23: Infrarot-Aufnahme**



**Ansicht**

Süd

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

Abbildung 24: Infrarot-Aufnahme Süd

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

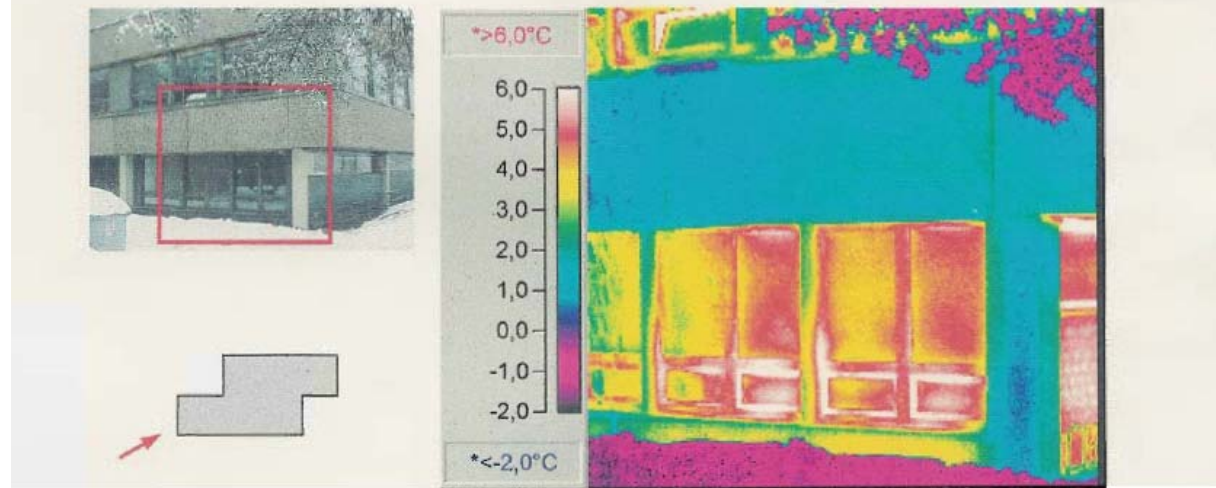


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 28 von 38



**Ansicht**

West

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Bemerkung**

**Abbildung 25: Infrarot-Aufnahme West**



**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

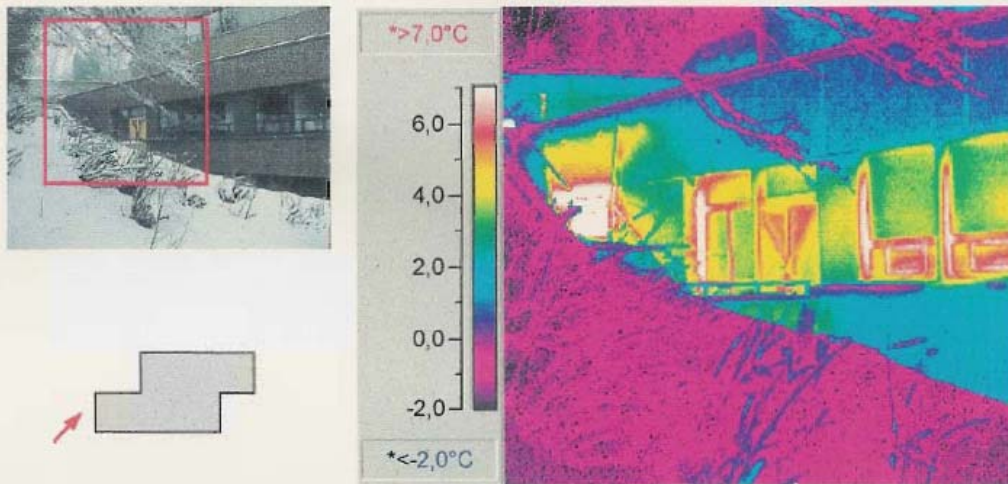


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 29 von 38



**Ansicht**

West

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 3°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Datum**

17.02.1999

**Oberflächentemperatur**

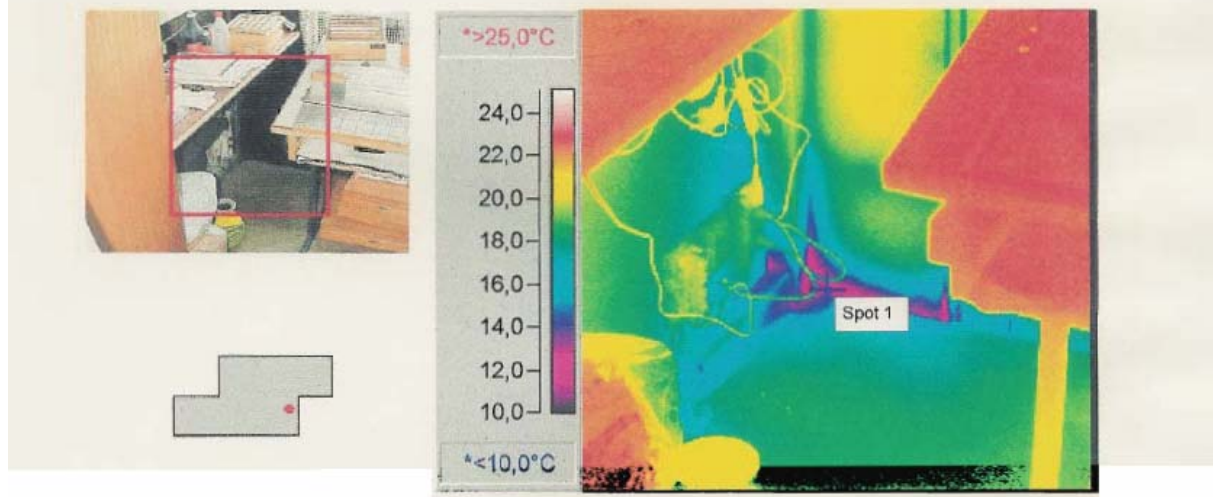
Spot 1 -

**Bemerkung**

**Abbildung 26: Infrarot-Aufnahme West**



### 3. Infrarot-Aufnahmen innen



#### Ansicht

Innenaufnahme Assistenten-  
raum

#### Projekt

Haupt- und Realschule  
Seesen

#### Datum

17.02.1999

#### Bemerkung

#### Randbedingungen Klima

Lufttemperatur 4°C  
Raumlufitemperatur 20°C

#### Randbedingungen Kamera

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

#### Oberflächentemperatur

Spot 1 9,9°C

Abbildung 27: Infrarot-Aufnahme Assistentenraum

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

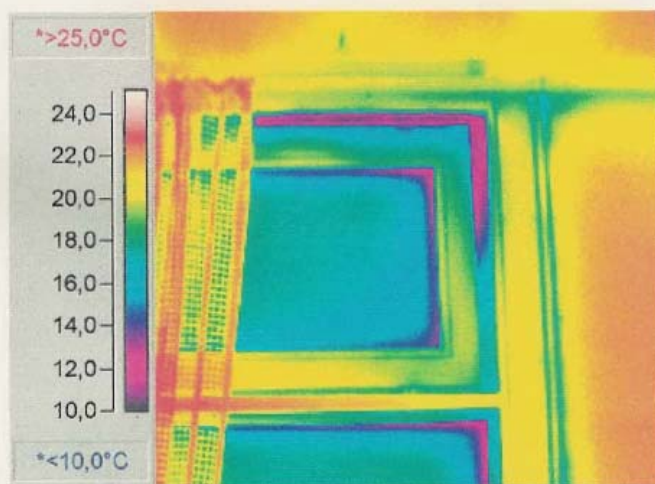
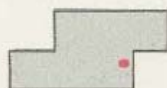
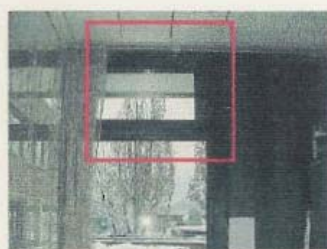


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 31 von 38



**Ansicht**

Innenaufnahme

Assistentenraum

**Projekt**

Haupt- und Realschule

Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 4°C

Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95

Objektiv 16°

Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Abbildung 28: Infrarot-Aufnahme Assistentenraum**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

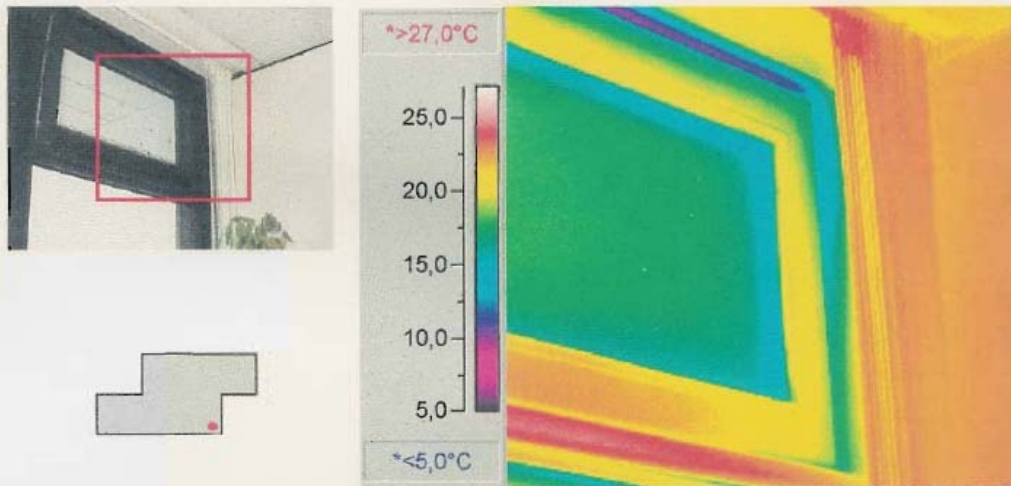


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 32 von 38



**Ansicht**

Außenfenster Konrektorin

**Projekt**

Haupt- und Realschule

Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 4°C

Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95

Objektiv 16°

Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Abbildung 29: Infrarot-Aufnahme Raum der Konrektorin**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

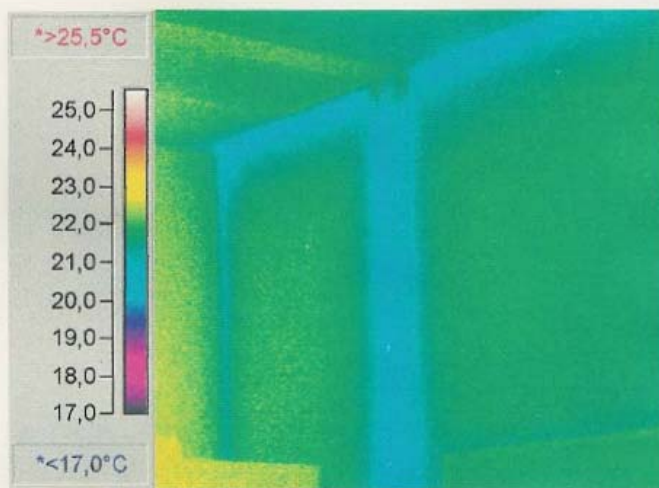
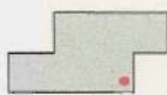
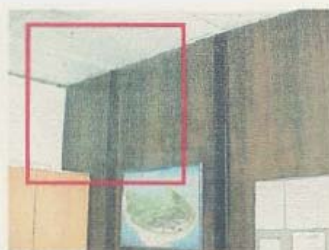


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 33 von 38



**Ansicht**

Außenwand Konrektorin

**Projekt**

Haupt- und Realschule

Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 4°C

Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95

Objektiv 16°

Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Abbildung 30: Infrarot-Aufnahme im Raum der Konrektorin**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

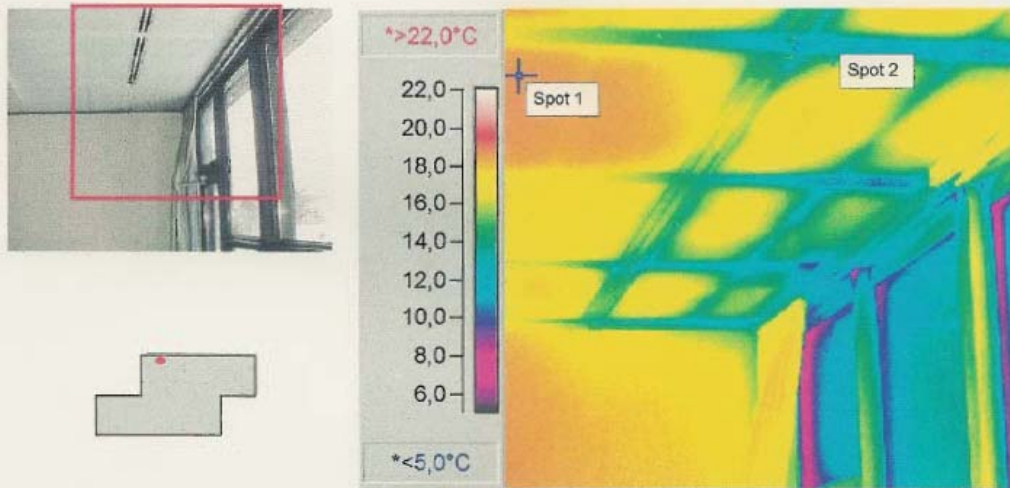


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 34 von 38



**Ansicht**

Klassenraum Nr. 53,  
abgehängte Decke

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 4°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 18,7°C  
Spot 2 11,4°C

**Bemerkung**

Abkühlung der abgehängten Decke nahe der Außenwand

**Abbildung 31: Infrarot-Aufnahme Klassenraum Nr. 53**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

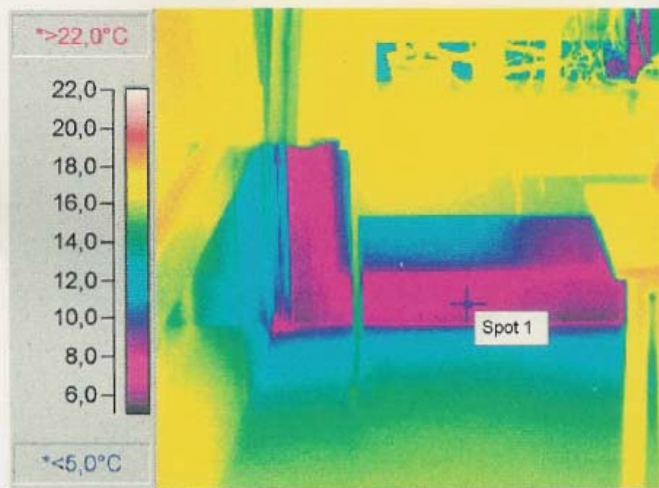
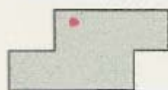
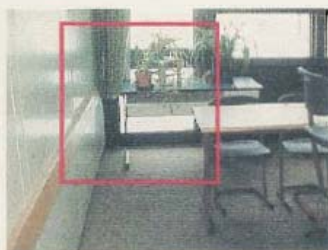


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 35 von 38



**Ansicht**

Klassenraum Nr. 53

Terrassentür

**Projekt**

Haupt- und Realschule

Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 4°C

Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95

Objektiv 16°

Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 6,8°C

**Abbildung 32: Infrarot-Aufnahme Klassenraum Nr. 53**

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -

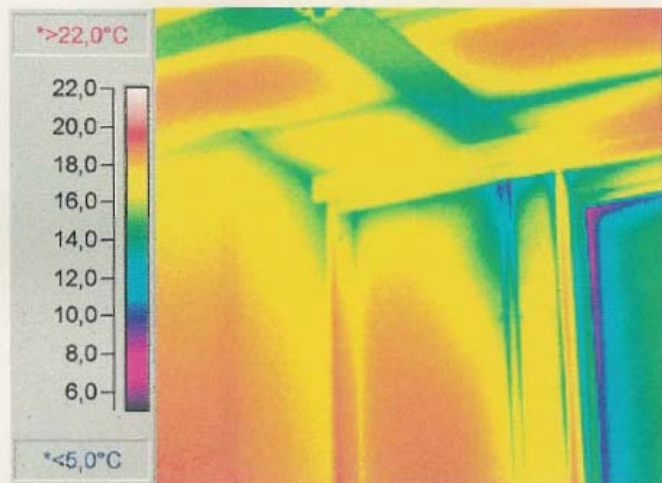
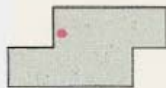
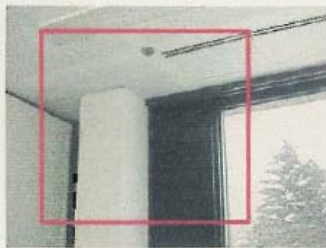


Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54

H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

Seite 36 von 38



**Ansicht**

Klassenraum Nr. 51

**Projekt**

Haupt- und Realschule  
Seesen

**Datum**

17.02.1999

**Bemerkung**

**Randbedingungen Klima**

Lufttemperatur 4°C  
Raumlufttemperatur 20°C

**Randbedingungen Kamera**

Emissionsgrad 0,95  
Objektiv 16°  
Filter nein

**Oberflächentemperatur**

Spot 1 -

**Abbildung 33: Infrarot-Aufnahme Klassenraum Nr. 51**





#### **4 Zusammenfassung und Empfehlungen**

Die Gebäudehülle der Haupt- und Realschule Seesen wurde mittels thermografischer Aufnahmen auf bauphysikalische Schwachstellen untersucht. Die Außenaufnahmen sowie die Innenaufnahmen exemplarischer Räume zeigen u. a. folgende Ergebnisse:

Die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche weist einen mäßigen Dämmstandard auf.

Die Pfosten-Riegel-Konstruktion stellt einen wärmetechnischen Schwachpunkt dar. Die Ausfachungen weisen einen hohen Wärmeverlust auf.

Die Heizkörper vor den Außenfenstern zeigen eine hohe Abstrahlung nach außen.

Die innenseitige Oberflächentemperatur der Außenwände erreicht örtlich sehr niedrige Werte. Neben den erhöhten Wärmeverlusten besteht hier die Gefahr der Kondensatbildung

Die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle ist nicht gegeben. Auf der Ostfassade wurde ausströmende Warmluft nachgewiesen.

Die exemplarische Untersuchung eines Klassenraumes zeigt eine Abkühlung der abgehängten Decke im Bereich der Außenwand.

Wir empfehlen die bauphysikalisch relevanten Kennwerte der Gebäudehülle (Wärmeleitfähigkeit, Wasserdampfdiffusionswiderstände, Stärke der Bauteilschichten, Feuchtegehalt der Wandoberflächen, Ausbildung der luftdichten Ebenen, etc.) detailliert erfassen zu lassen. Hierzu empfehlen wir folgende Vorgehensweise:

Feststellung des bauphysikalisch relevanten Wandaufbaus, insbesondere der Ausfachungen der Pfosten-Riegel-Konstruktion, durch Endoskopie

Demontage der abgehängten Decke eines exemplarischen Raumes

Thermografische innenseitige Detail-Aufnahmen im Bereich der Zwischendecke zur Lokalisierung der Wärmebrücken

**Dr. Weßling Beratende Ingenieure GmbH**

- Ingenieure, Geologen, Naturwissenschaftler -



Feodor-Lynen-Str. 23  
30625 Hannover

Telefon 05 11/5 47 00-0  
Telefax 05 11/5 47 00-54


H 97002-01 / Gutachten / LK GS / Real- und Hauptschule - Seesen / Infrarot-Aufnahmen /  
Hannover, 1999-03-01 / Las / vol

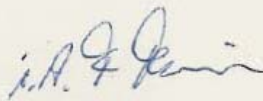
Seite 38 von 38

Thermografische innenseitige Detail-Aufnahmen im Bereich der Zwischendecke bei  
Unterdruck zur Lokalisierung der Undichtigkeiten.

#### Dokumentation

Anhand der bauphysikalischen Kennwerte können zu erwartende Energieeinsparungen  
ermittelt und auf ihre Amortisationsfähigkeit hin überprüft werden. Die Ergebnisse kön-  
nen dann als belastbare Grundlage für die Planung und Durchführung von wärmetechni-  
schen Sanierungsmaßnahmen dienen.

  
**V. Lasos**  
Dipl.-Ing.

  
**S. Vollert**  
Dipl.-Ing.

## 5.3.2 Schulzentrum Schule am Schloss Liebenburg



*ThermoCheck*

*Nr. 060106*

Thermografische Untersuchung

Schulzentrum Liebenburg  
Gitterweg. 1  
38704 Liebenburg

*im Auftrag  
des Hochbauamts der Kreisverwaltung Goslar  
vom 6.01.2006*

*H. Wagner  
Wernigerode Jan. 06*



Physikalisch-Technische  
Analysen GmbH

**SECTOR Cert**

Gesellschaft für Zertifizierung mbH - Trösdorf

zertifiziert nach EN 473  
für Thermographie Stufe 1 + 2  
Bereiche Industrie•Bau•Leckortung



*Dienstleistungen im Bereich zerstörungsfreier physikalischer Meßmethoden  
für Industrie, Baugewerbe, Wohnungswirtschaft*

*Service-messung und Analyse  
Beratung  
Gutachten  
Material- und Verfahrensentwicklung*

*PTA Physikalisch-Technische Analysen GmbH*

*Schlachthofstr. 4  
38855 Wernigerode  
Tel 03943-935682  
Fax 03943-935638  
email [pta@igz-wr.de](mailto:pta@igz-wr.de)*

Der Bau-Thermographie in der Goetheschule Goslar (Bericht Nr. 040310) wurde nach den VaTh-Richtlinien durchgeführt.

Wernigerode, den 12.01.06

*Dr. Herbert Wagner*



## Inhaltsverzeichnis

		<i>Seite</i>
	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4 - 5</b>
<b>1.</b>	<b>Untersuchungsziel</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>Thermografische Untersuchungen</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Baubeschreibung</b>	<b>7 - 8</b>
<b>4.</b>	<b>Befunde</b>	<b>9 - 35</b>
4.1	<i>Außenthermografie</i>	<i>10 - 17</i>
4.2	<i>Fenster</i>	<i>18 - 20</i>
4.3	<i>Außentüren</i>	<i>21 - 23</i>
4.4	<i>Wandelemente</i>	<i>24 - 30</i>
4.4.1	<i>Befestigung Decke</i>	<i>24</i>
4.4.2	<i>Anschluß Betonwände</i>	<i>25</i>
4.4.3	<i>Anschluß Fußboden</i>	<i>26</i>
4.4.4	<i>Anschluß Element-Element-Ecken</i>	<i>27</i>
4.4.5	<i>Anschluß Rahmen-Füllung</i>	<i>28 - 29</i>
4.4.6	<i>Steckdosen</i>	<i>30</i>
4.5	<i>Sonstige Leckagen</i>	<i>30</i>
4.6	<i>Heizung</i>	<i>31</i>
4.7	<i>Dach</i>	<i>32</i>
4.8	<i>Sporthalle</i>	<i>32 - 35</i>
<b>5.</b>	<b>Bewertung</b>	<b>36 - 38</b>
5.1.	<i>Undichtheiten/Heizung</i>	<i>36</i>
5.2.	<i>Dach</i>	<i>37 - 38</i>
5.3	<i>Sporthalle</i>	<i>38</i>
<b>6.</b>	<b>Maßnahmen</b>	<b>39</b>



## Zusammenfassung

Im Schulzentrum Liebenburg ist ein Erweiterungsbau für neue Fachräume geplant. Im Zuge der Baumaßnahmen sollen auch andere Modernisierungs- und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt werden.

Zur Klärung der im Gebäude vorhandenen thermischen Schwachstellen wurde am 6.1.2006 eine thermografische Übersichtsuntersuchung des Schulgebäudes und der Sporthalle durchgeführt, mit der besonderen Beachtung früherer Wasserschäden am Flachdach und dem bemängelten unzureichenden Raumklima in einigen Räumen. Neben der Außenthermografie wurden alle Räume auch von innen untersucht und die thermischen Auffälligkeiten dokumentiert.

Das Schulgebäude wird fast ausschließlich über eine Warmluftheizung beheizt. Während des Ortstermins herrschte in allen Räumen ein Unterdruck, der dazu führte, daß kalte Außenluft an den vorhandenen Leckagen in das Gebäude einströmte, so daß die undichten Stellen auch ohne BlowerDoor gut erfaßt werden konnten.

Alle Dreh- und Kippflügel waren an der Schließfuge sehr undicht, was auf die alten dünnen Dichtungen und Mängel an den Beschlägen zurückzuführen war. Weitere Undichtheiten waren an den Leichtbau-Außenwandelementen zu beobachten, die gegen die angrenzenden Bauelemente (Betonwände, Fußboden) und in sich (Fugen zwischen Wandelementen, Fugen zwischen Rahmen und Füllung, Steckdosen) unzureichend abgedichtet waren.

Es ist davon auszugehen, daß das Gebäude nicht die für den Betrieb einer Lüftungsanlage erforderliche Luftdichtheit (Luftwechselrate  $<1,5 \text{ h}^{-1}$  bei 50 Pa) aufweist. Das führt nicht nur zu erhöhten Wärmeverlusten, sondern erschwert auch die Einstellung der Luftmengen und den Abgleich zwischen den verschiedenen Räumen. Davon sind im besonderen die kleineren Räume mit höherem Wärmebedarf und kleinerem Frischluftbedarf in der Verwaltung betroffen.

Während des Ortstermin wurden ausreichend hohe, teilweise sogar zu hohe Raumtemperaturen vorgefunden. Ob es sich dabei um einen Ausnahmezustand (durch die kurzfristige Anhebung der Gebäudetemperatur nach dem Ferienbetrieb) handelt oder ob hier eine mangelnde Stabilität beim Betrieb der Warmluftheizung zugrundeliegt, konnte mit der Thermografie nicht beantwortet werden.

Der Umfang einer Durchfeuchtung in der Dämmung des Flachdachs konnte wegen der vorhandenen Kiesschüttung auf dem Dach und wegen der abgehängten Decke nicht thermografisch untersucht werden.

An der Sporthalle wurden undichte Fugen zwischen den Betonelementen und hinter der Vorhangfassade gefunden. Die Ursache erhöhter Temperaturen im Bereiche der Zwischendecke über dem Turnschuhgang muß noch näher untersucht werden. Hier ist ein Zusammenhang mit Kanälen der Warmluftheizung zu vermuten.



### *Maßnahmen*

Folgende Maßnahmen sollten durchgeführt werden:

- Prüfung und Instandsetzen der Fenster
- Abdichten der Wandelemente  
Fugen zu angrenzenden Bauteilen und innerhalb der Wandelemente (Füllung-Rahmen, Steckdosen)
- Prüfung des Heizungsbetriebs durch Aufzeichnung von Raumtemperaturwerten mit einem Datenlogger
- Austausch der Einfach-Verglasungen bei den Fluchttüren
- Erstellen einer Statistik für die Dachreparaturen zur Entscheidung, wann eine Dachsanierung wirtschaftlich sinnvoll ist.
- Prüfung der Warmluftheizung in der Sporthalle (Zwischendecke über Turnschuhgang)
- Kleinere Maßnahmen  
Betrieb des Chemikalienschrank, ordnungsgemäße Entlüftung  
Umbau der Lüftauslässe am Eingang West



### 1. Untersuchungsziel

Im Schulzentrum Liebenburg ist ein Erweiterungsbau für neue Fachräume geplant. Im Zuge der Baumaßnahmen sollen auch andere Modernisierungs- und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt werden.

Eine thermografische Übersichtsuntersuchung sollte die vorhandenen thermischen Schwachstellen für die Planungsarbeiten dokumentieren. Besondere Beachtung sollte dabei finden, daß in der Vergangenheit Leckagen und Wasserschäden am Flachdach aufgetreten sind, und daß einige Räume über die Warmluftheizung schwer beheizbar sind bzw. Nutzer sich über das Raumklima beklagen.

### 2. Thermografische Untersuchung

Die thermografische Untersuchung des Schulzentrum Liebenburg wurde am 6.1.2006 in der Zeit von 19.00 bis 22.00 Uhr durchgeführt. An diesem Tag war es nach mehreren Tagen um Null Grad ebenfalls neblig-trüb mit Temperaturen zwischen  $-2$  und  $0^{\circ}\text{C}$  mit leichtem Schneeregen. Abends war der Himmel bedeckt mit zeitweisem leichtem Spühregen und geringem Wind.

Bei der Untersuchung wurden Thermo-Aufnahmen der Fassaden gemacht. Alle Räume und Nebenräume des Schulgebäudes und der Sporthalle sowie die Dachflächen des Schulgebäudes wurden abgegangen und die thermischen Auffälligkeiten registriert. Schulgebäude und Sporthalle waren in den vorangegangenen Wochen wegen der Winterferien nur schwach beheizt. Die Heizung wurde erst am Nachmittag des 6.1.2006 gegen 14.00 Uhr auf Normalbetrieb gestellt. Es zeigte sich während der Untersuchung, daß bei der Umstellung der Heizung die Heizkörper, die einigen Klassenräumen vorhanden sind, nicht aufgeheizt wurden.

Für visuelle Vergleichsfotos wurde das Gebäude am Vormittag des 10.1.06 erneut in Augenschein genommen.

### Parameter

<i>Datum</i>		06.01.06			
<i>Uhrzeit</i>		von 19:00	<i>Uhr</i>	bis 22:00	<i>Uhr</i>
<i>Bearbeiter</i>		H. Wagner			
<i>Temperatur</i>	<i>Luft</i>	$-2^{\circ}\text{C}$			
	<i>Boden</i>	$-2^{\circ}\text{C}$			
	<i>Himmel</i>	$-2^{\circ}\text{C}$			
<i>Windgeschwindigkeit</i>		0 m/sec			
<i>Luftfeuchtigkeit</i>		90%			
<i>Kamera</i>		Agema 570 Pro			
<i>Programm</i>		3.30 Edit 3			
<i>Emissionswert (Standard)</i>		0.96			
<i>Entfernung (Standard)</i>		10 m			
<i>Ambient (Standard)</i>		$-2^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C}$			



### 3. Baubeschreibung

Das Schulzentrum wurde 1976 als Hauptschule und Orientierungsstufe gebaut.

Das Schulgebäude besteht aus einem zwei-geschossigem Bau in Betonständerbauweise ohne Keller. Im Erdgeschoß sind einige Wände, vor allem auf der Westseite, als Betonwände ausgeführt. Sonst bestehen Außenwände und Innenwände aus Leichtbauwänden. In die Außenwandelemente sind die Fenster innenbündig integriert.

Wegen der Hanglage des Geländes stehen die Außenwände auf der West- und Südseite ganz oder teilweise im Erdreich. Über dem Erdgeschoß befinden sich auf der Nord- und der Südseite teilweise begehbare Terrassen. Auf das Obergeschoß ist die Lüftungszentrale aufgesetzt. Die Flachdächer sind entweder mit einer Kiesschüttung oder mit Platten belegt.

Das Schulgebäude wird ganz überwiegend mit einer Warmluftheizung über die Lüftungszentrale auf dem Dach beheizt. Die Verteilung der Luft erfolgt über Kanäle in der abgehängten Decke. In einigen Räumen, die nachträglich umgebaut wurden, wurden anstelle der Warmluftheizung Heizkörper installiert.

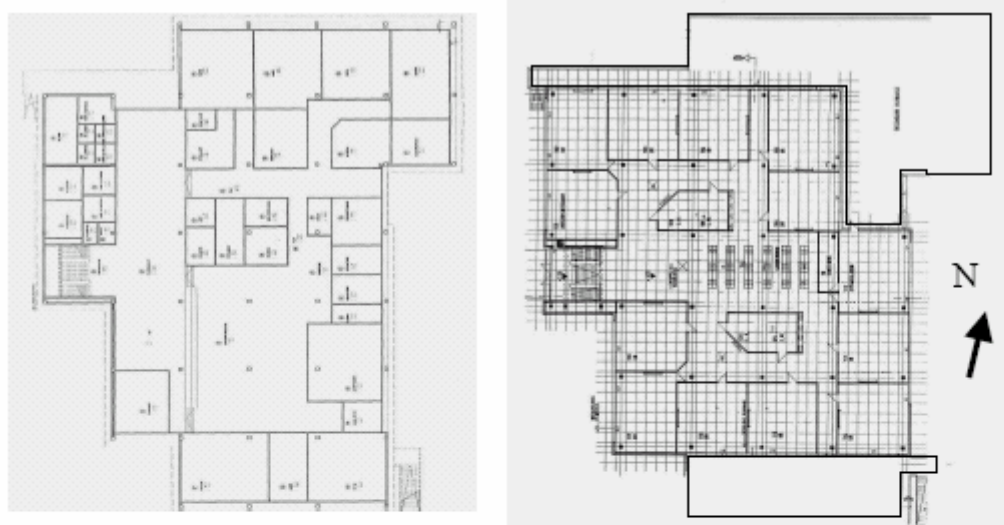


Abb. 1 Grundriss Erdgeschoß (links) und 1. Obergeschoß (rechts)



*Abb. 2 Außenansicht des Schulgebäudes*



#### **4. Befunde**

##### *Vorbemerkung:*

Während der Untersuchung herrschte - durch die Lüftungsanlage vorgegeben - ein mehr oder weniger großer Unterdruck in allen Räumen – also anders als bei natürlichen Druckverhältnissen, bei denen sich in den Räumen des Erdgeschosses ein Unterdruck, in den oberen Geschossen jedoch ein Überdruck einstellt.

Die Ergebnisse, die unter diesen Bedingungen zu beobachten waren, entsprechen etwa einer BlowerDoor-Messung bei Unterdruck. Der Wert der Druckdifferenz in den Räumen konnte nicht ermittelt werden. Nach der Geschwindigkeit, mit der die kalte Außenluft an Leckagen einströmte, zu urteilen, ist von einem Unterdruck von bis zu 30 Pa auszugehen.

Im folgenden sind die Befunde zusammengestellt:

- Außenthermografie
- Fenster
- Außentüren
- Wandelemente
- Heizung
- Dach
- Sporthalle



4.1. Außenthermografie

Nordseite

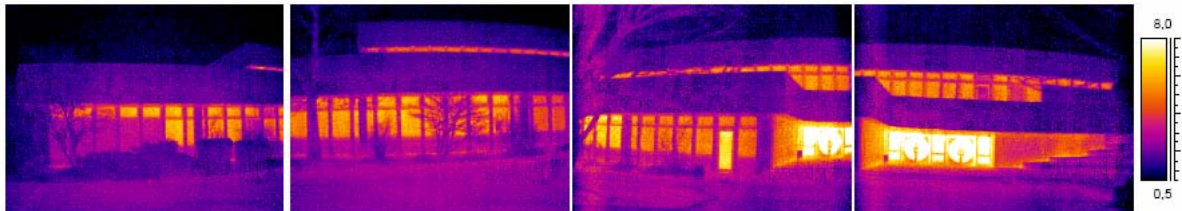


Abb. 3 Außenansicht Nordseite

10

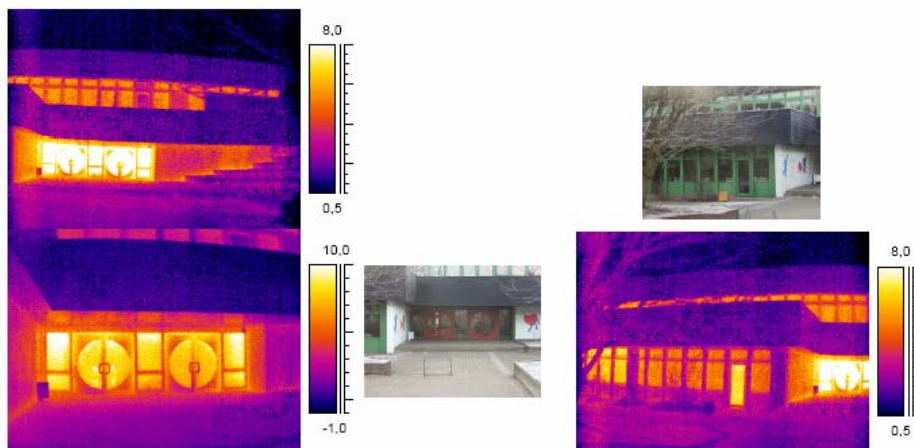


Abb. 4 Außenansicht Nordseite-Details

Haupteingang  
Einfachverglasung  
Stahlrahmen ohne besondere thermische Trennung  
Temperatur im Flurbereich mit 19- 20°C zu hoch

Eckraum – Nutzung als Küche  
über Heizkörper beheizt, beim Ortstermin nicht auf Temperatur  
Außentür einfach verglast

11

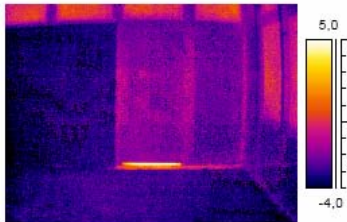


Abb. 5 Außenansicht Nordseite Details 1.OG  
Fluchttüre Sprachlabor (1. OG Raum 112)  
geschlossene Holztüre  
an der Schwelle undicht



Außentür (1.OG Gang zwischen Raum 105 und 104) einfach verglast

12



Westseite

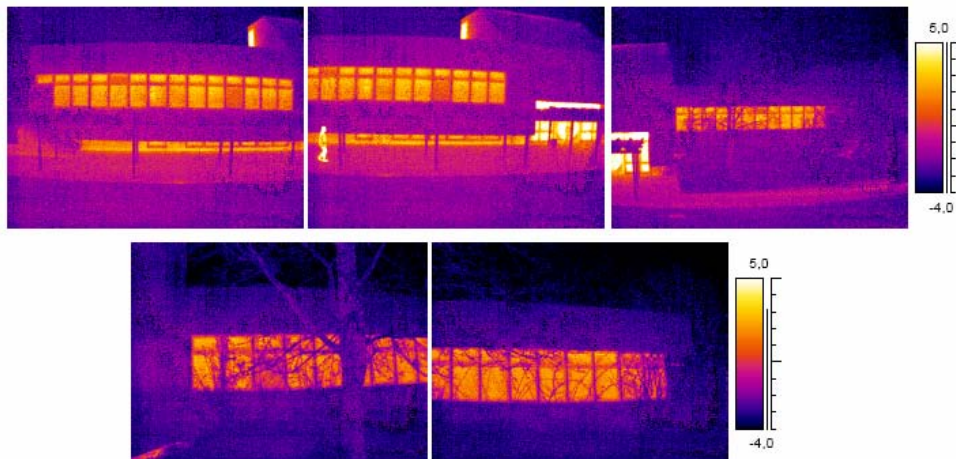


Abb. 6 Außenansicht Westseite

13

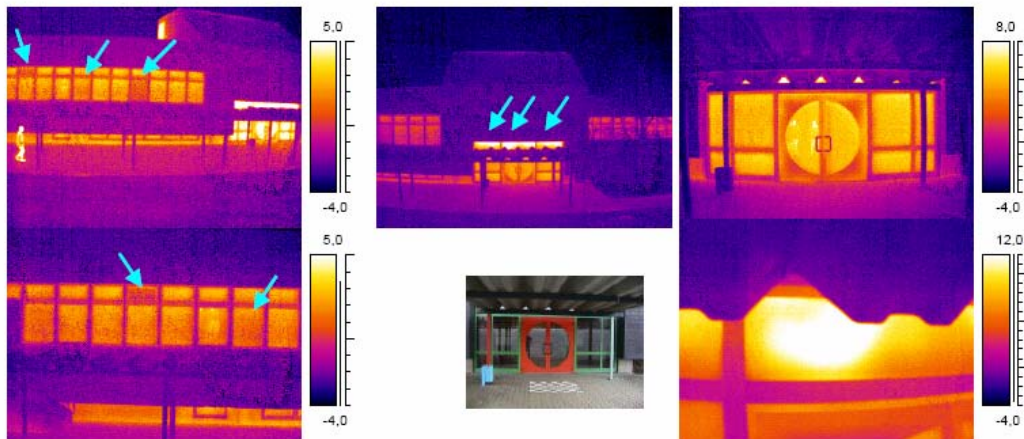


Abb. 7 Außenansicht Westseite - Details  
Einzelne Fensterscheiben wurden durch  
Wärmeschutzverglasung ersetzt (Pfeile)

Eingang - West  
Einfachverglasung  
Stahlrahmen ohne besondere thermische Trennung  
Oberlichter werden durch Warmluft angeblasen (Pfeile) Temperatur der Scheiben außen  
20°C statt 5°C wie sonst bei den einfachverglaste Scheiben

14



Südseite

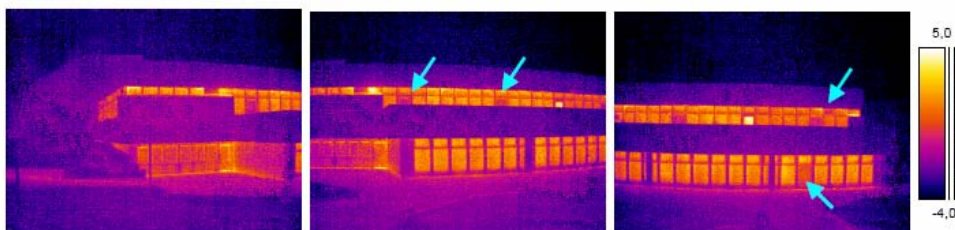


Abb. 8 Außenansicht Südseite  
Klassenraum im EG links mit Heizkörper  
deshalb nicht auf Temperatur

Einzelne Fensterscheiben wurden durch Wärmeschutzverglasung  
ersetzt (Pfeile)  
Einfach-verglaste Außentüre  
offene Fenster

15

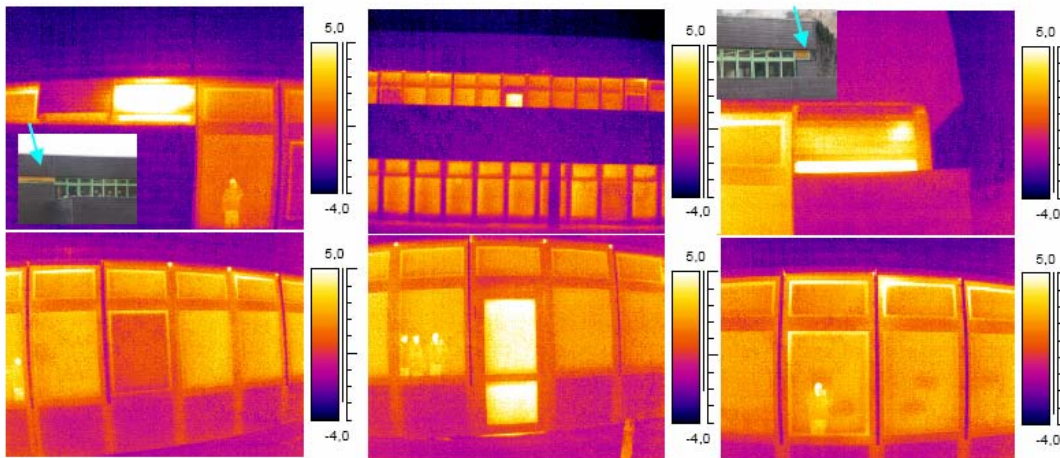


Abb. 9 Außenansicht Südseite Details 1.OG

Offenes Fenster hinter geschlossene Außenjalousie  
(1.OG Raum 117) (Bild oben)

Einfach-verglaste Außentüre (1.OG Gang zwischen  
Raum 115 und 114)

Defektes Oberlicht (1.OG Raum 114)  
(Bild oben)

Erneueres Fenster an verschiedenen Stellen im OG  
(Bild unten)

Undichtes Oberlicht im OG (Bild unten)

16

Ostseite

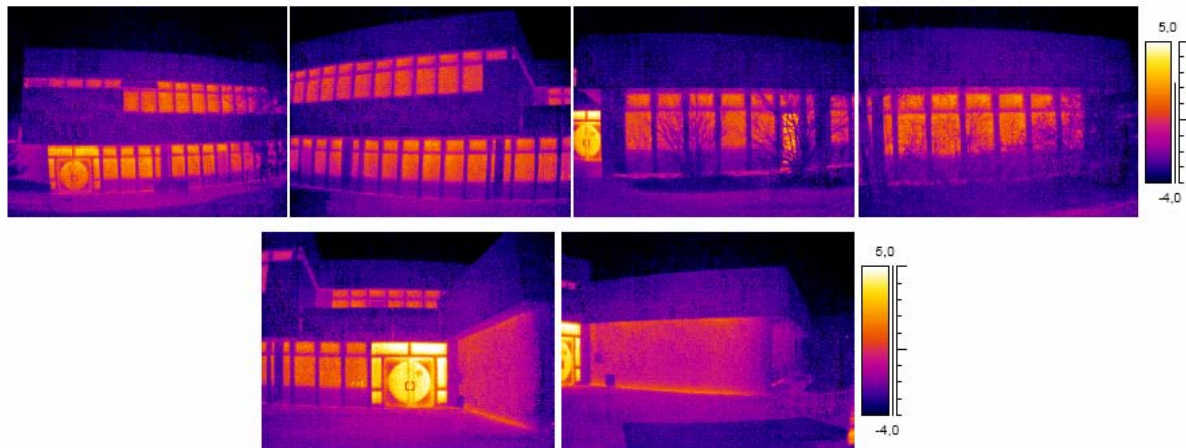


Abb. 10 Außenansicht Ostseite

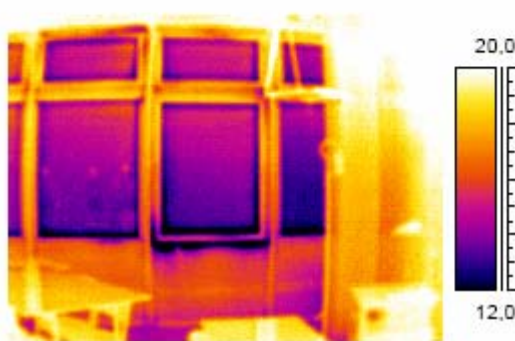
17

#### 4.2. Fenster

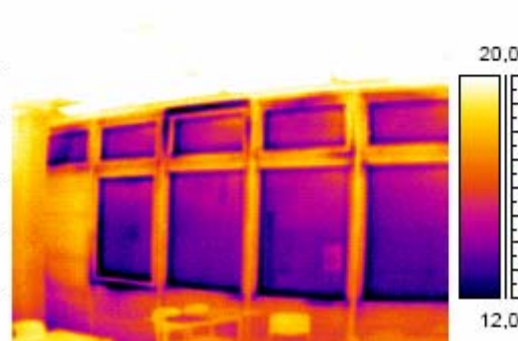
Die Klassenräume besitzen bei den Fenstern in der Regel ein bis zwei Drehflügel und mehrere Kippflügel. Diese Fenster sind mit den in den 1970-iger Jahren üblichen dünnen und relativ weichen Dichtungen gedichtet. Die Drehflügel besitzen mit  $1,1 \times 1,35 \text{ m}^2$  relativ große Abmessungen und bringen beim Öffnen des Flügels ein großes Drehmoment auf die Beschläge. Dazu kommt ein erhöhter Verschleiß von Dichtungen und Beschlägen durch die im Schulbetrieb übliche häufige Betätigung.

Die Dreh- und Kippflügel in *allen* Räumen müssen als sehr undicht bezeichnet werden (Abb.11).

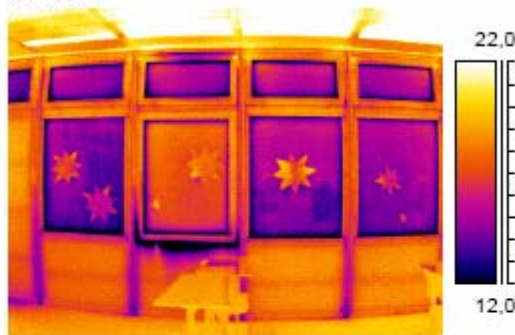
Im Obergeschoß entsprechen einige Drehflügel nicht mehr den heutigen Sicherheitsbestimmung (sie lassen sich öffnen, obwohl die Höhe der Fensterbrüstung für die möglichen Fallhöhe außen am Gebäude zu gering ist).



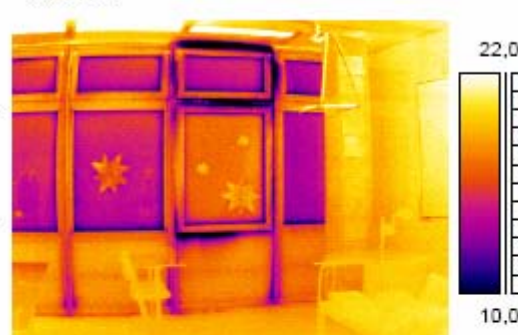
Raum 112



Raum 112

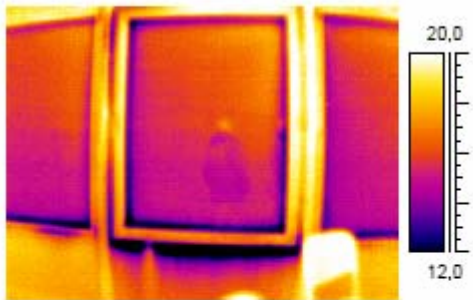


Raum 105

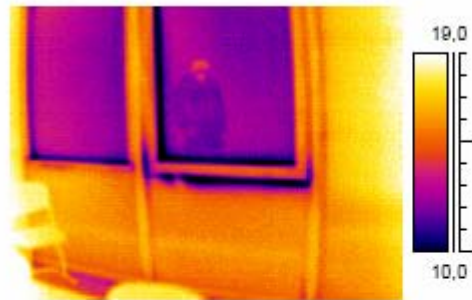


Raum 105

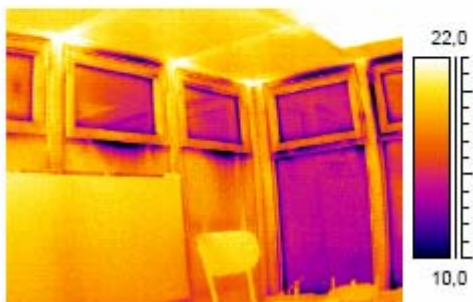




Raum 113



Raum 114



Raum 006



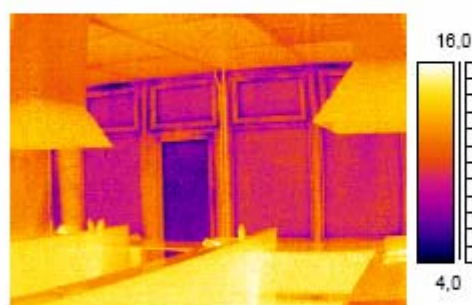
Raum 004



Raum 004



Verwaltung Raum 011



Raum 001

Abb. 11 Fenster mit sehr undichten Dreh- und Kippflügeln (Beispiele)

Im Erdgeschoß (Raum 015, 016, 017) sind die Fenster mit der Fensterbank auf eine Betonbrüstung aufgesetzt. Hier sind die Fugen zwischen den Fensterrahmen und der Fensterbank unzureichend gedichtet (Abb. 12).

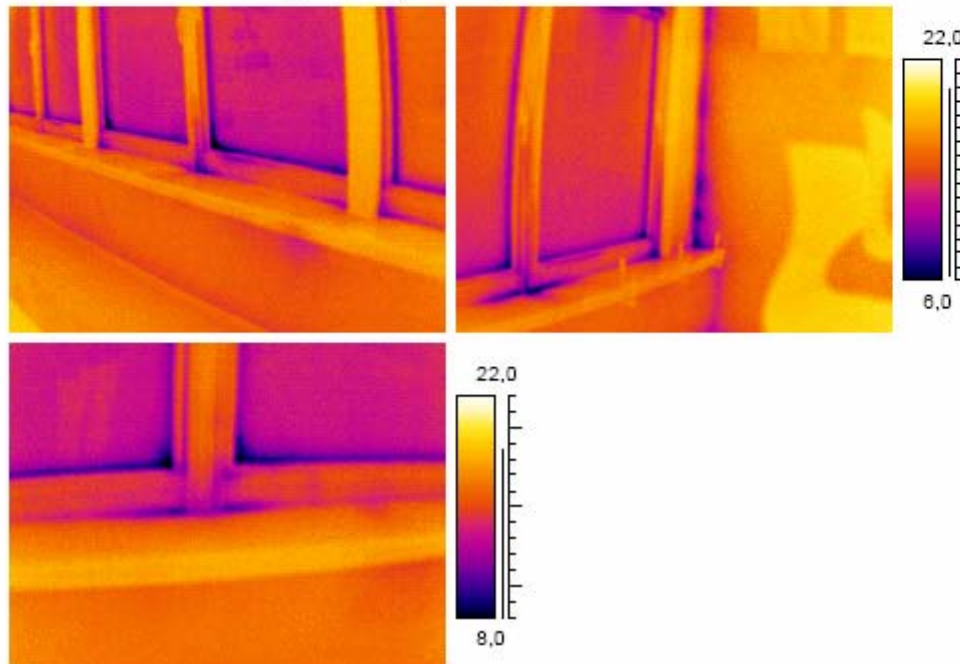


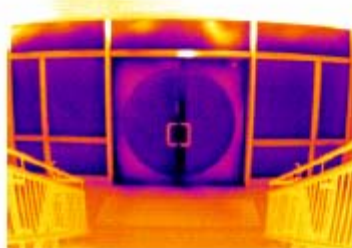
Abb. 12 Anschluß zwischen Fenster und Brüstung/Fensterbank im Erdgeschoß (Raum 015, 016, 017)

### 4.3. Außentüren

Die Eingangstüren (Haupteingang –Nordseite, Eingang –West, Eingang-Ost, Eingang-Ost-Physiksammlung) bestehen aus Metall ohne thermische Trennung mit einem halbkreisförmigen Glaseinsatz. Die Glaseinsätze und die angrenzenden Fensterelemente besitzen eine Einfachverglasung. Alle Eingangstüren sind in der Schließfuge undicht (Abb. 13).



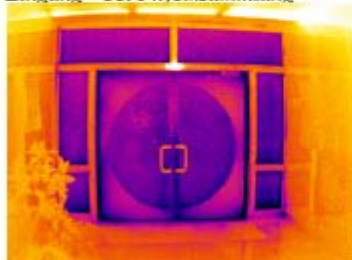
Haupteingang- Nordseite



Eingang -West



Eingang –Ost Physiksammlung

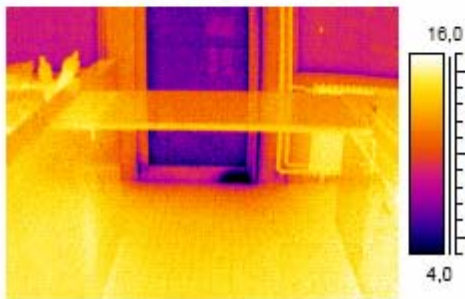
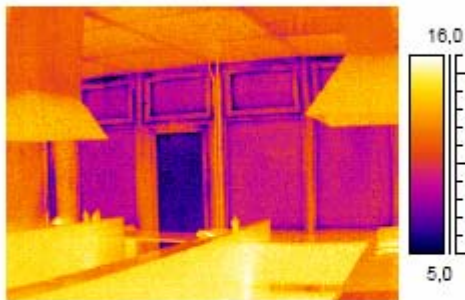


Eingang -Ost

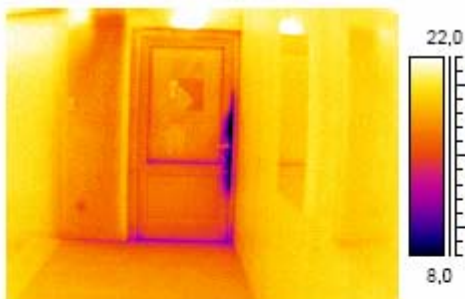


Abb. 13 Eingänge –Haupteingang- Eingang West – Eingang Ost(Sammlung) – Eingang Ost

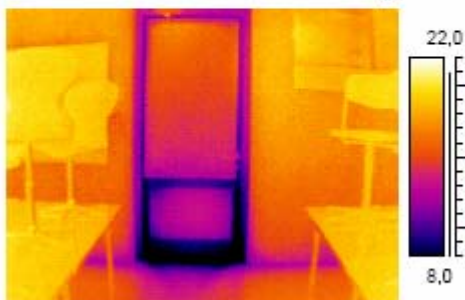
Außer den Eingangstüren gibt es insgesamt 8 Fluchttüren, die alle bis auf die Fluchttüre im Sprachlabor (Raum 112) eine Füllung aus Einfachglas besitzen. Bei der Türe im Sprachlabor handelt es sich um eine Holztüre. Alle Türen sind mehr oder weniger undicht (Abb. 14).



*Raum 001 (EG Nordseite)*



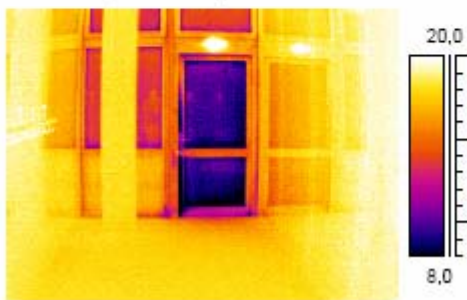
*Pausenhalle neben Raum 033 Einbruchsspuren (EG Südseite)*



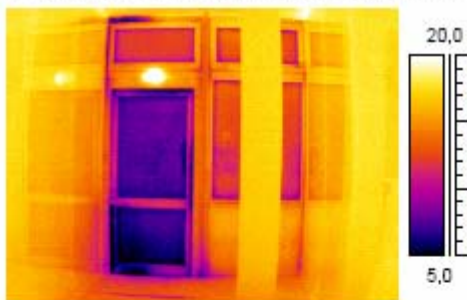
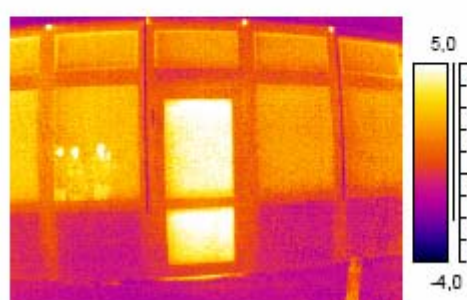
*Raum 014 (EG Ostseite)*



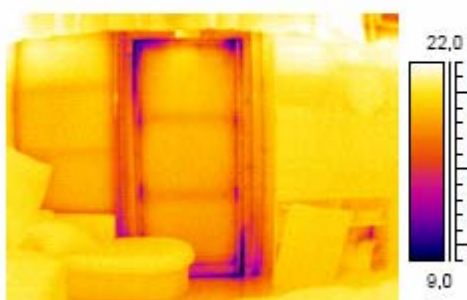
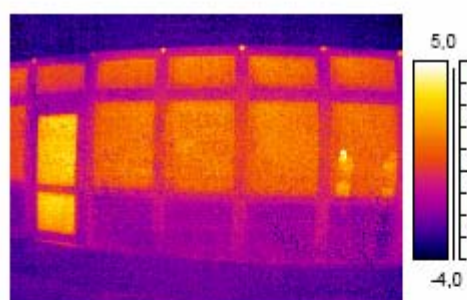
Raum 006 (EG Ostseite)



Gang zwischen Raum 114 und 115 (OG Südseite)



Gang zwischen Raum 104 und 105 (OG Nordseite)



Raum 112 Sprachlabor (OG Nordseite)

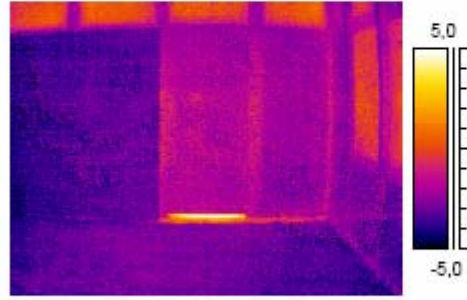


Abb. 14 Fluchttüren

#### 4.4. Wandelemente

##### 4.4.1. Befestigung an der Decke

Die Wandelemente sind oben über Metallschienen mit der Decke verbunden. Diese Metallschienen besitzen keine Dämmung nach außen und wirken als Wärmebrücke (Abb. 15). Die an die Metallschienen angrenzenden Fugen stellen möglicherweise eine Verbindung zum Raum in der Zwischendecke her..

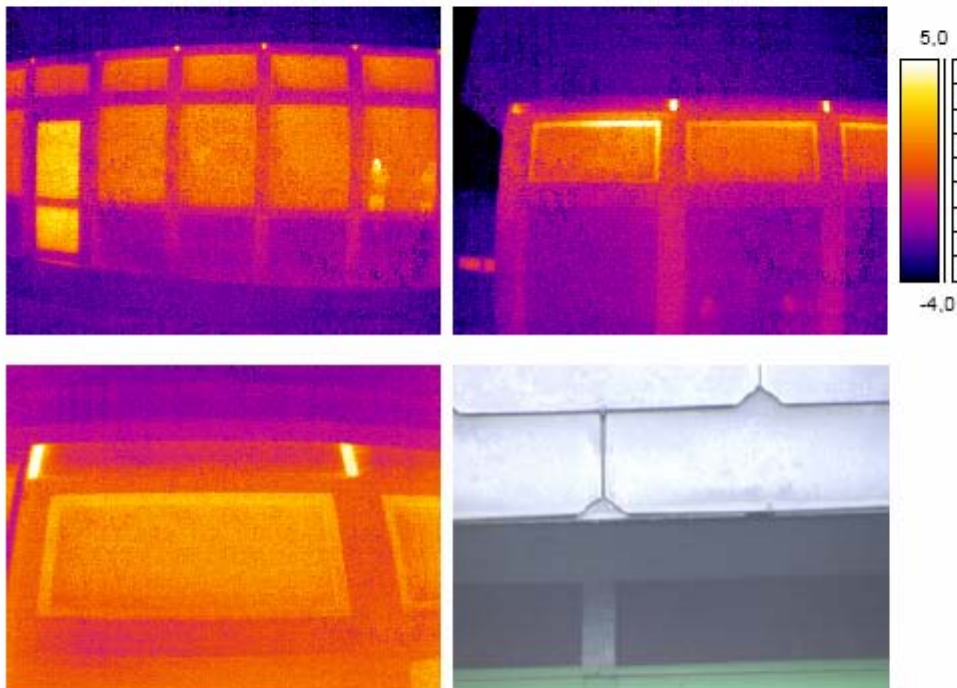


Abb. 15 Befestigung der Wandelemente mit nach außen ungedämmten Metallschienen

#### 4.4.2. Anschluß Betonwände

An einigen Stellen sind im Erdgeschoß Betonwände vorhanden, an die Fenster oder die Wandelemente stumpf anstoßen. Die Anschlußfugen sind zum Teil zwar mit Abdeckleisten versehen, sind aber darunter in allen Fällen nicht ausreichend gedichtet. Bei der vorhandenen Welligkeit in der Putzfläche treten offene Fugen mit Breiten bis zu einigen Millimetern auf. Die an diesen Anschlußfugen vorgefundenen Temperaturen lagen nur wenige Grad über dem Gefrierpunkt (Abb. 16)

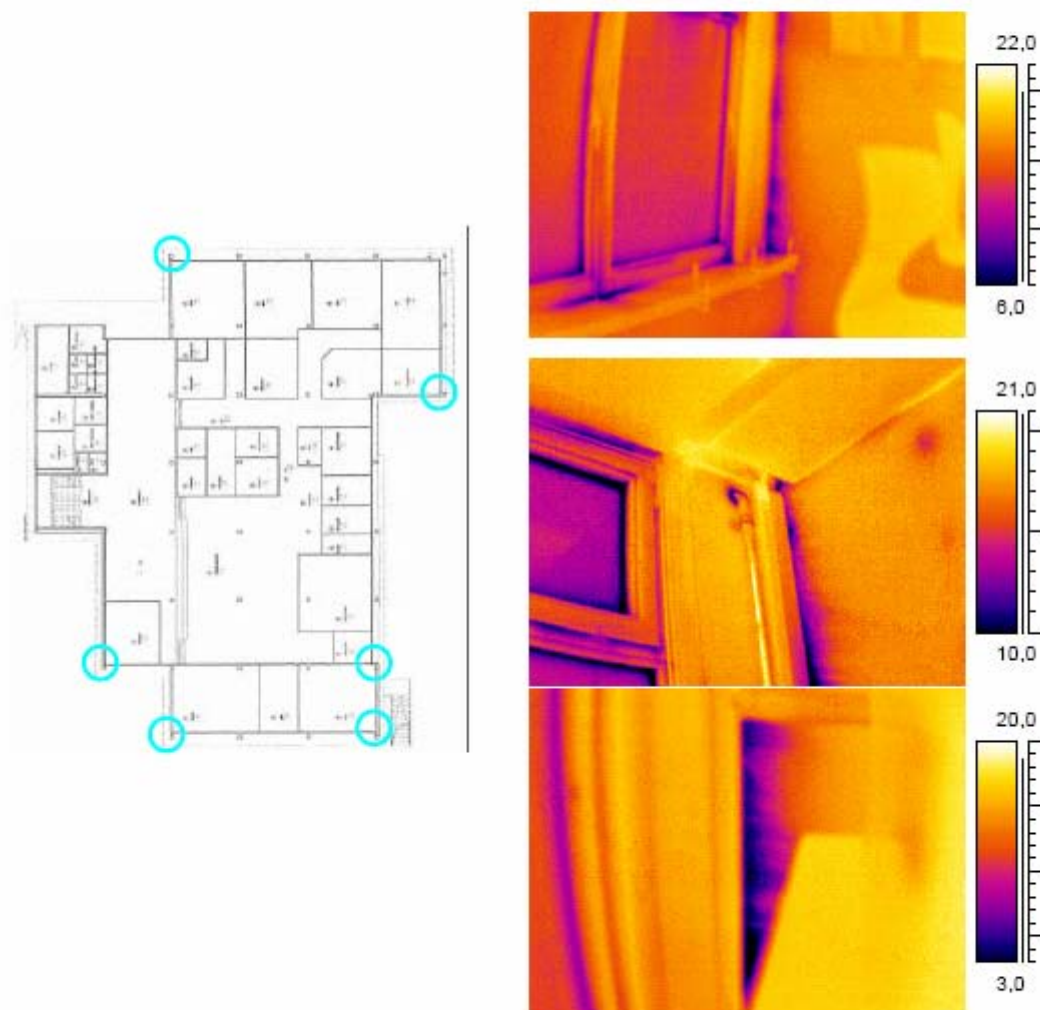


Abb. 16 Anschluß der Fenster oder Wandelemente an die Betonwände im Erdgeschoß

#### 4.4.3. Anschluß Fußboden

Die Wandelemente sind nicht ausreichend gegen den Fußboden (Estrich?) abgedichtet, so daß der Teppichboden eine wesentliche Rolle bei der Abdichtung übernimmt. An Stellen, an denen der Teppichboden nicht vollständig bis an das Wandelement heranreicht, kommt es deshalb zu Zugerscheinungen zwischen Wandelement und Fußboden (Abb. 17).

Dieses Problem tritt insbesondere an den Ständern auf, wo es Lücken in der Abdichtung zwischen Ständer und Teppichboden und zwischen Ständer und den unteren Rahmen der Wandelemente gibt.

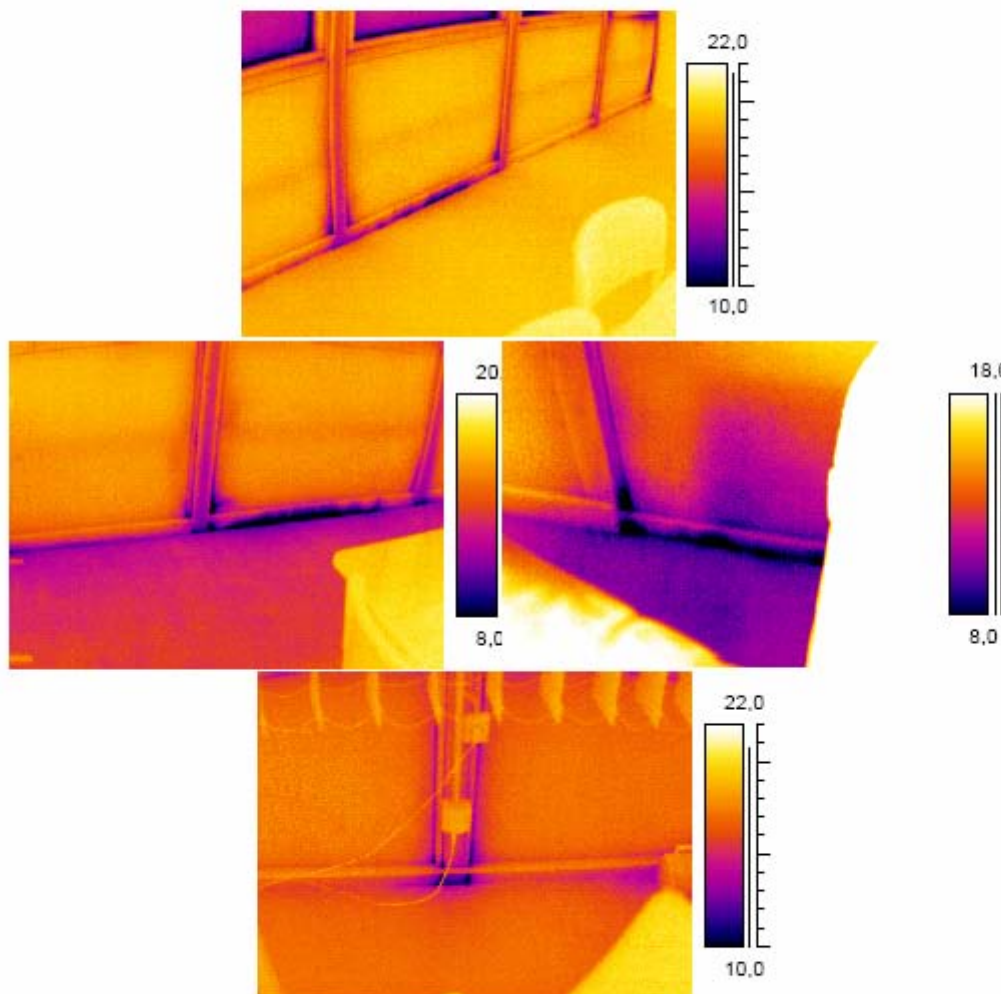


Abb. 17 Anschluß der Wandelemente an den Fußboden



#### 4.4.4. Anschluß Element-Element Ecken

In den Raumecken war die Abdichtung zwischen den Wandelementen unzureichend. Zum Teil waren Temperaturen in der Nähe des Gefrierpunktes zu beobachten (Abb. 18).

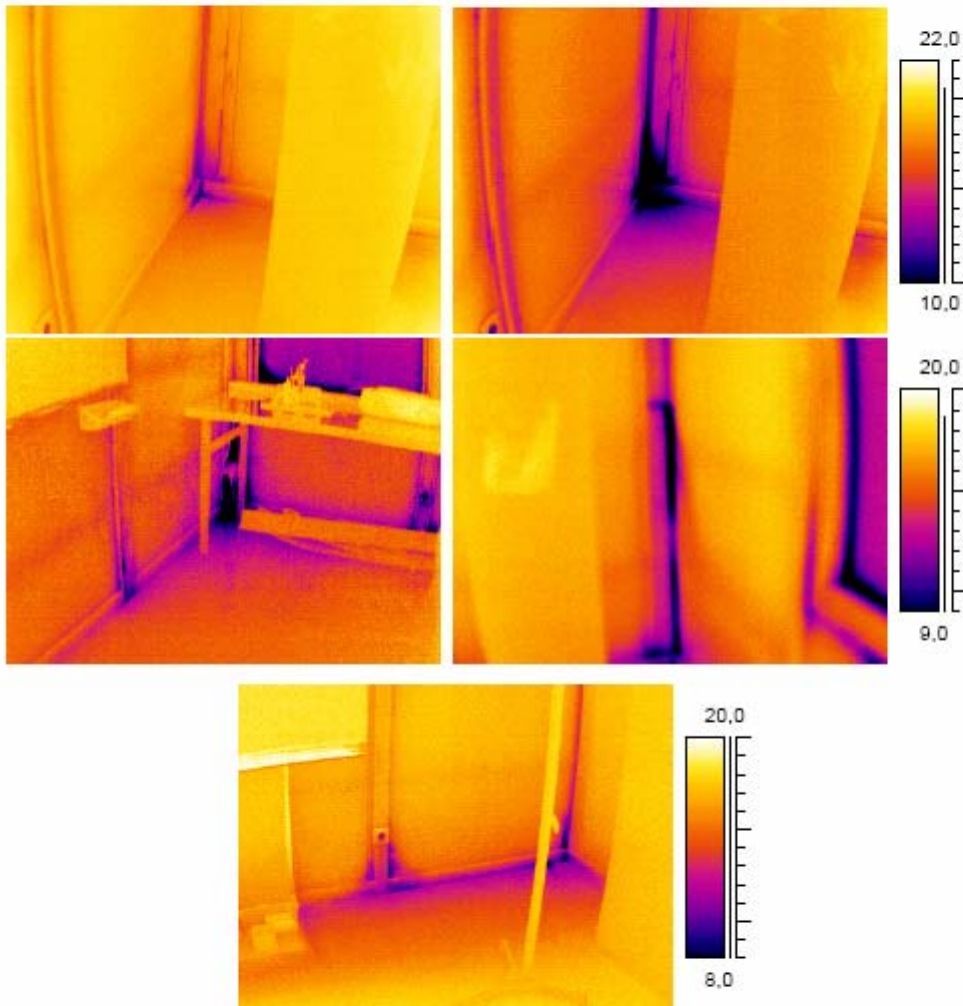


Abb. 18 Anschluß zwischen den Wandelemente in den Ecken

#### 4.4.5. Anschluß Rahmen – Füllung

Weitere Leckagen gab es an der Fuge zwischen Rahmen und Füllung. Besonders stark trat dieser Fehler in dem nachträglich eingerichteten Klassenraum 033 auf, wo die Abdichtung der Füllung (Kunststofftafeln) innen und außen komplett fehlte (Abb. 19).

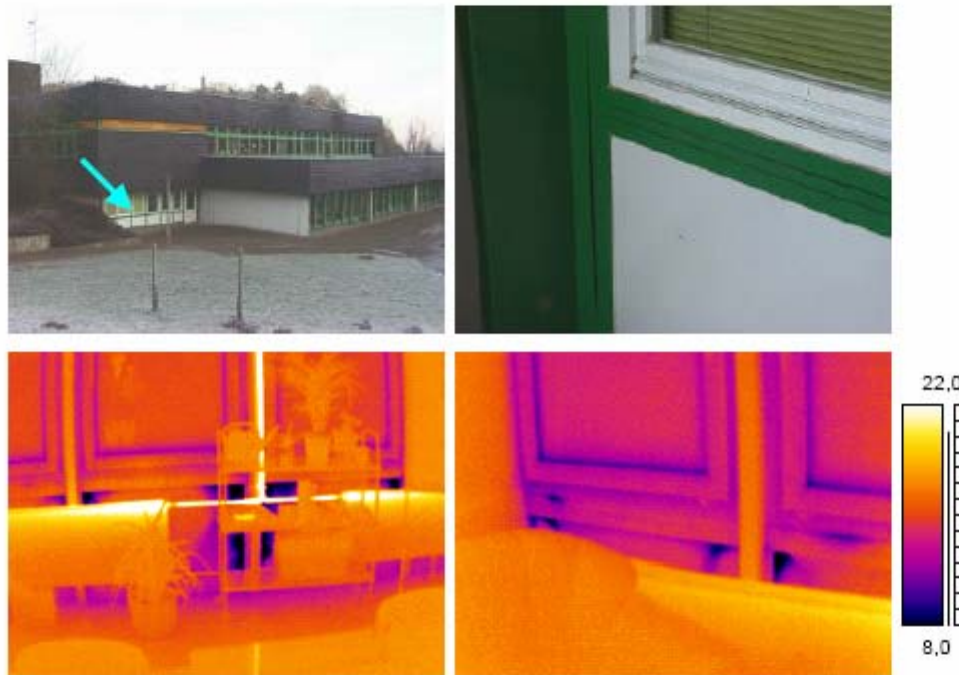


Abb. 19 Fuge zwischen Rahmen und Füllung im Erdgeschoß Raum 033 wurde nicht gedichtet

Auch bei den Wandelementen in der ursprünglichen Bauform (Füllung außen Aluminium(?) in grün) waren mehr oder weniger offene Fugen zwischen den Ständern und der Füllung zu beobachten (Abb. 20).

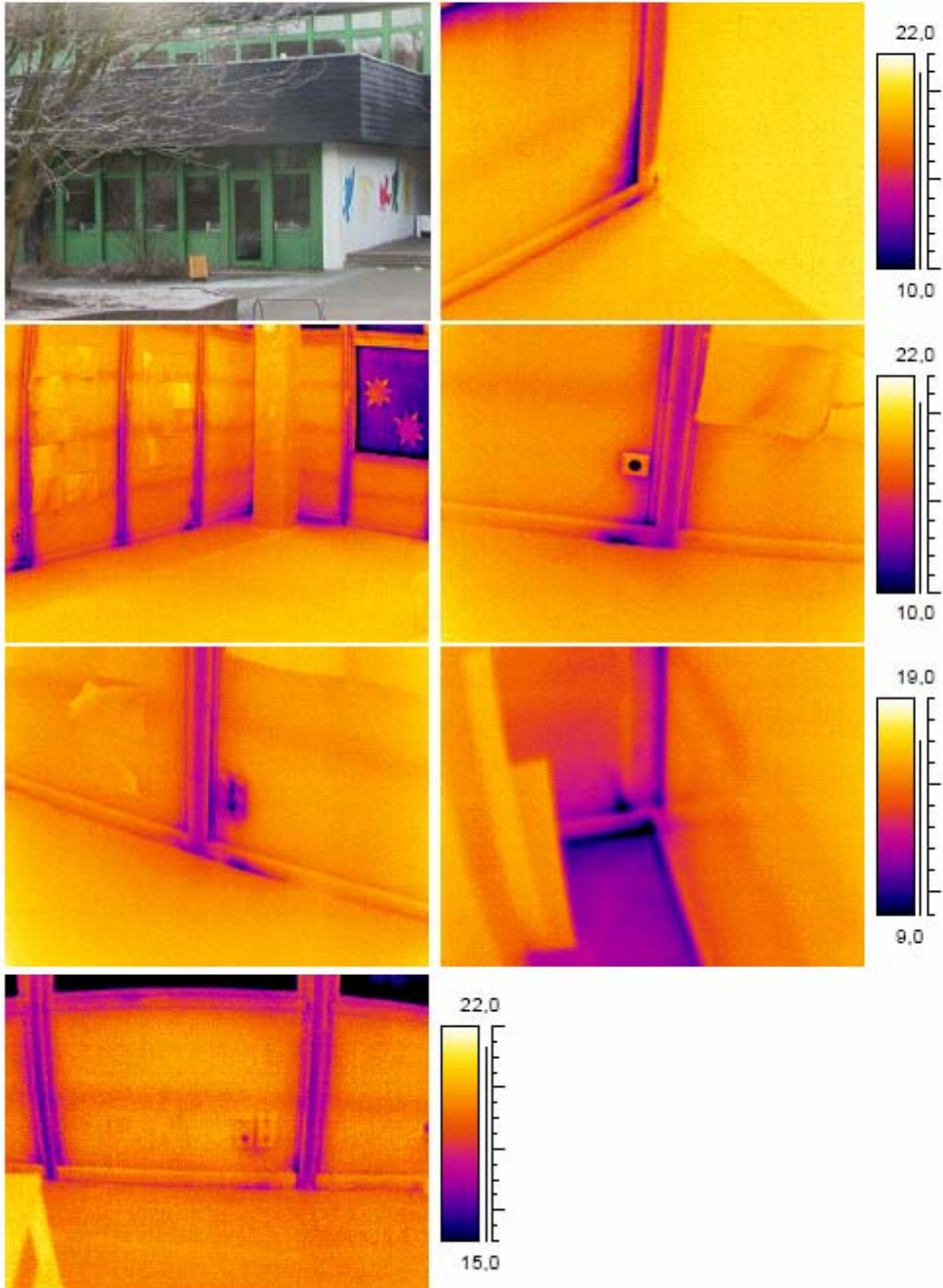


Abb. 20 Fugen zwischen Rahmen und Füllung

#### 4.4.6. Steckdosen

Deutliche Zugscheinungen gab es auch aus den Steckdosen in den Außenwänden (Abb. 21).

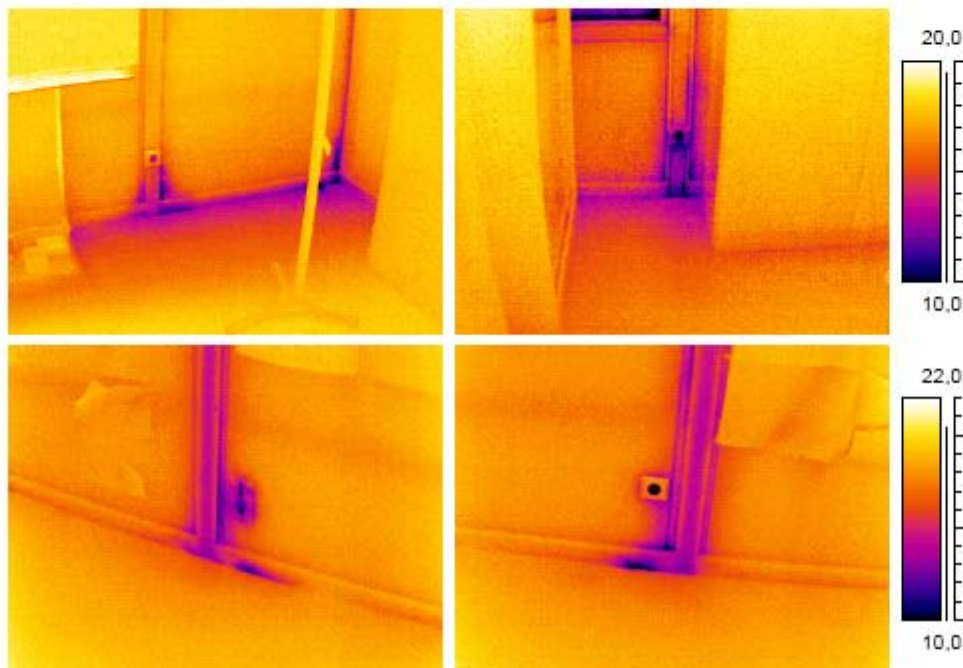


Abb. 21 Deutliche Zugscheinungen aus den Steckdosen

#### 4.5. Sonstige Leckagen

Im Raum der Physiksammlung war für eine Absaugung die Fensterscheibe geöffnet worden. In der Ecke fehlte ein 5 cm breiter Streifen der Fensterscheibe.

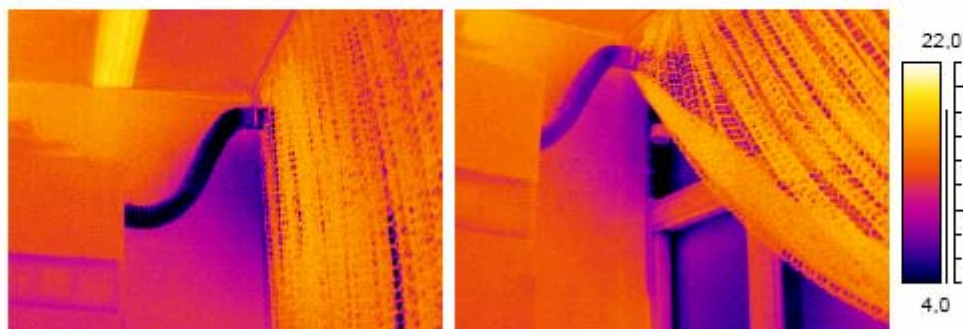


Abb. 22 Im Raum der Physiksammlung (Erdgeschoß Raum 014) wurde für die Abluft eines Chemikalienschrankes eine Fensterschiebe geöffnet.

#### 4.6. Heizung

Bis auf den Klassenraum 033 und die Küche (Raum 001) im Erdgeschoß werden alle Räume über die Warmluftheizung beheizt, wobei alle(?) Räume eine Einzelraumregelung besitzen.

Die Luftauslässe sitzen in der Decke in der Nähe der Außenwände. Bei dieser Anordnung waren keine Probleme zu beobachten: lediglich beim Eingang-West wurden Fensterflächen angeblasen (Abb. 23).

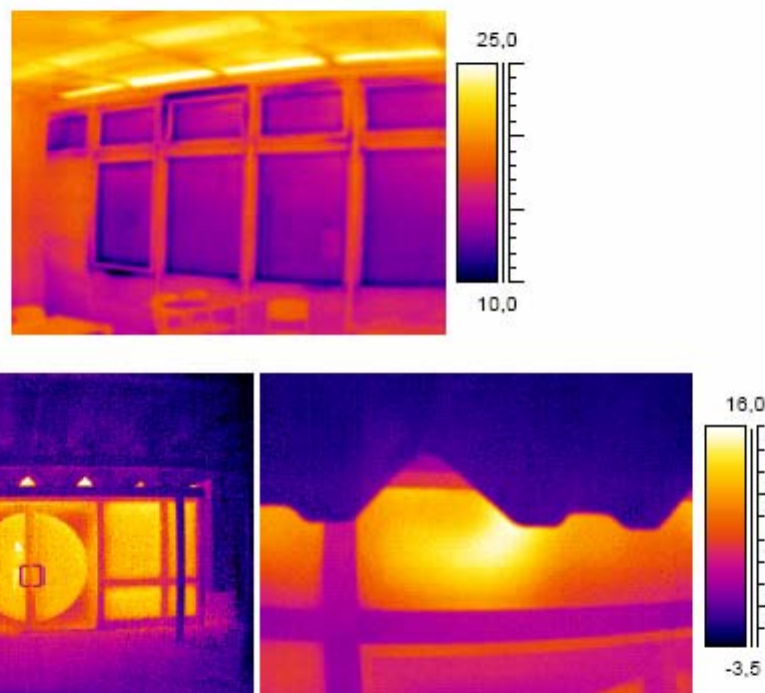


Abb. 23 Luftauslässe in der Nähe der Außenwände stellen kein Problem dar – Ausnahme Eingang-West, hier wird das Oberlicht direkt angeströmt

Die Lufttemperatur in den Fluren lag mit 19 bis 20°C deutlich über dem empfohlen Wert von 15°C. In den Klassenräumen wurden ebenfalls mit Werten von bis zu 22°C häufig zu hohe Temperaturen angetroffen. In der Vergangenheit wurden bei anderen Begehungen niedrigere Temperaturen (vor allem in den Fluren) beobachtet. Ob es sich bei den erhöhten Temperaturen um eine Folge des Aufheizvorgangs nach langer Abkühlphase handelt oder ob auch sonst Zustände mit erhöhten Raumtemperaturen auftreten, konnte mit der Thermografie nicht beantwortet werden.

#### 4.7. Dach

Über die Durchfeuchtung der Dämmung im Flachdach konnten aus der Thermografie keine Aussagen gewonnen werden, da auf den Dachflächen Kiesschüttungen oder Platten lagen und die Rohdecke von unten wegen der abgehängten Decke ohne weitere Maßnahmen nicht einsehbar war.

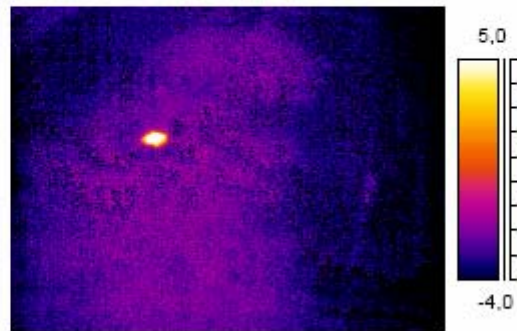


Abb. 25 Dachterrasse mit Kiesschüttung und Dachablauf.

#### 4.8. Sporthalle

Die Sporthalle, die zum Schulzentrum Liebenburg gehört, besitzt Wände aus Betonelementen, zum Teil mit Vorhangfassade. Hier waren offene Fugen zwischen den Elementen mit Austrittstemperaturen von 5°C zu beobachten (Abb. 26).

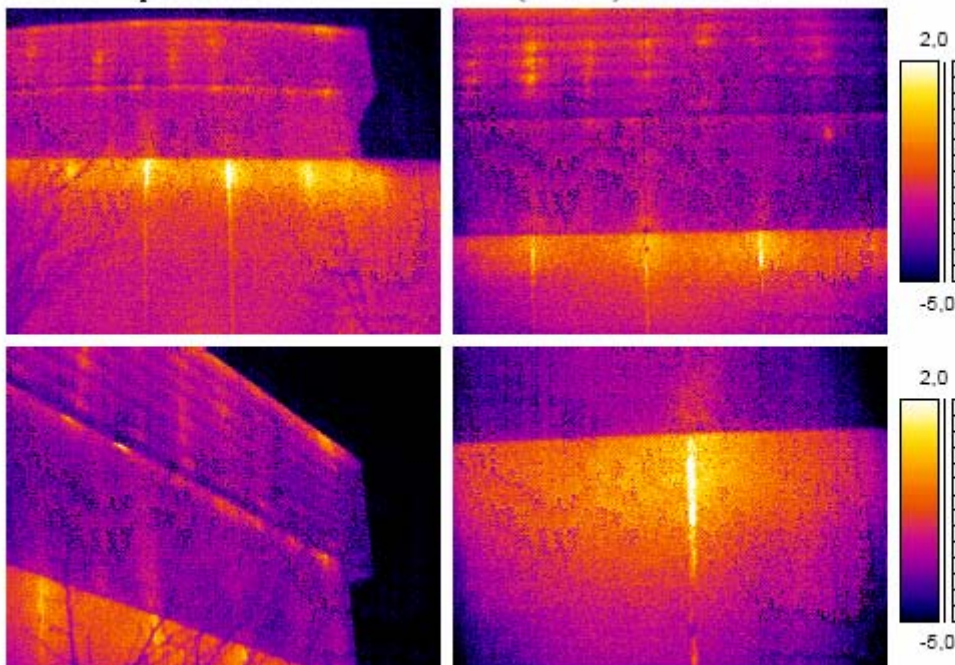
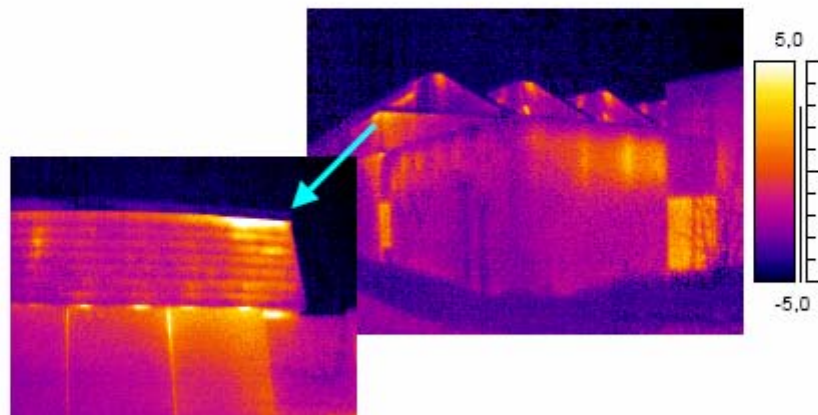


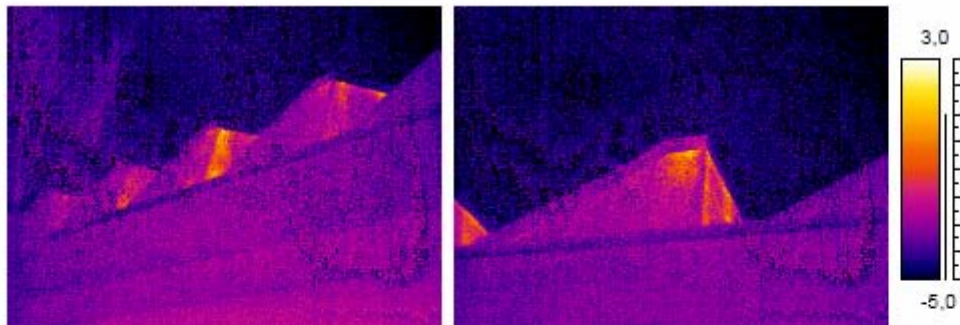
Abb. 26 Offene Fugen zwischen den Fassadenplatten der Sporthalle.

Ein besonders starker Luftaustritt lag an der Nordwest-Ecke vor (Abb. 27).



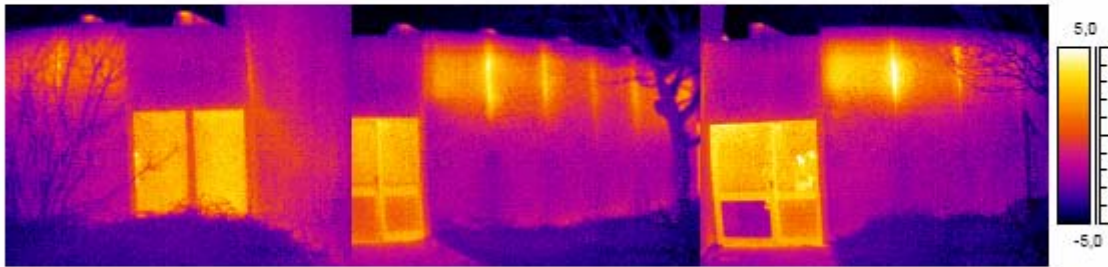
*Abb. 27 Luftaustritt an der Nordwest-Ecke der Sporthalle.*

Weitere Leckagen wurden an den Dachaufsätzen mit den Fenstern und RWAs gefunden (Abb. 28).



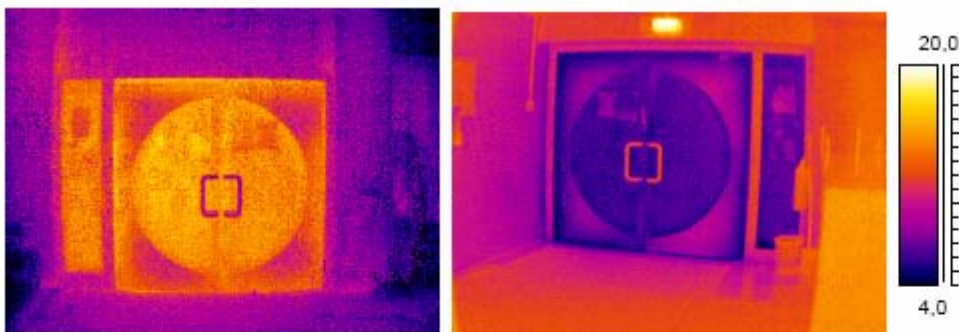
*Abb. 28 Luftaustritt an der Nordwest-Ecke der Sporthalle.*

Im Bereich der Zwischendecke über den Turnschuhgängen, in dem vermutlich die Lüftungskanäle verlaufen, gab es erhöhte Wandtemperaturen und Luftaustritte an den Fugen (Abb. 29).



*Abb. 29 Zwischendecke über den Turnschuhgängen auf der Westseite*

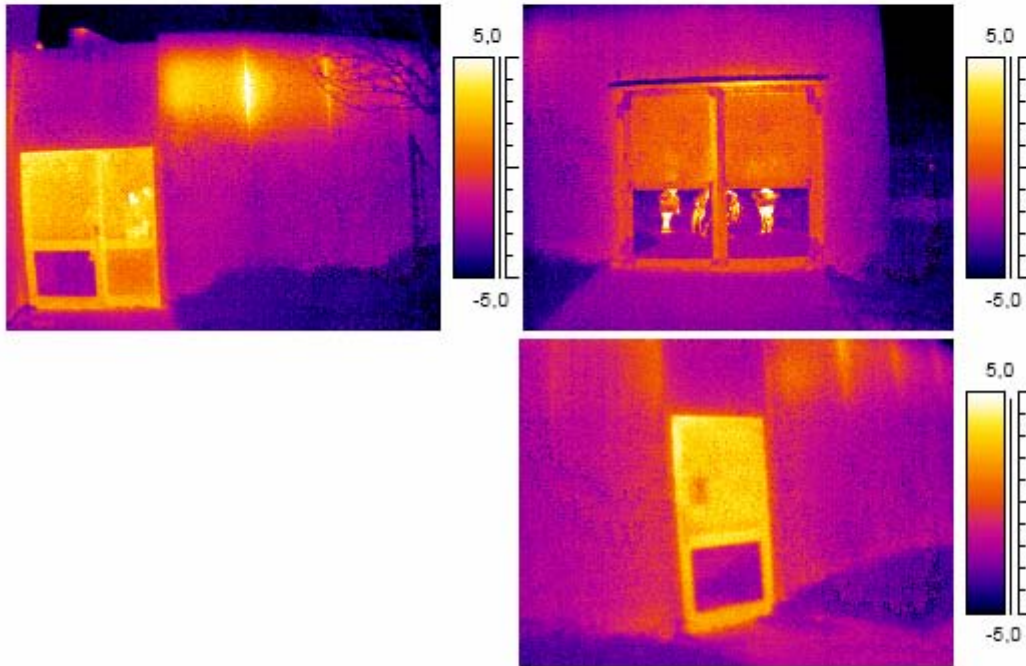
Bei den Haupteingängen sind die gleichen Türen wie bei den Eingängen des Schulgebäudes eingesetzt, d.h. Metallrahmen ohne thermische Trennung, Einfachverglasung (Abb. 30).



*Abb. 30 Haupteingang der Sporthalle.*



Die Nebeneingänge/Fluchttüren besitzen entweder einfache Stahltüren oder Stahltüren mit (Einfach-)Glasfüllungen. Bei einigen Türen wurden die unteren Türfüllungen durch Bleche oder Metallelemente ersetzt, über deren Wärmedämmeigenschaften wegen der glänzenden Oberfläche der Füllungen mit der Thermografie keine Aussage getroffen werden konnte. (Abb. 31).



*Abb. 31 Eingänge zum Turnschuhgang bzw. Geräteraum mit Metallfüllung unbekannter Qualität*



## 5. Bewertung

### 5.1. Undichtheiten/Heizung

Das Gebäude besitzt zahlreiche Leckagen an den Fenstern, Türen und an den Wandelementen. Es ist daher davon auszugehen, daß eine Luftwechselrate von weniger als  $1,5 \text{ h}^{-1}$  (bei einem BlowerDoor-Test mit 50 Pa Druckunterschied), wie sie die ENEC heute für Gebäude mit Lüftungsanlage vorsehen würde, nicht eingehalten wird. In einzelnen Räumen wird unter Umständen sogar das für Gebäude ohne Lüftungsanlage gültige Kriterium (Luftwechselrate  $< 3 \text{ h}^{-1}$ ) nicht eingehalten.

Eine gute Luftdichtheit wird bei Lüftungsanlagen nicht nur zur Verminderung von Energieverlusten, sondern auch wegen technischer Aspekte beim Betrieb dieser Anlagen gefordert. Eine hohe Leckrate hat bei einer Warmluftheizung zur Folge, daß die Temperatureinstellung in den Räumen und der Druckabgleich zwischen den einzelnen Räumen nahezu unmöglich wird.

Durch den Unterdruck, der sich zeitweise oder permanent in den Räumen einstellt, wird abhängig von der Außentemperatur und den Windbedingungen unterschiedlich viel Außenluft über die Leckagen angesaugt. Es ist fraglich, ob die Raumtemperaturfühler an den Innenwänden ausreichend empfindlich den Wärmeverlust durch schwankenden Außenlufteinfall ausgleichen können. Zumindest können Zugerscheinungen im Bereich der Fenster, die zu erhöhten Wärmeansprüchen führen, nicht ausreichend erfaßt werden.

In den Klassenräumen ist eine Luftwechselrate von 2 bis  $3 \text{ h}^{-1}$  einzuhalten, um eine Frischluftversorgung von  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  und Person sicherzustellen. Aus diesem Grund wird wahrscheinlich in den Klassenräumen in der Regel ein Fenster geöffnet werden, so daß hier Zugerscheinungen eher eine untergeordnete Rollen spielen dürften.

Kritischer sind die Leckagen in den Räumen der Verwaltung. Da diese Räume kleiner sind, wirken sich die undichten Fenster und Wandelemente viel stärker auf die Luftwechselrate des Raums aus. Außerdem sind nur Arbeitsplätze im Strömungsbereich der undichten Fassade möglich.

Beim Ortstermin war die Raumtemperatur vor allem in den Fluren zu hoch – bei anderen Begehungen waren die Temperaturen dagegen niedriger. Wenn es sich bei den erhöhten Temperaturen nicht um einen Effekt durch das Anfahren der Heizung nach längerer Abkühlphase (Regelschwankung) handelt, besteht der Verdacht, daß die Warmluftanlage nicht stabil läuft, sondern daß sich je nach Außenklima und Fensterlüftung unterschiedliche Temperaturverhältnisse im Gebäude einstellen. Die Frage, ob solche Effekte vorliegen, läßt sich nicht mit einzelnen Ortsterminen feststellen, sondern erfordert die Aufzeichnung des Raumklimas mit einem Datenlogger über einen längeren Zeitraum.

## 5.2. Dach

Der Einfluß von Feuchtigkeit in der Dämmung von Flachdächern wird häufig überschätzt, weil beim Wassergehalt des Dämmmaterials häufig mit Gewichtsprozenten gearbeitet wird, was wegen der geringen Dichte von Polystyrol oder Polyurethan zu dramatischen Werten führen kann, so können durchaus Wassergehalte von 500 Gew.% auftreten- in einen gut durchfeuchteten Dach kann der Dämmstoff durch Wasseraufnahme sein Gewicht versechsfachen.

Beispiel:

PU-Hartschaum Dichte  $30 \text{ kg/m}^3$ , Dicke 6 cm

Gewicht der Dämmung  $1,8 \text{ kg/m}^2$

Gewicht des Wassers bei 500 Gew%  $9,0 \text{ kg/m}^2$

Höhe der Wassersäule 9 mm

wegen der geringen Dichte entspricht dieser Wassergehalt jedoch nur 15 Vol%

Die Zunahme der Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe ist bekannt – sie beträgt nur etwa ein Zehntel der Zunahme bei Ziegel oder Beton (auf Vol% bezogen):

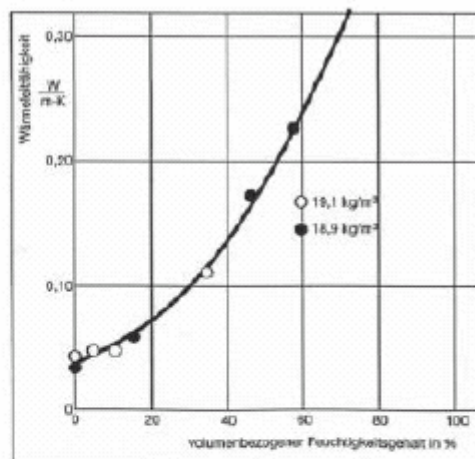


Abb. Anstieg der Wärmeleitfähigkeit von EPS mit dem Feuchtegehalt

Bei dem Dach des Schulgebäudes mit einer Betondecke (160 mm), einer PUR-Hartschaumdämmung (60 mm WL 040) und einer abgehängten Decke ergibt sich ein u-Wert von  $0,51 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Nimmt man eine Durchfeuchtung von 30 Vol% und damit einen Anstieg der Wärmeleitfähigkeit von  $0,040 \text{ W}/(\text{mK})$  auf  $0,10 \text{ W}/(\text{mK})$  an, so verschlechtert sich der u-Wert auf  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .



Bei der Bewertung, ob dieser Anstieg in den Wärmeverlusten die Sanierung des Dachs erforderlich macht, spielen neben dem Flächenumfang der Durchfeuchtung auch die Kosten der Dachsanierung und die tatsächlich möglichen Energieeinsparungen eine Rolle.

Bei Standardnutzung wären bei einer Dachsanierung Einsparungen von weniger als 8 m<sup>3</sup> Gas pro m<sup>2</sup> durchfeuchteter Dachfläche (u-Wert vorher 1,0 - nachher 0,2 W/m<sup>2</sup>K) und weniger als 3 m<sup>3</sup> Gas bei trockener Dachfläche auszugehen. Diese Einsparungen sind so gering, daß eine Dachsanierung nur aus Energiespargründen heraus unter den heutigen Rahmenbedingungen unwirtschaftlich ist. Die entscheidenden Parameter für die Dachsanierung müssen immer die Schadenshäufigkeit und die mit den Schäden verbundenen Kosten sein.

Bei einer Dachsanierung sollte geprüft werden, ob auf den Abriss der alten Dämmschicht verzichtet und nur eine zusätzliche Dämmschicht und Abdichtung auf den alten Dachaufbau aufgebracht werden kann. Dadurch könnten Kosten für den Abriss und die Entsorgung des Altmaterials gespart werden.

### *5.3. Sporthalle*

Bei der Sporthalle gibt es Wärmeverluste aus der Zwischendecke über dem Turnschuhgang, die im Zusammenhang mit der Warmluftheizung stehen. Hier wäre eine weitergehende Untersuchung erforderlich, um zu klären, ob an dieser Stelle wirtschaftlich sinnvolle Verbesserungen möglich sind.

Ob die Andichtung der anderen offene Fugen zwischen den Betonplatten sinnvoll ist, hängt auch davon ab, wie oft die Sporthalle genutzt und beheizt wird.



## 6. Maßnahmen

Folgende Maßnahmen sollten durchgeführt werden:

- Prüfung und Instandsetzen der Fenster  
Austausch der Dichtungen  
Nachstellen der Beschläge  
Abdichten der Fensterbänke in den Räumen (EG 015-016-017)  
ggf. Stilllegen einiger Dreh- und Kippflügel, wenn zuviele Lüftungsöffnungen vorhanden sind  
Überprüfen der Sicherheitsaspekte – Absturzgefahr aus Fenstern im OG
- Austausch der Einfach-Verglasungen bei den Fluchttüren, Überprüfung, ob das technisch machbar und wirtschaftlich sinnvoll ist
- Abdichten der Wandelemente (Leckage ggf. mit der Hand ertasten)  
Fuge zwischen Wandelementen und den Betonwänden im EG mit (Acryl abspritzen)  
Fuge zum Fußboden – Stellen, an denen eine Lücke im Fußbodenbelag ist (z.B. Fußleiste aus flexiblen Kunststoff vorkleben)  
Fugen zwischen den Ständern in den Ecken mit Acryl abspritzen  
Fugen zwischen Ständern und dem unteren Elementrahmen mit Acryl abspritzen (bei allen)  
Fuge zwischen Rahmen und Füllung mit Acryl abspritzen – insbesondere im Raum 033 im Erdgeschoß (in diesem Raum auch außen)  
Steckdose durch Kindersicherung oder durch Ersatz der Steckdosen durch dichte Wanddosen.  
Überprüfen der Konstruktion oberhalb der Wandelemente und ggf. Halteschienen von außen dämmen und abdichten
- Prüfung des Heizungsbetriebs durch Aufzeichnung von Raumtemperaturwerten mit einem Datenlogger – in den Räumen anfangen, in denen es Beschwerden der Nutzer gab.
- Erstellen einer Statistik für die Dachreparaturen:  
wann, welche Kosten für Dachdecker und Beseitigung der Wasserschäden, an welchen Stellen traten Schäden auf?  
Entscheidung, wann eine Sanierung oder Teilsanierung des Dachs wirtschaftlich wird.
- Prüfung der Warmluftheizung in der Sporthalle (Zwischendecke über Turnschuhgang) und ggf. zusätzliche Dämmung oder Abdichtungen
- Kleinere Maßnahmen  
Betrieb des Chemikalienschrank, ordnungsgemäße Entlüftung  
Umbau der Lüftauslässe am Eingang West

### 5.3.3 Werner-von-Siemens-Gymnasium Bad Harzburg



Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel

Institut für energieoptimierte Systeme  
Labor für Klimatechnik

## Untersuchungsbericht

Thermographische Untersuchung der  
Liegenschaft:

Werner-von-Siemens-Gymnasium  
Herzog-Wilhelm-Straße 25  
38667 Bad Harzburg

Wolfenbüttel, im April 2009



---

## Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	3
1.1	Durchführung der Untersuchungen	3
2	Beurteilung der thermographischen Aufnahmen	5
2.1	Hauptgebäude	5
2.2	Fachtrakt	9
2.3	Alte Sporthalle	11
2.4	Neue Sporthalle	12
3	Thermographische Darstellungen	14
3.1	Hauptgebäude, Vorderansicht	14
3.2	Hauptgebäude, Seitenansicht von Nord-Westen	17
3.3	Hauptgebäude, Rückansicht	20
3.4	Hauptgebäude, Süd-Ost-Fassade	26
3.5	Fachtrakt	34
3.5.1	Nord-Ost-Fassade	34
3.5.2	Seitenansicht von Süd-Osten	39
3.5.3	Seitenansicht von Nord-Westen	43
3.5.4	Lüftungstruhen	44
3.6	Alte Sporthalle und Kesselhaus	45
3.7	Neue Sporthalle	49
3.8	Dächer	62



## 1 Vorbemerkungen

Durch die Messung mit einer Infrarot-Thermographie-Kamera sollen die Gebäude des Werner-von-Siemens-Gymnasiums in 38667 Bad Harzburg, Herzog-Wilhelm-Straße 25 auf thermische Anomalien und Wärmebrücken untersucht werden.

Während der Messung werden Bilder von der gesamten Außenfassade und Teilen des Innenbereiches aufgenommen und ausgewertet.

Tag der Messungen: Mittwoch, 18. Februar 2009, ab ca. 17.30 Uhr

Luftzustand zu Beginn der Messungen: -3°C, 67%, 523 ppm CO<sub>2</sub>

### 1.1 Durchführung der Untersuchungen

Bei der durchzuführenden Untersuchung handelt es sich um die Abbildung der Oberflächentemperaturen von großflächigen Objekten (Gebäudefassaden, Fenster, Innenwände etc.) mittels Infrarot-Kamera, um festzustellen, ob sog. thermische Anomalien vorhanden sind. Hierzu wird das entsprechende Objekt zuerst aus größerer Entfernung aufgenommen. Sollten thermische Auffälligkeiten (z.B. Wärmebrücken) vorhanden sein, so wird, soweit das Objekt zugänglich ist, eine Detailaufnahme des entsprechenden Bereiches angefertigt.

Aus den vorliegenden thermographischen Darstellungen kann keine exakte Temperaturmessung abgeleitet werden. Eine exakte Temperaturmessung wäre nur aus geringem Abstand auf einer senkrecht angemessenen Fläche unter genauer Kenntnis der Oberflächenbeschaffenheit (Absorptions- und Emissionskoeffizienten des Materials) möglich. Eine solche Messung wäre im vorliegenden Fall aufgrund der Zugänglichkeit der Flächen und der Größe der Liegenschaft nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich, daher beschränkt sich diese Untersuchung auf das Aufzeigen von für die Gebäudethermographie relevante Temperaturunterschiede, die auf Wärmebrücken, fehlerhaft ausgeführte Dämmung u.a. hindeuten können.

Die thermographische Untersuchung kann durch eine zerstörungsfreie Messung von Oberflächentemperaturen Hinweise auf thermische Defekte der Gebäudehülle geben. Sie kann damit den Anstoß geben für weiterführende Untersuchungen des dahinter liegenden Wandaufbaus, diese aber nicht ersetzen.





#### Eingesetztes Messgerät:

Inframetrics Thermacam PM250E mit 16° Standard-Objektiv

Durch einen direkt an der Infrarot-Kamera installierten 3-Zoll-LCD-Monitor kann das aktuelle Wärmebild sofort für alle umstehenden Personen sichtbar gemacht werden. Zusätzlich wird das Bild digital gespeichert und kann zur Auswertung herangezogen werden. Parallel zu den Wärmebildern werden Fotos der thermographierten Bereiche aufgenommen.

Die aufgezeichneten Wärmebilder werden mit der Software Thermonitor® Lite 95 for Windows V1.5 bearbeitet und für die Dokumentation aufbereitet.



## 2 Beurteilung der thermographischen Aufnahmen

Die thermographischen Aufnahmen sind vollständig in Kapitel 3 aufgeführt und möglichst so übereinander und nebeneinander angeordnet, dass sich ein zusammenhängendes Bild ergibt. Zur besseren Orientierung sind die Fotos der untersuchten Fassaden-Bereiche daneben oder auf der vorher gehenden Seite dargestellt. Im Folgenden sind die Aufnahmen herausgestellt und kommentiert, bei denen thermische Auffälligkeiten zu erkennen sind. Bei Vergleich der Aufnahmen sind die unterschiedlichen Messbereiche und Farbskalen (linke Bildseite) zu beachten.

### 2.1 Hauptgebäude

Die thermographischen Aufnahmen in Bild 2.1.1 zeigen die Vorderansicht des Hauptgebäudes. Hier zeichnet sich deutlich der Temperaturunterschied zwischen der gedämmten Fassade und dem ungedämmten Sockelbereich (Erdgeschoss) ab, in dem sich mittig angeordnet der Eingang befindet. Rechts neben dem Eingang ist ein erwärmter Bereich zu erkennen, der auf eine Wärmebrücke zu dem dahinter liegenden Raum hindeutet. Eine Begehung des Raumes ergab in diesem Wandbereich leichte Unregelmäßigkeiten im Putz.

Außerdem erscheint der rechteckige Aufsatz auf dem Dach wärmer als der Rest des Daches (weitere Ansichten hierzu von der Rückseite des Gebäudes in Kap. 3.3).

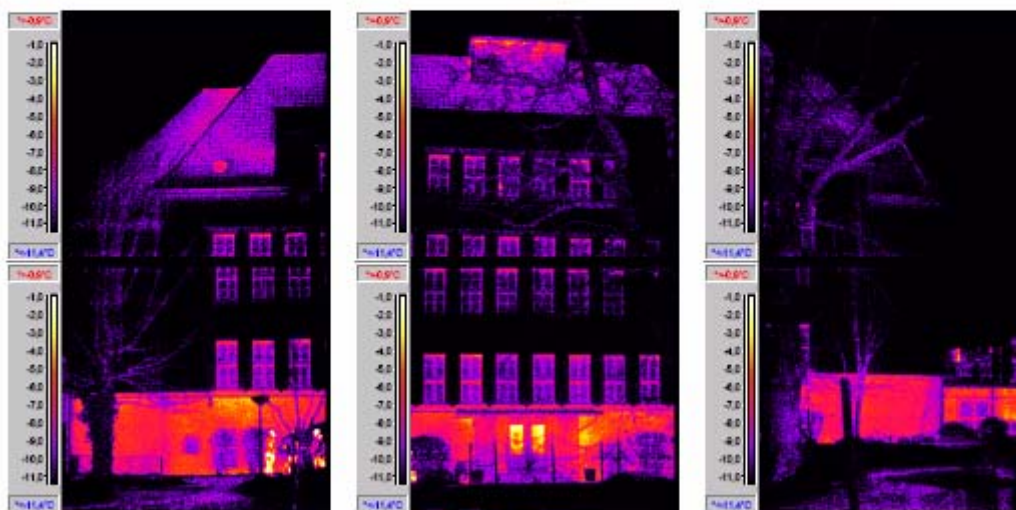


Bild 2.1.1: Vorderansicht Hauptgebäude, Ansicht aus Süd-West



Bild 2.1.2 zeigt in einer Detailansicht der beschriebenen Fassade die oberste Fensterreihe des Gebäudes. Hier ist links neben dem äußerst linken Fenster eine leichte Unregelmäßigkeit im Putz der Fassade (weißer Kreis) zu erkennen.



Bild 2.1.2: Detailansicht Fassade Hauptgebäude

Bild 2.1.3 zeigt die nach Süd-Osten gerichtete Fassade des L-förmigen Hauptgebäudes. Hier zeichnen sich deutliche Wärmebrücken (Fensterstürze, Geschosdecken, Mauerwerk) im gesamten Bereich der Fassade ab. Vergleicht man die hier eingesetzten Fenster mit den Fenstern aus Bild 2.1.1, so erscheinen sie deutlich wärmer, was auf einen schlechteren U-Wert hindeutet. Weitere Bilder aus anderen Perspektiven sind Kapitel 3.4 zu entnehmen.

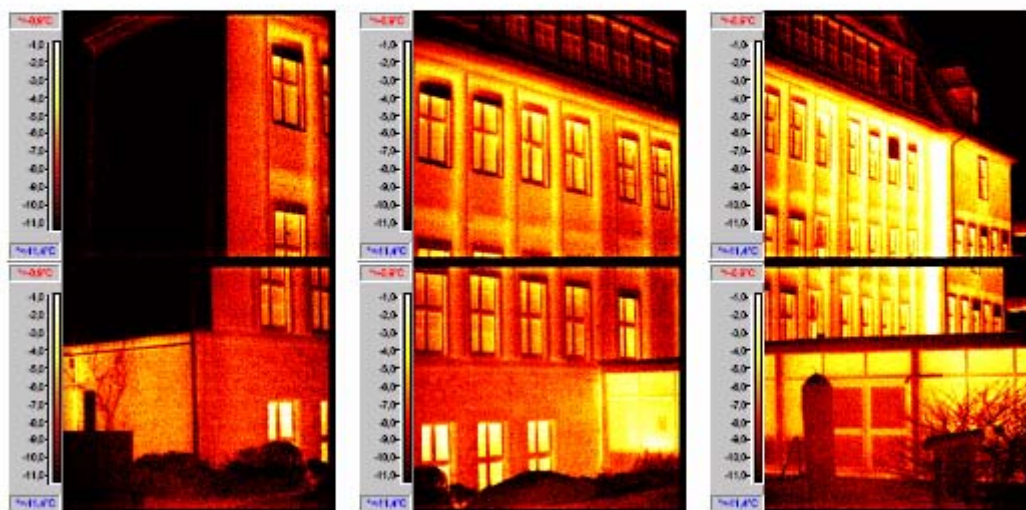


Bild 2.1.3: Hauptgebäude, Süd-Ost-Fassade mit Glasgang



Bild 2.1.4 zeigt den rückwärtigen Eingang des Gebäudeteils aus Bild 2.1.3. Zu erkennen sind die Fensterstürze in der nicht gedämmten Fassade. Die Wärmeentwicklung im Eingangsbereich deutet auf einen schlechten U-Wert der Verglasung hin. Gleiches gilt für den Eingang in den Flachbau (Bild 2.1.5).



Bild 2.1.4: Rückwärtiger Eingang in das Hauptgebäude, Ansicht von Nord-Westen

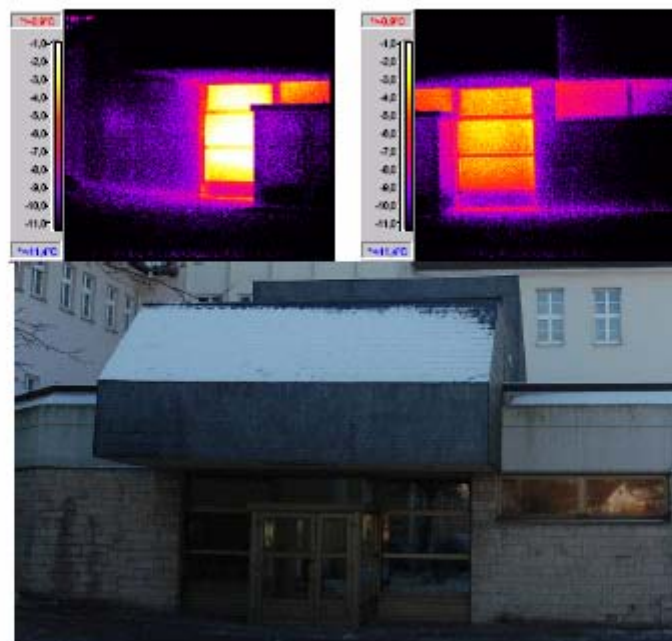


Bild 2.1.5: Hauptgebäude Rückseite, Eingang Flachbau



Auch in Bild 2.1.6 ist der Unterschied zwischen gedämmter und ungedämmter Fassade und den zugehörigen Fenstern zu erkennen. Außerdem deutet die erhöhte Temperatur der Fensterfront im Flachbau (im Bild links) auf sehr starke Beheizung oder schlechte U-Werte der Fenster hin.

Der mit einem weißen Kreis markierte Bereich aus Bild 2.1.6 ist in Bild 2.1.7 noch einmal detailliert dargestellt. Ursache ist die Wärmeentwicklung im darunter liegenden Technikraum.

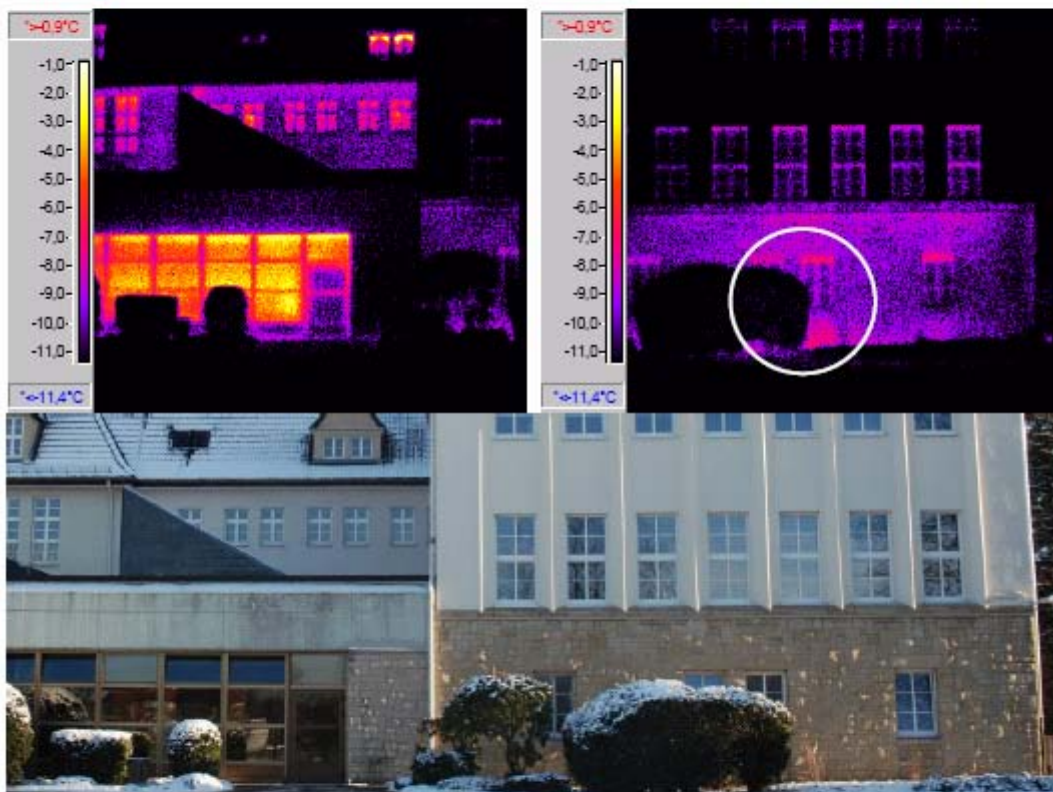


Bild 2.1.6: Hauptgebäude mit Flachbau, Ansicht von Nord-Westen

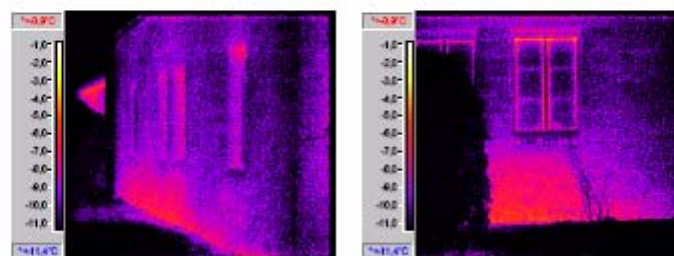


Bild 2.1.7: Detailansicht, Wärmeleitung aus einem Technikraum



## 2.2 Fachtrakt

Die Bilder 2.2.1 und 2.2.2 zeigen die Nord-Ost-Fassade des Fachtraktes als Ansicht vom Parkplatz. Die unterschiedlichen Temperaturen im Bereich der Fassade und der Fenster deuten auf eine unterschiedliche Beheizung der einzelnen Unterrichtsräume hin. Die teilweise niedrigeren Temperaturen in der Fassadenfläche unterhalb einiger Fenster (z.B. weißes Oval) haben ihre Ursache in den Lüftungstruhen, die auch in Bild 2.2.3 dargestellt sind. Hier besteht durch offene Lüftungsgitter eine Verbindung zwischen Raum- und Außenluft, wodurch sich die Wand abkühlt. Gleichzeitig sorgt der Kaltlufteneinfall, der auch mehrere Meter entfernt von einer Lüftungstruhe im Raum noch spürbar ist und auch mit der Thermographie-Kamera nachgewiesen werden kann, für erhebliche Zugerscheinungen. Die Lüftungsgitter sollten bei still gelegten Lüftungstruhen verschlossen und abgedichtet werden, wenn sicher gestellt ist, dass die im Raum betriebenen Digestorien ihren Luftbedarf anderweitig decken können.

Der sehr warme Punkt, der in beiden Bildern zu sehen ist, kennzeichnet die Abluftöffnung vermutlich ein Säureschranks im Chemie-Vorbereitungsraum.

Die Süd-West-Fassade des Fachtraktes wurde ebenfalls mit der Thermographie-Kamera untersucht. Aufgrund der räumlich sehr beengten Verhältnisse auf dieser Seite des Gebäudes ließ sich allerdings kein zusammenhängendes Bild erstellen. Auf eine entsprechende Darstellung wird deshalb verzichtet. Die Ausführungen für die Nord-Ost-Fassade gelten aufgrund identischer Bauweise aber auch für diese Fassade. Weitere Auffälligkeiten ergaben sich hier nicht.

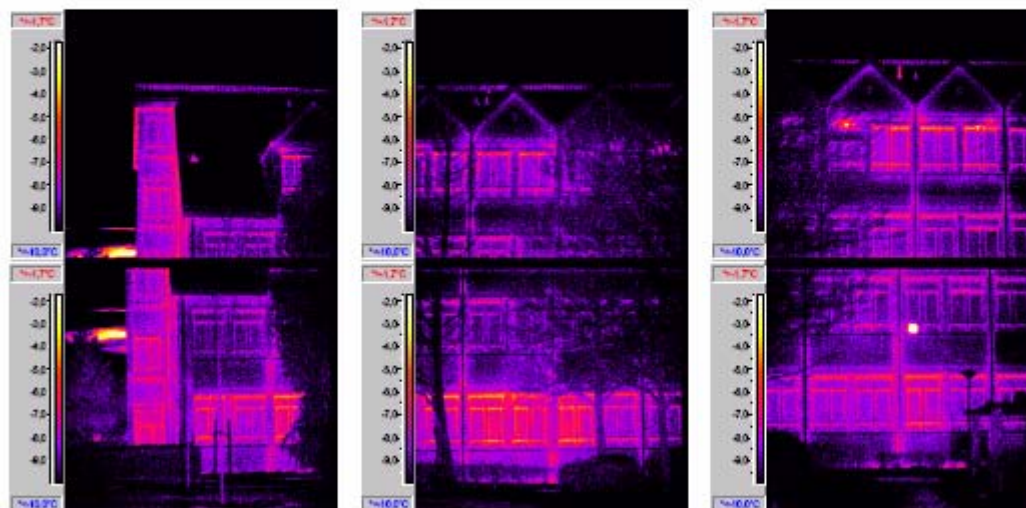


Bild 2.2.1: Fachtrakt, Ansicht vom Parkplatz

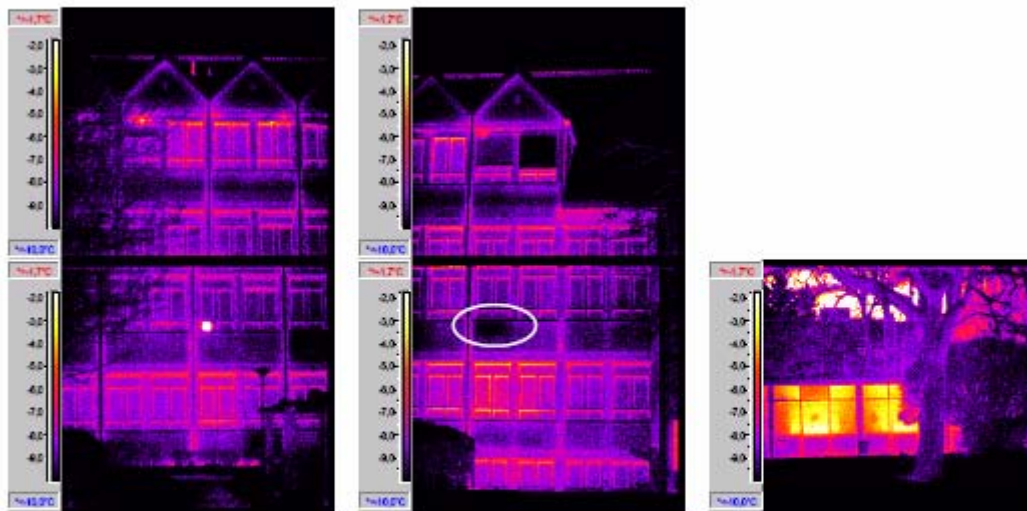


Bild 2.2.2: Fachtrakt mit Glasverbindungsgang zum Hauptgebäude

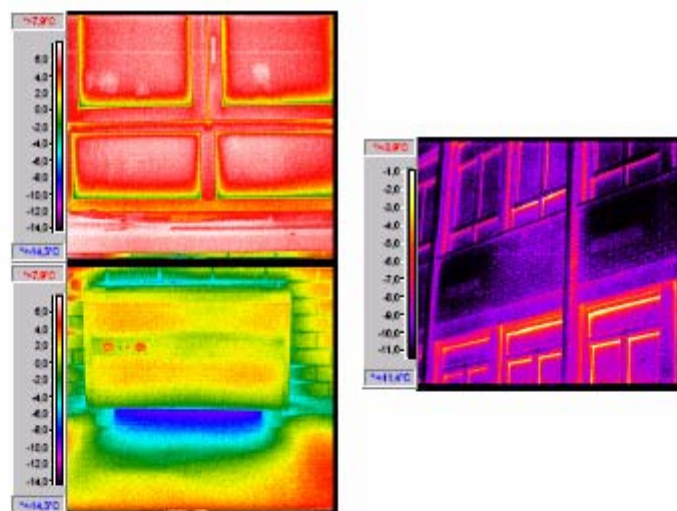


Bild 2.2.3: Lüftungstrühen in den Unterrichtsräumen,  
Innen- und Außenansicht

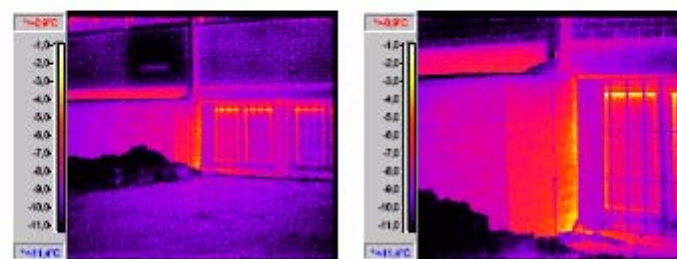


Bild 2.2.4: Wärmebrücke im Sockelbereich Fachtrakt,  
Ansicht vom Pausenhof



### 2.3 Alte Sporthalle

Verglasung und Außenwände der alten Sporthalle und des Kesselhauses erscheinen auf dem gleichen Temperaturniveau wie Teile der Fassade des Hauptgebäudes (s. Kap. 2.1, Bild 2.1.4 und Bild 2.1.6). Deutlich zu erkennen ist die noch höhere Temperatur im Bereich der Kipp-Fenster (weißes Oval in Bild 2.3.3).

Bild 2.3.3 erlaubt außerdem den direkten Vergleich zwischen den Oberflächentemperaturen der Fenster und Außenwände von alter und neuer Sporthalle.

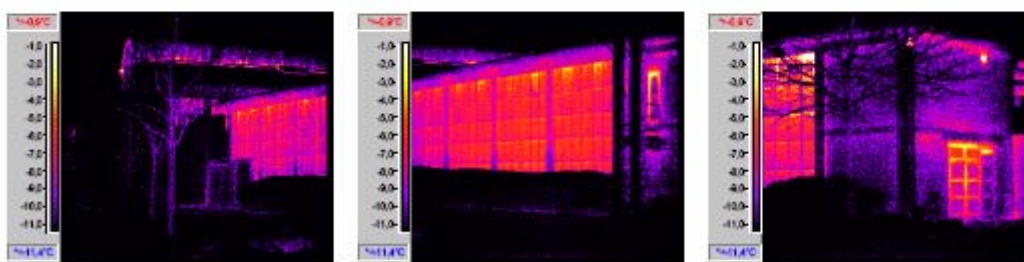


Bild 2.3.1: Alte Sporthalle und Kesselhaus, Ansicht von Nord-Westen

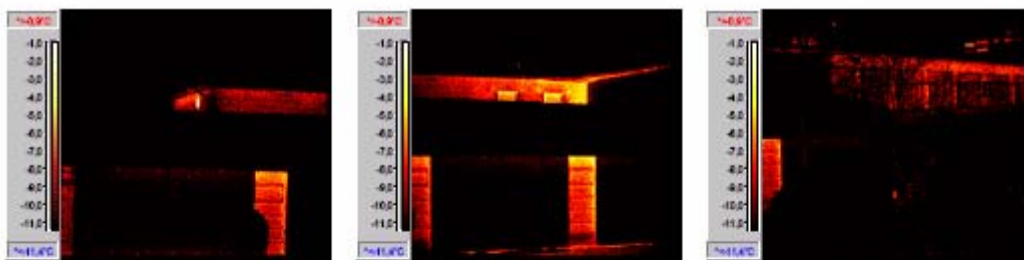


Bild 2.3.2: Alte Sporthalle und Kesselhaus, Ansicht von Süd-Osten



Bild 2.3.3: Detailansicht, erhöhte Temperatur an Kipp-Fenstern der alten Sporthalle





## 2.4 Neue Sporthalle

Bild 2.4.1 zeigt den Eingangsbereich der Sporthalle, in dem sich die Umkleideräume befinden. Auffällig erscheint der Oberflächentemperaturverlauf der Wand (Bild 2.4.2) unter dem Dachvorbau. In dem dahinter liegenden Umkleideraum sind die Heizkörper an der Außenwand auf der Höhe angebracht, in der die erhöhten Oberflächentemperaturen erscheinen. Allerdings kann hier auch ein Einfluss der außen in die Decke eingelassenen Beleuchtungskörper nicht ausgeschlossen werden.

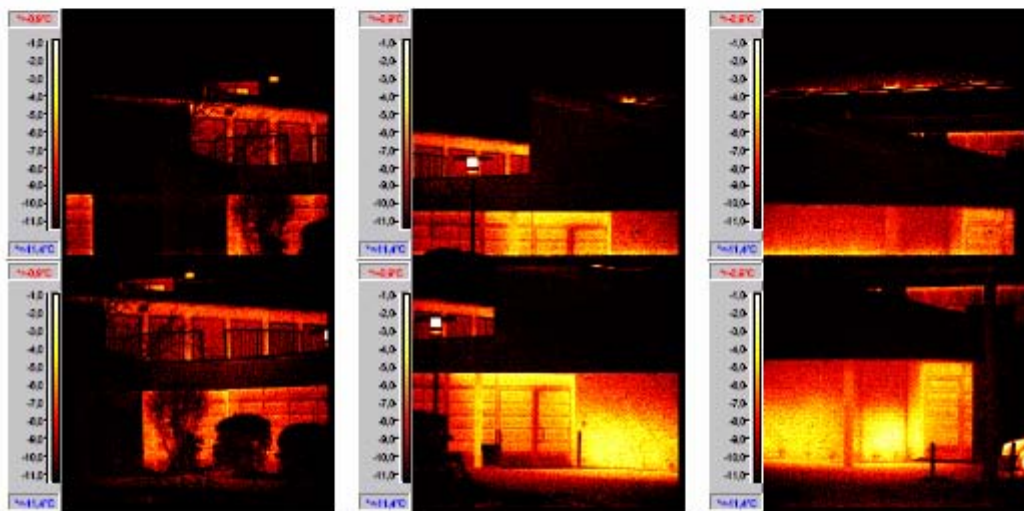


Bild 2.4.1: Umkleideräume neue Sporthalle; alte Sporthalle im Hintergrund links

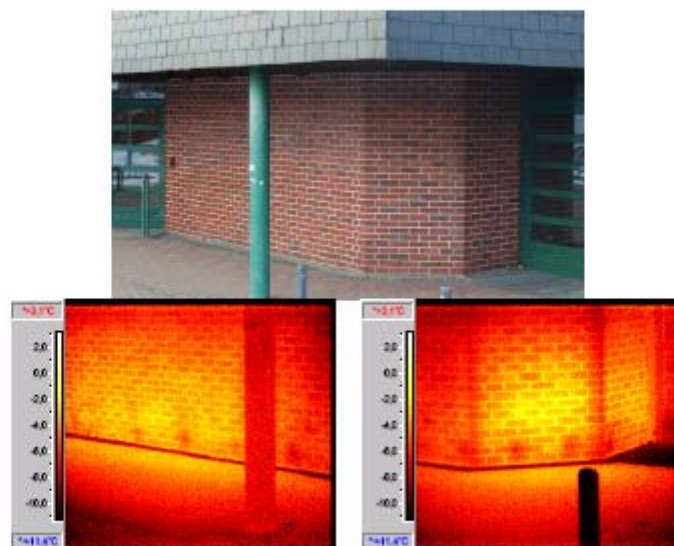


Bild 2.4.2: Detailaufnahme Umkleideräume



Die Außenwände und Fenster der Sporthalle erscheinen unauffällig (Kap. 3.7). In Bild 2.4.3 sind allerdings im Bereich der Bodenplatte der auf der Rückseite angebauten Gerätehäuser im Vergleich zum Rest der Fassade höhere Temperaturen zu erkennen. In diesem Bild sind die unterschiedlichen Messbereiche der einzelnen thermographischen Aufnahmen zu beachten.

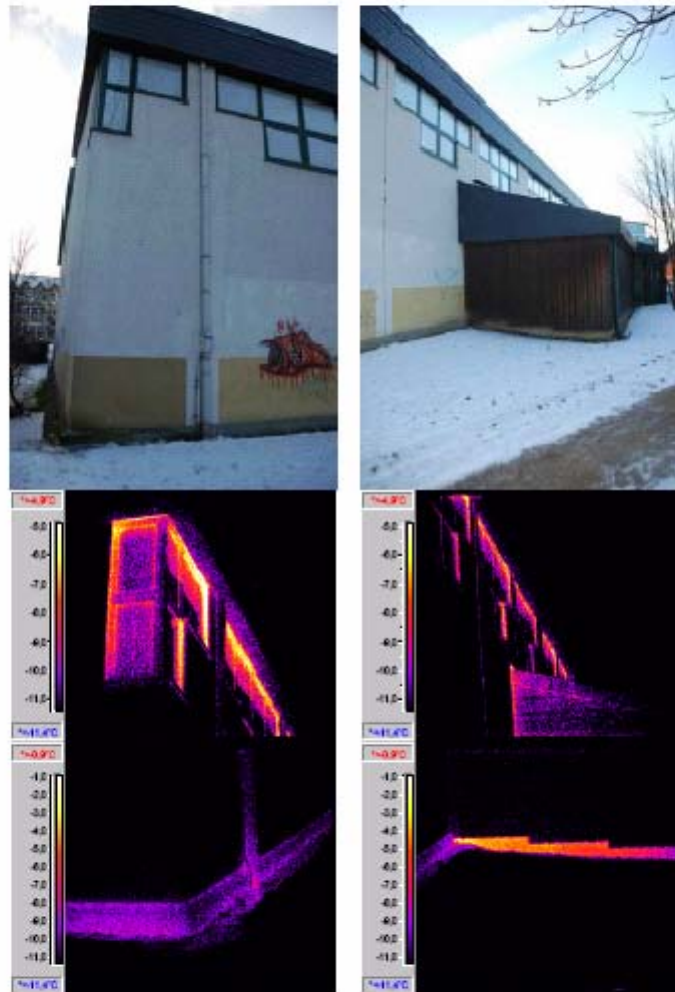


Bild 2.4.3: Bodenplatte Sporthalle und Geräteräume

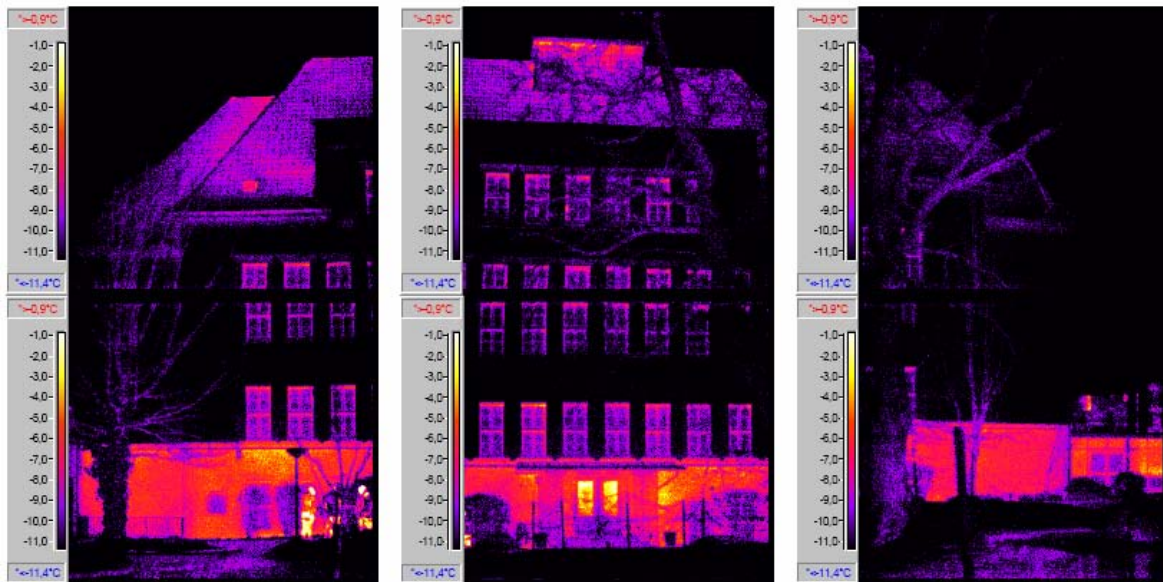


### 3 Thermographische Darstellungen

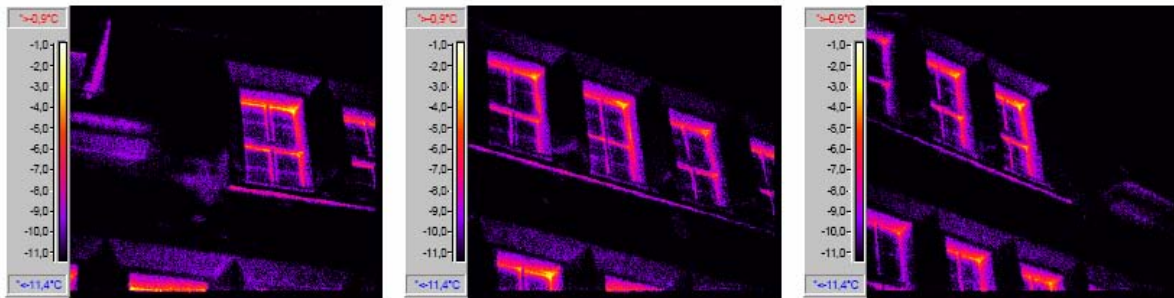
#### 3.1 Hauptgebäude, Vorderansicht



Bericht komprimiert.doc



Bericht komprimiert.doc

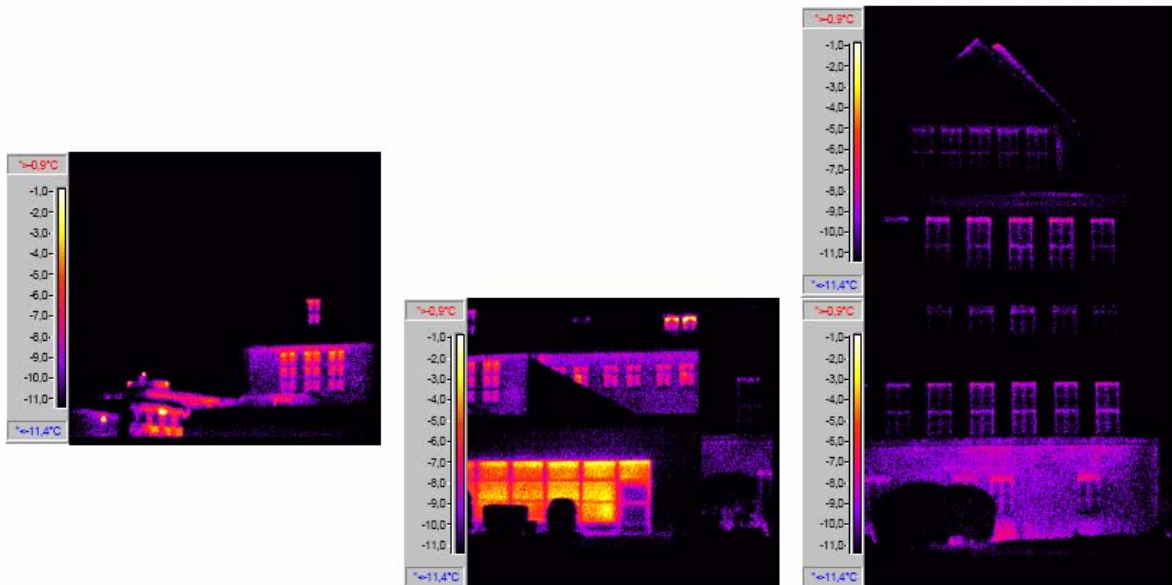




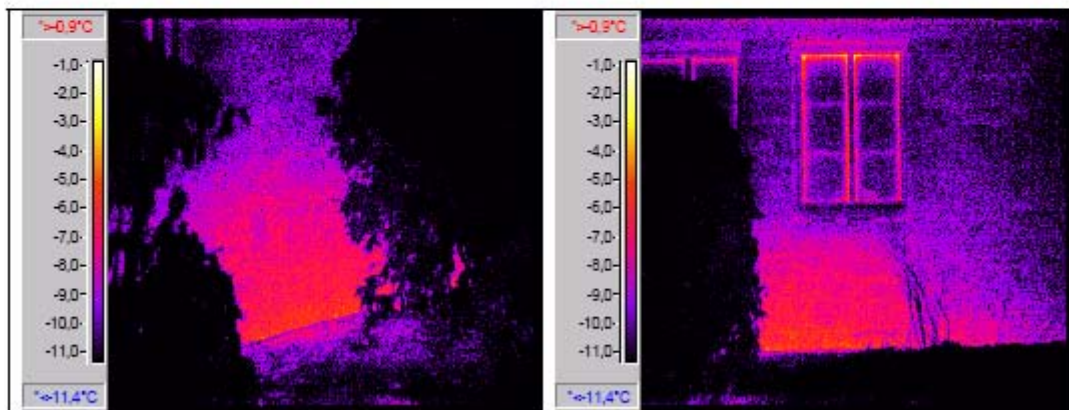
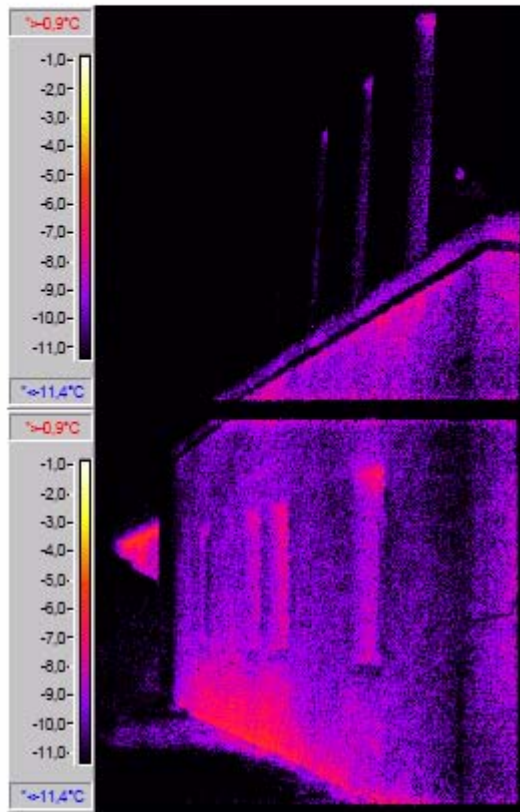
3.2 Hauptgebäude, Seitenansicht von Nord-Westen



Bericht komprimiert.doc

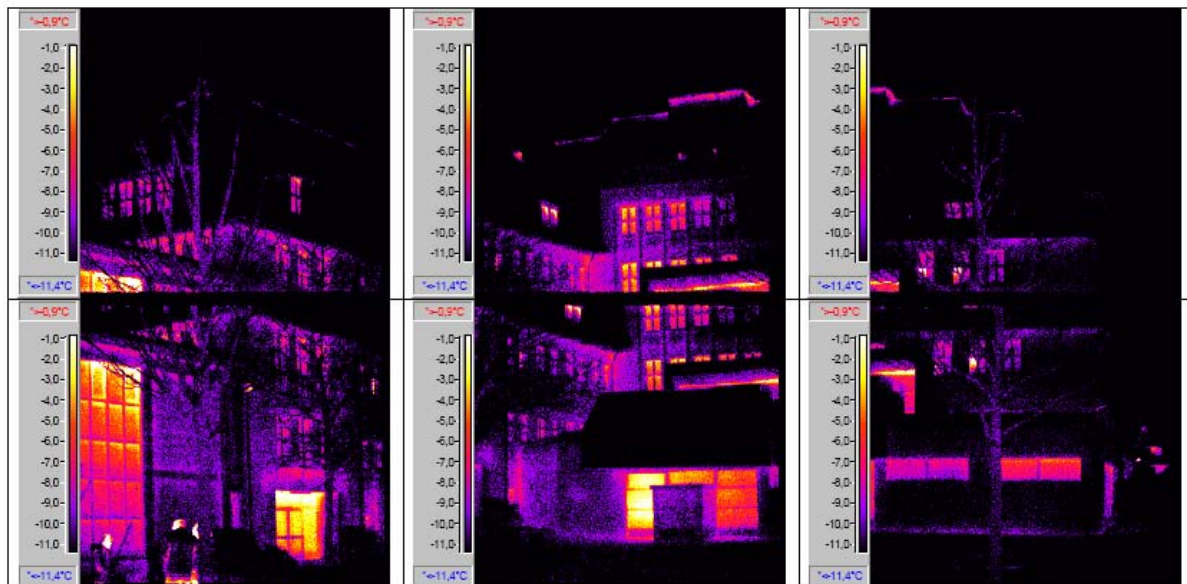


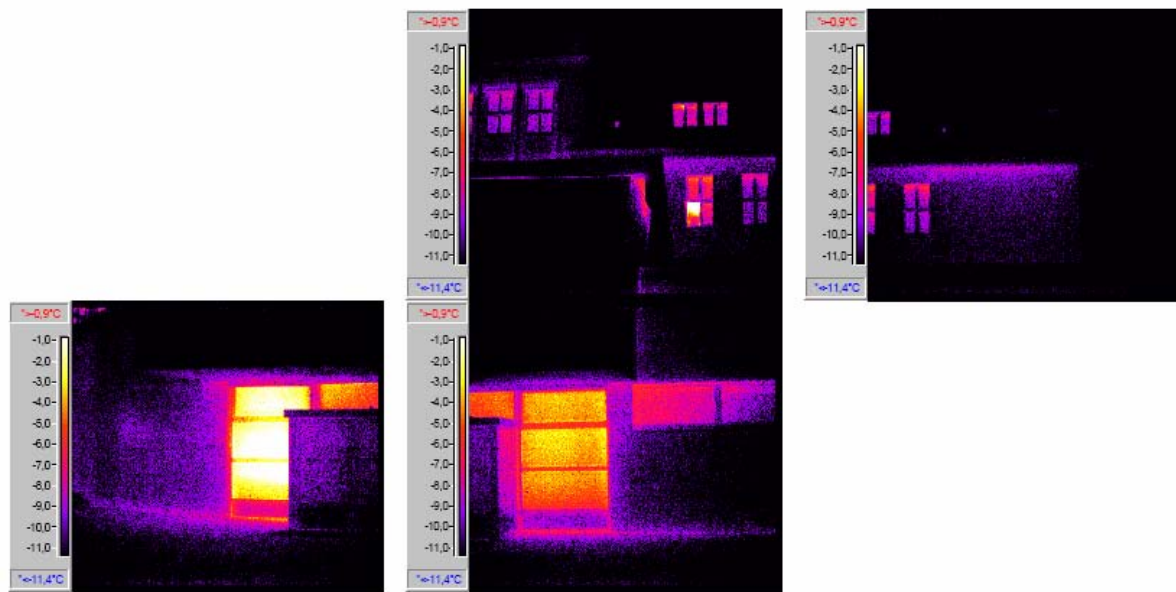
Bericht komprimiert.doc



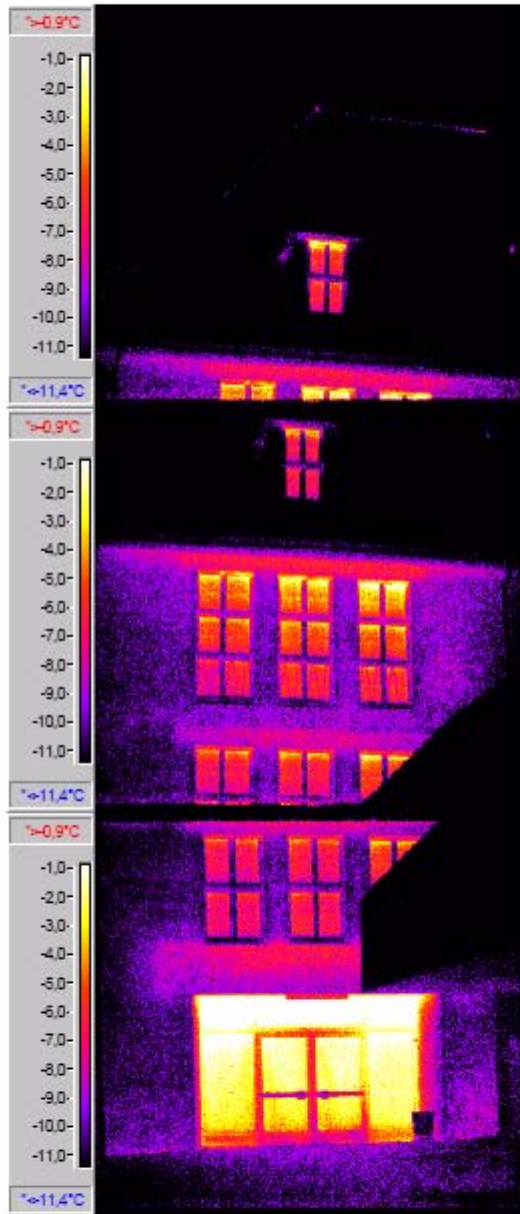


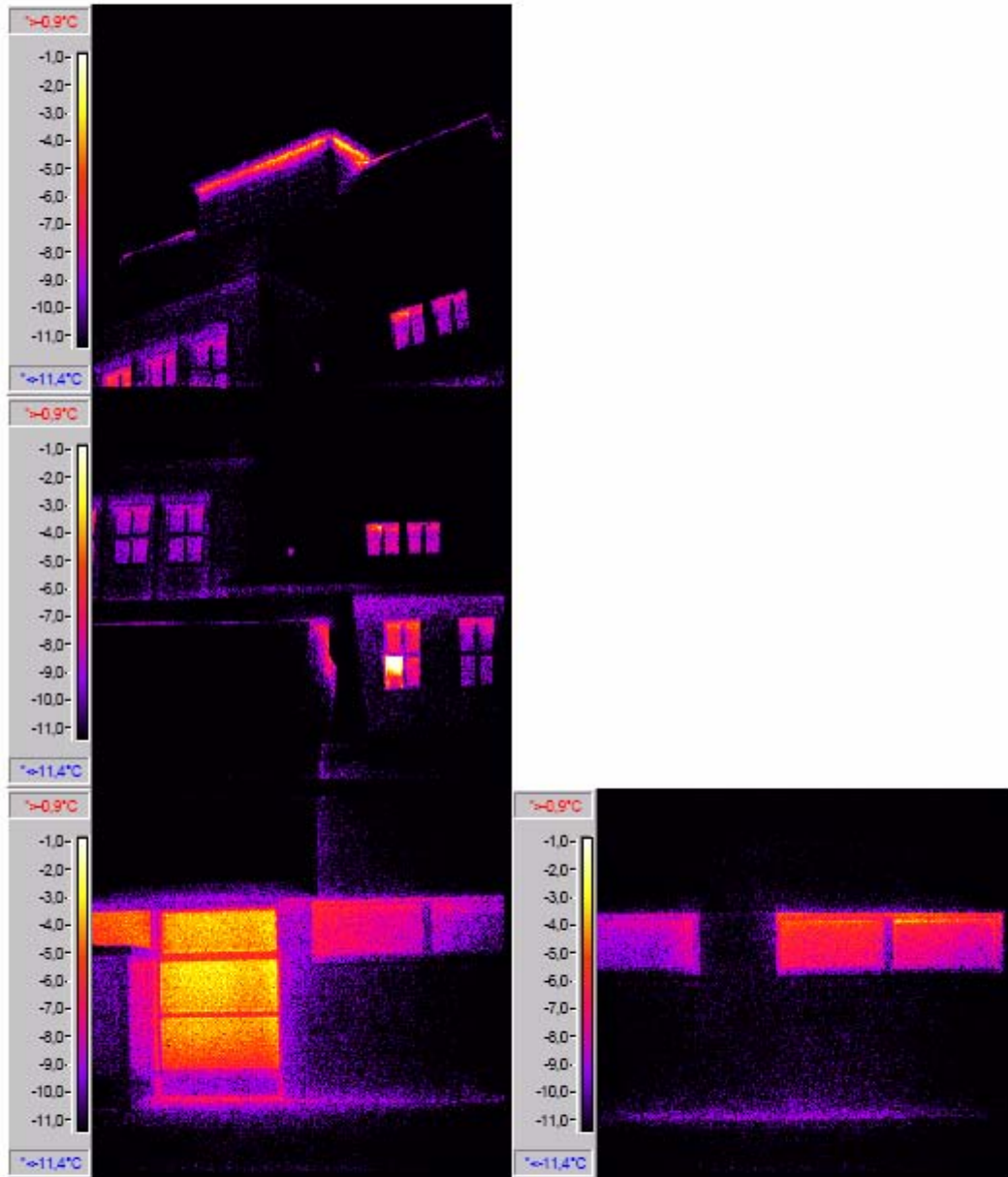
### 3.3 Hauptgebäude, Rückansicht

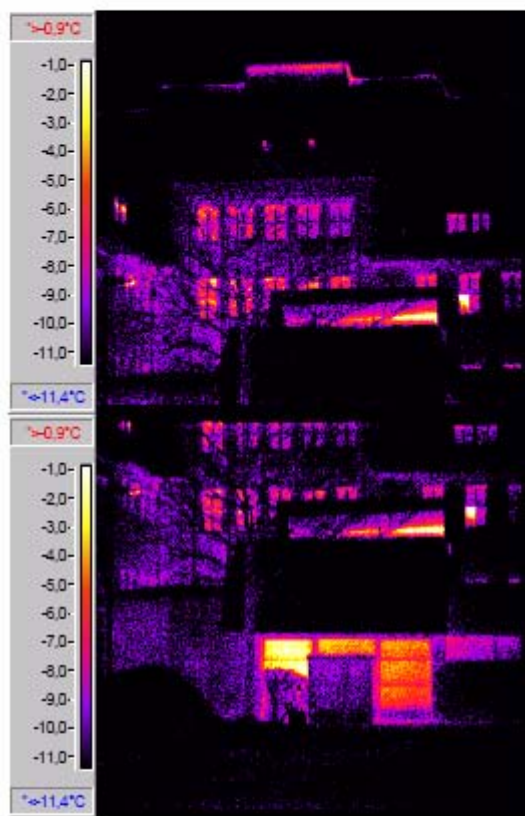






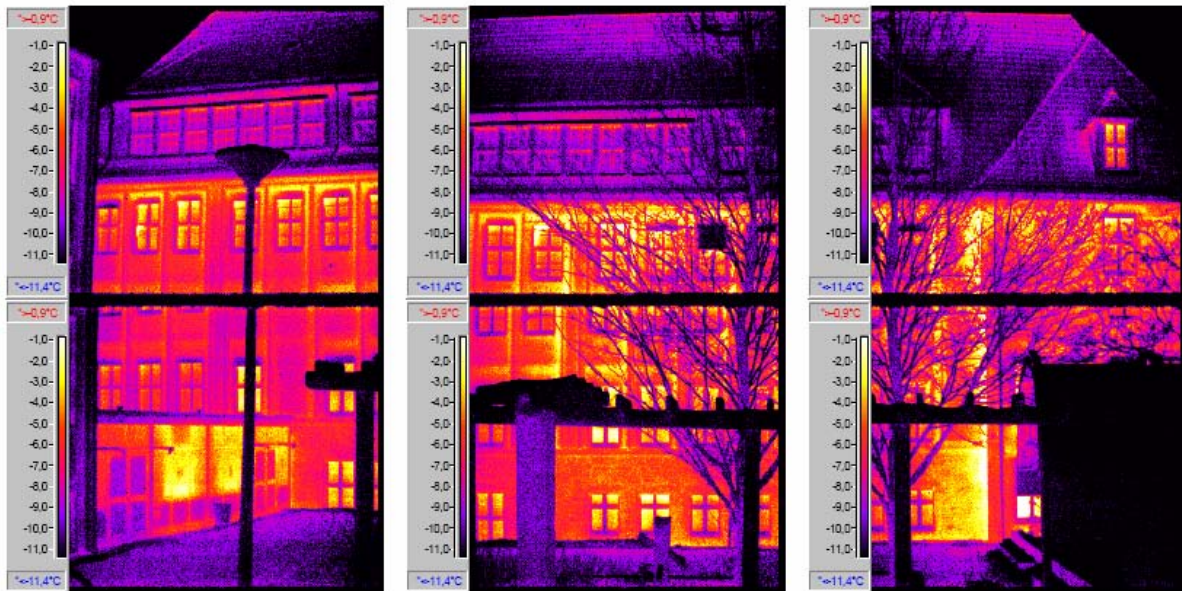


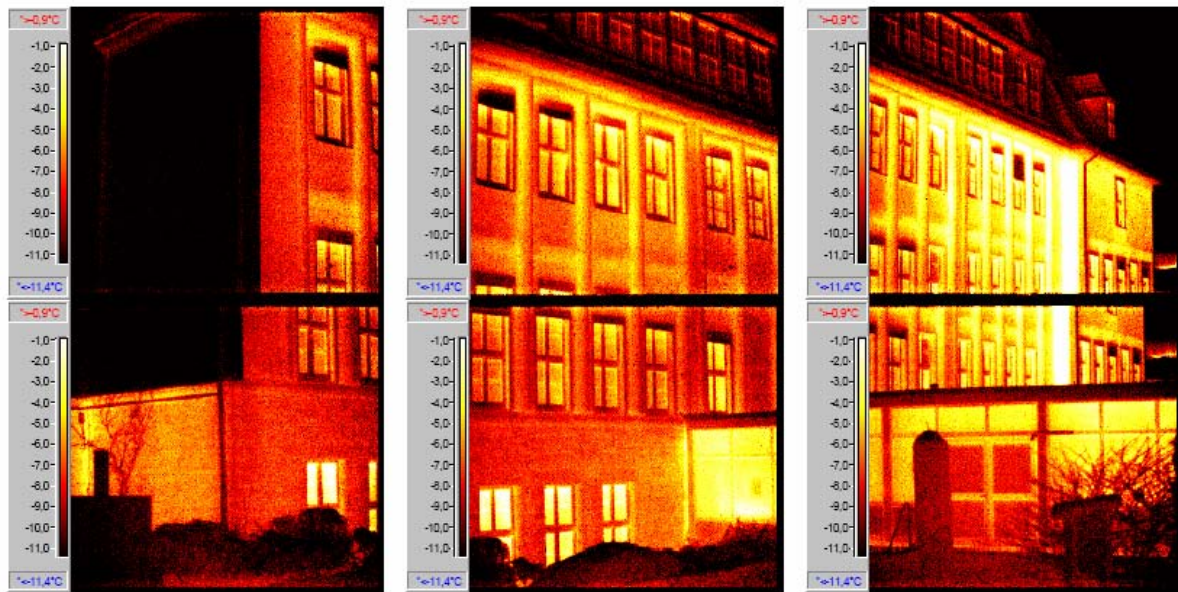




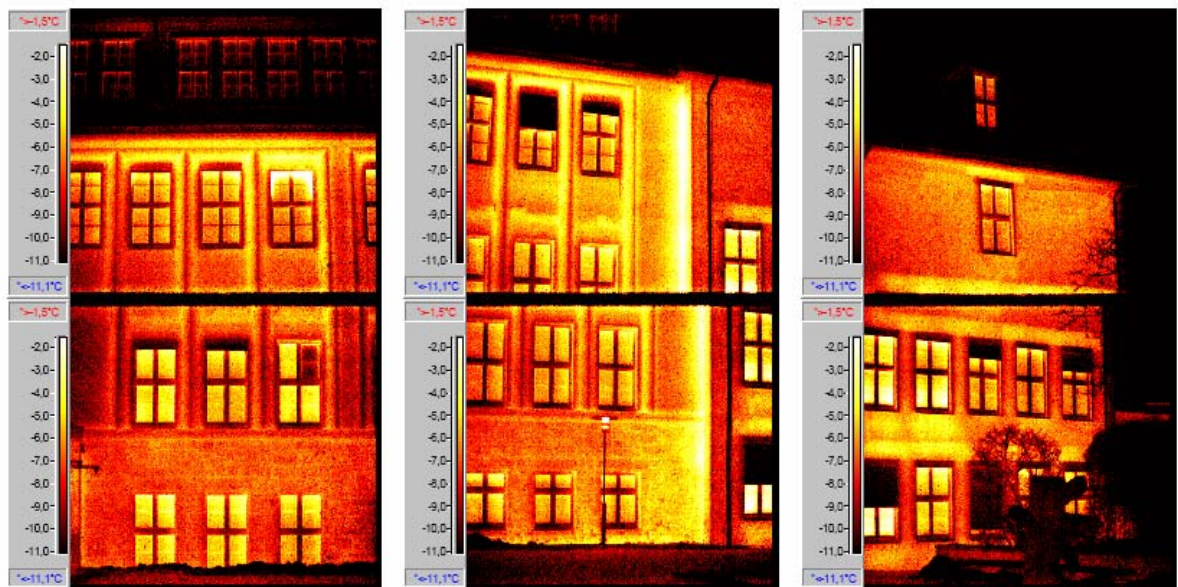


### 3.4 Hauptgebäude, Süd-Ost-Fassade

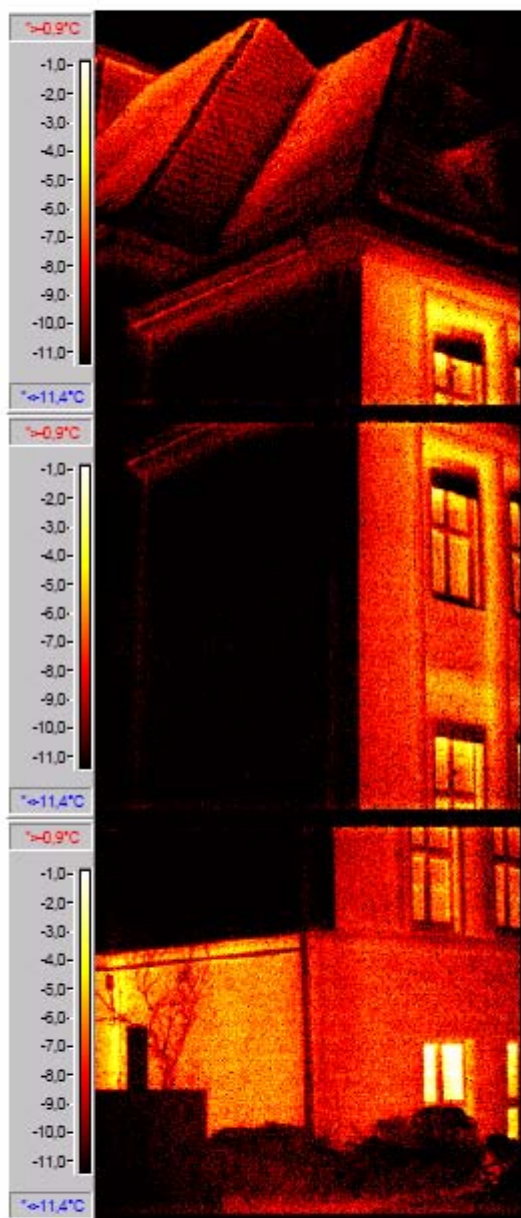


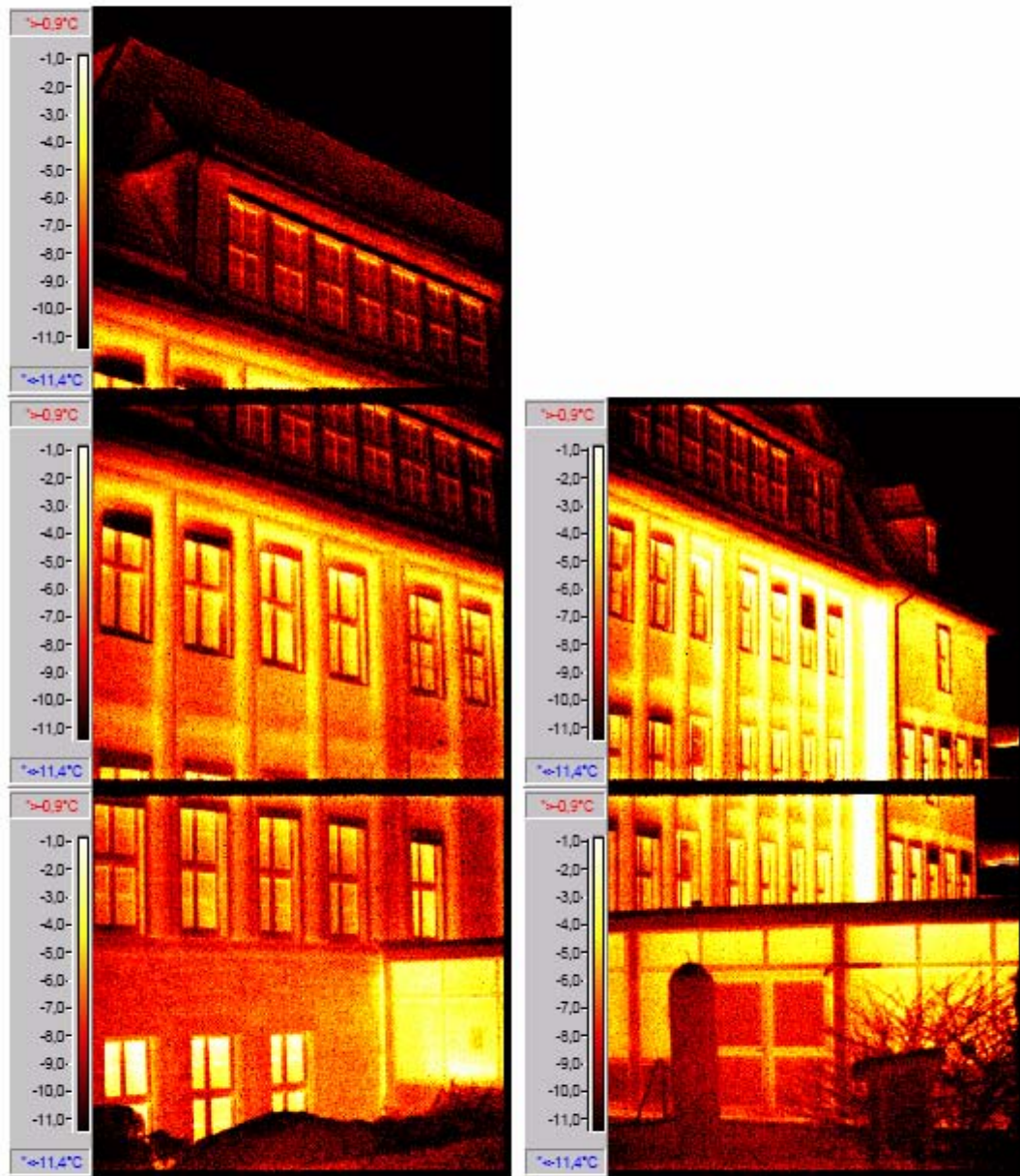


Bericht komprimiert.doc



Bericht komprimiert.doc











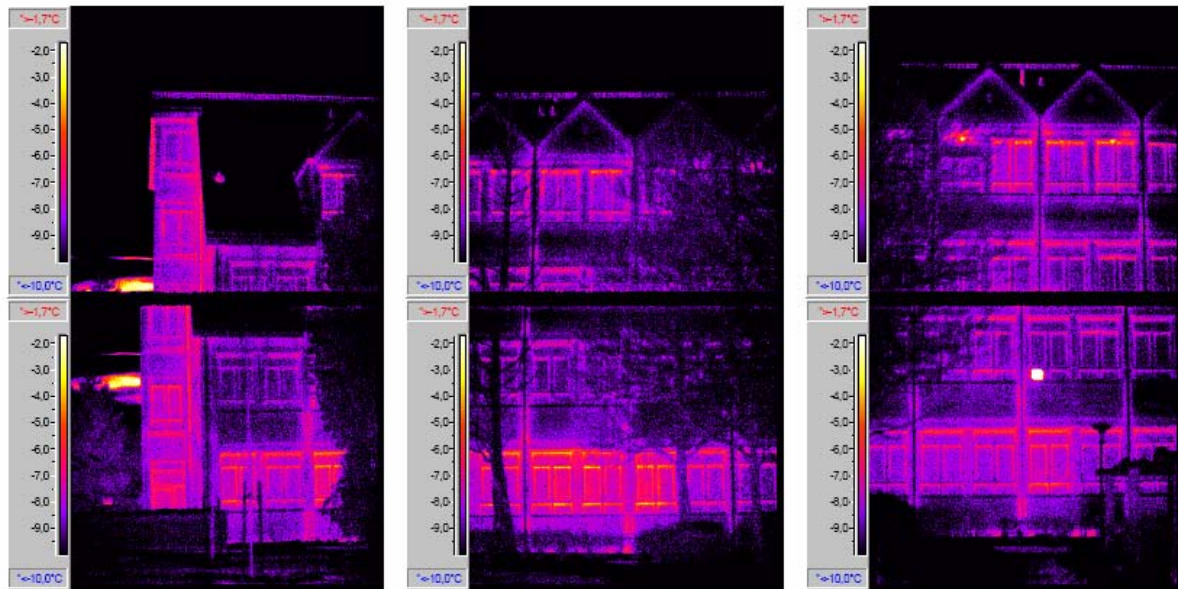


### 3.5 Fachtrakt

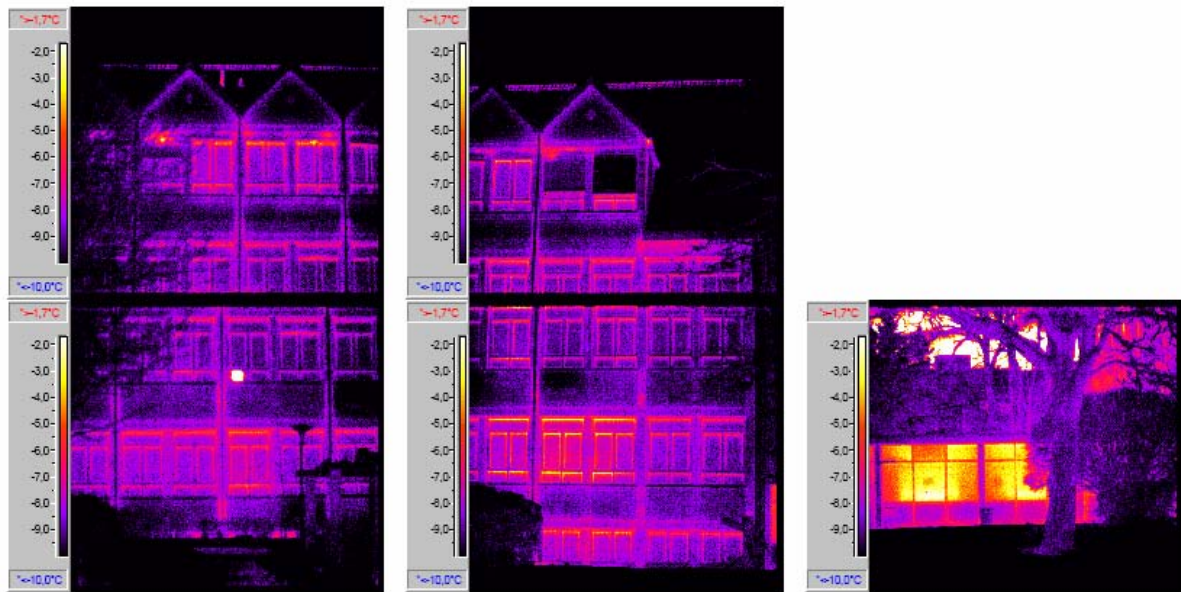
#### 3.5.1 Nord-Ost-Fassade

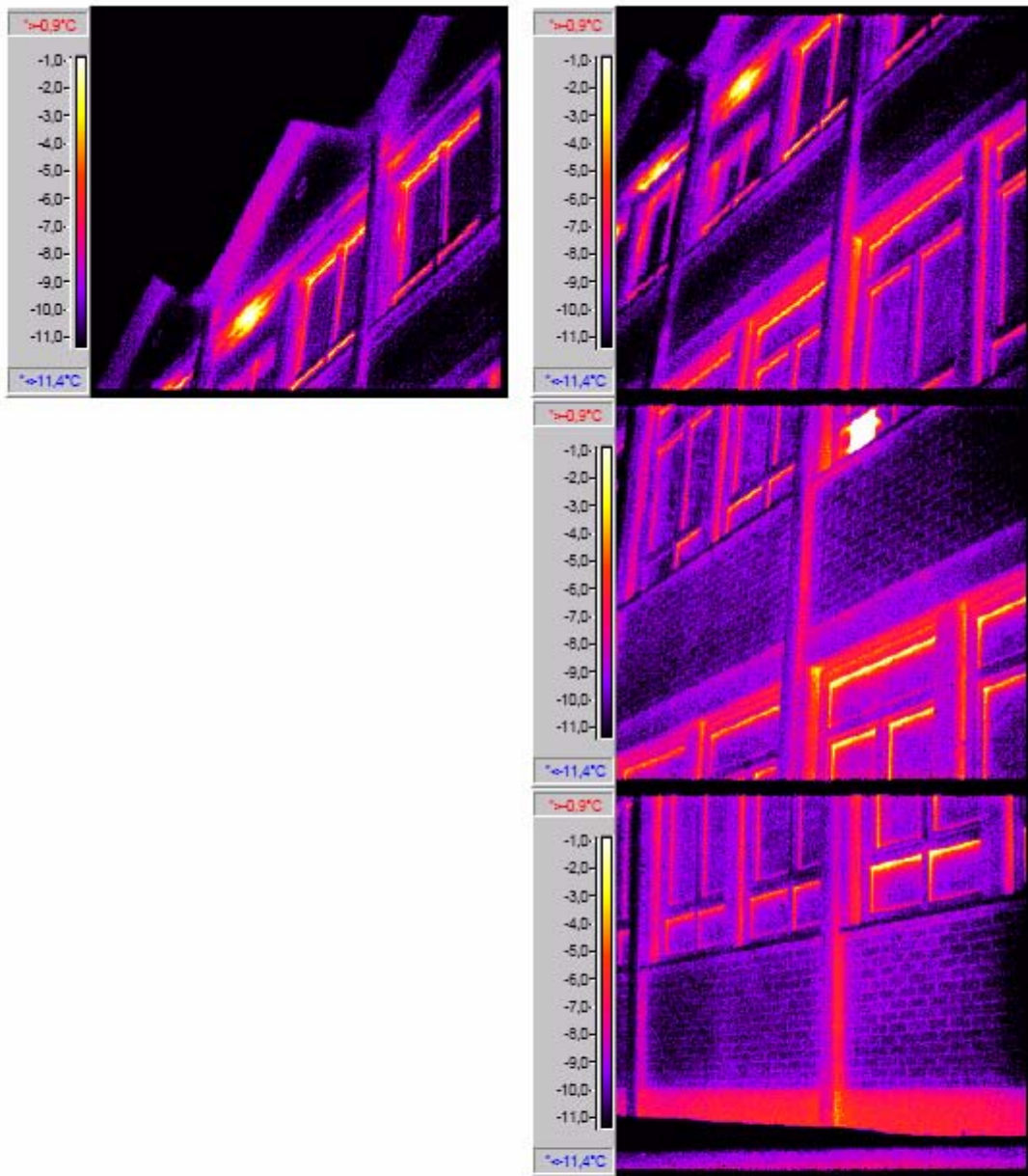


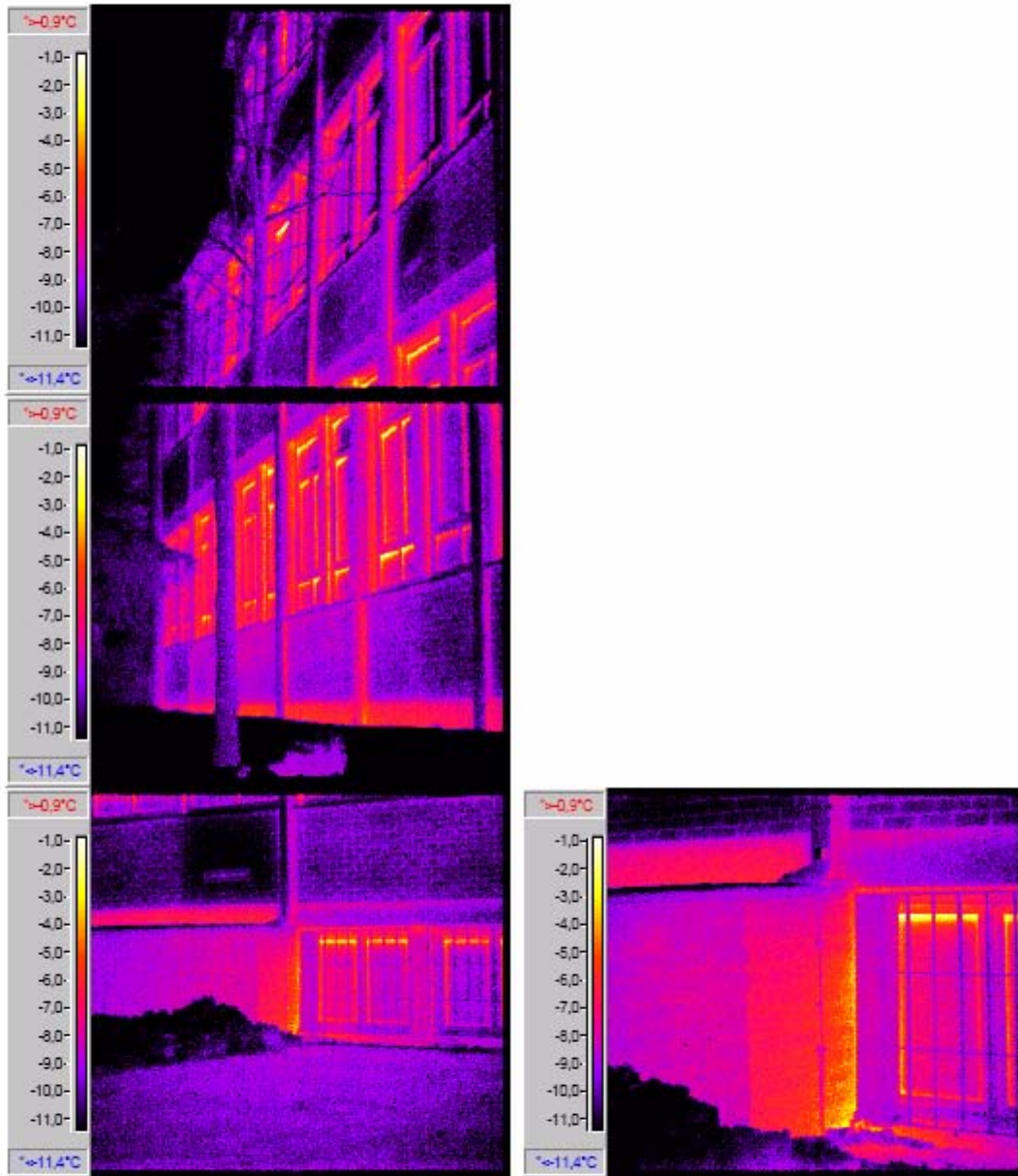
Bericht komprimiert.doc



Bericht komprimiert.doc



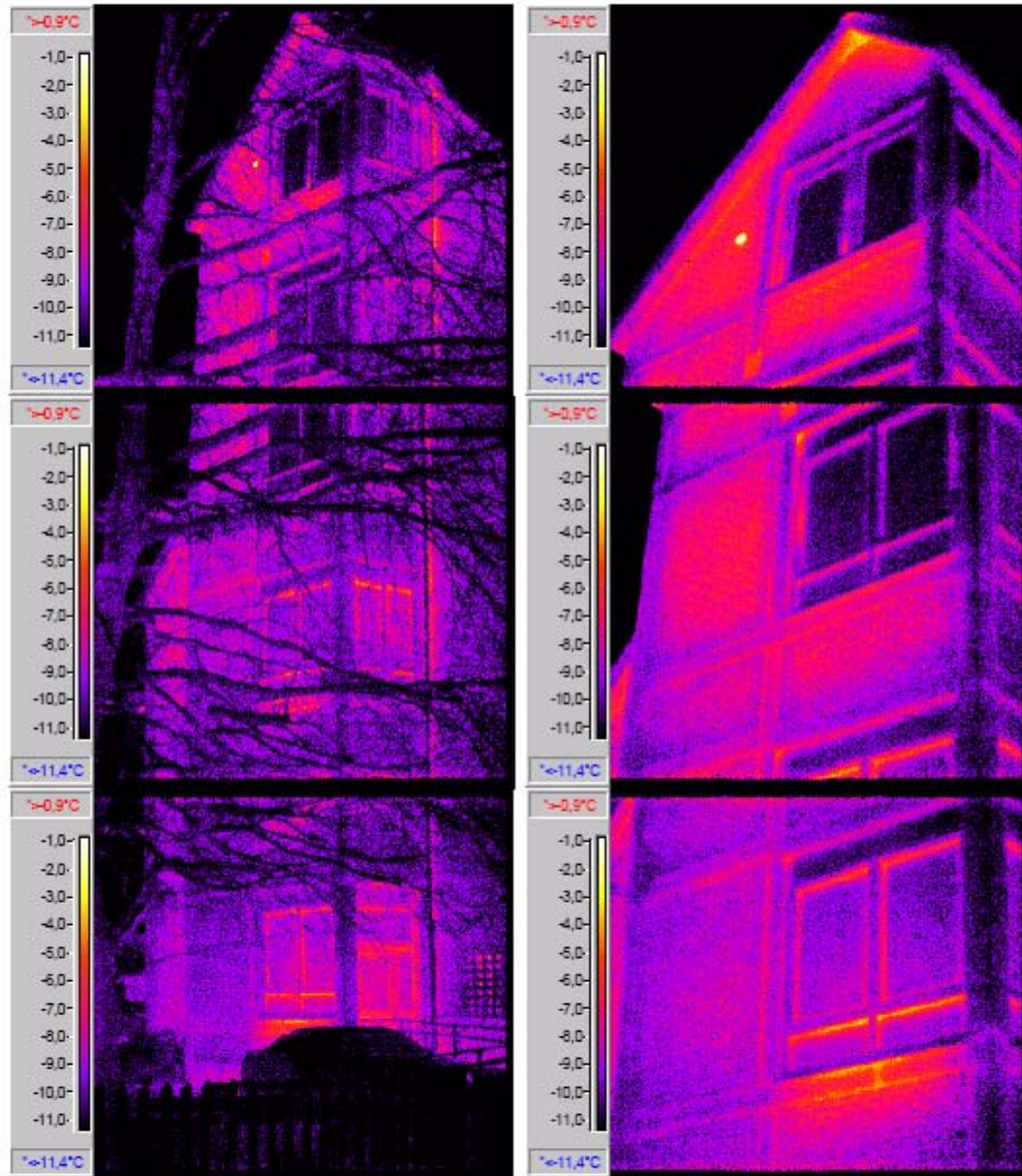


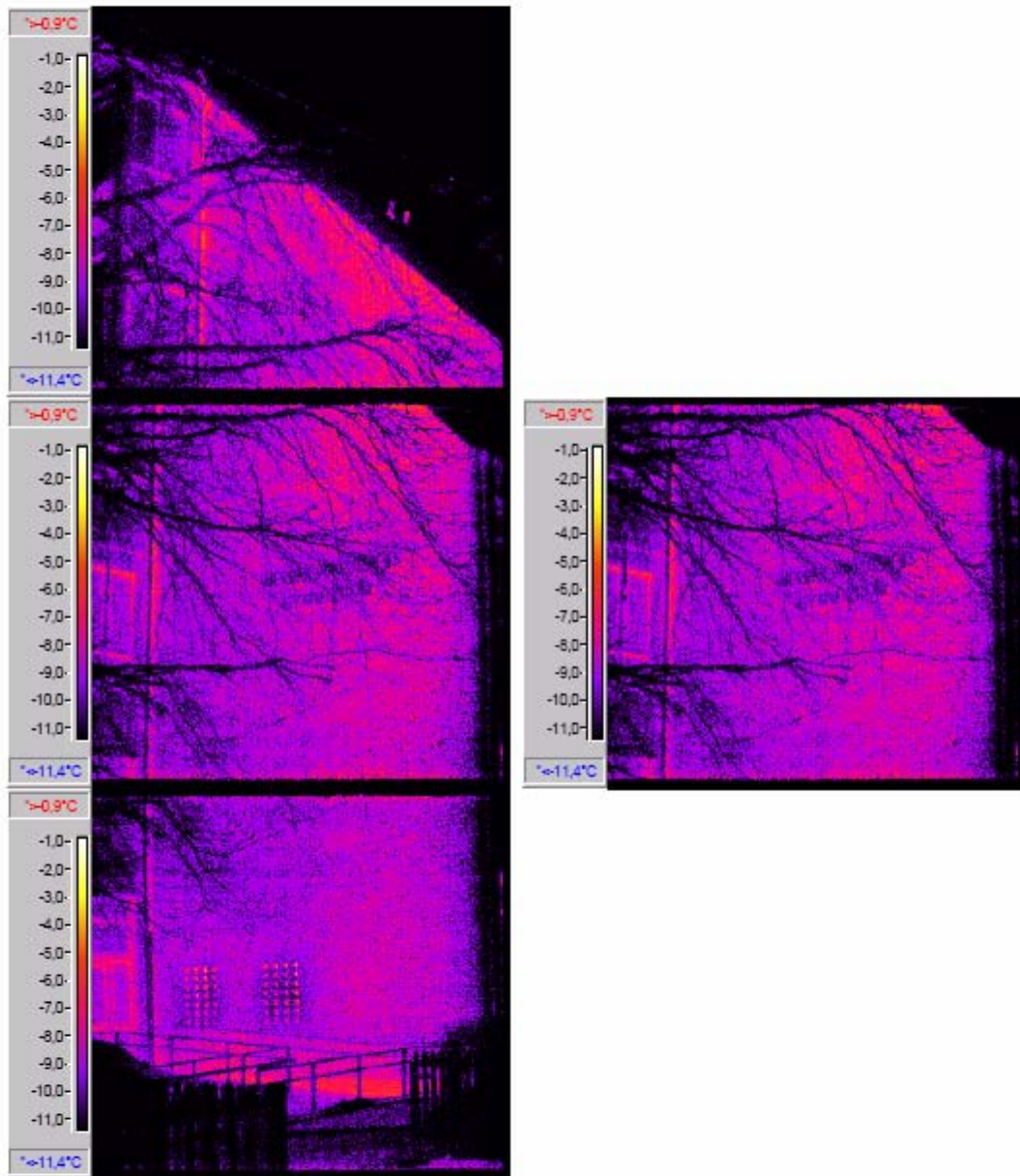




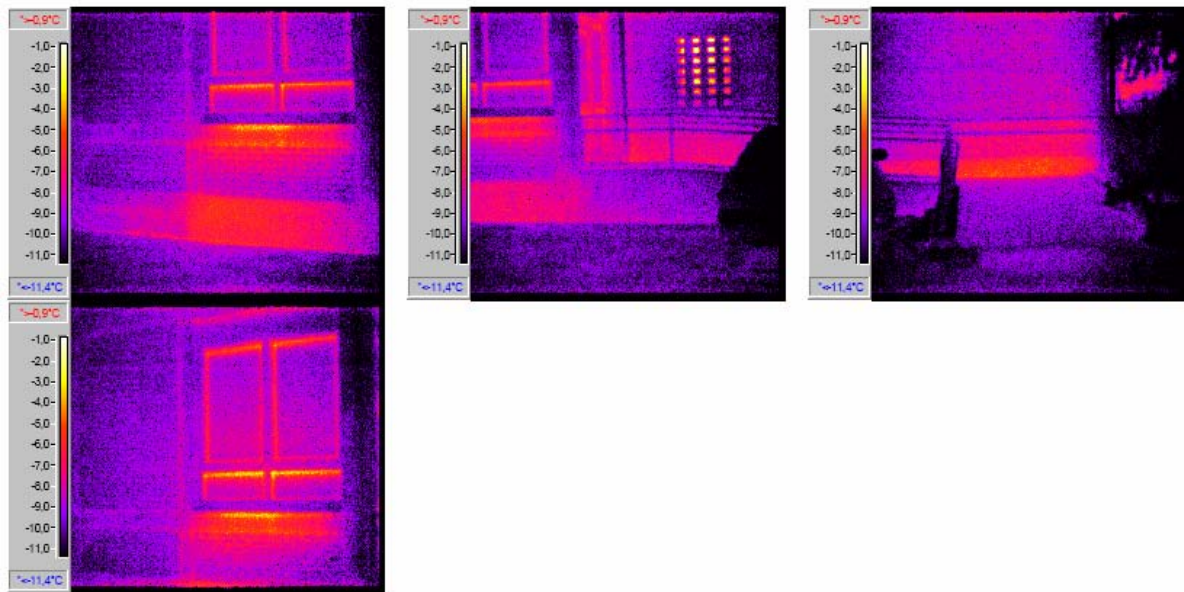
### 3.5.2 Seitenansicht von Süd-Osten





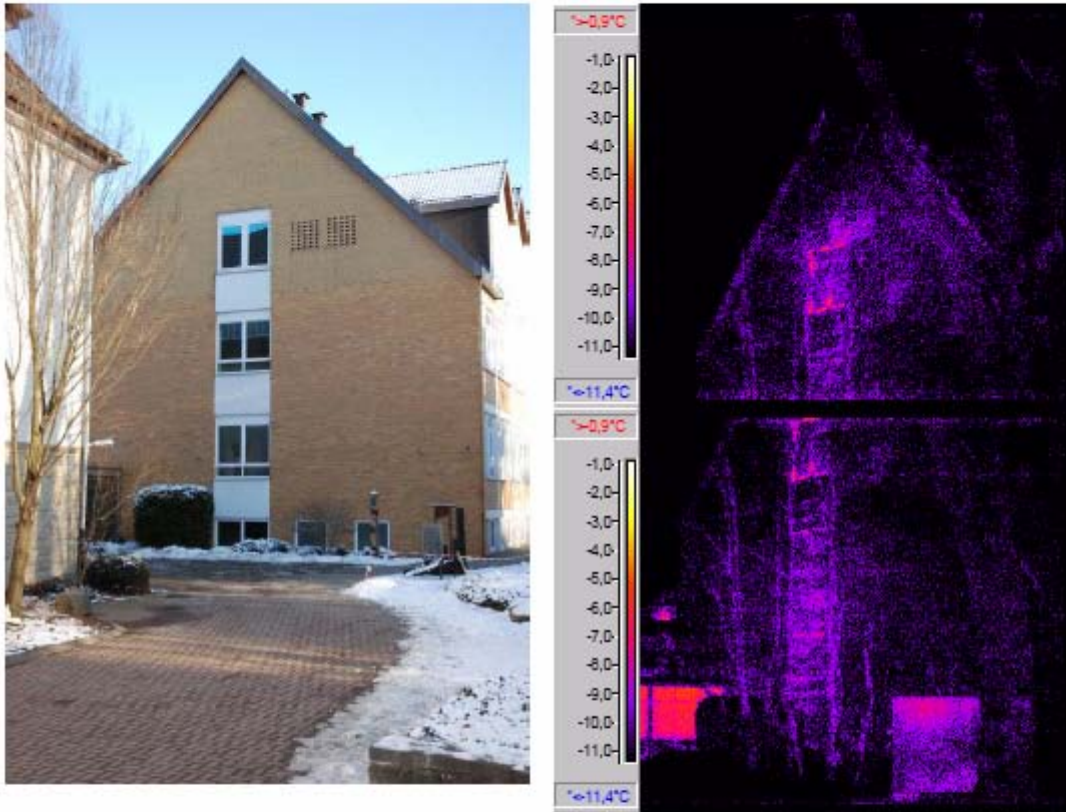






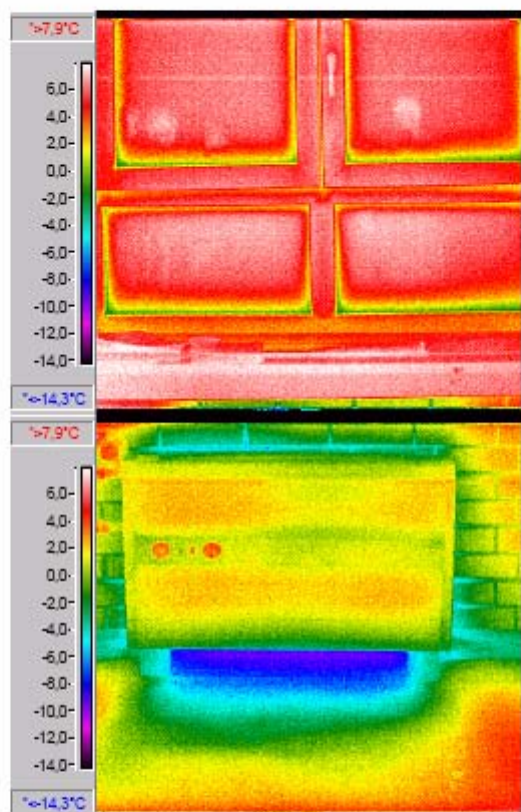


### 3.5.3 Seitenansicht von Nord-Westen





### 3.5.4 Lüftungstruhen

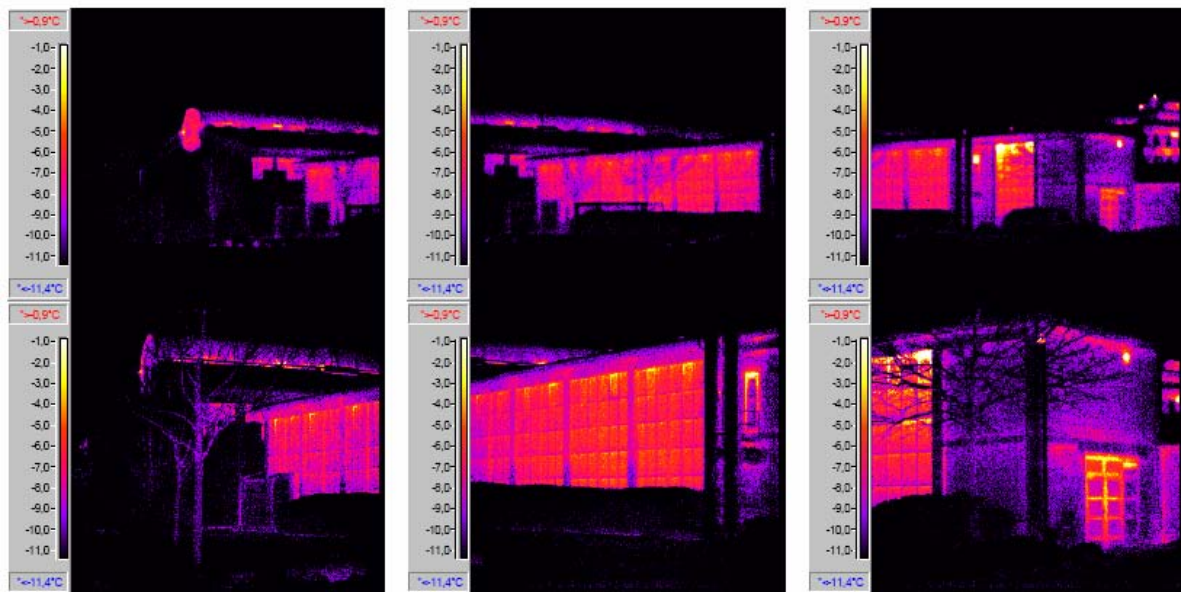




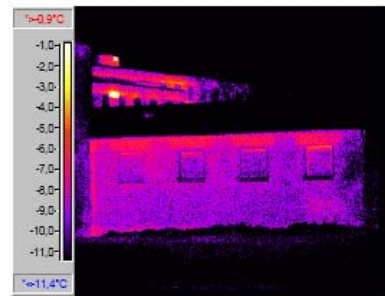
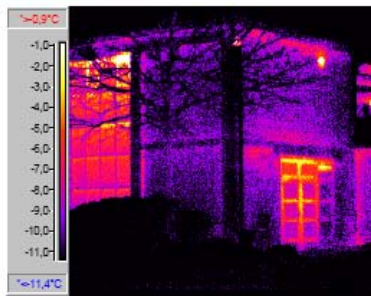
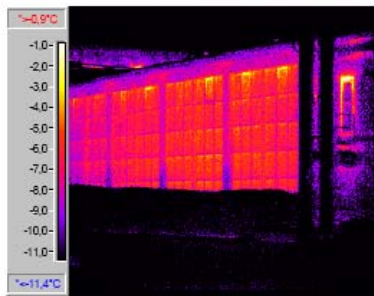
3.6 Alte Sporthalle und Kesselhaus

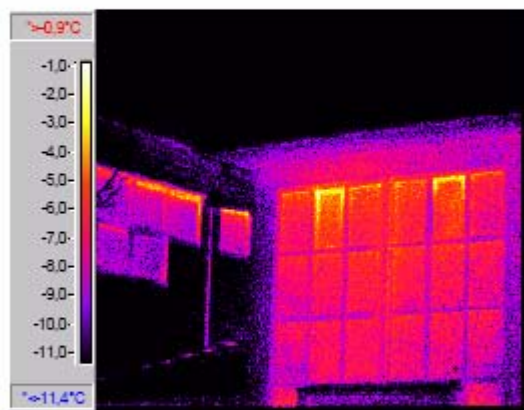
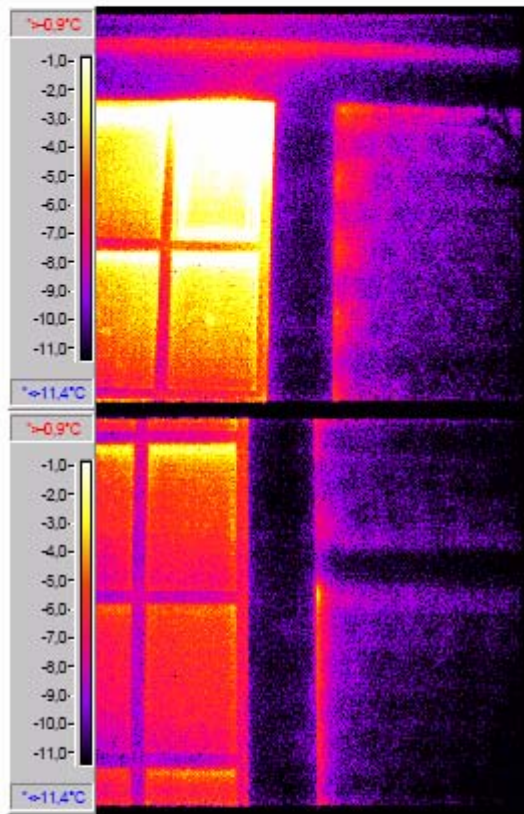


Bericht komprimiert.doc



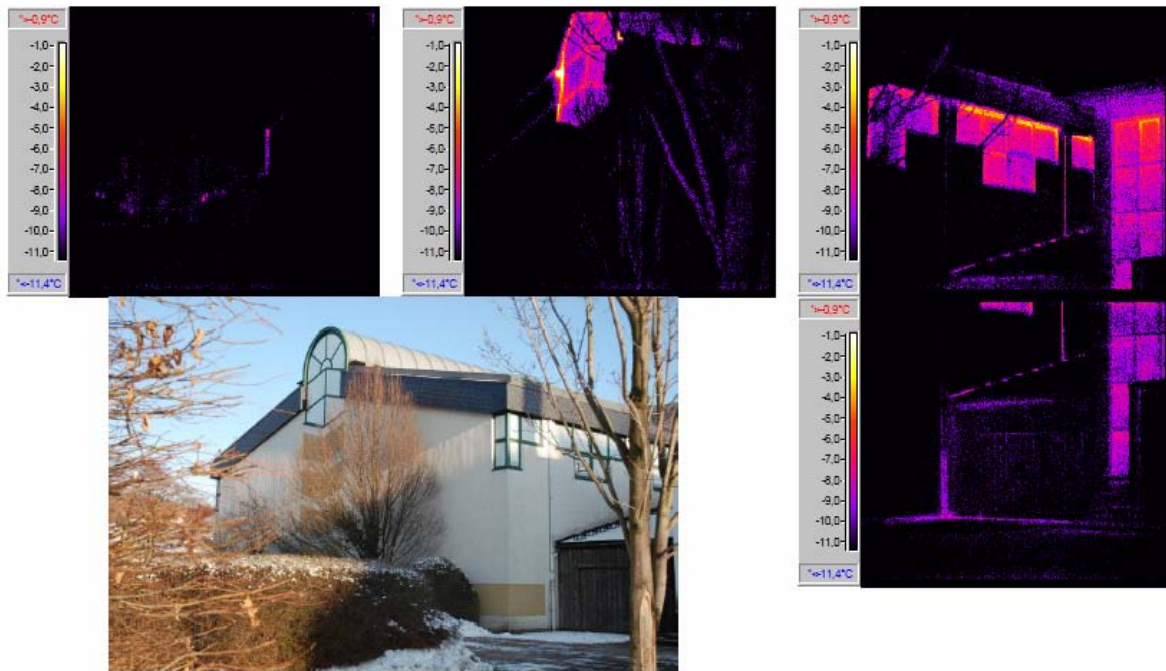
Bericht komprimiert.doc







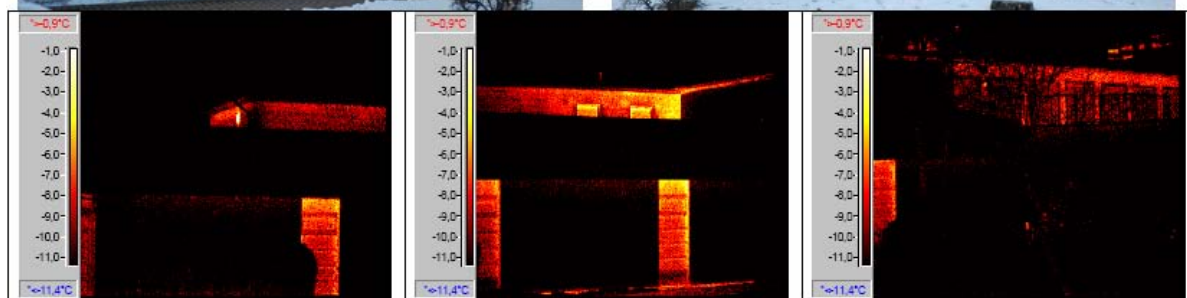
### 3.7 Neue Sporthalle



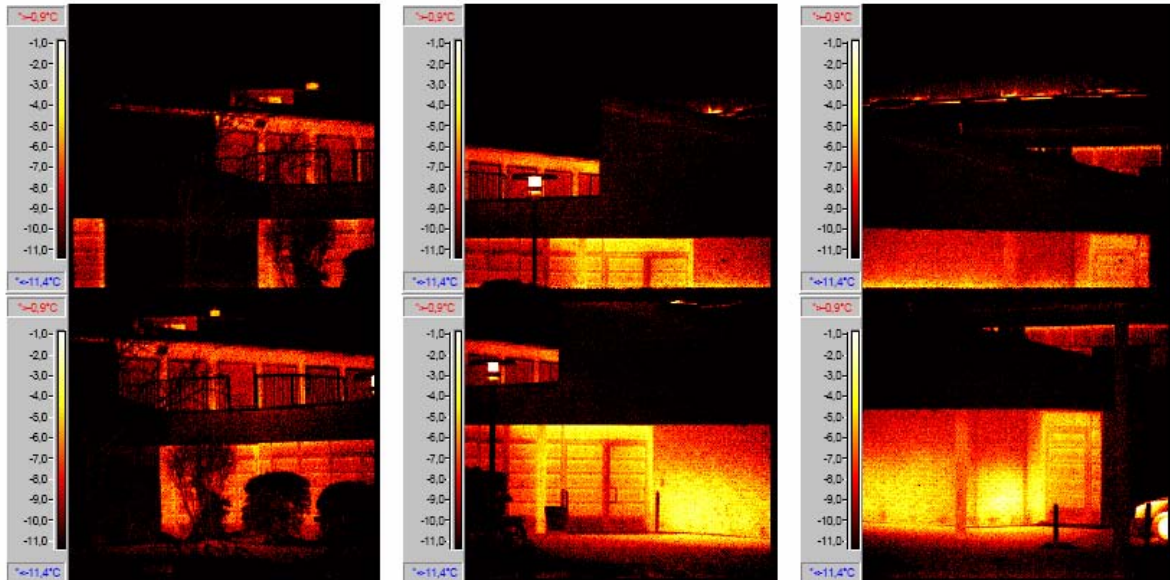
Bericht komprimiert.doc

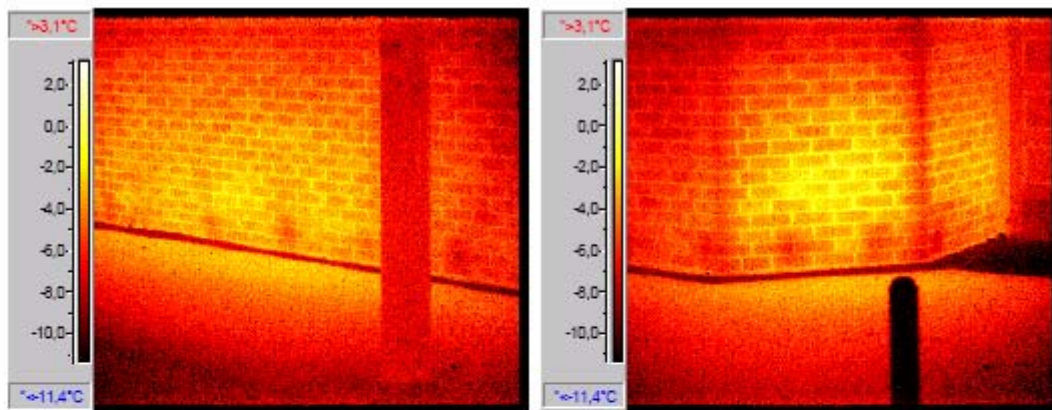


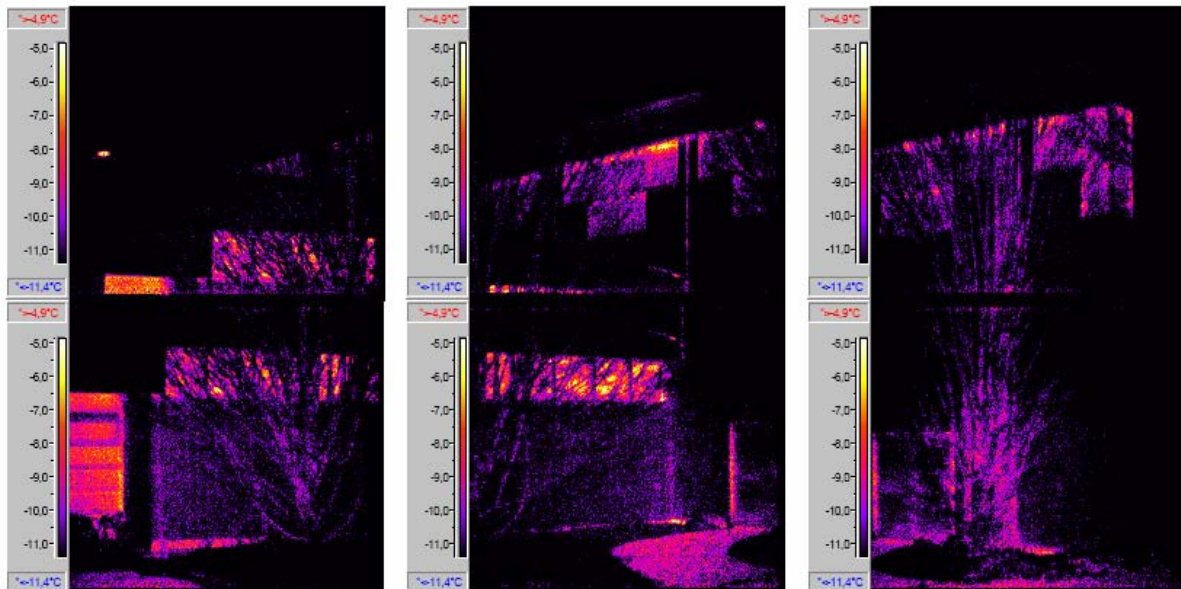
Bericht komprimiert.doc

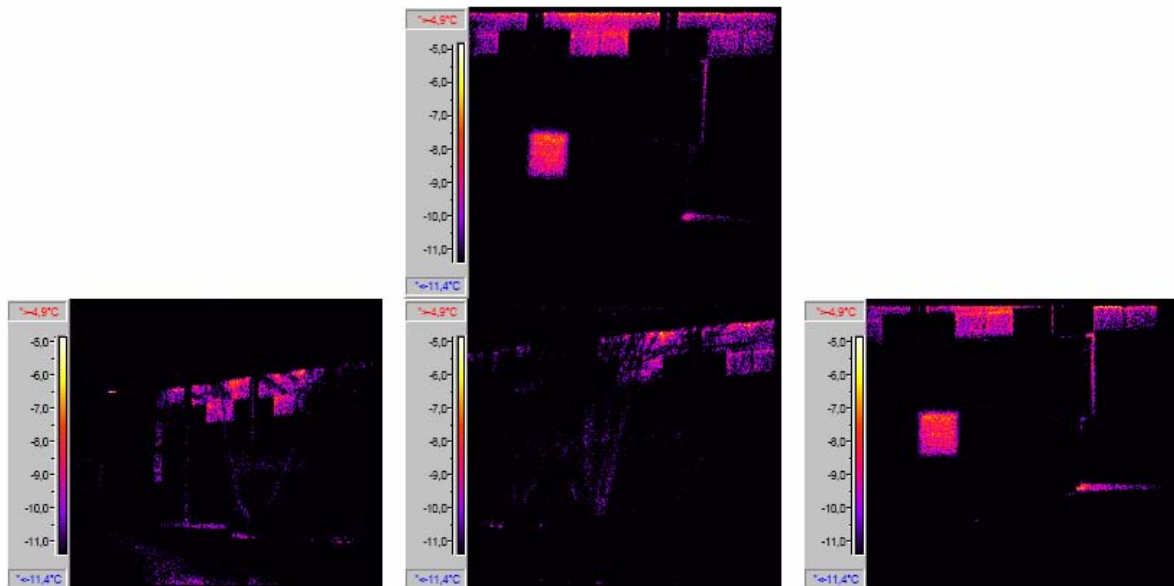


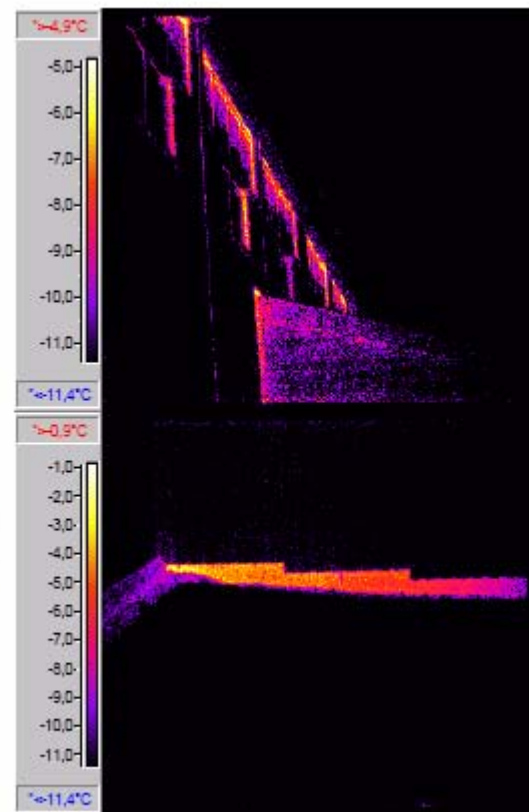
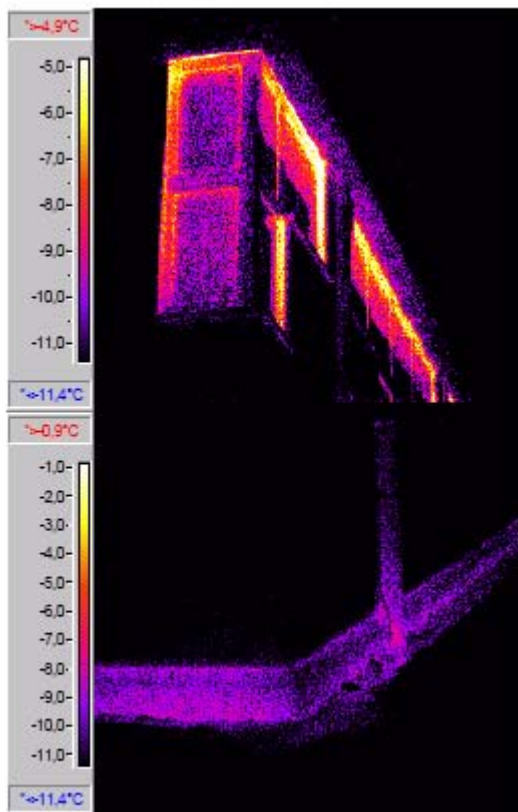


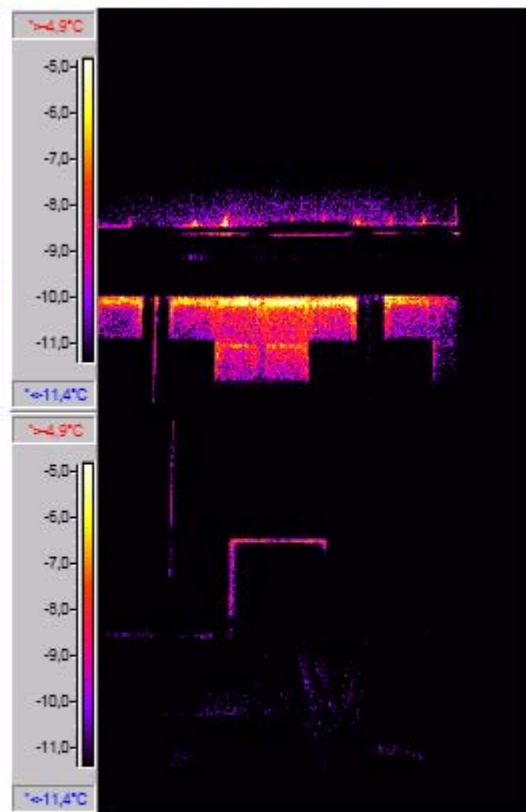
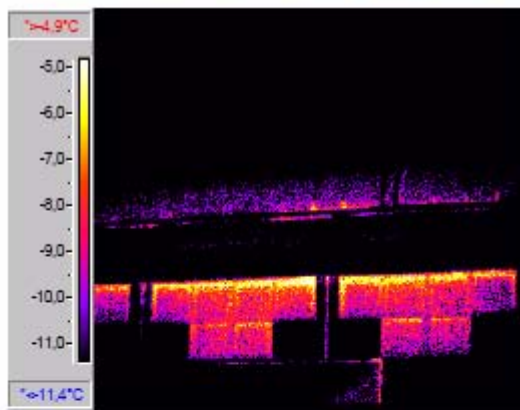


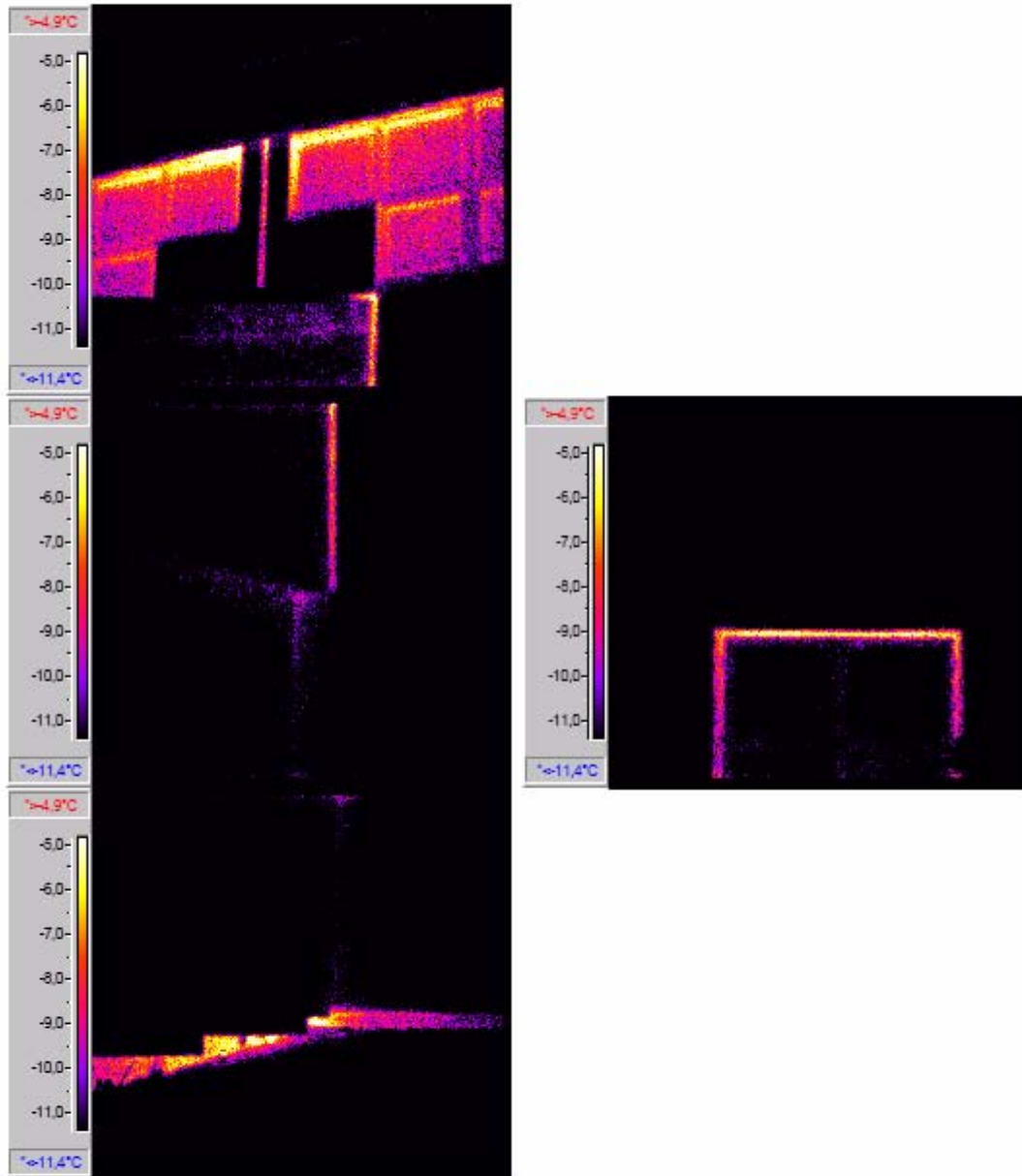






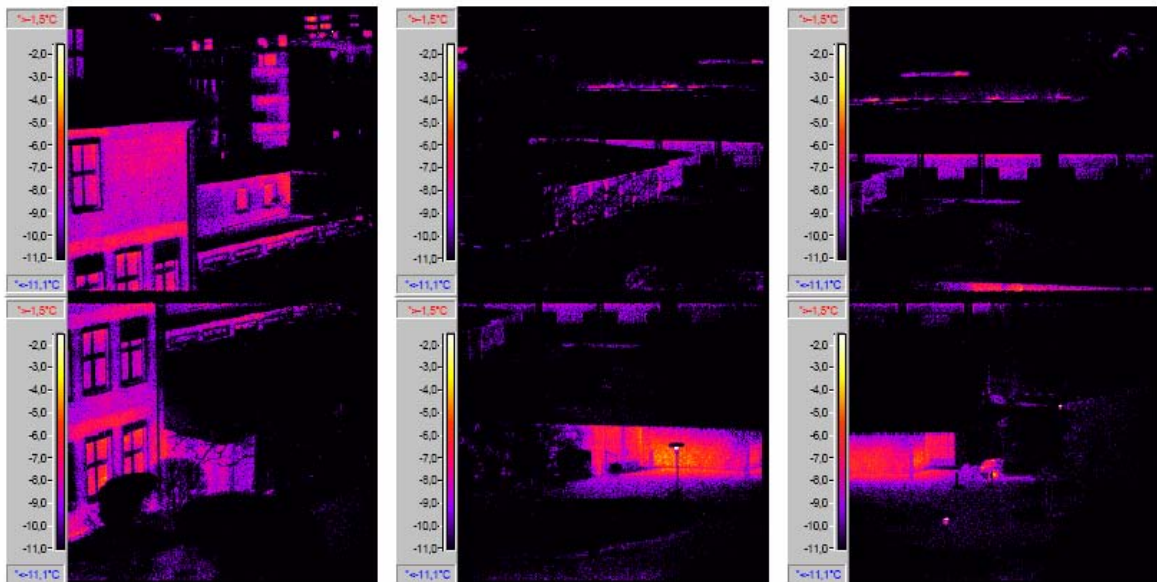








3.8 Dächer







	<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
1	Einleitung	2
2	Werner von Siemens Gymnasium Bad Harzburg	3
3	Haupt- und Realschule Seesen	16
4	Haupt- und Realschule Liebenburg	24
5	Fazit	32

Abbildung 1 (Titelblatt): Kontrollpaneel der künstlichen Beleuchtung in Hausmeisterloge der Haupt- und Realschule Liebenburg

## 1. Einleitung

Die Tageslichtnutzung ist ein klassisches Thema des Schulbaus. Dabei zeichnen sich viele Bestandsbauten durch eine gute Tageslichtversorgung aus. Bei einseitiger Seitenbeleuchtung sind eine im Verhältnis zur Raumhöhe nicht zu große Raumtiefe sowie ein ausreichender Fensterflächenanteil wesentliche Voraussetzungen für eine intensive Tageslichtnutzung.

Maßnahmen der energetischen Sanierung der Fassade beeinträchtigen die Tageslichtversorgung in der Regel. So wird die zur Verfügung stehende Fensterfläche durch die Wärmedämmung der Fassade vermindert. Neue Fenster haben höhere Rahmenanteile als die thermisch nicht getrennten bzw. einfach verglasten Rahmen der Bestandsfenster. Die beschichteten Wärmeschutz- oder Sonnenschutzverglasungen haben im Vergleich zu den im Bestand üblicher Weise eingebauten unbeschichteten Floatgläsern einen geringeren Lichttransmissionsgrad. Soweit die Bestandsfenster wirtschaftlich dimensioniert waren, führt die Verminderung der Glasfläche bei gleichzeitiger Verminderung des Lichttransmissionsgrades der Gläser zu einer unerwünschten Verschlechterung der Tageslichtbeleuchtung gegenüber der Bestandssituation. Die energetische Sanierung von Schulen geht daher häufig mit einer Verschlechterung der Tageslichtversorgung einher. Dabei wird einem hohen Beleuchtungsniveau heute eine lernfördernde Wirkung zugeschrieben. Eine Verminderung der Tageslichtbeleuchtung wirkt sich daher negativ auf das Leistungsniveau der Schüler aus. Das in den Normen geforderte Beleuchtungsniveau orientiert sich ausschließlich an den Sehbedingungen.

Bestandsbauten, die aufgrund einer zu großen Raumtiefe nur unzureichend mit Tageslicht versorgt werden, können allein durch den Einsatz von Tageslichtsystemen nicht saniert werden. In diesem Fall muss die Tiefe der Räume vermindert werden oder es sind durch bauliche Eingriffe neue Tageslichtöffnungen zu schaffen, so dass eine zweiseitige Tageslichtbeleuchtung möglich wird. Solche Maßnahmen zielen darauf ab, ein Gebäude qualitativ zu sanieren, damit darin Lernerfolg möglich wird. Solche grundlegenden Maßnahmen können allein energetisch jedoch nicht begründet werden.

Eine Sanierung der künstlichen Beleuchtung erscheint demgegenüber vergleichsweise einfacher, da die heutigen Beleuchtungssysteme erheblich effizienter sind als die im Bestand häufig noch eingesetzten Systeme aus der Bauzeit. Eine erfolgreiche Sanierung der künstlichen Beleuchtung erfordert jedoch auch das Verständnis der Tageslichtbeleuchtung in dem Gebäude.

Aufgrund des für diese Untersuchung zur Verfügung stehenden geringen Zeitbudgets wurden vereinfachte Methoden angewandt und Randbedingungen wurden abgeschätzt. Zahlenwerte sollten daher als Richtungsangaben aufgefasst werden.

## 2. Werner von Siemens Gymnasium Bad Harzburg

Das Werner von Siemens Gymnasium ist mit dem Hauptgebäude, dem Fachklassentrakt und den Sporthallen durch sehr verschiedenartige Gebäude gekennzeichnet. Dabei ist die Tageslichtversorgung in den Klassenräumen und auf den Sportfeldern insgesamt gut. Die künstliche Beleuchtung ist in den meisten Gebäudeteilen veraltet und energetisch ineffizient.

### 2.1. Standardklassenraum

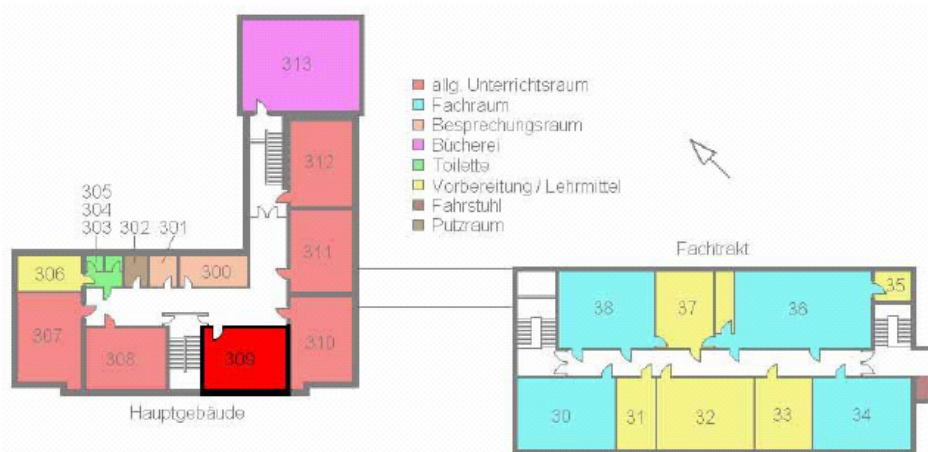


Abbildung 2: Lage des zur Untersuchung ausgewählten Standardklassenraumes 309 im Hauptgebäude des Werner von Siemens Gymnasiums

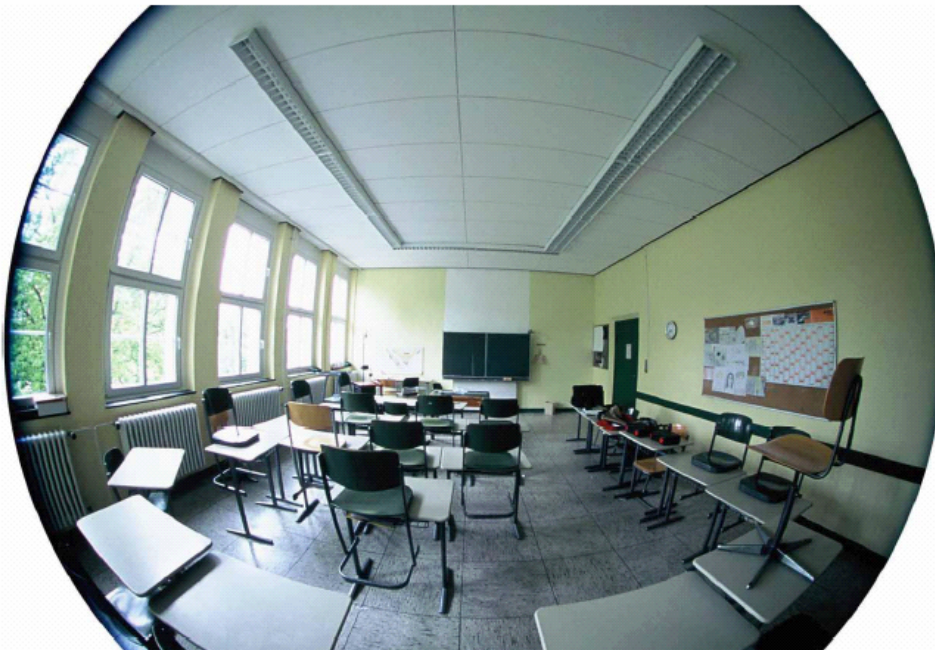


Abbildung 3: Innenraumaufnahme des Standardklassenraumes 309 im Hauptgebäude



Abbildung 4: Fenster



Abbildung 5: Leuchte

Tabelle 1: Kenngrößen zur Tageslichtversorgung des Standardklassenraums

Raummaße	(Tiefe x Breite x Höhe)	6 m / 7,09 m / 3,42 m
Fensterfläche	$A_{\text{Fenster}}$	10,8 m <sup>2</sup>
Orientierung / Himmelsrichtung		235°
Fensterflächenanteil an der Fassade	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{Fassade}}$	44%
Fensterfläche/NGF	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{NGF}}$	25%
Tageslichtsysteme		-
Tageslichtquotient, Referenzpunkte	$D_{m, \text{Ref}}$	2,1%
Tageslichtquotient in Raummitte	$D_{\text{Raummitte}}$	2,4%
Anteil der tageslichtversorgten Grundfläche	$A_{\text{TL}}/A_{\text{NGF}}$	100%
Einstufung der Tageslichtversorgung	(Gut/Mittel/Gering/keine)	Mittel
Tageslichtversorgungsfaktor	$C_{\text{TL, ver}}$	0,75

Wie Tabelle 1 zeigt, sind die baulichen Voraussetzungen zur Nutzung des Tageslichtes im Standardklassenraum gegeben. Der für einen Nachweisort in halber Raumtiefe berechnete Tageslichtversorgungsfaktor sollte dabei nicht darüber hinweg täuschen, dass in der Raumtiefe über weite Strecken des Jahres eine das Tageslicht ergänzende künstliche Beleuchtung auch tagsüber erforderlich ist. Insbesondere durch den hohen Rahmenanteil wird die Effektivität des Fenstersystems gemindert. Das Fehlen eines Blendschutzes an den Fenstern im Bereich der Tafelwand ist hinsichtlich der Nutzung visueller Medien kritisch.

Tabelle 2: Eigenschaften der künstlichen Beleuchtung im Standardklassenraum

Regelkreise	1	2	3
Bezeichnung	Reihe Flurseite	Reihe Fenster	Tafelbeleuchtung
Leistungsaufnahme	384 W	192 W	128 W
Tageslichtversorgungsfaktor	0,67	0,91	0,74
Kontrollsystem tageslichtabhängig	manuell	Manuell	Manuell
Kontrollsystem präsenzabhängig	manuell	Manuell	Manuell
Energiebedarf	282 kWh/m <sup>2</sup> a	96 kWh/m <sup>2</sup> a	84 kWh/m <sup>2</sup> a

Die spezifische installierte Leistung ist mit 18,6 W/m<sup>2</sup> im Standardklassenraum vergleichsweise hoch. Eine Ursache hierfür ist neben den konventionellen Betriebsgeräten die Zweilampigkeit der Leuchten in der Flurreihe. Mit dem vorhandenen manuellen Kontrollsystem werden die durch Tageslicht und Präsenz gegebenen Einsparpotenziale nicht erzielt.

Tabelle 3: Untersuchung von Optimierungsstrategien. Untersuchte Szenarien: S1: Kontrollsystem: Tageslichtabhängig und präsenzabhängig aus. S2: Neue Beleuchtungsanlage, tageslichtabhängig gedimmt, präsenzabhängig aus.

	Bestand	S1	S2
Leistungsaufnahme	704 W	704 W	605 W
Teilbetriebsfaktor Tageslicht	0,59	0,48	0,36
Teilbetriebsfaktor Präsenz	0,88	0,76	0,76
effektive Betriebsstunden	721 h	509 h	383 h
Energiebedarf (Raum)	415 kWh/a	293 kWh/a	190 kWh/a
spezifischer Energiebedarf	9,8 kWh/m <sup>2</sup> a	6,9 kWh/m <sup>2</sup> a	4,5 kWh/m <sup>2</sup> a
Energiebedarf (Regelkreise)	514 kWh/a	383 kWh/a	270 kWh/a
Energiekosten	77 €/a	57 €/a	41 €/a
Energiekostensparnis	-	20 €/a	37 €/a
Investitionskosten	-	560 €	2.410 €
Amortisationszeit	-	28 Jahre	66 Jahre

Hinsichtlich der Tageslichtnutzung erscheint der hohe Rahmenanteil, insbesondere die Schließung des oberen Fensterteils kritisch. Die im Verhältnis zur Fensterfläche geringe Glasfläche ist teilweise eine Folge der Fassadensanierung.

Bei der durch die vorhandenen Fenster gegebenen Tageslichtversorgung lassen sich insbesondere mit tageslichtabhängigen Kontrollsystemen Einsparungen erzielen. Die vorhandene Beleuchtungsanlage ist schalt-, nicht jedoch dimmbar. Eine weitergehende Erschließung des Tageslichtpotenzials erfordert daher eine neue Beleuchtungsanlage.

Obwohl der Gesamtlichtstrom der vorhandenen Beleuchtungsanlage dem erforderlichen Beleuchtungsniveau angemessen ist, erscheint die zweilampige Leuchtenreihe für ihren Beleuchtungsbereich überdimensioniert. – Bei einer neuen Anlage ist daher die Leuchtenanordnung zu überdenken.

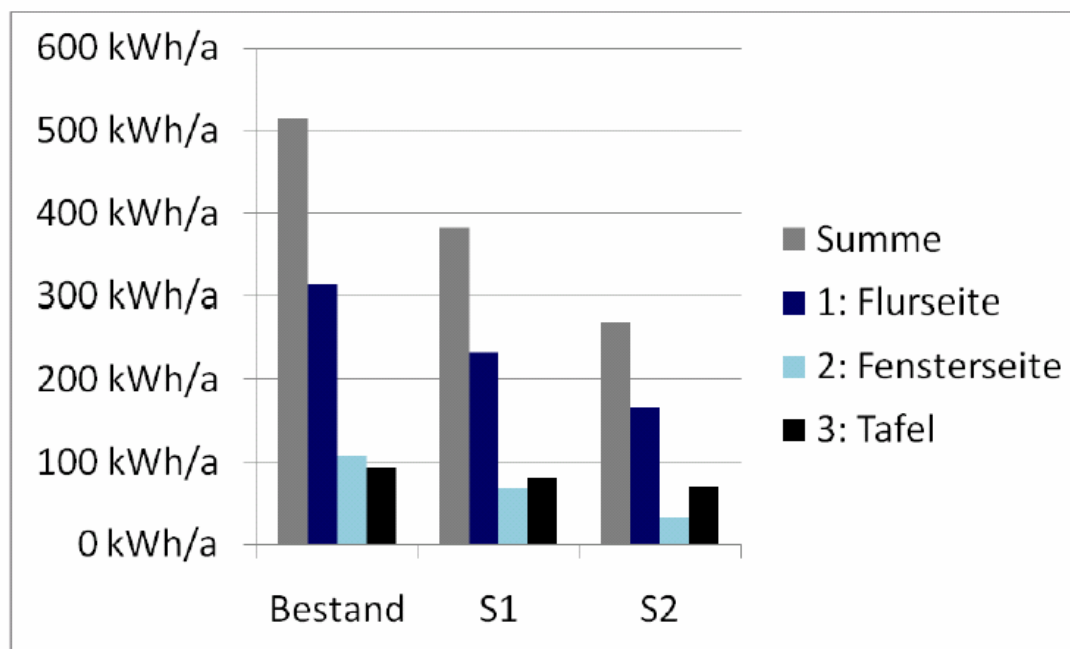


Abbildung 6: Jährlicher Energiebedarf des Klassenraumes und der einzelnen Regelkreise im Bestand und in den untersuchten Szenarien.

Eine Maßnahme, mit der die vorhandene Beleuchtungsanlage effizienter gemacht werden könnte, besteht darin, eine separate Schaltbarkeit der Lampen innerhalb der zweilampigen Leuchten der Leuchtenreihe an der Flurseite zu ermöglichen. Zur Tageslichtergänzung dürfte in der Regel der einlampige Betrieb dieser Leuchten ausreichend sein.

Ein präsenzabhängiges Ausschalten der Beleuchtungsanlage ist sinnvoll.

Aus der geringen Einschaltdauer der Klassenraumbelichtung ergeben sich für Maßnahmen an der künstlichen Beleuchtung sehr lange Amortisationszeiten, die Maßnahmen an der künstlichen Beleuchtungsanlage wenig wirtschaftlich erscheinen lassen.

## 2.2. Fachklassenraum

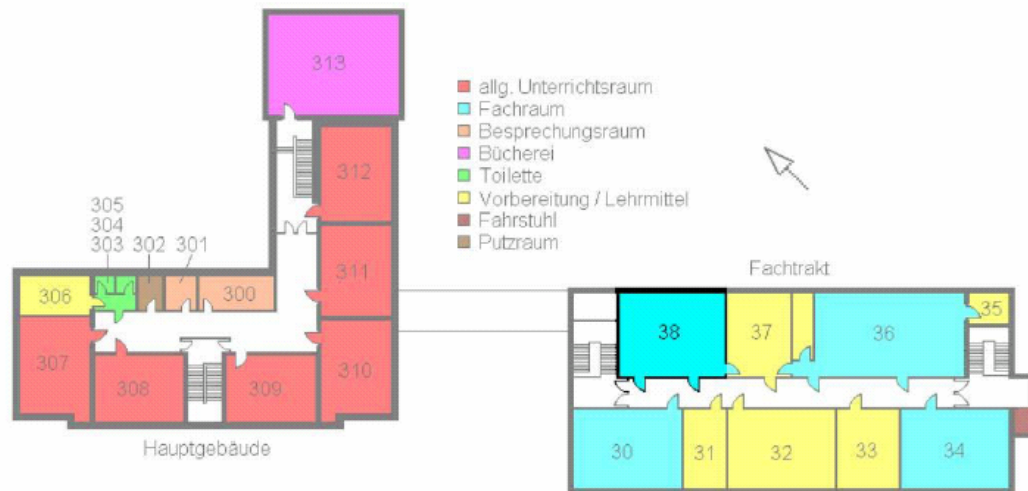


Abbildung 7: Lage des zur Untersuchung ausgewählten Fachklassenraumes 38 im Fachklassentrakt des Werner von Siemens Gymnasiums



Abbildung 8: Innenraumaufnahme Fachklassenraum.



Abbildung 9: Detail Fenster

Tabelle 4: Kenngrößen zur Tageslichtversorgung.

Raummaße	(Tiefe x Breite x Höhe)	6,9 m / 9,5 m / 3,25 m
Fensterfläche	$A_{\text{Fenster}}$	20,4 m <sup>2</sup>
Orientierung / Himmelsrichtung		55°
Fensterflächenanteil an der Fassade	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{Fassade}}$	66%
Fensterfläche/NGF	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{NGF}}$	31%
Tageslichtsysteme		Verdunklungsrollo
Tageslichtquotient, Referenzpunkte	$D_{m,Ref}$	1,4%



Tageslichtquotient in Raummitte	$D_{\text{Raummitte}}$	1,6%
Anteil der tageslichtversorgten Grundfläche	$A_{\text{TU}}/A_{\text{NGSF}}$	100%
Einstufung der Tageslichtversorgung	(Gut/Mittel/Gering/keine)	Gut
Tageslichtversorgungsfaktor	$C_{\text{TU,ver}}$	0,77

Aufgrund der großen Fensterflächen und des hochliegenden Fenstersturzes ist die Tageslichtversorgung trotz der verwendeten Sonnenschutzverglasung noch gut. Bei der Orientierung nach Nordost wird der Fachklassenraum im Sommer am Vormittag intensiv besonnt. Dennoch ist ein Sonnen- oder Blendschutzsystem nicht vorhanden. Der Verdunklungsbehang ist als Sonnenschutz nicht geeignet.

Tabelle 5: Eigenschaften der künstlichen Beleuchtung.

Regelkreise	1	2	3	4
Bezeichnung	Reihe am Fenster	Reihe an Flurwand	Mittelreihe	Tafelleuchten
Leistungsaufnahme	720 W	720 W	480 W	288 W
Tageslichtversorgungsfaktor	0,92	0,63	0,77	0,44
Kontrollsystem tageslichtabhängig	manuell	Manuell	manuell	manuell
Kontrollsystem präsenzabhängig	manuell	Manuell	manuell	manuell
Energiebedarf	398 kWh/a	579 kWh/a	525 kWh/a	274 kWh/a

Mit  $38,6 \text{ W/m}^2$  erscheint die spezifische installierte Leistung in dem Fachklassenraum sehr hoch zu sein. Zu beachten ist jedoch, dass die mittlere Leuchtenreihe nicht als Teil der Raumbeleuchtung konzipiert wurde. Die mittlere Leuchtenreihe ist dimmbar und ermöglicht es, den Raum während der Durchführung von Experimenten mit einer geringen Beleuchtungsstärke zu beleuchten. Die mittlere Leuchtenreihe wird somit alternativ und nicht gleichzeitig mit der Raumbeleuchtung betrieben. In technischer Hinsicht ist die Beleuchtungsanlage nicht mehr zeitgemäß. Die verwendeten reflektorlosen Leuchten haben einen geringen Betriebswirkungsgrad. Die konventionellen Betriebsgeräte und die veraltete Dimmtechnologie lassen die Beleuchtungsanlage in energetischer Hinsicht als inakzeptabel erscheinen.

Tabelle 6: Untersuchung von Optimierungsstrategien. Untersuchte Szenarien: S1: Neue Beleuchtungsanlage, S2: Zusätzlich tageslicht- und präsenzabhängige Regelung

	Bestand	S1	S2
Leistungsaufnahme	2528 W	660 W	660 W
Teilbetriebsfaktor Tageslicht	0,54	0,54	0,31
Teilbetriebsfaktor Präsenz	0,88	0,88	0,76
effektive Betriebsstunden	657 h	657 h	332 h
Energiebedarf (Raum)	1495 kWh/a	395 kWh/a	200 kWh/a
spezifischer Energiebedarf	$18,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$4,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$1,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Energiebedarf (Regelkreise)	1776 kWh/a	495 kWh/a	313 kWh/a

Energiekosten	266 €/a	74 €/a	47 €/a
Energiekostensparnis	-	192 €/a	219 €/a
Investitionskosten	-	2.700 €	3.570 €
Amortisationszeit	-	14 Jahre	16 Jahre

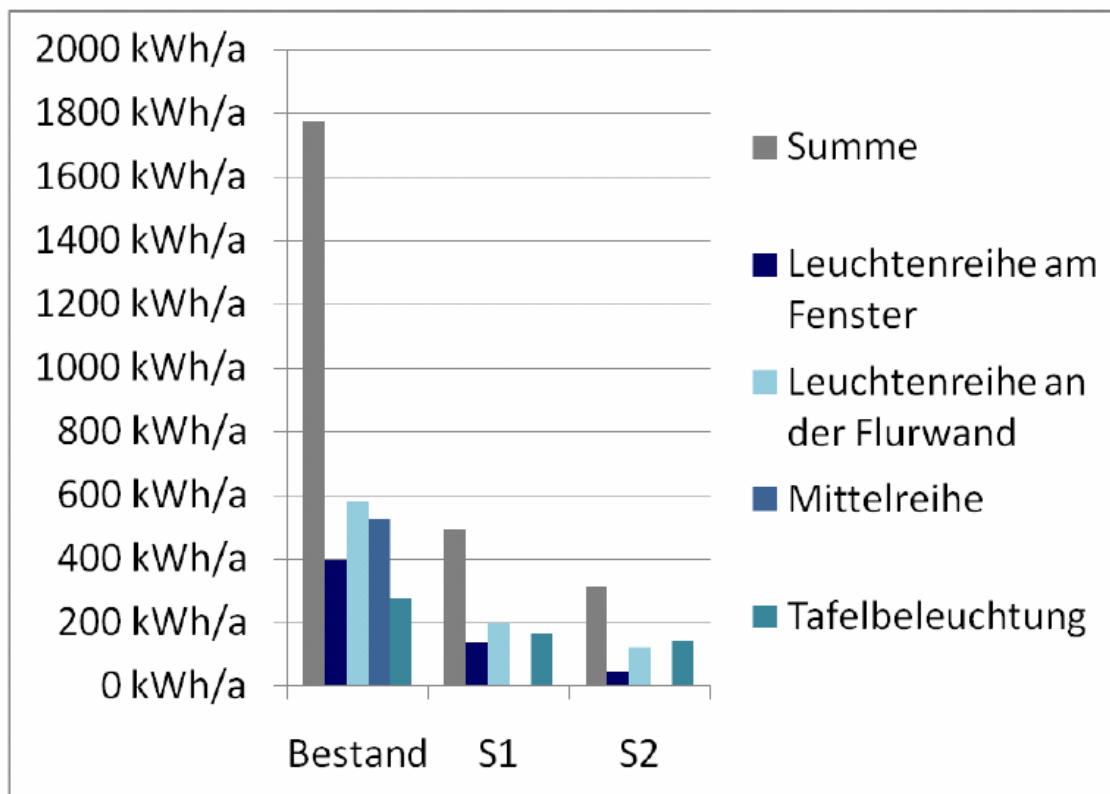


Abbildung 10: Jährlicher Energiebedarf des Fachklassenraumes und der einzelnen Regelkreise im Bestand und in den untersuchten Szenarien.

Die untersuchten Szenarien zeigen ein erhebliches Energieeinsparpotenzial, das zum größten Teil durch eine geringere installierte Leistung der künstlichen Beleuchtung, also durch eine neue Beleuchtungsanlage erschlossen werden kann. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass aufgrund des Teilbetriebes der Anlage im Bestand, der Energieverbrauch geringer sein dürfte als der berechnete Energiebedarf, da der Teilbetrieb in der Berechnung nicht berücksichtigt ist.

Mit Tageslicht- und präsenzabhängigen Kontrollsystemen lassen sich weitere Einsparpotenziale erschließen, so dass die Sanierung den Energiebedarf der Beleuchtung auf weniger als 20% des Bestandsniveaus senken kann. Da die Dimmbarkeit der Beleuchtung im Fachraum auch funktional erwünscht ist, sollte das Szenario 2 gewählt werden, die Amortisationszeit ist im Vergleich zu Szenario 1 nur geringfügig höher.

Ein Defizit der Beleuchtung des Fachraumes besteht darin, dass Sonnen- und Blendschutzsysteme fehlen. Das drückt sich jedoch nicht in einem höheren Energiebedarf sondern in einem geringen Komfort aus.

### 2.3. Große Sporthalle

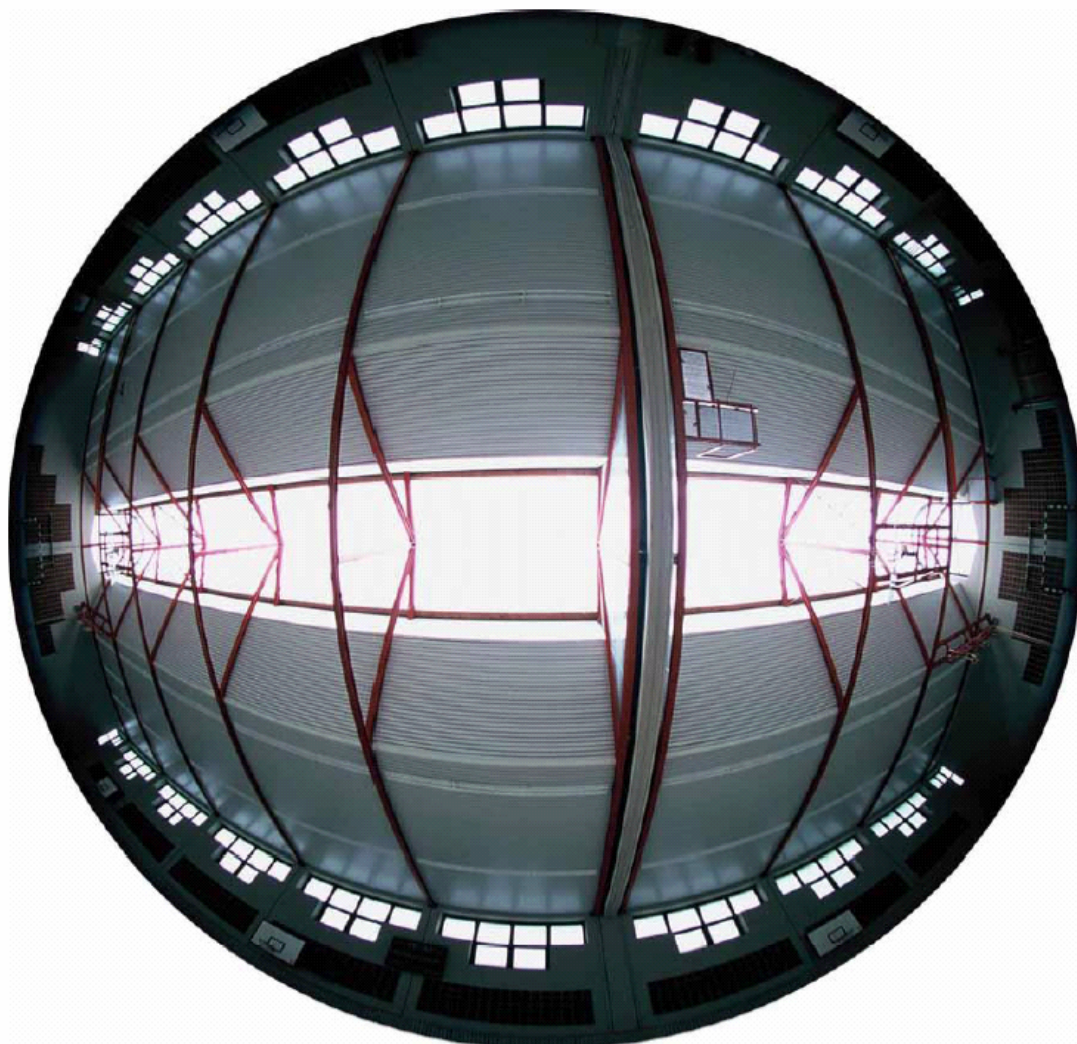


Abbildung 11: Innenraumaufnahme der großen Sporthalle.



Abbildung 12: Seitenfenster

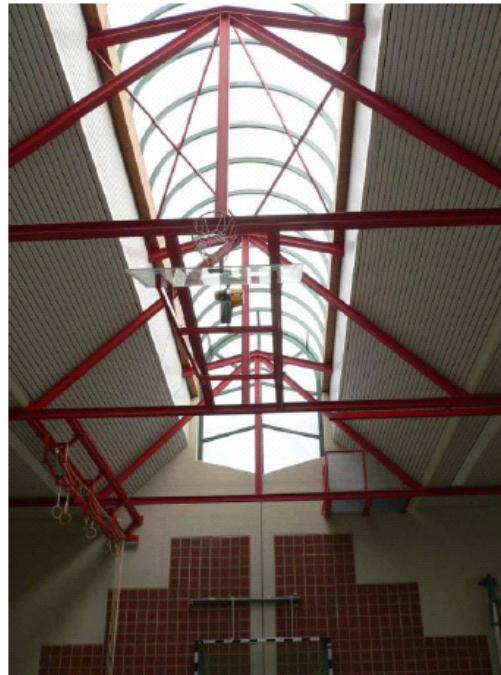


Abbildung 13: Oberlichtband

Die Halle wird aufgrund des Dachoberlichtes und der zusätzlichen, ebenfalls lichtstreuend verglasten Seitenfenster, gut mit Tageslicht versorgt. Die lichtstreuende Verglasung ist als feststehendes System funktional robust. Nachteilig sind jedoch die Möglichkeit der Blendung bei klarem Himmel und der große solare Wärmeeintrag aufgrund der unbeschatteten Oberlichtfläche.

Tabelle 7: Kenngrößen zur Tageslichtversorgung.

Raummaße	(Tiefe x Breite x Höhe)	45 m / 22 m / 7 m
Fensterfläche	$A_{\text{Fenster}}$	180,0 m <sup>2</sup>
Orientierung / Himmelsrichtung		0°
Fensterflächenanteil an der Fassade	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{Fassade}}$	18%
Fensterfläche/NGF	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{NGF}}$	18%
Tageslichtsysteme		lichtstreuende Verglasung,
Tageslichtquotient, Referenzpunkte	$D_{\text{TL,Ref}}$	0,0%
Tageslichtquotient in Raummitte	$D_{\text{Raummitte}}$	8,2%
Anteil der tageslichtversorgten Grundfläche	$A_{\text{TL}}/A_{\text{NGF}}$	100%
Einstufung der Tageslichtversorgung	(Gut/Mittel/Gering/keine)	Gut
Tageslichtversorgungsfaktor	$C_{\text{TL,Ver}}$	0,97

Tabelle 8: Eigenschaften der künstlichen Beleuchtung.

Regelkreise	1	2
Bezeichnung	Teilbetrieb 1	Teilbetrieb 2
Leistungsaufnahme	7236 W	7236 W
Tageslichtversorgungsfaktor	0,97	0,97

Kontrollsystem tageslichtabhängig	manuell	manuell
Kontrollsystem präsenzabhängig	manuell	manuell
Energiebedarf	16934 kWh/a	16934 kWh/a

Mit einer installierten spezifischen Leistung von 14,6 W/m<sup>2</sup> wird am Anfang des Wartungsintervalls eine Beleuchtungsstärke > 500 lx erreicht, mit dem die Halle der für lokales Wettkampfniveau definierten Klasse 2 entspricht. Im Trainings und Schulbetrieb ist jeweils nur die Hälfte der Lampen in Betrieb. Dabei kann jedes Sportfeld der Dreifachhalle separat geschaltet werden. Die Beleuchtung wird ausschließlich durch den Trainer bzw. Lehrer geschaltet. Bei einem energiebewussten Schaltverhalten kann das durch Tageslicht und Präsenz gegebene Einsparpotenzial bereits heute zu großen Teilen realisiert werden. Das individuelle Verhalten bildet das Berechnungsverfahren jedoch nicht ab, so dass die Vorhersagen hinsichtlich der Energieeffizienz von Maßnahmen an den Kontrollsystemen gegebenenfalls nicht eintreten.

**Tabelle 9: Untersuchung von Optimierungsstrategien. Untersuchte Szenarien: S1: Tageslichtabhängig stufenweise schalten, präsenzabhängig aus. S2: neue Beleuchtungsanlage, tageslichtabhängig gedimmt, präsenzabhängig aus.**

	Bestand	S1	S2
Leistungsaufnahme	14472 W	14472 W	9695 W
Teilbetriebsfaktor Tageslicht	0,42	0,29	0,14
Teilbetriebsfaktor Präsenz	0,85	0,72	0,72
effektive Betriebsstunden	2340 h	1698 h	1362 h
Energiebedarf (Raum)	33867 kWh/a	24571 kWh/a	13204 kWh/a
spezifischer Energiebedarf	34,2 kWh/m <sup>2</sup> a	24,8 kWh/m <sup>2</sup> a	13,3 kWh/m <sup>2</sup> a
Energiebedarf (Regelkreise)	33867 kWh/a	24571 kWh/a	13204 kWh/a
Energiekosten	5.080 €/a	3.686 €/a	1.981 €/a
Energiekostensparnis	-	1.394 €/a	3.100 €/a
Investitionskosten	-	4.430 €	24.630 €
Amortisationszeit	-	3 Jahre	8 Jahre

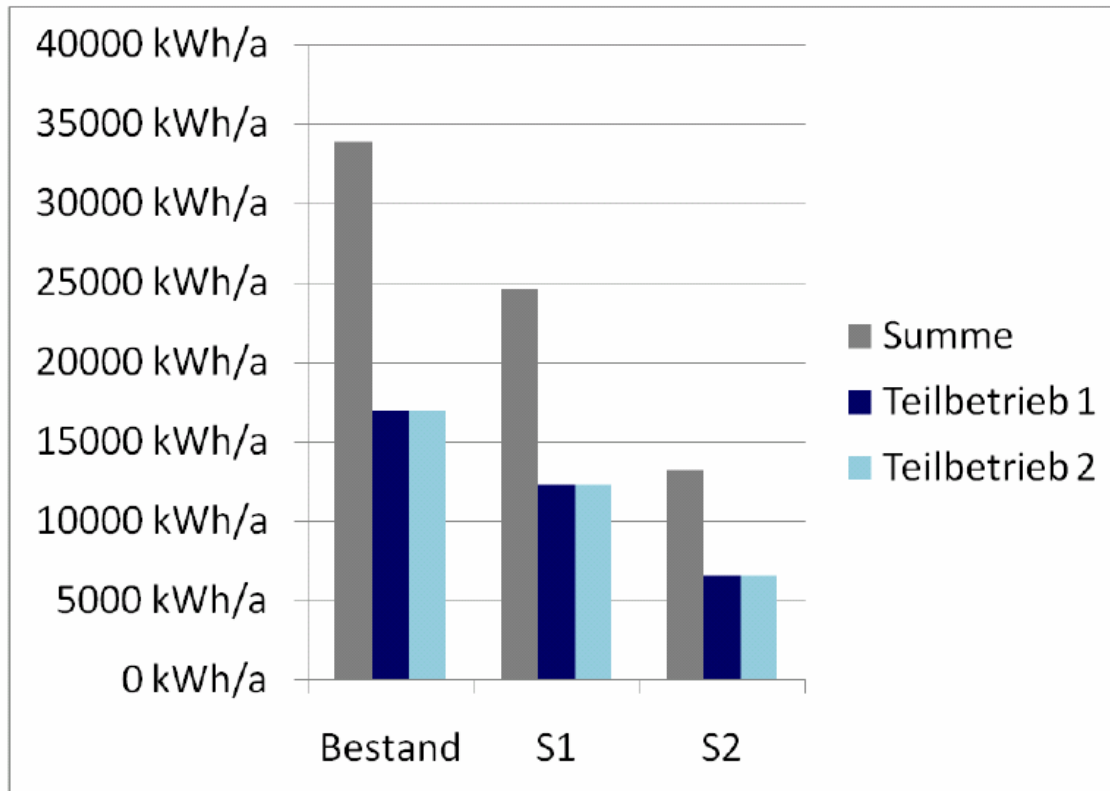


Abbildung 14: Jährlicher Energiebedarf des Klassenraumes und der einzelnen Regelkreise im Bestand und in den untersuchten Szenarien.

Aufgrund der langen Betriebszeiten des Nutzungsprofils „Sporthalle“ von 3002 Tagstunden und 1498 Nachtstunden sind Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz hier besonders wirtschaftlich. Die spezifische installierte Leistung ist im Trainingsbetrieb liegt mit  $0,5 \cdot 14,6 = 7,3 \text{ W/m}^2$  in einem akzeptablen Bereich. Effizienzsteigerungen können daher insbesondere durch die Kontrollsysteme der künstlichen Beleuchtung erreicht werden. Szenario 1 zeigt, dass das tageslicht- und präsenzabhängige Schalten der bestehenden Beleuchtungsanlage bereits zu erheblichen Einsparungen führt.

## 2.4. Sonstige Räume

### 2.4.1. Kleine Sporthalle

Im Unterschied zur großen Sporthalle, die durch Oberlicht beleuchtet wird, erhält die kleine Sporthalle Seitenlicht. Der Tageslichtquotient in der Raummitte wurde mit 1,4 % abgeschätzt. Die zweiseitige Tageslichtversorgung der kleinen Halle ermöglicht über weite Strecken des Jahres eine tageslichtautonome Beleuchtung. Die lichtstreuende Verglasung des nach Süd- Osten orientierten Fensterbandes ermöglicht das Ausblenden direkter Sonnenstrahlung ohne bewegliche Systeme. Die zweilampigen Leuchten können analog zur großen Halle im Trainingsbetrieb einlampig betrieben

werden. Die vorhandene Beleuchtungsanlage ist noch mit konventionellen Vorschaltgeräten ausgestattet. Mit einer neuen Beleuchtungsanlage könnte die installierte Leistung erheblich gesenkt werden.



Abbildung 15: Innenraumaufnahme der kleinen Sporthalle

#### 2.4.2. Aula

Die Aula ist mit ihrer Einteilung in Bühnen- und Zuschauerbereich für Aufführungen eingerichtet. Das trifft auch auf die Beleuchtung zu. Über dem Bühnenbereich befindet sich ein Oberlicht, das die Bühne mit Tageslicht versorgt, so dass ggf. ohne künstliche Beleuchtung geprobt werden kann. Außerhalb des Bühnenbereichs ist das Oberlicht nicht wirksam.

Die Aula wird gegenwärtig mit Glühlampen beleuchtet. Die Beleuchtung mit Glühlampen ist aus energetischer Sicht nicht akzeptabel. Dieses gilt umso mehr, als die Aula regelmäßig auch für Arbeiten genutzt wird. Die Nutzungszeit ist damit höher als bei einer reinen Nutzung als Veranstaltungsraum. Die zur Beleuchtung des Zuschauerraums geplante Beleuchtungsanlage dient bei Arbeiten zur Beleuchtung der Arbeitsplätze der Schüler. Als Arbeitsplatzbeleuchtung ist die Beleuchtungsanlage unbefriedigend. Zu kritisieren ist auch der fehlende Ausblick ins Freie. Der

dunkle Terra-Cotta Fußboden erscheint für Aufführungen zweckmäßig, für einen Arbeitsraum wäre ein hellerer Fußboden wünschenswert. Damit ist die Beleuchtung der Aula sowohl energetisch als auch qualitativ unbefriedigend. Im Vorfeld einer Sanierung ist zu klären, ob die Aula auch in Zukunft für Arbeiten genutzt werden soll, falls ja ist ein Ausblick ins Frei zu schaffen.

#### **2.4.3. Großer Musiksaal**

Neben der Aula wird auch der große Musiksaal durch Glühlampen beleuchtet. Aus energetischer Sicht ist diese Beleuchtung unbedingt zu sanieren.

#### **2.4.4. Flur im Fachtrakt**

Der Flur im Fachtrakt sowie die anhängenden Treppenräume werden je Geschoss durch 12 dreilampige Wannenleuchten beleuchtet. Diese Leuchten sind 2 Schaltbereichen zugeordnet. Während 6 Leuchten in dem nicht tageslichtversorgten zentralen Flurbereich während der Öffnungszeit ständig eingeschaltet sind, werden die Leuchten im Treppenbereich durch die Nutzer eingeschaltet, so dass das hier vorhandene Tageslicht genutzt werden kann. Der ständige Betrieb der Beleuchtung im zentralen Flurbereich kann durch Präsenzmelder reduziert werden. In den tageslichtversorgten Bereichen der Treppenräume sollte zusätzlich tageslichtabhängig ausgeschaltet werden.



### 3. Haupt- und Realschule Seesen

Die Haupt- und Realschule Seesen ist ein kompakter Baukörper mit einem hohen Anteil innenliegender fensterferner Bereiche ohne Tageslichtversorgung. Die Klassenräume haben eine große Raamtiefe und können nicht als ausreichend mit Tageslicht versorgt gelten. Eine Sanierung der Schule muss diese Defizite durch tiefgreifende bauliche Einschnitte lösen, um in der Schule eine qualitätvolle Beleuchtung zu ermöglichen. Eine Sanierung allein der Systeme der künstlichen Beleuchtung könnte zwar energetisch effizient sein, wäre in qualitativer Hinsicht jedoch nicht ausreichend.

#### 3.1. Stammklassenraum 16 im 2.OG



Abbildung 16: Lage des zur Untersuchung ausgewählten Standardklassenraumes 16 im 2.OG

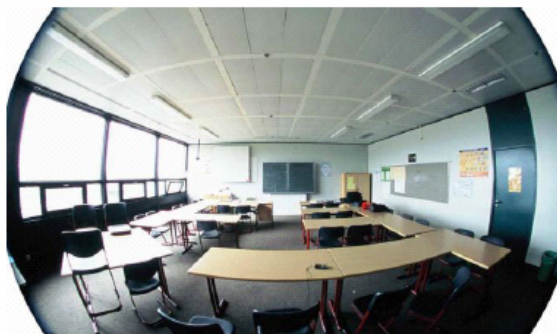


Abbildung 17: Innenraumaufnahme

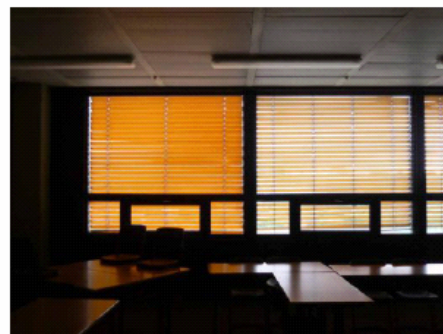


Abbildung 18: Außen liegender Lamellenraffstore

Tabelle 10: Kenngrößen zur Tageslichtversorgung.

Raummaße	(Tiefe x Breite x Höhe)	8,38 m / 5,84 m / 2,98 m
Fensterfläche	$A_{\text{Fenster}}$	11,3 m <sup>2</sup>
Orientierung / Himmelsrichtung		158°
Fensterflächenanteil an der Fassade	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{Fassade}}$	65%
Fensterfläche/NGF	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{NGF}}$	23%
Tageslichtsysteme		Außenraffstore, Vorhang (demontiert), ,
Tageslichtquotient, Referenzpunkte	$D_{\text{m,Ref}}$	1,4%
Tageslichtquotient in Raummitte	$D_{\text{Raummitte}}$	1,6%
Anteil der tageslichtversorgten Grundfläche	$A_{\text{TL}}/A_{\text{NGF}}$	66%
Einstufung der Tageslichtversorgung	(Gut/Mittel/Gering/keine)	Gut
Tageslichtversorgungsfaktor	$C_{\text{TL,ver}}$	0,78

Der Innenraum zerfällt in einen Fassadennahen, mit Tageslicht versorgten Bereich, und einen Innenbereich, der nur wenig Tageslicht erhält. Damit kann der Gesamttraum nicht als tageslichtversorgt eingestuft werden. Der manuell bediente Außenraffstore ist nicht geeignet, das in der Raumtiefe vorhandene Defizit der Tageslichtversorgung bei besonnener Fassade zu kompensieren. Da eine strahlungsabhängige Automatik fehlt, wird der Sonnenschutz bei bedecktem Himmel nicht selbsttätig zurückgezogen.

Tabelle 11: Eigenschaften der künstlichen Beleuchtung.

Regelkreise	1	2	3
Bezeichnung	3 Leuchten (Raumquerschnitt / Tafelfern)	4 Leuchten (Raumtiefe / Tafelseite)	2 Leuchten (Fenster / 1
Leistungsaufnahme	288 W	384 W	192 W
Tageslichtversorgungsfaktor	0,42	0,42	0,83
Kontrollsystem tageslichtabhängig	Manuell	Manuell	manuell
Kontrollsystem präsenzabhängig	Manuell	Manuell	manuell
Energiebedarf	317 kWh/a	423 kWh/a	106 kWh/a

Die spezifische installierte Leistung erscheint mit 13,5 W/m<sup>2</sup> im Verhältnis zum Anlagenalter vergleichsweise gering. Dabei wird die Beleuchtungsstärke von 300 lx jedoch nur bei kurzen Wartungsintervallen nicht unterschritten. Die vergleichsweise geringe installierte Leistung ergibt sich also aus einem Verfehlen der Behaglichkeitsanforderungen. Mit dem vorhandenen manuellen Kontrollsystem werden die durch Tageslicht und Präsenz möglichen Einsparpotenziale nicht erzielt.

Tabelle 12: Untersuchung von Optimierungsstrategien. Untersuchte Szenarien: **S1**: neue Beleuchtungsanlage, präsenzabhängig aus, Außenraffstore automatisch. Die Kosten des Außenraffstores wurden aufgrund eines Hinweises bei dem Kolloquium nicht berücksichtigt, da es sich um eine Ohnehin-Maßnahme handelt. **S2**: Wie **S1**, zusätzlich tageslichtabhängig gedimmt und lichtlenkendes Tageslichtsystem. Bei dem Außenraffstore wurden nur die durch die lichtlenkende Funktion bedingten zusätzlichen Kosten berücksichtigt.

	Bestand	S1	S2
Leistungsaufnahme	910 W	559 W	559 W
Teilbetriebsfaktor Tageslicht	0,64	0,54	0,27
Teilbetriebsfaktor Präsenz	0,88	0,76	0,76
effektive Betriebsstunden	784 h	573 h	287 h
Energiebedarf (Raum)	836 kWh/a	325 kWh/a	236 kWh/a
spezifischer Energiebedarf	12,8 kWh/m <sup>2</sup> a	5,0 kWh/m <sup>2</sup> a	3,6 kWh/m <sup>2</sup> a
Energiebedarf (Regelkreise)	861 kWh/a	420 kWh/a	350 kWh/a
Energiekosten	129 €/a	63 €/a	52 €/a
Energiekostensparnis	-	66 €/a	77 €/a
Investitionskosten	-	2.110 €	3.966 €
Amortisationszeit	-	32 Jahre	52 Jahre

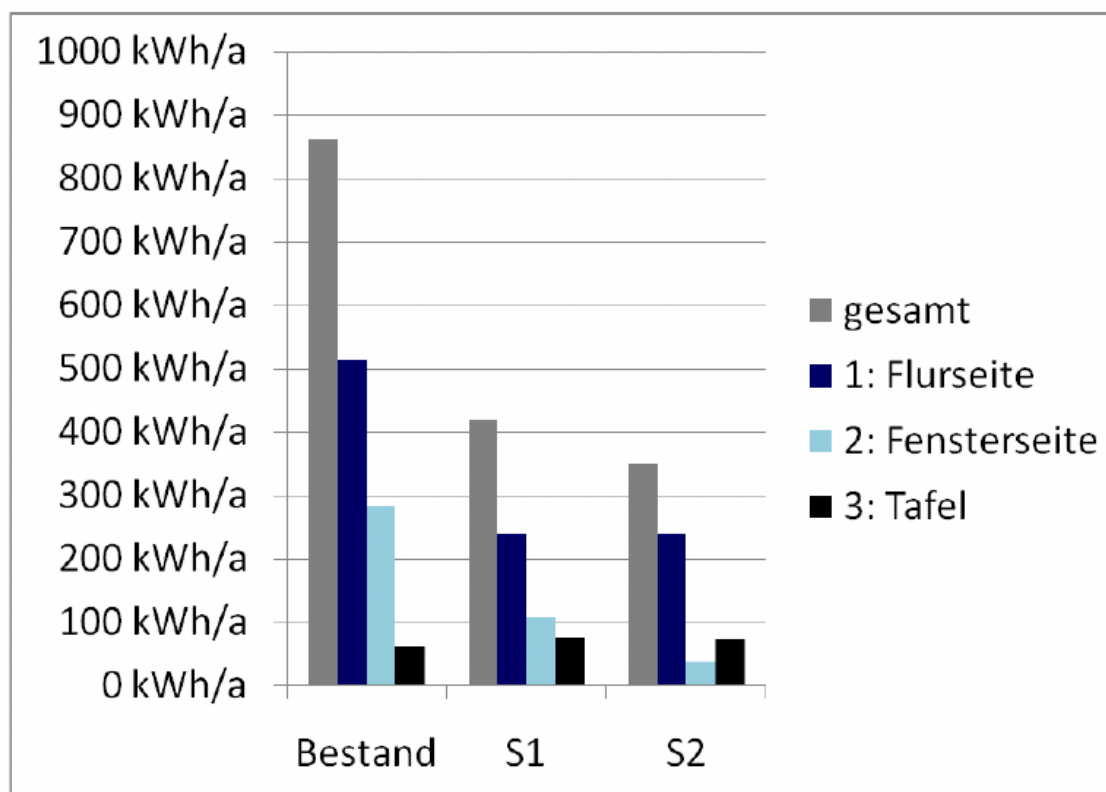


Abbildung 19: Jährlicher Energiebedarf des Klassenraumes und der einzelnen Regelkreise im Bestand und in den untersuchten Szenarien.

Die vorhandene Beleuchtungsanlage wird als nicht sanierungsfähig eingeschätzt und daher durch eine neue Anlage ersetzt. Aufgrund der großen Raumtiefe ist das Einsparpotenzial aus Tageslicht in

der Raumtiefe begrenzt. Eine wirksame Optimierung sollte sowohl am Tageslichtsystem ansetzen, als auch an der künstlichen Beleuchtung. Zur Steigerung des Lernerfolgs ist ggf. eine deutlich erhöhte Beleuchtungsstärke sinnvoll. Im Sinne des Lernerfolgs erscheinen die Unterdimensionierung der vorhandenen Beleuchtungsanlage und die defizitäre Tageslichtversorgung in der Raumtiefe kritisch.

Trotz einer Halbierung der Energiekosten durch die mit dem Szenario S1 verbundenen Maßnahmen, rechtfertigen die langen Amortisationszeiten diese Maßnahmen allein aufgrund der Verbesserung der Energieeffizienz nicht. Jedoch ist die Beleuchtung des untersuchten Klassenraums im Bestand insgesamt defizitär und eine Sanierung damit auch aus qualitativer Sicht dringend geboten. Die hier diskutierten Maßnahmen können dabei das eigentliche Defizit, die zu große Raumtiefe, die eine Beleuchtung durch Tageslicht in der Raumtiefe nicht zulässt, nicht beseitigen. Bei einer Sanierung sollte erwogen werden, den Raumzuschnitt zu ändern, so dass der Klassenraum nicht 8,4 m sondern lediglich 6 m tief ist. Hierdurch könnte die Tageslichtversorgung erheblich verbessert werden.

### 3.2. Pausenhalle EG



Abbildung 20: Pausenhalle im EG

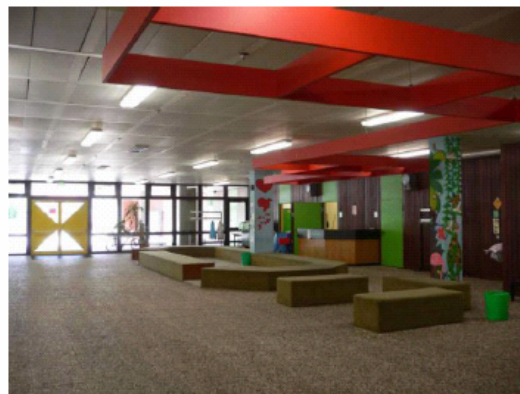


Abbildung 21: Pausenhalle im EG

Trotz ihres hohen Stellenwertes im Entwurfskonzept macht die zentral gelegene Eingangs- und Pausenhalle im EG einen wenig attraktiven Eindruck. Es fehlt Tageslicht und ein ausreichender Sichtkontakt ins Freie. Die Pausenhalle ist als Aktivitätsbereich gestaltet, die gegenwärtige Beleuchtungsanlage erlaubt bei einer spezifischen installierten Leistung von  $10 \text{ W/m}^2$  jedoch nur eine mittlere Beleuchtungsstärke von etwa  $200 \text{ lx}$ . Diese Beleuchtungsstärke ist für einen Aktivitätsraum gering, für einen Verkehrsraum zu hoch. Die gegenwärtige Einteilung der Schaltbereiche stimmt nicht mit den Tageslichtbereichen überein, so dass das teilweise vorhandene Tageslicht energetisch nicht genutzt wird. Mit der Möglichkeit, nur einen Teil der Leuchten zu betreiben, kann auf Zeiträume, in denen die Pausenhalle tatsächlich nur ein Verkehrsraum ist, eingegangen werden.

Tabelle 13: Kenngrößen zur Tageslichtversorgung.

Raummaße	(Tiefe x Breite x Höhe)	25,2 m / 45,36 m / 3 m
Fensterfläche	$A_{\text{Fenster}}$	68,4 m <sup>2</sup>
Orientierung / Himmelsrichtung		136°
Fensterflächenanteil an der Fassade	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{Fassade}}$	50%
Fensterfläche/NGF	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{NGF}}$	6%
Tageslichtsysteme		-
Tageslichtquotient, Referenzpunkte	$D_{\text{m,Ref}}$	-
Tageslichtquotient in Raummitte	$D_{\text{Raummitte}}$	-
Anteil der tageslichtversorgten Grundfläche	$A_{\text{TL}}/A_{\text{NGF}}$	19%
Einstufung der Tageslichtversorgung	(Gut/Mittel/Gering/keine)	Gering
Tageslichtversorgungsfaktor	$C_{\text{TL,Ver}}$	0,45

Die Fensterfronten sind durch überstehende Bauteile verbaut. Ein geringer Teil der Grundfläche der Pausenhalle wird in einem geringen Umfang mit Tageslicht versorgt. Gleichwohl sind der durch Tageslicht beleuchtete Randstreifen und insbesondere der Ausblick ins Freie für die Raumwahrnehmung wichtig. Den Charakter des innen liegenden Raumes können sie der Pausenhalle jedoch nicht nehmen. Im Zuge einer Sanierung wäre es wünschenswert, die Pausenhalle als Tageslichtraum zu entwickeln indem z.B. ausreichend große Lichthöfe geschaffen werden.

Tabelle 14: Eigenschaften der künstlichen Beleuchtung.

Regelkreise	1	2	3	4
Bezeichnung	Pausenhalle-Leuchtengruppe A	Pausenhalle-Leuchtengruppe B	Treppenbereich	sep. Schaltbereich in der Raumtiefe
Leistungsaufnahme	3312 W	3312 W	4320 W	576 W
Tageslichtversorgungsfaktor	0,00	0,00	0,00	0,00
Kontrollsystem tageslichtabhängig	manuell	manuell	manuell	manuell
Kontrollsystem präsenzabhängig	manuell	manuell	manuell	manuell
Energiebedarf	9758 kWh/a	9758 kWh/a	3485 kWh/a	871 kWh/a

Tabelle 15: Untersuchung von Optimierungsstrategien. Untersuchte Szenarien: S1: Beleuchtungsanlage und Regelbereiche neu

	Bestand	S1
Leistungsaufnahme	19484 W	9689 W
Teilbetriebsfaktor Tageslicht	0,78	0,78
Teilbetriebsfaktor Präsenz	0,88	0,88
effektive Betriebsstunden	951 h	951 h
Energiebedarf (Raum)	13513 kWh/a	6716 kWh/a
spezifischer Energiebedarf	11,8 kWh/m <sup>2</sup> a	5,9 kWh/m <sup>2</sup> a
Energiebedarf (Regelkreise)	23873 kWh/a	11394 kWh/a
Energiekosten	3.581 €/a	1.709 €/a

Energiekostensparnis	-	1.872 €/a
Investitionskosten	-	21.500 €
Amortisationszeit	-	11 Jahre

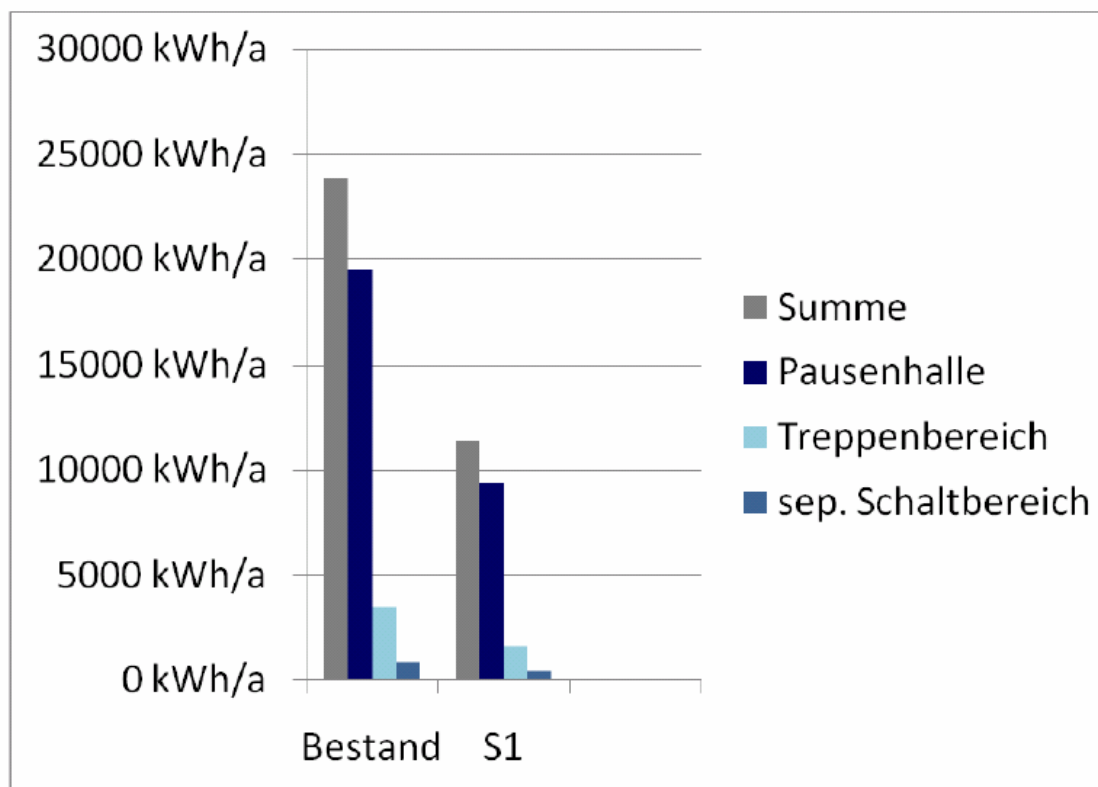


Abbildung 22: Jährlicher Energiebedarf des Klassenraumes und der einzelnen Regelkreise im Bestand und in den untersuchten Szenarien.

Da ein Aktivitätsraum eine hohe Beleuchtungsstärke haben sollte, ein Verkehrsweg jedoch eine geringe Beleuchtungsstärke haben kann, bietet es sich an, die Pausenhalle während der Pausen mit einer hohen Beleuchtungsstärke zu beleuchten, außerhalb der Pausen jedoch lediglich eine Orientierungsbeleuchtung ggf. mit heller beleuchteten Inseln vorzusehen. Im Sinne der neueren Erkenntnisse der biologischen Wirksamkeit von Licht kann die Pausenbeleuchtung dabei einen erhöhten Blauanteil haben, sie sollte dann jedoch nur tagsüber betrieben werden.

Mit einer neuen Beleuchtungsanlage kann die installierte Leistung halbiert werden. Das Tageslichtpotenzial ist zwar gering, sollte jedoch trotzdem genutzt werden. Hierfür sind die fensternahen Leuchten tageslichtabhängig zu regeln.

Um die Pausenhalle hinsichtlich der Beleuchtung wirklich zu sanieren, ist jedoch die Schaffung größerer Lichthöfe erforderlich.

### 3.3. Sonstige Räume

#### 3.3.1. Kleiner Hörsaal Nr. 95 im UG

Der kleine Hörsaal ist ein innen liegender Fachraum. Aus heutiger Sicht ist die Schaffung eines solchen fensterlosen Fachklassenraumes in einer Haupt- und Realschule fragwürdig. Die installierte Leistung der neu eingebauten Beleuchtungsanlage ist mit  $15,7 \text{ W/m}^2$  bei einer Beleuchtungsstärke von ca.  $340 \text{ lx}$  am Anfang des Wartungsintervalls (ermittelt nach dem Wirkungsgradverfahren) vergleichsweise hoch. Generell muss die künstliche Beleuchtung in einem fensterlosen Raum jedoch mehr leisten als in einem Raum, in dem sie lediglich fehlendes Tageslicht ersetzt, so dass eine höhere installierte Leistung, wenn sie zur Schaffung von Beleuchtungsqualität dient, gerechtfertigt werden kann. Die dunklen Wände sind beleuchtungstechnisch ungünstig, können als Teil des Architekturkonzeptes jedoch nicht geändert werden.



Abbildung 23: Innenraumaufnahme kleiner Hörsaal



Abbildung 24: Innenraumaufnahme kleiner Hörsaal

#### 3.3.2. Chemieraum 107 im UG

Mit einer Raumtiefe von mehr als  $10 \text{ m}$  kann der Chemieraum nur im Fassadenbereich mit Tageslicht versorgt werden. Im fensterfernen Bereich benötigt er eine ständige Tageslichtergänzungsbeleuchtung. Die Orientierung des Raumes, bei der der Lehrer bzw. die Lehrerin in Richtung des Fensters blickt und somit geblendet wird und die Schüler nicht genau erkennt, die Schüler andererseits in der Tafel die Spiegelung des Fensters sehen und nicht lesen können, was dort geschrieben steht, ist äußerst ungünstig. Die Tageslichtbeleuchtung des Chemieraums ist damit außerordentlich schlecht. Die künstliche Beleuchtung hat eine installierte Leistung von mehr als  $23 \text{ W/m}^2$  und liegt damit sehr hoch. Diese hohe installierte Leistung zeigt die Sanierungsnotwendigkeit an. Teilweise werden zur Tafelbeleuchtung noch Glühlampen eingesetzt, hier besteht ein unmittelbarer Handlungsbedarf. Die Schaltbereiche sind ungünstig angeordnet, da sie nicht erlauben, die fassadennahen Leuchten separat zu schalten und dadurch das dort vorhandene Tageslicht zu nutzen. Um die oben genannten Probleme der Blendung zu lösen dürfte die Außenjalousie häufig zum Abschirmen des Tageslichts verwendet werden, da aufgrund der

ungünstigen Raumorientierung andernfalls die visuellen Bedingungen unzureichend sind. Eine Sanierung der künstlichen Beleuchtung allein kann hier noch keine akzeptable Lösung schaffen. Erforderlich sind ein neuer Raumzuschnitt mit einer geringeren Raumtiefe und eine veränderte Raumorientierung bei der die Blickrichtung der Schüler auch die Tafel parallel zu der Fassade liegt. Auch die Schaffung einer zweiten Orientierung z.B. durch Lichthöfe erscheint wünschenswert und möglich.



Abbildung 25: Innenraumaufnahme Chemieraum, Blick von der Fensterseite



Abbildung 26: Innenraumaufnahme Chemieraum, Blick von der Tafelseite

### 3.3.3. Flure und Erschließungsbereiche

Im Flurbereich wurde teilweise eine installierte Leistung  $> 10 \text{ W/m}^2$  ermittelt. Mit dem Wirkungsgradverfahren wurden bereichsweise Beleuchtungsstärken der Neuanlage  $> 150 \text{ lx}$  sowie von  $100 \text{ lx}$  am Ende des Wartungsintervalls ermittelt. Zu großen Teilen sind die Verkehrsflächen während der Schulzeit durchgängig künstlich beleuchtet. Es besteht ein erhebliches Einsparpotenzial durch Neueinteilung der Schaltbereiche und die Installation von Präsenzdetectoren. Tagsüber sollten nur in die innen liegenden fensterlosen Erschließungsbereiche beleuchtet werden. Da sich in weiten Bereichen der Schule nur temporär Menschen aufhalten, kann durch präsenzabhängiges Schalten ein erhebliches Einsparpotenzial erschlossen werden. Mit einer neuen Beleuchtungsanlage könnte die installierte Leistung und damit der Energiebedarf in diesen Bereichen noch einmal halbiert werden.



#### 4. Haupt- und Realschule Liebenburg

Die Haupt- und Realschule Liebenburg ist geprägt durch einen hohen Anteil innen liegender Verkehrs- und Aufenthaltsflächen, die kein bzw. wenig Tageslicht erhalten und u.a. aufgrund einer qualitativ und energetisch nicht überzeugenden künstlichen Beleuchtung eine geringe Attraktivität aufweisen. Die Klassenräume haben eine größere Raumtiefe als bei einseitiger Seitenlichtbeleuchtung wünschenswert ist. Um eine qualitätvolle Beleuchtung zu schaffen, sind daher bauliche Maßnahmen erforderlich, die die Innenbereiche mit Tageslicht versorgen.

##### 4.1. Stammklassenraum 17 im 1.OG



Abbildung 27: Lage des zur Untersuchung ausgewählten Standardklassenraumes 17 in der Haupt- und Realschule Liebenburg



Abbildung 28: Innenraumaufnahme bei Tageslicht

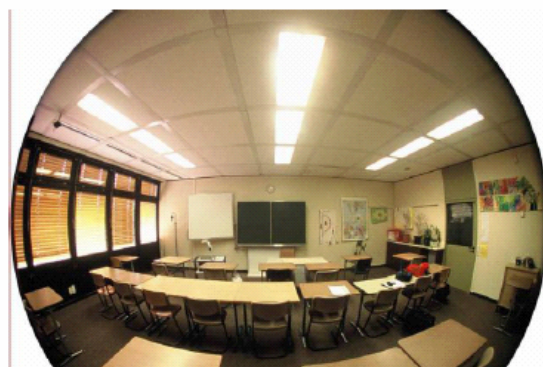


Abbildung 29: Innenraumaufnahme mit Sonnenschutz und künstlichem Licht.

Tabelle 16: Kenngrößen zur Tageslichtversorgung.

Raummaße	(Tiefe x Breite x Höhe)	8,38 m / 5,84 m / 2,98 m
Fensterfläche	$A_{\text{Fenster}}$	11,3 m <sup>2</sup>
Orientierung / Himmelsrichtung		158°
Fensterflächenanteil an der Fassade	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{Fassade}}$	65%
Fensterfläche/NGF	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{NGF}}$	23%
Tageslichtsysteme		Außenraffstore, Vorhang (demontiert)
Tageslichtquotient, Referenzpunkte	$D_{\text{m,Ref}}$	1,4%
Tageslichtquotient in Raummitte	$D_{\text{Raummitte}}$	1,6%
Anteil der tageslichtversorgten Grundfläche	$A_{\text{TL}}/A_{\text{NGF}}$	66%
Einstufung der Tageslichtversorgung	(Gut/Mittel/Gering/keine)	Gut
Tageslichtversorgungsfaktor	$C_{\text{TL,Ver}}$	0,78

Aufgrund seiner großen Raumtiefe wird der Stammklassenraum im flurseitigen Raumbereich nicht mit Tageslicht versorgt. Der vorhandene, manuell bediente Außenraffstore ist nicht geeignet, dieses Defizit zu kompensieren.

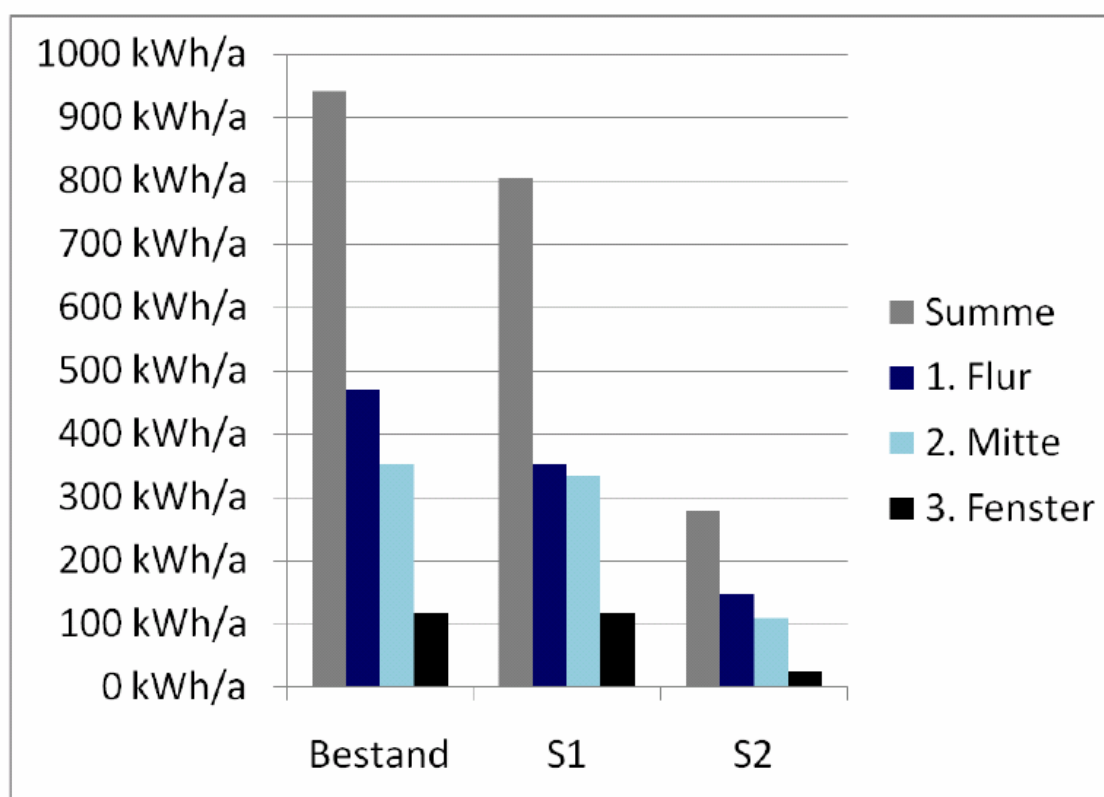
Tabelle 17: Eigenschaften der künstlichen Beleuchtung.

Regelkreise	1	2	3
Bezeichnung	3 Leuchten (Raumquerschnitt / Tafelfern)	4 Leuchten (Raumtiefe / Tafelseite)	2 Leuchten (Fenster / Tafelseite)
Leistungsaufnahme	288 W	384 W	192 W
Tageslichtversorgungsfaktor	0,42	0,42	0,83
Kontrollsystem tageslichtabhängig	manuell	manuell	manuell
Kontrollsystem präsenzabhängig	manuell	manuell	manuell
Energiebedarf	317 kWh/a	423 kWh/a	106 kWh/a

Die vergleichsweise hohe installierte Leistung spezifische installierte Leistung von 17,7 W/m<sup>2</sup> ist auf die geringe Energieeffizienz der Leuchten und eine leichte Überdimensionierung der Beleuchtungsanlage zurückzuführen. Die Einteilung der Regelkreise ist, wenn vorausgesetzt wird, dass in dem gesamten Raum eine Beleuchtungsstärke von 300 lx bereitgestellt werden soll energetisch ineffizient. Das manuelle Kontrollsystem nutzt die gegebenen Einsparpotenziale nicht aus.

**Tabelle 18: Untersuchung von Optimierungsstrategien. Untersuchte Szenarien: S1: Neueinteilung der Regelkreise, S2: Zusätzlich: Neue Beleuchtungsanlage, tageslicht- und präsenzabhängig geregelt.**

	Bestand	S1	S2
Leistungsaufnahme	864 W	864 W	410 W
Teilbetriebsfaktor Tageslicht	0,53	0,53	0,34
Teilbetriebsfaktor Präsenz	0,88	0,88	0,76
effektive Betriebsstunden	652 h	652 h	364 h
Energiebedarf (Raum)	734 kWh/a	734 kWh/a	248 kWh/a
spezifischer Energiebedarf	15,0 kWh/m <sup>2</sup> a	15,0 kWh/m <sup>2</sup> a	5,1 kWh/m <sup>2</sup> a
Investitionskosten	-	200 €	3.285 €
Amortisationszeit	-	10 Jahre	33 Jahre



**Abbildung 30: Jährlicher Energiebedarf des Klassenraumes und der einzelnen Regelkreise im Bestand und in den untersuchten Szenarien.**

Aufgrund der großen Raumtiefe ist das Einsparpotenzial aus Tageslicht im Stammklassenraum begrenzt. Die Schaltbereiche sind hinsichtlich der Tageslichtnutzung nicht vernünftig angeordnet. Allein durch die Neueinteilung der Schaltbereiche in drei zu der Fassade parallel verlaufende Reihen kann ein Einsparpotenzial erschlossen werden. Mit einer neuen Beleuchtungsanlage kann die spezifische installierte Leistung halbiert werden. Durch eine neue Beleuchtungsanlage mit tageslicht- und präsenzabhängigen Kontrollsystemen kann der Energiebedarf auf weniger als ein Drittel des

Bestands gesenkt werden. Aufgrund der vergleichsweise geringen Nutzungsstunden im Stammklassenraum ist die Amortisationszeit trotz dieser erheblichen Energieeinsparung jedoch vergleichsweise lang. Unabhängig von dieser energetischen Dimension kann ein qualitativvoller Klassenraum nur durch eine grundlegende Verbesserung der Tageslichtversorgung, z.B. durch eine zweiseitige Beleuchtung durch zusätzliche Oberlichter geschaffen werden.

#### 4.2. Sporthalle



Abbildung 31: Innenraumaufnahme bei Tageslicht

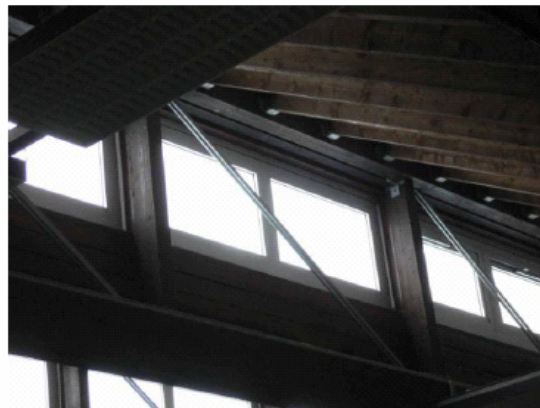


Abbildung 32: Innenraumaufnahme der Nordsheds

Tabelle 19: Kenngrößen zur Tageslichtversorgung.

Raummaße	(Tiefe x Breite x Höhe)	25 m / 42 m / 7,1 m
Fensterfläche	$A_{\text{Fenster}}$	348,7 m <sup>2</sup>
Orientierung / Himmelsrichtung		338°
Fensterflächenanteil an der Fassade	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{Fassade}}$	33%
Fensterfläche/NGF	$A_{\text{Fenster}}/A_{\text{NGF}}$	33%
Tageslichtsysteme		Nordshed, lichtstreuend
Tageslichtquotient, Referenzpunkte	$D_{\text{m,Ref}}$	0,0%
Tageslichtquotient in Raummitte	$D_{\text{Raummitte}}$	3,6%
Anteil der tageslichtversorgten Grundfläche	$A_{\text{TL}}/A_{\text{NGF}}$	100%
Einstufung der Tageslichtversorgung	(Gut/Mittel/Gering/keine)	Gering
Tageslichtversorgungsfaktor	$C_{\text{TL,ver}}$	0,23

Mit einem mittleren Tageslichtquotienten von unter 4% liegt das Niveau der Tageslichtbeleuchtung in der Sporthalle geringer als wünschenswert. Der hohe Sprossenanteil und die dunklen Balken im Dachbereich tragen zur Verminderung des Beleuchtungsniveaus bei. Durch die Shedbeleuchtung ergibt sich eine Lichtrichtung im Innenraum, die dazu führt, dass die südliche Giebelwand hell erscheint, während die nördliche Giebelwand dunkel erscheint. Diese einseitige Lichtrichtung ist bei

einer Spielrichtung in der Längsachse der Halle kritisch, die nach Süden spielende Mannschaft wird immer im Vorteil gegenüber der nach Norden spielenden Mannschaft sein. Bei einer Teilung der Halle ist das weniger kritisch, da das Licht dann seitlich zur Spielrichtung einfällt und keine Mannschaft benachteiligt.

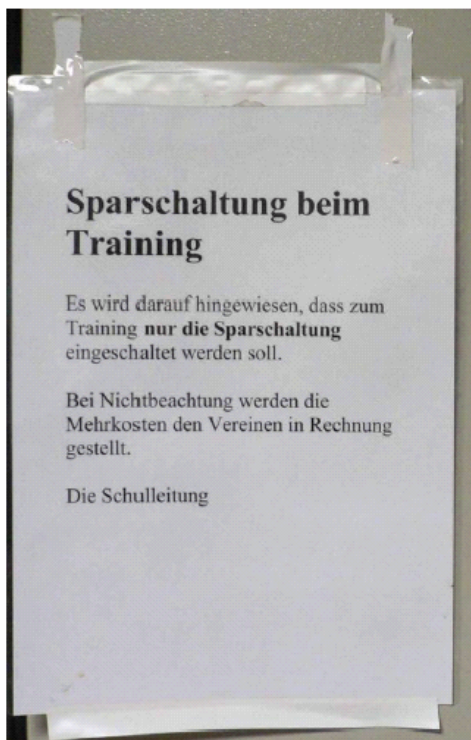


Abbildung 33: Hinweis zur Nutzung der künstlichen Beleuchtung

Abbildung 34: Schalttableau der künstlichen Beleuchtung

Tabelle 20: Eigenschaften der künstlichen Beleuchtung.

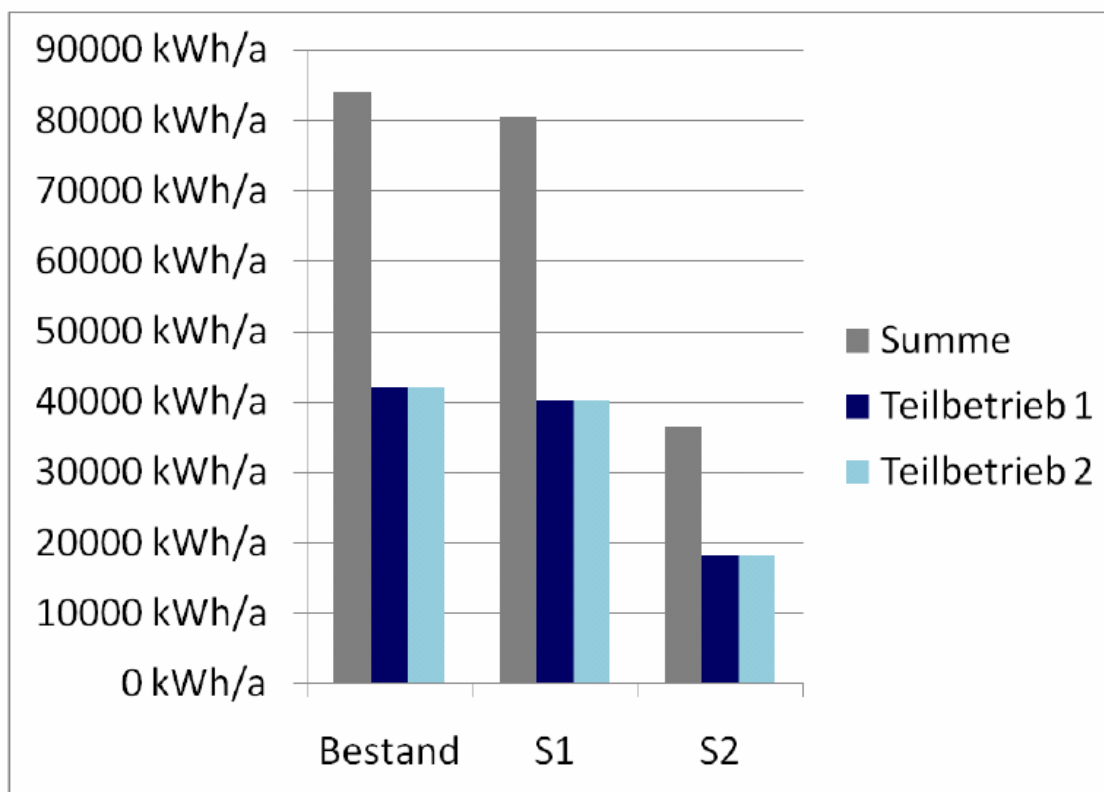
Regelkreise	1	2	3
Bezeichnung	Halle 1	Halle 2	Halle 3
Leistungsaufnahme	8400 W	8400 W	8400 W
Tageslichtversorgungsfaktor	0,23	0,23	0,23
Kontrollsystem tageslichtabhängig	manuell	manuell	Manuell
Kontrollsystem präsenzabhängig	manuell	manuell	Manuell
Energiebedarf	29665 kWh/a	29665 kWh/a	29665 kWh/a

Mit 24 W/m<sup>2</sup> erscheint die spezifische installierte Leistung hoch zu sein, hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass hiermit Beleuchtungsstärken von deutlich über 500 lx erzeugt werden, so dass die Halle wettkampftauglich ist. Für den Trainingsbetrieb wird jeweils nur die Hälfte der Leuchten

betrieben, so dass der Energiebedarf tatsächlich nur die Hälfte des unten ausgewiesenen Wertes beträgt und sich die in Tabelle 21 angegebenen Amortisationszeiten demzufolge verdoppeln.

**Tabelle 21: Untersuchung von Optimierungsstrategien. Untersuchte Szenarien: S1: Tageslichtabhängig in Stufen Schalten, S2: Neue Beleuchtungsanlage tageslichtabhängig Dimmen**

	Bestand	S1	S2
Leistungsaufnahme	25200 W	25200 W	11878 W
Teilbetriebsfaktor Tageslicht	0,89	0,85	0,82
Teilbetriebsfaktor Präsenz	0,85	0,85	0,85
effektive Betriebsstunden	3532 h	3444 h	3367 h
Energiebedarf (Raum)	88995 kWh/a	86777 kWh/a	33335 kWh/a
spezifischer Energiebedarf	84,8 kWh/m <sup>2</sup> a	82,6 kWh/m <sup>2</sup> a	31,7 kWh/m <sup>2</sup> a
Energiebedarf (Regelkreise)	84173 kWh/a	80507 kWh/a	36462 kWh/a
Energiekosten	12.626 €/a	12.076 €/a	5.469 €/a
Energiekostensparnis	-	550 €/a	7.157 €/a
Investitionskosten	-	4.250 €	33.250 €
Amortisationszeit	-	8 Jahre	5 Jahre



**Abbildung 35: Jährlicher Energiebedarf der Sporthalle und der einzelnen Regelkreise im Bestand und in den untersuchten Szenarien.**

Aufgrund der langen Betriebszeiten sind Optimierungsmaßnahmen an der Beleuchtungsanlage in Sporthallen besonders wirtschaftlich. Aufgrund der als gering eingestuften Tageslichtversorgung, sind wesentliche Einsparungen hier jedoch nur durch tageslichtabhängiges Dimmen und nicht durch tageslichtabhängiges Schalten der Beleuchtungsanlage zu erreichen. Tageslichtabhängiges Schalten könnte mit der bestehenden Beleuchtungsanlage realisiert werden, während tageslichtabhängiges Dimmen nur mit einer neuen Beleuchtungsanlage realisiert werden kann. Durch die Neuinstallation einer Beleuchtungsanlage kann die installierte Leistung um etwa  $3 \text{ W/m}^2$  gesenkt werden. Dieses geschieht jedoch auf Kosten einer Senkung der Beleuchtungsstärke. Mit dem Wirkungsgradverfahren wurde eine Beleuchtungsstärke der bestehenden Beleuchtungsanlage am Anfang des Wartungsintervalls  $> 800 \text{ lx}$  und bei einem Wartungsfaktor eine Beleuchtungsstärke am Ende des Wartungsintervalls  $> 500 \text{ lx}$  berechnet. Die künstliche Beleuchtung kann den Effekt der für das Sehen ungünstigen einseitigen Lichtrichtung der Nordsheds teilweise mindern. Gerade im Wettkampfbetrieb dürfte daher häufig das künstliche Licht immer eingeschaltet sein, um eine gleichmäßigere Beleuchtung zu erreichen, obwohl die Beleuchtungsstärke eine zusätzliche künstliche Beleuchtung ggf. nicht erfordert. Die einseitige Lichtrichtung hat insofern auch einen höheren Energieverbrauch der Beleuchtung zufolge. Eine Optimierung der Tageslichtbeleuchtung sollte daher neben einem höheren Tageslichtquotienten auch das Ziel einer gleichmäßigeren Beleuchtung verfolgen. Da die Abhängigkeiten hier komplex sind, und durch einen Tageslicht-Laien ggf. nicht vollständig überblickt werden, sollte ein Tageslichtplaner in die Bearbeitung eingebunden werden.

### **4.3. Sonstige Räume**

#### **4.3.1. Innenflächen im OG**

Der Innenbereich im Obergeschoß ist gegliedert in offene Verkehrsräume und räumlich abgeschlossene, jedoch zu den Verkehrsbereichen mit Fenstern versehenen Innenzellen. Obwohl die Innenzellen für eine Nutzung als Arbeitsraum möbliert sind, werden sie aufgrund ihrer geringen Attraktivität kaum für die Arbeit, sondern eher als Lagerfläche genutzt. Die sporadisch vorhandenen Oberlichtkuppeln sind mit dem Grundriss nicht koordiniert. Sie bewirken kleine Tageslichtinseln, die dem Raum jedoch nicht die Identität eines durch Tageslicht beleuchteten Innenraums geben und, da sie in der Auslegung der künstlichen Beleuchtung nicht berücksichtigt wurden, auch energetisch nicht wirksam sein können. Die Innenfläche wirkt insgesamt wenig attraktiv.

Bei vollständiger Belampung der Leuchten ergibt sich eine spezifische installierte Leistung von  $16 \text{ W/m}^2$  bei einer Beleuchtungsstärke der Neuanlage  $> 400 \text{ lx}$  bzw. am Ende des Wartungsintervalls um  $300 \text{ lx}$ . Mit einer Neuanlage könnte dieser Wert bei gleichem Beleuchtungsniveau halbiert werden. Diese hohe Beleuchtungsstärke zeigt, dass die Innenfläche nicht als Verkehrsraum sondern als Aktivitäts- und Lernraum konzipiert sind. Im Betrieb wurde in den meisten Leuchten jeweils eins von 2 Leuchtmitteln herausgenommen, so dass sich geringere Beleuchtungsstärken und auch ein geringerer Energieverbrauch ergeben. Im Falle einer Sanierung kommt es darauf an, das 1.OG mit Tageslicht zu versorgen, so dass die Nutzflächen angenommen werden.



Abbildung 36: Innenaufnahme mit künstlicher Beleuchtung und Oberlichtkuppel

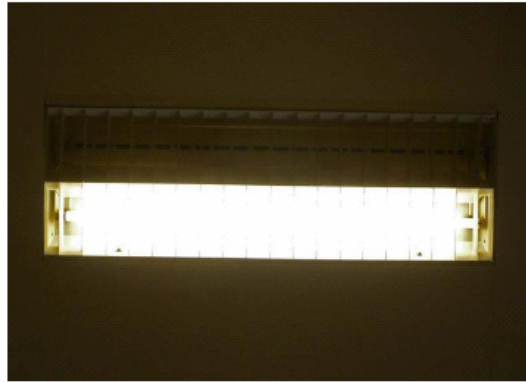


Abbildung 37: Leuchte, ein Leuchtmittel wurde entnommen.

#### 4.3.2. Klassenraum 18, EG

Der nachträglich von der Pausenhalle abgetrennte Klassenraum 18 im EG ist hinsichtlich der Tageslichtbeleuchtung defizitär. Die Fenster können allenfalls eine Sichtverbindung ins Freie bereitstellen, ermöglichen jedoch nicht die Versorgung des Raumes mit Tageslicht. Der für die Tageslichtbeleuchtung entscheidende hohe Fassadenteil ist geschlossen. Hinzu kommt die Verbauung durch den Überstand des darüber liegenden Geschosses. Die Anlage der künstlichen Beleuchtung nimmt die defizitäre Tageslichtbeleuchtung nicht auf, indem eine besonders hohe Qualität der künstlichen Beleuchtung bereitgestellt würde. Die kleinen Fenster werden in dem dunklen Raum ggf. als Blendquelle wahrgenommen mit der Folge, dass das Tageslicht abgeschirmt wird. Der Lernerfolg wird durch die Beleuchtung in diesem Klassenraum nicht begünstigt

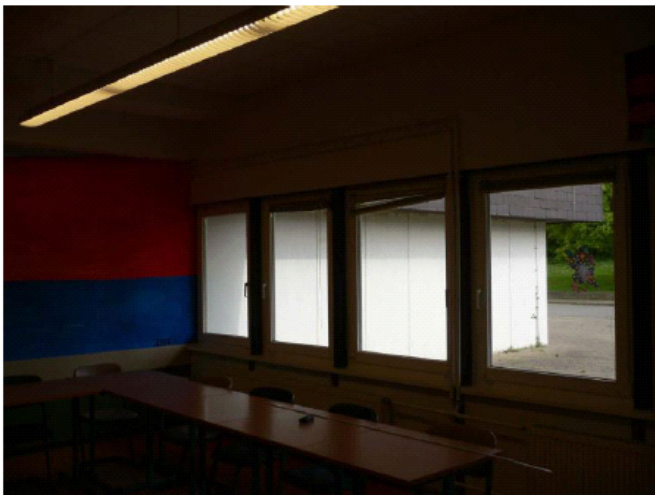


Abbildung 38: Innenaufnahme mit Blick ins Freie



Abbildung 39: Leuchte

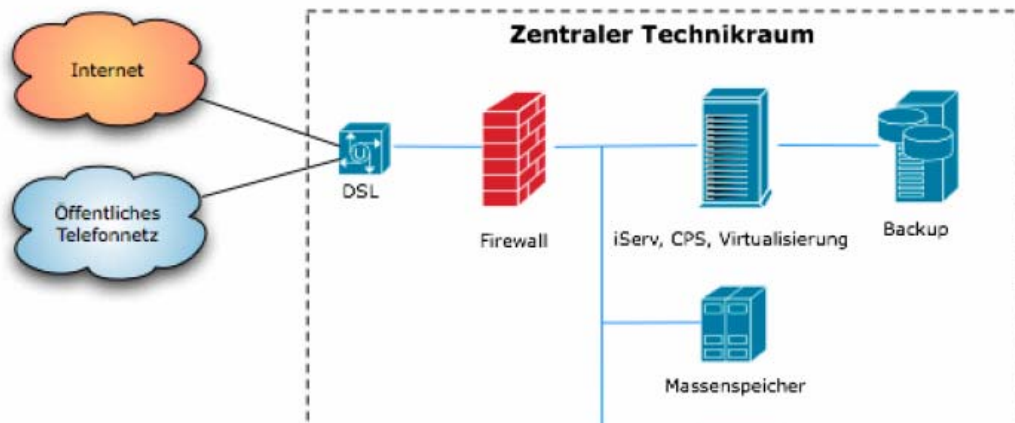


## 5. Fazit

Die Analyse der verschiedenen Raumtypen in den drei Schulen zeigt, dass bei Defiziten der Tageslichtversorgung mit der energetischen Sanierung allein der künstlichen Beleuchtungsanlage, eine qualitativ und energetisch befriedigende Lösung nicht zu erreichen ist. Das Defizit der zu tiefen Klassenräume sowie der nicht mit Tageslicht versorgten Innenbereiche sollte, bei einer Sanierung der Haupt und Realschulen in Liebenburg und Seesen durch tiefgreifende bauliche Änderungen behoben werden. Sollten hinsichtlich der Tageslichtbeleuchtung defizitäre Räume verbleiben, so benötigen diese eine verbesserte künstliche Beleuchtung, die den Raum insgesamt hell und attraktiv erscheinen lässt, und eine Beleuchtungsstärke am Auge hervorruft, die stimulierend wirkt. Andernfalls wären die Schüler in solchen Räumen hinsichtlich der Lernbedingungen benachteiligt. Die Beleuchtungsanlagen in fast allen untersuchten Räumen sind veraltet und aus heutiger Sicht ineffizient. In der Regel kann die installierte Leistung und damit der Energiebedarf durch eine neue Anlage halbiert werden. Werden zusätzlich Kontrollsysteme installiert, die einen präsenz- und tageslichtabhängigen Betrieb ermöglichen, so kann der Energiebedarf der Beleuchtung, wie am Fachklassenraum im Werner von Siemens Gymnasium gezeigt, ggf. auf weniger als 20 % des Bestandsniveaus gesenkt werden. Dabei setzt ein geringer Energiebedarf der künstlichen Beleuchtung eine gute Tageslichtversorgung voraus.

Trotz der relativ hohen Einsparungen haben Investitionen in die Beleuchtungsanlage in Klassenräumen vergleichsweise lange Amortisationszeiten. Dieses liegt an der geringen Betriebszeit der Anlagen. Bei optimierter Tageslichtbeleuchtung reduziert sich die Einschaltzeit der künstlichen Beleuchtung auf die Winterperiode. In Sporthallen erweisen sich Investitionen in die Energieeffizienz der Beleuchtungsanlage aufgrund der langen Nutzungsdauer auch außerhalb der Tagstunden demgegenüber als besonders wirtschaftlich. Ob sich Einsparungen, die Berechnungsverfahren vorhersagen, tatsächlich einstellen, liegt jedoch zum großen Teil auch am Verhalten der Nutzer. In den betrachteten Hallen konnte ein bewusster und damit energieeffizienter Umgang mit der Beleuchtung festgestellt werden. Dem Auslösen eines Sanierungsauftrags sollte daher eine Analyse auch des Nutzerverhaltens vorangestellt werden.

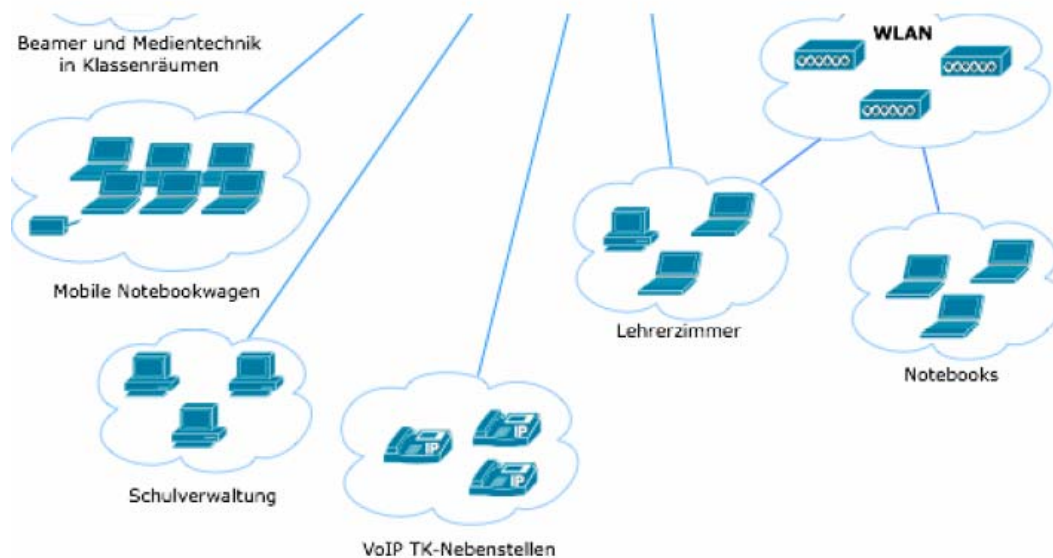
## 5.5 Konzept für die Informations- und Kommunikationstechnik des Schulzentrums Schule am Schloss Liebenburg



Konzept für die  
Informations- und Kommunikationstechnik  
der HRS Liebenburg

Dipl.-Ing. P. Franke

Stand: 17.01.2010



---

## **Inhaltsverzeichnis**

<b><u>Inhaltsverzeichnis</u></b>	<b>2</b>
<b><u>Aufgaben und Zweck des luK-Konzeptes</u></b>	<b>4</b>
<b><u>Unterlagen zum luK-Konzept</u></b>	<b>5</b>
<b><u>Abkürzungen</u></b>	<b>6</b>
<b><u>Zusammenfassung des luK-Konzeptes</u></b>	<b>7</b>
Zusammenfassung der Kosten	9
<b><u>Datennetz</u></b>	<b>10</b>
Kabelnetz	10
Server- und Netzverteilerschränke mit 42 Höheneinheiten	15
Kostenkalkulation für das Kabelnetz	16
Aktive Netzkomponenten	17
Kostenkalkulation für die aktiven Netzkomponenten	17
WLAN	17
Kostenkalkulation für das WLAN	17
Internetzugang und Anschluss an das öffentliche Telefonnetz	18
Kostenkalkulation für den DSL-Anschluss	18
Zusammenfassung Datennetz	18
<b><u>VoIP TK-Anlage</u></b>	<b>19</b>
Kostenkalkulation für die VoIP TK-Anlage	19
<b><u>Servertechnik incl. Software</u></b>	<b>20</b>
Kostenkalkulation für Servertechnik	20
<b><u>Portalserver iServ</u></b>	<b>21</b>
Kostenkalkulation für die Software des iServ Portalserver	23
<b><u>Zentraler Technikraum</u></b>	<b>24</b>
<b><u>Notebookwagen</u></b>	<b>25</b>
Kostenkalkulation für die Notebookwagen	25

---

<b><u>Medientechnische Ausstattung eines Unterrichtsraums</u></b>	<b>26</b>
Kostenkalkulation für einen Unterrichtsraum	27
<b><u>PC-Ausstattung für die Verwaltungsarbeitsplätze</u></b>	<b>28</b>
Kostenkalkulation für Verwaltungs-PC	29
Bürodrucker	29
<b><u>Notebookausstattung für die Lehrerinnen und Lehrer</u></b>	<b>30</b>
Kostenkalkulation für ein Notebook	31
<b><u>HRS Liebenburg Card</u></b>	<b>32</b>
Kostenkalkulation für HRS Liebenburg Card	32
Kostenkalkulation für Zugangskontrollsystem	33
<b><u>Kopiersysteme</u></b>	<b>34</b>
Kostenkalkulation für Kopiersysteme	34

## **Aufgaben und Zweck des luK-Konzeptes**

Mit Datum vom 26.10.2009 beauftragte mich das Institut für energieoptimale Systeme (EOS) mit der Erstellung eines luK-Konzeptes für die HRS Liebenburg. Im Einzelnen sind Konzept und Kosten für folgende Teilkomponenten der luK-Infrastruktur abzugeben:

- Datennetz, W-LAN, Internetzugang
- Server, Datensicherung
- Telefon
- PC-Ausstattung für Verwaltungs- und Lehrpersonal
- Ausstattung mit Medientechnik für Klassenräume und PC-Ausstattung für Poolräume
- Chipkartensystem (Schülersausweis, Schließfunktion, Geldkarte, Kopierkarte, etc.)
- Copy- und Printsysteem

Das luK-Konzept muss wirtschaftlich sein sowie insbesondere dauerhaft betrieben und weiterentwickelt werden können.

## Unterlagen zum luK-Konzept

Für das luK-Konzept wurden folgende Unterlagen berücksichtigt:

- [1] Wissenschaftliche Analyse der Sanierungsnotwendigkeiten, ihres abgeschätzten Einsparpotenzials und der Wirtschaftlichkeit von drei ausgesuchten Schulen des Landkreises Goslar (Projekt-Nr.: 26487-25). Analyse der Verbrauchsdaten (Wärme, Wasser, Strom) und des Gebäude- und Anlagenbestandes von drei Schulen des Landkreises Goslar. 2. Zwischenbericht (Stand: 31.01.2009) und 4. Zwischenbericht (Stand: 31.07.2009).
- [2] Grundriss- und Raumpläne der HRS Liebenburg.
- [3] Schlüsselfertige VoIP TK-Anlagen auf OpenSource-Basis. IANT GmbH. [www.iant.de](http://www.iant.de)
- [4] Aktive Netzkomponenten. Cisco GmbH. [www.cisco.de](http://www.cisco.de)
- [5] Schulserver. IServ GmbH. [iserv.eu](http://iserv.eu)
- [6] Chipkatensystem. InterCard AG Informationssysteme. [www.intercard.org](http://www.intercard.org)
- [7] Dokumentenkamera. ELMO Europe GmbH. [www.elmo-europe.net/](http://www.elmo-europe.net/)
- [8] Zutrittskontrollsystem. Primion. [www.primion.de/](http://www.primion.de/)
- [9] Kopiersysteme. Ricoh.
- [10] PCs, Notebooks, Drucker, Beamer. Dell. [www.dell.de](http://www.dell.de)

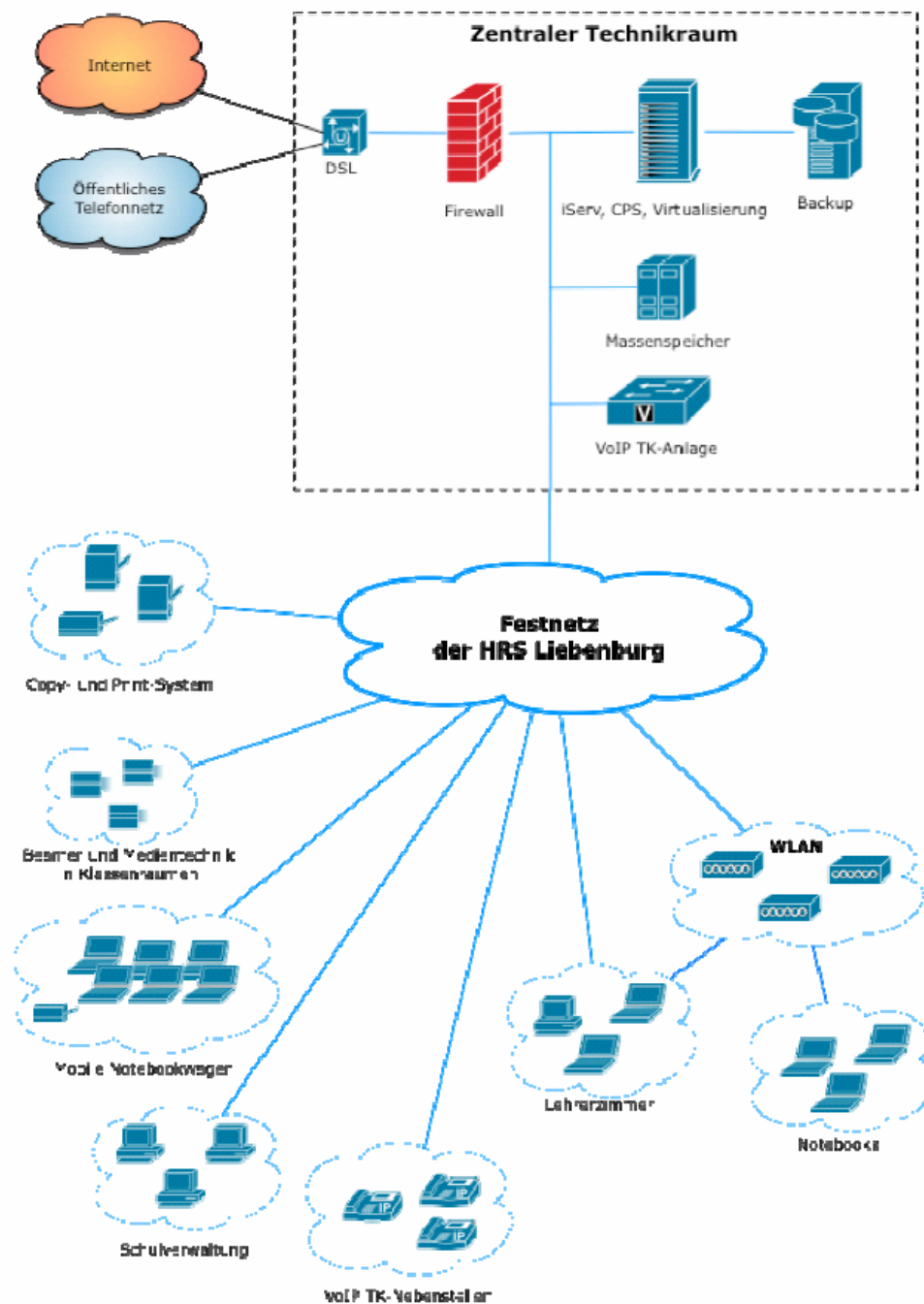
## Abkürzungen

AP	Access Point – Sender des Funknetzes
CPS	Copy- und Print-System
DSL	Digital Subscriber Line – Übertragungsstandard, bei der Daten mit hohen Übertragungsraten über einfache Kupferleitungen gesendet und empfangen werden können
Firewall	Schützt das Datennetz der HRS Liebenburg
HE	Höheneinheit – genormtes Maß für die Vertikalhöhe von Einschubeinheiten in Server- und Netzverteilerschränken, entspricht im metrischen System 44,45 mm
HRS	Haupt- und Realschule
IuK	Informations- und Kommunikationstechnik
Kat6/7	Kabel mit verdrehten Adernpaaren – Anwendungsfelder für Kat6/7 sind Sprach- und Datenübertragung sowie Multimedia
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol – Kommunikationsprotokoll für den zentralen Verzeichnisdienst
LWL	Lichtwellenleiter
PoE	Power over Ethernet - Spannungsversorgung von Endgeräten (VoIP-Telefone, IP-Kameras, kabellose Access Points) über Ethernet.
TK	Telekommunikationstechnik
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VoIP	Voice over Internet Protocol – Sprache über das Datennetz
WLAN	Wireless Local Area Network - Lokale Netze, die über Funk arbeiten.

## Zusammenfassung des luK-Konzeptes

Die HRS Liebenburg erhält eine neue Informations- und Kommunikations-Infrastruktur, damit die Schule ihren Schülerinnen und Schülern eine besonders gute und moderne Lernumgebung bieten kann. Den Lehrkräften wird eine Infrastruktur bereitgestellt, die eine medien-technisch gestützte Lehrumgebung ermöglicht.

In der folgenden Abbildung ist das Grundprinzip für die luK-Infrastruktur grafisch dargestellt.





Auf dem Schulgelände wird ein flächendeckendes Datennetz installiert. Über das Datennetz werden alle Räume der HRS Liebenburg mit Netzanschlüssen versorgt. An zentralen Stellen wird ein ergänzendes WLAN bereitgestellt, wie z.B. für das Lehrerzimmer und für den Versammlungs- und Pausenbereich im EG des Schulgebäudes. Auch die Klassenzimmer sind mit einer minimalen WLAN-Infrastruktur versehen. Das Datennetz wird für die VoIP TK-Anlage genutzt.

Im Bereich der Schulverwaltung werden Desktop-PCs und netzwerkfähige Laserdrucker eingesetzt, für die Lehrerinnen und Lehrer sind Notebooks vorgesehen sowie im Lehrerzimmer 2 Desktop-PCs und ein netzwerkfähiger Laserdrucker.

In den Unterrichtsräumen und Laboren sind jeweils zwei Beamer installiert. Der normale Overhead-Projektor wird durch eine Dokumentenkamera (Visual Presenter) ersetzt. In einer Variante (wenn z.B. der Raum zu schmal ist) kann stattdessen ein Beamer eingesetzt werden. Über einen elektronischen Schalter kann zwischen den unterschiedlichen Eingabegeräten (PC, Notebook, Dokumentenkamera) umgeschaltet werden. Das Mobiliar für den Tisch der Lehrerin bzw. des Lehrers in den Unterrichts- und Laborräumen muss entsprechend gestaltet und abschließbar sein.

Notebookwagen ersetzen stationäre Computer-Räume. Der Vorteil liegt dabei darin, dass der Unterricht in beliebigen Räumen stattfinden kann. Zudem kann auch der Computereinsatz gleichzeitig im Labor erfolgen. Zunächst sind 3 Notebookwagen mit jeweils bis zu 24 Notebooks vorgesehen.

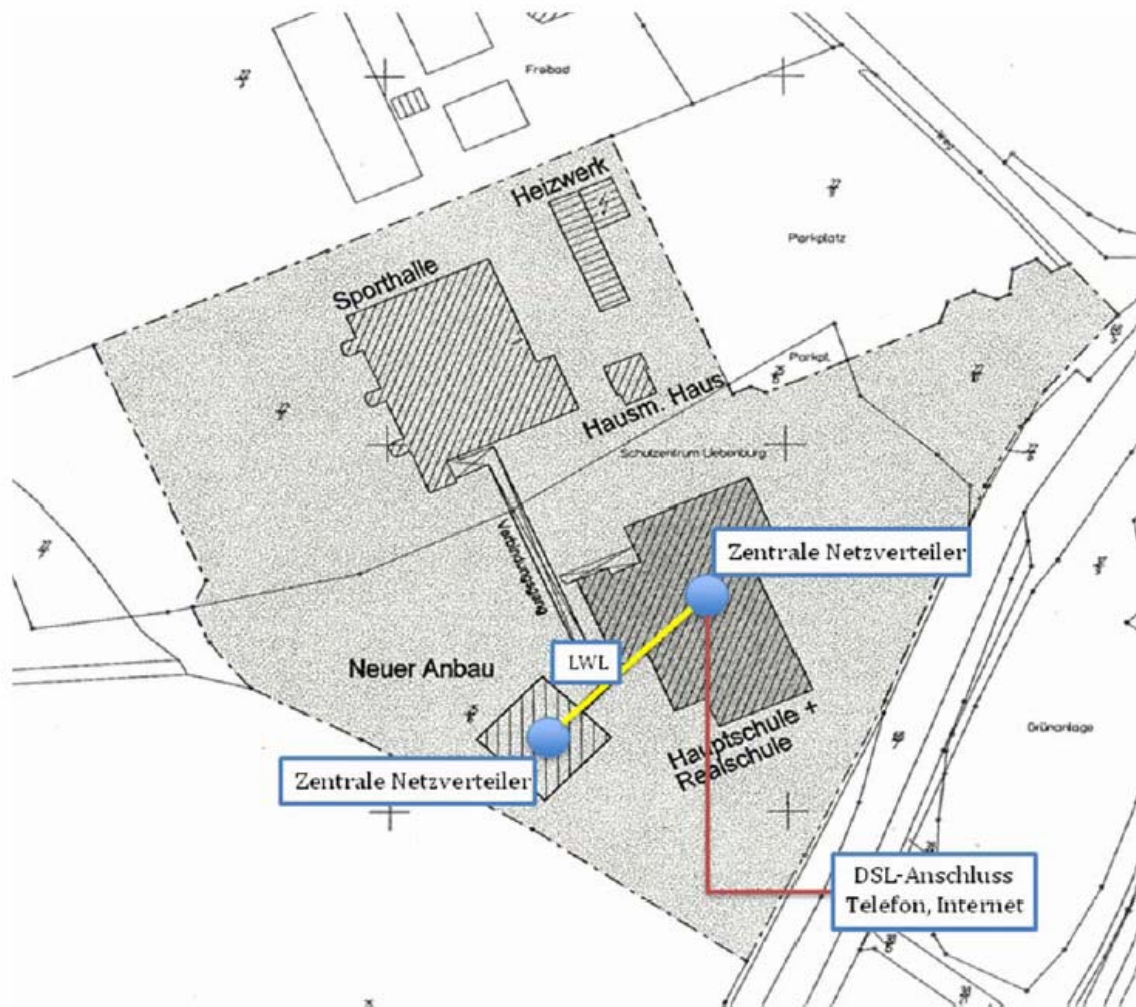
Das Copy-Print-System (CPS) besteht aus 2 Kopierern und mehreren Laserdruckern. Ein Kopierer ist ausschließlich für die Beschäftigten der Haupt- und Realaschule Liebenburg vorgesehen und ein Kopierer ist für die Nutzung durch die Schülerinnen und Schüler vorgesehen. Die Abrechnung der Kopierkosten erfolgt nach einem Prepaid-System durch Erwerb einer Kopierkarte. Für Ausdrücke vom PC sind an zentralen Punkten Laserdrucker vorgesehen, die Abrechnung der Druckkosten erfolgt nach einem Prepaid-System über das Druckmodul des iServ-Portalservers.

In einem zentralen Technikraum sind alle Anschlüsse an das Internet und das öffentliche Telefonnetz sowie die notwendige Servertechnik untergebracht. Die zentrale Firewall, der Portalserver für die HRS Liebenburg, der Massenspeicher und die VoIP-TK Anlage bilden die technische Basis für alle IT-Anwendungen und Dienste. Der Backup-Server ist aus Gründen der räumlichen Trennung im neuen Anbau untergebracht.

## Zusammenfassung der Kosten

In der nachfolgenden Tabelle sind alle Kosten zusammengestellt, aufgeteilt in die einzelnen Gewerke. Alle genannten Kosten beinhalten die gesetzlich gültige Mehrwertsteuer.

Flächendeckendes Kabelnetz	208.688 €
Aktive Netzkomponenten	29.000 €
WLAN	56.700 €
Internetzugang für den DSL-Anschluss und an das öffentliche Telefonnetz	300 €
VoIP TK-Anlage	11.500 €
Servertechnik incl. Software	22.400 €
Portalserver iServ	2.500 €
Notebookwagen	53.315 €
Medientechnische Ausstattung der Unterrichtsräume, je Raum 9.422 € (29)	273.238 €
PC-Ausstattung für die Verwaltungsarbeitsplätze (5) und Lehrerzimmer (2)	7.560 €
Notebookausstattung für die Lehrerinnen und Lehrer (27)	26.460 €
HRS Liebenburg Card	52.573 €
Zugangskontrollsystem	21.240 €
<b>Gesamtsumme</b>	<b>765.474 €</b>



Auf jeder Gebäudeebene sind in allen Räumlichkeiten Brüstungskanäle, vorzugsweise unterhalb der Außenfenster, vorgesehen<sup>1</sup>. In den Brüstungskanälen werden ebenfalls die Elektroverkabelung und die Kabel für z.B. Gebäudeleittechnik untergebracht. Jeder Klassenraum wird mindestens mit 2 Doppelanschlussdosen für insgesamt 4 Netzanschlüsse, die Büroräume der Verwaltung mit je 2 Doppelanschlussdosen pro Arbeitsplatz und die Lehrerzone mit 10 Doppelanschlussdosen für insgesamt 20 Netzanschlüsse versorgt.

Ausgehend vom zentralen Technikraum bestehen im Schulgebäude zwei Haupttrassen unterhalb der Decke. Von dort werden die einzelnen Räume durch die Brüstungskanäle versorgt. Die Versorgung des Obergeschosses erfolgt über mehrere Deckendurchbrüche. Die maximale Kabellänge eines Kat-6/7 Kabels sollte 90m nicht überschreiten. Durch diese Kabelführung und aufgrund des zentral angeordneten Technikraumes im Erdgeschoss wird für das Schulgebäude nur ein Netzverteiler erforderlich.

<sup>1</sup> Die genaue Anordnung der Brüstungskanäle ergibt sich in allen Räumen, auch denen ohne Fenster, aus dem Raumnutzungskonzept.

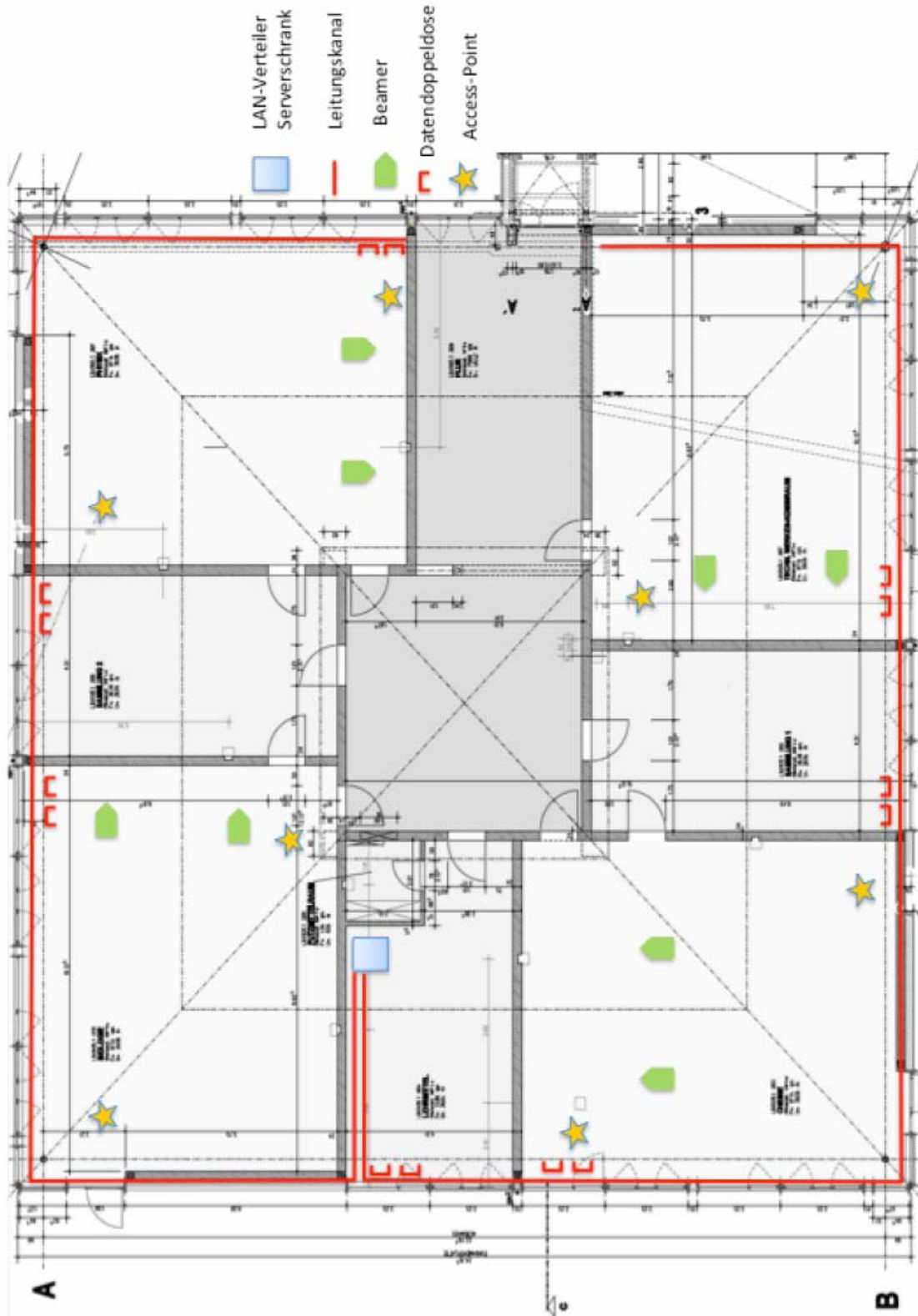
Im neuen Anbau ist der Netzverteiler (Raum für Lehrmittel) ebenfalls für die Versorgung der einzelnen Räume über Brüstungskanäle ausgelegt.



Erdgeschoss Schulgebäude



Obergeschoß Schulgebäude



Neuer Anbau

### **Server- und Netzverteilerschränke mit 42 Höheneinheiten**

Im Schulgebäude wird im zentralen Technikraum ein Server- und Netzverteilerschrank mit 42 Höheneinheiten benötigt.

Im Server- und Netzverteilerschrank sind die Patchfelder für die Kat-6/7-Kupferkabel, die aktiven Netzkomponenten, die Server, die Datensicherung, die VoIP-Telefonanlage und der DSL-Anschluss untergebracht.

Um eine bessere Luftzirkulation zu erreichen, sind die vorderen und hinteren Türen der Gehäuse zu 80 Prozent perforiert.

Im neuen Anbau wird ein Gehäuse mit 42 Höheneinheiten für die Patchfelder der Kat-6/7-Kupferkabel und die aktiven Netzkomponenten eingesetzt.

Abschließbare Türen an der Vorder- und Rückseite sichern alle Gehäuse vor unerlaubten Zugriffen.



### Kostenkalkulation für das Kabelnetz

Das Mengengerüst für das Kabelnetz ergibt sich aus den Gegebenheiten der Gebäude und den o.g. Zielvorgaben für die Ausführung des Datennetzes. Die Kostenkalkulation basiert auf Angaben zum Materialbedarf einer ausführenden Firma.

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
517	Kabelkanal 200 * 70 in Stahlblechausführung, weiß, mit Trennsteg, incl. Montage auf der flachen Wand.	68,00	35.156,00
510	Wandhalter (15 - 20 cm) für die Montage des Kabelkanals, wenn dieser z. B. über Heizkörpern nicht direkt auf der Wand montiert werden kann. Montageabstand: 60cm, mit Lamellenträger	18,20	9.282,00
280	Abdeckungslamellen für Wandhalter - 5 Stück für 15 cm Abstand, 7 Stück für 20 cm Abstand, Preisangabe für 6 Lamellen (ca 17 cm Wandabstand)	63,00	17.640,00
19	Winkelstück - Innenwinkel oder Außenwinkel	61,50	1.168,50
29	Kernbohrung 10cm Durchmesser, Bohrtiefe bis 30 cm	54,50	1.580,50
2	Datenschrank (Stahlblechtüren perforiert) komplett, incl. Aufstellen und anschließen	5.400,00	10.800,00
102	Datendose, KAT6, 2 Ports, komplett mit Einsatz für Kanal und Anschluss der zwei Datenkabel für die allgemeinen Netzanschlüsse	44,15	4.503,30
58	Datendose, KAT6, 2 Ports, komplett mit Einsatz für Kanal und Anschluss der zwei Datenkabel für die Anschlüsse der Beamer	44,10	2.557,80
55	Datendose, KAT6, 2 Ports, komplett mit Einsatz für Kanal und Anschluss der zwei Datenkabel für die Anschlüsse der Access-Points	44,20	2.431,00
18	KAT6-Patchfeld, 24 Ports RJ45,	248,00	4.464,00
30100	Datenkabel KAT6/KAT7, incl. Verlegen in ausgebauten Kabelwegen	3,40	102.340,00
430	Auflegen und Anschluss eines Ports beidseitig des Datenkabels	10,30	4.429,00
430	Messen einer KAT6-Datenleitung, Erstellung Messprotokoll, pro Leitung	6,45	2.773,50
24	Brandschutz-Kabelkanal	220,00	5.280,00
150	LWL-Kabel, Multimode, 12 Fasern,	13,00	1.950,00
2	LWL-Pathchfelder, komplett mit Pigtaills und allen Zubehör	490,00	980,00
24	LWL-Spleiß mit Lichtbogenspleißgerät	47,00	1.128,00
24	LWL-Messung	9,35	224,40
		<b>Gesamt</b>	<b>208.688,00</b>



## Aktive Netzkomponenten

Es werden für das Datennetz Switches aus der Reihe Cisco Catalyst 3560 eingesetzt. Dabei handelt es sich um Systeme, die bis zu 48 Ports aktiv versorgen können. Im Schulgebäude werden auch wegen der Trennung zum Technikraum 4 Geräte benötigt, im neuen Anbau 1 System.



### Kostenkalkulation für die aktiven Netzkomponenten

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
4	Switch-Systeme, 48 Ports, PoE, LWL-Uplink für Schulgebäude	5.800,00	23.200,00
1	Switch-Systeme, 48 Ports, PoE, LWL-Uplink für neuen Anbau	5.800,00	5.800,00
		<b>Gesamt</b>	<b>29.000,00</b>

## WLAN

Über das Kabelnetz werden die WLAN-AP angeschlossen und mit Spannung über PoE versorgt. WLAN bildet ein Ergänzungnetz, über das die Netzanschlüsse von Notebooks realisiert werden. In der Pausenhalle und im Versammlungsraum sind mehrere AP vorgesehen, um dort ggf. für Lerninseln oder für Großveranstaltungen Netzzugänge bereitzustellen zu können. Für den Betrieb und die Verwaltung des WLANs wird ein WLAN-Management (WLAN-Controller) benötigt, das auch die WLAN-Sicherheit unterstützt.



WLAN-AP und  
WLAN-Controller

### Kostenkalkulation für das WLAN

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
55	Access-Points	660,00	36.300,00
1	WLAN-Controller	20.400,00	20.400,00
		<b>Gesamt</b>	<b>56.700,00</b>

---

## Internetzugang und Anschluss an das öffentliche Telefonnetz

Der Internetzugang wird über einen DSL-Zugang realisiert. In Liebenburg werden DSL-Anschlüsse mit 6 Mbit/s seitens der Deutschen Telekom angeboten. Über den DSL-Anschluss wird der Zugang zum öffentlichen Telefonnetz realisiert. Wenn die Leistung eines DSL-Anschlusses nicht ausreicht, ist es erforderlich, einen weiteren Anschluss zu schalten.

### Kostenkalkulation für den DSL-Anschluss

Einrichtungskosten	300,00
Monatliche Kosten DSL-Business	60,00
Monatliche Kosten ISDN	38,00

## Zusammenfassung Datennetz

Flächendeckendes Kabelnetz	208.688,00
Aktive Netzkomponenten	29.000,00
WLAN	56.700,00
Internetzugang für den DSL-Anschluss und an das öffentliche Telefonnetz	300,00
<b>Gesamt</b>	<b>294.688,00</b>

## VoIP TK-Anlage

Allgemein versteht man unter VoIP das Telefonieren über das Datennetz als eine moderne und zukunftsfähige Form der Kommunikation. Mit VoIP wird die alte klassische Telefonversorgung, für die i.d.R. ein separates Kabelnetz erforderlich ist, abgelöst.

Für die HRS Liebenburg wird eine schlüsselfertige VoIP-Lösungen auf OpenSource Basis eingesetzt. OpenSource Software hat sich in vielen Bereichen der IT erfolgreich etabliert. Dieser Trend setzt sich jetzt auch auf dem Gebiet Voice over IP fort. Es werden zwei verschiedene Endgeräte eingesetzt, eine Basis Variante für die Unterrichtsräume und eine Komfortvariante für die Schulverwaltung und das Lehrerzimmer.



Basis Variante – snom 300



Komfortvariante – snom 360

Die Leistungsmerkmal der VoIP TK-Anlage und die Detailkosten sind in der Anlage beschrieben.

### Kostenkalkulation für die VoIP TK-Anlage

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
1	VoIP-Basis Anlage für bis zu 40 Teilnehmer Anschlüsse	11.500,00	11.500,00
		<b>Gesamt</b>	<b>11.500,00</b>

## Servertechnik incl. Software

Die zentrale Firewall, der Portalserver iServ für die HRS Liebenburg, der Massenspeicher und die VoIP-TK Anlage bilden die technische Basis für alle IT-Anwendungen und Dienste. Das Backup ist aus Gründen der räumlichen Trennung im neuen Anbau untergebracht.

Die Server werden verstärkt durch Virtualisierung realisiert. Dadurch können auf einer Hardware mehrere virtuelle Server eingerichtet werden.



Auf dem Server laufen in der Virtualisierung die Betriebssysteme Linux und Windows. Linux wird für iServ und allgemeine Netzdienste benötigt, Windows für das Druckmanagement etc.

Die Server sind so ausgelegt, dass sie in einer Virtualisierung den Massenspeicher verwalten. Die Web-Präsentation der HRS Liebenburg wird ebenfalls in einer Virtualisierung auf einem der Server realisiert.

## Kostenkalkulation für Servertechnik

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
2	Server Racksysteme mit Massenspeicher incl. einer Software zur Virtualisierung	11.200,00	22.400,00
		<b>Gesamt</b>	<b>22.400,00</b>

## Portalserver iServ

Der iServ-Portalserver integriert viele Dienste und macht sie in einer Weboberfläche zugänglich. Der Zugriff erfolgt dabei aus der Schule genauso wie von zu Hause plattformunabhängig mittels eines gewöhnlichen Internet-Browsers. Mit iServ wird eine flexiblere und individuellere Art des Lehrens und Lernens möglich, jahrgangs- und fächerübergreifend, unabhängig von örtlichen Gegebenheiten und dem in der Schule üblichen Zeitraster.

Jeder Benutzer von iServ ist unter einer eigenen E-Mail-Adresse weltweit erreichbar, kann auf iServ seine persönlichen Adressen, Termine und Dateien verwalten, sich in öffentlichen Diskussionsforen und Chaträumen mit Gleichgesinnten über schulische und außerschulische Themen austauschen, im Internet für den Unterricht recherchieren und selbst Informationen auf seiner privaten Homepage veröffentlichen.

iServ bietet außerdem geschützte Bereiche für Gruppen, wie Klassen, Kurse oder Arbeitsgemeinschaften, in denen sie sich absprechen, Daten austauschen und schließlich ihre Ergebnisse veröffentlichen können.

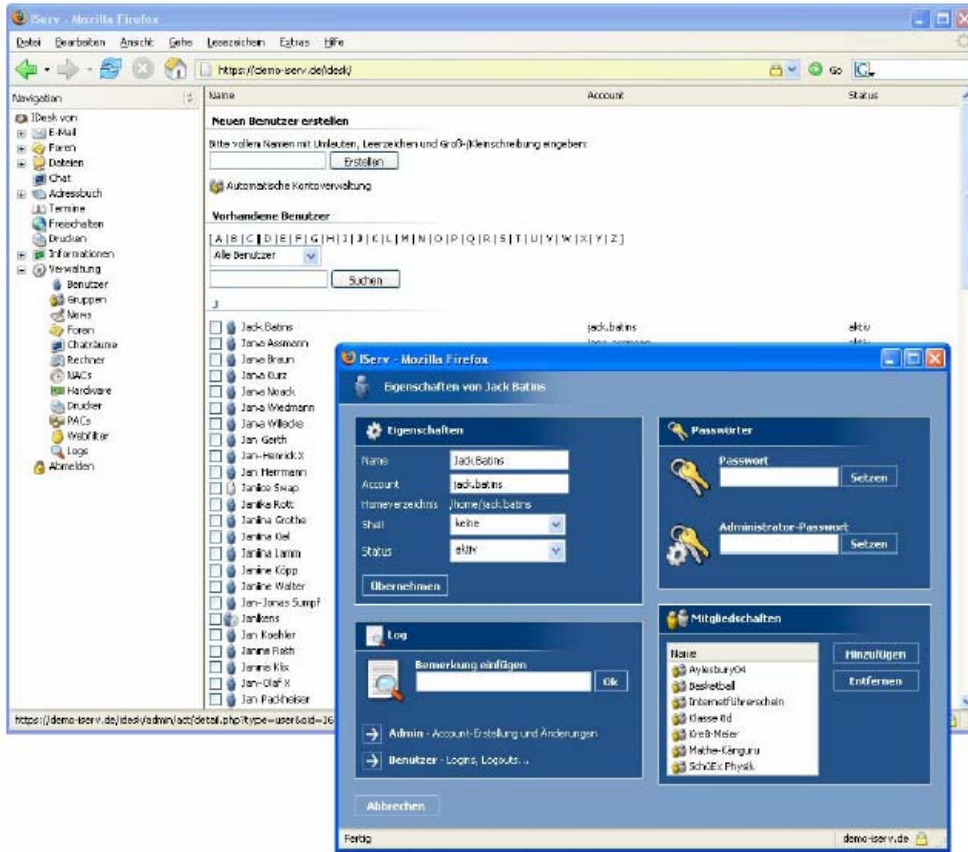
Zusätzlich bietet iServ zahlreiche Details, wie eine Abrechnung der Druckaufträge, die Anzeige der in nächster Zeit anstehenden Geburtstage, aktuelle Neuigkeiten, Nutzungsstatistiken, eine Datenbank für Notizen und vieles andere mehr.

iServ wird inzwischen in vielen Schulen in Niedersachsen eingesetzt. Sehr viele Schulen in Braunschweig nutzen iServ und alle Schulen in Wolfenbüttel.

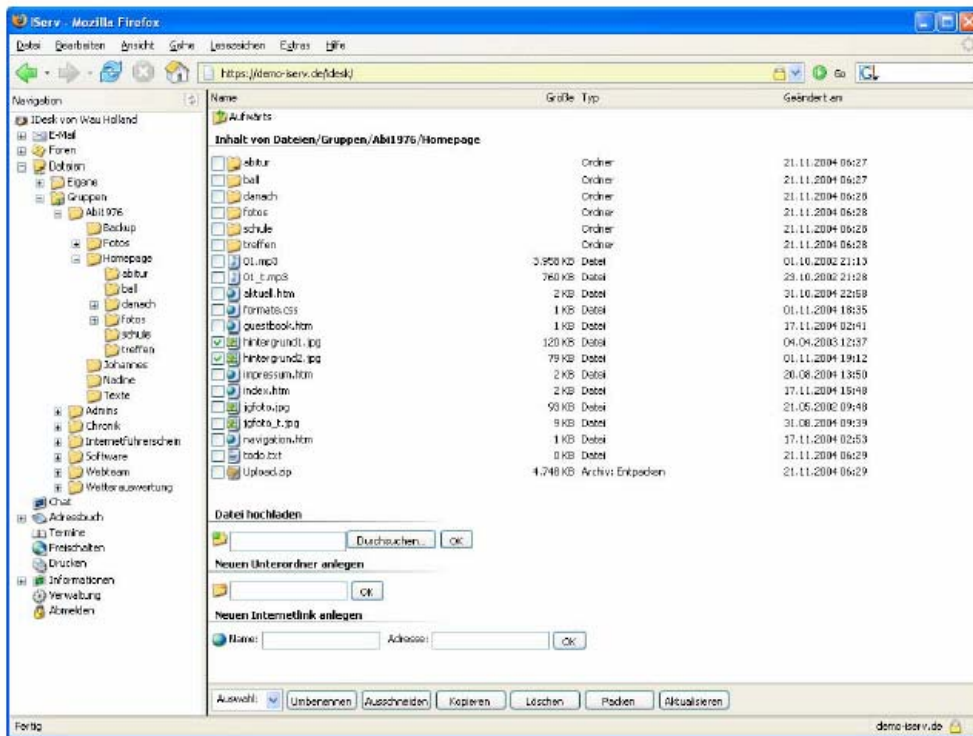
Für iServ bietet die Firma eine Fernwartung an, die der HRS Liebenburg hilft, den Betrieb des Portalservers sicher zu stellen.

Der Backupserver sichert täglich vollautomatisch die Dateien des Portalservers - sämtliche Benutzerdaten sowie Systemdateien.

Über das Druckmodul können alle Netzwerk- und Arbeitsplatzdrucker benutzt und verwaltet werden. Die Abrechnung der Ausdrücke erfolgt mit einem Prepaid-Verfahren.



Ansicht der Verwaltung des Schulservers



Ansicht der Bereitstellung von Dokumenten und Dateien

## Zentraler Technikraum

Der zentrale Technikraum wird im Raum 18 des Schulgebäudes eingerichtet. Er sollte mit folgender Basisinfrastruktur ausgerüstet werden:

- Raumklimatisierung, ausgelegt für eine Abwärme von ca. 15 kW.
- Energieversorgung mit mindestens 12 \* 25 A Stromkreisen.
- USV für ca. 15 kW.
- Mechanische Raumsicherung durch eine Stahltür und einem dazugehörigen Sicherheitssystem für den Zugang.
- Rauchmelder mit Leitung zur Feuerwehr oder einem zentralen Meldedienst, evtl. in Kombination mit dem Sicherheitssystem.
- Der Server- und Netzverteilerschrank muss so aufgestellt sein, dass er vor- und rückseitig mit genügend Platz geöffnet werden kann.

Im zentralen Technikraum sind darüber hinaus 2 Arbeitstische für die Einrichtungs- und Konfigurationsarbeiten von PC-Arbeitsplätzen und Notebooks mit Standardinstallationen vorgesehen.

Der zentrale Technikraum wird auch für die mobilen Notebookwagen genutzt. Hier werden sie gesichert verwahrt und über die Spannungsversorgung für die Nutzung aufgeladen. Ebenso lässt sich der zentrale Technikraum für die Lagerung mobiler Beamer, Chipkarten usw. einsetzen.

## Notebookwagen

Notebookwagen ersetzen stationäre Computer-Räume. Der Vorteil liegt dabei darin, dass die Unterrichte in beliebigen Räumen stattfinden können. Zudem kann auch der Computereinsatz gleichzeitig im Labor erfolgen. Der Notebookwagen sorgt nicht nur für eine sichere Lagerung und den Transport der wertvollen Notebooks, er enthält auch die komplette Ladetechnik für die Spannungsversorgung und die Anschlussstechnik für das Datennetz. Es gibt verschiedene Hersteller, die sich auf die Herstellung von Notebookwagen spezialisiert haben.



Einige wichtige Randbedingungen sind bei der Auswahl zu berücksichtigen:

- Der Notebookwagen muss leicht zu fahren und abschließbar sein.
- Alle Notebooks müssen vor Beschädigung geschützt verwahrt werden können.
- Der Notebookwagen muss über ein sicheres Ladesystem (z.B. Gebläse gegen Überhitzung, Überhitzungsschutz, Ladezeitschalter, Einschaltoptimierung) verfügen.

Zusätzlich wird jeder Notebookwagen mit einem netzwerkfähigen Laserdrucker ausgestattet, damit die Schülerinnen und Schüler über das Druckmodul von iServ im Prepaid-Verfahren ihre Ausdrücke direkt im Unterrichtsraum erstellen können.

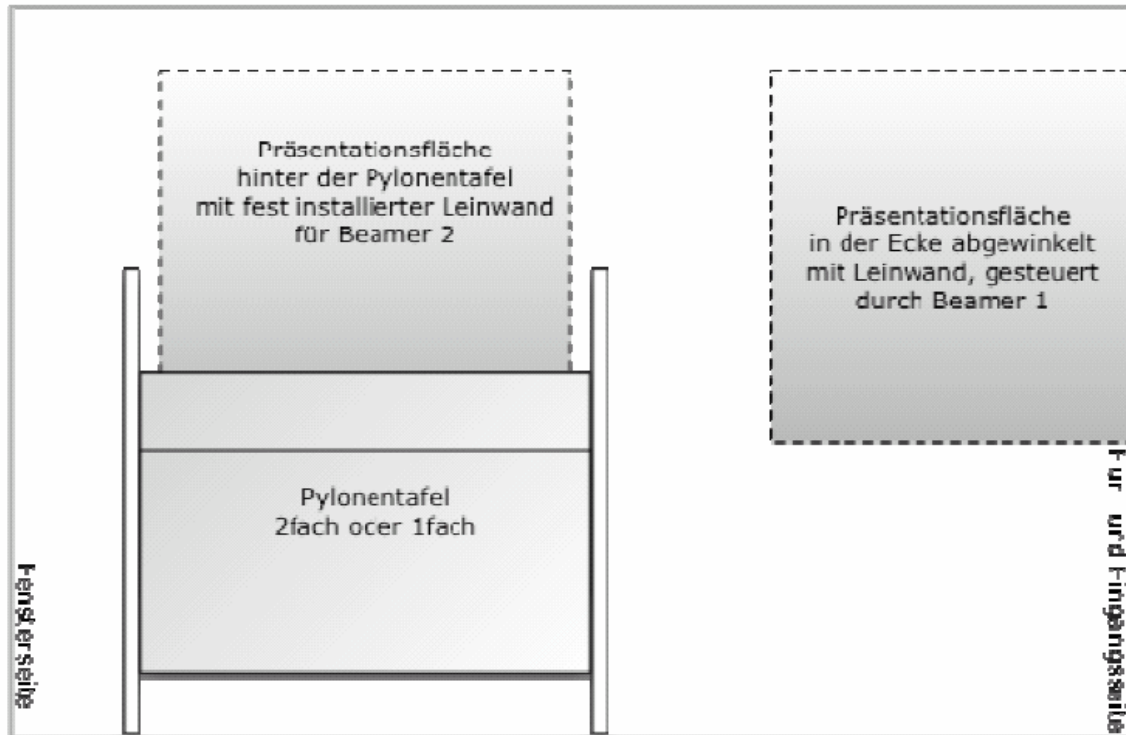
### Kostenkalkulation für die Notebookwagen

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
2	Notebookwagen bis 14 Notebooks	4.800,00	9.600,00
1	Notebookwagen bis 24 Notebooks	5.200,00	5.200,00
38	Notebooks für Computerausbildung incl. Software	980,00	37.240,00
3	Netzwerkdrucker - Dell 2330dn	425,00	1.275,00
<b>Gesamt</b>			<b>53.315,00</b>



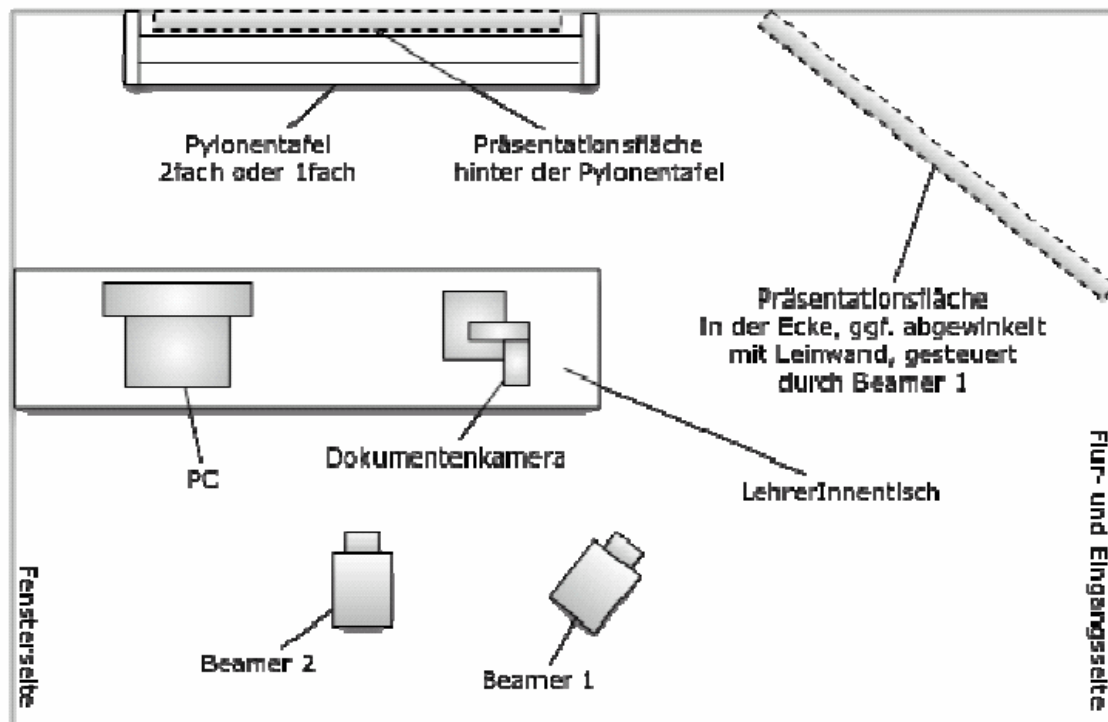
## Medientechnische Ausstattung eines Unterrichtsraums

Die Unterrichtsräume sind mit moderner Medientechnik ausgestattet. Nachfolgende Abbildung zeigt die Sicht der Schülerinnen und Schüler auf die Tafelfläche.



Es wird eine sog. Pylonentafel (2fach oder 1fach) für die Schreibtafelfläche der Lehrerin bzw. des Lehrers eingesetzt. Hinter der Pylonentafel befindet sich eine Leinwand, die als Präsentationsfläche für eine Dokumentenkamera oder ein Notebook verwendet werden kann. In der rechten Ecke, seitlich abgewinkelt befindet sich die Präsentationsfläche für das Notebook der Lehrerin bzw. des Lehrers. Alternativ kann auch im Tisch der Lehrerin bzw. des Lehrers ein PC fest installiert werden. Die entsprechende Steuertechnik für die Zuordnung der Endgeräte zu den Beamern befindet sich im Tisch der Lehrerin bzw. des Lehrers.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Draufsicht auf den Unterrichtsraum dargestellt. Die mediale Präsentation erfolgt durch zwei Beamer und den PC bzw. das Notebook der Lehrerin bzw. des Lehrers. Eine Dokumentenkamera ersetzt den herkömmlichen Overheadprojektor.



### Kostenkalkulation für einen Unterrichtsraum

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
1	Rechner PC	835,00	835,00
1	Flachbildschirm	235,00	235,00
2	DLP-Projektor, Dell 4310WX Projektor	1250,00	2.500,00
1	Deckenhalterung für abgehängte Decken	228,00	228,00
1	Dokumentenkamera, Elmo L-1ex Visualiser	770,00	770,00
1	Leinwand, Format 16:9	720,00	720,00
1	VGA- / Audioverteiler Kramer VP-32xl	390,00	390,00
2	aktive Lautsprecher, T & M, Model 8 PA	134,00	268,00
1	Pylonentafel, Schreibfläche grün mit Hilfspunkten	1500,00	1.500,00
1	Computertisch mit Rechnerfach, Kabelkanal	815,00	815,00
1	Computertisch mit Medienschränk, Kabelkanal	805,00	805,00
1	HDMI - 20 lfdm mit Stecker/Stecker	164,00	164,00
1	VGA - 20 lfdm mit Stecker/Stecker	84,00	84,00
1	Audio/Video (Kombikabel, 3x Cinch) - 20 lfdm mit Stecker/Stecker	108,00	108,00
<b>Gesamt</b>			<b>9.422,00</b>

## PC-Ausstattung für die Verwaltungsarbeitsplätze

Im Bereich der Schulverwaltung und im Lehrerzimmer werden Desktop-PCs eingesetzt. Die prinzipielle Ausstattung sieht folgendes vor:

- Hardware siehe nachfolgende Aufstellung
- Betriebssystem Windows 7
- OpenOffice 3.1 oder MS Office 2003/2007
- Internet Browser Firefox
- Mailclient Thunderbird
- Virtuelle Maschine, z.B. für Windows-XP als Gastbetriebssystem (nur in Ausnahmefällen)
- Antiviren-Tool
- diverse Hilfsprogramme, wie Acrobat für die Anzeige von PDF-Dokumenten, Bildbearbeiter, ..
- weitere Anwendungen, die im Bereich der Schulverwaltung Einsatz finden



Intel® Core™ i5 Prozessor 750 (2,66 GHz, 8 MB)

Original Windows® 7 Professional 64 Bit - Deutsch

Microsoft® Office 2007 Home and Student -  
Deutsch

3 Jahre Vor-Ort-Support-Service, auch abends und  
samstags

McAfee® Security Centre - Schutz für 15 Monate -  
Deutsch

DELL™ 20-ZOLL-HD-BREITBILD-MONITOR  
ST2010 - SCHWARZ - EUROPA

4.096 MB Dual-Channel DDR3-Arbeitsspeicher mit  
1.066 MHz [4 x 1.024]

1-TB-SATA-Festplatte (7.200 1/min)

Nvidia® GeForce G310-Grafikkarte mit 512 MB

16x DVD+/- RW optisches Laufwerk (DVD & CD  
lesen und schreiben) (nur Windows 7)

Dell™ Entry USB-Tastatur - Deutsch (QWERTZ)

7.1-Kanal-Audio integriert

Optische USB-Maus von Dell mit zwei Tasten und  
Scrollrad - Schwarz

19-in-1-Kartenlesegerät

Dell AX210CR Two Piece Stereo Speakers

Für die Geräte wird ein 3 Jahre Vor-Ort-Service empfohlen, der in der Kostenkalkulation bereits berücksichtigt wurde. In der Konfiguration ist auch die MS-Office 2007 Version enthalten. Wenn die o.g. Optionen entfallen, reduziert sich der Preis für einen PC entsprechend.

**Kostenkalkulation für Verwaltungs-PC und Lehrerzimmer**

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
7	Desktop-PC - Dell Inspiron 580	1.080,00	7.560,00
		<b>Gesamt</b>	<b>7.560,00</b>

**Bürodrucker**

Für die Verwaltungsarbeitsplätze sind kleinere Bürodrucker vorgesehen. Sie sind netzwerkfähig und können von mehreren in einem Büro genutzt werden. Über das Druckmodul von iServ können die Drucker-Warteschlangen verwaltet werden.



Ein Laserdrucker ist für das Lehrerzimmer vorgesehen.

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
6	Netzwerkdrucker - Dell 2330dn	425,00	4.320,00
		<b>Gesamt</b>	<b>4.320,00</b>

Der o.g. Bürodrucker wird auch für die Notebookwagen verwendet, damit die Schülerinnen und Schüler über das Druckmodul von iServ im Prepaid-Verfahren ihre Ausdrücke direkt im Unterrichtsraum erstellen können.

## Notebookausstattung für die Lehrerinnen und Lehrer

Für Lehrerinnen und Lehrer sind Notebooks vorgesehen. Die prinzipielle Ausstattung sieht folgendes vor:

- Hardware s. nachfolgende Aufstellung
- Betriebssystem Windows 7
- OpenOffice 3.1 oder MS Office 2003/2007
- Internet Browser Firefox
- Mailclient Thunderbird
- Virtuelle Maschine, z.B. für Windows-XP als Gastbetriebssystem (nur in Ausnahmefällen)
- Antiviren-Tool
- diverse Hilfsprogramme, wie Acrobat für die Anzeige von PDF-Dokumenten, Bildbetrachter, ..
- weitere Anwendungen, die im Bereich der Schulverwaltung Einsatz finden



Intel® Core™ 2 Duo Processor T6600 (2.2GHz, 800MHz, 2MB)  
Original Windows®7 PROFESSIONAL 64bit - Deutsch  
Microsoft® Office 2007 Home and Student - Deutsch  
4 Jahre Vor-Ort-Support-Service, auch abends und samstags  
McAfee® Security Centre – Schutz für 15 Monate – Deutsch  
15,6-Zoll-WXGA-LED-Breitbild-Display (1.366 x 768), mit TrueLife™  
4.096 MB 800 MHz Dual-Channel DDR2 SDRAM [2 x 2.048]  
320-GB-SATA-Festplatte (5.400 1/min)  
512 MB ATI Mobility RADEON HD 4570  
Interne Tastatur - Deutsch (QWERTZ)  
Fixed Internal DVD+/-RW Slot Load Drive including Software  
Lithium-Ionen-Hauptakku mit 6 Zellen und 56 Wh  
Dell Wireless 1397-Mini-Karte (802.11 b/g)  
Integrierte 2,0-Megapixel-Webkamera

Für die Geräte wird ein 4 Jahre Vor-Ort-Service empfohlen, der in der Kostenkalkulation bereits berücksichtigt wurde. In der Konfiguration ist auch die MS-Office 2007 Version enthal-

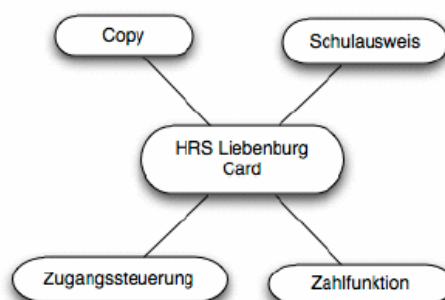
ten. Wenn die o.g. Optionen entfallen, reduziert sich der Preis für ein Notebook entsprechend. Die Notebooks sind so ausgestattet, dass sie optimal in den multimedialen Unterrichtsräumen eingesetzt werden können.

### Kostenkalkulation für ein Notebook

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
27	Dell Studio 15-Notebook	980,00	26.460,00
		<b>Gesamt</b>	<b>26.460,00</b>

## HRS Liebenburg Card

Die HRS Liebenburg Card bietet vielfältige Möglichkeiten, die in der Grafik dargestellt sind. Darüber hinaus ist denkbar, die Ausleihe für die Bücherei darüber zu organisieren.



Die HRS Liebenburg Card muss personalisiert werden, d.h. von allen Beschäftigten und allen Schülerinnen und Schülern sind Passfotos auf der Card

aufgedruckt. Die HRS Liebenburg Card gilt jeweils für ein Schuljahr und muss zum Wechsel des Schuljahres aktualisiert werden. Damit die HRS Liebenburg Card für das Kopiersystem genutzt werden kann, muss sie technisch eine Geldbörse beinhalten und einen sog. Aufwarter (Geldannahme – nur Scheine, Aufwertung der Geldbörse). Sollte die HRS Liebenburg Card für den bargeldlosen Zahlungsverkehr genutzt werden, z.B. in der Cafeteria, sind Kassensysteme erforderlich. Für die Nutzung der HRS Liebenburg Card als Zugangskontrolle sind alle Türen mit einem kontaktlosen Lesegerät auszustatten.

Für alle Funktionen sind spezielle Anwendungen erforderlich. Für einige Anwendungen können die Standardfunktionen genutzt werden, für andere müssen Anpassungsentwicklungen vorgenommen werden. Wegen des sehr hohen finanziellen und personellen Aufwands in der Betreuung wird empfohlen, auf die HRS Liebenburg Card zu verzichten.

In der folgenden Kostenkalkulation sind die einzelnen Positionen des finanziellen Aufwandes zusammengestellt.

### Kostenkalkulation für HRS Liebenburg Card

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
1	Einrichtungskosten ICMS	620,00	620,00
1	ICMS-Software	1.800,00	1.800,00
1	ICMS-Software, Funktionserweiterung	468,00	468,00
1	Dell Optiplex 760MT n-Serie & 1 Ultrasharp 1909 W	1.706,00	1.706,00
1	Einrichtkosten Personalisierungs-PC	1.176,00	1.176,00
1	Zebra P430i Farbkartendrucker für beidseitigen Druck inkl. Mifare-DESFire Kodiereinheit	6.648,00	6.648,00
15	Farbband YMCKOK i für ca. 170 Karten	95,00	1.425,00
1	Validierungsstation LITE (Standard) inkl. TRW-Drucker	7.740,00	7.740,00
1	Validierungssoftware KIOSK-LITE ab 4. Lizenz	1.020,00	1.020,00
1	Einrichtung KIOSK-Lite	500,00	500,00
5	Löschrolle partiell 20 mm für TRW-Drucker	220,00	1.100,00

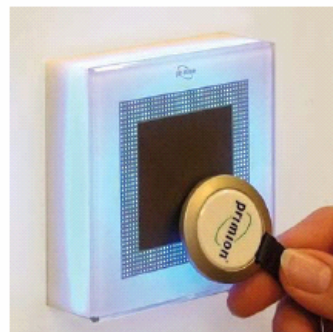
3	Reinigungsset TRW-Drucker inkl. 12 Reinigungskarten	54,00	162,00
1	TRW-Drucker CX-One CDFS "Ersatzgerät" OEM, zum Einbau in eine Validierungsstation	4.986,00	4.986,00
1	Aufwerter für die Geldbörse incl. Software	6.800,00	6.800,00
36	Servicegebühr ICMS pro Monat	27,00	972,00
1	Anpassungsentwicklung einzusetzender Software für z.B. die Verwaltung der Passbilder	10.000,00	10.000,00
1000	HRS Liebenburg Cards	5,45	5.450,00
		<b>Gesamt</b>	<b>52.573,00</b>

## Kostenkalkulation für Zugangskontrollsystem

Die nachfolgende Aufstellung beinhaltet die Kosten mit dem Einsatz der HRS Liebenburg Card.

Menge	Beschreibung	Kosten incl. MwSt	Gesamt incl. MwSt
1	IDT (Steuergerät)	4.800,00	4.800,00
10	Verkabelung, Kartenleser, Öffner/Schließer pro Tür	1.080,00	10.800,00
400	Software (Lizenz pro Nutzer)	3,60	1.440,00
1	Server Dell PowerEdge R610	2.400,00	2.400,00
1	Einrichtungskosten	1.800,00	1.800,00
		<b>Gesamt</b>	<b>21.240,00</b>

Sollte die HRS Liebenburg Card nicht zum Einsatz kommen, sind bzgl. der Zugangskontrolle andere Produkte der Firma Primion denkbar. Hierfür wird insbesondere prime WebAccess in Verbindung mit einem berührungslosen Leser empfohlen.





## Kopiersysteme

Für die HRS Liebenburg sind 2 Kopiersysteme vorgesehen. Beide Geräte sind sog. all-in-one Systeme, die sowohl schwarz/weiße und farbige Kopien erstellen können. Ein Kopierer steht im Lehrerzimmer oder im Verwaltungsbereich und ist für alle Beschäftigten der HRS Liebenburg zugänglich. Ein Kopierer steht öffentlich zugänglich im Schulgebäude auch den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung. Mit der HRS Liebenburg Card erfolgt die Authentifizierung und Kontrolle der Kopierkosten sowie auch die Abrechnung privater Kopien aus der sog. Börse.

Alternativ können auch sog. Kopierkarten Einsatz finden, die zuvor erworben werden müssen. Dieser Ansatz muss genutzt werden, wenn auf die HRS Liebenburg Card verzichtet wird.

Mit einem externen Dienstleister wird ein Nutzungsvertrag abgeschlossen. Hierfür haben wir eine erste Kalkulation bei der Firma Ricoh eingeholt.



## Kostenkalkulation für Kopiersysteme

Laufzeit	3 Jahre	5 Jahre
Mindestabnahme	42.000	42.000
Preis all-in-one (20% davon Farbe)	0,0994 €	0,0706 €
Folgeseite s/w	0,0101 €	0,0101 €
Folgeseite farbig	0,0536 €	0,0536 €