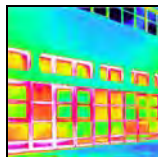
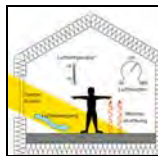
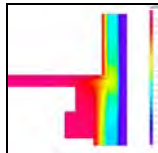


Modellprojekt im Energie- und Klimaschutzprogramm (IEKP)

## **Berufliche Schule des Kreises Stormarn in Bad Oldesloe**

### **Energetische Sanierung**

Endbericht: Stand 10.08.2010



Projektbeteiligte:

Auftraggeber: Kreis Stormarn, Bauverwaltung

Architekt: gmp Hamburg

TGA / Energieeffizienz: hsgp Hamburg, KAplus Eckernförde

**Inhalt**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Projektbeschreibung.....</b>	<b>5</b>
2.1	Projektbeteiligte .....	5
2.2	Architektur .....	6
2.3	Nutzung .....	7
2.4	Energieverbrauch .....	7
<b>3</b>	<b>Ziele .....</b>	<b>9</b>
3.1	Denkmalpflegerische Anforderungen .....	9
3.2	Thermischer und visueller Komfort, Luftqualität .....	9
3.3	Umweltentlastung .....	11
<b>4</b>	<b>Analyse Ist-Zustand .....</b>	<b>12</b>
4.1	Konstruktiver Aufbau der Gebäudehülle .....	12
4.1.1	Dachflächen .....	12
4.1.2	Außenfensterflächen einschl. Dachoberlichter .....	13
4.1.3	Außenwandflächen (Sandwichelemente) .....	14
4.1.4	Erdberührte Außenwand- und -deckenflächen und Frostschrüzen .....	14
4.1.5	Erdberührte Bodenplatte .....	15
4.2	Energetische Qualität der Gebäudehülle .....	16
4.3	Begleitende Messungen zum Ist-Zustand .....	18
4.4	Technische Gebäudeausrüstung .....	22
4.4.1	Sanitär, Heizung und Kälte.....	22
4.4.2	Lüftung .....	24
4.4.3	Elektro .....	29
<b>5</b>	<b>Energiebilanz .....</b>	<b>39</b>
5.1	Rechenverfahren/ Zonierung.....	39
5.2	Varianten und Ergebnis Bilanzierung .....	43
5.2.1	Untersuchte Varianten.....	43
5.2.2	Ergebnisse .....	44
<b>6</b>	<b>Bauliche Maßnahmen / Kosten .....</b>	<b>45</b>
6.1	Kosten Gebäudehülle.....	45
6.1.1	Sanierung Gebäudehülle.....	45
6.1.2	Zusammenfassung Investitionskosten Sanierung Gebäudehülle.....	47
6.2	Varianten .....	47

6.2.1	Basisvariante: Dachflächen.....	47
6.2.2	Basisvariante: Außenfenster- und Dachfensterflächen .....	47
6.2.3	Variante 1: Dreifachverglasung der Außen- und Dachfensterflächen .....	48
6.2.4	Variante 2: Erdberührte Außenwand- und Deckenflächen .....	48
6.2.5	Variante 3: Einbau einer Sturzdämmung aus Zellulose .....	48
6.2.6	Variante 4: Einbau einer Innendämmung an Brüstungs- und Wandflächen.....	49
6.2.7	Variante 5: Erdberührte Bodenplattenfläche der Sporthalle .....	49
<b>7</b>	<b>TGA Maßnahmen / Kosten.....</b>	<b>50</b>
7.1	Technische Gebäudeausrüstung Einsparvarianten.....	50
7.1.1	(B1 + V6 + V7 + V8) Varianten Lüftungen der Klassenräume.....	50
7.1.2	(B2 + V9) Beleuchtung der Klassenräume .....	55
7.1.3	(B3 + V10) Beleuchtung der Flure.....	58
7.1.4	(V11) Sonstige Elektroenergie Einsparungen .....	59
7.1.5	Zusammenfassung Einsparungen künstliche Beleuchtung.....	60
7.1.6	(V12) Photovoltaik auf den Dachflächen .....	60
7.1.7	(B4) Niedertemperaturheizung .....	62
7.1.8	(V13) Verbesserung der Dämmung von Heizungsrohren .....	62
7.1.9	(V14) Einsatz von Hocheffizienzpumpen .....	63
7.1.10	(V15 + V16) Beheizung der Sporthalle.....	63
7.1.11	(V17) Energiecontrolling.....	64
7.1.12	(V18) Gebäudeleittechnik.....	66
7.2	Technische Gebäudeausrüstung, sonstige Varianten.....	67
7.2.1	Beleuchtung in der Pausenhalle.....	67
7.2.2	Alternative Wärmeerzeugungen .....	67
7.2.3	Regenwasserrückgewinnung .....	68
7.2.4	Versickerung von Regenwasser.....	68
<b>8</b>	<b>Bewertung der Wirtschaftlichkeit .....</b>	<b>69</b>
8.1	Bauliche Einsparmaßnahmen .....	69
8.2	Technische Einsparmaßnahmen.....	71
<b>9</b>	<b>Gesamteinsparung / Empfehlung .....</b>	<b>75</b>
<b>10</b>	<b>Anlage .....</b>	<b>78</b>
10.1	Grundrissdarstellung der Funktionsbereiche.....	78
10.2	Protokolle / Externe Berichte.....	81
10.2.1	Ergebnisprotokoll Ortstermin vom 16.03.10 .....	81
10.2.2	Feuchtigkeitsmesswerte Institut für Bauphysik und Bauchemie vom 19.03.10.....	86
10.2.3	Fotodokumentation Bestandaufnahme .....	91

10.2.4	Aufmaß Fassadenkopfpunkt Regelfassade vom 24.02.10.....	95
10.2.5	Systemschnitt durch Sandwichpaneelfassade .....	96
10.2.6	Zusammenstellung der Investitionskosten (brutto).....	97
10.3	Berechnung Wärmebrückenverlustkoeffizient.....	109
10.4	Thermografie – Bestandaufnahme Gebäudehülle.....	114
10.5	Ermittlung des $U_{cw}$ Wertes der Fassade.....	118
10.6	Flächendokumentation .....	120

### **Anlage 1 – TGA**

- A1.1 Grundlagen Energiekosten
- A1.2 Zusammenfassung Maßnahmenkatalog
- A1.3 Berechnung der Kosten und Einsparungen
- A1.4 Energieverbräuche der Anlagen
- A1.5 Beleuchtungsberechnungen

### **Anlage 2 – Projektdokumentation EnEV Bilanz**



## 1 Einleitung

Die berufliche Schule in Bad Oldesloe besteht aus den Gebäudeteilen Schule, Werkstattgebäude und Sporthalle. Sie wurde Anfang der 70er Jahre durch das Büro gmp Hamburg geplant und ausgeführt. Zwischenzeitlich wurde der Gebäudekomplex unter Denkmalschutz gestellt. Die Gebäude befinden sich nahezu im Originalzustand und eine grundlegende energetische Sanierung ist erforderlich.

Die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz waren zur Zeit der Erstellung gering. Mit Ausnahme des Daches sind die wesentlichen Bauteile nur geringfügig gedämmt.

Im Rahmen dieser Studie sollen Varianten zur energetischen Sanierung der Gebäude untersucht werden. Für die Varianten wird der zukünftige Energiebedarf durch eine Energiebilanz berechnet und eine Bewertung auf Basis einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung erstellt.

Die Schule ist Modellprojekt im Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung. Modellprojekte mit dem Leitbild der CO<sub>2</sub>-Neutralität zeichnen sich grundsätzlich dadurch aus, dass sie den Ausstoß von Treibhausgasen weitgehend vermeiden und in vorbildlicher, innovativer Weise die Anwendung verfügbarer hocheffizienter Technologien und erneuerbarer Energien demonstrieren. Modellprojekte können sich auf verschiedene Handlungsfelder beziehen. Sie sollen durch eine angemessene (regionale) Öffentlichkeitsarbeit Multiplikationswirkung erzielen.

Im Gebäudebereich gilt: Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um mindestens 70 % oder, alternativ, Reduktion der endenergiebezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen um mindestens 60 % gegenüber den Anforderungen gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV) an einem vergleichbaren Neubau, davon mindestens die Hälfte durch Effizienztechnologien bzw. Energiesparmaßnahmen.

Bereits in der Konzepterstellungsphase soll eine integrierte Planung und somit die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den relevanten Akteuren begonnen werden, um ein energetisch optimiertes Ergebnis erreichen zu können.





Abbildung 1: Außen- und Innenansichten berufliche Schule in Bad Oldesloe (Januar 2010)

Ziel ist die Minderung des Primärenergiebedarfs der Gebäude um mindestens 70 %. Dieser Wert gilt im Sinne der DIN V 18599. Somit sind hier spezielle Anwendungen wie Schweißen, Werkzeugmaschinen usw. ausgenommen.

## 2 Projektbeschreibung

Einführend werden die Projektbeteiligten der vorliegenden Studie aufgeführt. Weiterhin folgen eine kurze Erläuterung der Architektur und der Nutzung sowie die Angabe des derzeitigen Energieverbrauchs.

### 2.1 Projektbeteiligte

#### **Bauherr:**

Kreis Stormarn  
FD Zentrale Gebäudewirtschaft und Denkmalpflege  
Mommensenstraße 14  
23843 Bad Oldesloe  
T: 04531 / 160 – 277, F:04531 / 160 – 623, [www.kreis-stormarn.de](http://www.kreis-stormarn.de)

#### **Planung:**

Hochbau:  
Architekt gmp Generalplanungsgesellschaft mbH  
Elbchaussee 139  
22763 Hamburg  
T: 040-88151-153, F: 040-88151-277, [www.gmp-architekten.de](http://www.gmp-architekten.de)

TGA und Energieeffizienz:

HEINZE-STOCKFISCH-GRABIS + PARTNER GMBH

Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik

Borsteler Chaussee 25

22453 Hamburg

T: 040-51477220, F: 040-51477111, www.hsgp.de

KAplus – Ingenieurbüro Vollert

Mühlenstraße 29

24340 Eckernförde

Fon 04351 / 8800-10, Fax 04351 / 8800-11, info@kaplus.de

## 2.2 Architektur

Das Projekt erhielt 1970 den 1. Preis eines Wettbewerbs und wurde bis 1977 als Kreisberufsschule in Bad Oldesloe erstellt.

Die Konzeption wurde primär durch das ungewöhnliche Grundstück bestimmt. Entsprechend dem beengten winkelförmigen Grundstück auf einer kleinen Bergkuppe wurde auch der Baukörper L-förmig angeordnet. Im Knickpunkt des Winkels liegt die zentrale Halle mit dem durchgehenden Luftraum. Die kaufmännische schulische Abteilung liegt im Obergeschoss, die hauswirtschaftliche Abteilung und die Verwaltung ist im Erdgeschoss angeordnet, während die gewerbliche Abteilung mit den zugehörigen Werkstätten im Untergeschoss liegt.

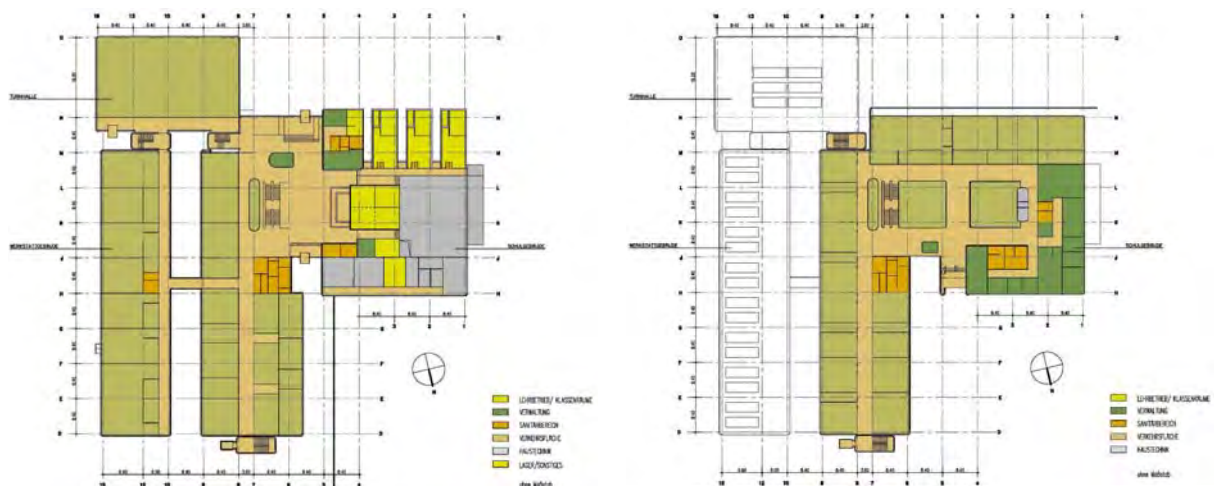


Abbildung 2: Grundrisse Untergeschoss und Erdgeschoss

In den folgenden Jahren wurde das Schulsystem umstrukturiert und die Schule wurde an die jüngsten Erfordernissen angeglichen. Die Aufgaben haben sich erweitert und aus der reinen Berufsschule wurde die „Berufliche Schule Bad Oldesloe“, die im Jahr 2009 unter Denkmalschutz gestellt wurde.

## 2.3 Nutzung

Nach der Umstrukturierung wurde in das Obergeschoss zu der kaufmännisch ausgerichteten Abteilung die zusätzlichen Aufgaben der Datentechnik und der Fremdsprachen integriert. Die Abteilungen Hauswirtschaft und Verwaltung blieben unberührt im Erdgeschoss. Zu den gewerblichen Berufen wurden die Naturwissenschaften und die Elektrotechnik im Untergeschoss zugeordnet.

Ergänzend wurden die vorberufliche Ausbildung und die berufliche Weiterbildung erschlossen, die bis zur Fachhochschulreife reicht.

## 2.4 Energieverbrauch

Zum Zeitpunkt der Berechnungen lagen Verbrauchswerte (Wärme) für die Jahre 2006 bis 2009 vor. Eine Witterungsbereinigung der Verbrauchswerte wurde mit den Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) durchgeführt.

Für den Stromverbrauch lagen Messwerte aus den Jahren 2006 bis 2008 vor. Im Kapitel Ist-Analyse – Elektro sind weitere Daten zum Stromverbrauch (u.a. Lastgangmessung) aufgeführt.

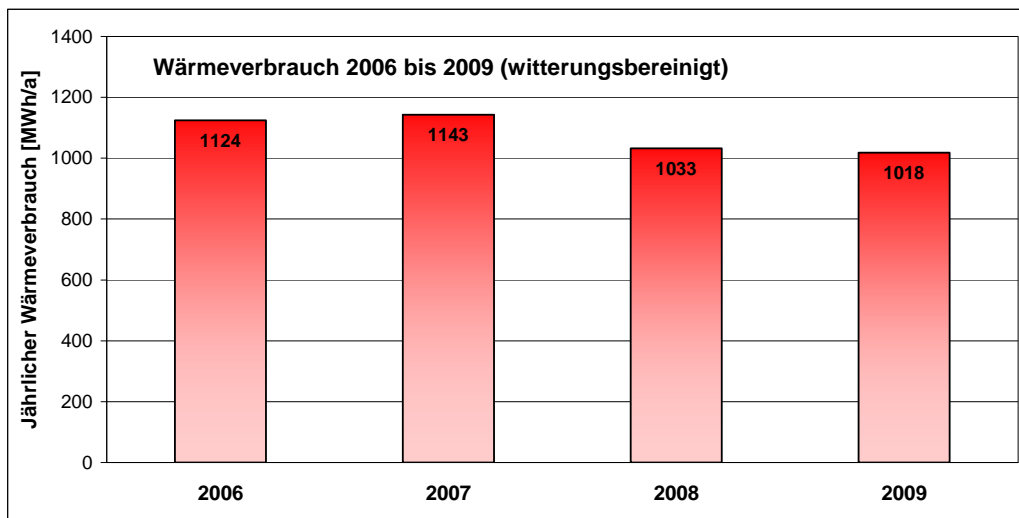


Abbildung 3: Witterungsbereinigte Heizenergieverbrauchswerte

Zur Ermittlung der Energieverbrauchskennzahlen wurde jeweils ein Mittelwert gebildet. Die Bezugsfläche ist die Bruttogrundfläche (BGF) von Hauptgebäude, Werkstattgebäude sowie der Sporthalle. Die energetisch relevanten Bezugs- und Hüllflächen des Gebäudes wurden in einem geometrischen Modell am PC ermittelt (vgl. Anhang).

Die derzeitigen Verbrauchskennzahlen werden in den folgenden Diagrammen mittleren Kennzahlen anderer Bestandsgebäude mit vergleichbarer Nutzung gegenüberstellt (Quelle: Forschungsbericht ages GmbH, Verbrauchskennwerte 2005, Gebäudeart Berufsschule).

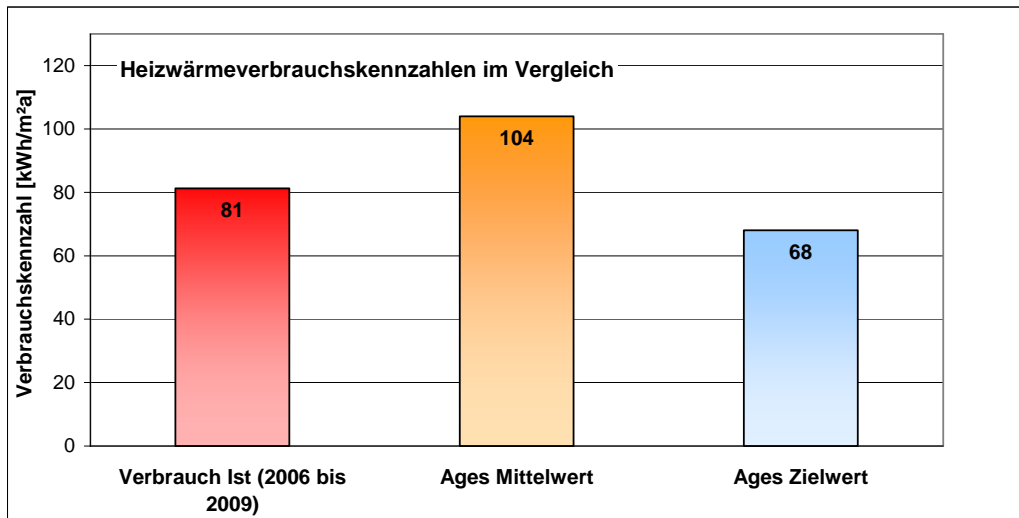


Abbildung 4: Derzeitige Heizkennzahl im Vergleich mit anderen Schulgebäuden  
(Quelle: Forschungsbericht ages GmbH, Verbrauchskennwerte 2005, Gebäudeart Berufsschule)

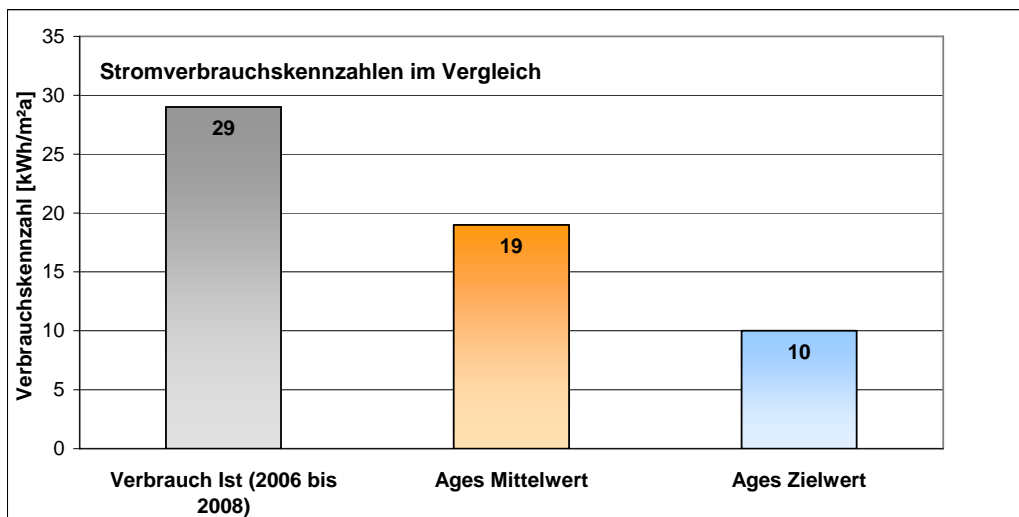


Abbildung 5: Derzeitige Stromkennzahl im Vergleich mit anderen Schulgebäuden  
(Quelle: Forschungsbericht ages GmbH, Verbrauchskennwerte 2005, Gebäudeart Berufsschule)

- Der spezifische Heizwärmeverbrauch der Berufsschule liegt unter dem Mittelwert vergleichbarer Schulen in Deutschland.
- Der spezifische Strombedarf liegt deutlich über dem Mittelwert vergleichbarer Gebäude.
- Die ages Zielwerte (unteres Quartilsmittel) liegen für den Strombereich deutlich unter den gemittelten spezifischen Verbrauchswerten.

### 3 Ziele

Ziel dieser Untersuchung ist die Erstellung eines energieeffizienten Sanierungskonzeptes für den gesamten Gebäudekomplex unter Berücksichtigung ökologischer, denkmalpflegerischer sowie wirtschaftlicher Anforderungen. Einen Schwerpunkt dieser Untersuchung stellen Variantenbetrachtungen zur Reduktion der derzeitigen CO<sub>2</sub>- Emission dar.

#### 3.1 Denkmalpflegerische Anforderungen

Das über 35-jährige Gebäude wurde 2009 unter Denkmalschutz gestellt. Dieser Schutz umfasst die gesamte äußere Hülle, weite Teile der inneren Gestaltung und Ausstattung und das äußere Umfeld auf dem Grundstück.

Durch die strengen denkmalpflegerischen Anforderungen ist eine vollständige Verbesserung und Optimierung aller energetisch betroffenen Bauteile nicht möglich. Z.B. ist für die äußeren „Sandwich-Waschbetonplatten“ eine Außendämmung nicht möglich.

Unter der Voraussetzung, dass die derzeitigen transparenten Fassadenteile in der Gestaltung annähernd durch moderne Bauelemente ersetzt werden können, wird einem Ersatz mit einer energetischen Verbesserung zugestimmt. Die verdeckten erdberührten Außenwände und Decken sowie die Dachflächen dürfen den neuen Standards angeglichen werden, solange das äußere Erscheinungsbild nicht gestört wird.

#### 3.2 Thermischer und visueller Komfort, Luftqualität

##### Thermisches Raumklima

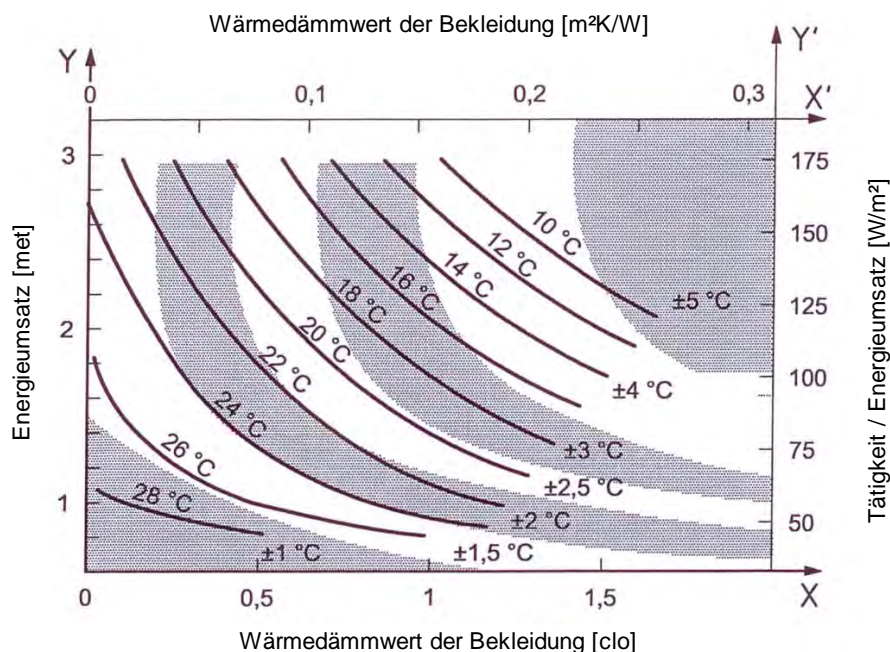


Abbildung 6: Optimale Raumtemperatur (DIN EN ISO 7730, Kategorie B: PPD < 10 %)

Für eine hauptsächlich sitzende Tätigkeit gelten folgende Punkte in Bezug auf den thermischen Komfort:

- Die Lufttemperatur sollte im Winter 21 °C ( $\pm 1$  °C) betragen.
- Im Sommer gelten Lufttemperaturen von 20 °C bis 24 °C als behaglich.
- Die Temperaturasymmetrie von Raumboflächen sollte nicht mehr als 3 bis 4 Kelvin betragen.
- Das vertikale Temperaturgefälle zwischen Kopf und Fußknöchel sollte 3 Kelvin nicht überschreiten.
- Die Luftbewegung sollte am Sitzplatz im Winter 0,15 m/s und im Sommer 0,25 m/s nicht überschreiten.

### **Raumlufffeuchte**

Eine relative Raumlufffeuchte von weniger als 40 % führt zu einer Austrocknung der Schleimhäute und einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Erkältungskrankheiten.

Eine hohe relative Luftfeuchte von 70 % und mehr wird dagegen als unangenehm empfunden und die Gefahr eines möglichen Wachstums von Schimmelpilzen nimmt zu.

Aus diesen Gründen sollte die Raumlufffeuchte in einem Bereich von 40 % bis 70 % liegen.

### **Luftqualität**

Die Lüftung von Gebäuden soll hauptsächlich zwei Aufgaben erfüllen:

- Sicherstellung des hygienischen Luftwechsels / Abfuhr von Schadstoffen
- Abfuhr von Wärme-, und Feuchtelasten

Als Richtwert für die Raumluffqualität gilt die CO<sub>2</sub> Konzentration der Raumluff. Eine natürliche, freie Lüftung über Fenster ist in normal belasteten Klassen durch Fensterlüftung einhaltbar (s. Leitfaden für die Innenraumluffthygiene in Schulgebäuden, UBA 2008).

Die Richtlinie der Stadt Hamburg (TR Schulen) definiert folgende Anforderungen:

- Um Unterrichtsräume ausreichend belüften zu können, müssen die Fensterflächen oberhalb der Brüstungshöhe als Kipp- oder Klappflügel ausgebildet werden.
- Als Näherungswert ist eine freie Lüftungsfläche von mindestens 0,4 m<sup>2</sup> je 10 m<sup>2</sup> Nutzfläche anzusetzen.

### **Tageslicht**

Die Hauptaufgabe der natürlichen Beleuchtung ist die Gewährleistung des visuellen Komforts über einen möglichst langen Zeitraum während der Nutzungsdauer. Eine hohe Tageslichtautonomie gewährleistet maximale Energieeinsparung bei der Beleuchtung.

Im Innern eines Raumes ist die Helligkeit der natürlichen Beleuchtung direkt proportional zur Intensität des Tageslichtes im Freien. Die Stärke der Beleuchtung wird durch den Tageslichtquotienten D beschrieben. Er ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen der Beleuchtungsstärke im Raum ( $E_i$ ) zur Beleuchtungsstärke auf einer unbeschatteten horizontalen Fläche im Freien ( $E_a$ ).

Der empfohlene Tageslichtquotient hängt von der jeweiligen Nutzung ab:

Raum	Tageslichtquotient D [%]
Klassenzimmer	2 - 6
Bibliothek	1 - 5
Pausenhalle	0,5 - 10
Verkehrsflächen	0,5 - 10
Sanitärräume	0,5 - 10
Sporthalle	3 - 5

Tabelle 1: Empfohlene Werte für Tageslichtquotienten

(Quelle: Chuard, P.; Chuard, D.: Beleuchtungstechnik für Schulen, Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern 1993)

Das Beleuchtungsniveau wird bestimmt durch das diffuse Licht und die direkte Sonneneinstrahlung durch die Fenster, die Außenreflexionen der Umgebungselemente und die Innenreflexionen an den raumbegrenzenden Flächen und Einrichtungsgegenständen.

Für Klassenräume können nachfolgende Anforderungen definiert werden:

- Tageslichtquotient auf allen Arbeitsflächen größer 2 %
- Gleichmäßigkeit der Beleuchtung im gesamten Klassenraum  $g = D_{\min} / D_m$  größer 1 : 3
- Kontrast zwischen der fensterzu- und der fensterabgewandten Seite der Tafel größer als 1 : 3
- Kontrast zwischen Wandtafel und Wand größer 1 : 10

### 3.3 Umweltentlastung

Ziel der Untersuchung ist die Erarbeitung von Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauches. Es sollen folgende Werte erreicht werden:

- Absenkung des Primärenergieverbrauches und der CO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen um mindestens 70 %.
- Davon sollen mindestens 50 % über Einsparungen erreicht werden.

### Randbedingungen

Das Gebäude wird derzeit mit Nahwärme über die Stadtwerke mit langfristiger Vertragsbindung versorgt. Es ist eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage mit einem Primärenergiefaktor von 1,0 vorhanden. Die Betrachtung einer Eigenversorgung wird daher nicht weiter verfolgt.

Der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen. Hier ist eine Umweltentlastung durch eine Eigenerzeugung (Fotovoltaik) zielgerecht und wird deshalb in die Untersuchung einbezogen.



## 4 Analyse Ist-Zustand

### 4.1 Konstruktiver Aufbau der Gebäudehülle

Die örtliche Bestandsaufnahme wurde unumgänglich, weil die Bestandspläne ungenügende Aussagekraft besitzen, eine große Anzahl der Detailpläne der wichtigen Bauteile fehlen und durch zwischenzeitlich unternommene Sanierungs- und Schadensreparaturarbeiten der ursprüngliche Zustand verändert wurde. Für alle maßgeblich betroffenen Bauteile wurden untersucht und die Ergebnisse dokumentiert.

#### 4.1.1 Dachflächen

Durch partielles Öffnen der Dachfläche an mehreren Punkten konnte der Dachaufbau mit seinen Schichtdicken und Schichtqualitäten von außen nach innen bestimmt werden:

Kies 16/32	ca. 80 mm
lose verlegte Vliestrennlage	ca. 4 mm
einlagige Folienabdichtung	ca. 1 mm
expandierter Polysterolschaum (EPS)	ca. 80 mm
dreilagige bituminöse Abdichtung	ca. 15 mm
PUR – Hartschaum	ca. 60 mm
einlagige bituminöse Dampfsperre	ca. 5 mm
Stahlbetondeckenplatte	ca. 100 mm
Der rechnerische Wärmedurchgangskoeffizient beträgt	$U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$



Abbildung 7: Rückbau der Bestandsdichtung und Dämmung auf Dachfläche Schulgebäude

Beim Öffnen der Proben wurde erkennbar, dass die Dämmschichten teilweise stark durchfeuchtet waren. Zwecks Bestimmung des Feuchtegehaltes und zur Analyse der Konzentration der PAK wurden die Proben chemisch technisch untersucht. (siehe Prüfberichte der Anlage).

Das Protokoll zur Bestandsaufnahme vom 16.03.2010 und die entsprechende Fotodokumentation kann der Anlage entnommen werden.

Die obere Dämmschicht aus EPS, zusammen mit der Folienabdichtung, der Vlieslage und der Kiesschicht wurden als Sanierungsmaßnahme 1992 auf das vorhandene Dach aufgebracht, um die Vielzahl der Leckagen abzudichten. Der Dichtungsaufbau auf dem Werkstattgebäude und der Turnhalle ist identisch mit dem Schulgebäude.

#### 4.1.2 Außenfensterflächen einschl. Dachoberlichter

Durch partielles Öffnen der Verkleidungsbleche an den Fensterstößen und der Fensterpaneelen konnte lediglich eine unzureichende geringfügige Wärmedämmung festgestellt werden. Die Fassadenprofile aus Stahl sind thermisch nicht getrennt und die Isolierverglasung hat einen Luftzwischenraum von 6 bis 8 mm.

Der Fassadenaufbau konnte durch den Rückbau von verschiedenen Verkleidungsblechen und durch maßliche Überprüfungen festgestellt und dokumentiert werden.

Die entsprechende Fotodokumentation kann der Anlage entnommen werden.

Der rechnerische Wärmedurchgangskoeffizient wurde anhand von entsprechenden Literaturhinweisen und durch Erfahrungswerte eines renommierten Herstellers ermittelt und beträgt ca.  $U = 4,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  – siehe hierzu Anlage.



Abbildung 8: Fassadenelement Stoß innen nach Rückbau des Verkleidungsbleches

### 4.1.3 Außenwandflächen (Sandwichelemente)

Durch die Entnahme eines Bohrkerns konnte der Aufbau der beiden äußeren Schichten eindeutig bestimmt und dokumentiert werden.

Außenschale aus Stahlbeton (Oberfläche Waschbeton)	ca. 90 mm
Kerndämmung expandierter Polysterolschaum (EPS)	ca. 50 mm
tragende Innenschale aus Stahlbeton	ca. 130 mm
Der rechnerische Wärmedurchgangskoeffizient beträgt	$U = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$

Der Schichtaufbau am Werkstattgebäude und an der Turnhalle ist identisch mit dem Aufbau der Sandwichelemente des Schulgebäudes.

Wie bereits oben beschrieben, ist eine Veränderung der Oberfläche aus Gründen des Denkmalschutzes nicht möglich und wird nicht weiter verfolgt.

Bei der Untersuchung der Außenfenster- und – wandflächen musste eine innere Sturzverkleidung rückgebaut werden, um die Details der Anschlusspunkte zu erkunden. Dieser derzeit ungenutzte Raum kann für Wärmedämmmaßnahmen genutzt und es soll im weiteren Verlauf des Berichts darauf eingegangen werden.

Das Protokoll zur Bestandsaufnahme vom 16.03.2010 und die entsprechende Fotodokumentation kann der Anlage entnommen werden.



Abbildung 9: Kernbohrung durch Sandwichelement

### 4.1.4 Erdberührte Außenwand- und -deckenflächen und Frostschrüzen

Durch das Herstellen von verschiedenen Schürftgruben am Schul- und Werkstattgebäude sowie an der Turnhalle konnte festgestellt werden, dass keinerlei Dämmungen vorhanden sind.



Das Protokoll zur Bestandsaufnahme vom 16.03.2010 und die entsprechende Fotodokumentation kann der Anlage entnommen werden.



Abbildung 10: Schürfgrube an südlicher Außenwand des Turnhallengebäudes

#### 4.1.5 Erdberührte Bodenplatte

Durch partielles Öffnen der Fußböden an mehreren Punkten in verschiedenen Gebäudeteilen konnten die Fußbodenaufbauten mit ihren jeweiligen Schichtdicken und Schichtqualitäten von oben nach unten bestimmt werden:

##### Technikräume im UG

Verbundestrich	ca. 30 mm
Stahlbetonbodenplatte	ca. 200 mm

##### Foyer im Schulgebäude

Keramikbelag	ca. 15 mm
Bewehrtes Mörtelbett	ca. 75 mm
Stahlbetonbodenplatte	ca. 200 mm

##### Labor im UG des Schulgebäudes

Keramikbelag	ca. 15 mm
Bewehrtes Mörtelbett	ca. 50 mm
Expandierter Polysterolschaum (EPS)	ca. 25 mm
Stahlbetonbodenplatte	ca. 200 mm

##### Turnhalle

Schwingboden ohne Dämmstoffeinlage	ca. 100 mm
Stahlbetonbodenplatte	ca. 200 mm

Das Protokoll zur Bestandsaufnahme vom 16.03.2010 und die entsprechende Fotodokumentation kann der Anlage entnommen werden.



Abbildung 11: Feststellung des Fußbodenaufbaus im Foyer des Schulgebäudes

## 4.2 Energetische Qualität der Gebäudehülle

Mit Einführung der Wärmeschutzverordnung und später Energieeinsparverordnung sind die Anforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle stetig gestiegen.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die U-Werte der Gebäudehülle im Bestand im Vergleich mit den heute gültigen Anforderungen.

Bauteil:	U-Wert ist (geschätzt) [W/m²K]:	U-Wert EnEV 2009 [W/m²K]:	Äquivalente Dämmstoffstärke WLG 035 [cm]
Außenwand (Sandwichelemente)	0,73	0,24	14,0
Flachdach:	0,31	0,20	18,0
Boden:	1,00	0,50	8,0
Decken / Wände gegen Erdreich oder unbeheizt	1,00	0,30	12,0
Fenster:	2,80	1,30	-

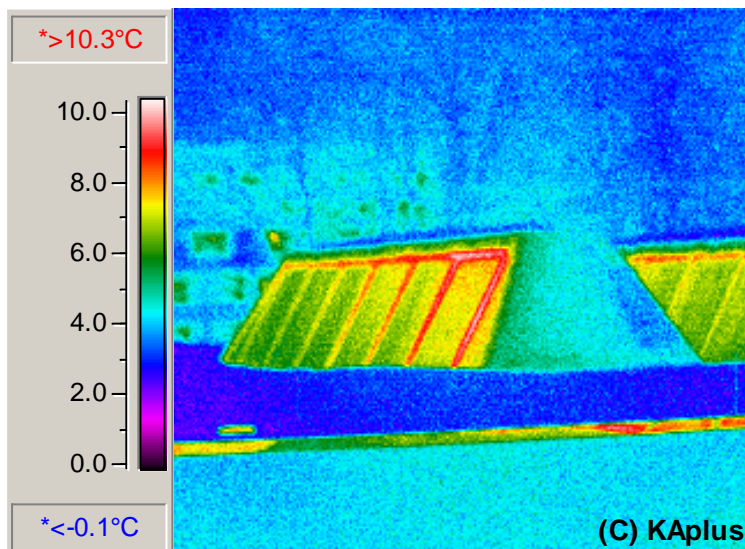
Tabelle 2: U-Werte verschiedener Bauteile – Bestand und Übersicht Anforderung Sanierung EnEV 2009

## Thermografie

Am 18.02.2010 wurde die Gebäudehülle durch Infrarot-Thermografie begutachtet, um einen ersten Eindruck der energetischen Qualität zu erhalten und Schwachstellen zu lokalisieren. Weitere Thermografieaufnahmen befinden sich in Anhang.

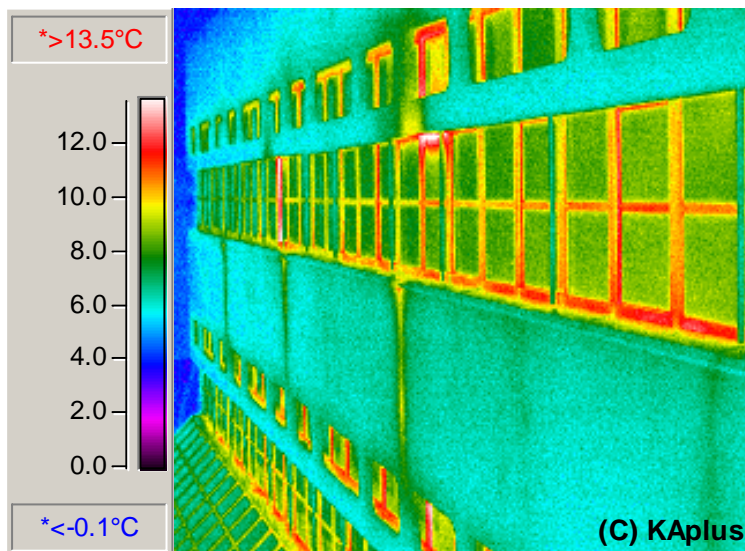
Wesentliche Schwachstellen sind:

- Die Fensterrahmen stellen eine deutliche Schwachstelle dar.
- Die Oberlichter sind deutliche Schwachstelle in der dämmenden Gebäudehülle.
- Im Bereich der Stöße der Sandwichelemente sind Wärmebrücken erkennbar.



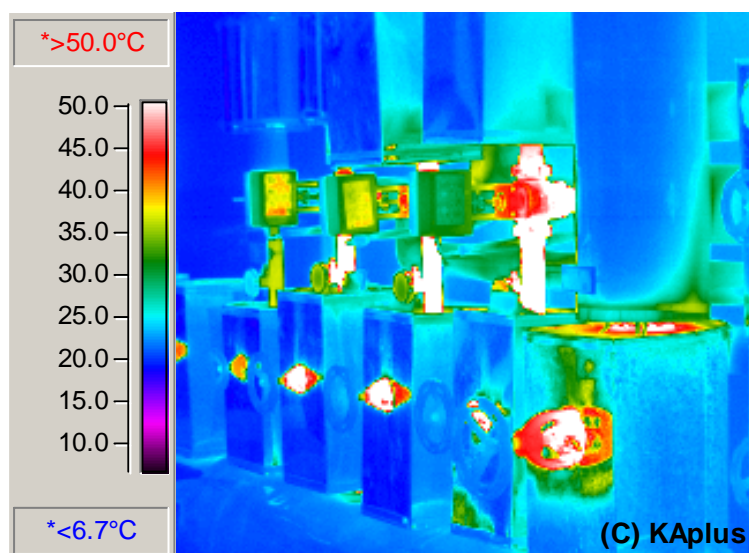
### Dach Werkstattgebäude:

Erhöhte  
Oberflächentemperaturen der  
Lichtkuppeln im Vergleich zum  
bereits gedämmten Dach.



### Fassade Hauptgebäude

Erhöhte  
Oberflächentemperaturen an  
den Kontaktflächen der  
Sandwichelemente (keine  
Kerndämmung in diesem  
Bereich).  
Schwachstelle Fensterrahmen.

**Technikraum Heizzentrale:**

Erhöhte  
Oberflächentemperaturen der  
ungedämmten Armaturen.

Einsparungen durch Einsatz von  
Dämmmanschetten möglich!

Abbildung 12: Thermografieaufnahmen vom 18.02.2010

**Wärmebrücken**

Wie z.T. in den Aufnahmen der Thermografie ersichtlich sind Wärmebrücken in der Gebäudehülle vorhanden. Die Dämmebene ist mehrfach unterbrochen.

Aufgrund des bestehenden Denkmalschutzes ist nur eine Innendämmung zur Verbesserung der energetischen Qualität möglich. Nachteil der Innendämmung ist die zwangsläufige Entstehung von Wärmebrücken durch einbindende Decken und z.T. Innenwände.

Geringfügige Abmilderung der Wärmebrückenwirkung erfolgt hier durch die vorhandene Dämmung im Betonsandwich Bauteil von 5 cm.

**4.3 Begleitende Messungen zum Ist-Zustand**

Im Rahmen dieser Studie wurden neben der Infrarot-Thermografie folgende Messungen durchgeführt:

- Prüfung der Luftdichtheit (Blower-Door Messung) exemplarisch für einen Klassenraum.
- Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration als Indikator der Luftqualität in einem Klassenraum.
- Messung der Beleuchtungsstärke durch Tageslicht in einem Klassenraum.

**Luftdichtheit (Blower-Door Messung)**

Am 03.06.2010 wurde eine Blower-Door Messung zur Lokalisierung von Undichtheiten in der Gebäudehülle durchgeführt.





Abbildung 13: Einbau Blower-Door in Klassentür, Aufnahme lokaler Undichtheiten in der Gebäudehülle

Anforderungen an die Luftdichtheit von Gebäuden wurden erst in den 90er in die Normung aufgenommen. Entsprechend ist bei dem Gebäude keine definierte luftdichte Ebene vorhanden.

Folgende Schwachstellen konnten bei der Messung festgestellt werden:

- Undichtheit des Zuluftelementes im geschlossenen Zustand.
- Z.T. fehlende Dichtung der Fensterflügel.
- Undichtheiten insbesondere an den Mittelpfosten der Fassade.
- Im geprüften Raum war ein Fensterelement verzogen und zeigte deshalb auch mit vorhandener Dichtung Undichtigkeiten auf.
- Im Bereich der Brüstung konnte keine Undichtigkeit festgestellt werden.



## Messung Raumklima und Luftqualität

Im Zeitraum vom 01.05.2010 bis zum 08.05.2010 wurde eine Messung des Raumklimas und der Luftqualität im Klassenraum O42 (Ostausrichtung) durchgeführt. Die gemessenen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen liegen in den Spitzen deutlich über dem Richtwert von 1500 ppm.

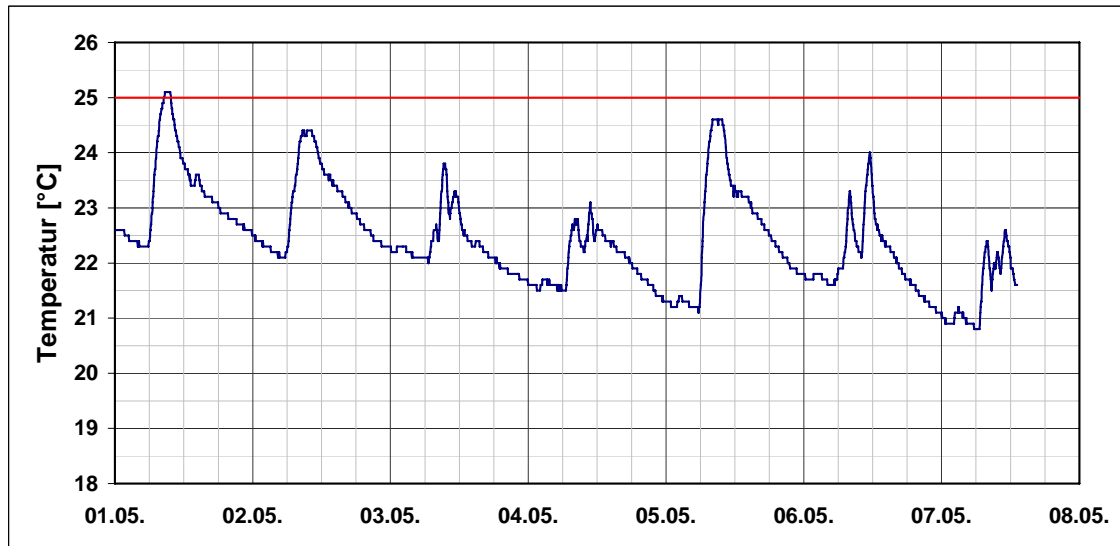


Abbildung 14: Gemessener Verlauf der **Raumlufthemperatur** (Klassenraum O42)

Die Messung zeigt, dass an relativ kühlen Tagen mit hoher Einstrahlung bereits Raumtemperaturen von 25 °C erreicht werden.

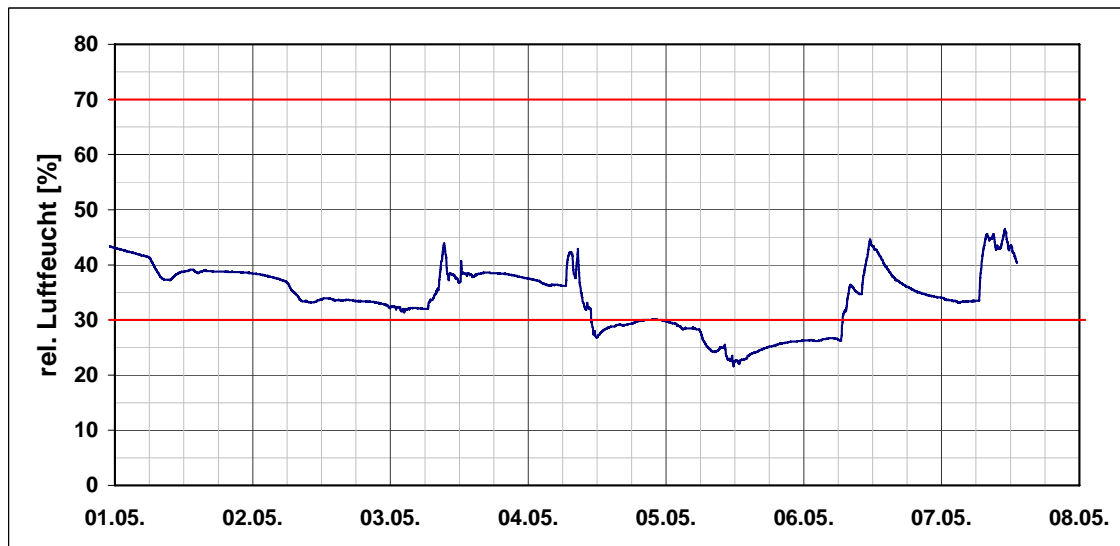


Abbildung 15: Gemessener Verlauf der **Raumlufthfeuchte** (Klassenraum O42)

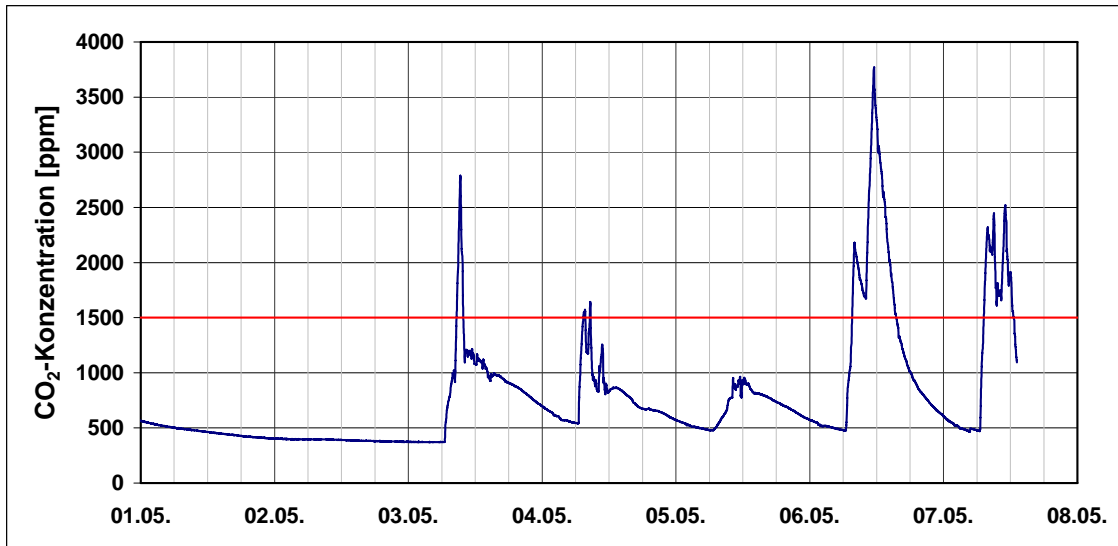


Abbildung 16: Gemessener Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration (Klassenraum O42)

- Die Raumlufttemperatur bewegt sich in einem akzeptablen Band. Allerdings steigt die Temperatur an strahlungsreichen Tagen relativ stark an.
- Am Wochenende (1. und 2. Mai) ergeben sich hohe Innentemperaturen durch solare Lasten!
- Die relative Raumluftfeuchte ist sehr trocken (Hohe Infiltration).

**Messung zur Ermittlung des Tageslichtquotienten**

Im Raum E45 wurde eine Messung der Beleuchtungsstärke zur Ermittlung der Tageslichtquotienten durchgeführt.

Nachfolgende Tabelle enthält die Randbedingungen der Messung:

Messdatum	18.02.2010
Außenlicht	gleichmäßig bewölkter Himmel (Referenzmessung 3500 Lux)
Raumoberflächen	Boden: brauner Nadelvlies, Decke: Gelbes Akustikraster vor Sichtbetondecke
Beleuchtungssituation	Einseitige Belichtung durch Fenster an einer Fassadenseite
Messabstand	1 m

Tabelle 3: Randbedingungen Messung Tageslicht

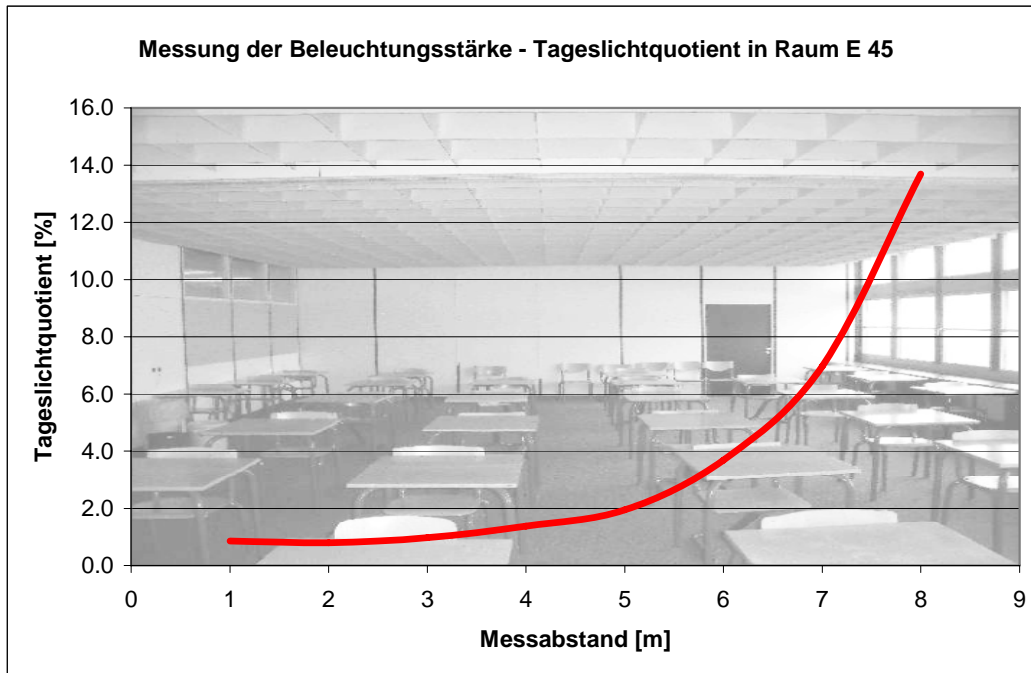


Abbildung 17: Verlauf des Tageslichtquotienten in Raum E 45

- Der mittlere Tageslichtquotient beträgt 3,8 im Mittel
- Die natürliche Belichtung ist ausreichend. Wird jedoch durch die niedrige Transmission der Oberlichter (mit teilweiser Verschattung durch die Betonschale) in der Raumtiefe geschwächt. Die Decke und der Boden weisen niedrige Reflexionsgrade auf.

#### 4.4 Technische Gebäudeausrüstung

Es folgt eine Zusammenfassung über die im Bestand vorgefundenen technischen Anlagen mit technischen Daten und Grundlagen für die weiteren Untersuchungen.

##### 4.4.1 Sanitär, Heizung und Kälte

Die Räume der Schule werden im Wesentlichen über die Heizungsanlage (Verteilung und Heizflächen) aus dem Baujahr 1975 beheizt.

In den Klassenzimmern sind je nach Ausführung der Brüstung und örtlichen Gegebenheiten Plattenheizkörper mit planer Vorderfront (Fabr. Hudevad u. ähnlich) oder Standard-Stahlradiatoren angeordnet. Die Auslegung ist für den bisherigen Bedarf an Transmissions-Wärmeverlusten und für die Lüftung der Klassenräume ausreichend.

Die Fassadenlüfter werden im Winter nicht genutzt, weil die eintretende Luft zu Zugerscheinungen am Fenster führt. Eine ausreichende Aufheizung der Luft kann durch die Heizkörper nicht realisiert werden.

Die Treppenhäuser werden über Deckenstrahlplatten beheizt. Nach Auskunft sind die Treppenhäuser sehr niedrig temperiert.

Die Sporthalle wird über ein zugeordnetes Lüftungsgerät belüftet und beheizt.

Für die Beheizung, auch im Umluftbetrieb, muss der Ventilator der Anlage eingeschaltet werden.

Aufgrund der Luftführung unterhalb der Außenfenster ist eine direkte Beheizung des Aufenthaltsbereiches nur mit einer Überheizung der Halle möglich. Es bilden sich zunächst Warmluftpolster unterhalb der Hallendecke.

Die Flure und Pausenhalle der Schule werden mit Heizkörpern an der Außenfassade beheizt.

Über die Rohrverteilung im Gebäude liegen keine Bestandspläne vor. Es ist davon auszugehen, dass die Leitungen im Fußbodenaufbau zu den Heizkörpern verteilt werden.

### Die Rohrverteilung bzw. Heizkreise sind wie folgt aufgebaut:

1	Heizkreis Nord / Ost	*1	
2	Heizkreis Süd / West	*1	
3	Heizkreis Turnhalle		
4	Heizkreis Werkstätten	*1	Ausgestatte mit drehzahl geregelter Pumpe Grundfos UPE 60-120 F
5	Heizkreis Verwaltung	*1	Ausgestatte mit drehzahl geregelter Pumpe Grundfos UPE 25-80
6	Heizkreis Lüftung		Ausgestatte mit drehzahl geregelter Pumpe Grundfos Magna 65-120 F
7	Heizkreis Brauchwarmwasser		
8	Heizkreis Schweißplatz		Ausgestatte mit drehzahl geregelter Pumpe Grundfos UPE 65-120 F

\*1 Die Heizkreise Nord/Ost, Süd/West, Werkstätten und Verwaltung besitzen eine eigene Regelungsanlage mit Zeitprogramm

Die Brauchwassererwärmung für die Schule ist mit einem Speicher-Ladesystem in der Heizzentrale angeordnet.

Der Speicherinhalt beträgt ca. 800 Liter. Die Brauchwassererwärmung ist in jüngerer Zeit mit Kupferrohranschlüssen saniert worden. In der Heizzentrale befindet sich der Verteiler und Sammler für die aufgeführten Heizkreise.

Die Armaturen, Rohrleitungen und Dämmstandards entsprechen dem Baujahr 1960.

Die Heizzentrale ist geteilt. Auf der anderen Fläche befindet sich eine Gas-Kesselanlage, die als Teil einer Nahwärmeversorgung mit einer BHKW-Anlage von den Stadtwerken Bad Oldesloe betrieben werden. Die BHKW-Anlage ist auf dem Nachbargrundstück angeordnet und mit einer Fernleitung mit der Heizzentrale der Schule verbunden. Die Schnittstelle mit dem Wärmezähler für die Schule befindet sich im Heizraum.

#### 4.4.2 Lüftung

Das Gebäude wird mit den nachfolgenden lufttechnischen Anlagen versorgt.

Bereich:	Bezeichnung:	Zuluft:	Abluft:	Baujahr:
1	Filmraum EG, Innenzone	6.000 m <sup>3</sup> /h	6.000 m <sup>3</sup> /h	1976
2	Klassenräume UG, EG + OG, Außenzone			
	Anlage 1		27.300 m <sup>3</sup> /h	1976
	Anlage 2		27.300 m <sup>3</sup> /h	1976
3	Innenräume OG, Lehrerzimmer EG, Naturwissenschaften EG	24.000 m <sup>3</sup> /h	15.700 m <sup>3</sup> /h	1976
4	Technikzentrale und Nebenräume UG	4.000 m <sup>3</sup> /h		1976
5	Turnhalle	14.000 m <sup>3</sup> /h	14.000 m <sup>3</sup> /h	1976
6	Umkleide + Duschbereiche Turnhalle			
7	Metallwerkstätten EG			
	Zuluftanlage	10.000 m <sup>3</sup> /h		1976
	Abluftanlage		11.000 m <sup>3</sup> /h	1976
8	Hauswirtschaftsbereich EG	7.000 m <sup>3</sup> /h	8.000 m <sup>3</sup> /h	2002/1976
9	Lackierwerkstatt EG	6.700 m <sup>3</sup> /h	6.700 m <sup>3</sup> /h	1992
10	Chemieraum EG	3.750 m <sup>3</sup> /h	3.750 m <sup>3</sup> /h	2008
11	WC-Bereiche UG, EG + OG			
12	Digestorien / Abzüge Chemiebereiche EG			
	Anlage 1 – Digestorium		660 m <sup>3</sup> /h	1976
	Anlage 2 – Digestorium		660 m <sup>3</sup> /h	1976
	Anlage 3 - Chemiekalienschrank		300 m <sup>3</sup> /h	1976
	Anlage 4 - Chemie Lager		500 m <sup>3</sup> /h	1976
13	Batterieraum UG		300 m <sup>3</sup> /h	1976
14	Trafo Räume UG		4.000 m <sup>3</sup> /h	1976

Tabelle 4: Übersicht Lufttechnische Versorgungsbereiche

Nachfolgend erfolgt eine Beschreibung der einzelnen RLT-Anlagen.

## Kurzbeschreibung der RLT-Anlagen

### Bereich 1 – Filmraum EG

Die Anlage versorgt den Filmraum mit Zu- und Abluft mit 100 % Frischluftanteil.

Luftbehandlungskomponenten:	Filter, Wärmerückgewinnung 70 % Wirkungsgrad Erhitzer, Kühler, ZU-Ventilator (1-stufig) und AB-Ventilator (1-stufig)
Regelung:	zentral über Zeitschaltuhr oder manueller Betrieb
Baujahr:	1976
Zustand:	Funktionsbereit, Korrosion am Gerät
Anlagenaufstellung:	In Zentrale UG

### Bereich 2 – Klassenräume UG, EG + OG, Außenzone

Zwei Anlagen versorgen die außen liegenden Klassenräume. Hierbei erfolgt nur eine Abluftabsaugung aus den Räumen. Die Frischluftnachströmung erfolgt manuell über mechanisch einstellbare Schlitzschieber in der Außenfassade.

Diese Abluftanlage wird derzeit nur im Sommer zur Nachtauskühlung des Gebäudes betrieben. Im Winter und in der Übergangszeit kann die Anlage während der Unterrichtszeit nicht eingeschaltet werden, da dies zu starken Zugerscheinungen an den fassadennahen Sitzplätzen führt.

Luftbehandlungskomponenten je Anlage:	AB-Ventilator (3-stufig)
Regelung:	zentral über Zeitschaltuhr oder manueller Betrieb
Baujahr:	1976
Zustand:	Funktionsbereit, Ventilatorenlager verschließen / defekt
Anlagenaufstellung:	In Zentrale UG

### Bereich 3 – Innenräume OG, Lehrerzimmer EG und Naturwissenschaften EG

Die Anlage versorgt die innen liegenden EDV-Räume, Lehrerzimmer und Naturwissenschaftsräume mit Zu- und Abluft mit 100 % Frischluftanteil.

Luftbehandlungskomponenten:	Filter, Wärmerückgewinnung 70 % Wirkungsgrad Erhitzer, Kühler ZU-Ventilator (1-stufig) und AB-Ventilator (1-stufig)
Regelung:	zentral über Zeitschaltuhr oder manueller Betrieb
Baujahr:	1976
Zustand:	Funktionsbereit Korrosion am Gerät Ventilatoren mangelhaft
Anlagenaufstellung:	In Zentrale UG

**Bereich 4 – Technikzentrale und Nebenräume UG**

Die Anlage versorgt die Technikzentrale und Kellergänge mit Zuluft. Abluft aus diesen Bereichen erfolgt von den Anlagen des Bereiches 2. Bei Nichtbetrieb dieser Anlage erfolgt keine Abluftabführung aus diesen Raumbereichen.

Luftbehandlungskomponenten:	Filter Erhitzer ZU-Ventilator (1-stufig)
Regelung:	zentral über Zeitschaltuhr oder manueller Betrieb
Baujahr:	1976
Zustand:	Funktionsbereit Korrosion am Gerät
Anlagenaufstellung:	In Zentrale UG

**Bereich 5 – Turnhalle**

Die Anlage versorgt den Bereich Turnhalle mit Zu- und Abluft. Der Dusch- und Umkleidebereich wird hierbei nur mit Zuluft versorgt. Die Anlage dient ebenfalls zur Beheizung der Halle.

Luftbehandlungskomponenten:	Filter Mischkammer (Umluftbeimischung) Erhitzer ZU-Ventilator (1-stufig)
Regelung:	zentral über Zeitschaltuhr oder manueller Betrieb
Baujahr:	1976
Zustand:	Funktionsbereit Korrosion am Gerät Ventilatoren mangelhaft
Anlagenaufstellung:	In Zentrale Turnhalle

**Bereich 6 – Umkleiden und Duschbereiche**

Die Anlage versorgt die Umkleide- und Duschbereiche. Hierbei erfolgt nur eine Abluftabsaugung aus den Räumen.

Luftbehandlungskomponenten:	AB-Ventilator (1-stufig)
Regelung:	zentral über Zeitschaltuhr oder manueller Betrieb
Baujahr:	1976
Zustand:	Funktionsbereit Korrosion am Gerät Ventilatoren mangelhaft
Anlagenaufstellung:	Im Dachraum Treppenhaus Turnhalle

**Bereich 7 – Metallwerkstätten EG**

Für diesen Bereich sind zwei Anlagen im Einsatz.

Eine Zuluftanlage für den Schweißraum sowie eine reine Abluftanlage für die übrigen Werkstatträume. Die Funktionsweise der Abluftanlage entspricht den Anlagen für den Bereich 2 (Klassenräume Außenzone).

Die Zuluftanlage des Schweißraumes dient der Frischluftnachführung bei Betrieb der einzelnen Schweißtischabsaugungen.

Abluftanlage	
Luftbehandlungskomponenten:	AB-Ventilator (1-stufig)
Regelung:	zentral über Zeitschaltuhr oder manueller Betrieb
Baujahr:	1976
Zustand:	Funktionsbereit Korrosion am Gerät
Anlagenaufstellung:	Im Dachraum Treppenhaus Turnhalle
Zuluftanlage	
Luftbehandlungskomponenten:	Filter Erhitzer ZU-Ventilator (1-stufig)
Regelung:	zentral über Zeitschaltuhr oder manueller Betrieb
Baujahr:	1976
Zustand:	Funktionsbereit Frostschutteinrichtung mangelhaft
Anlagenaufstellung:	Innerhalb des Schweißraumes

**Bereich 8 – Hauswirtschaftsbereich EG**

Die Anlage versorgt die Küchen und Nebenbereiche mit Zu- und Abluft mit 100 % Frischluftanteil.

Die Zentralgeräte wurden vor ca. 8 Jahren gegen neue Geräte ausgetauscht.

Luftbehandlungskomponenten:	Filter Erhitzer ZU-Ventilator (2-stufig) und AB-Ventilator (2-stufig)
Regelung:	zentral über Zeitschaltuhr oder manueller Betrieb
Baujahr:	2002 / Kanalnetz überwiegend 1976
Zustand:	Funktionsbereit Korrosion in Filterkammer
Anlagenaufstellung:	Zuluft in Zentrale UG, Abluft in Zentrale OG



**Bereich 9 – Lackierwerkstatt EG**

Die Anlage versorgt die Lackierwerkstatt mit Zu- und Abluft mit 100 % Frischluft.

Luftbehandlungskomponenten:	Filter, Wärmerückgewinnung 40 % Wirkungsgrad Erhitzer, ZU-Ventilator (1-stufig) und AB-Ventilator (1-stufig)
Regelung:	zentral über Zeitschaltuhr oder manueller Betrieb
Baujahr:	1992
Zustand:	Funktionsbereit, Korrosion am Gerät
Anlagenaufstellung:	Innerhalb des Werkstattbereiches

**Bereich 10 – Chemieraum EG**

Die Anlage versorgt die Chemieräume U64 und U65 mit Zu- und Abluft mit 100 % Frischluftanteil.

Luftbehandlungskomponenten:	Filter, Wärmerückgewinnung 46 % Wirkungsgrad Erhitzer, ZU-Ventilator und AB-Ventilator (frequenzgeregelt)
Regelung:	zentral über Zeitschaltuhr
Baujahr:	2008
Zustand:	Funktionsbereit, neuwertig
Anlagenaufstellung:	Im Außenbereich

**Bereich 11 – WC-Bereiche UG – OG**

Für die Bereiche wird die Abluft zentral mittels eines Dachventilators aus den Räumen abgeführt.

Luftbehandlungskomponenten:	AB-Dachventilator (1-stufig)
Regelung:	-
Baujahr:	1976
Zustand:	Funktionsbereit
Anlagenaufstellung:	Auf dem Dach

**Bereich 12 – Digestorien / Abzüge Chemiebereich**

Die Abluft der Digestorien und Säureschränke wird mit 4 Dachventilatoren aus den Räumen abgeführt.

Luftbehandlungskomponenten:	AB-Dachventilator (1-stufig)
Regelung:	zentral Dauerbetrieb / manueller Betrieb
Baujahr:	Teilweise 1976
Zustand:	Funktionsbereit
Anlagenaufstellung:	Auf dem Dach

### **Bereiche 13 + 14 – Batterieraum UG + Traforäume**

Für die beiden Bereiche ist jeweils eine Abluftanlage (Kanal- / Rohreinbau) im Einsatz. Sie dienen der Abführung wärme- / stoffbelasteter Raumluft.

Luftbehandlungskomponenten:	AB-Ventilatoren
Regelung:	Zentral
Baujahr:	1976
Zustand:	Funktionsbereit
Anlagenaufstellung:	Im Kellergeschoss

#### **4.4.3 Elektro**

##### **Hoch- und Mittelspannung**

Das Gebäude wird aus dem Mittelspannungsnetz der VSG-Netz GmbH versorgt. Vorhanden sind zz. zwei Transformatoren mit je 500 kVA Leistung. Die Versorgung erfolgt jedoch nur über einen Trafo. Die Aufstellung der Mittelspannungsschaltanlage, der Trafos und der Niederspannungshauptversorgung befindet sich im UG der Schule.

##### **Kompensation**

Eine Blindstromkompensationsanlage ist vorhanden. Gemäß den Lastgängen die HSGP zur Verfügung gestellt worden, ist ab dem 29.06.2009 eine deutliche Reduzierung des Blindleistungsanteils zu erkennen. Die Blindleistung liegt in der zweiten Hälfte des Jahres 2009 zwischen 0 und 10 kVar, während in der ersten Hälfte die Werte meistens zwischen 10 und 40 kVar liegen.

##### **Eigenstromversorgungsanlagen**

##### **Sicherheitsbeleuchtung**

Das Gebäude ist mit einer Sicherheitsbeleuchtungsanlage ausgestattet. Das Steuer- und Überwachungsgerät der Sicherheitsbeleuchtung ist im NSHV-Raum untergebracht. Die Batterien sind auf einem Gestell in einem separaten Batterieraum aufgestellt. Der Zugang erfolgt vom NSHV-Raum.

##### **Niederspannungsinstallationsanlagen**

##### **Energieverteilung**

Ausgehend von der NSHV ist das gesamte Steigeleitungsnetz als Strahlennetz ausgeführt. Gemäß den Revisionsunterlagen besteht ein TN-S-Netz. Ausgehend von den Etagenverteilern werden die Unterverteilungen versorgt. Einige Endstromkreise werden direkt aus dem Etagenverteiler versorgt. Die Absicherung erfolgt über Leitungsschutzschalter in L-Charakteristik. FI-Schutzschalter sind nur in der UV 0.3 und in der V 0.2 (Raum U49). Letztere sind älteren Herstelldatums.

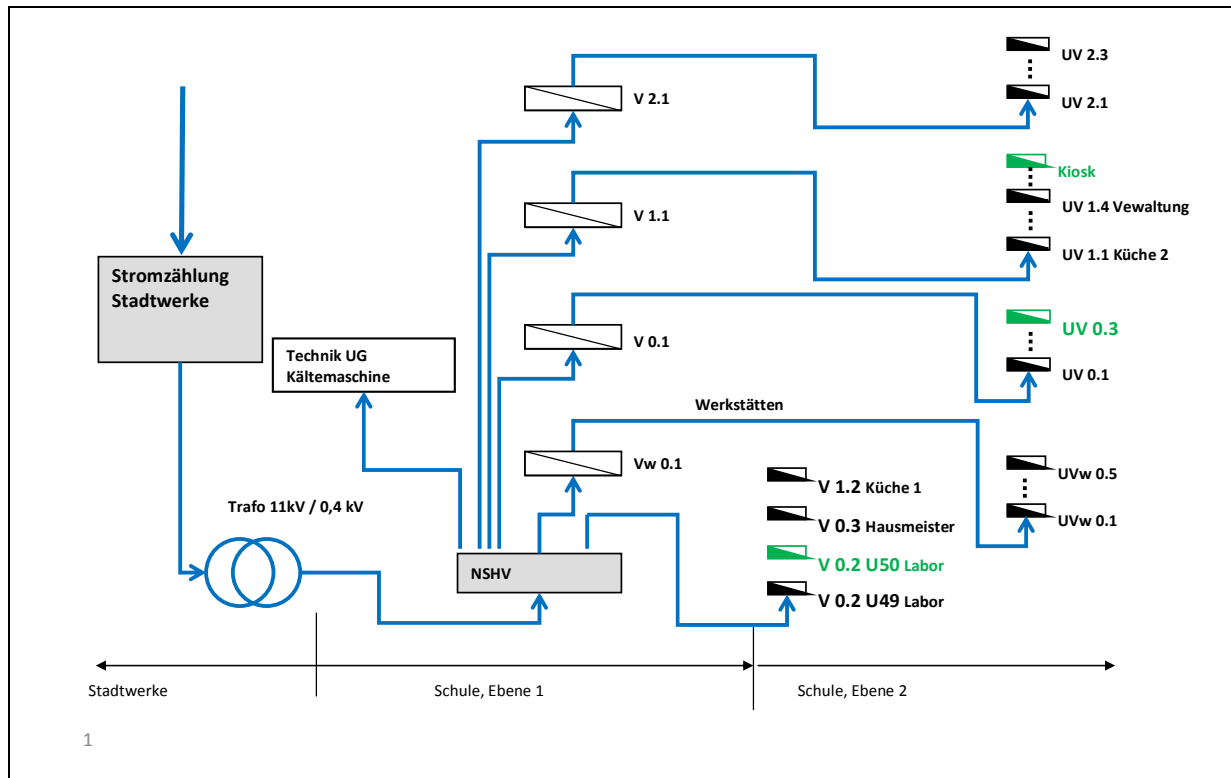


Abbildung 18: Energieversorgung Bestand

Laut Aussage der Schule kommt es bei Laborversuchen (Elektro-Grundlage Labor) zu Auslösungen, ohne das ein offensichtlicher Fehler vorliegt. Alle anderen Verteiler sind noch nicht mit Fehlerstromschutzschaltern ausgerüstet.

Die Unterverteilungen auf den Ebenen sind in eigenen Nischen untergebracht. Die Etagenverteilungen und deren Versorgungsleitungen sind über NH-Sicherungen bzw. NH-Sicherungslastschalter abgesichert.

Die **Haupt- und Unterverteilungen** sind in unten aufgeführter Tabelle zusammengestellt:

1	Hauptverteiler V 0.1	UG, Nische im Flur	alt
2	Hauptverteiler V 1.1	EG, Nische im Flur	alt
3	Hauptverteiler V 2.1	OG, Nische im Flur	alt
4	Hauptverteiler Vw 0.1	UG Werkstattbereich	alt
5	Unterverteiler UV 0.1	UG Raum 48	alt
6	Unterverteiler UV 0.2	UG	neu
7	Unterverteiler UV 0.3	UG Nische im Flur	alt
8	Unterverteiler UV 1.1	EG Küche 2	alt
9	Unterverteiler UV 1.2	EG Verwaltung	alt
10	Unterverteiler UV 1.3	EG Filmraum	alt
11	Unterverteiler UV 1.4	EG Hauswirtschaftsraum	alt

12	Unterverteiler UV Kiosk	EG Kiosk	neu
13	Unterverteiler UV 2.1	OG	alt
14	Unterverteiler UV 2.2	OG Bibliothek	alt
15	Unterverteiler V 1.2	EG Küche 1	alt
16	Unterverteiler V 0.3	EG Hausmeisterwerkstatt	alt
17	Unterverteiler V 0.2 U49	UG Raum 49 Labor	alt
18	Unterverteiler V 0.2 U50	UG Raum 50 Labor	neu
19	Hauptverteiler UVw 0.1	UG Elektrowerkstatt Raum 72	alt
20	Unterverteiler UVw 0.2	EG Elektromeister	alt
21	Unterverteiler UVw 0.3	UG Metallbearbeitung Raum 77	alt
22	Unterverteiler UVw 0.4	UG Metallbearbeitung Raum 84	alt
23	Unterverteiler UVw 0.5	UG Malerwerkstatt Raum 92	alt
24	Kleinverteiler VB 0.1	UG Bunker	alt, nur Demontage
25	Kleinverteiler VB 0.2	UG Bunker	alt, nur Demontage
26	Kleinverteiler VB 0.3	UG Bunker	alt, nur Demontage

Tabelle 5: Haupt - und Unterverteilungen Strom

### Installation

Als Leitungsmaterial wurde fast ausschließlich Mantelleitung in NYM verwendet.

### Beleuchtungsanlagen

#### Pausenhalle, Treppenhäuser und Flurzonen

Die Beleuchtung wird zentral geschaltet. Im Gebäude sind fast ausschließlich Leuchten mit Leuchtstofflampen installiert und Vorschaltgeräten in konventioneller Technik. In den Treppenhäusern sind Leuchten mit Kompaktleuchtstofflampen vorhanden. In den Fluren und der Pausenhalle sind die Leuchten abgependelt. Hier sind fast ausschließlich Langfeldleuchten 1 x 58 W vorhanden. Der Lichtaustritt ist direkt nach unten. Eine Deckenaufhellung ist nicht vorhanden. Zur Lichtreflexion haben die Leuchten einen weiß lackierten Leuchtenkörper.

Die Entblendung wird durch die Zwischendecke mit gelben Lamellenrastern (ca. 400 x 400 mm / 200 mm Höhe) realisiert.

Die Position der Leuchten befindet sich zwischen der Lamellendecke und der Rohdecke. Vielerorts sind Leuchten nicht mit einem Leuchtmittel bestückt. In den Fluren beträgt der Leuchtenabstand im Allgemeinen 6 m. Eine mittlere Beleuchtungsstärke von mindestens 100 Lux auf dem Boden wird damit nicht mehr ermöglicht (siehe Abbildung mit Falschfarbendarstellung).

Messungen vor Ort haben ergeben, dass im Flur des 1. Obergeschosses maximal nur

100 Lux, direkt unterhalb der Leuchten, erreicht werden. Bei einem Abstand von 8 cm wurden nur noch 15 Lux, genau zwischen den Leuchten, gemessen. Die berechnete mittlere Beleuchtungsstärke liegt gemäß Simulation bei 50 Lux, auf dem Boden.

Die Haupttreppe in der Pausenhalle ist ebenfalls nicht ausreichend beleuchtet. Am Antritt im UG wurden 35 Lux, auf der Treppenmitte 28 Lux und auf dem Podest zwischen UG und EG 40 Lux gemessen.

Eine Ausnahme bildet der Flur des Werkstättenbereiches. Hier wurde bereits eine Sanierung durchgeführt. Unter Berücksichtigung der schlechten Reflexion von Glasflächen bei Dunkelheit, liegt die mittlere Beleuchtungsstärke rechnerisch dennoch über 130 Lux. In diesem Bereich sind Rastereinbauleuchten mit 4 x 18 W T8 Bestückung installiert.

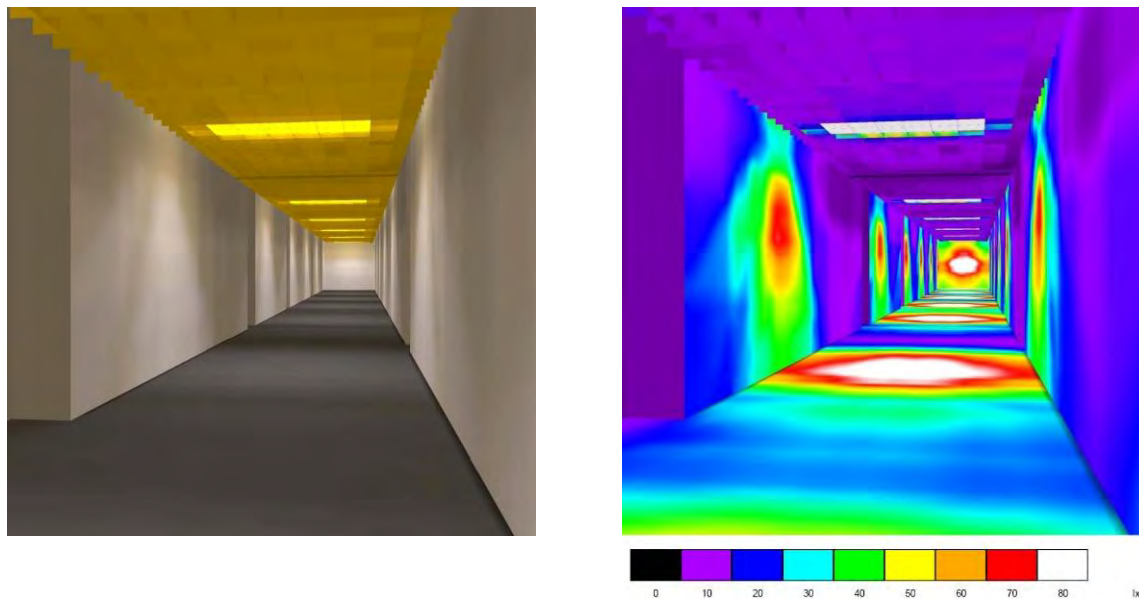


Abbildung 19: Beleuchtungssimulation Flur (Bestand), rechts Verteilung der Lichtstärke

### Werkstatträume

Die Schaltung erfolgt vor Ort über Ausschalter. Die Werkräume sind mit Raster-Anbauleuchten ausgestattet. Das mittlere Leuchtenband hat vier Leuchten bestückt je 4 x 58 W T8 Leuchten. Die Leuchtenreihen an den Rändern bestehen aus vier Leuchten mit einer Bestückung von je 2 x 58 W T8.

Die geforderte mittlere Beleuchtungsstärke (gem. DIN EN 12464-1) von mindestens 500 Lux auf der Arbeitsfläche ( $h = 0,75\text{m}$ ) wird rechnerisch um 115 Lux überschritten, vorausgesetzt man nimmt einen Wartungsfaktor von 0,67 an.

Die Vorschaltgeräte sind hier noch in konventioneller Technik, mit Starter und Drossel, ausgeführt.

### Laborräume Elektrotechnik und Mechatronik

Die Beleuchtung der Laborräume wurde nachträglich an die Bedürfnisse eines Fachklassenraumes angepasst. Die Schaltung erfolgt vor Ort über Serienschalter. Die Räume sind mit Spiegelraster-Einbauleuchten ausgestattet. Die Leuchten sind bestückt mit je 4 x 18W T8 Leuchtmittel. Anzahl und Anordnung der Beleuchtung sind ausgewogen. 500 Lux als mittlere mindeste Beleuchtungsstärke und eine Gleichmäßigkeit von  $> 0,5$  werden hier auf alle Fälle erreicht.

### Klassenräume

Die Beleuchtung wird ebenfalls über Serienschalter vor Ort geschaltet. In den Klassenräumen befindet sich größtenteils noch die ursprüngliche gelbe Lamellenrasterdecke. Oberhalb dieser Decke befinden sich die Leuchtenkörper, ausgeführt als Langfeldleuchten mit je 1 x 58 W. Wie in den Fluren sind auch hier nicht alle Leuchten im Betrieb. In dem besichtigten Klassenraum E48 sind von 18 Leuchten nur 8 der Leuchten mit einem Leuchtmittel versehen. Nach einer lichttechnischen Simulation wird durch die vor dem Lichtaustritt der Leuchten vorhandene Lamellenkonstruktion nur ca. 160 Lux auf der Arbeitsfläche ( $h = 0,75$  m) erreicht. Gemäß der Norm sind jedoch mindestens 300 Lux erforderlich. Die Lichtberechnung mit 9 Leuchten ergab einen Wert von 180 Lux.



Abbildung 20: Klassenraum E48 mit Lamellenrasterdecke

### Bestandssituation Klassenraum:

Geschätzter Jahresverbrauch: 29.900 kWh

Spezifischer Anschlusswert: 9,5 W/m<sup>2</sup>



Abbildung 21: Beleuchtungssimulation Klassenraum (Bestand)

Mittlere Beleuchtungsstärke auf der Arbeitsfläche: 180 Lux  
 Gleichmäßigkeit g1 (min. Beleuchtungsstärke / mittl. Beleuchtungsstärke): 0,59

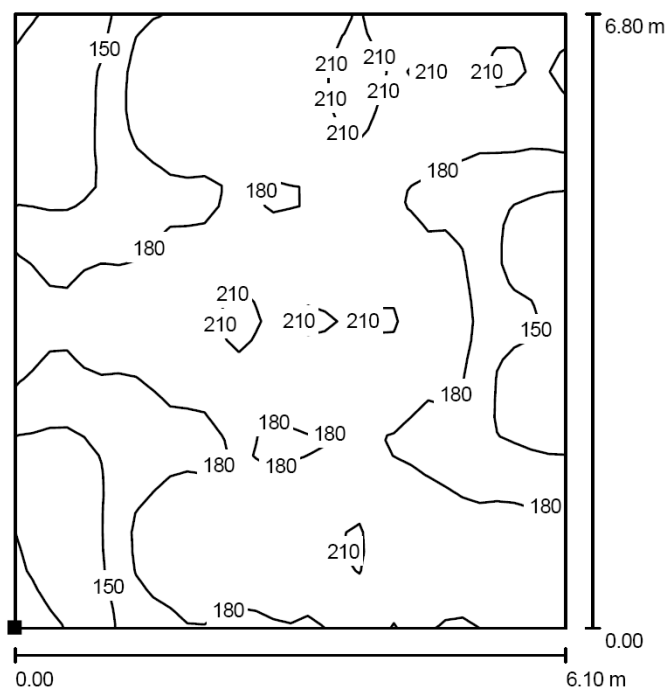


Abbildung 22: Verteilung der Beleuchtungsstärke in Lux auf der Arbeitsfläche (h = 0,75 m)

### **Sporthalle**

Die Beleuchtung wird bereits über Präsenzmelder gesteuert. Installiert sind ballwurfsichere Leuchten mit Spiegelraster und bestückt mit je 2 x 58W. T8. Bei voller Beleuchtung werden die geforderten 300 Lux als Mindestbeleuchtungsstärke erreicht.

### **Verwaltungsbereich**

Die Schaltung erfolgt auch hier vor Ort.

Teilweise wurden die Räume durch Einbau einer neuen Akustikdecke und Austausch der alten Beleuchtung saniert. Dies betrifft u. a. das Lehrerzimmer und den angrenzenden Raum sowie den Bereich in Nähe des WC-Kerns.

Alle anderen Räume sind ebenfalls wie die Klassenräume ausgestattet, nur mit dem Unterschied, dass noch keine Reduzierung der ursprünglichen Beleuchtungsstärke durchgeführt wurde. Im Sekretariat sind 16 Leuchten mit je 58 W T8 installiert. Bei einer installierten Leistung von ca. 22 W/m<sup>2</sup> wird nur eine mittlere Beleuchtungsstärke von ca. 400 Lux erreicht. Unter Beibehaltung der bestehenden Beleuchtung und bei Wegfall der Bestandsdecke läge das Beleuchtungsniveau bei ca. 720 Lux.

### **Energieverbrauch Strom**

HSGP wurden Lastgangmessungen von 2007 bis 2009 zur Verfügung gestellt sowie Stromabrechnungen von 2009. Für eine Aufschlüsselung der Energieverbräuche auf die einzelnen Verbraucher wie Beleuchtung, Lüftungsanlagen usw. wurden überschlägig die installierten Leistungen der Verbraucher, unter Berücksichtigung von Gleichzeitigkeit und Benutzungsdauer, aufsummiert.

Hierbei wurde in folgende Bereiche aufgeteilt:

- Heizungsanlagen
- Lüftungsanlagen
- Beleuchtung
- Küchengeräte
- Werkzeugmaschinen
- EDV-Geräte

Für die Beleuchtungsanlagen wurde die Bestandssituation auf die Flächen umgerechnet. Die jeweiligen Bereiche sind in unten stehenden Tabellen mit Angabe der rechnerischen mittleren Beleuchtungsstärke und der geforderten Beleuchtungsstärke nach DIN EN 12464-1 (Beleuchtung von Arbeitsstätten) aufgelistet:



Raumart	rechnerische mittlere Beleuchtungsstärke (Bestand) in Lux	mittlere Mindestbeleuchtungsstärke (DIN EN 12464-1) in Lux
Klassenraum	< 170	≥ 300
Fachklassenraum	≥ 500	≥ 500
Werkstatt	> 600	≥ 500
Lehrküche	-	≥ 500
Computerräume	< 300	≥ 300
Verwaltung	300 – 500	≥ 500
Flur, Eingangshalle	90 – 120	≥ 100
Treppe	< 100	≥ 150
WC/ Umkleide	> 100	≥ 200
Sporthalle	≥ 300	≥ 300
Lager, Technik	-	≥ 100
Sonstige	-	-

Tabelle 6: Beleuchtungsstärken Bestand und gefordert

Raumart	Spezifische Leistung in W/m <sup>2</sup>	Energieverbrauch in kWh	Spezifische Leistung in W/m <sup>2</sup> angestrebter Wert	Energieverbrauch in kWh angestrebter Wert
Klassenraum	9,5	29.900	3 – 8,0	14.000 – 18.000
Fachklassenraum	16,0	20.300	16,0	20.300
Werkstatt	25,5	20.500	22,0	17.700
Lehrküche	16,0	4.700	16,0	4.700
Computerräume	9,5	3.600	6 – 8,0	2.300 – 3.000
Verwaltung	20,0	17.400	16,0	16.100
Flur, Eingangshalle	4,0	11.000	4,0	11.000
Treppe	6,0	5.400	10,0	9.000
WC/ Umkleide	10,0	3.800	10,0	3.800
Sporthalle	14,0	14.700	14,0	14.700
Lager, Technik	10,0	3.300	6 – 10,0	3.300
Sonstige	15,0	2.286	-	-

Tabelle 7: Stromverbräuche der Nutzungen

Die Auswertung der Lastgangmessung 2009 hat eine sprunghafte Abnahme der Leistung vom Freitag dem 26.06.2009 zum Montag den 29.06.2009 ergeben. Das Lastgangprofil ist in seiner Form gleich geblieben. Markante Veränderungen sind jedoch im Verbrauch und in den Lastspitzen zu erkennen. Die tabellarische Auflistung der monatlichen Energieverbräuche vom Jahr 2009 zeigt, dass in der zweiten Jahreshälfte der monatliche durchschnittliche Energiebedarf mit ca. 23.000 kWh gemessen wurde. Die Monate Juli und August sind wegen der Sommerferien nicht mit einbezogen. In der ersten Jahreshälfte lag der Stromverbrauch noch bei ca. 32.000 kWh. Die Lastspitzen betreffend, ist ab Ende Juni sogar eine Abnahme von ca. 80 kW zu verzeichnen.

Monate 2009	Verbrauch in kWh	Max. gemessene Leistung in kW
Januar	49.554	195,6
Februar	42.870	190,8
März	43.472	189,6
April	27.814	187,8
Mai	30.900	183,0
Juni	27.554	174,6
Juli	17.002	111,0
August	10.530	85,8
September	22.661	107,4
Oktober	20.666	113,4
November	26.920	118,8
Dezember	22.286	120,6
Gesamt	342.229	

Tabelle 8: Stromverbräuche 2009

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurde versucht, die Ursachen dieser Abnahme im Verbrauch zu finden. Eine Rücksprache mit dem Netzbetreiber VSG-Netz GmbH sowie dem Hausmeister der Schule ergab keine Klärung. Auffällig ist auch die Tatsache, dass zeitgleich mit dem verminderten Energiebedarf der Blindstromanteil in der Kernzeit von 7:00 Uhr bis 15:00 Uhr nahezu gegen Null geht.

Ein möglicher Grund für die Abnahme des Energieverbrauchs könnte mit einem reduzierten Lehrbetrieb begründet werden. Laut Aussage Schule werden z. B. seit der zweiten Hälfte des Jahres 2009 nur noch zwei, statt vier Klassen, in der Lehrküche unterrichtet. Beispielhaft für diese Veränderung sind untenstehend zwei Tagesprofile dargestellt.

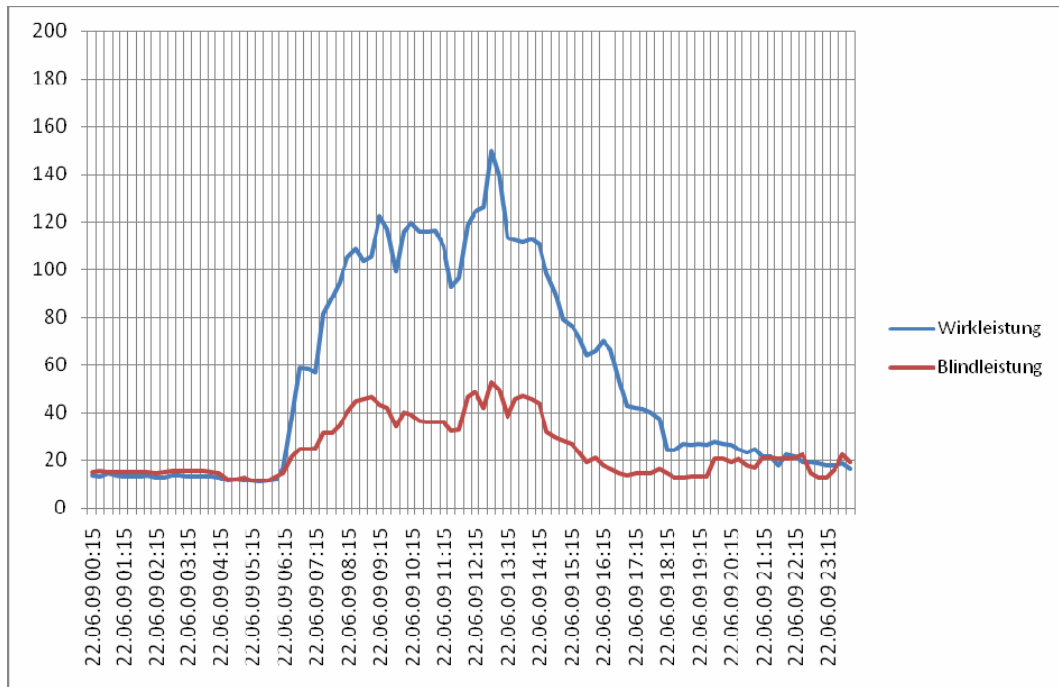


Abbildung 23: Lastgang Strom am Montag 22.06.2009

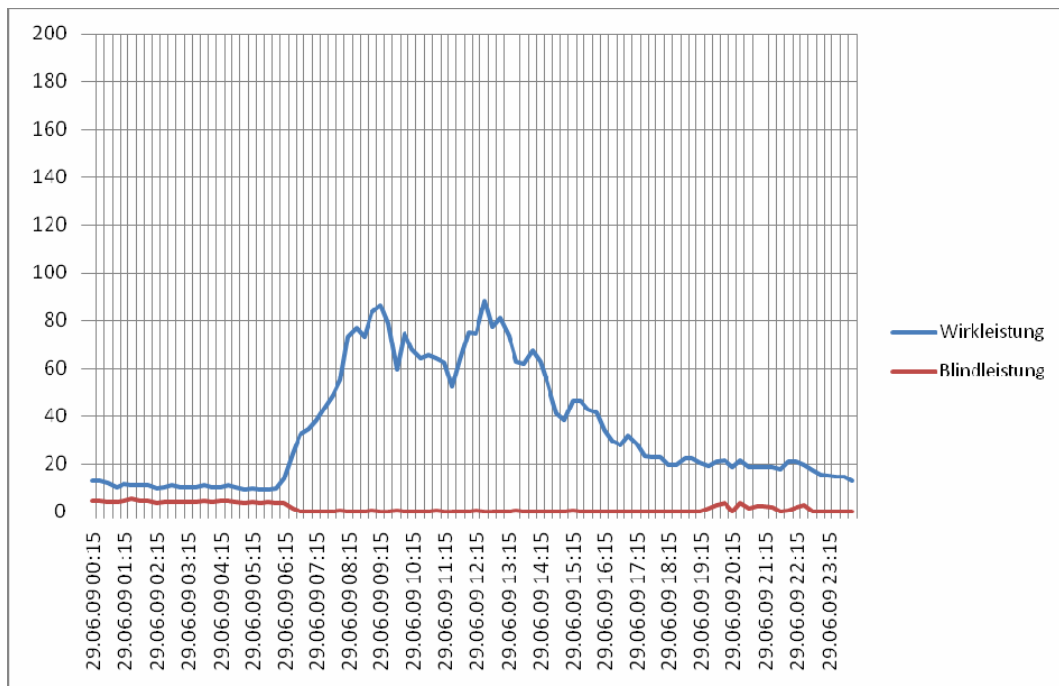


Abbildung 24: Lastgang Strom am Montag 29.06.2009

## 5 Energiebilanz

Die Energiebilanz stellt den Energiemengen, die ein Gebäude verliert, den Energiemengen gegenüber, die dem Gebäude zugeführt werden müssen.

Die hier aufgestellte Bilanz nach DIN V 18599 umfasst die Energiemengen für Beheizung, Lüftung, Kühlung sowie für die Beleuchtung. Dabei wird nach Nutz-, End- und Primärenergie unterschieden. Unter Nutzenergie versteht man den unter Normbedingungen ermittelten Energiebetrag. Er ist u.a. charakterisiert durch die Architektur (Volumen- zu Oberflächenverhältnis), die wärmedämmtechnische Qualität der Bauteile (Transmissionswärmeverluste) sowie durch die Gebäudedichtheit (Lüftungswärmeverluste).

Zählt man zur Nutzenergie die anlagentechnischen Verluste durch Erzeugung und Verteilung hinzu erhält man die Endenergie.

Jeder Energieträger durchläuft eine Prozesskette (Rohstoffförderung, Transport, Weiterverarbeitung etc.), die durch den Primärenergiefaktor gekennzeichnet ist. Durch Multiplikation der Endenergie mit dem Primärenergiefaktor erhält man die Primärenergie.

### 5.1 Rechenverfahren/ Zonierung

Für die Berechnung der Energiebilanzen wurde das Rechenverfahren nach DIN V 18599:2007-02 gewählt.

Das Gebäude wurde hinsichtlich Nutzung, Lüftung sowie Wärme- und Kälteversorgung in unterschiedliche Zonen unterteilt und bewertet. Eine Zone stellt eine grundlegende räumliche Berechnungseinheit mit möglichst homogenen Verhältnissen in Bezug auf den Nutzenergiebedarf dar.

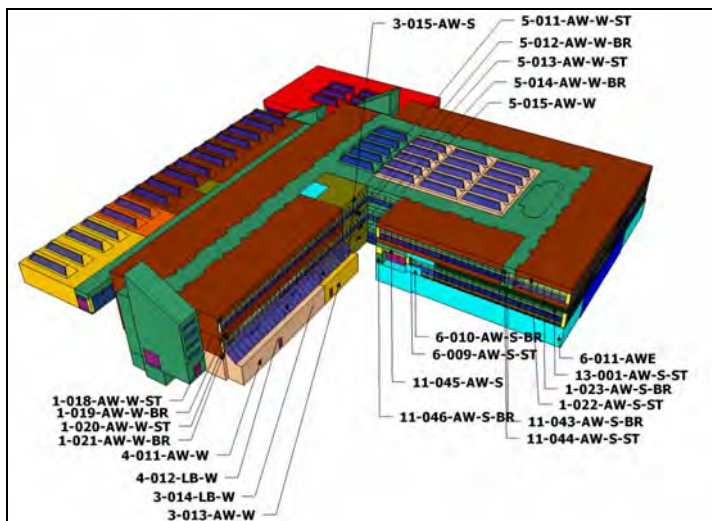


Abbildung 25: Volumenmodell zur Ermittlung der Flächen und Volumina der einzelnen Bereiche (vergl. Anhang)

Für die einzelnen Zonen werden Nutzungsrandbedingungen festgelegt, in denen unter anderem folgende Randbedingungen festgelegt werden:

- Nutzungs- und Betriebszeiten
- Beleuchtung
- Raumklima
- Wärmequellen

Zunächst wurde folgende Zonierung gewählt:

- 1. Nutzungsprofil 8 Klassenzimmer
- 2. Nutzungsprofil 19 Verkehrsflächen
- 3. Nutzungsprofil 16 WC/ Sanitär
- 4. Nutzungsprofil 20 Lager/ Technik
- 5. Nutzungsprofil 14 Küche
- 6. Nutzungsprofil 2 Büro
- 7. Nutzungsprofil 17 sonstige Räume
- 8. Nutzungsprofil 31 Sporthalle

Eine weitere Unterteilung ist aufgrund der RLT-Anlagen erforderlich. Exemplarisch wird in nachfolgender Abbildung die gewählte Zonierung für das UG und das EG dargestellt.

Für den gesamten Gebäudekomplex ergibt sich ein **14-Zonenmodell** (s. Anhang).

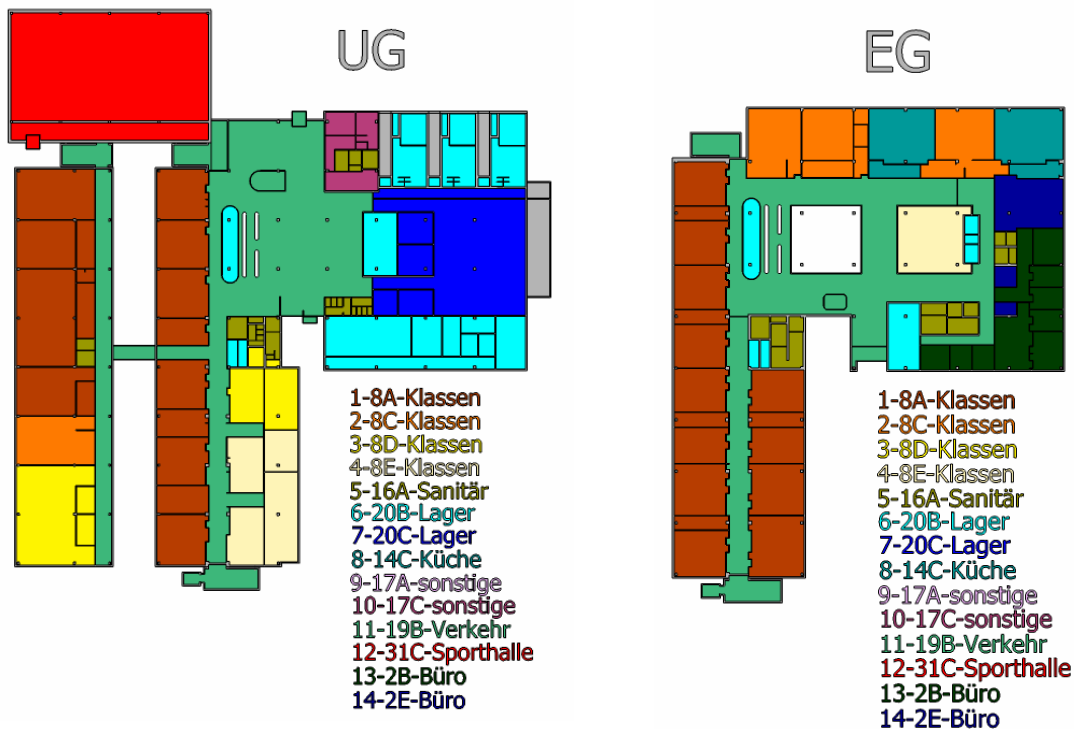


Abbildung 26: DIN V 18599 – Zonierung UG und EG

### Anpassung an reale Verbräuche

Bei der Bilanzierung (s.o.) wird nach Normvorgaben ein Energie**bedarf** ermittelt. Dieser weicht häufig vom tatsächlichen Energie**verbrauch** ab. Im vorliegenden Fall lag der Heizwärmebedarf um 100 % über dem realen Verbrauch. Ein möglicher Grund ist der hohe Ansatz für den mittleren Luftwechsel. Weitere Gründe können in den normierten Nutzungsprofilen sowie in der Überschätzung der Anlagenverluste liegen.

Deshalb wurden die Parameter verändert und die Energiemengen an reale Verbräuche angepasst.

### Wärmebrücken

Aufgrund des bestehenden Denkmalschutzes ist nur eine Innendämmung zur Verbesserung der energetischen Qualität möglich. Nachteil der Innendämmung ist die zwangsläufige Entstehung von Wärmebrücken durch einbindende Decken und z.T. Innenwände. Geringfügige Abmilderung der Wärmebrückenwirkung erfolgt hier durch die vorhandene Dämmung im Betonsandwich Bauteil von 5 cm.

Für das Bauteildetail der einbindenden Geschossdecke wurde eine Wärmebrückenberechnung durchgeführt. Ziel ist die Ermittlung des  $\Psi$ -Wertes, um die Wirkung der Wärmebrücke bei der Energiebilanz zu berücksichtigen.

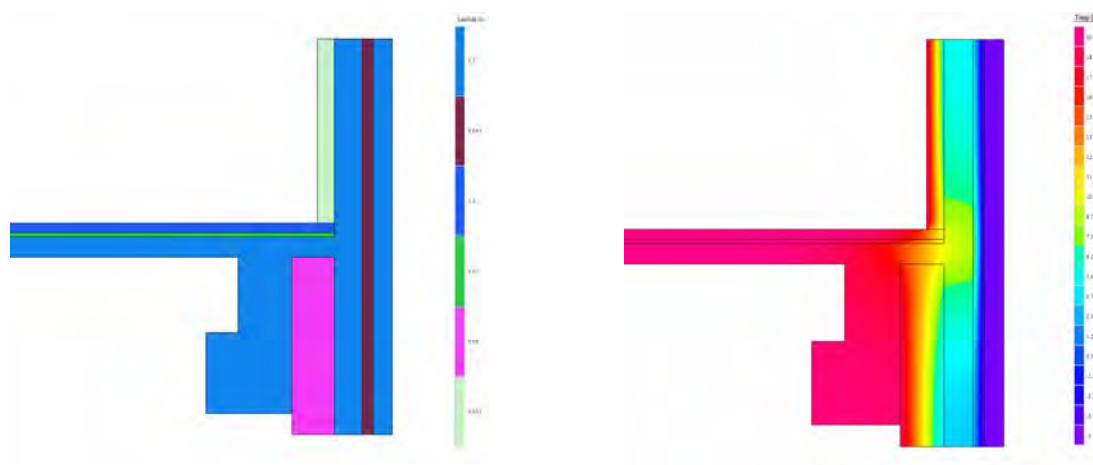


Abbildung 27: Berechnung Wärmebrücke einbindende Geschossdecke. Geometrie und Isothermenbild.

## Randbedingungen

Die Wärmebrücken sind mit dem validierten Programm HEAT2 berechnet (Blomberg, Universität Lund, Schweden). Die geometrischen und die wärmetechnischen Daten basieren auf den Angaben des Architekturbüros von Gerkan, Marg und Partner (Fassadenschnitt/ Bauteiluntersuchungen) und der DIN 4108 Teil 4 (Randbedingungen). Weitere Grundlage ist die EN ISO 10211-1 / -2. Die Berechnung erfolgt mit Bezug auf die Außenmaße, die Temperaturdifferenz ist auf die Außentemperatur bezogen.

Bauteilmaterialien	Materialstärken [cm]:	Wärmeleitfähigkeit [W/(m•K)]:
Stahlbeton	9,0 ÷ 13,0	2,500
Dämmung (Bestand)	5,0	0,045
Remmersplatte iQ-Therm	8,0	0,031
Dämm-Platte	5,0	0,045
Dämmung Isofloc	20,0	0,040

Tabelle 9: Wärmetechnische Kennwerte der untersuchten Details

Die Temperaturen und die Wärmeübertragungswiderstände wurden wie folgt angenommen:

	Temperatur [°C]	Wärmeübergangswiderstand [(m²•K)/W]
Innen: beheizt	20	0,13
Innen: unbeheizt	10	0,17
Außen	-5	0,04

Tabelle 10: Wärmetechnische Kennwerte der untersuchten Details

## Ergebnis

Unten aufgeführt sind die berechneten Wärmebrückendetails, die sich aus den vorhandenen Unterlagen ergeben haben. Die Berechnungsblätter für den  $\Psi$ -Wert befinden sich im Anhang.

Variante	Maßnahme	$\Psi$ -Wert
		[W/m•K]
Detail #1	Bestandsaufnahme	0,005
Detail #2	Aufbringen von Innendämmung hinter Heizkörper (iQ-Therm 80 mm)	0,155
Detail #3	Aufbringen von Innendämmung im Sturzbereich (Dämmplatte 50 mm)	0,136
Detail #4	Aufbau Detail #2 und #3 zusammen durchgeführt	0,197
Detail #5	Aufbau Detail #2 plus Einbringen von ISOFLOC im gesamten Sturzbereich	0,306

Tabelle 11: Zusammenfassung der Ergebnisse

Der U-Wert der von innen gedämmten Konstruktion erhöht sich folglich um ca. 0,1 W/m²K.

## 5.2 Varianten und Ergebnis Bilanzierung

### 5.2.1 Untersuchte Varianten

Folgende baulichen Einspar-Varianten wurden berechnet:

Variante:	Maßnahme:
Basis:	Erneuerung der Dichtung und Dämmung der Dachflächen ( $U= 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
Basis:	Erneuerung der Pfosten-Riegel Fassade und der Dachoberlichter ( $U_{cw}= 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
Variante 1:	Verglasung 3-fach anstelle 2-fach (gegenüber Basisvariante) ( $U_{cw}= 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
Variante 2:	Einbau einer Perimeterdämmung bei Bauteilen gegen Erdreich ( $U= 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
Variante 3:	Dämmung des Fenstersturzes mit Zellulose (Innendämmung, kapillaraktiv) ( $U= 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
Variante 4:	Einbau einer Innendämmung an Brüstungs- und Wandflächen ( $U= 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
Variante 5:	Einbau einer Dämmung im Schwingboden der Sporthalle ( $U= 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Tabelle 12: Beschreibung der baulichen Varianten

Unten sind die Einsparungen aufgeführt.



### 5.2.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden mit dem Ist-Zustand und zusätzlich mit einer Variante „ohne denkmalpflegerischen Anforderungen“ verglichen.

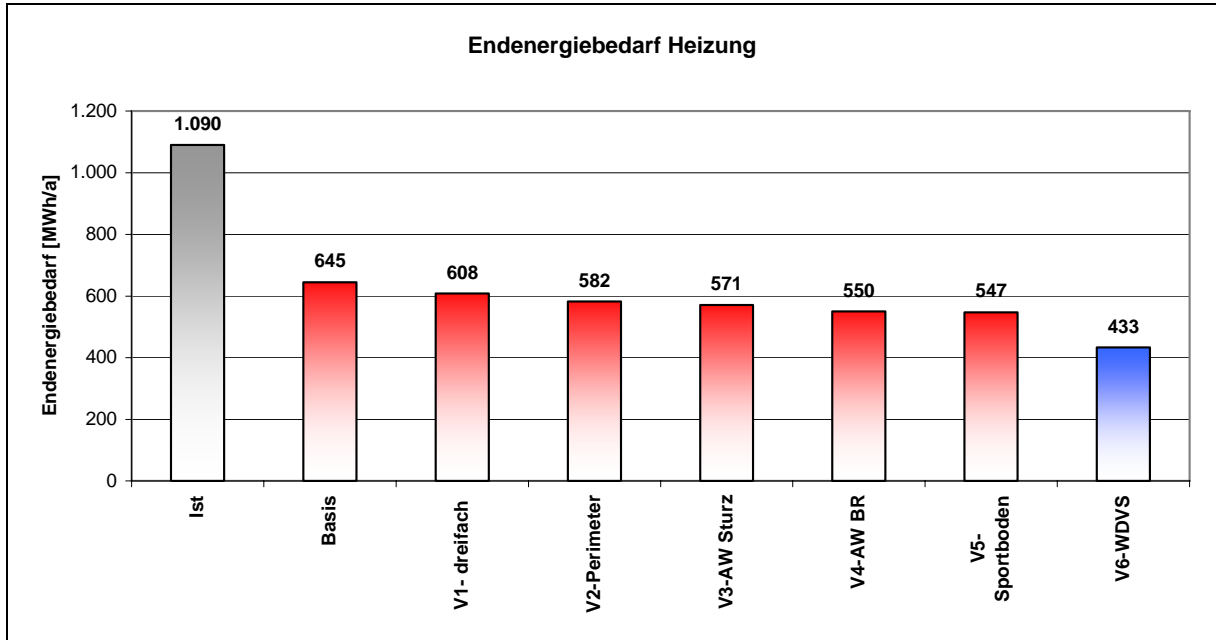


Abbildung 28: Variantenvergleich: Endenergiebedarf Heizung [MWh/a]

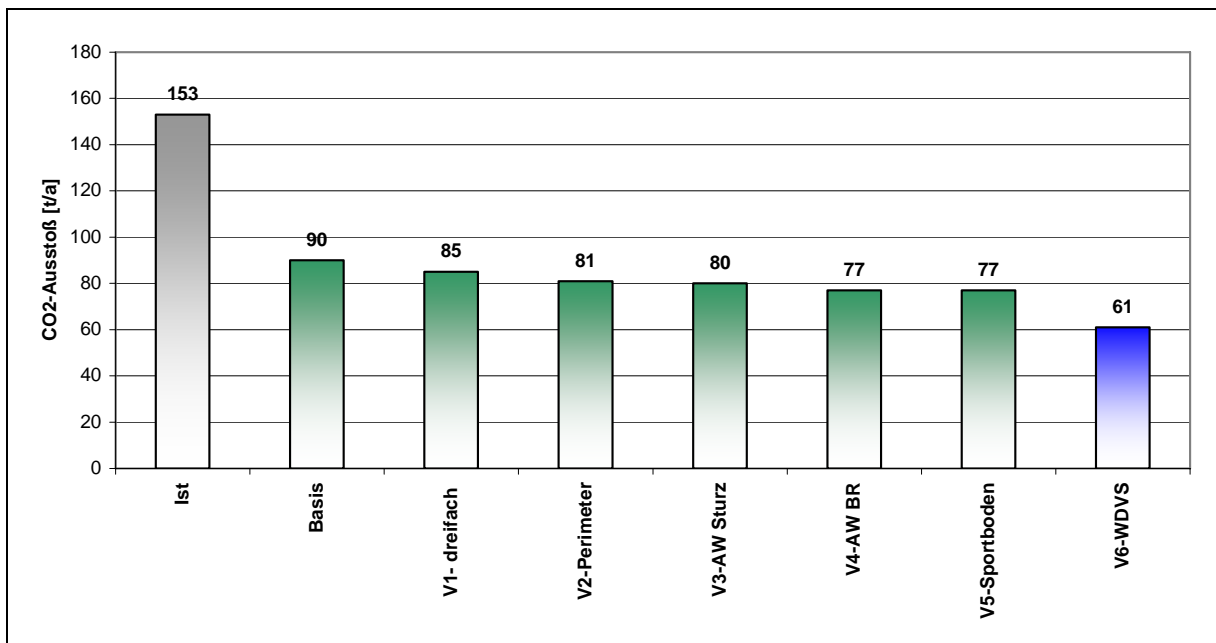


Abbildung 29: Variantenvergleich: Äquivalenter CO<sub>2</sub> Ausstoß [t/a]

- Durch die Basisvariante (Fassade + Dach) werden bereits 40 % Heizwärmeeinsparung erreicht (Einsparung grob 450 MWh/a). Die Erneuerung der Fassade trägt wesentlich zur Einsparung bei.
- Die Varianten 3-fach Verglasung, Dämmung der Wände gegen Erdreich bzw. Dämmung der Frostschrüzen sowie die Innendämmung des Sturzes und der Brüstung führen zu einer Absenkung um weitere 100 MWh/a.
- Die Dämmung des Sporthallenbodens führt nur zu geringen Einsparungen. Hier zeigt sich, dass der niedrige Abminderungsfaktor der Bodenplatte gegen Erdreich das Einsparpotenzial begrenzt.
- Insgesamt beträgt das Einsparpotenzial Heizwärme etwa 50 %.
- Die theoretische Variante Wärmedämmverbundsystem auf der Außenwand führt gegenüber einer Innendämmung zu einer zusätzlichen Einsparung von über 100 MWh/a. Diese Variante ist jedoch aus denkmalpflegerischen Belangen nicht umsetzbar.

## **6 Bauliche Maßnahmen / Kosten**

Nachfolgend werden die Kosten der einzelnen Maßnahmen abgeschätzt.

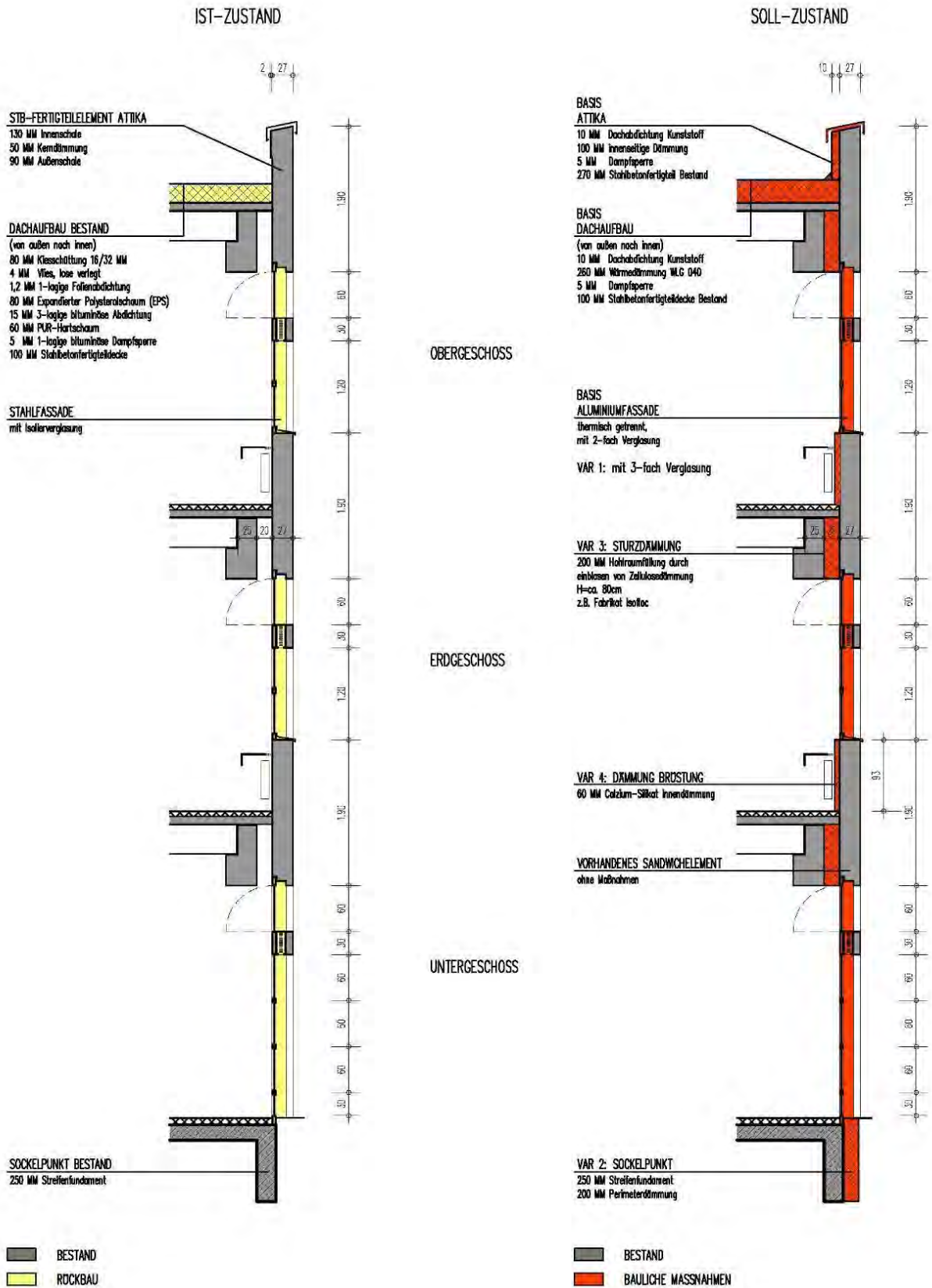
### **6.1 Kosten Gebäudehülle**

#### **6.1.1 Sanierung Gebäudehülle**

Nach der Bestandsaufnahme wurde erkannt, dass zwei Basismaßnahmen und fünf zusätzliche Varianten für die bauliche energetische Sanierungsumsetzung infrage kommen, ohne die denkmalgeschützten Anforderungen zu verletzen.

Zur Ermittlung der Bauteilflächen wurde eine Mengenermittlung anhand von planerischen Unterlagen erarbeitet, die die einzelnen sanierungsbedürftigen Bauteile konkret ausweist. Die Ermittlungsansätze der Mengen und der entsprechenden Kosten sind der Anlage zu entnehmen.

Unten sind ein Regelschnitt durch die derzeitige Fassade und der Sanierungsvorschlag zeichnerisch dargestellt.



## 6.1.2 Zusammenfassung Investitionskosten Sanierung Gebäudehülle

Variante:	Bauteil:	Maßnahme:	Kosten (brutto):
Basis:	Dach	Erneuerung der Dichtung und Dämmung	1.046.023,- EUR
Basis:	Fassade	Erneuerung PR-Fassade und Dachoberlichter	3.972.784,- EUR
Variante 1:	Fassade	Verglasung 3-fach anstelle 2-fach (Basis)	332.378,- EUR
Variante 2:	Erdberührte Bauteile	Einbau einer Perimeterdämmung	206.759,- EUR
Variante 3:	Fassade	Einbau einer Sturzdämmung aus Zellulose	87.607,- EUR
Variante 4:	Fassade	Einbau einer Innendämmung an Brüstungs- und Wandflächen	146.080,- EUR
<b>Summe Empfehlung</b>			<b>5.791.631,- EUR</b>
Variante 5:	Sporthallenboden	Einbau einer Hohlraumdämmung	183.260,- EUR
<b>Gesamtsumme</b>			<b>5.974.891,- EUR</b>

## 6.2 Varianten

### 6.2.1 Basisvariante: Dachflächen

Die Dacheindichtung mit den verschiedenen Dämmstofflagen ist bautechnisch abgängig und entspricht unter energetischen Gesichtspunkten nicht mehr den technischen Anforderungen. Die derzeitige Durchfeuchtung der Dämmstofflagen und die geringe Dicke macht eine Sanierung unumgänglich und deshalb ist die Erneuerung der Dachdichtungsflächen und der dachseitigen Attikaflächen eine erforderliche Maßnahme, die unbedingt notwendig wird, um den Energiehaushalt der Gebäudeteile erheblich zu verbessern. Dies wird ausdrücklich aus bautechnischer Sicht empfohlen.

Der neue rechnerische Wärmedurchgangskoeffizient beträgt  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kosten:

Schule, Werkstätten, Sporthalle: 5.675 m<sup>2</sup>

**Gesamtkosten (brutto): 1.046.023,- EUR**

### 6.2.2 Basisvariante: Außenfenster- und Dachfensterflächen

Die Fensterflächen mit den thermisch ungetrennten Profilen sind bautechnisch abgängig und entsprechen unter energetischen Gesichtspunkten nicht mehr den technischen Anforderungen. Eine Sanierung ist unumgänglich und deshalb ist die Erneuerung der Fenster- und der Dachfensterflächen eine erforderliche Maßnahme, die unbedingt notwendig wird, um den Energiehaushalt der Gebäudeteile erheblich zu verbessern. Hierbei sind zu Lüftungszwecken motorisch gesteuerte Oberlichtöffnungsflügel vorzusehen. Dies wird ausdrücklich aus bau- und haustechnischer Sicht empfohlen.

Der neue rechnerische Wärmedurchgangskoeffizient beträgt  $U = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kosten:

Schule, Werkstätten, Sporthalle:	3.004 m <sup>2</sup>
<b>Gesamtkosten (brutto):</b>	<b>3.972.784,- EUR</b>

Die folgenden Varianten sind zusätzliche Maßnahmen, die die energetische Bilanz positiv beeinflussen und nur aus bautechnischer Sicht betrachtet und empfohlen werden. Die wirtschaftliche Komponente wird hierbei nicht berücksichtigt. Dieses erfolgt im weiteren Verlauf des Berichts.

### 6.2.3 Variante 1: Dreifachverglasung der Außen- und Dachfensterflächen

Zur Verbesserung des Wärmeschutzes wird für alle verglasten Flächen, außer Eingangs- und Windfanganlagen, eine Dreifachverglasung empfohlen.

Der neue rechnerische Wärmedurchgangskoeffizient beträgt  $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kosten:

Schule, Werkstätten, Sporthalle:	2.793 m <sup>2</sup>
<b>Gesamtzusatzkosten (brutto):</b>	<b>332.378,- EUR</b>

### 6.2.4 Variante 2: Erdberührte Außenwand- und Deckenflächen

Alle erdberührenden Außenwand- und Deckenflächen haben keinerlei Dämmung. Um den Wärmedurchgang erheblich zu reduzieren wird eine außen liegende Perimeterdämmung in einer Stärke von 180 – 200 mm empfohlen, die den Energiehaushalt der Gebäudeteile nochmals verbessert.

Der neue rechnerische Wärmedurchgangskoeffizient beträgt  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kosten:

Schule, Werkstätten, Sporthalle:	1.407 m <sup>2</sup>
<b>Gesamtzusatzkosten (brutto):</b>	<b>206.759,- EUR</b>

### 6.2.5 Variante 3: Einbau einer Sturzdämmung aus Zellulose

Im Zuge der Fassadenerneuerung ist eine zusätzliche Dämmung im Hohlraum (s.o.) zwischen den vorgehängten Sandwichelementen und der tragenden Randbalken empfehlenswert. Nach der Montage der neuen Fassadenelemente ist der verbleibende Hohlraum direkt hinter dem Fassadenelement horizontal zu schließen. Der in sich geschlossene Hohlraum von ca. 200 mm Breite und 720 mm Höhe kann dann durch einzublasende Zellulose (Isofloc o. ä.) gefüllt werden und den Energiehaushalt der Gebäudeteile nochmals verbessern.

Der neue rechnerische Wärmedurchgangskoeffizient beträgt  $U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kosten:

Schule, Werkstätten, Sporthalle: 736 m<sup>2</sup>

**Gesamtzusatzkosten (brutto): 87.607,- EUR**

#### 6.2.6 Variante 4: Einbau einer Innendämmung an Brüstungs- und Wandflächen

Die Brüstungs- und Außenwandflächen haben durch die vorgehängten Sandwichelemente nur eine geringe Dämmwirkung. Um den Wärmedurchgang zu reduzieren wird eine innen liegende Silikatdämmung in einer Stärke von 80 mm aus bautechnischer Sicht empfohlen, die den Energiehaushalt der Gebäudeteile nochmals verbessert.

Der neue rechnerische Wärmedurchgangskoeffizient beträgt  $U = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kosten:

Schule, Werkstätten, Sporthalle: 818 m<sup>2</sup>

**Gesamtzusatzkosten (brutto) 146.080,- EUR**

#### 6.2.7 Variante 5: Erdberührte Bodenplattenfläche der Sporthalle

Die erdberührte Bodenfläche hat keinerlei Dämmung. Um den Wärmedurchgang zu reduzieren könnte eine innen liegende Hohlraumdämmung in einer Stärke von 100 mm den Energiehaushalt dieses Gebäudeteils nochmals verbessern. Aus bautechnischer Sicht wird diese Maßnahme derzeit nicht empfohlen, weil dieses einen erheblichen Eingriff mit relativ hohen Kosten erzeugt. Sollte der Sportboden saniert und/oder ausgetauscht werden müssen, ist eine nachträgliche Dichtung und Dämmung zwingend erforderlich.

Der neue rechnerische Wärmedurchgangskoeffizient beträgt  $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kosten:

Sporthalle: 770 m<sup>2</sup>

**Gesamtzusatzkosten (brutto): 183.260,- EUR**

## 7 TGA Maßnahmen / Kosten

Die nachfolgenden Maßnahmen bzw. Varianten sind hinsichtlich Energieeinsparung, Wirtschaftlichkeit und Sanierungsbedürftigkeit untersucht worden. Mit den Untersuchungen erfolgte eine Einstufung in folgende Kategorien, die im Folgenden auch in den Kurzbezeichnungen der Überschriften dargestellt sind:

**B:** Basisvarianten, die zum Grundpaket der energetischen Gebäudesanierung zählen.

**V:** Varianten zu den Basismaßnahmen, die ergänzend oder alternativ möglich sind.

**S:** Maßnahmen, die zu einem Sanierungspaket gehören

### 7.1 Technische Gebäudeausrüstung Einsparvarianten

#### 7.1.1 (B1 + V6 + V7 + V8) Varianten Lüftungen der Klassenräume

Mit einer Sanierung der Fassade wird empfohlen, auf die vorhandenen Fassadenlüfter aufgrund der mangelhaften Funktion zu verzichten.

Besonders für den Winterfall werden Lüftungseinrichtungen notwendig, die für eine ausreichende Außenluftzufuhr in den Unterrichtsräumen geeignet sind.

Notwendig ist eine Frischluftzufuhr, die die maximale Kohlendioxid-Emission in den Klassenräumen auf maximal 1.000 bis 1.500 ppm begrenzt. Dieser Wert gilt als Grenzfall für hygienisch unbedenkliche Kohlendioxid Konzentrationswerte.

Nach aktuellem Stand der Technik bieten sich folgende Lösungen in der Berufsschule an:

#### a) (B1) Natürliche Lüftung mit vorhandener Abluft, Motorsteuerung für Oberlichter

Mit einer Fassadensanierung wird auch die Luftdichtigkeit der Fassade deutlich erhöht. Für eine ausreichende Frischluftzufuhr muss daher ein effektives Lüftungssystem geschaffen werden. Für eine bedarfsgerechte mechanische Entlüftung der Klassenräume u. a. auch für zeitlich zentral geschaltete begrenzte Nachtauskühlung in den Sommermonaten wären folgende Maßnahmen / Bedingungen notwendig:

- vorhandene mechanische Abluftzentralanlagen bleiben Bestand
- Ausrüstung der neuen Oberlichter in den Klassenräumen mit motorischen Stellantrieben. Über eine variable Öffnung der Oberlichter kann der Außenluftstrom bedarfsabhängig je Klassenraum manuell eingestellt werden.

**(B1) Gesamtkosten (brutto):** **83.300 €**

#### b) (V6) Belüftung der Klassenräume mit zentraler Zu- und Abluft

Für eine kontrollierte Be- und Entlüftung der Klassenräume bei geschlossenen Fenstern zur Einhaltung von CO<sub>2</sub>-Grenzwerten ist eine neue Anlagentechnik notwendig. Hierbei ist auch eine Reduzierung der vorhandenen Gesamtanlagenluftmenge denkbar. Annahme mit einer Personenbelegung von 30 Pers. je Klassenraum und 20 m<sup>3</sup>/h Pers. sowie angenommener Leckluftstraten des vorhandenen Kanalnetzes würde sich eine Reduzierung um 33 % auf ges. 44.000 m<sup>3</sup>/h ergeben. Weiterhin ist angedacht, die derzeit nur mit Abluft beaufschlagten Werkstattbereiche mit in die neuen RLT Anlagen einzubinden. Der Heizbedarf zur Aufheizung der Außenluft wird auf ein Minimum reduziert, da die Temperaturerhöhung der Raumabluft für die Erwärmung der Zuluft verwendet wird.

Hierfür sind folgende Maßnahmen notwendig:

- Demontage der Zentralanlagen für die Bereiche 2 (Klassenräume) und 7 (Werkstatt)
- Errichtung eines neuen Zuluftkanalnetzes
- Anpassung und Einregulierung des vorhandenen Abluftkanalnetzes
- Ergänzung / Anpassung von Zu- und Abluftdurchlässen je Klassenraum
- 2 neue Zentralanlagen mit Wärmerückgewinnung (Wärmebereitstellungsgrad bis 90 %), Erhitzer, Filter und Ventilatoren
- neue Regelungstechnik

**(V6) Gesamtkosten (brutto):**

**586.670 €**

Kurzbeschreibung möglicher Wärmerückgewinnung:

- a. Zwei Wärmetauscher mit hochsensibler Akkumulatorenmasse
- b. Wechselnde Zyklusumschaltung zur Rückgewinnung der Abwärme
- c. Feuchterückgewinnung
- d. Kälterückgewinnung (Sommermonate)
- e. Wärmebereitstellungsgrad 90 %



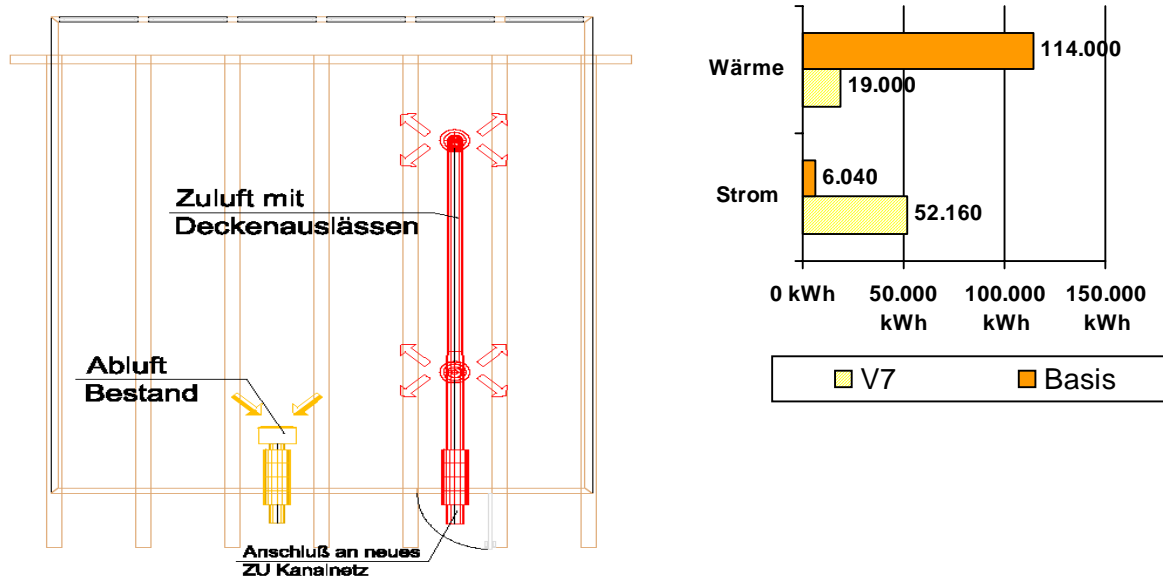


Abbildung 30: Zu- und Ablufführung in einem Klassenraum ( Zentrale Zu- und Abluft, Variante V6) und Energieeinsparungen durch zentrale Lüftungsanlagen.

### c) (V7) Belüftung der Klassenräume mit zentraler Zuluft, Abluft über Flure und Pausenhalle

Anlagentechnik und Bemessung entspricht der vorherigen Variante V6. Die Variante sieht vor, die Klassenräume mit Zuluft zu versorgen und die Abluft zentral je Geschoss in den Fluren / Pausenhalle abzusaugen. Als Zuluftkanalnetz wird teilweise das vorhandene Abluftkanalnetz mit Anpassung genutzt. Der Installationsaufwand wird aufgrund des Verzichts auf separate Abluftkanäle minimiert. Die Abströmung aus den Klassenräumen erfolgt frei in die Flure mit geeigneten Überströmöffnungen. Die Überströmöffnungen erhöhen jedoch die Schallübertragung zwischen den Räumen und Fluren. Die der Luftführung über die Flure und Pausenhalle kann es zu unkontrollierten Luftströmungen und Unterdruckzonen kommen, die den Komfort in diesen Räumen etwas herabsetzen. Der Heizwärmebedarf und eine Gesamtluftmengenreduzierung entspricht der Variante V6

Hierfür sind folgende Maßnahmen notwendig:

- Anpassung und Einregulierung des vorhandenen Abluftkanalnetzes zur teilweisen Verwendung als Zuluftkanalnetz
- Errichtung eines neuen Zu- / Abluftkanalnetzes
- 2 neue Zentralanlagen – analog Variante b)
- neue Regelungstechnik

**(V7) Gesamtkosten (brutto):**

**429.590 €**

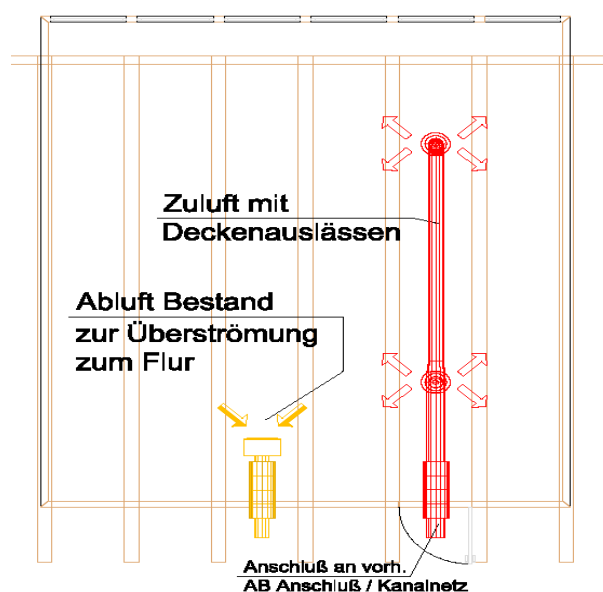


Abbildung 31: Zu- und Abluft mit zentraler Zuluft Variante V7

#### d) (V8) Belüftung der Klassenräume mit dezentralen Geräten

Für eine kontrollierte Be- und Entlüftung der Klassenräume mit der Bemessungsgrundlage der Variante V6 könnten je Klassenraum dezentrale Fassadenlüftungsgeräte zum Einsatz kommen.

Hierbei ist jeder Klassenraum individuell separat regelbar. Die Zufuhr von Heizenergie ist aufgrund der integrierten Wärmetauscher zwischen Abluft und Außenluft für die Außenluftherwärmung nicht notwendig.

Hierfür sind folgende Maßnahmen notwendig:

- Verschließen der vorhandenen Abluftöffnungen je Klassenraum
- Optional Rückbau der vorhandenen Abluftanlagen inkl. Kanalnetz
- neue dezentrale Lüftungsgeräte je Klassenraum im abgehängten Deckenbereich der Räume oder in Sichtmontage. Die Geräte sind mit energieeffizienten Ventilatoren sowie Wärmerückgewinnung (Wärmebereitstellungsgrad bis 85 %) ausgestattet.
- Herstellung von Außen- und Fortluftöffnungen in einem Fassadenoberlicht
- Herstellung Kondensatrohrnetz mit Anschluss an die Entwässerung
- neue Regelungstechnik

**(V8) Gesamtkosten (brutto):**

**630.700 €**

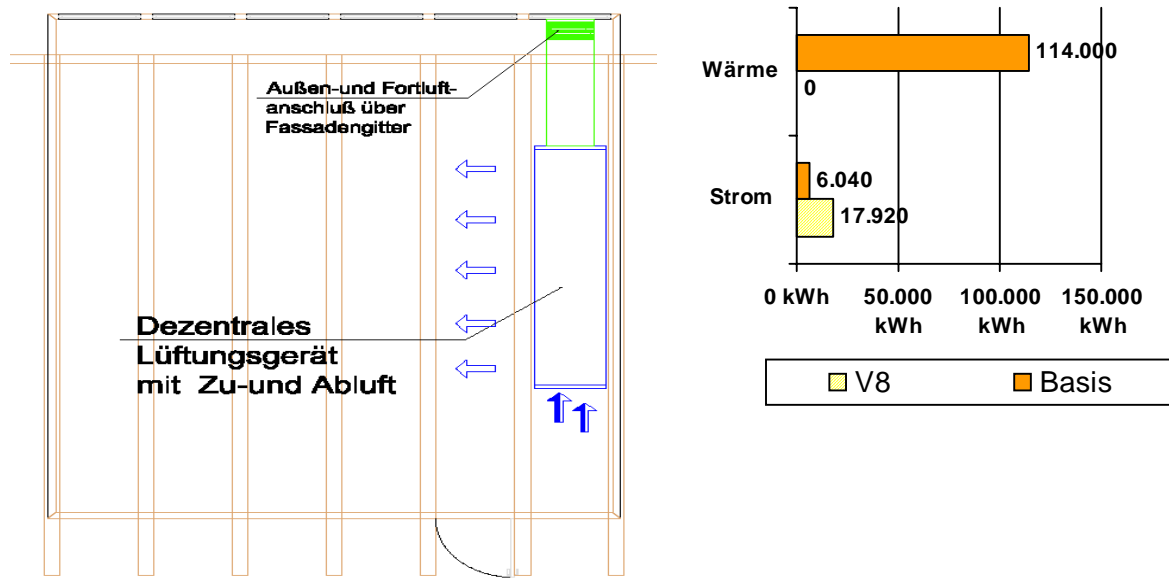


Abbildung 32: Zu- und Ablufführung in einem Klassenraum ( Zentrale Zu- und Abluft, Variante V6) und Energieeinsparungen durch dezentrale Lüftungsanlagen.

Wirtschaftlich und von der Nutzung unterscheiden sich die Varianten durch die mögliche Einsparung an Heizenergie für die Frischluftzufuhr. Aufgrund der verschiedenen Luftführungsarten treten jedoch unterschiedliche Stromverbräuche für die Luftförderung auf.

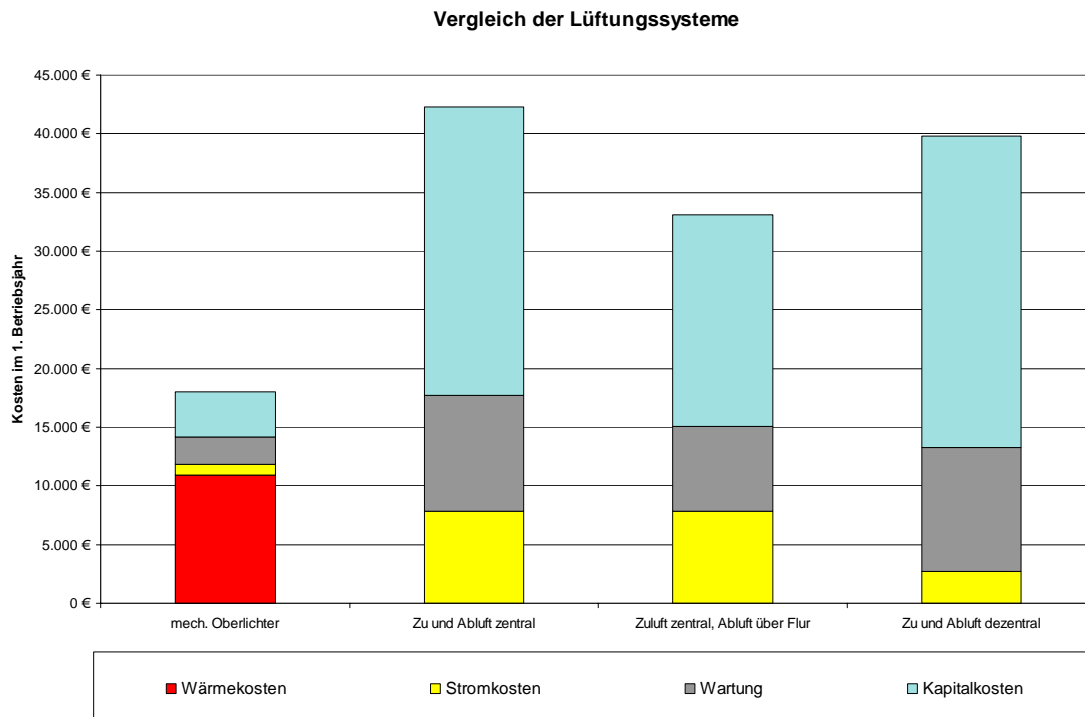


Abbildung 33: Kostenvergleich der Lüftungssysteme

### 7.1.2 (B2 + V9) Beleuchtung der Klassenräume

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurde die Beleuchtungssituation beispielhaft am Klassenraum E48 nachgebildet. Die Simulation des Raumes wurde mit einer bauartähnlichen Leuchte durchgeführt. Die Werte sind in untenstehender Tabelle zusammengefasst.

	Simulation	Bestand
Leuchte:	Trilux, E-Line	AEG Maxos
Vorschaltgerät	-	EVG, VVG
Leuchtmittel	1 x 58 W T8	1 x 58 W T8
$E_m$ auf Arbeitsfläche, $h = 0,75m$	180 Lux	(keine Angabe)
g 1	0,59	(keine Angabe)
g 2	0,443	(keine Angabe)
spezifischer Anschlusswert	9,5 W/m <sup>2</sup>	9,5 W/m <sup>2</sup>

Tabelle 13: Simulation der Bestandssituation Beleuchtung Klassenraum E48

#### a) (B2) Sanierung der Beleuchtung in den Klassenräumen

Geschätzter Jahresverbrauch: 17.900 kWh

spezifischer Anschlusswert: 5,71 W/m<sup>2</sup>



Abbildung 34: Simulation / Austausch der Leuchte durch Spiegelleuchte 1 x 55 W, T5, direkte / indirekte Beleuchtung

Wird das Lamellenraster entfernt, kann ohne die Bestandsbeleuchtung in irgendeiner Form zu verändern, eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke auf 265 Lux auf der Arbeitsfläche erreicht werden. Zur Energieeinsparung ist neben dem Rückbau der Decke eine Erneuerung der Beleuchtungsanlagen zwingend erforderlich. Ein Einsatz von abgependelten Spiegelrasterleuchten, direkt- / indirekt strahlend, mit einer Bestückung von 1 x 35 W T5 ermöglicht eine angemessene Ausleuchtung von mindestens 300 Lux. Die spezifische Leistung läge dann bei 5,71 W/m<sup>2</sup>. Da die Leuchten auch einen Indirektlichtanteil hätten, wäre in diesem Fall ein weißer Anstrich der Decke erforderlich um hier eine optimale Lichtausbeute zu erzielen.

**(B2) Gesamtkosten (brutto):**

**234.774 €**

Mittlere Beleuchtungsstärke auf der Arbeitsfläche:

300 Lux

Gleichmäßigkeit g1: (min. Beleuchtungsstärke / mittl. Beleuchtungsstärke):

0,38

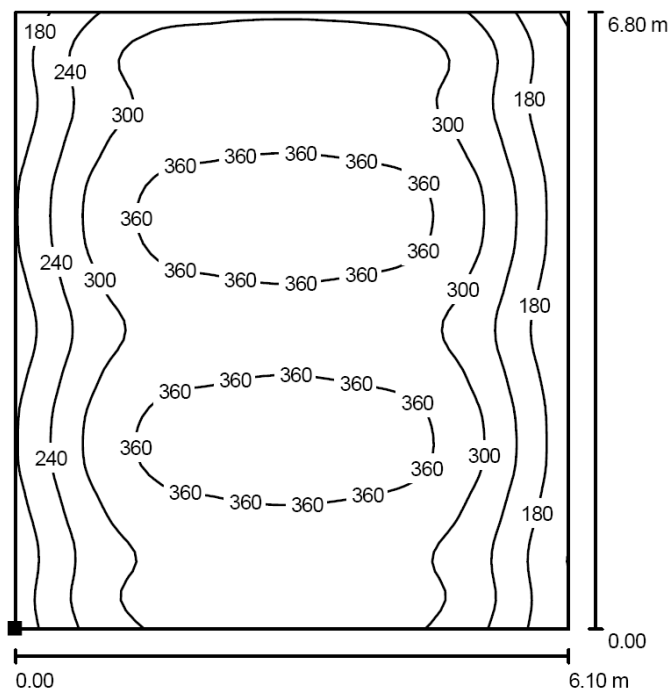


Abbildung 35: Verteilung der Beleuchtungsstärke in Lux auf der Arbeitsfläche (h = 0,75 m)

### Maßnahmen:

Neben dem Rückbau der Deckenverkleidung und weißem Anstrich der Rohdecke ist die gesamte Beleuchtung des Raumes zu erneuern. Installiert werden 9 Spiegelrasterleuchten mit direkter / indirekter Lichtlenkung, bestückt mit 1 x 35 W, T5-Leuchtmittel und elektronischem Vorschaltgerät.

**Vor- / Nachteile:**

Gutes Beleuchtungsniveau durch Entblendung und Deckenaufhellung sowie ausreichender Ausleuchtung der Arbeitsflächen. Durch die verbesserte Leuchtentechnik ist der Einsatz von Leuchtmitteln geringerer Leistung möglich. Dadurch ergibt sich eine Einsparung von ca. 12.000 kWh pro Jahr.

**b) (V9) Beleuchtung der Klassenräume mit Lichtregelung**

Geschätzter Jahresverbrauch: 14.100 kWh  
spezifischer Anschlusswert: 3 - 5,71 W/m<sup>2</sup>



Abbildung 36: Simulation / Austausch der Leuchte durch Spiegelleuchte 1 x 35 W, T5, direkte / indirekte Lichtlenkung und zusätzliche tageslichtabhängiger Regelung mit Präsenzerkennung

Als zweiter Schritt sollte die manuelle Steuerung durch eine tageslichtabhängige Regelung mit Präsenzerkennung ausgetauscht werden. Durch die Präsenzmelder wird zudem verhindert, dass die Beleuchtung während der Pausenzeiten versehentlich nicht ausgeschaltet wird. Wird die Beleuchtung in drei Leuchtengruppen unterteilt, und geht man davon aus, dass 3 h pro Tag statt drei nur zwei Leuchtenbänder in Betrieb sind, wäre hier noch einmal eine Einsparung um ca. 20 % möglich.

**(V9) Gesamtkosten (brutto): 43.912 €**

Mittlere Beleuchtungsstärke auf der Arbeitsfläche: 365 Lux  
Gleichmäßigkeit g1: (min. Beleuchtungsstärke / mittl. Beleuchtungsstärke): 0,56

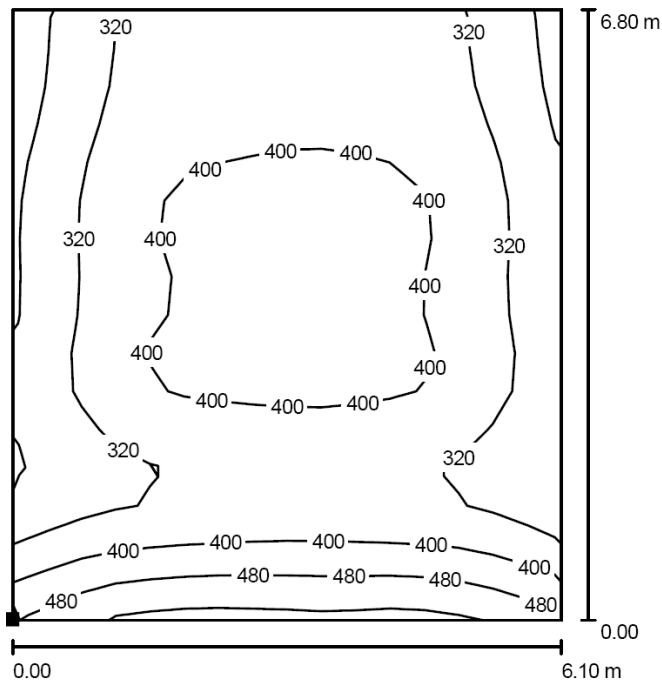


Abbildung 37: Verteilung der Beleuchtungsstärke in Lux auf der Arbeitsfläche (h = 0,75 m)

#### Maßnahmen:

Zur Basismaßnahme sind die Räume mit Präsenzmeldern auszustatten. Ferner werden als Vorschaltgeräte dimmbare EVG's benötigt.

#### Vor- / Nachteile:

Außer einem verbesserten Beleuchtungsniveau sind hier Einsparungen von ca. 15.800 kWh/a möglich. Das Licht wird bei Nichtanwesenheit automatisch abgeschaltet. Durch die tageslichtabhängige Regelung wird die Beleuchtungsstärke auf einem konstanten Niveau gehalten.

### 7.1.3 (B3 + V10) Beleuchtung der Flure

Die Beleuchtung der Flur ist analog zu den Leuchten in den Klassenzimmern oberhalb der gelben Rasterdecke angeordnet. Die Lichtstärke beträgt nach Messung und Berechnung ca. 50 lux im Mittel. Notwendig sind 100 lux. Da es sich weitgehend um innenliegende Flure handelt, ist die Beleuchtung während der Betriebszeit der Schule eingeschaltet.

#### a) (B3) Sanierung der Flurbeleuchtung

Analog zur Beleuchtungssituation der Klassenräume, wird der Rückbau der Deckenkonstruktion empfohlen. Kommt ein Rückbau aus Gründen des Denkmalschutzes nicht in Frage, sollten die Flurzonen zumindest mit Präsenzmeldern ausgestattet werden. Um hier das Beleuchtungsniveau auf ein Maximum anzuheben, ist in Erwägung zu ziehen

zumindest die Rohdecken mit einem weißen Anstrich zu versehen und die Bestandsleuchten durch Leuchten mit direkt-/indirekter Abstrahlcharakteristik und T5-Leuchtmittel auszutauschen.

**(B3) Gesamtkosten (brutto):**

**50.123 €**

#### **b) (V10) Präsenzmelder in der Flurbeleuchtung**

Ergänzend können die Flure mit Präsenzmeldern ausgestattet werden, damit die Flurbeleuchtung zurückgeschaltet werden kann, sobald die Flure während der Unterrichtszeiten und nach Schulschluss nicht genutzt werden.

Die Beleuchtung wird auf zwei Stufen aufgeteilt. Die 1. Stufe als Grundbeleuchtung (nur jede 2. Leuchte), die 2. Stufe bei Präsenzerkennung (alle Leuchten geschaltet). Die momentane Anordnung der Leuchten wird ergänzend optimiert.

**(V10) Gesamtkosten (brutto):**

**6.188 €**



Abbildung 38: Beleuchtungssimulation der sanierten Flurbeleuchtung

#### **7.1.4 (V11) Sonstige Elektroenergie Einsparungen**

Außer den bereits erwähnten Räumen, können Präsenzmelder auch in Gruppenräumen, Büros und WC Räume installiert werden. Die Einsparungen lassen sich nur schwer ermitteln, da das Nutzerverhalten nicht nachvollziehbar ist. Erfahrungsgemäß wird in Schulen häufig die Beleuchtung nach Verlassen der Sanitärräume nicht abgeschaltet. Gleiches wurde auch vor Ort in der Berufliche Schule Bad Oldesloe beobachtet.



Für die Lehrküchen ist ein Lastabwurf in Erwägung zu ziehen, um Leistungsspitzen und damit verbundene Kosten, zu minimieren.

**(V11) Gesamtkosten (brutto):** **7.140 €**

### 7.1.5 Zusammenfassung Einsparungen künstliche Beleuchtung

Zusammenfassend sind für die Beleuchtungsanlagen folgende Einsparungen möglich:

Klassenräume:	15.800 kWh
Fachklassenräume:	2.000 kWh
Werkstatt:	6.200 kWh
Lehrküche:	700 kWh
Computerräume:	600 kWh
Verwaltung:	2.200 kWh
Treppe:	500 kWh
WC / Umkleide:	800 kWh
<b>Summe:</b>	<b>28.800 kWh</b>

### 7.1.6 (V12) Photovoltaik auf den Dachflächen

#### Funktionsprinzip

Für eine Berufsbildende Schule für technische Berufe u. a. für das Elektrohandwerk ist eine Photovoltaikanlage neben dem Energiegewinn auch ein gutes Demonstrationsobjekt für die Schulung vor Ort. Die vorhandenen Dachflächen könnten zur Aufstellung einer Photovoltaikanlage genutzt werden. Zu dem System der Photovoltaikanlage gehören die Photovoltaikmodule bzw. Generatoren, Laderegler mit Batterie und die Wechselrichter. Durch die Generatoren wird die Sonneneinstrahlung in elektrischen Gleichstrom umgewandelt. Der Laderegler regelt und überwacht den Ladezustand der Batterien. Der Wechselrichter wandelt dann die Gleichspannung in eine Wechselspannung um (230/400 V, 50 Hz). Bei direkter Speisung des elektrischen Stromes in das Versorgungsnetz kann der Laderegler mit der Batterie entfallen.

Durchschnittliche Sonnenscheindauer pro Jahr in Hamburg	ca. 1.750 h
Durchschnittliche Globalstrahlung in Hamburg	ca. 950 kWh/m <sup>2</sup>
Benötigte Dachfläche pro kWp	ca. 10 m <sup>2</sup>
Wirkungsgrade der Solarmodule	12,5 % bis 17,5 %
Wirkungsgrad der Photovoltaikanlage	8 % bis 13 %
Lebensdauer der Solarmodule	20 bis 30 Jahre
Lebensdauer der Wechselrichter	ca. 12 Jahre

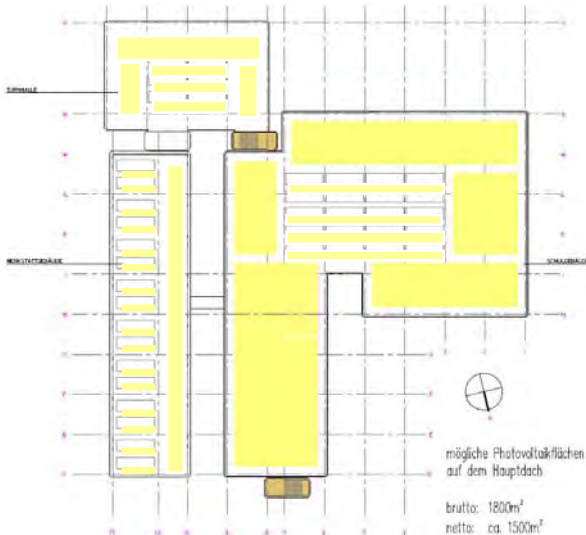
Der Jahresenergieertrag ist ein Produkt aus folgenden Faktoren:

Örtliches Strahlenangebot (Summe aus Sonnen- + Globalstrahlung)	950kWh/m <sup>2</sup>
Einbaufaktor (Himmelsrichtung, Einbauwinkel, Besch.):	Anlagenspezifisch
Gesamtfläche der aktiven Solarmodule	Anlagenspezifisch
Wirkungsgrad der Solarmodule (bei 25 °C):	0,15
Einfluss der Betriebstemperatur (Abschlag):	0,86
Kabelverluste (rd. 2%):	0,98
Nutzungsgrad des PV-Wechselrichters	0,85

Die Photovoltaikmodule / -generatoren kämen im Fall der Berufsschule Bad Oldesloe auf das Dach oder als Fassadenelement zum Einsatz. Eine Aufstellung auf dem Dach der Sporthalle käme zurzeit aus statischen Gründen nicht in Frage, da bereits größere Schneelasten, wie es Anfang dieses Jahres der Fall war, bereits eine bedenkliche Gewichtszunahme darstellen.

Die Photovoltaikmodule / -generatoren werden dann in Gruppen zusammengefasst und an die Generatoranschlusskästen, die sich auf dem Dach oder an der Fassade befinden, angeschlossen. Käme der Einsatz einer solchen Anlage in Frage, würden dann die Wechselrichter dezentral angeordnet.

Für eine Anlage mit einer Größe von ca. 2.250 m<sup>2</sup> gelten die folgenden Daten, vorausgesetzt die Ausrichtung der Module erfolgt nach Süden mit einem Aufstellwinkel von 30° (Einbaufaktor 1,0):



Fläche PV Elemente: 2.250 m<sup>2</sup>  
 Einbaufaktor: 1,0  
 Gesamtwirkungsgrad: 0,11  
 Leistung: 10 kWp  
 Energieertrag: 235.000 kWh/a

Abbildung 39: Mögliche Dachflächen für Photovoltaik

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Amortisationszeit ca. 12 - 15 Jahre beträgt. Da jedoch der Einsatz regenerativer Energien in der Öffentlichkeit eine große Wirkung erzielt und wie bereits erwähnt, die Anlage zu Schulungszwecken genutzt werden kann, ist der Einsatz dieser Technologie zu empfehlen.

**(V12) Gesamtkosten (brutto):**

**1.226.890 €**

### 7.1.7 (B4) Niedertemperaturheizung

Die Wärmeverluste der Heizflächen in den Fassadenbereichen und der Rohrleitungen durch unbeheizte Räume (außerhalb der thermischen Hülle) können reduziert werden, wenn die Heizmitteltemperatur im System gesenkt wird.

Diese Maßnahme wird im Zusammenhang mit der Fassadensanierung durchgeführt, da sich die notwendigen Leistungen verringern und durch eine Absenkung der Heizmitteltemperatur angepasst werden.

Notwendig sind eine rechnerische Prüfung des Systems und eine Nachregulierung der Heizwassermengen.

Mit kleineren Heizwassertemperaturen und der hydraulischen Einregulierung der Heizungsanlage sind Einsparungen in Höhe von 2% des Wärmenutzenergiebedarfes zu erwarten.

**(B4) Gesamtkosten (brutto):**

**46.410 €**

### 7.1.8 (V13) Verbesserung der Dämmung von Heizungsrohren

Zum Zeitpunkt der Gebäudeerstellung im Jahr 1975 waren die Anforderungen an die Dämmqualitäten und Dämmdicken der Heizungsrohrleitungen kleiner als die derzeitigen Anforderungen nach der ENEC 2009.

Die sichtbaren Leitungen in der Heiz- und Lüftungszentrale und in den Kellerräumen können durch eine Verbesserung der Dämmung auf den aktuellen Stand gebracht werden. Eine Verbesserung der Dämmdicke ist von derzeit 30 bis 60 mm ist auf 60 bis 100 mm möglich. Die Wärmeverluste der Verteilungsleitungen werden minimiert.

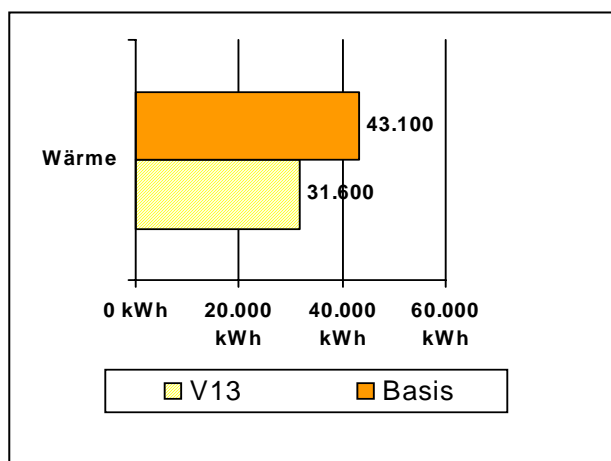


Abbildung 40: Wärmeenergie Einsparung Rohrdämmung

**(V13) Gesamtkosten (brutto):**

**69.020 €**

### 7.1.9 (V14) Einsatz von Hocheffizienzpumpen

Die Pumpen in den Heizkreisen Nord/Ost und Süd/ West können gegen Pumpen mit höheren Wirkungsgraden im Antriebsmotor getauscht werden.

Aufgrund der langen Jahres Laufzeit dieser Pumpen reduziert sich der Strombedarf für die Pumpen.

In den anderen Heizkreisen sind bereits modernere Pumpen vorhanden

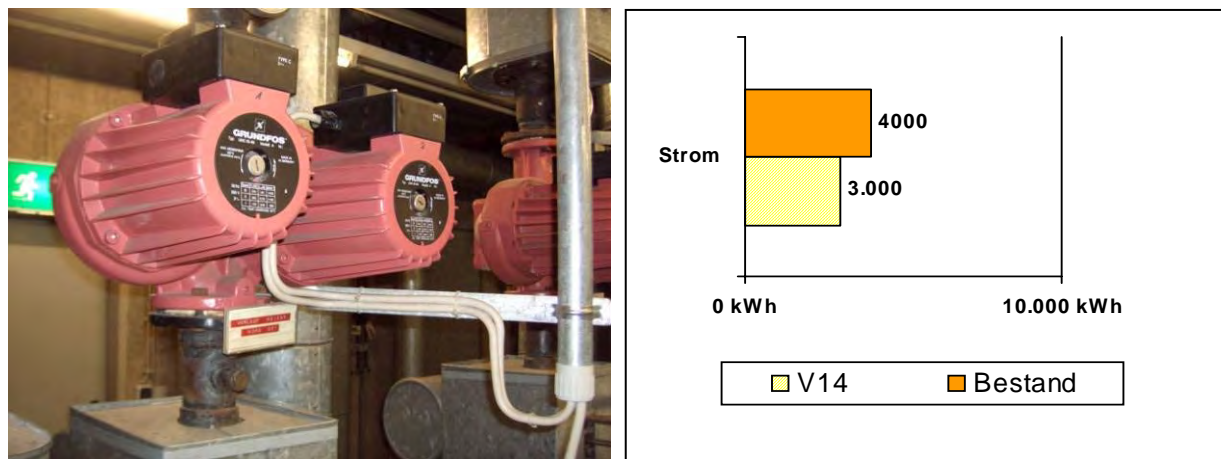


Abbildung 41: Umwälzpumpen Heizkreis Klassen und Stromeinsparung durch Austausch Heizungspumpen

Die Verbesserung der Motorwirkungsgrade und bedarfsgeführter Regelung des Heizwasserstromes führt zu einer Stromeinsparung von ca. 20 %.

### 7.1.10 (V15 + V16) Beheizung der Sporthalle

Außerhalb des Schulbetriebes wird die Sporthalle auch von Sportvereinen genutzt. Die Anlage läuft bis in die Abendstunden. Für die Beheizung der Sporthalle muss die Lüftungsanlage eingeschaltet werden, damit die warme Luft in den Raum transportiert wird.

Im Winter Normalfall muss der Raum nur beheizt werden. Die natürliche Lüftung über Fenster reicht für geringe Personenbelegungen aus.

Die Antriebsenergie für die Ventilatoren der Lüftungsanlage kann in mindestens 50% der Betriebszeit eingespart werden.

#### a) (V15) Einbau einer Fußbodenheizung

In Verbindung mit der Sanierung der Sporthalle wird empfohlen eine Fußbodenheizung unter dem Schwingboden zu installieren.

**(V15) Gesamtkosten (brutto):****80.920 €****b) (V16) Einbau einer Deckenstrahlungsheizung**

Eine Deckenstrahlungsheizung könnte unabhängig von einer Fußbodensanierung installiert werden. Die Rohrverteilung und Deckenstrahlplatten wären sichtbar unter der vorhandenen Decke montiert.

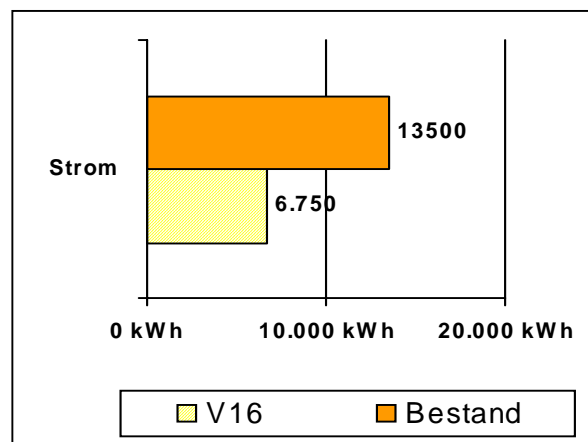
**(V16) Gesamtkosten (brutto):****69.020 €**

Abbildung 42: Sporthalle mit möglichen Deckenstrahlplatten und Stromeinsparung Heizung Sporthalle

**7.1.11 (V17) Energiecontrolling**

Besonders im Rahmen dieser Untersuchung wurde festgestellt, dass eine Verbrauchskontrolle der einzelnen Funktionsbereiche und Anlagentypen nicht direkt möglich ist. Verbräuche sind nur zu ermitteln, wenn die Energie Anschlusswerte und Betriebszeiten bekannt sind. Aus den bisherigen Verbrauchsverläufen lässt sich zwar ableiten, dass Energie- und Wasserbräuche in den letzten Jahren durch Betriebsmaßnahmen rückgängig sind. Für fachlich nachvollziehbare Verbrauchsreduzierungen, die jeweils im Einzelnen mit den notwendigen Bedarfsanforderungen aufgrund von Komfort oder Betriebszwängen abgeglichen werden müssen, ist eine Zählung der Energieströme für die Verbraucher sinnvoll und notwendig.

In der Regel werden durch eine Kontrolle der Einzelverbräuche Einsparungen in einer Größenordnung von 5 % möglich.

Verbrauchsübersichten bzw. Zähleranordnungen sind gemäß folgenden Schemen möglich:

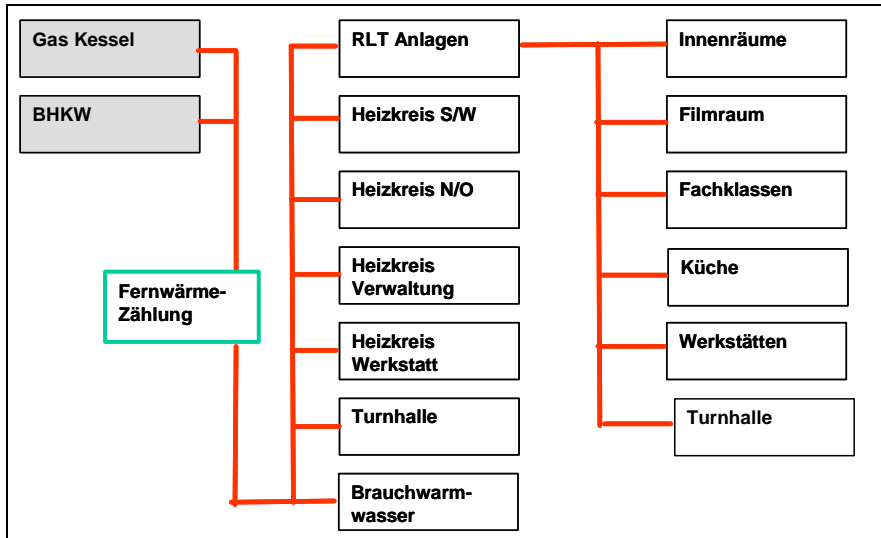


Abbildung 43: Zählerschema Wärme

Eine Zählungsebene kann am Hauptverteiler in der Heizzentrale eingerichtet werden. Ergänzend wäre eine Wärmezählung der einzelnen RLT Anlagen möglich.

**(V17) Gesamtkosten (brutto):**

**61.880 €**

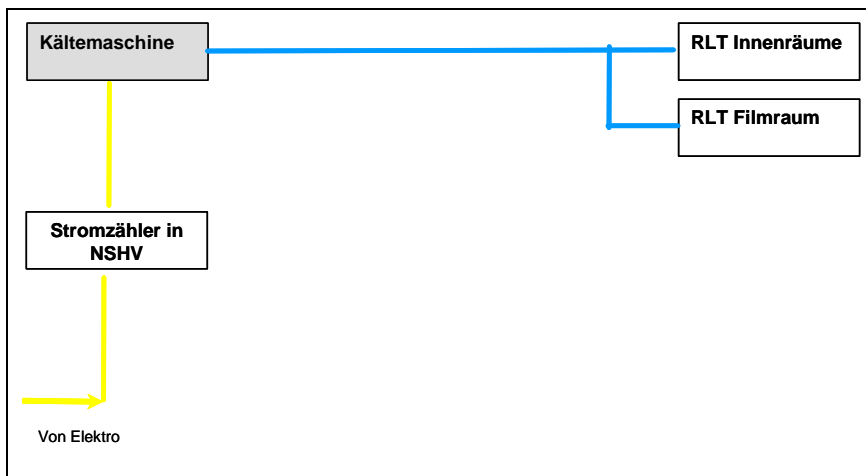


Abbildung 44: Zählerschema Kälte

Die Kälteenergie sollte auf jeden Fall auf der Stromseite gemessen werden. Eine weitere Verteilung und die Arbeitsziffer der Kältemaschine lässt sich bestimmen, wenn die Kälte Endenergie der Anlagen Innenräume und Filmraum gemessen wird.

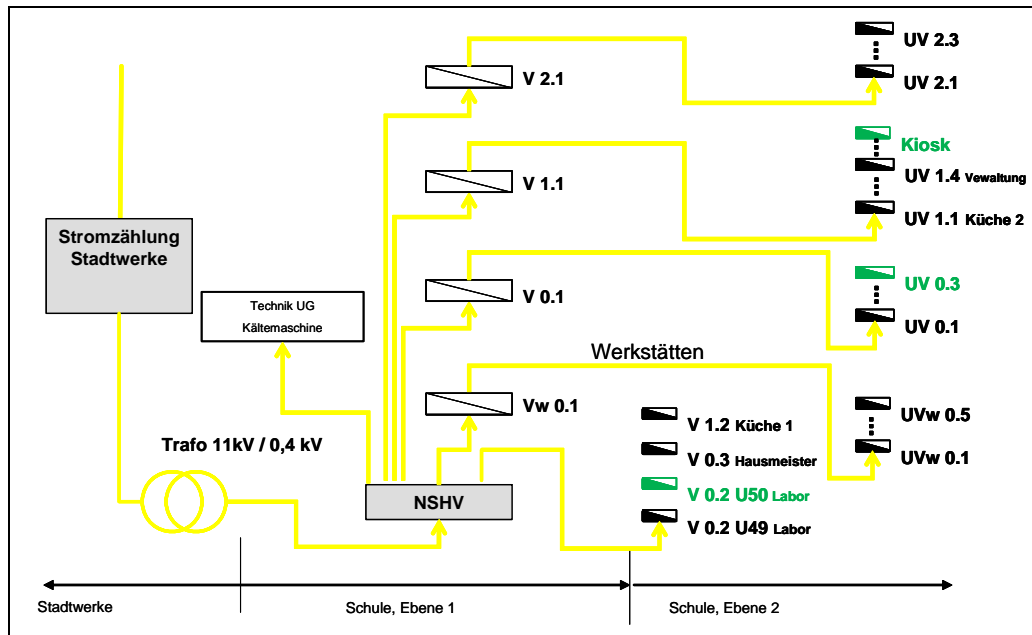


Abbildung 45: Zählerübersicht Strom

Stromzähler sollten in den Unterverteilungen vorgesehen werden, damit sich der Stromverbrauch von einzelnen Verbrauchsgruppen ermitteln lässt.

### 7.1.12 (V18) Gebäudeleittechnik

Für eine umfassende Steuerung und Überwachung der gebäudetechnischen Anlagen gehört eine Leittechnik, die mit allen technischen Anlagen verbunden ist. Die vorhandenen älteren Schaltanlagen werden durch eine neue ersetzt. Als Regler werden busfähige Regler verwendet, mit denen eine Kommunikation zur Leittechnik möglich ist.

In den neueren Schaltschränken für die Heizungsanlage und Werkstatt müssen nur die Regelgeräte ersetzt werden. Mit der Leittechnik lassen sich Schaltzeiten für alle Anlagen bedarfsabhängig eingeben. Anlagenzustände lassen sich auch mit Trenddarstellungen überwachen und besonders zur energietechnischen Optimierung nutzen.

Mit den intensiven Eingriffs- und Steuermöglichkeiten über eine Gebäudeleittechnik lassen sich ca.10 % der Energieverbräuche für Wärme und Kälte einsparen.

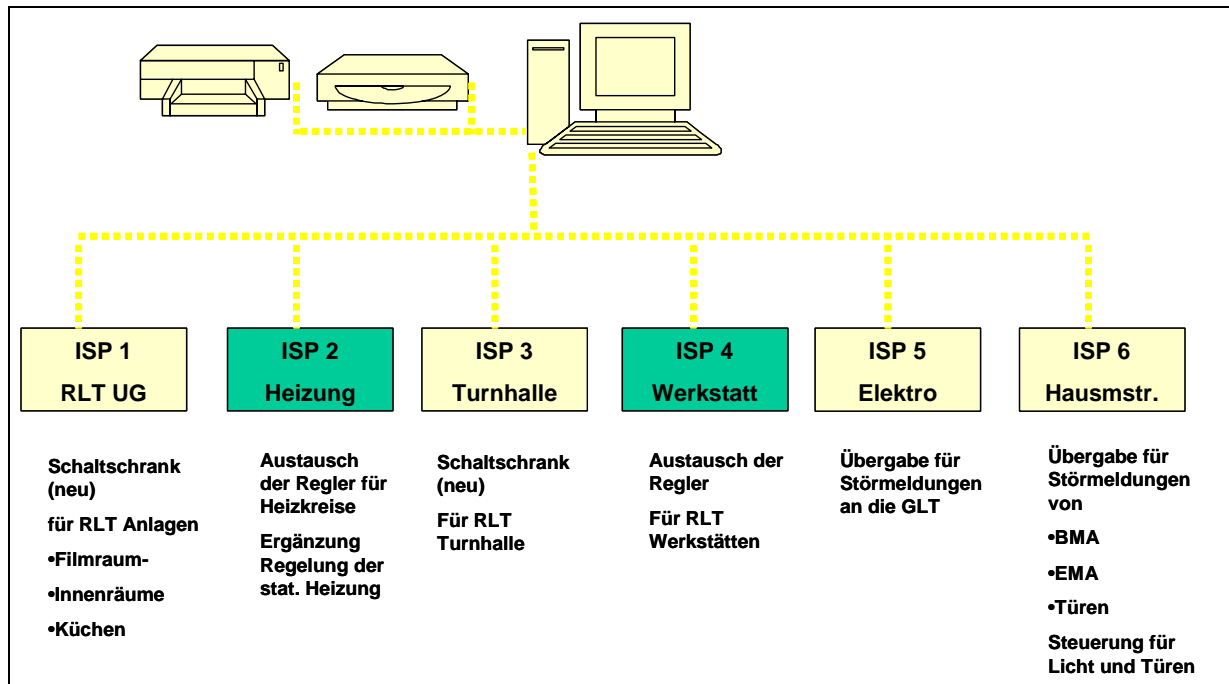


Abbildung 46: Systemtopologie einer Gebäudeleittechnik

**(V18) Gesamtkosten (brutto):****148.750 €**

## 7.2 Technische Gebäudeausrüstung, sonstige Varianten

### 7.2.1 Beleuchtung in der Pausenhalle

Die abgehängten gelben Deckenraster in der Pausenhalle gehören zum denkmalgeschützten Bereichen und wurden hinsichtlich Einsparmaßnahmen nicht weiter untersucht.

### 7.2.2 Alternative Wärmeerzeugungen

Die Schule wird über eine Nahwärmeversorgung mit Blockheizkraftwerk von den Stadtwerken Bad Oldesloe versorgt.

Der Pumpenenergiefaktor der Anlage ist mit einem Wert von  $\eta_p = 1,0$  angegeben (Vergleich Gas-Brennwertkessel  $\eta_p = 1,2$ ). Für eine Verbesserung des Primärenergiefaktors oder der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Anlage sind folgende Varianten grundsätzlich denkbar:

- Solare Brauchwassererwärmung
- Wärmepumpenanlage
- Holzhackschnitzel- oder Pelletsfeuerung



Alle Anlagen passen nicht zu einer Wärmeerzeugung mit einem Blockheizkraftwerk. Die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen ist von einer möglichst gleichmäßigen Grundlast-Wärmeerzeugung abhängig. Somit müsste vorab abgestimmt werden, ob das BHKW in der Sommer- und Übergangszeit mit einer Grundlast ausgelastet ist.

Vor- und Nachteile der o. g. Erzeugungsvarianten in der Berufsschule sind:

### **Solare Brauchwassererwärmung**

Schulen werden in der Regel während der Sommerferien nicht betrieben. Somit ist die Solarwärme nur ca. 4,5 Monaten von 6 Monaten nutzbar. Dies verringert die Wirtschaftlichkeit der Anlage sehr deutlich.

### **Wärmepumpenanlage**

Für eine Wärmepumpenanlage muss eine externe Wärmequelle gesucht werden. Dies können Erdsonden oder, in kleinem Umfang, Abluft-Wärmepumpen sein. Ein besserer Primärenergiefaktor ist nur möglich, wenn die Arbeitsziffer der Anlage größer als 4 ist. Aufgrund der notwendigen Systemtemperaturen in der Anlage von ca. 70 bis 80 °C kann diese Option nach Reduzierung der Systemtemperaturen geprüft werden.

### **Holzhackschnitzel- oder Pelletsfeuerung**

Holzhackschnitzel- oder Pelletsfeuerungen sind möglich, wenn ausreichend Platz für eine Anlage mit Brennstofflagerung geschaffen werden kann.

Diese stört ggf. die denkmalgeschützte Ansicht der Schule und könnte nur über ein Nahwärmekonzept realisiert werden.

## **7.2.3 Regenwasserrückgewinnung**

Das Regenwasser der befestigten Flächen wird über das vorhandene Regenwassersystem abgeleitet und in das öffentliche Siel geführt.

Grundsätzlich könnte das Wasser aufgefangen und gespeichert werden und für Grauwassernutzungen in WC-Spülungen und Gartenbewässerungen genutzt werden.

In der Schule sind bereits die Urinale als wasserlose Urinalbecken ausgeführt. Für die verbleibenden WC-Anlagen müssten neue Versorgungsleitungen im Bestand gezogen werden. Auch weil die WC-Anlagen besonders zum hygienischen Wasseraustausch im Leitungssystem beitragen, sind keine Wirtschaftlichkeiten bzw. Empfehlungen für diese Anlagen gegeben.

## **7.2.4 Versickerung von Regenwasser**

Für Niederschlagswasser wird eine Gesamtfläche von ca. 11.000 m<sup>2</sup> in den jährlichen Gebühren berechnet. Versickerungsmöglichkeiten für Regenwasser sind auf dem Gelände nur eingeschränkt möglich, da eine Tonschicht in einer Tiefe ab ca. 2 bis 4m die

Versickerungsmöglichkeiten auf dem Gelände einschränkt. Mögliche Versickerungsflächen wurden lediglich im Gehwegbereich vor der Parkplatzanlage gefunden. Zu dieser möglichen Versickerungsfläche wird die nördliche Dachhälfte mit einer Fläche von 1600 m<sup>2</sup> entwässert. Die Gebühreneinsparung für diese Fläche ist für eine wirtschaftliche Lösung zu gering.

## 8 Bewertung der Wirtschaftlichkeit

In die Gesamtbewertung der Varianten wird die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit als ein wichtiges Entscheidungskriterium mit einbezogen. Berechnet wird der Energiepreis der eingesparten Energiemenge (€/MWh). Dieser Preis wird mit den Kosten der bezogenen Energie verglichen.

### 8.1 Bauliche Einsparmaßnahmen

Zusammenfassend werden die oben beschriebenen Maßnahmen kurz aufgeführt:

Variante:	Bauteil:	Maßnahme:	Kosten (brutto):
Basis:	Dach	Erneuerung der Dichtung und Dämmung (U= 0,15 W/m <sup>2</sup> K)	1.046.023,- EUR
Basis:	Fassade	Erneuerung PR-Fassade und Dachoberlichter (U <sub>cw</sub> = 1,3 W/m <sup>2</sup> K)	3.972.784,- EUR
Variante 1:	Fassade	Verglasung 3-fach anstelle 2-fach (U <sub>cw</sub> = 1,0 W/m <sup>2</sup> K)	332.378,- EUR
Variante 2:	Erdberührte Bauteile	Einbau einer Perimeterdämmung (U= 0,2 W/m <sup>2</sup> K)	206.759,- EUR
Variante 3:	Fassade	Einbau einer Sturzdämmung aus Zellulose (U= 0,31 W/m <sup>2</sup> K)	87.607,- EUR
Variante 4:	Fassade	Einbau einer Innendämmung an Brüstungs- und Wandflächen (U= 0,40 W/m <sup>2</sup> K)	146.080,- EUR
Variante 5:	Sporthallenboden	Einbau einer Hohlräumdämmung (U= 0,28 W/M <sup>2</sup> K)	183.260,- EUR

Es gelten folgende Randbedingungen:

- Betrachtungszeitraum: Baulich 25 Jahre, TGA 15 Jahre
- Zinsen 4 %
- Energiepreissteigerung Wärme 5 %, Strom 3 %
- Mischpreis Heizwärme 95,95 €/MWh
- Mischpreis Strom 190 €/MWh

Die Kosten der Einsparmaßnahmen werden in jährliche Kosten unter Berücksichtigung der Verzinsung überführt. Die jährlichen Investkosten werden durch die jährlich eingesparten Energiekosten geteilt. Eine Maßnahme ist wirtschaftlich, falls die Einsparkosten unter den Bezugskosten liegen.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der aufgeführten Maßnahmen ergibt folgendes Ergebnis:

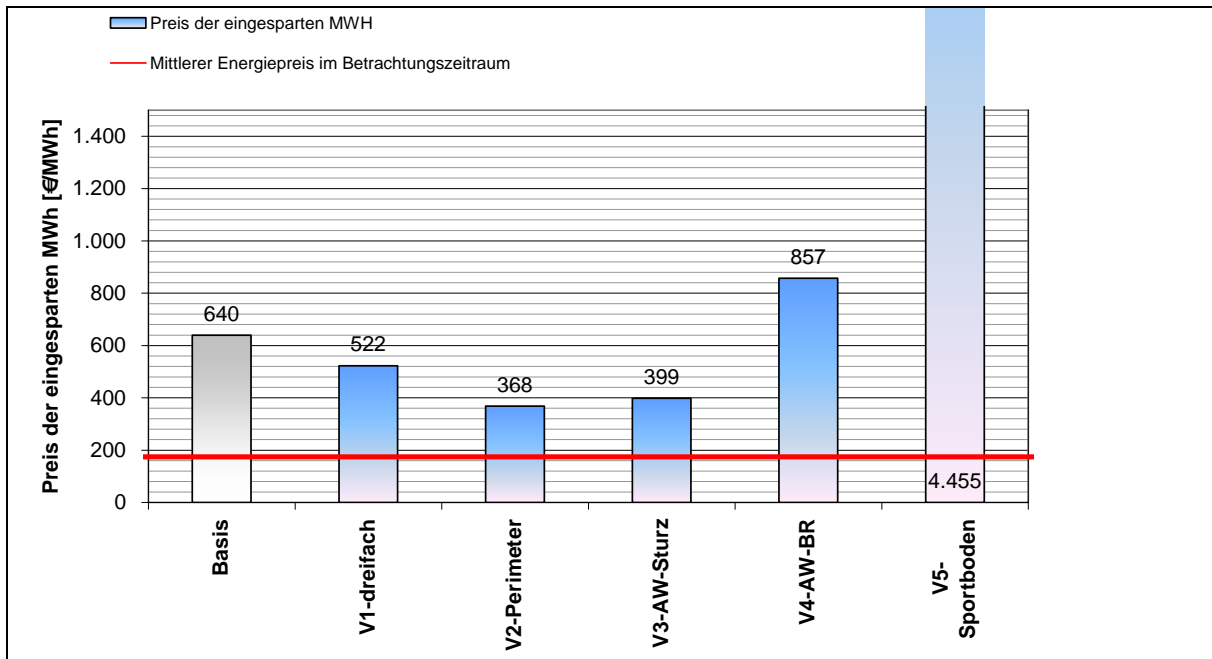


Abbildung 47: Variantenvergleich: Preis der eingesparten MWh [€/MWh]

- Eine komplette Refinanzierung aus der Energieeinsparung ist nicht nachweisbar.
- Die Basisvariante (Dach und Fassade) sollte auf jeden Fall umgesetzt werden, da hier eine Sanierung auch aus anderen Gründen unbedingt erforderlich ist.
- Die Variante 5 sollte derzeit nicht umgesetzt werden, da das Kosten-Nutzen Verhältnis sehr ungünstig ist. Eine Sanierung sollte im Fall einer ohnehin erforderlichen Erneuerung des Bodens erfolgen.

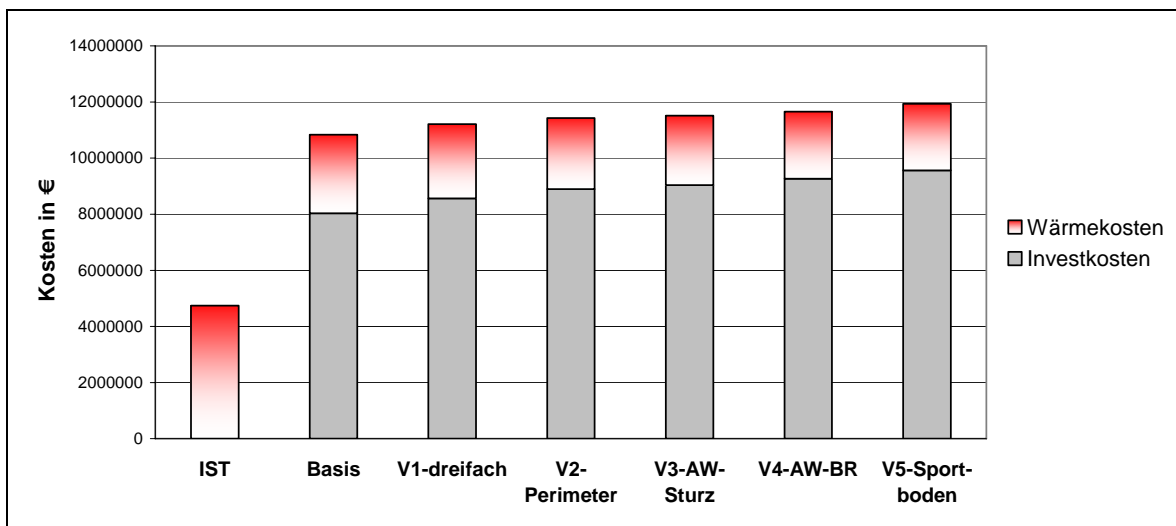


Abbildung 48: Variantenvergleich der prognostizierten Wärme- und Investkosten für 25 Jahre

Oben sind die Kosten der Investitionen und des Wärmeverbrauchs bezogen auf 25 Jahre abgebildet. Die Mehrkosten werden nur z.T. durch die Einsparung kompensiert.

## 8.2 Technische Einsparmaßnahmen

Für die gebäudetechnischen Anlagen wurden folgende Maßnahmen untersucht:

Variante:	Gewerk:	Maßnahme:	Kosten (brutto):
B1	Lüftung	Natürliche Lüftung der Klassenräume mit motorisch gesteuerten Oberlichtern *1	83.300,00 EUR
V6	Lüftung	Zentrale Zu- und Abluftanlage für die Klassenräume	586.670,00 EUR
V7	Lüftung	Zentrale Zuluftanlage für die Klassenräume, Abluft mit Überströmung durch Flure und Pausenhalle.	429.590,00 EUR
V8	Lüftung	Dezentrale Lüftungsgeräte für die Klassenräume	630.700,00 EUR
B2	Elektro	Beleuchtung der Klassenräume, Erneuerung der Beleuchtung *1	234.774,00 EUR
V9	Elektro	Beleuchtung der Klassenräume, Erneuerung der Beleuchtung und tageslichtabhängige Regelung mit automatischer Präsenzerkennung. *1 ( Mehrleistung zu B2)	43.913,00 EUR
B3	Elektro	Beleuchtung der Flure, Erneuerung der Beleuchtung. *1	50.123,00 EUR
V10	Elektro	Beleuchtung der Flure, Erneuerung der Beleuchtung und Steuerung durch automatische Präsenzerkennung. *1	6.188,00 EUR
V11	Elektro	Präsenzmelder in Gruppenräumen und WC Räumen. *1	7.140,00 EUR
V12	Elektro	Photovoltaik auf den Dachflächen. *1	1.226.890,00 EUR
V13	Heizung	Verbesserung der Rohrleitungsdämmungen	69.020,00 EUR
V14	Heizung	Hocheffizienzpumpen für Heizkreise Klassenräume. *1	8.330,00 EUR
B4	Heizung	Heizungsanpassung. *1	46.410,00 EUR
V15	Heizung	Fußbodenheizung Sporthalle	80.920,00 EUR
V16	Heizung	Deckenstrahlungsheizung Sporthalle	69.020,00 EUR

\*1 empfohlene Maßnahmen und Varianten.

Im Gewerk Lüftung haben die Untersuchungen der verschiedenen Varianten ergeben, dass sich die natürliche Lüftung über die Fenster in dieser Schule nicht durch technische Maßnahmen hinsichtlich Energieeinsparungen wirtschaftlich verbessern lässt. Obwohl bereits ein Abluftsystem vorinstalliert ist, führen die Investitionskosten, Kosten für die Luftförderung und Wartungskosten auch langfristig unter Berücksichtigung von Preissteigerungen zu höheren Gesamtkosten.

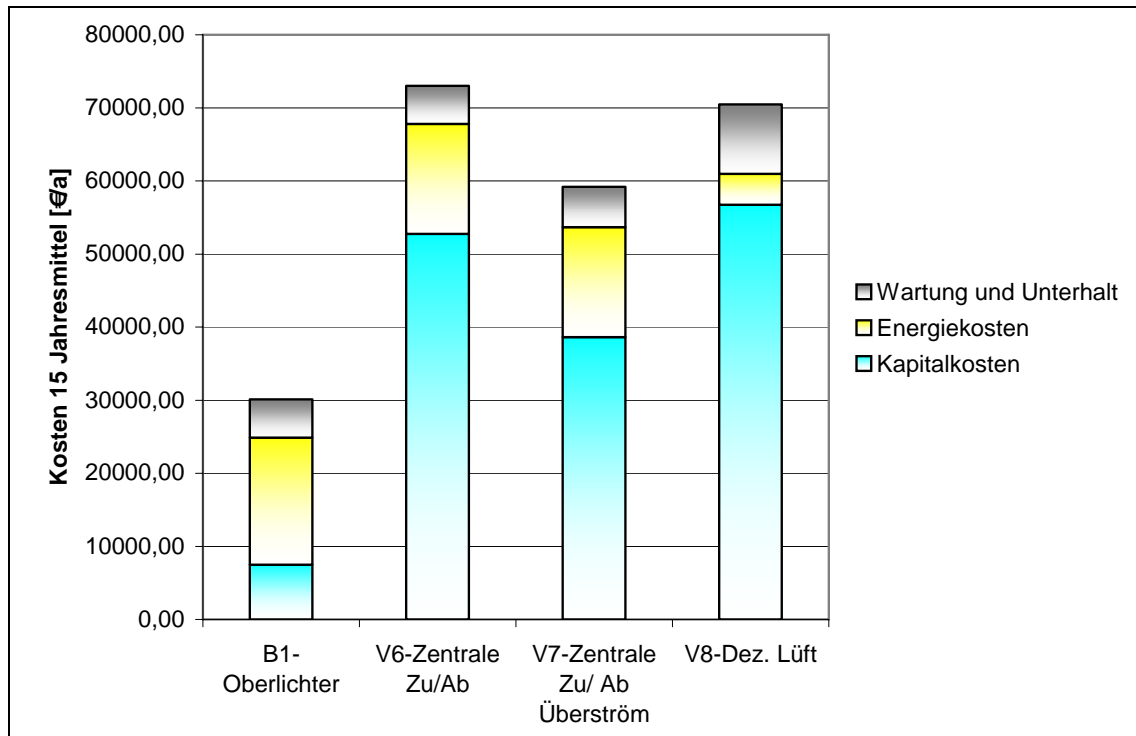


Abbildung 49: Variantenvergleich Lüftung - jährliche Kosten (15 Jahresmittel)

Auch mit dezentralen Lüftungsgeräten (Variante V8), die wenig Strom für die Luftförderung benötigen ist über den Betrachtungszeitraum gemäß folgendem Diagramm keine Wirtschaftlichkeit gegeben. Mögliche wirtschaftliche Wärmeeinsparungen in der Gebäudetechnik ergeben sich aus den Varianten für das Energiecontrolling und der Verwendung einer Gebäudeleittechnik für das Schulgebäude (Varianten V17 und V18), die in den Empfehlungen aufgenommen sind.

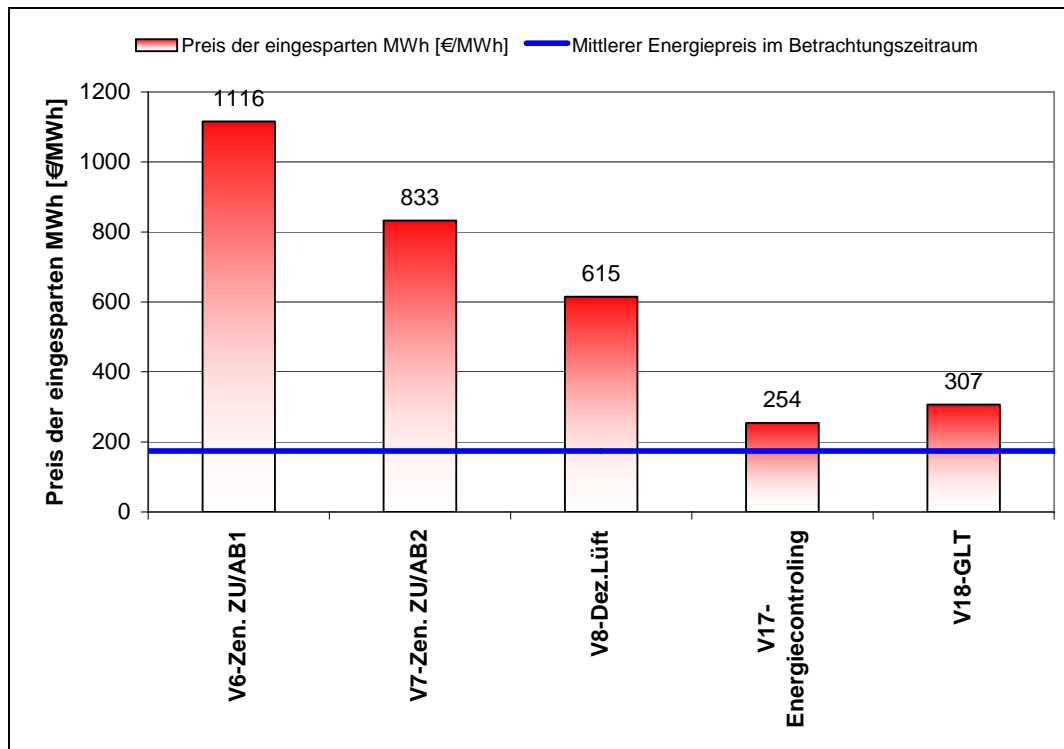


Abbildung 50: Preis der eingesparten Energie (Wärme)

Einsparungen im Strombereich sind besonders bei den Beleuchtungsanlagen der Schule vorhanden. Es wird empfohlen, die gelben Rasterelemente aus den Klassen im Zuge der Fassadensanierung zu entfernen und die Beleuchtung entsprechend aktuellen Stand der Technik anzupassen. In der Basisvariante B2 ist die Erneuerung der Beleuchtung mit Demontage der Deckenraster enthalten. Mit Präsenzmeldern und Lichtregelung entsprechend Variante V9 lassen sich die Stromkosten für die Klassenraumbelichtung weiter reduzieren.

Gleiches gilt für die Flurbeleuchtung, die grundsätzlich saniert werden sollte und mit Präsenzmelder (Variante V10) ausgerüstet wird. Präsenzmelder, die beim Verlassen der Räume das Licht ausschalten oder reduzieren sind in weiteren innenliegenden Räumen (WC Räume, Gruppenräume) möglich und wirtschaftlich.

Eine Wirtschaftlichkeit des Austausches der Pumpen durch Hocheffizienzpumpen ist bei gleichen Betriebsbedingungen nicht gegeben. Nach der Gebäudesanierung reduziert sich auch die Gebäude Heizlast. Der Förderstrom für die Umwälzpumpen muss angepasst werden. Mit der Gebäudesanierung wird der Einbau von neuen Pumpen mit hocheffizienten Antrieben wirtschaftlich und wird somit empfohlen.

Die Stromeinsparungen bei Änderung des Heizsystems für die Sporthalle sind für eine wirtschaftliche Realisierung der Maßnahme zu gering. Der Einbau einer Fußbodenheizung oder Deckenstrahlungsheizung in der Sporthalle sollte bei einer späteren Grundsanierung neu geprüft werden.

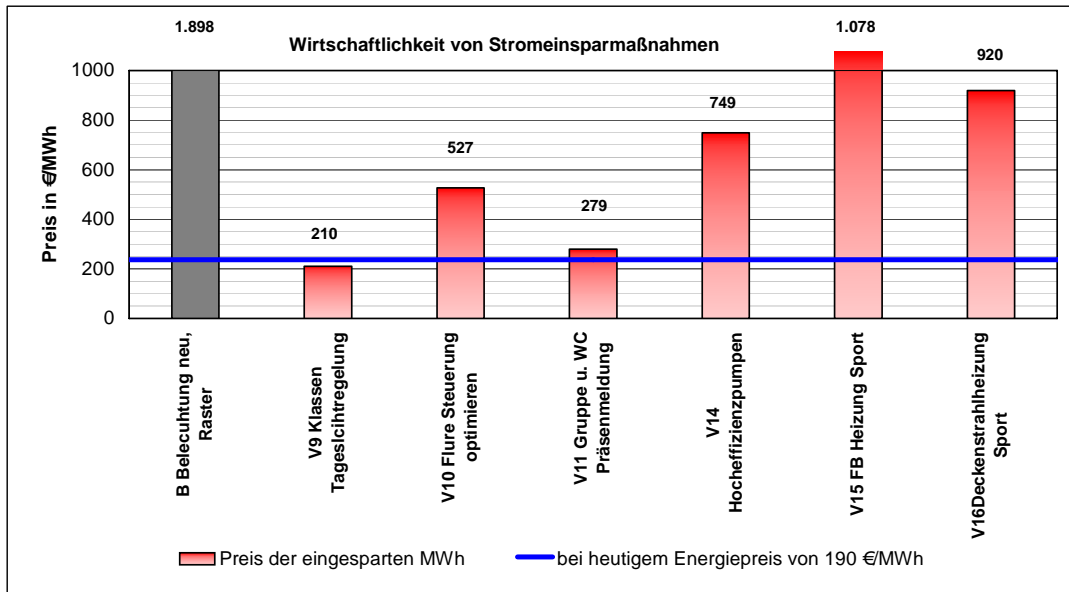


Abbildung 51: Kosten der eingesparten Energie (Strom)

## 9 Gesamteinsparung / Empfehlung

Bestimmt wird die erreichbare Einsparung bezogen auf Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Weiterhin werden die Kosten der Maßnahmen zusammenfassend aufgeführt.

### Einsparung Primärenergie

Die Umsetzung der oben empfohlenen Maßnahmen führen zu folgender Primärenergie-Einsparung:

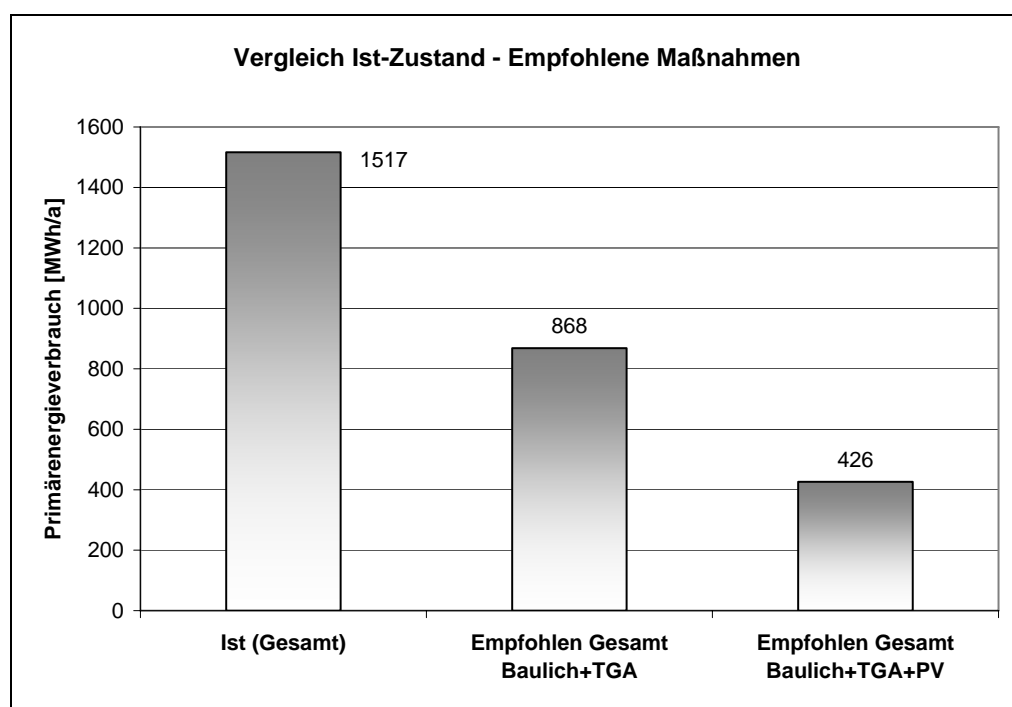


Abbildung 52: Zusammenfassung der Primärenergieeinsparung (Annahmen: Nahwärme Primärenergiefaktor 1,0, Strom 2,61, Strom PV 0,73 GEMIS 4.5)

- Das Einsparpotenzial beträgt 43 % (ohne Fotovoltaik)
- Das Einsparpotenzial beträgt 72 % (inkl. Fotovoltaik)

Durch bauliche und technische Maßnahmen kann ein Einsparpotenzial von etwa 43 % erschlossen werden. Ohne denkmalpflegerische Belange würde die Einsparung etwa 50 % betragen (Außendämmung nicht möglich!).



### Einsparung CO2-Äquivalentemission

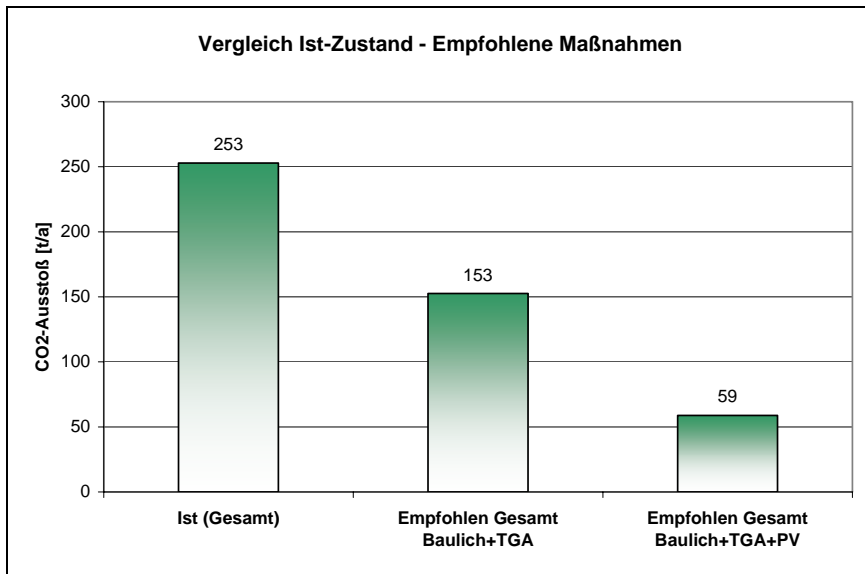


Abbildung 53: Zusammenfassung der Primärenergieeinsparung (Annahmen: Emissionsfaktor Nahwärme 144 kg/MWh, Strom Mix 633 kg/MWh, Strom PV 234 kg/MWh, GEMIS 4.5)

- Das Einsparpotenzial beträgt 40 % (ohne Fotovoltaik)
- Das Einsparpotenzial beträgt 77 % (inkl. Fotovoltaik)

### Einsparung Energiekosten

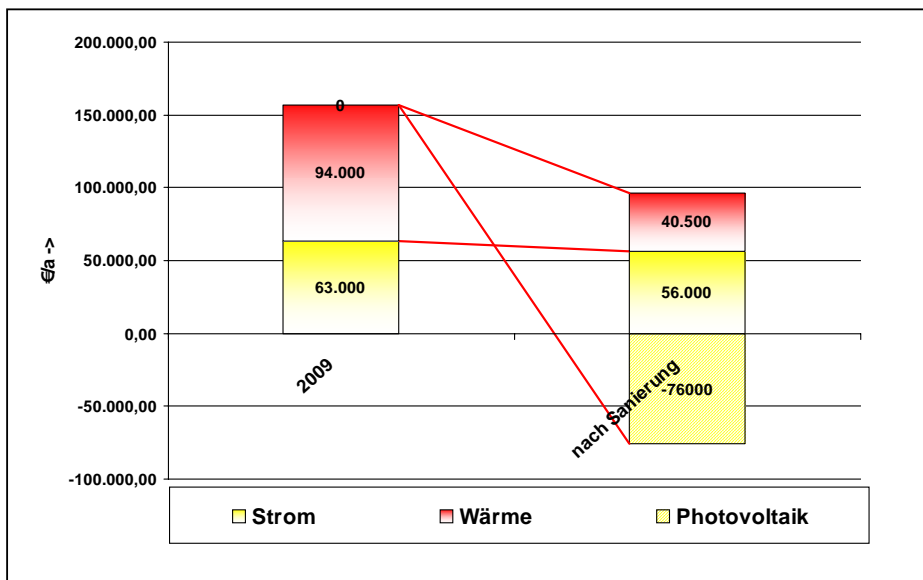
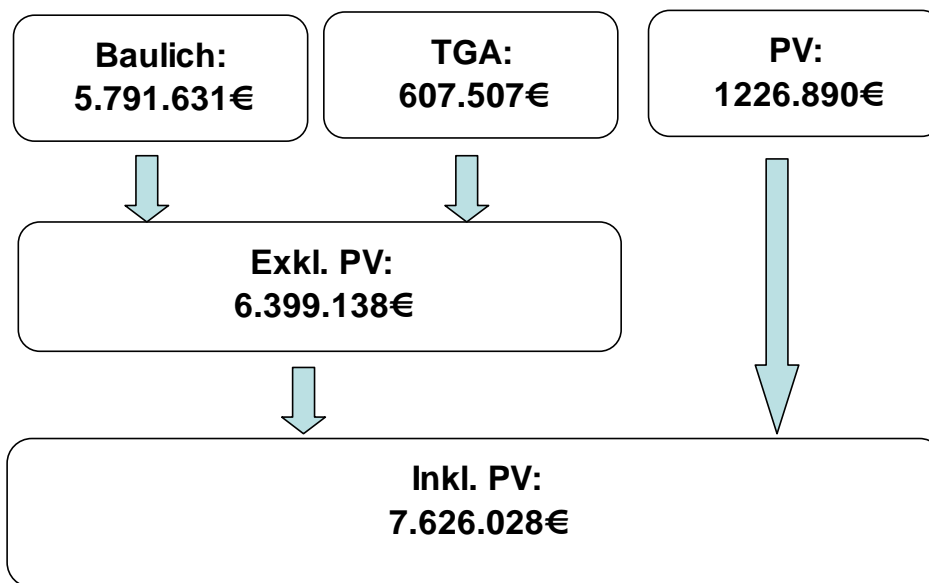


Abbildung 54: Änderungen der Energiekosten im 1. Betriebsjahr nach Sanierung

Durch die beschriebenen Maßnahmen lassen sich besonders die Wärmekosten für die Beheizung der Schule um ca. 50 % reduzieren. Die Stromkosten sind nur um ca. 10 % durch

die Optimierungen in der Beleuchtung und in den technischen Anlagen reduzierbar. Ein großer Teil des Stromverbrauches wird durch den Ausbildungsbetrieb der Schule verursacht (EDV Ausbildung, Küche und Werkstätten). Bei Ersatzbeschaffungen dieser Geräte sollten mögliche Einsparpotentiale überprüft werden. Ein Controlling dieser Verbräuche dient der besseren Ermittlung von Einsparmaßnahmen in diesen Bereich.

Durch die Aufstellung von Photovoltaikanlagen auf dem Dach des Gebäudes kann die Energiekostensituation, Primärenergiebilanz und CO2 Bilanz des Gebäudes verbessert werden. Die Investitionskosten für diese Anlage müssen unabhängig von den anderen energietechnischen Maßnahmen hinsichtlich Realisierung geprüft werden.



Die Gesamtkosten der empfohlenen Maßnahmen betragen 7,6 Mio. Euro (brutto).

## 10 Anlage

### 10.1 Grundrissdarstellung der Funktionsbereiche



Abbildung 55: Grundriss UG (ohne Maßstab)



Abbildung 56: Grundriss EG (ohne Maßstab)

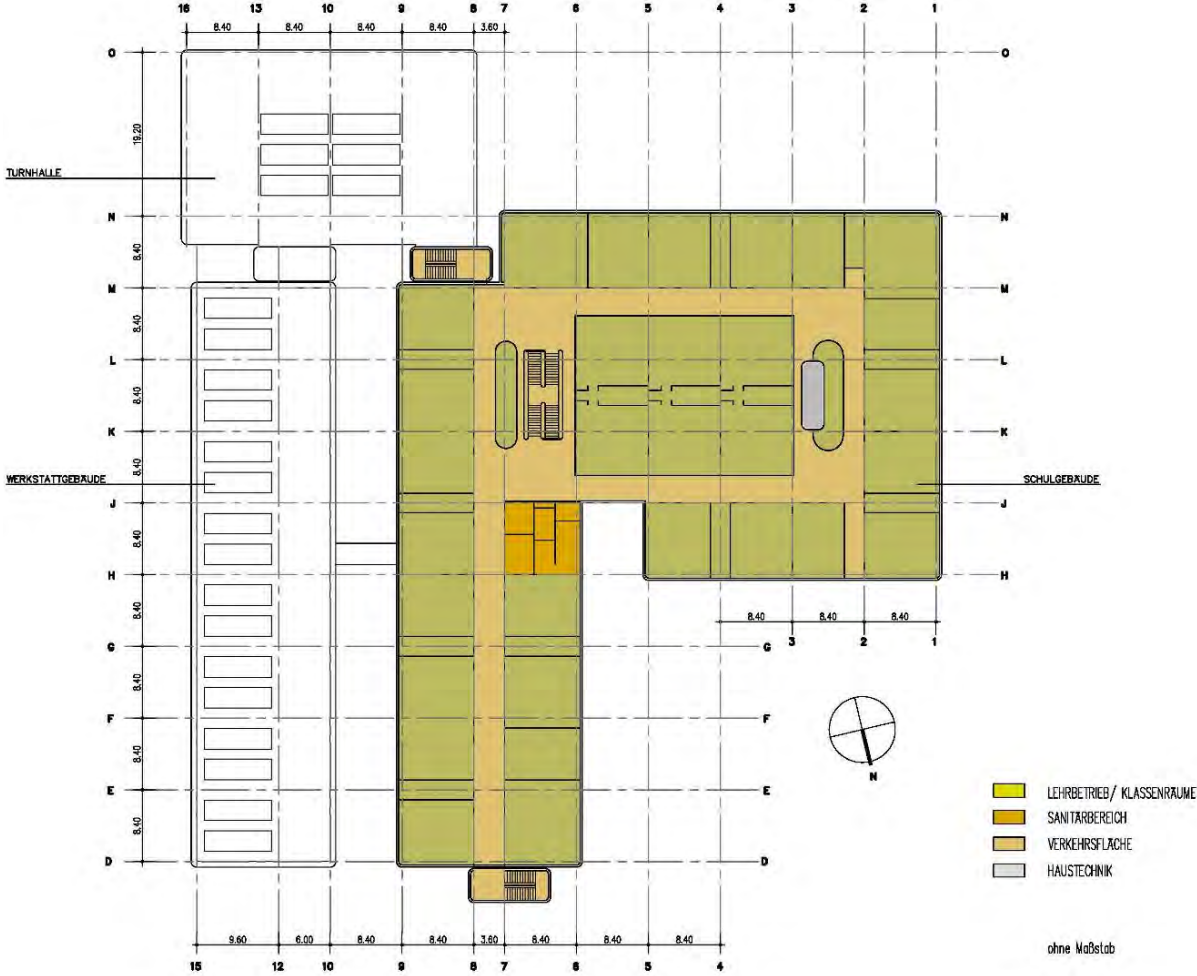


Abbildung 57: Grundriss OG (ohne Maßstab)

## 10.2 Protokolle / Externe Berichte

### 10.2.1 Ergebnisprotokoll Ortstermin vom 16.03.10

**gmp**

Architekten von Gerkan, Marg und Partner · Elbchaussee 139 · 22763 Hamburg

**Berufliche Schule in Bad Oldesloe – Schanzenberg 2a**  
Klimaschutzmodellprojekt

**Ergebnisprotokoll Ortstermin vom 16.03.10**

**Verteiler:** per e- mail      [j.weich@kreis-stormarn.de](mailto:j.weich@kreis-stormarn.de)  
[gerhard.timmann@hsgp.de](mailto:gerhard.timmann@hsgp.de)  
[info@kaplus.de](mailto:info@kaplus.de)  
[r.kinski@gmp-architekten.de](mailto:r.kinski@gmp-architekten.de)

Im Rahmen unserer Bestandaufnahme wurden am heutigen Tag verschiedene Rückbauarbeiten am Bestand durchgeführt.

Die gewonnenen Aufschlüsse dienen als Grundlage für die nun anstehende Berechnung des Energiebedarfes (vorher), also des derzeitigen Ist- Zustandes der Gebäude.

**Maßnahmen im Einzelnen:**

1. partielles Öffnen des Dachdämmungs- und Dichtungspaketes am Schulgebäude

An den drei in der anliegenden Dachaufsicht markierten Stellen wurden Proben entnommen.

Es wurde erkennbar, dass die Dämmung teilweise erheblich durchfeuchtet ist.

Die Proben wurden im Nachgang dem Institut für Bauphysik und Bauchemie in Hamburg zwecks Bestimmung des Feuchtegehaltes und der daraus resultierender Auswirkungen auf die Wärmeleitfähigkeit übergeben.

Seite - 1 - von 2

Architekten von Gerkan, Marg und Partner · Elbchaussee 139 · 22763 Hamburg

**gmp**

## 2. Schürfgruben an erdberührten Außenwänden/ Frostschrüzen der Baukörper

Schürfe wurde erstellt:

- Außenwand Hauptgebäude; Untergeschoss Westseite, Achse H/ 1
- Außenwand Turnhalle; Kellergeschoss Südseite; Achse 8/ 8,5
- Frostschrüze Werkstatt, Ostseite, Achse 15/ H

Es wurde festgestellt, dass die erdberührten Bauteile keine Außen-  
dämmung/ Perimeterdämmung aufweisen.

## 3. Überprüfung der Fußbodenaufbauten von erdberührten Bodenplatten

Folgender Aufbau wurde festgestellt:

### Technikräume Untergeschoss:

3 cm Verbundestrich

### Foyerbereiche Untergeschoss:

1,5 cm keramische Fliesen

7,5 cm estrichgerechtes bewehrtes Mörtelbett

### Laborräume Untergeschoss:

1,5 cm keramische Fliesen

5,0 cm estrichgerechtes bewehrtes Mörtelbett

2,5 cm expandiertes Polysterol

### Turnhalle:

10 cm Schwingboden ohne Dämmung

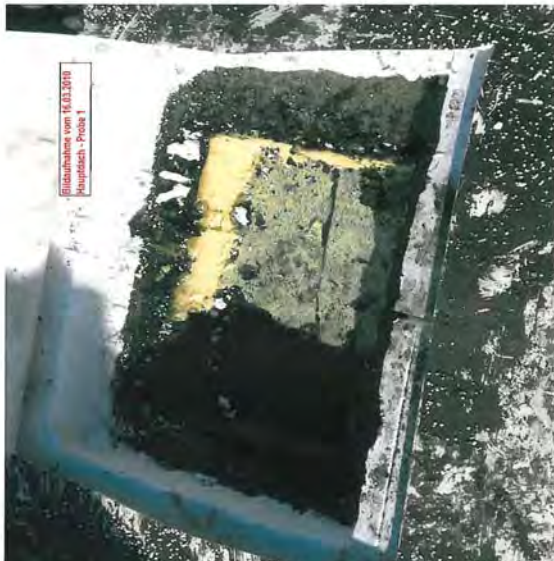
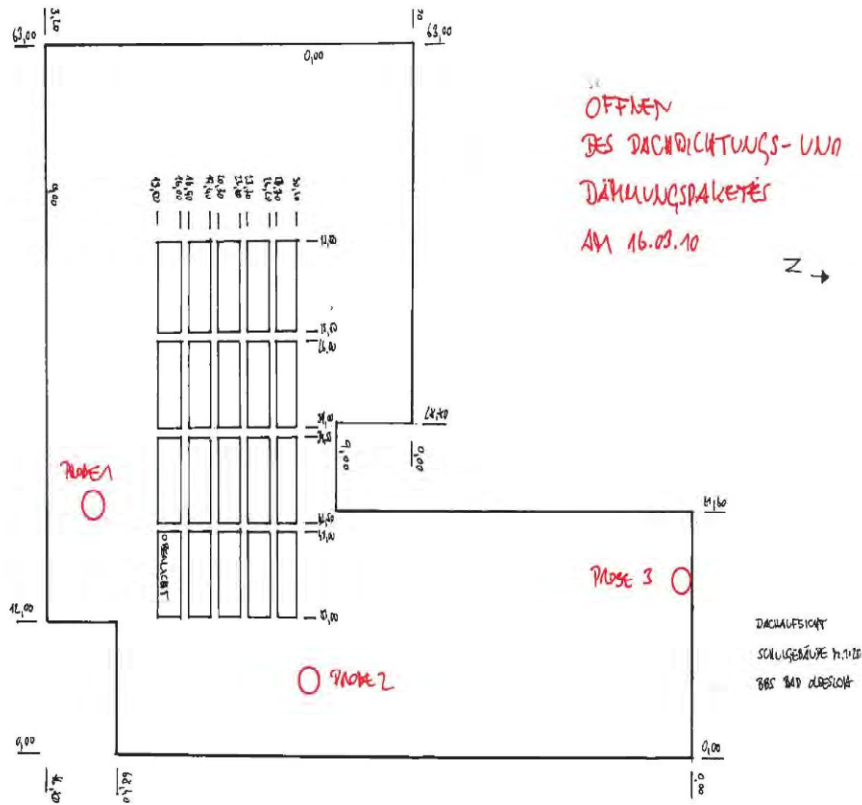
1 cm Abdichtung auf Bodenplatte

Anlagen: 10 Seiten

aufgestellt/ Hamburg, 18.03.10 /Christian Kleiner

Seite - 2 - von 2





Hauptdach Probe 1



Hauptdach Probe 2





Hauptdach Probe 3



Außenwand Hauptgebäude UG Westseite



Außenwand Turnhalle KG Südseite



Frostschürze Werkstattgebäude Ostseite



Fußbodenaufbau Hauptgebäude UG Foyer



Fußbodenaufbau Hauptgebäude UG Technikräume



Fußbodenaufbau Hauptgebäude Elektrolabor

10.2.2 Feuchtigkeitsmesswerte Institut für Bauphysik und Bauchemie vom 19.03.10



**INSTITUT FÜR BAUPHYSIK UND BAUCHEMIE**  
 BAUSTOFFLABOR HAMBURG GMBH

IBB · Lottbekheide 15 · D-22395 Hamburg

gmp Architekten  
 von Gerkan, Marg u. Partner  
**z.Hd. Herrn Christian Kleiner**  
 Elbchaussee 139

22763 Hamburg

**Bauphysik und Konstruktion**  
 Sachverständige für Schäden an Gebäuden  
 Beweissicherung, Begutachtung und Beratung  
 Statik, Bau- und Raumakustik  
 Bauphysik, Wärme und Feuchtigkeit

**Baustofflabor**  
 Chemische Analysen und physikalische  
 Prüfungen mineralischer und metallischer  
 Baustoffe, von Wasser, Abwasser, Böden,  
 Kunststoffen, Farben, Bitumen, Holz, Asbest  
 Rasterelektronenmikroskopie und EDXA

**Projektmanagement**  
 Planung, Projektsteuerung und Bauleitung  
 Beratung und Betreuung  
 Bausanierung und Denkmalschutz  
 Sicherheits- u. Gesundheitsschutzkoordination

**Betonlabor**  
 Qualitätskontrolle, Prüfstelle E + W, Über-  
 wachung Betonsanierung, Mitglied im VMPA

**Umweltmanagement**  
 Bestandsaufnahme und Begutachtung  
 Anerk. Sachverst. nach d. Asbest-SachverstVO  
 Asbest- und Luftschadstoffmessungen

nur per Email: [ckleiner@gmp-architekten.de](mailto:ckleiner@gmp-architekten.de)

Ihr Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unser Zeichen <b>14630-UB-01</b> Bitte stets angeben!	Sachbearbeiter <b>Ma./Sc.</b>	Datum <b>19.03.2010</b>
-------------	--------------------	---	----------------------------------	----------------------------

**Betreff: Berufliche Schule Bad Oldesloe**  
**- Wärmedämmung aus Dachaufbauten -**

**Feuchtigkeitsmeßwerte**

P1; Haupthaus	:	60 mm PU-Dämmung	:	6,33 M-%	△	0,20 Vol.-%
		80 mm PS-Dämmung	:	0,65 M-%	△	0,012 Vol.-%
P2; Haupthaus	:	60 mm PU-Dämmung	:	159,21 M-%	△	5,54 Vol.-%
		80 mm PS-Dämmung	:	0,58 M-%	△	0,021 Vol.-%
		55 mm Foamglas	:	2,25 M-%	△	0,30 Vol.-%
P3; ohne Bezeichnung	:	60 mm PU-Dämmung	:	1.240,20 M-%	△	44,79 Vol.-%
PU – quatschnaß!! –	:	80 mm PS-Dämmung	:	24,15 M-%	△	0,49 Vol.-%

Geschäftsführer:  
 Dipl.-Ing. F. Kempin, G. Kempin  
 Amisenrecht Hamburg, HRB 41 295

IBB GmbH  
 Baustofflabor Hamburg  
 Lottbekheide 15  
 D-22395 Hamburg

Telefon: +49 (040) 63 85 69 70  
 Telefax: +49 (040) 604 00 17  
 Internet: [www.ibb-hamburg.de](http://www.ibb-hamburg.de)  
 Email: [info@ibb-hamburg.de](mailto:info@ibb-hamburg.de)



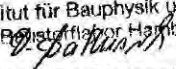
Seite 2 von 2 zum Schreiben 14630-UB-01 vom 19.03.2010

---

Die Rohdichten sind wie folgt :

PU-Dämmung	:	i.M. 32,8 kg/m <sup>3</sup>
PS-Dämmung	:	i.M. 19,3 kg/m <sup>3</sup>
Foamglas	:	134,0 kg/m <sup>3</sup>

- (1) Bei Betrachtung der wärmedämmenden Eigenschaften der trockenen Dämmstoffe gegenüber feuchten bzw. naßen Dämmstoffen ist auszusagen, daß je Volumen-% aufgenommenes Wasser ein Anstieg von etwa 3,8 % der Wärmeleitfähigkeit die Folge ist.
- (2) Für den PU-Dämmstoff trocken mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $0,035 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  würde dies bei der **Ausbauprobe 2** einen gering erhöhten Anstieg auf  $0,042 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ergeben, bei der **Ausbauprobe 3** auf  $0,095 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Institut für Bauphysik und Bauchemie  
Rohstofflabor Hamburg GmbH  
  
Chem.-Ing. Mathiszik

*Die vollständige oder auszugsweise Veröffentlichung des Untersuchungsberichts ist nur mit Genehmigung des Instituts zulässig. Der Untersuchungsbericht und entsprechende Ausarbeitungen sind nur im Rahmen des erteilten Auftrags und für das bezeichnete Objekt bestimmt. Jede anderweilige Verwertung sowie Mitteilung oder Weitergabe an Dritte bedürfen der schriftlichen Zustimmung.*



**INSTITUT FÜR BAUPHYSIK UND BAUCHEMIE**  
**BAUSTOFFLABOR HAMBURG GMBH**

IBB - Lottbekheide 15 - D-22395 Hamburg

gmp Architekten  
 von Gerkan, Marg u. Partner  
 z.Hd. Herrn Christian Kleiner  
 Elbchaussee 139

22763 Hamburg

vorab per Email: ckleiner@gmp-architekten.de

Ihr Zeichen

Ihre Nachricht vom

Unser Zeichen  
 14630-UB-02  
 Bitte stets angeben!

Sachbearbeiter  
 Ma./Sc.

Datum  
 06.04.2010

**Bauphysik und Konstruktion**  
 Sachverständige für Schäden an Gebäuden  
 Beweissicherung, Begutachtung und Beratung  
 Statistik, Bau- und Raumakustik  
 Bauphysik, Wärme und Feuchtigkeit

**Baustofflabor**  
 Chemische Analysen und physikalische  
 Prüfungen mineralischer und metallischer  
 Baustoffe, von Wasser, Abwasser, Böden,  
 Kunststoffen, Farben, Bitumen, Holz, Asbest  
 Rasterelektronenmikroskopie und EDXA

**Projektmanagement**  
 Planung, Projektsteuerung und Bauleitung  
 Beratung und Betreuung  
 Bausanierung und Denkmalschutz  
 Sicherheits- u. Gesundheitsschutzkoordination

**Betonlabor**  
 Qualitätskontrolle, Prüfstelle E + W, Über-  
 wachung Betonsanierung, Mitglied im VMPA

**Umweltmanagement**  
 Bestandsaufnahme und Begutachtung  
 Anerk. Sachverst. nach d. Asbest-SachversLVÖ  
 Asbest- und Luftschadstoffmessungen

**Betreff: Berufliche Schule Bad Oldesloe**  
**– bituminöse Dachabdichtung Hauptdach BBS Bad Oldesloe –**

## Untersuchungsbericht

### 1 Allgemeines

- (1) Auftragsgemäß sollte der bituminöse Dachaufbau des Haupthauses in der BBS Bad Oldesloe auf einen ggf. vorliegenden Gehalt von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen – PAK's – analysiert werden.
- (2) Die Analyse sollte im Nachgang zu den am 16.03.2010 eingelieferten Ausbauproben durchgeführt werden.

Geschäftsführer:  
 Dipl.-Ing. F. Kempin, G. Kempin  
 Amtsgericht Hamburg, HRB 41 295

IBB GmbH  
 Baustofflabor Hamburg  
 Lottbekheide 15  
 D-22395 Hamburg

Telefon: +49 (040) 63 85 69 70  
 Telefax: +49 (040) 604 00 17  
 Internet: www.ibb-hamburg.de  
 Email: info@ibb-hamburg.de



Seite 2 von 3 zum Schreiben 14630-UB-02 vom 06.04.2010

## 2 Analysenergebnis

- (3) Die Analyse der Konzentration an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in der Trockensubstanz erfolgte entsprechend dem LUA-Merkblatt Nr. 1 durch gaschromatographische Massenspektroskopie (GC/MS) an der Materialprobe mit nachfolgend tabellarisch aufgeführten Ergebnissen, wobei der Summenparameter und die Leitsubstanz Benzo[a]pyren gesondert hervorgehoben ist:

PAK		
Naphthalin	mg/kg	< 0,05
Acenaphthylen	mg/kg	< 0,50
Acenaphthen	mg/kg	< 0,05
Fluoren	mg/kg	< 0,05
Phenanthren	mg/kg	0,90
Anthracen	mg/kg	< 0,05
Fluoranthen	mg/kg	< 0,05
Pyren	mg/kg	< 0,05
Benzo(a)anthracen	mg/kg	< 0,05
Chrysen	mg/kg	< 0,05
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg	< 0,05
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg	< 0,05
<b>Benzo(a)pyren</b>	<b>mg/kg</b>	<b>&lt; 0,05</b>
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg	< 0,05
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg	< 0,05
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg	< 0,05
<b>Summe PAK nach EPA</b>	<b>mg/kg</b>	<b>0,90</b>



Seite 3 von 3 zum Schreiben 14630-UB-02 vom 06.04.2010

---

### 3 Beurteilung

- (4) Untersuchungsergebnis zu dem bituminösen Dachaufbau des Haupthauses der BBS Bad Oldesloe ist, daß PAK's im vorliegenden Fall keine Rolle spielen.
- (5) Der Zuordnungswert nach LAGA ist Z0.

Institut für Bauphysik und Bauchemie  
Borstelallee 11, Hamburg GmbH  
*Dr. Mathiszik*  
Chem.-Ing. Mathiszik

*Die vollständige oder auszugsweise Veröffentlichung des Untersuchungsberichts ist nur mit Genehmigung des Instituts zulässig. Der Untersuchungsbericht und entsprechende Ausarbeitungen sind nur im Rahmen des erteilten Auftrags und für das bezeichnete Objekt bestimmt. Jede anderweitige Verwertung sowie Mitteilung oder Weitergabe an Dritte bedürfen der schriftlichen Zustimmung.*



### 10.2.3 Fotodokumentation Bestandaufnahme

#### Außenfenster / Oberlichter vom 24.02.10



Abbildung 58: Fassadenelementstoß außen



Abbildung 59: Fassadenelementstoß innen nach Rückbau des Verkleidungsbleches





Abbildung 60: Einsetzelement Türrahmen



Abbildung 61: Mineralwolle im Bereich des Fassadenelementstoßes

**Sandwichfassade vom 05.03.10**



Abbildung 62: Rückbau der Attikaverkleidung auf Dachfläche des Schulgebäudes



Abbildung 63: Rückbau der Attikaverkleidung auf Dachfläche des Schulgebäudes





Abbildung 64: Einblick in Hohlraum (innen) oberhalb des Fassadenkopfpunktes

### **Erdberührte Bodenplatten vom 17.03.10**

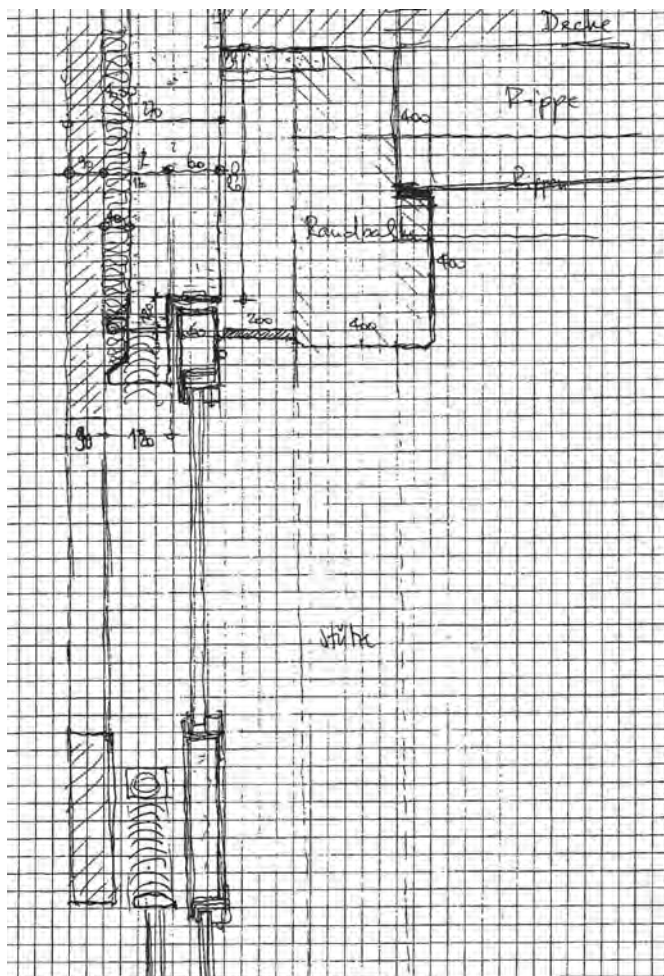


Abbildung 65: Feststellung des Fußbodenaufbaus im Elektrolabor des Schulgebäudes

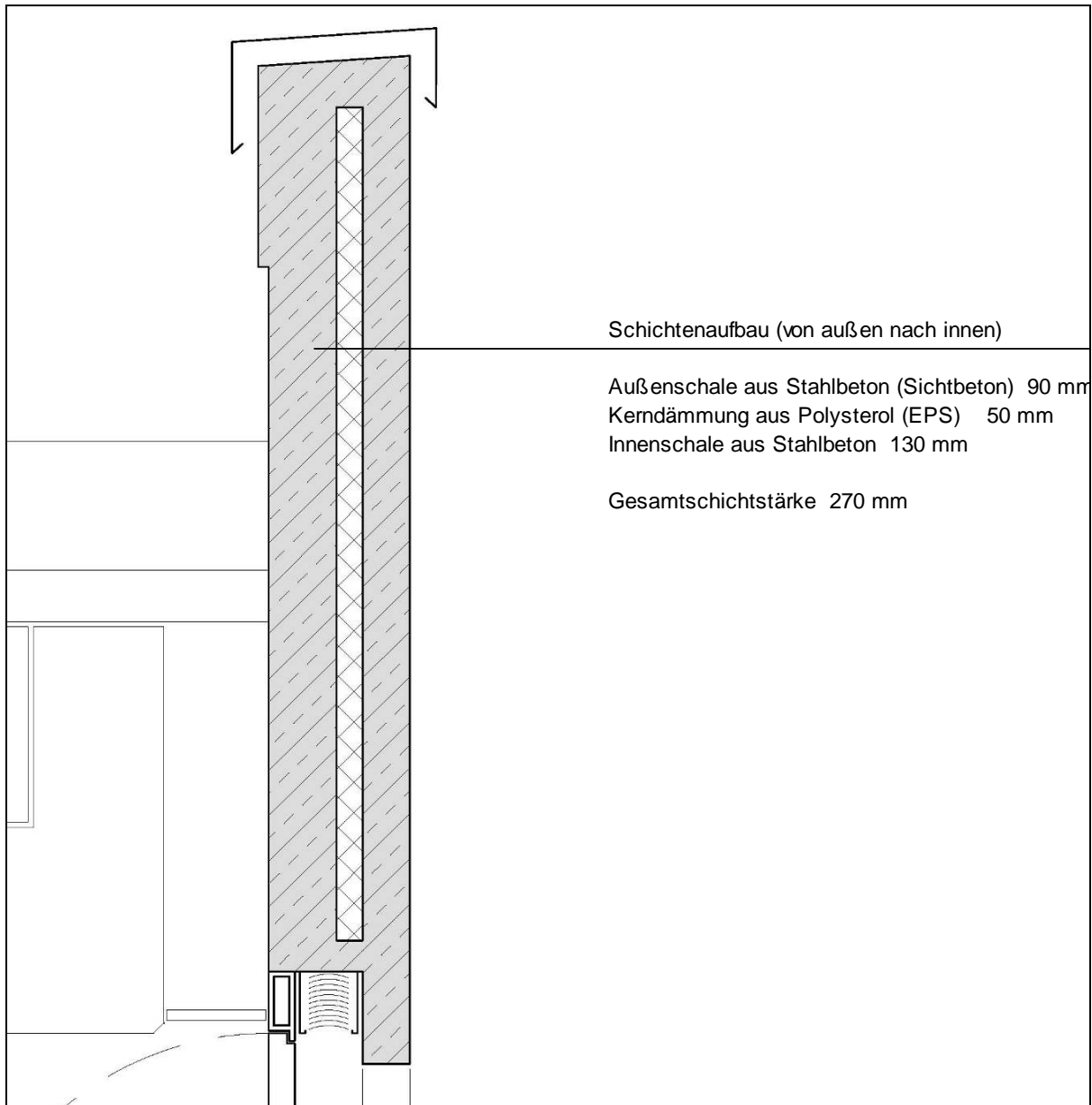


Abbildung 66: Feststellung des Fußbodenaufbaus im Foyer des Schulgebäudes

### 10.2.4 Aufmaß Fassadenkopfpunkt Regelfassade vom 24.02.10




### 10.2.5 Systemschnitt durch Sandwichpaneelfassade







## 10.2.6 Zusammenstellung der Investitionskosten (brutto)


<b>Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe</b> <b>Kostenschätzung Schulgebäude, Werkstätten und Sporthalle</b>					
					<b>gmp</b>
					v Gerkan Marg und Partner
Stand 02.06.2010					
Beschreibung Leistungen einschl. anteiliger Baustelleneinrichtung, Demontage und Remontage	Variante	Menge	Einheit	Kosten je Einheit €	Gesamtkosten
<b>Sandwichenelemente; Wand+Brüstung</b>	<b>Basis</b>	<b>2.172</b>	<b>m²AWF</b>		-
<b>Sandwichenelemente; Wand (TRH)</b>	<b>Basis</b>	<b>640</b>	<b>m²AWF</b>		-
keine Maßnahmen					
<b>Außenfenster und -türenelemente</b>	<b>Basis</b>	<b>2.111</b>	<b>m²AFF</b>	<b>885,35</b>	<b>1.868.628 €</b>
anteilige Baustelleneinrichtung					<b>407.887 €</b>
<b>Dachflächen</b>	<b>Basis</b>	<b>4.971</b>	<b>m²DAF</b>	<b>125,54</b>	<b>624.124 €</b>
anteilige Baustelleneinrichtung mit 30 cm Dämmung					<b>134.900 €</b>
<b>Attikaflächen (dachseitig)</b>	<b>Basis</b>	<b>704</b>	<b>m²AWF</b>	<b>140,00</b>	<b>98.616 €</b>
anteilige Baustelleneinrichtung mit 20 cm Dämmung					<b>21.371 €</b>
<b>Dachfenster</b>	<b>Basis</b>	<b>863</b>	<b>m²AFF</b>	<b>1.010,48</b>	<b>871.719 €</b>
anteilige Baustelleneinrichtung					<b>185.823 €</b>
<b>Deckenbekleidung Haupteingang</b>	<b>Basis</b>	<b>30</b>	<b>m²DEF</b>	<b>120,00</b>	<b>3.629 €</b>
anteilige Baustelleneinrichtung mit 20 cm Dämmung					<b>788 €</b>
<b>Herstellkosten (netto)</b>	<b>Basis</b>				<b>4.217.485 €</b>
<b>Dreifachverglasung</b>	<b>1</b>	<b>2.793</b>	<b>m²AFF</b>	<b>100,00</b>	<b>279.309 €</b>
Elementfassaden		1.930			
Dachfenster		863			
<b>erdberührte Wände / Frostschrüzen</b>	<b>2</b>	<b>980</b>	<b>m²AWF</b>	<b>98,89</b>	<b>96.887 €</b>
<b>erdberührte Decken</b>		<b>427</b>	<b>m²AWF</b>	<b>180,00</b>	<b>76.860 €</b>
mit 20 cm Perimeterdämmung					
<b>Sturzflächen</b>	<b>3</b>	<b>736</b>	<b>m²AWF</b>	<b>100,00</b>	<b>73.619 €</b>
mit Zellulose (Iso-Floc) Innendämmung					
<b>Brüstungs- und Wändflächen</b>	<b>4</b>	<b>818</b>	<b>m²AWF</b>	<b>150,00</b>	<b>122.757 €</b>
mit 6 cm Kalzium-Silikat Innendämmung					
<b>Sportbodenfläche</b>	<b>5</b>	<b>770</b>	<b>m²GF</b>	<b>200,00</b>	<b>154.000 €</b>
mit 10 cm Schaumglasdämmung					
<b>Herstellkosten (netto)</b>	<b>Basis und Varianten</b>				<b>5.020.916 €</b>
<b>Mehrwertsteuer</b>			<b>19%</b>		<b>953.973,98</b>
<b>Herstellkosten (brutto)</b>					<b>5.974.890 €</b>


Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe Kostenschätzung Schulgebäude Variantenbetrachtung Stand 02.06.2010											 v Gerkan Meig und Partner						
KG-Nr. DIN 276	Leistungsbeschreibung	Achse	Anzahl n	Einzel- länge m	Gesamt- länge m	Höhe m	Breite m	Menge	Ein- heit	Kosten je Einheit €	Gesamtkosten Basisvariante netto	Gesamtkosten Variante 1 netto	Gesamtkosten Variante 2 netto	Gesamtkosten Variante 3 netto	Gesamtkosten Variante 4 netto		
100	Baugrundstück										ohne Ansatz	Dreifachverglasung der Elementfenster	AWF (erdbertührt) nachträgliche Außendämmung	AWF (Sturz) nachträgliche Innendämmung	AWF (Brüstungen) nachträgliche Innendämmung		
200	Erschließung										ohne Ansatz						
300	Bauwerk										2.965.399 €	148.266 €	52.902 €	59.206 €	51.471 €		
310	Baugrube										ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz		
320	Gründung										ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz		
330	Außenwände	ohne außenliegende Treppenhäuser						3.530	m <sup>2</sup> AWF	416,19		1.468.998 €	148.266 €	52.902 €	59.206 €	51.471 €	
Überschlägige Mengenermittlung																	
Grundrissflächen																	
Untergeschoss											ca.	3.415	m <sup>2</sup> BGF				
Erdgeschoss											ca.	3.175	m <sup>2</sup> BGF				
Obergeschoss											ca.	3.205	m <sup>2</sup> BGF				
Schulgebäude											ca.	9.795	m <sup>2</sup> BGF				
UG	Untergeschoss	Achse															
	Außenwandfläche erdbertührt	NH-5	2	8,40	16,80	4,00		67	m <sup>2</sup> AWF								
	AWF (Nebeneingang)	NH-7	2	8,40	16,80	4,00		67	m <sup>2</sup> AWF								
	Außenwandfläche	7	1	8,40	8,40	4,00		34	m <sup>2</sup> AWF								
	Außenwandfläche	M	1	12,00	12,00	4,00		48	m <sup>2</sup> AWF								
	Außenwandfläche	9	8	8,40	67,20	4,00		269	m <sup>2</sup> AWF								
	Außenwandfläche	D	2	12,00	24,00	4,00		96	m <sup>2</sup> AWF								
	Außenwandfläche	bei 6	4	8,40	33,60	4,00		134	m <sup>2</sup> AWF								
	Außenwandfläche	6	1	8,40	8,40	4,00		34	m <sup>2</sup> AWF								
	Außenwandfläche	H/6	1	3,60	3,60	4,00		14	m <sup>2</sup> AWF								
	AWF (Nebeneingang)	J	1	8,40	8,40	4,00		34	m <sup>2</sup> AWF								
	Außenwandfläche	5	1	8,40	8,40	4,00		34	m <sup>2</sup> AWF								
	Außenwandfläche erdbertührt	H	4	8,40	33,60	4,00		134	m <sup>2</sup> AWF								
	AWF erdbertührt (Kasematte)	L-Kf1	2	5,00	10,00	4,00		40	m <sup>2</sup> AWF								
	Außenwandfläche erdbertührt	1	5	8,40	42,00	4,00		168	m <sup>2</sup> AWF								
UG	Außenwandflächen			ca.	293,20		ca.	1.173	m <sup>2</sup> AWF								


Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe Kostenschätzung Schulgebäude Variantenbetrachtung											 v. Gerken Ilg und Partner				
Stand 02.06.2010															
KG-Nr. DIN 276	Leistungsbeschreibung	Achse	Anzahl n	Einzel-		Gesamt-		Menge	Ein- heit	Kosten je Einheit €	Gesamtkosten Basisvariante netto	Gesamtkosten Variante 1 netto	Gesamtkosten Variante 2 netto	Gesamtkosten Variante 3 netto	Gesamtkosten Variante 4 netto
				länge m	länge m	Höhe m	Breite m								
<b>EG</b>	<b>Erdgeschoss</b>	Achse													
	Außenwandfläche	N	6	8,40	50,40	4,00		202	m²AWF						
	Außenwandfläche	7	1	8,40	8,40	4,00		34	m²AWF						
	Außenwandfläche	M	1	12,00	12,00	4,00		48	m²AWF						
	Außenwandfläche	9	8	8,40	67,20	4,00		269	m²AWF						
	Außenwandfläche	D	1	20,40	20,40	4,00		82	m²AWF						
	Außenwandfläche	6	5	8,40	42,00	4,00		169	m²AWF						
	Außenwandfläche	J	1	8,40	8,40	4,00		34	m²AWF						
	Außenwandfläche	5	1	8,40	8,40	4,00		34	m²AWF						
	Außenwandfläche (Haupteingang)	H/6	1	12,00	12,00	4,00		48	m²AWF						
	Außenwandfläche	H	3	8,40	25,20	4,00		101	m²AWF						
	Außenwandfläche	1	5	8,40	42,00	4,00		169	m²AWF						
<b>EG</b>	<b>Außenwandflächen</b>			ca.	<b>296,40</b>		ca.	<b>1.186</b>	<b>m²AWF</b>						
<b>OG</b>	<b>Obergeschoss</b>	Achse													
	Außenwandfläche	N	6	8,40	50,40	4,00		202	m²AWF						
	Außenwandfläche	7	1	8,40	8,40	4,00		34	m²AWF						
	Außenwandfläche	M	1	12,00	12,00	4,00		49	m²AWF						
	Außenwandfläche	9	8	8,40	67,20	4,00		269	m²AWF						
	Außenwandfläche	D	1	20,40	20,40	4,00		82	m²AWF						
	Außenwandfläche	6	5	8,40	42,00	4,00		169	m²AWF						
	Außenwandfläche	J	1	8,40	8,40	4,00		34	m²AWF						
	Außenwandfläche	5	1	8,40	8,40	4,00		34	m²AWF						
	Außenwandfläche	H	4	8,40	33,60	4,00		134	m²AWF						
	Außenwandfläche	1	5	8,40	42,00	4,00		169	m²AWF						
<b>OG</b>	<b>Außenwandflächen</b>			ca.	<b>292,00</b>		ca.	<b>1.171</b>	<b>m²AWF</b>						
	<b>Außenliegende Treppenhäuser</b>						ca.	<b>520</b>	<b>m²AWF</b>						
		Achse													
UG	Außenwandfläche		1	6,00	6,00	4,00		24	m²AWF						
EG	Außenwandfläche	M/8-9	1	17,00	17,00	4,00		69	m²AWF						
OG	Außenwandfläche	wie EG			17,00			69	m²AWF						
	<b>Summe</b>			ca.	<b>40,00</b>		ca.	<b>160</b>	<b>m²AWF</b>						
UG	Außenwandfläche	wie EG			24,00			120	m²AWF						
EG	Außenwandfläche	D/6-8	1	24,00	24,00	5,00		120	m²AWF						
OG	Außenwandfläche	wie EG			24,00			120	m²AWF						
	<b>Summe</b>			ca.	<b>72,00</b>		ca.	<b>360</b>	<b>m²AWF</b>						




Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe Kostenschätzung Schulgebäude Variantenbetrachtung										 v Gerkan Marg und Partner					
Stand 02.08.2010															
KG-Nr. DIN 276	Leistungsbeschreibung	Achse	Anzahl	Einzel- länge m	Gesamt- länge m	Höhe m	Breite m	Menge	Ein- heit	Kosten je Einheit €	Gesamtkosten Basisvariante netto	Gesamtkosten Variante 1 netto	Gesamtkosten Variante 2 netto	Gesamtkosten Variante 3 netto	Gesamtkosten Variante 4 netto
334	<b>Außentüren und -fenster</b>							ca.	1.640	m²AFF	895,65	1.468.998 €	148.266 €		
	<b>Untergeschoss</b>			150,00 m				422	m²AFF	891,28	376.541,10 €				
	Eingangsanlagen / Außentüren		1	11,30	11,30	3,05		34	m²AFF	1.000,00	34.465,00 €				
	Windfanganlagen		2	2,50	5,00	2,40		12	m²AFF	1.100,00	13.200,00 €				
	gedämmtes Paneel		1	13,80	13,80	0,95		13	m²AFF	350,00	4.598,50 €				
	Elementfassaden (raumhoch)		1	116,40	116,40	3,05		355	m²AFF	650,00	230.783,00 €				
	Außentüren TRH		1	3,50	3,50	2,25		8	m²AFF	1.000,00	7.875,00 €				
	Zulage f. motorische Öffnungsgg.							355	m²AFF	55,00	19.528,10 €				
	Demontage und Entsorgung							422	m²AFF	50,00	21.123,50 €				
	De- und Remontage angrenzender oben- und untenliegenden Innenaussbauteile							300	m²AFF	150,00	45.000,00 €				
	<b>Variante 1 Dreifachverglasung der Elementfassaden</b>							355	m²AFF	100,00		35.502,00 €			
	<b>Erdgeschoss</b>			261,60 m				668	m²AFF	892,91	596.192,23 €				
	Außentüren		1	8,50	8,50	3,05		26	m²AFF	1.000,00	25.925,00 €				
	Eingangsanlagen		1	5,70	5,70	3,05		17	m²AFF	1.000,00	17.385,00 €				
	Windfanganlagen		1	4,50	4,50	2,40		11	m²AFF	1.100,00	11.860,00 €				
	gedämmtes Paneel		1	10,20	10,20	0,95		10	m²AFF	350,00	3.391,50 €				
	Elementfassaden		1	117,60	117,60	2,15		253	m²AFF	650,00	164.346,00 €				
	Elementfassaden (raumhoch)		1	115,10	115,10	3,05		351	m²AFF	650,00	228.185,75 €				
	Zulage f. motorische Öffnungsgg.							604	m²AFF	55,00	33.214,23 €				
	Demontage und Entsorgung							668	m²AFF	50,00	33.384,75 €				
	De- und Remontage angrenzender oben- und untenliegenden Innenaussbauteile							523	m²AFF	150,00	78.480,00 €				
	<b>Variante 1 Dreifachverglasung der Elementfassaden</b>							604	m²AFF	100,00		60.389,50 €			
	<b>Obergeschoss</b>			256,20 m				550	m²AFF	902,32	496.264,70 €				
	Außentüren		1	1,00	1,00	3,05		3	m²AFF	1.000,00	3.050,00 €				
	Eingangsanlagen		2	2,90	5,80	3,05		18	m²AFF	1.000,00	17.690,00 €				
	gedämmtes Paneel		2	2,90	5,80	0,95		6	m²AFF	350,00	1.928,50 €				
	Elementfassaden		1	243,60	243,60	2,15		524	m²AFF	650,00	340.431,00 €				
	Zulage f. motorische Öffnungsgg.							524	m²AFF	55,00	28.805,70 €				
	Demontage und Entsorgung							550	m²AFF	50,00	27.499,50 €				
	De- und Remontage angrenzender Innenaussbauteile							512	m²AFF	150,00	76.860,00 €				
	<b>Variante 1 Dreifachverglasung der Elementfassaden</b>							524	m²AFF	100,00		52.374,00 €			


Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe Kostenschätzung Schulgebäude Variantenbetrachtung											 v Gerkan Marg und Partner				
Stand 02.08.2010															
KG-Nr. DIN 276	Leistungsbeschreibung	Achse	Anzahl n	Einzel- länge m	Gesamt- länge m	Höhe m	Breite m	Menge	Ein- heit	Kosten je Einheit €	Gesamtkosten Basisvariante netto	Gesamtkosten Variante 1 netto	Gesamtkosten Variante 2 netto	Gesamtkosten Variante 3 netto	Gesamtkosten Variante 4 netto
335	<b>Außenwandbekleidungsfläche einschl. TRH</b>							ca. 2.000	m²ABF				52.902 €	59.208 €	51.471 €
	<b>Untergeschoss</b>							485	m²ABF						
	vorhandene ungedämmte Stb-wände TRH							144	m²ABF						
	vorhandene gedämmte Sandwichelemente							341	m²ABF						
Variante 2	ungedämmte Stb-wände erdberührt							410	m²ABF	105 €		43.008,00 €			
	ungedämmte Stb-Frostschürzen erdberührt			116,40		1,00		116	m²ABF	85 €		9.894,00 €			
Variante 3	Sturzbekleidung				293,20	0,70		205	m²ABF	100 €			20.524,00		
Variante 4	Bristungsbekleidung					0,95			m²ABF	150 €					
	<b>Erdgeschoss</b>							706	m²ABF						
	vorhandene ungedämmte Stb-wände TRH							188	m²ABF						
	vorhandene gedämmte Sandwichelemente							518	m²ABF						
Variante 3	Sturzbekleidung				296,40	0,70		207	m²ABF	100 €			20.748,00		
Variante 4	Bristungsbekleidung				117,60	0,95		112	m²ABF	150 €					16.758,00
	<b>Obergeschoss</b>							809	m²ABF						
	vorhandene ungedämmte Stb-wände TRH							188	m²ABF						
	vorhandene gedämmte Sandwichelemente							621	m²ABF						
Variante 3	Sturzbekleidung				256,20	0,70		179	m²ABF	100 €			17.934,00		
Variante 4	Bristungsbekleidung				243,60	0,95		231	m²ABF	150 €					34.713,00
360	<b>Dächer</b>							3.235	m²DAF	298,97	967.231,80 €				
362	<b>Dachfenster</b>							490,00	m²DFF	999,57	489.790 €				
	Untergeschoss geneigte OL		5	8,40		3,60		151	m²DFF	850,00	128.520,00 €				
	Obergeschoss Shedausbildung		20	7,70		2,20		339	m²DFF	850,00	287.980,00 €				
	Shedanschlüsse		20	7,70		2,20		396,00	m	70,00	27.720,00 €				
	Demontage und Entsorgung							480	m²DFF	18,00	8.820,00 €				
	De- und Remontage angrenzender Innenaussteile							480	m²DFF	75,00	36.750,00 €				
363	<b>Dachbeläge</b>							3.205	m²DAF	125,96	403.715 €				
	Dachbeläge / WD Dachfläche							2.886	m²DAF	90,00	257.958,00 €				
	Dachbeläge / WD Sheds							339	m²DAF	75,00	25.410,00 €				
	De- Remontage Flachdacheinläufe							16,00	Stk	350,00	5.600,00 €				
	Wederherstellung Blitzschutz							1,00	pauschal	20.000,00	20.000,00 €				
	Demontage und Entsorgung Dachdichtung							3.205	m²DFF	28,00	89.740,00 €				
	Demontage und Entsorgung Attikaanschlüsse							334	m	15,00	5.007,00 €				

Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe Kostenschätzung Schulgebäude Variantenbetrachtung Stand 02.08.2010											 v Gerkan Marg und Partner				
KGr-Nr. DIN 276	Leistungsbeschreibung	Achse	Anzahl	Einzel- länge m	Gesamt- länge m	Höhe m	Breite m	Menge	Ein- heit	Kosten je Einheit €	Gesamtkosten Basisvariante netto	Gesamtkosten Variante 1 netto	Gesamtkosten Variante 2 netto	Gesamtkosten Variante 3 netto	Gesamtkosten Variante 4 netto
364	Dachbekleidungen							30	m <sup>2</sup> DAF	120,00	3.629 €				
	außenliegend über Haupteingang	E	H	1	8,40			30	m <sup>2</sup> DAF	100,00	3.024,00 €				
	Demontage und Entsorgung							30	m <sup>2</sup> DFF	20 €	604,80 €				
369	Dach; sonstiges							3.205	m <sup>2</sup> DAF	21,87	70.098 €				
	Attika- und Wandanschlüsse				333,80	1,50		500,70	m <sup>2</sup> AWF	140,00	70.098,00 €				
390	Sonstige Maßnahmen										529.169 €				
391	Baustelleneinrichtung							2.618.230	€		8,0%	209.458 €			
392	Gerüste							4.050	m <sup>2</sup> AWF	15	60.744 €				
393	Sicherungsmaßnahmen							2.618.230	€		2,0%	52.365 €			
394	Abbruchmaßnahmen; sonstige							1.640	m <sup>2</sup> AWF	15	24.602 €				
399	sonstiges							3.640	m <sup>2</sup> AWF	50,00	182.000 €				
<b>Herstellkosten netto</b>											<b>2.965.399 €</b>	<b>148.266 €</b>	<b>52.902 €</b>	<b>59.206 €</b>	<b>51.471 €</b>
Mehrwertsteuer											583.426 €	28.170 €	10.061 €	11.249 €	9.779 €
<b>Herstellkosten brutto</b>											<b>3.528.825 €</b>	<b>176.436 €</b>	<b>62.953 €</b>	<b>70.455 €</b>	<b>61.250 €</b>
Gesamtkosten (netto)											3.277.244 €				

Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe Kostenschätzung      Werkstätten      Variantenbetrachtung											 v Gerkan Marg und Partner				
Stand 02.06.2010															
KG-Nr. DIN 276	Leistungsbeschreibung	Achse	Anzahl	Einzel- länge m	Gesamt- länge m	Höhe m	Breite m	Menge	Ein- heit	Kosten je Einheit €	Gesamtkosten Basisvariante netto	Gesamtkosten Variante 1 netto	Gesamtkosten Variante 2 netto	Gesamtkosten Variante 3 netto	Gesamtkosten Variante 4 netto
100	Baugrundstück										ohne Ansatz				
200	Erschließung										ohne Ansatz				
300	Bauwerk										776.232 €	23.780 €	15.555 €	7.420 €	40.875 €
310	Baugrube										ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz
320	Gründung										ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz
330	Außenwände	ohne außenliegende Treppenhäuser						784	m²AWF	275,18	215.795 €	23.780 €	15.555 €	7.420 €	40.875 €
Überschlägige Mengenermittlung															
Werkstätten															
UG	Untergeschoss	Achse						ca.	1.160	m²BGF					
		15	8	8,40	67,20	4,40			296	m²AWF					
		10	8	8,40	67,20	4,40			296	m²AWF					
		M	2	8,40	16,80	4,40			74	m²AWF					
		D	2	8,40	16,80	4,40			74	m²AWF					
		H	2	7,50	15,00	3,00			45	m²AWF					
UG	Außenwandflächen				ca. 183,00			ca.	784	m²AWF					
EG	Außenwandflächen				ca.			ca.		m²AWF					
Außenliegende Treppenhäuser															
								ca.	120	m²AWF					
UG	Außenwandfläche	Achse													
		M/10-14	1	24,00	24,00	5,00			120	m²AWF					
	Summe				ca. 24,00			ca.	120	m²AWF					




Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe Kostenschätzung      Werkstätten      Variantenbetrachtung										 v Gerkan Marg und Partner						
Stand 02.08.2010																
KG-Nr. DIN 276	Leistungsbeschreibung	Achse	Anzahl	Einzel- länge	Gesamt- länge	Höhe	Breite	Menge	Ein- heit	Kosten je Einheit	Gesamtkosten Basisvariante netto	Gesamtkosten Variante 1 netto	Gesamtkosten Variante 2 netto	Gesamtkosten Variante 3 netto	Gesamtkosten Variante 4 netto	
			n	m	m	m	m			€						
334	<b>Außentüren und -fenster</b>							ca.	255	m <sup>2</sup> AFF	847,92	215.795 €	23.780 €			
	Untergeschoss				106,00	m			255	m <sup>2</sup> AFF	847,92	215.795,00 €				
	Eingangsanlagen		2	2,00	4,00	3,05			12	m <sup>2</sup> AFF	1.000,00	12.200,00 €				
	Elementfassaden (raumhoch)		15	7	2,50	17,50	3,05		53	m <sup>2</sup> AFF	650,00	34.665,75 €				
	Elementfassaden (raumhoch)		10	1	54,50	54,50	3,05		166	m <sup>2</sup> AFF	650,00	108.046,25 €				
	Fensterband		10	4	7,00	28,00	0,65		18	m <sup>2</sup> AFF	650,00	11.830,00 €				
	Außentüren TRH		1	2,00	2,00	2,25			5	m <sup>2</sup> AFF	1.000,00	4.500,00 €				
	Demontage und Entsorgung								255	m <sup>2</sup> AFF	50,00	12.725,00 €				
	De- und Remontage angrenzender oben- und untenliegenden Innenaussauteile								212	m <sup>2</sup> AFF	150,00	31.800,00 €				
Variante 1	<b>Dreifachverglasung der Element- und Fensterbandfassaden</b>								238	m <sup>2</sup> AFF	100,00		23.780,00 €			
335	<b>Außenwandbekleidungsfläche einschl. TRH</b>							ca.	467	m <sup>2</sup> ABF				15.555 €	7.420 €	40.875 €
	Untergeschoss								467	m <sup>2</sup> ABF						
	vorhandene ungedämmte Stb-wände TRH								120	m <sup>2</sup> ABF						
	vorhandene gedämmte Sandwichelemente								347	m <sup>2</sup> ABF						
Variante 2	<b>ungedämmte Stb-Frostschürzen erdberührt</b>				183,00		1,00		183	m <sup>2</sup> ABF	85 €		15.555,00 €			
Variante 3	<b>Sturzbekleidung</b>				106,00		0,70		74	m <sup>2</sup> ABF	100 €			7.420,00 €		
Variante 4	<b>Brüstungs- bzw. Wandbekleidung ohne TRH</b>								273	m <sup>2</sup> ABF	150 €				40.875,00 €	
360	<b>Dächer</b>								1.160	m <sup>2</sup> DAF	377,59	438.010,12 €				
362	<b>Dachfenster</b>								271,04	m <sup>2</sup> DFF	1.024,82	277.767 €				
	Obergeschoss Shedausbildung		16	7,70		2,20			271	m <sup>2</sup> DFF	850,00	230.384,00 €				
	Shedanschlüsse		16	7,70		2,20			316,80	m	70,00	22.176,00 €				
	Demontage und Entsorgung								271	m <sup>2</sup> DFF	18,00	4.878,72 €				
	De- und Remontage angrenzender Innenaussauteile								271	m <sup>2</sup> DFF	75,00	20.328,00 €				
363	<b>Dachbeläge</b>								1.160	m <sup>2</sup> DAF	122,68	142.309 €				
	Dachbeläge / WD Dachfläche								889	m <sup>2</sup> DAF	90,00	80.006,40 €				
	Dachbeläge / WD Sheds								271	m <sup>2</sup> DAF	75,00	20.328,00 €				
	De- Remontage Flachdacheinläufe								5,00	Stk	350,00	1.750,00 €				
	Wederherstellung Blitzschutz								1,00	pauschal	5.000,00	5.000,00 €				
	Demontage und Entsorgung Dachdichtung								1.160	m <sup>2</sup> DFF	28,00	32.480,00 €				
	Demontage und Entsorgung Attikaanschlüsse								183	m	15,00	2.745,00 €				
364	<b>Dachbekleidungen</b>									m <sup>2</sup> DAF						

Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe Kostenschätzung      Werkstätten      Variantenbetrachtung											 v Gerkan Marg und Partner				
Stand 02.08.2010															
KG-Nr. DIN 276	Leistungsbeschreibung	Achse	Anzahl	Einzel- länge	Gesamt- länge	Höhe	Breite	Menge	Ein- heit	Kosten je Einheit	Gesamtkosten Basisvariante netto	Gesamtkosten Variante 1 netto	Gesamtkosten Variante 2 netto	Gesamtkosten Variante 3 netto	Gesamtkosten Variante 4 netto
			n	m	m	m	m			€					
369	Dach; sonstiges							1.160	m <sup>2</sup> DAF	15,46	17.934 €				
	Attika- und Wandanschlüsse			183,00	0,70			128,10	m	140,00	17.934,00 €				
390	Sonstige Maßnahmen										122.427 €				
391	Baustelleneinrichtung							689.865 €		8,0%	55.189 €				
392	Gerüste							904	m <sup>2</sup> AWF	15	13.563 €				
393	Sicherungsmaßnahmen							689.865 €		2,0%	13.797 €				
394	Abbruchmaßnahmen; sonstige							255	m <sup>2</sup> AWF	15	3.818 €				
399	sonstiges							721	m <sup>2</sup> AWF	50,00	36.060 €				
	<b>Herstellkosten netto</b>							1.160	m <sup>2</sup> BGF	669,17	776.232 €	23.780 €	15.555 €	7.420 €	40.875 €
	Mehrwertsteuer							19,0%			147.484 €	4.518 €	2.955 €	1.410 €	7.766 €
	<b>Herstellkosten brutto</b>										923.716 €	28.298 €	18.510 €	8.830 €	48.641 €
	Gesamtkosten (netto)										863.862 €				

Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe											<b>gmp</b>					
Kostenschätzung Sporthalle Variantenbetrachtung											v Gerkan Marg und Partner					
Stand 02.06.2010																
KG-Nr. DIN 276	Leistungsbeschreibung	Achse	Anzahl n	Einzel- länge m	Gesamt- länge m	Höhe m	Breite m	Menge	Ein- heit	Kosten je Einheit €	Gesamtkosten Basisvariante netto	Gesamtkosten Variante 1 netto	Gesamtkosten Variante 2 netto	Gesamtkosten Variante 3 netto	Gesamtkosten Variante 4 netto	Gesamtkosten Variante 5 netto
100	Baugrundstück										ohne Ansatz	Dreifachver- glasung der Element- fenster	AWF (erdberührt) nachträgliche Außendäm- mung	AWF (Sturz) nachträgliche Innendäm- mung	AWF (Brüstungen) nachträgliche Innendäm- mung	Bodenfläche (Spielhall) nachträgliche Porendäm- mung
200	Erschließung										ohne Ansatz					
300	Bauwerk										475.854 €	20.995 €	105.290 €	6.993 €	30.411 €	154.000 €
310	Baugrube										ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz
320	Gründung										ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz	ohne Ansatz
330	Außenwände							832	m²AWF	220,86	183.835 €	20.995 €	28.430 €	6.993 €	30.411 €	154.000 €
überschlägige Mengenermittlung																
	Geräte							145	m²BGF							
	Umkleiden							282	m²BGF							
	Spielfeld							625	m²BGF							
KG	Sporthalle (Bodenplatte)						ca.	1.052	m²BGF							
UG	Galerie						ca.	108	m²BGF							
KG	Kellergeschoss	Achse														
		O	1	37,20	37,20	2,80		104	m²AWF							
		M	1	29,50	29,50	2,80		83	m²AWF							
		8+16	1	30,00	30,00	2,80		84	m²AWF							
KG	Außenwandflächen				ca.		ca.	271	m²AWF							
UG	Untergeschoss															
		O	4	8,40	33,60	5,20		175	m²AWF							
		N/M	4	8,40	33,60	5,20		175	m²AWF							
		8	1	18,60	18,60	5,20		97	m²AWF							
		16	1	22,20	22,20	5,20		115	m²AWF							
UG	Untergeschoss				ca.		ca.	562	m²AWF							

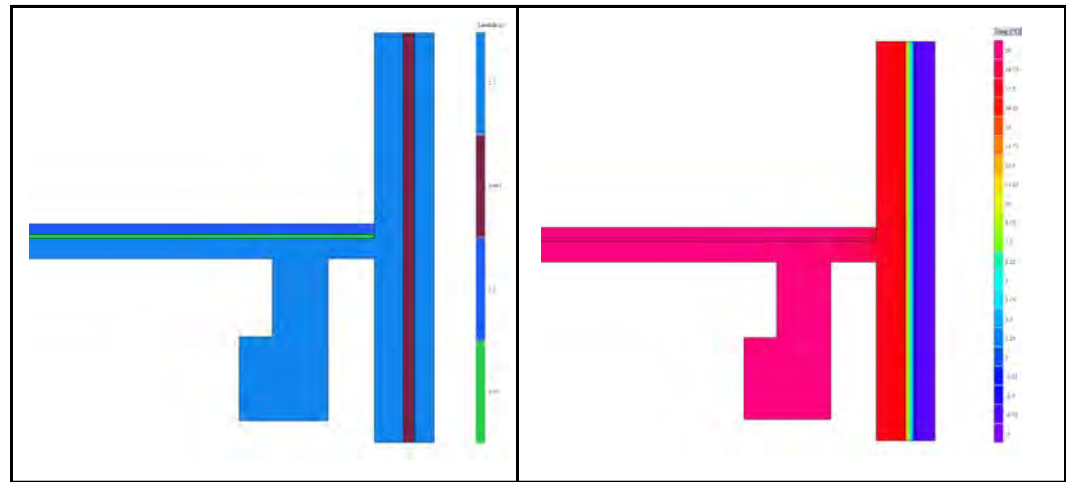
Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe											<b>gmp</b> v Gerkan Marg und Partner					
Kostenschätzung Sporthalle Variantenbetrachtung																
Stand 02.06.2010																
KG-Nr. DIN 276	Leistungsbeschreibung	Achse	Anzahl	Einzel- länge	Gesamt- länge	Höhe	Breite	Menge	Ein- heit	Kosten je Einheit	Gesamtkosten Basisvariante netto	Gesamtkosten Variante 1 netto	Gesamtkosten Variante 2 netto	Gesamtkosten Variante 3 netto	Gesamtkosten Variante 4 netto	Gesamtkosten Variante 5 netto
334	<b>Außertüren und -fenster</b>							ca.	216	m <sup>2</sup> AFF	851,29	183.835 €	20.995 €			
	Untergeschoss				99,90			m	216	m <sup>2</sup> AFF	851,29	183.835,00 €				
	Fensterband	16	1	19,20	19,20	0,65			12	m <sup>2</sup> AFF	650,00	8.112,00 €				
	Fensterband	8	1	17,10	17,10	0,65			11	m <sup>2</sup> AFF	650,00	7.224,75 €				
	Elementfassaden (raumhoch)	O	4	8,40	33,60	3,05			102	m <sup>2</sup> AFF	650,00	66.612,00 €				
	Elementfassaden (raumhoch)	N	2	11,50	23,00	3,05			70	m <sup>2</sup> AFF	650,00	45.597,50 €				
	Windfanganlagen	N	1	2,50	2,50	2,40			6	m <sup>2</sup> AFF	1.100,00	6.600,00 €				
	Elementfassaden (raumhoch)	8+16	3	1,50	4,50	3,05			14	m <sup>2</sup> AFF	650,00	8.921,25 €				
	Demontage und Entsorgung								216	m <sup>2</sup> AFF	50,00	10.797,50 €				
	De- und Remontage angrenzender oben- und untenliegenden Innenausbaueteile								200	m <sup>2</sup> AFF	150,00	29.970,00 €				
Variante 1	Dreifachverglasung der Elementfassaden								210	m <sup>2</sup> AFF	100,00		20.995,00 €			
335	<b>Außenwandbekleidungsflächen</b>							ca.	616	m <sup>2</sup> ABF			28.430 €	6.993 €	30.411 €	154.000 €
	Untergeschoss								616	m <sup>2</sup> ABF						
	vorhandene ungedämmte Stb-wände								271	m <sup>2</sup> ABF						
	vorhandene gedämmte Sandwichelemente								346	m <sup>2</sup> ABF						
Variante 2	ungedämmte Stb-wände erdberührt								271	m <sup>2</sup> ABF	105 €		28.429,00 €			
Variante 3	Sturzbekleidung			99,90		0,70			70	m <sup>2</sup> ABF	100 €			6.993,00 €		
Variante 4	Wand- bzw. Brüstungsbekleidung			66,47		3,05			203	m <sup>2</sup> ABF	150 €				30.410,33 €	
Variante 5	Heizlaufbau Sportbodenfläche								770	m <sup>2</sup> ABF	200 €					154.000,00 €
	Demontage und Entsorgung															
	Abdichtung / Dämmung															
360	<b>Dächer</b>								606	m <sup>2</sup> DAF	318,04	192.846,00 €		76.860 €		
362	<b>Dachfenster</b>								102	m <sup>2</sup> DF	1.024,82	104.163 €				
	Obergeschoss Shedausbildung	6		7,70		2,20			102	m <sup>2</sup> DF	850,00	86.394,00 €				
	Shedanschüsse	6		7,70		2,20			118,80	m	70,00	8.316,00 €				
	Demontage und Entsorgung								102	m <sup>2</sup> DF	18,00	1.829,52 €				
	De- und Remontage angrenzender Innenausbaueteile								102	m <sup>2</sup> DF	75,00	7.623,00 €				
363	<b>Dachbeläge</b>								606	m <sup>2</sup> DAF	128,80	78.099 €				
	Dachbeläge / WD Dachfläche								523	m <sup>2</sup> DAF	90,00	47.102,40 €				
	Dachbeläge / WD Sheds								102	m <sup>2</sup> DAF	75,00	7.623,00 €				
	De- Remontage Flachdacheinläufe								6,00	Stk	350,00	2.100,00 €				
	Wiederherstellung Blitzschutz								1,00	pauschal	5.000,00	5.000,00 €				
	Demontage und Entsorgung Dachdichtung								523	m <sup>2</sup> DAF	28,00	14.654,08 €				
	Demontage und Entsorgung Attikaanschüsse								108	m	15,00	1.620,00 €				
Variante 2	Dachbeläge und Begrünung / Geräte und Umkleiden								427	m <sup>2</sup> DAF	125,00		53.375,00 €			
Variante 2	Demontage und Entsorgung erdberührte Dachdichtung								427	m <sup>2</sup> DAF	65,00		23.485,00 €			
364	<b>Dachbekleidungen</b>									m <sup>2</sup> DAF						



Modernisierung Berufl. Schule am Schanzenberg 2a; Bad Oldesloe Kostenschätzung Sporthalle Variantenbetrachtung											 v Gerkan Marg und Partner					
Stand 02.06.2010																
KGr-Nr. DIN 276	Leistungsbeschreibung	Achse	Anzahl	Einzel- länge	Gesamtl- länge	Höhe	Breite	Menge	Ein- heit	Kosten je Einheit	Gesamtkosten Basisvariante netto	Gesamtkosten Variante 1 netto	Gesamtkosten Variante 2 netto	Gesamtkosten Variante 3 netto	Gesamtkosten Variante 4 netto	Gesamtkosten Variante 5 netto
369	Dach; sonstiges							606	m <sup>2</sup> DAF	17,45	10.584 €					
	Attika- und Wandanschlüsse			109,00		0,70		75,60	m <sup>2</sup> AWF	140,00	10.584,00 €					
390	Sonstige Maßnahmen										99.173 €					
391	Baustelleneinrichtung							418.299 €		8,0%	33.464 €					
392	Gerüste							832	m <sup>2</sup> AWF	15	12.485 €					
393	Sicherungsmaßnahmen							418.299 €		2,0%	8.366 €					
394	Abbruchmaßnahmen; sonstige							216	m <sup>2</sup> AWF	15	3.239 €					
399	sonstiges							832	m <sup>2</sup> AWF	50,00	41.618 €					
	<b>Herstellkosten netto</b>							1.052	m <sup>2</sup> BGF	452,33	475.854 €	20.995 €	105.290 €	6.993 €	30.411 €	154.000 €
	Mehrwertsteuer							19,0%			90.412 €	3.969 €	20.006 €	1.329 €	5.776 €	29.260 €
	<b>Herstellkosten brutto</b>										566.266 €	24.964 €	125.295 €	8.322 €	36.189 €	183.260 €
Gesamtkosten (netto)																793.542 €

**10.3 Berechnung Wärmebrückenverlustkoeffizient**

Bestimmung des linearen Wärmebrückenverlustkoeffizienten				
Projekt: Bad Oldesloe		Datum: 27.04.2010		
Anschlussdetail: Detail #1		Bearbeiter: Bx		
Temperaturen:				
Innentemperatur	$\vartheta_i$	[°C]	20	
Außentemperatur	$\vartheta_a$	[°C]	-5	
Bodentemperatur	$\vartheta_a$	[°C]	10	
Ungestörte Wärmeverluste:	1	2	3	4 = 1 · 2 · 3
Bauteile:	<b>U-Wert</b> [W/(m²K)]	<b>Länge</b> [m]	<b><math>\Delta\vartheta</math></b> [K]	<b>q</b> [W/m]
Wand gegen Außenluft 1	0,730	2,00	25	36,520
Dach	0,000	0,00	25	0,000
Wand gegen Außenluft 2	0,000	0,00	25	0,000
Boden	0,000	0,00	10	0,000
Summe:				<b>36,520</b>
Reale Wärmeverluste:				
Simulierter Wärmestrom	(Berechnet mit Heat2 7.0)		<b>q</b>	[W/m]
				36,645
<b>Wärmebrückenverlustkoeffizient <math>\Psi_a</math> 0,005 W/(mK)</b>				



**Bestimmung des linearen Wärmebrückenverlustkoeffizienten**

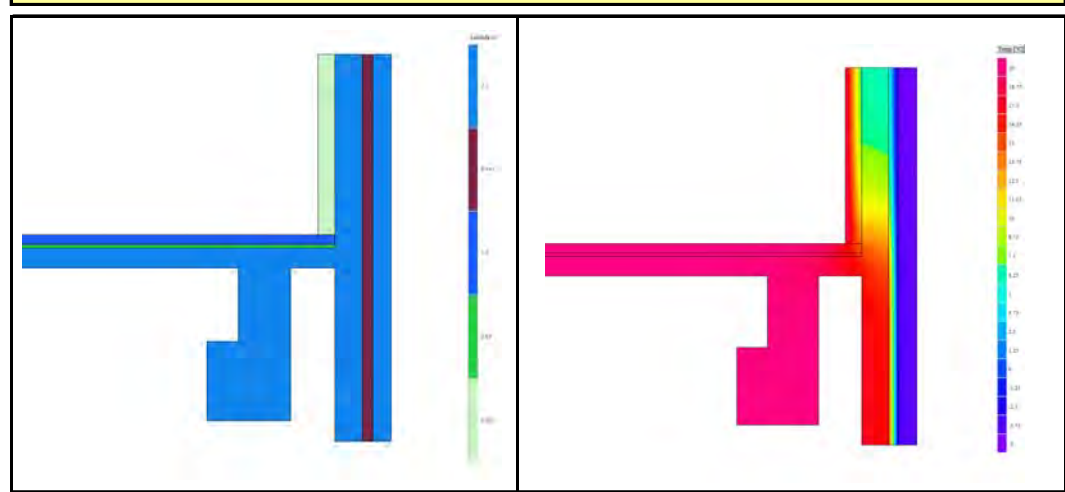
Projekt:	Bad Oldesloe	Datum:	27.04.2010
Anschlussdetail:	Detail #2	Bearbeiter:	Bx

<b>Temperaturen:</b>			
Innentemperatur	$\vartheta_i$	[°C]	20
Außentemperatur	$\vartheta_a$	[°C]	-5
Bodentemperatur	$\vartheta_a$	[°C]	10

<b>Ungestörte Wärmeverluste:</b>	1	2	3	4 = 1 · 2 · 3
<b>Bauteile:</b>	<b>U-Wert</b> [W/(m²K)]	<b>Länge</b> [m]	<b>Δθ</b> [K]	<b>q</b> [W/m]
Wand gegen Außenluft 1	0,253	0,93	25	5,905
Dach	0,000	0,00	25	0,000
Wand gegen Außenluft 2	0,730	1,07	25	19,483
Boden	0,000	0,00	10	0,000
<b>Summe:</b>				<b>25,389</b>

<b>Reale Wärmeverluste:</b>			
Simulierter Wärmestrom	(Berechnet mit Heat2 7.0)	<b>q</b>	[W/m]
			29,253

**Wärmebrückenverlustkoeffizient  $\Psi_a$  0,155 W/(mK)**



**Bestimmung des linearen Wärmebrückenverlustkoeffizienten**

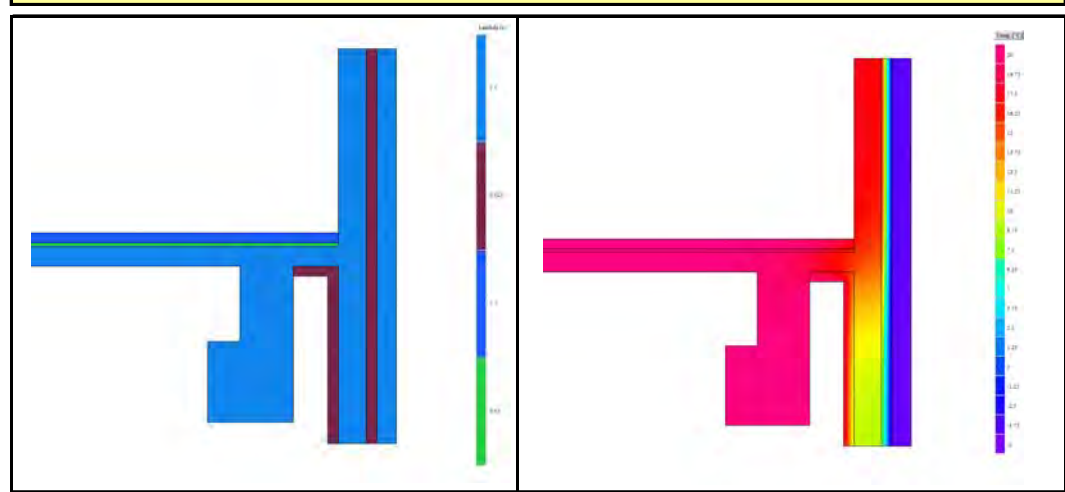
Projekt:	Bad Oldesloe	Datum:	27.04.2010
Anschlussdetail:	Detail #3	Bearbeiter:	Bx

<b>Temperaturen:</b>			
Innentemperatur	$\vartheta_i$	[°C]	20
Außentemperatur	$\vartheta_a$	[°C]	-5
Bodentemperatur	$\vartheta_a$	[°C]	10

<b>Ungestörte Wärmeverluste:</b>	1	2	3	4 = 1 · 2 · 3
<b>Bauteile:</b>	<b>U-Wert</b> [W/(m²K)]	<b>Länge</b> [m]	<b>Δθ</b> [K]	<b>q</b> [W/m]
Wand gegen Außenluft 1	0.730	0.93	25	17.037
Dach	0.000	0.00	25	0.000
Wand gegen Außenluft 2	0.403	1.07	25	10.755
Boden	0.000	0.00	10	0.000
<b>Summe:</b>				<b>27.792</b>

<b>Reale Wärmeverluste:</b>			
Simulierter Wärmestrom	(Berechnet mit Heat2 7.0)	<b>q</b>	[W/m]
			31.204

**Wärmebrückenverlustkoeffizient  $\Psi_a$  0.136 W/(mK)**



**Bestimmung des linearen Wärmebrückenverlustkoeffizienten**

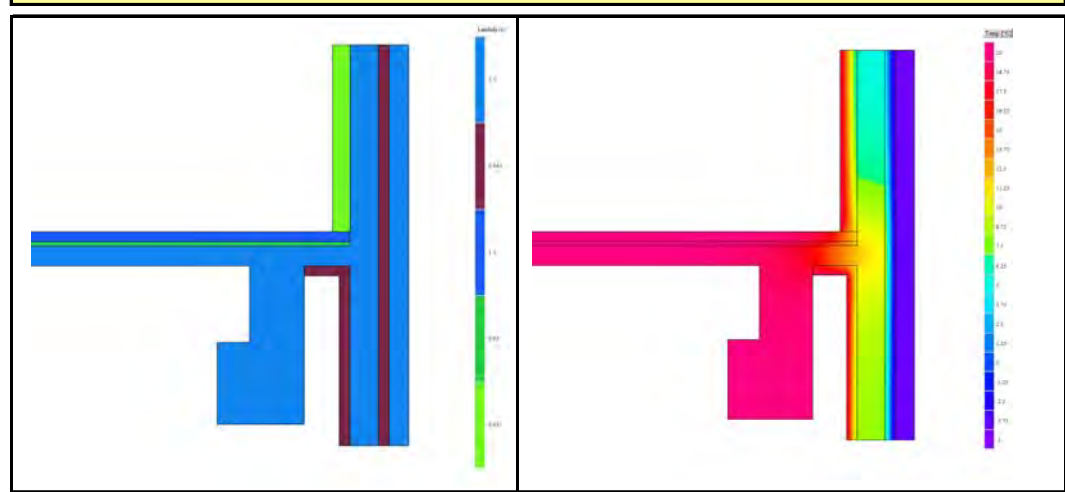
Projekt:	Bad Oldesloe	Datum:	27.04.2010
Anschlussdetail:	Detail #4	Bearbeiter:	Bx

<b>Temperaturen:</b>			
Innentemperatur	$\vartheta_i$	[°C]	20
Außentemperatur	$\vartheta_a$	[°C]	-5
Bodentemperatur	$\vartheta_a$	[°C]	10

<b>Ungestörte Wärmeverluste:</b>	1	2	3	4 = 1 · 2 · 3
<b>Bauteile:</b>	<b>U-Wert</b> [W/(m²K)]	<b>Länge</b> [m]	<b>Δθ</b> [K]	<b>q</b> [W/m]
Wand gegen Außenluft 1	0,253	0,93	25	5,905
Dach	0,000	0,00	25	0,000
Wand gegen Außenluft 2	0,000	0,00	25	0,000
Wand gegen Außenluft 3	0,403	1,07	25	10,755
			<b>Summe:</b>	<b>16,661</b>

<b>Reale Wärmeverluste:</b>			
Simulierter Wärmestrom	(Berechnet mit Heat2 7.0)	<b>q</b>	[W/m]
			21,576

**Wärmebrückenverlustkoeffizient  $\Psi_a$  0,197 W/(mK)**



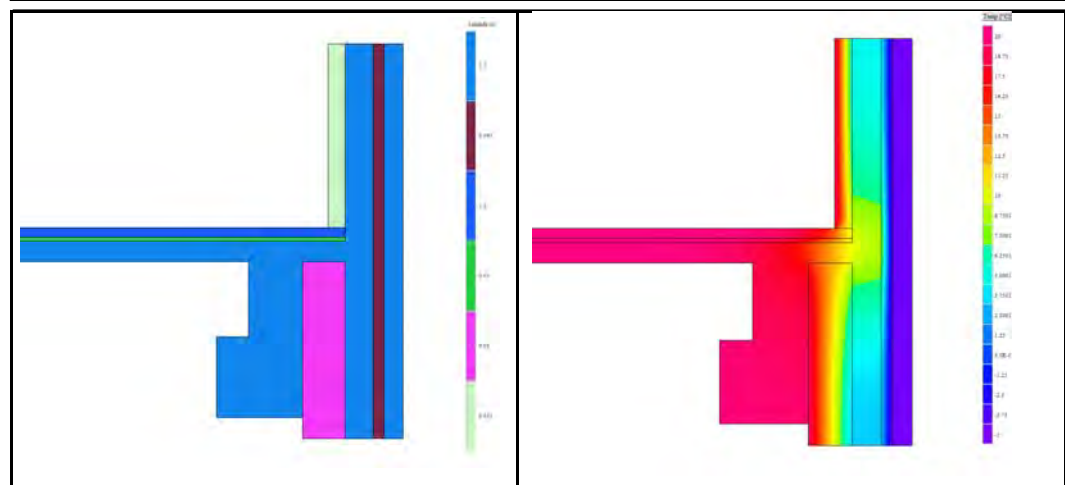
<b>Bestimmung des linearen Wärmebrückenverlustkoeffizienten</b>			
Projekt:	Bad Oldesloe	Datum:	27.04.2010
Anschlussdetail:	Detail #5	Bearbeiter:	Bx

Temperaturen:			
Innentemperatur	$\vartheta_i$	[°C]	20
Außentemperatur	$\vartheta_a$	[°C]	-5
Bodentemperatur	$\vartheta_a$	[°C]	10

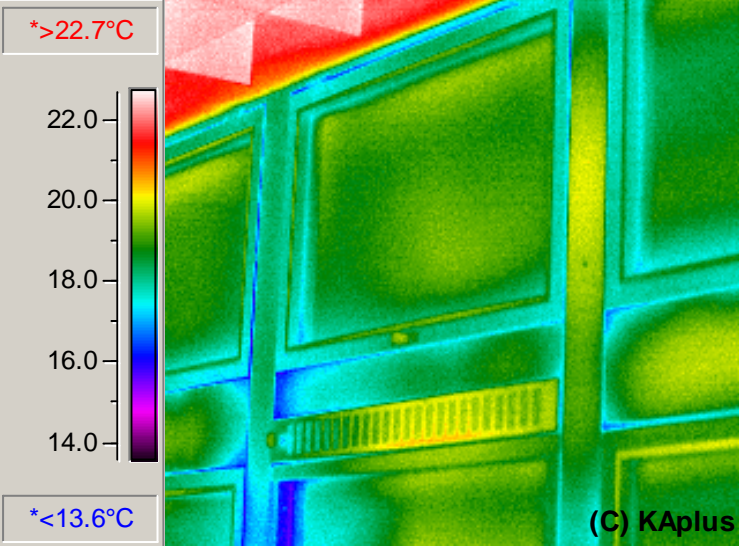
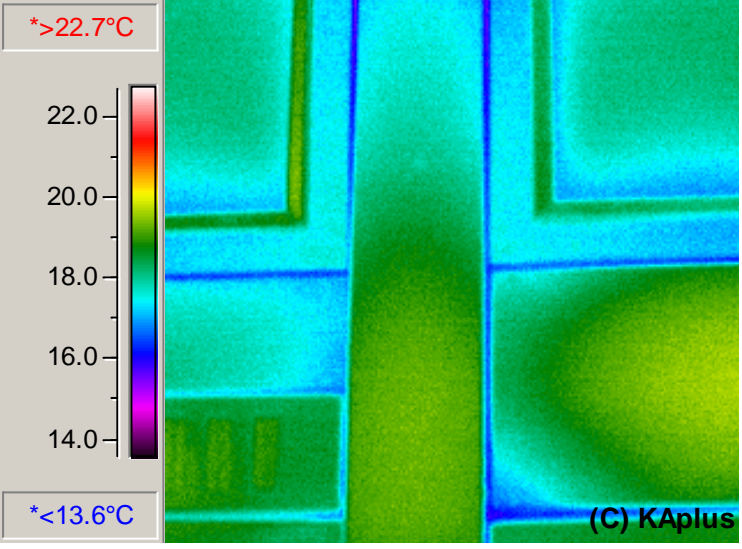
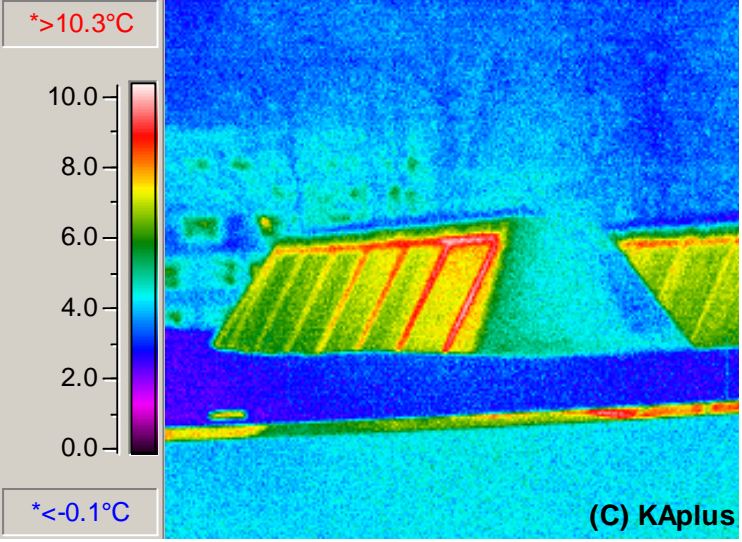
Ungestörte Wärmeverluste:	1	2	3	4 = 1 · 2 · 3
Bauteile:	<b>U-Wert</b> [W/(m²K)]	<b>Länge</b> [m]	<b><math>\Delta\vartheta</math></b> [K]	<b>q</b> [W/m]
Wand gegen Außenluft 1	0,253	0,93	25	5,905
Dach	0,000	0,00	25	0,000
Wand gegen Außenluft 2	0,000	0,00	25	0,000
Boden	0,157	1,07	25	4,188
Summe:				<b>10,094</b>

Reale Wärmeverluste:			
Simulierter Wärmestrom	(Berechnet mit Heat2 7.0)	<b>q</b>	[W/m]
			17,750

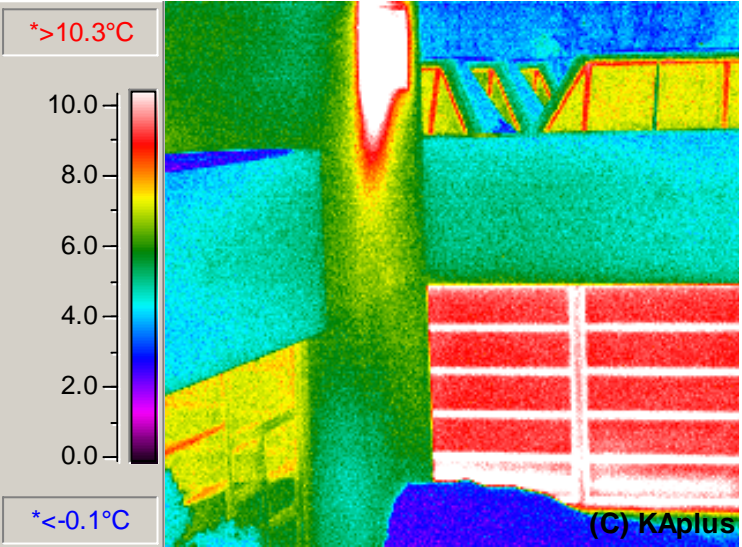
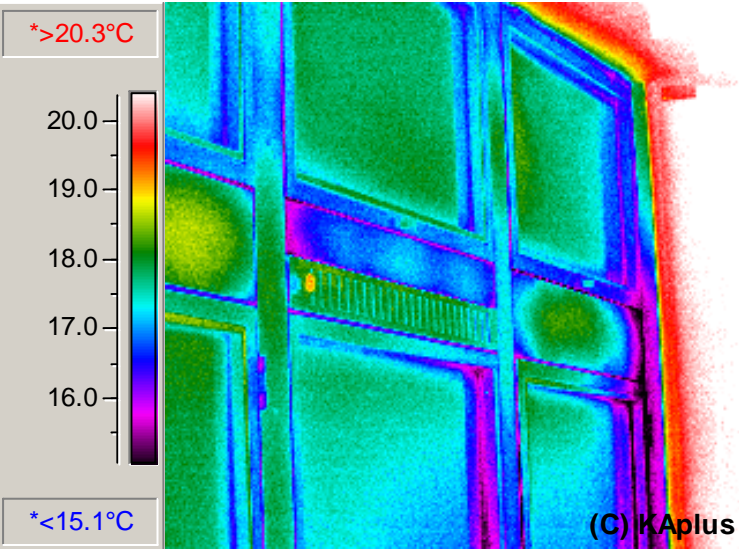
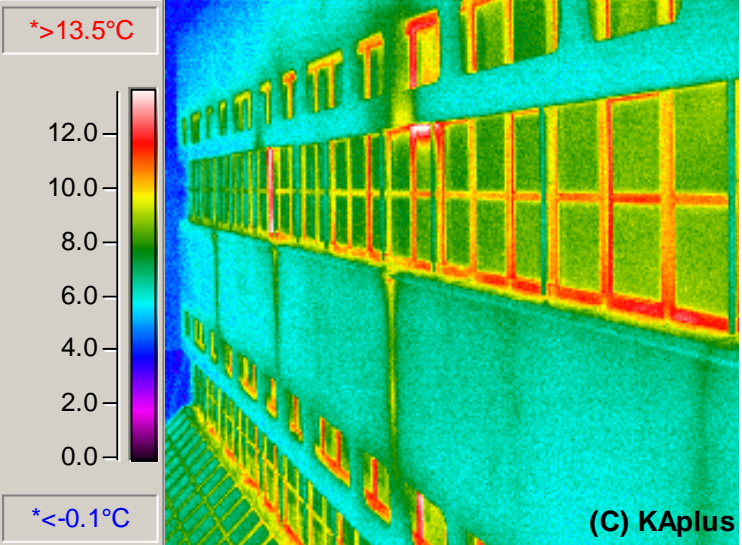
<b>Wärmebrückenverlustkoeffizient</b>	
$\Psi_a$	<b>0,306 W/(mK)</b>

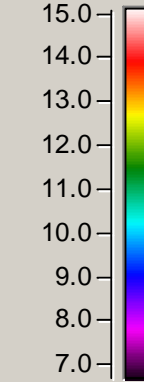
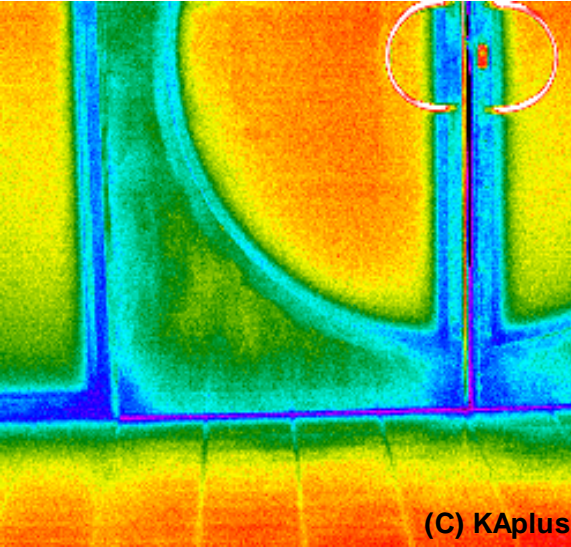
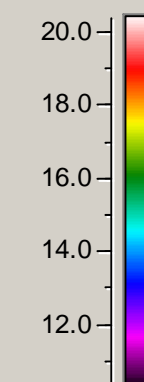
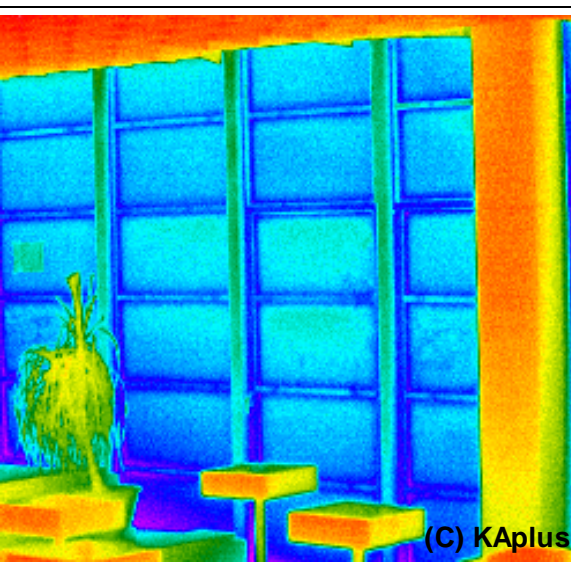
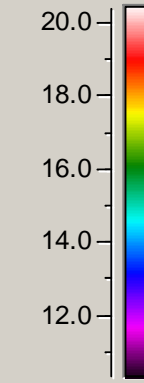
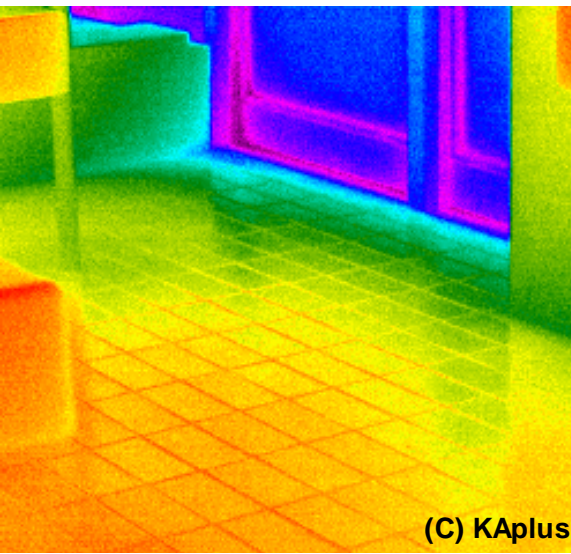


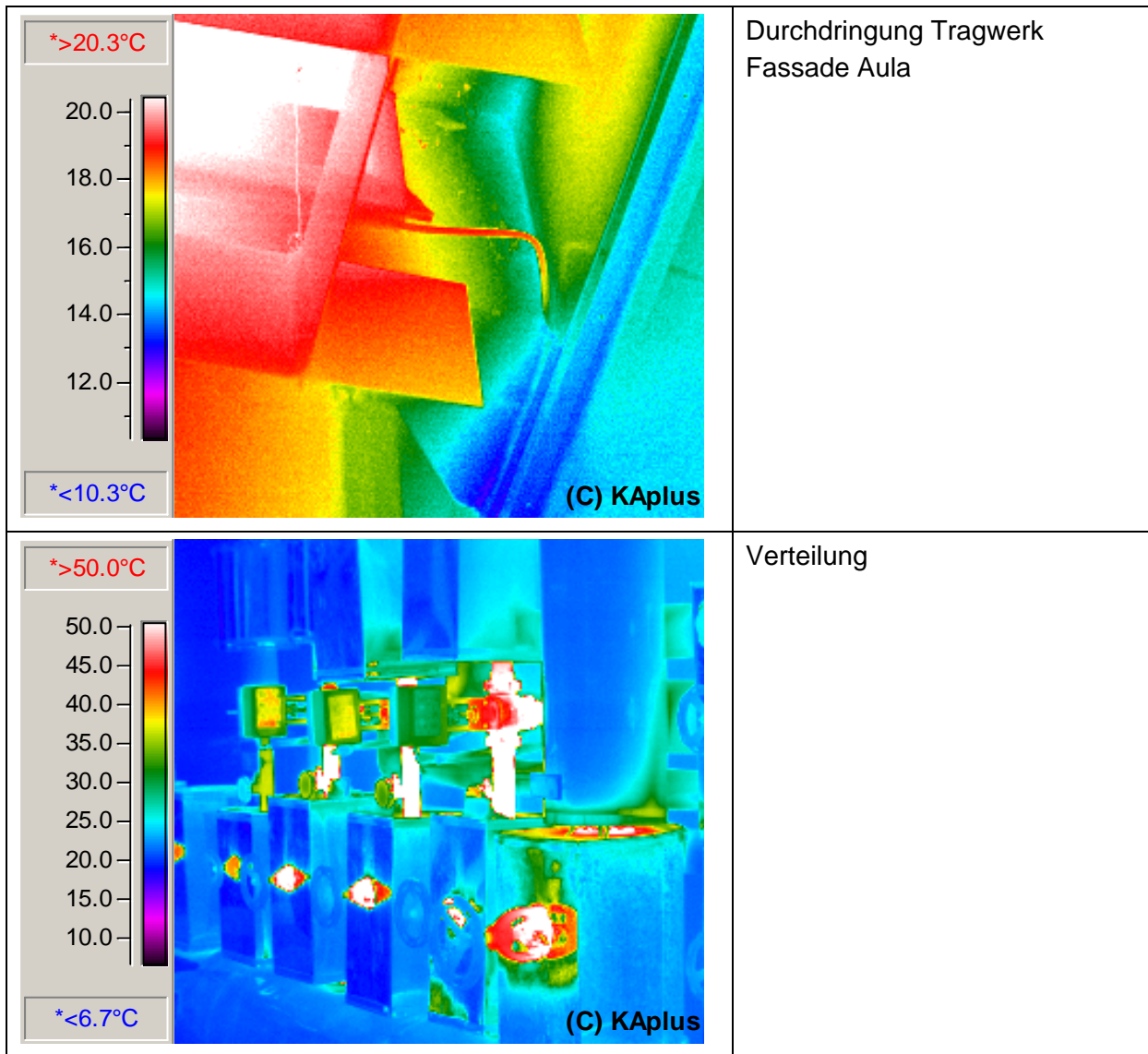
10.4 Thermografie – Bestandaufnahme Gebäudehülle

 <p>*&gt;22.7°C</p> <p>22.0 20.0 18.0 16.0 14.0</p> <p>*&lt;13.6°C</p> <p>(C) KAplus</p>	<p>Fassade Oberlicht</p>
 <p>*&gt;22.7°C</p> <p>22.0 20.0 18.0 16.0 14.0</p> <p>*&lt;13.6°C</p> <p>(C) KAplus</p>	<p>Fassade Detail</p>
 <p>*&gt;10.3°C</p> <p>10.0 8.0 6.0 4.0 2.0 0.0</p> <p>*&lt;-0.1°C</p> <p>(C) KAplus</p>	<p>Lichtkuppel Dach</p>



 <p>*&gt;10.3°C</p> <p>10.0 8.0 6.0 4.0 2.0 0.0</p> <p>*&lt;-0.1°C</p> <p>(C) KApplus</p>	<p>Fassade Spothalle (links Werkstattgebäude)</p>
 <p>*&gt;20.3°C</p> <p>20.0 19.0 18.0 17.0 16.0</p> <p>*&lt;15.1°C</p> <p>(C) KApplus</p>	<p>Fassade Innenaufnahme Aula</p>
 <p>*&gt;13.5°C</p> <p>12.0 10.0 8.0 6.0 4.0 2.0 0.0</p> <p>*&lt;-0.1°C</p> <p>(C) KApplus</p>	<p>Fassade gesamt</p>

<p>*&gt;15.1°C</p>  <p>*&lt;6.7°C</p>	 <p>(C) KAplus</p>	<p>Eingangstür</p>
<p>*&gt;20.3°C</p>  <p>*&lt;10.3°C</p>	 <p>(C) KAplus</p>	<p>Fassade Aula</p>
<p>*&gt;20.3°C</p>  <p>*&lt;10.3°C</p>	 <p>(C) KAplus</p>	<p>Fußpunkt PR-Fassade Aula</p>





### 10.5 Ermittlung des $U_{cw}$ Wertes der Fassade

**SCHÜCO**

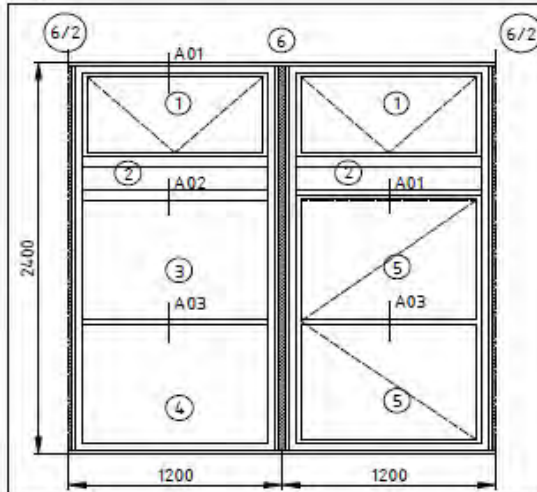
SCHÜCO International KG  
 Karolinenstraße 1-15 - 33609 Bielefeld  
 Telefon (0521) 783 7066  
 Telefax (0521) 783 9072

Seite 1

**Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_{cw}$  nach EN 13947:2007-07 und EN 10077-2:2008**

BV: BBS Bad Oldesloh  
 Element: Bestand

System:  
 Stahl



Elementbreite: 2,40 m  
 Elementhöhe: 2,40 m  
 Gesamtfläche Element:  $A_{ges} = 5,76 \text{ m}^2$

**Rahmen:**

Fläche Rahmen:  $A_f = 1,44 \text{ m}^2$   
 $\varnothing-U_f$ -Wert Rahmen:  $U_f = 5,18 \text{ W/m}^2\text{K}$

**Verglasung:**

Fläche Verglasung:  $A_g = 3,76 \text{ m}^2$   
 $\varnothing-U_g$ -Wert Verglasung:  $U_g = 3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Länge Randverbund:  $L_g = 19,49 \text{ m}$   
 $\varnothing-\Psi_g$ -Wert:  $\Psi_g = 0,10 \text{ W/mK}$

**Paneel:**

Fläche Paneel:  $A_p = 0,56 \text{ m}^2$   
 $\varnothing-U_p$ -Wert Paneel:  $U_p = 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 Länge Randverbund:  $L_p = 14,53 \text{ m}$   
 $\varnothing-\Psi_p$ -Wert:  $\Psi_p = 0,20 \text{ W/mK}$

**Einsatzelement:**

Länge Randverbund  $L =$   
 $\varnothing-\Psi_{m,l} \varnothing-\Psi_{l,j}$ -Wert  $\Psi =$

$$U_{cw} = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + A_p \cdot U_p + l_{ges} \cdot \Psi_{ges}}{A_{ges}}$$

$U_{cw} = 4,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bielefeld, den 10.03.2010

Bearbeitung:  
 Technik Ing. Fassaden D-Nord  
 Lydia Hertrampf

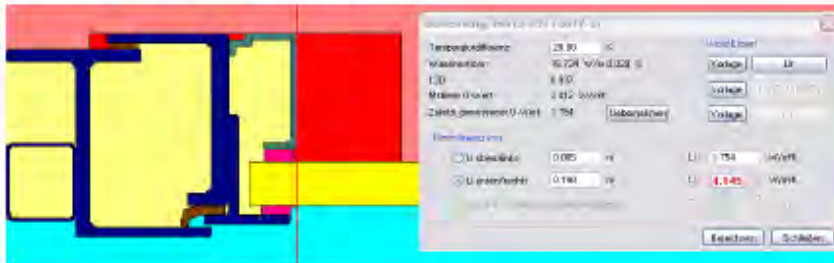


SCHÜCO International KG  
 Karolinenstraße 1-15 - 33609 Bielefeld  
 Telefon (0521) 783 7066  
 Telefax (0521) 783 9072

BV: BBS Bad Oldesloh

**Uf-Wert Berechnungen nach DIN EN ISO 10077-2**

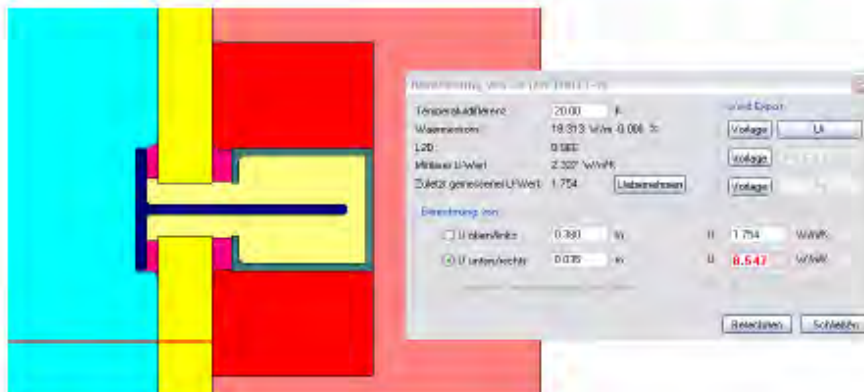
A01



A02



A03



Unter Beachtung der Dämmung im Stoßbereich wurde ein  $U_{cw}$  Wert von  $4,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  bei der Bilanzierung angesetzt.

## 10.6 Flächendokumentation

### Zonierung

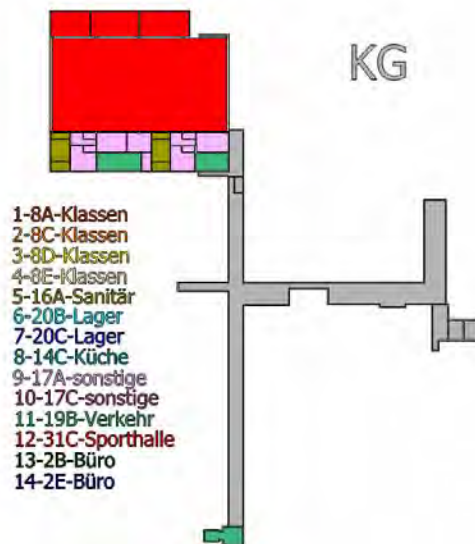


Abbildung 67: KG: Zonierung nach DIN 18599

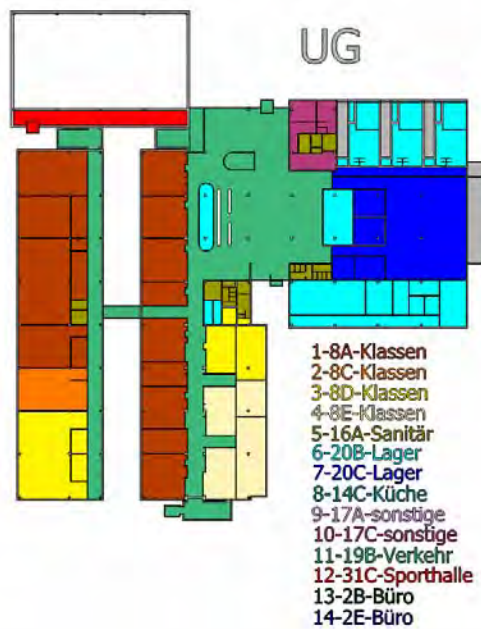


Abbildung 68: UG: Zonierung nach DIN 18599

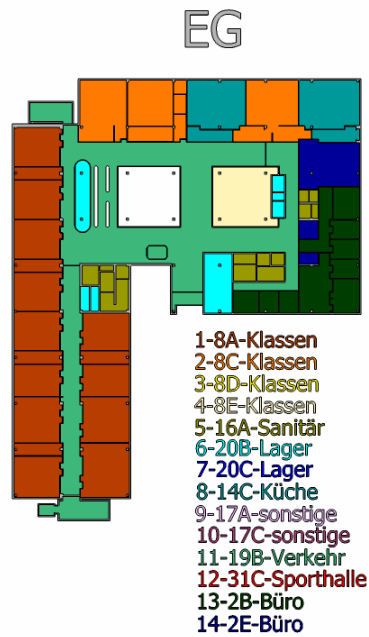


Abbildung 69:EG Zonierung nach DIN 18599

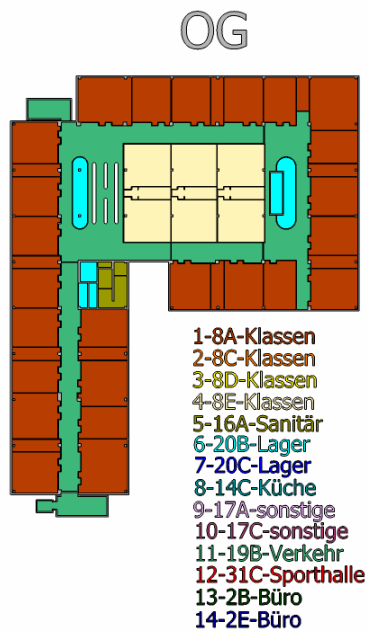


Abbildung 70: OG: Zonierung nach DIN 18599



Dokumentation der thermischen Hüllflächen

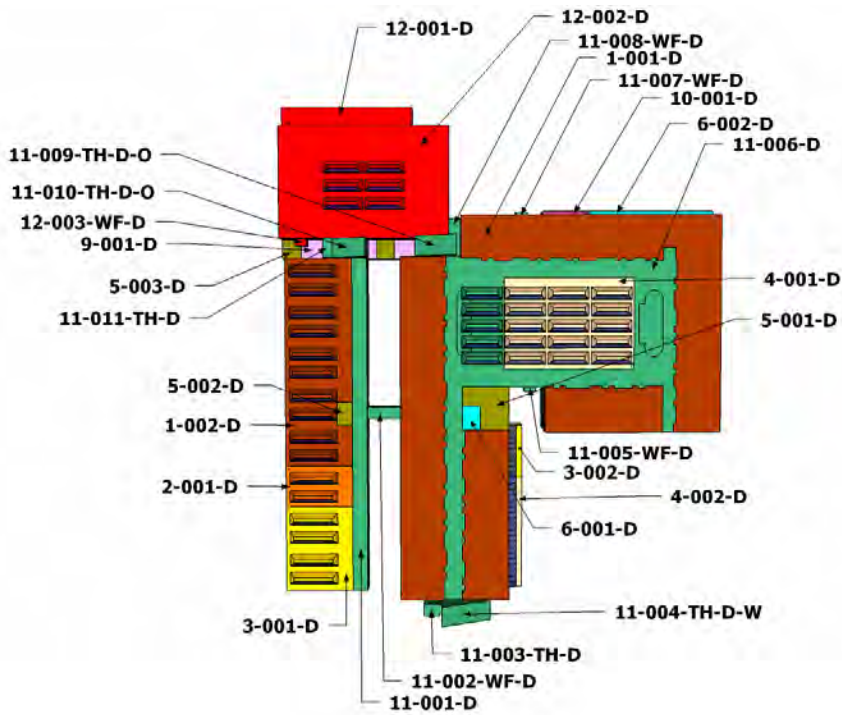


Abbildung 71: Hüllflächendokumentation 1

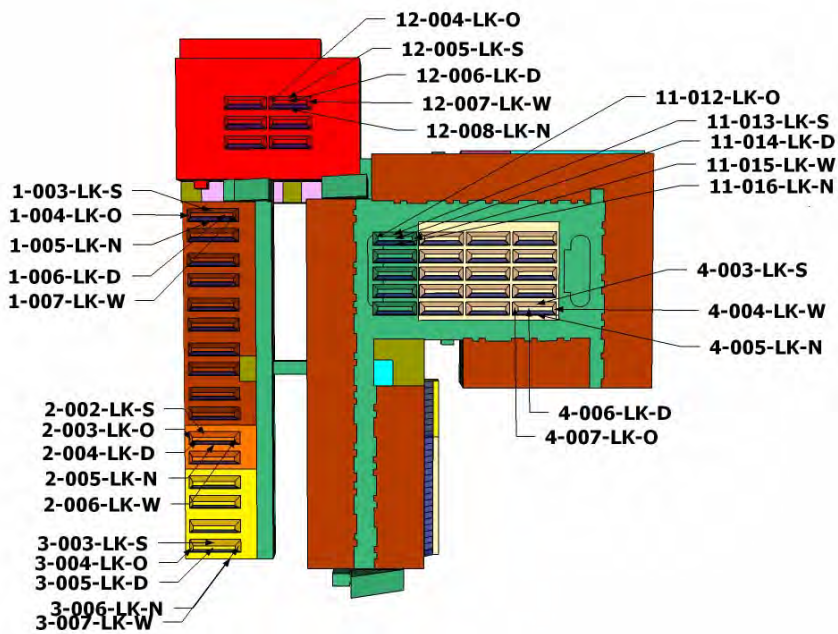


Abbildung 72: Hüllflächendokumentation 2

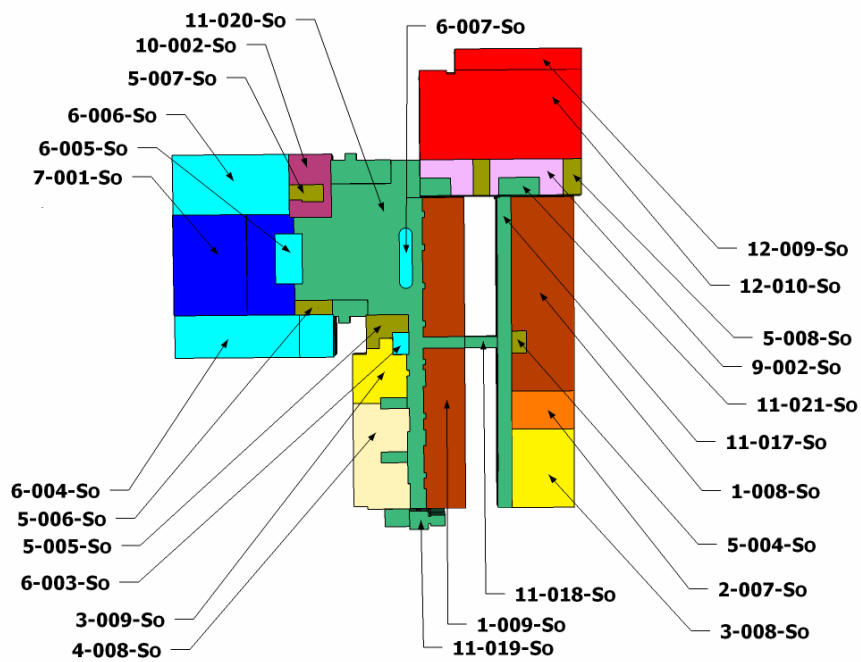


Abbildung 73: Hüllflächendokumentation 3

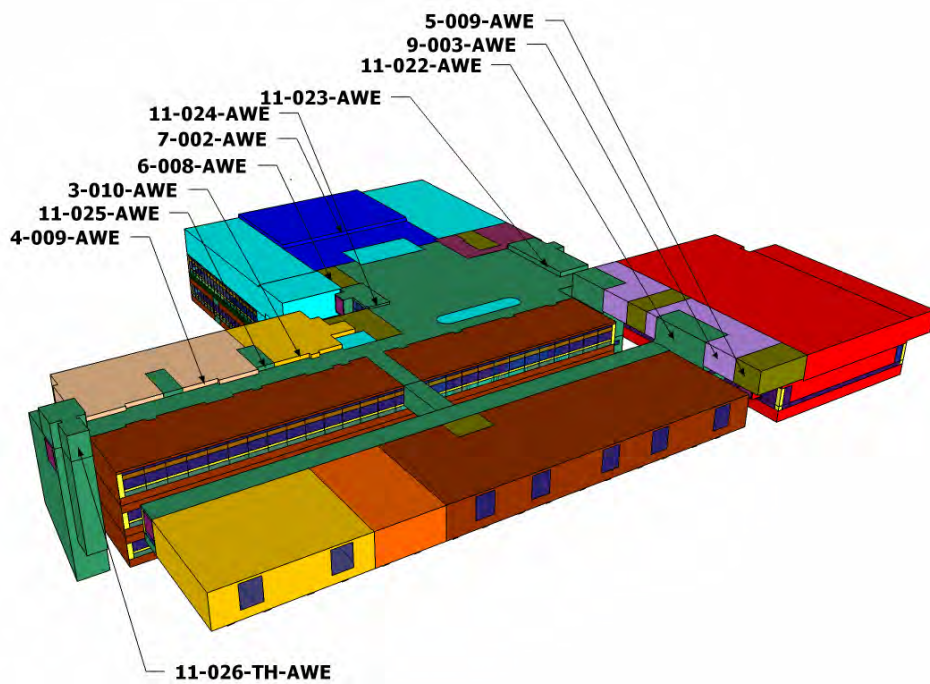


Abbildung 74: Hüllflächendokumentation 4

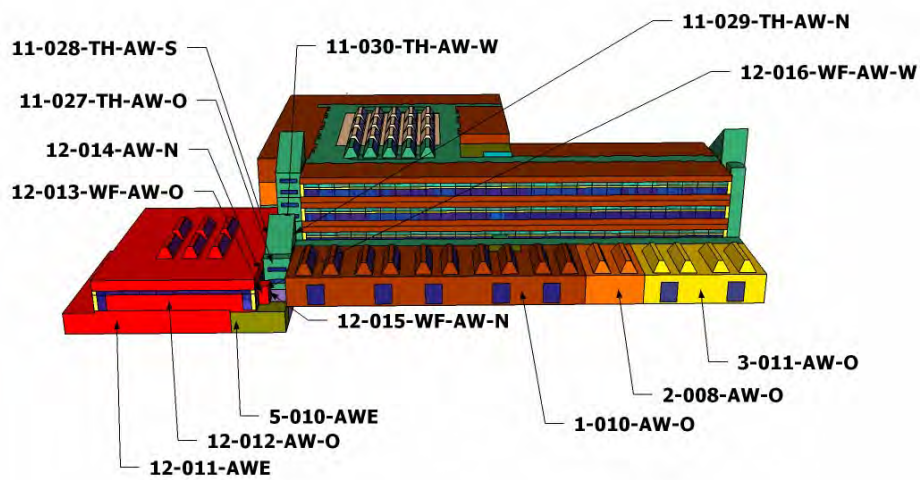


Abbildung 75: Hüllflächendokumentation 5

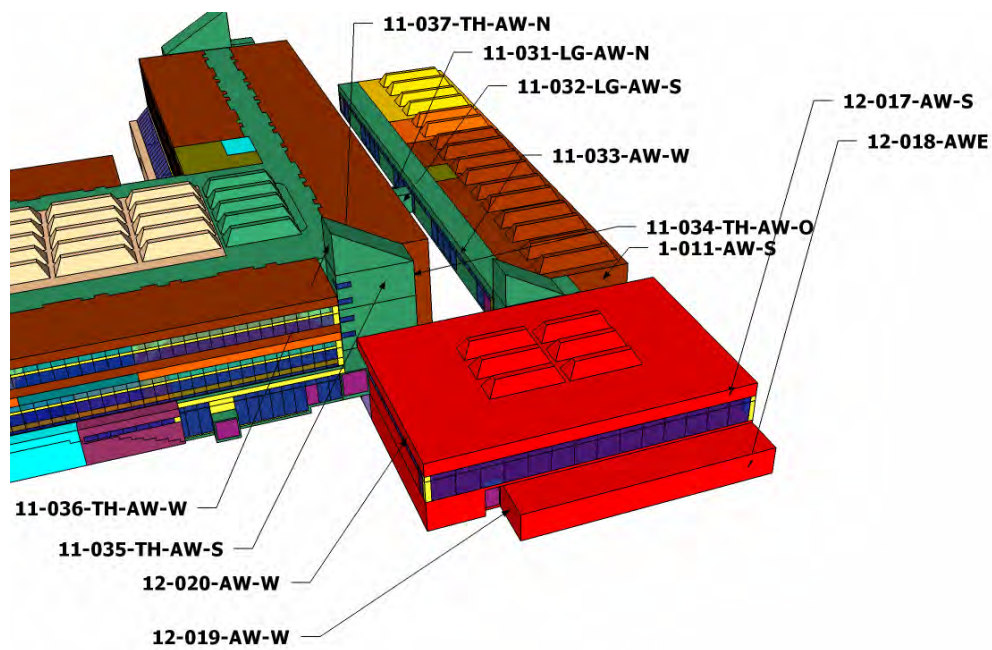


Abbildung 76: Hüllflächendokumentation 6



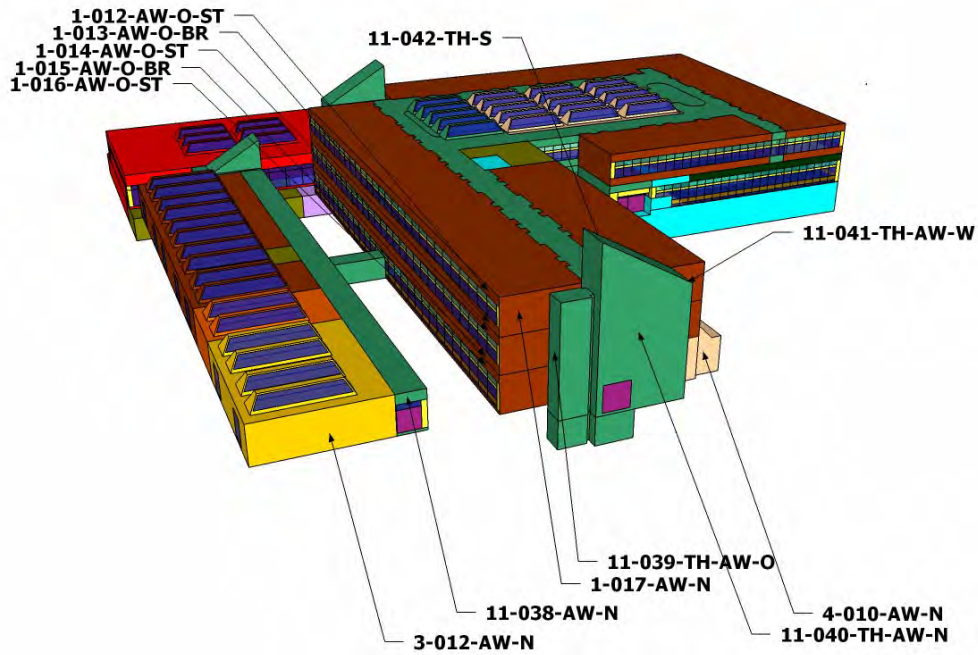


Abbildung 77: Hüllflächendokumentation 7

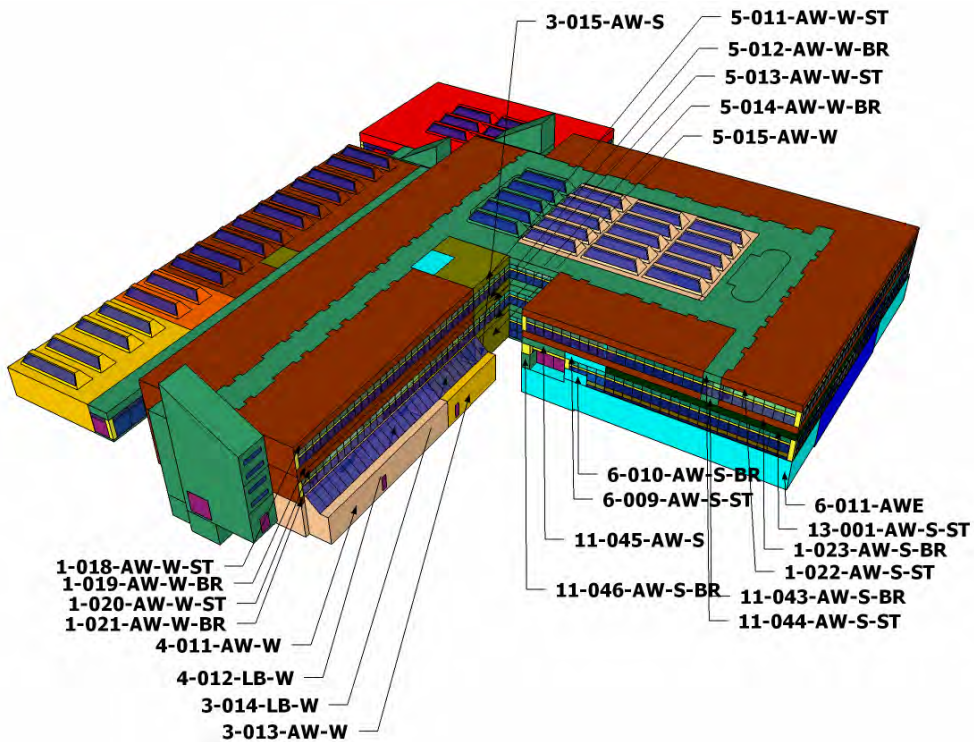


Abbildung 78: Hüllflächendokumentation 8

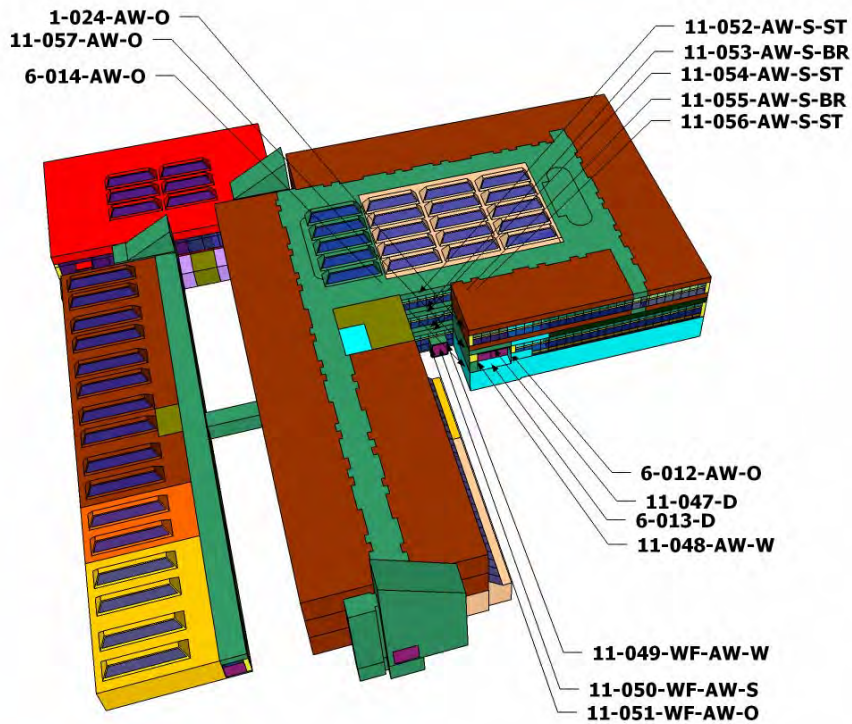


Abbildung 79: Hüllflächendokumentation 9

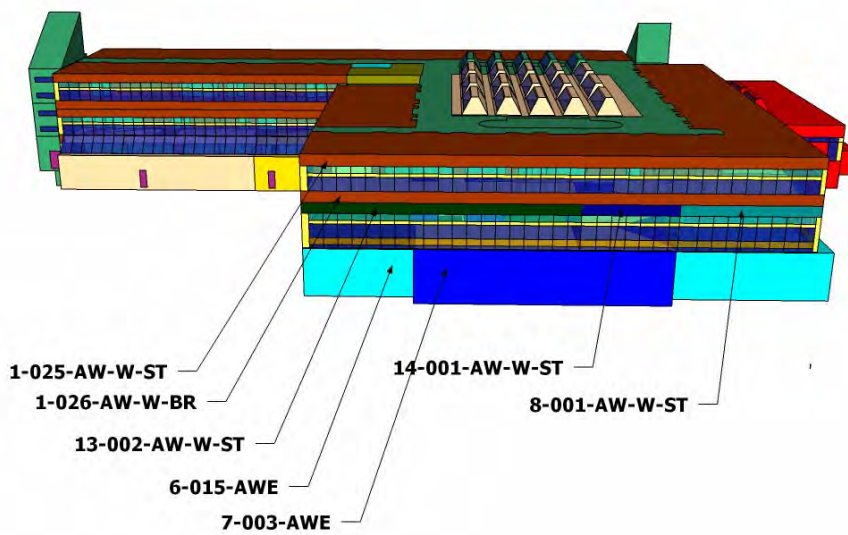


Abbildung 80: Hüllflächendokumentation 10

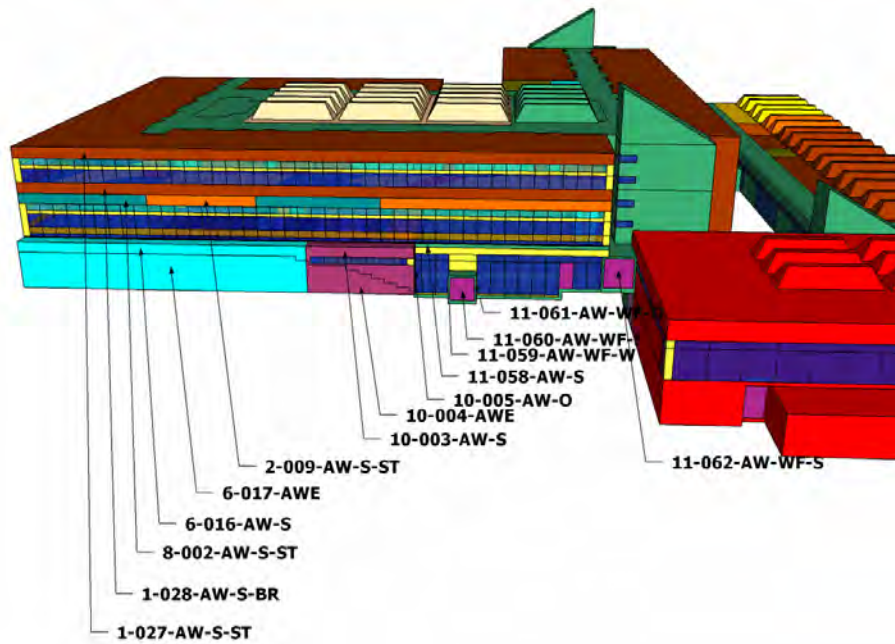


Abbildung 81: Hüllflächendokumentation 11

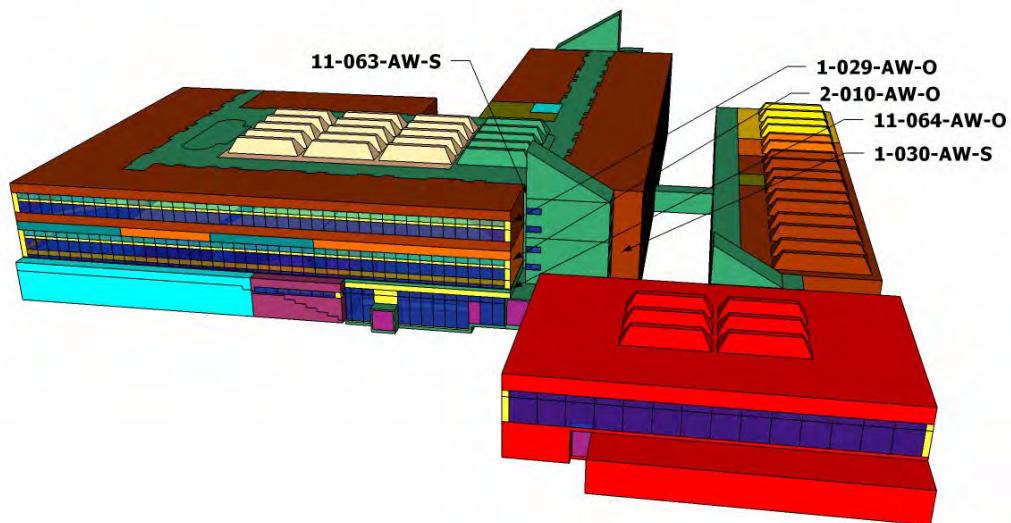
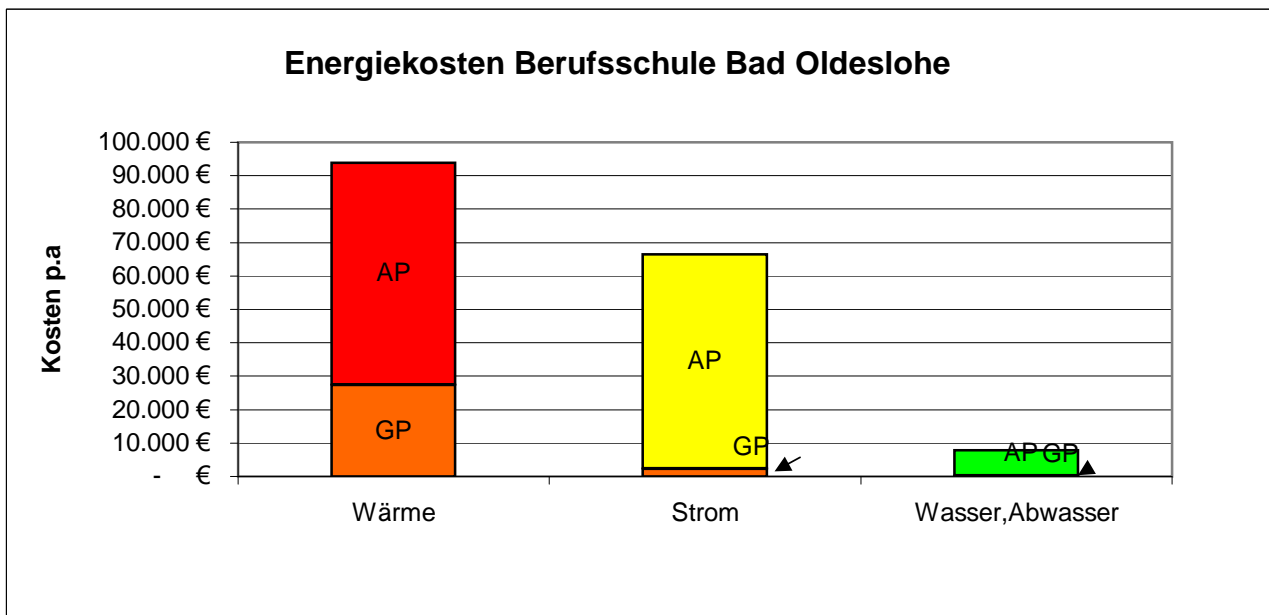


Abbildung 82: Hüllflächendokumentation 12

**Anlage A 1.1 Energiekosten**

Berechnete Energiepreise		netto	brutto	
Fernwärme				
gem. Abrechnung 2009				
Arbeitspreis	apfw	57,16	68,02	€/MWh
Grundpreis	gpfw	22.986,72	27.354,20	€/a
Mischpreis	mpfw	80,63	95,95	€/MWh
Strom				
gem. Abrechnung 12/2009				
Arbeitspreis	apelt	0,15	0,18	€/kWh
Grundpreis	gpelt	1,16	1,38	€/kW
Mischpreis	mpelt	0,16	0,19	€/kWh
Wasser/ Abwasser				
gem. Abrechnung 3/2010				
Wasser		1,60	1,91	€/m <sup>3</sup>
Wasser MP		1,73	2,05	€/a
Abwasser		2,42	2,88	€/m <sup>3</sup>
Mischpreis		4,14	4,09	€/m <sup>3</sup>





**Maßnahmenkatalog**

Maßnahme	Beschreibung	Kosten netto	Kosten brutto	Wartung vorher €/ brutto	Wartung, Instandhaltung nachher €/ brutto	Einsparung Strom	Einsparung Wärme	Bemerkung
----------	--------------	--------------	---------------	-----------------------------	--	------------------	------------------	-----------

**Gewerk Lüftung**

	Natürliche Lüftung der Klassenräume mit motorisch gesteuerten Oberlichtern	70.000,00 €	83.300,00 €	3.400,00	5.200,00 €			Gewählt im Zusammenhang mit der Fassadensanierung
--	--	-------------	-------------	----------	------------	--	--	---

**B1**

	Zentrale Zu- und Abluftanlage für die Klassenräume	493.000,00 €	586.670,00 €	3.400,00	5.200,00 €	-46.120 kWh/a	95.000 kWh/a	nicht wirtschaftlich
--	--	--------------	--------------	----------	------------	---------------	--------------	----------------------

**V6**

**Maßnahmenkatalog**

Maßnahme	Beschreibung	Kosten netto	Kosten brutto	Wartung vorher €/ brutto	Wartung, Instandhaltung nachher €/ brutto	Einsparung Strom	Einsparung Wärme	Bemerkung
	Zentrale Zuluftanlage für die Klassenräume, Abluft mit Überströmung durch Flure und Pausenhalle.	361.000,00 €	429.590,00 €	3.400,00	5.500,00 €	-46.120 kWh/a	95.000 kWh/a	nicht wirtschaftlich
<b>V7</b>								
	Dezentrale Lüftungsgeräte für die Klassenräume	530.000,00 €	630.700,00 €	3.400,00	9.500,00 €	-11.880 kWh/a	114.000 kWh/a	nicht wirtschaftlich
<b>V8</b>								

**Maßnahmenkatalog**

Maßnahme	Beschreibung	Kosten netto	Kosten brutto	Wartung vorher €/ brutto	Wartung, Instandhaltung nachher €/ brutto	Einsparung Strom	Einsparung Wärme	Bemerkung
<b>Gewerk Elektro</b>								
<b>B2</b>	Beleuchtung der Klassenräume, Erneuerung der Beleuchtung	197.289,00 €	234.774,00 €			12.000 kWh/a	0 kWh/a	Gewählt im Zusammenhang mit der Fassadensanierung
<b>V9</b>	Beleuchtung der Klassenräume, Erneuerung der Beleuchtung und tageslichabhängige Regelung mit automatischer Präsenzerkennung ( Mehrleistung)	36.901,00 €	43.913,00 €			3.800 kWh/a	0 kWh/a	empfohlene Maßnahme
<b>B3</b>	Beleuchtung der Flure, Erneuerung der Beleuchtung	42.120,00 €	50.123,00 €			1.500 kWh/a		
<b>V10</b>	Beleuchtung der Flure, Erneuerung der Beleuchtung und Steuerung durch automatische Präsenzerkennung	5.200,00 €	6.188,00 €			1.500 kWh/a		empfohlene Maßnahme

**Maßnahmenkatalog**

Maßnahme	Beschreibung	Kosten netto	Kosten brutto	Wartung vorher €/ brutto	Wartung, Instandhaltung nachher €/ brutto	Einsparung Strom	Einsparung Wärme	Bemerkung
V11	Präsenzmelder in Gruppenräumen und WC Räumen	6.000,00 €	7.140,00 €			2.300 kWh/a		empfohlene Maßnahme
V12	Photovoltaik auf den Dachflächen	1.031.000,00 €	1.226.890,00 €					empfohlene Maßnahme

**Maßnahmenkatalog**

Maßnahme	Beschreibung	Kosten netto	Kosten brutto	Wartung vorher €/ brutto	Wartung, Instandhaltung nachher €/ brutto	Einsparung Strom	Einsparung Wärme	Bemerkung
<b>Gewerk Heizung</b>								
V13	Verbesserung der Rohrleitungsdämmungen	58.000,00 €	69.020,00 €				11.500 kWh/a	nicht wirtschaftlich, Berücksichtigung bei späteren Umbauarbeiten
V14	Hocheffizienzpumpen für Heizkreise Klassenräume	7.000,00 €	8.330,00 €			1.000 kWh/a		Empfehlung, wenn das Netz hydraulisch angepasst wird.
B4	Heizungsanpassung	39.000,00 €	46.410,00 €				8.000 kWh/a	Notwendig in Zusammenhang mit der Fassadensanierung
V15	Fußbodenheizung Sporthalle	68.000,00 €	80.920,00 €					nicht wirtschaftlich
V16	Deckenstrahlungsheizung Sporthalle	58.000,00 €	69.020,00 €					nicht wirtschaftlich
text	Alternative Wärmeerzeugung, Solare Brauchwassererwärmung	entfällt				0 kWh/a	0 kWh/a	

**Maßnahmenkatalog**

Maßnahme	Beschreibung	Kosten netto	Kosten brutto	Wartung vorher € / brutto	Wartung, Instandhaltung nachher € / brutto	Einsparung Strom	Einsparung Wärme	Bemerkung
text	Alternative Wärmeerzeugung, Wärmepumpenanlage	entfällt				0 kWh/a	0 kWh/a	
text	Alternative Wärmeerzeugung, Holzhackschnitzel oder Pelletsfeuerung	entfällt				0 kWh/a	0 kWh/a	

**Maßnahmenkatalog**

Maßnahme	Beschreibung	Kosten netto	Kosten brutto	Wartung vorher €/ brutto	Wartung, Instandhaltung nachher €/ brutto	Einsparung Strom	Einsparung Wärme	Bemerkung
<b>Gewerk MSR</b>								
V17	Zählerübersicht für Energiecontrolling	52.000,00 €	61.880,00 €	-	600,00 €	4.250 kWh/a	20.000 kWh/a	wird im Zusammenhang mit einer Gebäudemodernisierung empfohlen.
V18	Gebäudeleittechnik	125.000,00 €	148.750,00 €	3.000,00	4.500,00 €	8.500 kWh/a	40.000 kWh/a	wird im Zusammenhang mit einer Gebäudemodernisierung empfohlen.



**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>B 2 Beleuchtung Klassenräume</b>						
	Demontage und Entsorgung Rasterdecke		2617 m <sup>2</sup>		27,00 €	70.659 €
	Anstrich Rohdecke		2617 m <sup>2</sup>		15,00 €	39.255 €
	Demontage und Entsorgung Leuchten		846 St.		13,00 €	10.998 €
	Demontage und Entsorgung Schalter		94 St.		10,00 €	940 €
	Spiegelraster-Leuchten, direkt- /indirekt Lichtlenkung 1 x 35 W T-5		423 St.		130,00 €	54.990 €
	Verkabelung inkl. Stromkreiszuleitung aus UV		4800 m		2,00 €	9.600 €
	Schalter/Taster		94 St.		15,50 €	1.457 €
Zwischensumme						187.899 €
	Sonstiges		5%			9.390 €
<u>Gesamt: B 2 Beleuchtung Klassenräume</u>						197.289 €
						gerundet <b>197.289 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>B 2 Beleuchtung Klassenräume</b>			
Strombedarf Bestandsbeleuchtung	29.900 kWh/a	0,18 €/kWh	5.382,00 €
Strombedarf neue Beleuchtung	17.900 kWh/a	0,18 €/kWh	3.222,00 €
Einsparung gesamt			<b>2.160,00 €</b>

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>B3</b>	<b>Beleuchtung Flure</b>					
	Demontage und Entsorgung Rasterdecke		723 m <sup>2</sup>		25,00 €	18.075 €
	Anstrich Rohdecke		723 m <sup>2</sup>		15,00 €	10.845 €
	Demontage und Entsorgung Leuchten		84 St.		15,00 €	1.260 €
	Anpassung in UVs (Schütze, Relais)		1 Psch.		1.000,00 €	1.000 €
	Spiegelraster-Leuchten, direkte Lichtlenkung 1 x 35 W T-5		52 St.		130,00 €	6.760 €
	Verkabelung inkl. Stromkreiszuleitung aus UV		1090 m		2,00 €	2.180 €
	Zwischensumme					40.120 €
	Sonstiges		5%			2.000 €
	<u>Gesamt: B3 Beleuchtung Flure</u>					42.120 €
					gerundet	<b>42.120 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>B3 Beleuchtung Flure</b>			
Strombedarf Bestandsbeleuchtung	4.500 kWh/a	0,18 €/kWh	810,00 €
Strombedarf neue Beleuchtung	3.000 kWh/a	0,18 €/kWh	540,00 €
Einsparung gesamt			270,00 €

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>V14 Heizungsanpassung</b>						
	Detaillierte Besatndsufnahmen		10	Tage	700 €	7.000 €
	Rohrnetzberechnung		15	Tage	700 €	10.500 €
	Einstellwerte anpassen		10	Tage	700 €	7.000 €
	Sonstiges, Anpassung Pumpen u.dgl		1	psch	8.000 €	8.000 €
Zwischensumme						32.500 €
Nebenkosten, Sonstiges						20% 6.500 €
<u>Gesamt: V14 Heizungsanpassung</u>						<b>39.000 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>V14 Heizungsanpassung</b>			
Heizwärmebedarf vorher	950 MWh	68,02	64.619 €
Einsparung	2% 19 MWh	-	1.292 €
Einsparung gesamt			- 1.292,38 €

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP	
<b><u>Zentrale Zu- und Abluftanlage Klassenräume</u></b>							
	Lüftungsgerät 22.000 m³/h Typ Menerga 64.26.01		2 St.		100.000,00 €	200.000 €	
	Neues ZU Kanalnetz		44.000 m³/h		2,50 €	110.000 €	
	Anpassung AB Kanalnetz		44.000 m³/h		1,00 €	44.000 €	
	ZU + AB Auslässe Klassen		196 St.		200,00 €	39.200 €	
	Demontage Geräte		80 Std.		50,00 €	4.000 €	
	Demontage Kanalnetz		80 Std.		50,00 €	4.000 €	
	Einregulierung		80 Std.		80,00 €	6.400 €	
	Anteil MSR		1 Psch.		20.400,00 €	20.400 €	
Zwischensumme						428.000 €	
Sonstiges						15%	64.200 €
<b>Gesamt: Zentrale Zu- und Abluftanlage Klassenräume</b>						492.200 €	
						gerundet	<b>493.000 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>Zentrale Zu- und Abluftanlage Klassenräume</b>			
Stromverbrauch vorher	6.040 kWh/a	0,18	1.087 €
Stromverbrauch nachher	52.160 kWh/a	0,18 -	9.389 €
Wärmeverbrauch vorher	114.000 kWh/a	68,02	7.754 €
Wärmeverbrauch nachher	19.000 kWh/a	68,02 -	1.292 €
Einsparung gesamt			- 1.839,70 €

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b><u>Zentrale Zu- und Abluftanlage</u></b>						
<b><u>Klassenräume mit AB über Flure</u></b>						
	Lüftungsgerät 22.000 m³/h Typ Menerga 64.26.01		2 St.		100.000,00 €	200.000 €
	Neues ZU/AB Kanalnetz		44.000 m³/h		0,50 €	22.000 €
	Anpassung AB Kanalnetz		44.000 m³/h		0,80 €	35.200 €
	BSK zur Überströmung inkl. Antrieb		49 St.		600,00 €	29.400 €
	Demontage Geräte		80 Std.		50,00 €	4.000 €
	Demontage Kanalnetz		32 Std.		50,00 €	1.600 €
	Einregulierung		80 Std.		80,00 €	6.400 €
	Anteil MSR		1 Psch.		14.900,00 €	14.900 €
<hr/>						
	Zwischensumme					313.500 €
	Sonstiges		15%			47.025 €
<hr/>						
	<u>Gesamt: Zentrale Zu- und Abluftanlage Klassenräume mit AB über Flure</u>					360.525 €
						gerundet 361.000 €

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>Zentrale Zu- und Abluftanlage Klassenräume mit AB über Flure</b>			
Stromverbrauch vorher	6.040 kWh/a	0,18	1.087 €
Stromverbrauch nachher	52.160 kWh/a	0,18 -	9.389 €
Wärmeverbrauch vorher	114.000 kWh/a	68,02	7.754 €
Wärmverbrauch nachher	19.000 kWh/a	68,02 -	1.292 €
<hr/>			
Einsparung gesamt		-	1.839,70 €

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>V8</b>	<b><u>Dezentrale Lüftungsgeräte für Klassenräume</u></b>					
	Lüftungsgeräte 600 m³/h Typ LTG FVS inkl.Rohrnetz Kondensat		49 St.		10.000,00 €	490.000 €
	Anteil MSR		1 Psch.		14.700,00 €	14.700 €
Zwischensumme						504.700 €
Sonstiges						5% 25.235 €
<u>Gesamt: V8 Dezentrale Lüftungsgeräte für Klassenräume</u>						529.935 €
						gerundet <b>530.000 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>V8 Dezentrale Lüftungsgeräte für Klassenräume</b>			
Stromverbrauch vorher	6.040 kWh/a	0,18	1.087 €
Stromverbrauch nachher	17.920 kWh/a	0,18 -	3.226 €
Wärmeverbrauch vorher	114.000 kWh/a	68,02	7.754 €
Wärmverbrauch nachher	0 kWh/a	68,02	- €
Einsparung gesamt			<b>5.616 €</b>

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>V9</b>	<b>Beleuchtung Klassenräume</b>					
	Spiegelraaster-Leuchten, direkt- /indirekt Lichtlenkung 1 x 35 W T-5 Mehrkosten durch dimmbares EVG		423 St.		38,00 €	16.074 €
	Zusätzlicher Mehraufwand Verkabelung durch Präsenzmelder		1880 m		2,00 €	3.760 €
	Präsenzmelder, 2 St. pro Raum 1 x Master, 1 x Slave		47 St.		320,00 €	15.040 €
Zwischensumme						34.874 €
Sonstiges						2.000 €
<u>Gesamt: V9 Beleuchtung Klassenräume</u>						<u>36.874 €</u>
						gerundet <b>36.901 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>V9 Beleuchtung Klassenräume</b>			
Strombedarf Bestandsbeleuchtung	29.900 kWh/a	0,18 €/kWh	5.382,00 €
Strombedarf neue Beleuchtung	14.100 kWh/a	0,18 €/kWh	2.538,00 €
Einsparung gesamt			<u>2.844,00 €</u>



**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>V10</b>	<b><u>Präsenzmelder für Beleuchtung der Flure</u></b>					
	Zusätzlicher Mehraufwand Verkabelung durch Präsenzmelder		200 m		2,00 €	400 €
	Präsenzmelder, 2 St. pro Raum 1 x Master, 1 x Slave		20 St.		240,00 €	4.800 €
Zwischensumme						5.200 €
	Sonstiges		5%			- €
<u>Gesamt: V10 Präsenzmelder für Beleuchtung der Flure</u>						5.200 €
						gerundet
						<b>5.200 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>V10 Präsenzmelder für Beleuchtung der Flure</b>			
Strombedarf Bestandsbeleuchtung	3.000 kWh/a	0,18 €/kWh	540,00 €
Strombedarf neue Beleuchtung	1.500 kWh/a	0,18 €/kWh	270,00 €
Einsparung gesamt			<b>270,00 €</b>

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>V10</b>	<b><u>Präsenzmelder in Gruppen und WC Räumen</u></b>					
	Zusätzlicher Mehraufwand Verkabelung durch Präsenzmelder		320 m		2,00 €	640 €
	Präsenzmelder, 2 St. pro Raum 1 x Master, 1 x Slave		22 St.		240,00 €	5.280 €
	Zwischensumme					5.920 €
	Sonstiges					- €
	<u>Gesamt: V10 Präsenzmelder in Gruppen und WC Räumen</u>					5.920 €
					gerundet	<b>6.000 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>V10 Präsenzmelder in Gruppen und WC Räumen</b>			
Strombedarf Bestandsbeleuchtung	3.800 kWh/a	0,18 €/kWh	684,00 €
Strombedarf neue Beleuchtung	1.500 kWh/a	0,18 €/kWh	270,00 €
Einsparung gesamt			<b>414,00 €</b>

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP	
<b>V12 Photovoltaik</b>							
	Module		225 KW peak		3.500,00 €	787.500 €	
	Wechselrichter		225 KW peak		460,00 €	103.500 €	
	Unterkonstruktion und Montage		225 KW peak		400,00 €	90.000 €	
Zwischensumme						981.000 €	
Sonstiges						5%	49.050 €
<u>Gesamt: V12 Photovoltaik</u>						1.030.050 €	
						gerundet	<b>1.031.000 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>V12 Photovoltaik</b>			
Solargewinn	2250 m <sup>2</sup>	235.100,00	
mittlere Stromvergütung		0,37 Ct/kWh	86.987,00 €
Wartung/ Instandhaltung		1%	10.310,00 €
Einsparung gesamt			<b><u>76.677,00 €</u></b>

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>V13 Umbau und Sanierung der Heizzentrale</b>						
	Demontage der vorh. dämmung		740 lfm		12 €	8.880 €
	Rohrdämmung, verz. Blech	DN 25	60 lfm		28 €	1.680 €
	Rohrdämmung, verz. Blech	DN 32	60 lfm		30 €	1.800 €
	Rohrdämmung, verz. Blech	DN 40	140 lfm		30 €	4.200 €
	Rohrdämmung, verz. Blech	DN 50	140 lfm		40 €	5.600 €
	Rohrdämmung, verz. Blech	DN 65	180 lfm		50 €	9.000 €
	Rohrdämmung, verz. Blech	DN 80	120 lfm		50 €	6.000 €
	Rohrdämmung, verz. Blech	DN 125	40 lfm		90 €	3.600 €
	Armaturendämmung	DN 65	80 lfm		85 €	6.800 €
Zwischensumme						47.560 €
Sonstiges			20%			9.512 €
<u>Gesamt: V13 Umbau und Sanierung der Heizzentrale</u>						57.072 €
						gerundet <b>58.000 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>V13 Umbau und Sanierung der Heizzentrale</b>			
<u>Wärmeverluste Rohrleitungen</u>			
<u>vorher</u>	740 lfdm	43.100 kWh/a	
<u>nachher</u>	740 lfdm	31.600 kWh/a	
<u>Differenz</u>		11.500 kWh/a	6,802 782,23
Einsparung gesamt			<b>782,23 €</b>

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>V14 Hocheffizienzpumpen</b>						
	Demontage der vorh. Pumoen		2 Stk		110 €	220 €
	Hocheffizienzpumpen	DN 65	2 Stk		1.800 €	3.600 €
	Rohranpassung	DN 50	2 Stk		300 €	600 €
	Anpassung MSR Technik		2 psch		500 €	1.000 €
	Zwischensumme Schwimmbodenheizung					5.420 €
	Nebenkosten, Sonstiges		20%			1.084 €
	<u>Gesamt: V14 Hocheffizienzpumpen</u>					<b>6.504 €</b>
					gerundet	7.000 €

**Energieeinsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>V14 Hocheffizienzpumpen</b>			
Strombedarf Heizkreis Klassen	4.000 kWh/a	0,18	720 €
Einsparung	25% 1.000 kWh/a	0,18 -	180 €
Einsparung gesamt	3.000 kWh/a		<b>540 €</b>

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>V15-16 Heizung Sporthalle</b>						
	<u>Variante Schwingbodenheizung</u>		580 m2		65 €	37.700 €
	Regelkreis	DN 50	1 Stk		11.570 €	11.570 €
	Rohrleitung	DN 50	80 lfm		55 €	4.400 €
	Rohrdämmung	DN 50	80 lfm		28 €	2.240 €
	<u>Variante Deckenstrahlungsheizung</u>		192 m2		140 €	26.880 €
	Regelkreis	DN 50	1 Stk		11.570 €	11.570 €
	Rohrleitung	DN 40	180 lfm		32 €	5.760 €
	Rohrdämmung	DN 40	180 lfm		20 €	3.600 €
	Zwischensumme Schwingbodenheizung					55.910 €
	Zwischensumme Deckenstrahlungsheizung					47.810 €
	Nebenkosten, Sonstiges		20%			11.182 €
	<u>Gesamt: V15-16 Heizung Sporthalle</u>					<b>67.092 €</b>
					gerundet	68.000 €
	Nebenkosten, Sonstiges		20%			9.562 €
	<u>Gesamt: V15-16 Heizung Sporthalle</u>					<b>57.372 €</b>
					gerundet	58.000 €

**Energieeinsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>V15-16 Heizung Sporthalle</b>			
Strombedarf der RLT Sporthalle	13.500 kWh/a	0,18 Ct/kWh -	2.430 €
Einsparung	50% 6.750 kWh/a	-	1.215 €
Einsparung gesamt		-	<b>1.215,00 €</b>

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>V17 Energiecontrolling</b>						
	Demontage der vorh. Pumoen		2 Stk		110 €	220 €
	Wärmezähler	DN 25	5 Stk		600 €	3.000 €
	Wärmezähler	DN 40	7 Stk		900 €	6.300 €
	Wärmezähler	DN 65	3 Stk		1.500 €	4.500 €
	Wärmezähler	DN 80	2 Stk		1.600 €	3.200 €
	Wärmezähler	DN 50	5 Stk		1.400 €	7.000 €
	Wärmezähler	DN 100	5 Stk		1.800 €	9.000 €
	Stromzähler		23 Stk		500 €	11.500 €
<b>Zwischensumme</b>						<b>44.720 €</b>
Nebenkosten, Sonstiges			15%			6.708 €
<b>Gesamt: V17 Energiecontrolling</b>						<b>51.428 €</b>
						gerundet <b>52.000 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>V17 Energiecontrolling</b>			
Stromverbrauch vorher	85.000 kWh/a	0,18	15.300 €
Stromverbrauch nachher	80.750 kWh/a	0,18 -	14.535 €
Wärmeverbrauch vorher	400.000 kWh/a	68,02	27.208 €
Wärmverbrauch nachher	380.000 kWh/a	68,02 -	25.848 €
<b>Einsparung gesamt</b>			<b>2.125,40 €</b>

**Kostenschätzung**

Nr	Beschreibung	Größe	Menge	Einh	EP	GP
<b>V18 Gebäudeleittechnik</b>						
	Leitrechner mit Software		1	Stk	15.000 €	15.000 €
	ISP 1, Lüftung, neuer Schaltschrank		1	Stk	35.000 €	35.000 €
	ISP 2, Heizung DDC fähige Regler		1	Stk	12.000 €	12.000 €
	ISP 3, Turnhalle, neuer Schaltschrank		1	Stk	22.000 €	22.000 €
	ISP 4, Werkstätten, DDC fähige Regler		1	Stk	10.000 €	10.000 €
	ISP 5, Elektro Unterstation für Aufnahme von Störmeldungen		1	Stk	6.000 €	6.000 €
	ISP 6, Hausmeisterraum, Aufnahme von Störmeldungen und Schaltungen		1	Stk	8.000 €	8.000 €
Zwischensumme						108.000 €
Nebenkosten, Sonstiges			15%			16.200 €
<u>Gesamt: V18 Gebäudeleittechnik</u>						124.200 €
						gerundet <b>125.000 €</b>

**Energie Einsparung**

Anlage	Energie	Energiekosten	Kosten
<b>V18 Gebäudeleittechnik</b>			
Stromverbrauch vorher	85.000 kWh/a	0,18	15.300 €
Stromverbrauch nachher	76.500 kWh/a	0,18 -	13.770 €
Wärmeverbrauch vorher	400.000 kWh/a	68,02	27.208 €
Wärmverbrauch nachher	360.000 kWh/a	68,02 -	24.487 €
Einsparung gesamt			<b>4.250,80 €</b>



BV : Bad Oldeslohe

Projekt Nr.: 2707

Index: 1 Datum: 30.06.2010

<b>Ermittlung der Jahresenergieverbräuche</b>
---

**1.) Strom**

	Anlagen	Anzahl	kW	GLZ	h/d	d/W	W/a	Gesamt
Heizung								
	Heizkreispumpen	1	5,00	0,6	24	7	26	13.106 kWh/a

## RLT Anlagen

	1 ZU+AB Filmraum	1	3,60	1	7	5	40	5.040 kWh/a
	2 AB Außenklassen 1	1	7,00	1	8	5	10	2.800 kWh/a
	2.1 AB Außenklassen 2	1	7,00	1	8	5	10	2.800 kWh/a
	3 ZU+AB Innenräume und NTW	1	12,70	1	7	5	40	17.780 kWh/a
	4 ZU Technikzentrale	1	0,80	1	7	5	40	1.120 kWh/a
	5 ZU+AB Turnhalle	1	6,75	1	10	5	40	13.500 kWh/a
	6 AB Umkleiden und Duschen	1	0,92	1	10	5	40	1.840 kWh/a
	7 ZU Werkstatt Schweißraum	1	3,40	1	4	5	40	2.720 kWh/a
	7.1 AB Werkstätten	1	0,92	1	4	5	40	736 kWh/a
	8 ZU Küche	1	3,00	1	6	5	40	3.600 kWh/a
	8.1 AB Küche	1	3,00	1	6	5	40	3.600 kWh/a
	9 ZU+AB Lackierwerkstatt	1	7,00	1	4	5	40	5.600 kWh/a
	10 ZU+AB Chemie	1	1,92	1	7	5	40	2.688 kWh/a
	11 AB WC Bereiche	1	0,40	1	10	5	40	790 kWh/a
	12 AB Digestorium 1	1	0,07	1	4	5	40	52 kWh/a
	12.1 AB Digestorium 2	1	0,07	1	4	5	40	52 kWh/a
	12.2 AB Chemiekalienschränke	1	0,03	1	24	7	40	199 kWh/a
	12.3 AB Chemie Lager	1	0,05	1	24	7	40	332 kWh/a
	13 AB Batterieraum	1	0,03	1	24	7	40	199 kWh/a
	14 AB Traforaum	1	0,20	0,5	24	7	40	664 kWh/a

## Kälte

	gemäß Berechnung Kälteanlagen							7.150 kWh/a
--	-------------------------------	--	--	--	--	--	--	-------------

BV : Bad Oldeslohe

Projekt Nr.: 2707

Index: 1 Datum: 30.06.2010

<b>Ermittlung der Jahresenergieverbräuche</b>
---

## Beleuchtung

1 Klassenräume	24,86	1	6	5	40	29.834 kWh/a
2 Fachklassenräume	25,38	1	4	5	40	20.301 kWh/a
3 Werkstatt	17,14	1	6	5	40	20.563 kWh/a
4 Lehrküche	2,94	1	8	5	40	4.710 kWh/a
5 Computerräume	3,04	1	6	5	40	3.648 kWh/a
6 Verwaltung	13,84	1	8	5	40	22.141 kWh/a
7 Flur / Eingangshalle	6,09	1	9	5	40	10.966 kWh/a
8 Treppe	3,04	1	9	5	40	5.465 kWh/a
9 WC / Umkleide	4,86	1	4	5	40	3.888 kWh/a
10	0,00	1	6	5	40	0 kWh/a
11 Sporthalle	8,75	1	6	7	40	14.700 kWh/a
12 Lager / Technik	16,59	1	1	5	40	3.318 kWh/a
13 Sonstige	3,81	1	3	5	40	2.286 kWh/a

## Aufzüge

Aufzüge / Förderanl.	1	14,00	1	1	5	40	2.800 kWh/a
----------------------	---	-------	---	---	---	----	-------------

## Sonst Technik.

Neue Lehrküche	65,60	0,7	6	5	40	55.104 kWh/a
Alte Lehrküche	48,00	0,7	6	2	40	16.128 kWh/a
Werkzeugmaschinen	40,00	0,4	4	5	40	12.800 kWh/a
EDV-Geräte	30,00	0,5	4	5	40	12.000 kWh/a

## Zusammenfassung

Sanitär		0 kWh/a	0%
Feuerlösch		0 kWh/a	0%
Heizung		13.106 kWh/a	4%
RLT Anlagen		66.112 kWh/a	20%
Kälte		7.150 kWh/a	2%
Beleuchtung		141.820 kWh/a	43%
Aufzüge		2.800 kWh/a	1%
Sonst Technik.		96.032 kWh/a	29%
Kälte		7.150 kWh/a	2%

<b>Summe Jahres Stromverbrauch incl. Kälte</b>	<b>327.020 kWh/a</b>
--	----------------------

BV : Bad Oldeslohe

Projekt Nr.: 2707

Index: 1 Datum: 30.06.2010

<b>Ermittlung der Jahresenergieverbräuche</b>
---

**2.) Wärme**

Anlagen	Anzahl	kW	GLZ	Heiztage	Ti				Gesamt	
Raumheizung	1	837	0,6	150	20,0 °C				701.400 kWh/a	63%
<b>Natürliche Lüftung üb. Personen</b>	<b>Pers</b>	<b>Luftrate</b>	<b>tz</b>	<b>h/d</b>	<b>d/W</b>	<b>W/a</b>	<b>WRG</b>	<b>Gesamt</b>		
Luftbedarf Betrieb	700	30	20,0 °C	7	5	40	0%	114.400 kWh/a	10%	
Luftwechsel Infiltration	24.000 m³	0,2	15,0 °C	17	6	40	0%	47.700 kWh/a	0%	
<b>Kontrolle über LW</b>	<b>24.000 m³</b>	<b>1</b>	<b>20,0 °C</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>40</b>	<b>0%</b>	<b>130.700 kWh/a</b>		
<b>RLT Anlagen</b>	<b>Luftmenge</b>		<b>tz</b>	<b>h/d</b>	<b>d/W</b>	<b>W/a</b>	<b>WRG</b>	<b>Gesamt</b>		
1 ZU+AB Filmraum	6.000		24,0 °C	7	5	40	70%	13.100 kWh/a	1%	
2 AB Außenklassen 1	0		0,0 °C	8	5	10	0%	0 kWh/a	0%	
2.1 AB Außenklassen 2	0		0,0 °C	8	5	10	0%	0 kWh/a	0%	
3 ZU+AB Innenräume und NTW	24.000		22,0 °C	7	5	40	70%	45.600 kWh/a	4%	
4 ZU Technikzentrale	4.000		10,0 °C	7	5	40	0%	7.300 kWh/a	1%	
5 ZU+AB Turnhalle	14.000		20,0 °C	10	5	40	30%	76.200 kWh/a	7%	
6 AB Umkleiden und Duschen	0		0,0 °C	10	5	40	0%	0 kWh/a	0%	
7 ZU Werkstatt Schweißraum	10.000		18,0 °C	4	5	40	0%	26.200 kWh/a	2%	
7.1 AB Werkstätten	0		0,0 °C	4	5	40	0%	0 kWh/a	0%	
8 ZU Küche	7.000		20,0 °C	6	5	40	0%	32.700 kWh/a	3%	
8.1 AB Küche	0		0,0 °C	6	5	40	0%	0 kWh/a	0%	
9 ZU+AB Lackierwerkstatt	6.700		22,0 °C	4	5	40	40%	14.600 kWh/a	1%	
10 ZU+AB Chemie	3.650		24,0 °C	7	5	40	40%	15.900 kWh/a	1%	
<b>Brauchwarmwasser</b>	<b>l/d</b>		<b>t ww</b>		<b>d/W</b>	<b>W/a</b>		<b>Gesamt</b>		
Küchen und Duschen	2640		45,0 °C		5	40		20.300 kWh/a	2%	
<b>Summe Jahres Wärmeverbrauch</b>									<b>1.115.400 kWh/a</b>	

**3.) Kälte**

RLT Anlagen	Luftmenge	QK	tz	h/d	d/W	W/a	WRG	Gesamt	
1 ZU+AB Filmraum	6.000	37	16,0 °C	7	5	40	0%	6.500 kWh/a	
Innenräume	24.000	103	16,0 °C	7	5	10	0%	6.500 kWh/a	
<b>Summe Jahres Kälteverbrauch</b>									<b>13.000 kWh/a</b>
Stromverbrauch Kälte									
Anlagen	Kältenergie	sonst. V	Kälte End E	J-Arb-Zahl			Strom	Gesamt	
RLT Kälte	13.000 kWh/a	10%	14.300 kWh/a	2				7.150 kWh/a	
<b>Summe Jahres Stromverbrauch für Kälte</b>									<b>7.150 kWh/a</b>

**4.) Wasserverbrauch**

Wasserverbrauch	WW- Anteil	GLZ	d/W	W/a	Gesamt
6.600 ltr/d	40%	1	5	40	1.320 m³/a

## **HS 2707 Klassenraum E48, Bestand**

Ansprechpartner(in):  
Auftragsnr.:  
Firma:  
Kundennr.:

Datum: 05.07.2010  
Bearbeiter(in): Otte

**HS 2707 Klassenraum E48, Bestand**

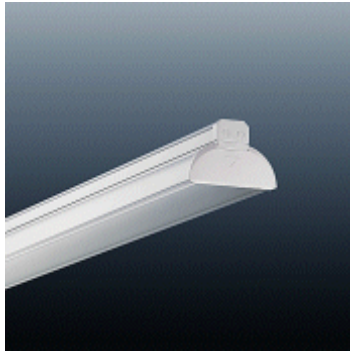


05.07.2010

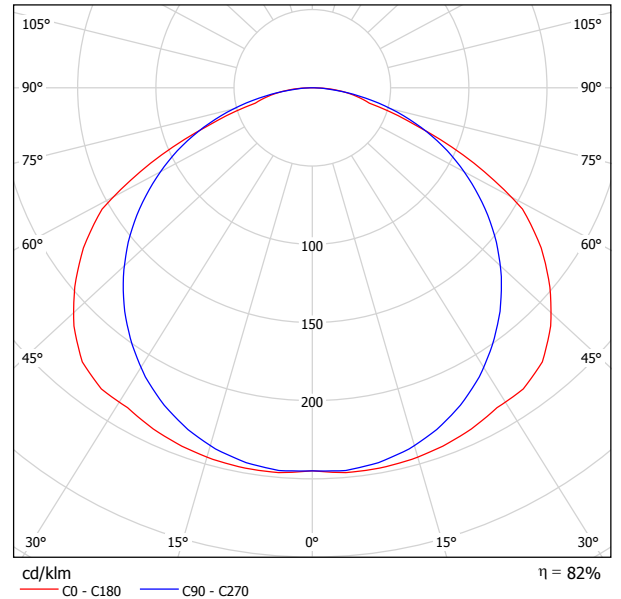
HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line / Leuchtendatenblatt**



Lichtaustritt 1:



Leuchtenklassifikation nach DIN: A40  
CIE Flux Code: 44 77 96 100 82

Lichtband mit halbrunden Reflektoren ... längigem Tragprofil mit ...  
Geräteträgern in Schutzart IP 50 für 1 LL 58 W und ... Blindabdeckungen.  
Lichtband komplett mit Kupplungen, 5- oder 7-Leiter-Verdrahtung 1,5 mm<sup>2</sup>,  
Reflektorverbindern und -endabdeckungen, werkzeuglos montierbar,  
selbsttätige elektrische Verbindung durch Steckkontakte mit Phasenwahl.  
Mit elektronischem Vorschaltgerät.

Lichtaustritt 1:

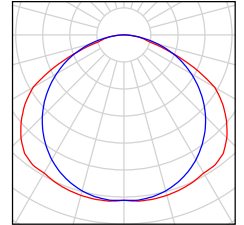
Blendungsbewertung nach UGR											
	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Decke	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Wände	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Boden	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Raumgröße X Y	Blickrichtung quer zur Lampenachse					Blickrichtung längs zur Lampenachse					
2H	2H	19.5	20.9	19.8	21.1	21.4	18.3	19.7	18.6	19.9	20.2
	3H	20.7	22.0	21.1	22.3	22.5	20.0	21.3	20.3	21.5	21.8
	4H	21.0	22.2	21.3	22.5	22.8	20.7	21.9	21.1	22.2	22.5
	6H	21.2	22.3	21.6	22.6	22.9	21.2	22.3	21.6	22.6	22.9
	8H	21.3	22.4	21.7	22.7	23.0	21.4	22.4	21.7	22.7	23.0
	12H	21.4	22.4	21.8	22.7	23.1	21.4	22.4	21.8	22.7	23.1
4H	2H	20.2	21.4	20.6	21.7	22.0	19.4	20.5	19.7	20.8	21.1
	3H	21.6	22.6	22.0	22.9	23.3	21.2	22.3	21.6	22.6	22.9
	4H	21.9	22.8	22.3	23.2	23.6	22.1	23.0	22.5	23.4	23.7
	6H	22.2	23.0	22.7	23.4	23.8	22.7	23.5	23.1	23.9	24.3
	8H	22.4	23.1	22.8	23.5	23.9	22.9	23.6	23.3	24.0	24.4
	12H	22.5	23.2	23.0	23.6	24.0	23.0	23.7	23.5	24.1	24.5
8H	4H	22.2	22.9	22.7	23.3	23.8	22.4	23.1	22.8	23.5	23.9
	6H	22.6	23.2	23.1	23.6	24.1	23.1	23.7	23.6	24.1	24.6
	8H	22.8	23.4	23.3	23.8	24.3	23.4	23.9	23.9	24.3	24.8
	12H	23.0	23.5	23.5	24.0	24.5	23.6	24.0	24.0	24.5	25.0
12H	4H	22.2	22.9	22.7	23.3	23.7	22.4	23.0	22.8	23.5	23.9
	6H	22.7	23.2	23.2	23.6	24.1	23.2	23.7	23.6	24.1	24.6
	8H	22.9	23.4	23.4	23.8	24.3	23.4	23.9	23.9	24.4	24.9
Variation der Beobachterposition für Leuchtenabstände S											
S = 1.0H	+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H	+0.3 / -0.3					+0.3 / -0.4					
S = 2.0H	+0.7 / -0.9					+0.6 / -0.9					
Standardtabelle	BK04					BK06					
Korrektursummand	4.5					5.4					
Korrigierte Blendindizes bezogen auf 5000lm Gesamtlichtstrom											

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

### **Klassenraum E 48, mit Zwischendecke / Leuchtenstückliste**

18 Stück TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line  
Artikel-Nr.: E-Line T8 R 1x58W IP50 E  
Leuchtenlichtstrom: 5000 lm  
Leuchtenleistung: 64.0 W  
Leuchtenklassifikation nach DIN: A40  
CIE Flux Code: 44 77 96 100 82  
Bestückung: 1 x Benutzerdefiniert  
(Korrekturfaktor 1.000).



**HS 2707 Klassenraum E48, Bestand**

05.07.2010

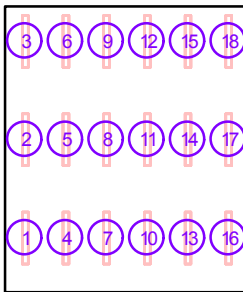
HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Klassenraum E 48, mit Zwischendecke / Leuchten (Koordinatenliste)**

**TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line**

5000 lm, 64.0 W, 1 x 1 x Benutzerdefiniert (Korrekturfaktor 1.000).



Nr.	Position [m]			Rotation [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.600	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
2	0.600	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
3	0.600	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
4	1.800	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
5	1.800	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
6	1.800	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
7	3.000	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
8	3.000	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
9	3.000	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
10	4.200	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
11	4.200	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
12	4.200	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
13	5.400	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
14	5.400	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
15	5.400	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
16	6.600	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
17	6.600	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
18	6.600	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0

**HS 2707 Klassenraum E48, Bestand**

05.07.2010

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Klassenraum E 48, mit Zwischendecke / Ansicht Klassenraum mit Zwischendecke, 8  
Leuchten (E < 300 Lux)**



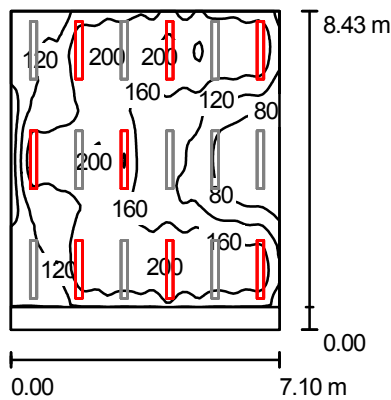


**HS 2707 Klassenraum E48, Bestand**

05.07.2010

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Klassenraum E 48, mit Zwischendecke / Lichtszene 1 / Zusammenfassung**


Raumhöhe: 3.800 m, Montagehöhe: 3.200 m, Wartungsfaktor: 0.67

Werte in Lux, Maßstab 1:200

Fläche	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$
Nutzebene	/	145	44	222	0.305
Boden	20	127	32	205	0.254
Decke	50	31	2.69	101	0.087
Wände (4)	49	54	1.60	692	/

**Nutzebene:**

Höhe: 0.750 m  
Raster: 64 x 64 Punkte  
Randzone: 0.000 m

**Leuchten-Stückliste**

Nr.	Stück	Bezeichnung (Korrekturfaktor)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	8	TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line (1.000)	5000	64.0
Gesamt:			40000	512.0

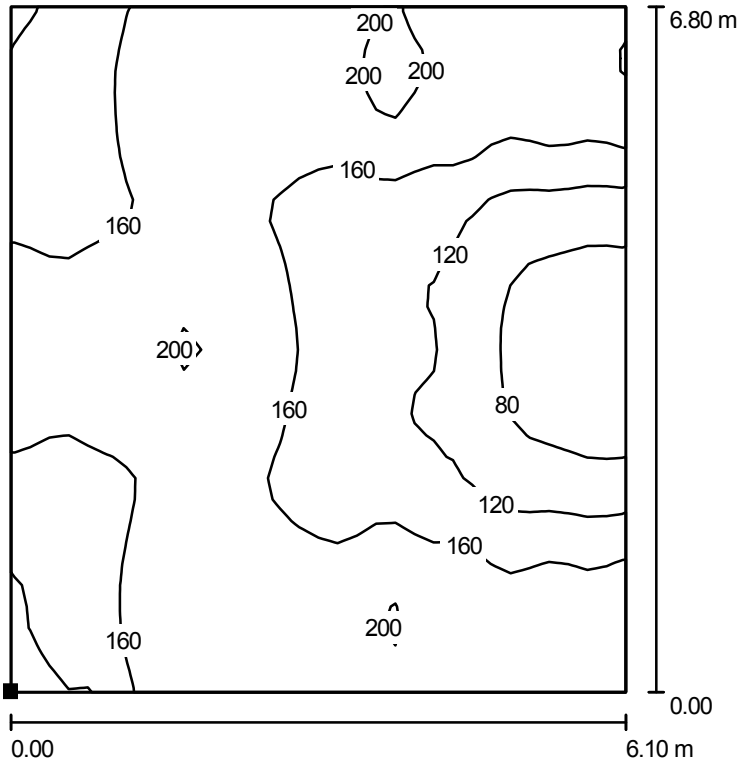
Spezifischer Anschlußwert:  $8.55 \text{ W/m}^2 = 5.88 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Grundfläche:  $59.85 \text{ m}^2$ )

**HS 2707 Klassenraum E48, Bestand**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

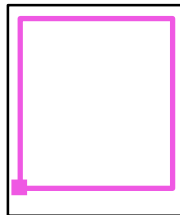
Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Klassenraum E 48, mit Zwischendecke / Lichtscene 1 / Arbeitsbereich / Isolinien (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.500 m, 1.100 m, 0.750 m)



Raster: 32 x 32 Punkte

$E_m$  [lx]  
 155

$E_{min}$  [lx]  
 56

$E_{max}$  [lx]  
 231

$g_1$   
 0.358

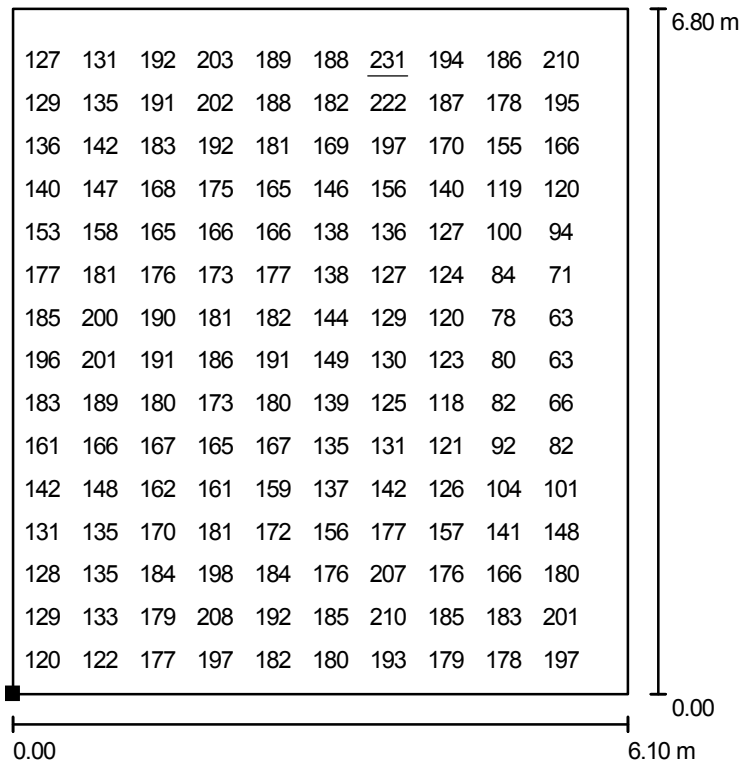
$g_2$   
 0.241

**HS 2707 Klassenraum E48, Bestand**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

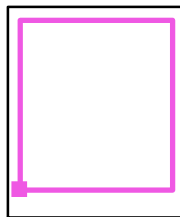
**Klassenraum E 48, mit Zwischendecke / Lichtszene 1 / Arbeitsbereich / Wertegrafik (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Nicht alle berechneten Werte können dargestellt werden.

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.500 m, 1.100 m, 0.750 m)



Raster: 32 x 32 Punkte

$E_m$  [lx]  
155

$E_{min}$  [lx]  
56

$E_{max}$  [lx]  
231

$g_1$   
0.358

$g_2$   
0.241

## **HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

Ansprechpartner(in):  
Auftragsnr.:  
Firma:  
Kundennr.:

Datum: 05.07.2010  
Bearbeiter(in): Otte

**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**



05.07.2010

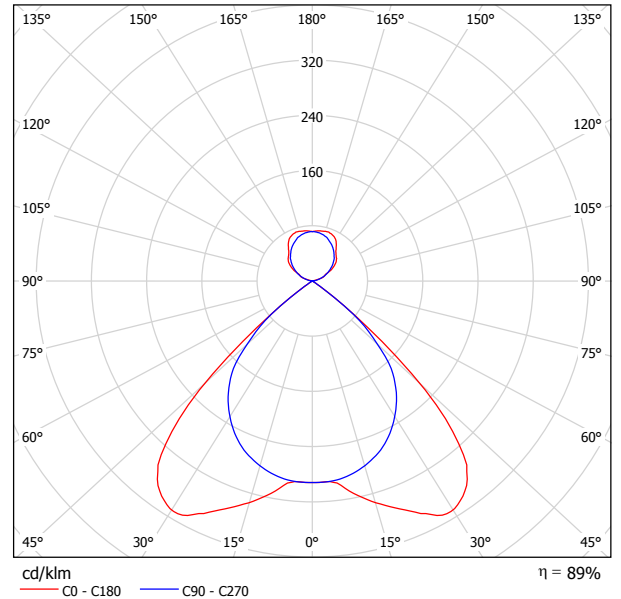
HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Zumtobel 42 158 595 FAD-ID 1/35W T16 L840 API500 [STD] / Leuchtendatenblatt**



Lichtaustritt 1:



Leuchtenklassifikation nach DIN: B42  
CIE Flux Code: 71 100 100 77 89

Pendelleuchte m. Darklightraster BIVERGENZ® plus, 1/35W, für T16-Lampen, mit elektronischem Vorschaltgerät. Einfache Miral-Schnellmontage zur Verbindung von Leuchtengehäuse und Abhängung. Leuchte mit Lampen in Lichtfarbe 840. Das Gehäuse besteht aus profiliertem Stahlblech und ist mit besonders kratzfestem Speziallack weiss beschichtet. Die Endstücke aus hoch UV-beständigem weißem Kunststoff sind werkzeuglos gegen Lichtbandverbinder (Zubehör) austauschbar; es ist nur eine Deckenbefestigung pro Lichtbandverbindungsstelle erforderlich. Pendelrohr-Abhängeset bestehend aus 2 Stück Deckenrosetten und 2 Stück Pendelrohren 500mm; elektrische Anschlussklemmen sind im Abhängungsset enthalten.  
BIVERGENZ® plus Spiegelraster aus hochglänzendem, eloxiertem, reflexionsverstärkendem Reinstaluminium, mit UniQue®-Lamellentechnologie, für höchste Effizienz und einer Blendbegrenzung gemäss EN12464 für Bildschirmarbeitsplätze. Abstrahlcharakteristik indirekt/direkt;  
Abmessungen 1585 x 184 x 69 mm; Gewicht: 3,8 kg.

Lichtaustritt 1:

Blendungsbewertung nach UGR											
	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Decke	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Wände	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
ρ Boden	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Raumgröße X Y	Blickrichtung quer zur Lampenachse					Blickrichtung längs zur Lampenachse					
2H	2H	16.3	17.2	16.9	17.7	18.3	15.5	16.3	16.0	16.8	17.5
	3H	16.1	16.9	16.7	17.4	18.1	15.2	16.0	15.9	16.6	17.2
	4H	16.0	16.7	16.7	17.3	18.0	15.1	15.8	15.8	16.4	17.1
	6H	15.9	16.5	16.6	17.2	17.9	15.0	15.6	15.7	16.3	17.0
	8H	15.9	16.4	16.5	17.1	17.8	15.0	15.6	15.6	16.2	16.9
	12H	15.8	16.4	16.5	17.0	17.8	14.9	15.5	15.6	16.1	16.9
4H	2H	16.1	16.8	16.7	17.4	18.1	15.2	15.9	15.8	16.5	17.2
	3H	15.9	16.4	16.6	17.1	17.8	15.0	15.5	15.7	16.2	16.9
	4H	15.8	16.3	16.5	16.9	17.7	14.9	15.3	15.6	16.0	16.8
	6H	15.7	16.1	16.4	16.8	17.6	14.8	15.2	15.5	15.9	16.7
	8H	15.6	16.0	16.3	16.7	17.5	14.7	15.1	15.4	15.8	16.6
	12H	15.5	15.9	16.3	16.6	17.5	14.6	15.0	15.4	15.7	16.6
8H	4H	15.6	16.0	16.3	16.7	17.5	14.7	15.1	15.4	15.8	16.6
	6H	15.5	15.8	16.2	16.5	17.4	14.6	14.9	15.3	15.6	16.5
	8H	15.4	15.7	16.2	16.4	17.3	14.5	14.8	15.3	15.5	16.4
	12H	15.3	15.6	16.1	16.3	17.3	14.4	14.7	15.2	15.4	16.4
12H	4H	15.5	15.9	16.3	16.6	17.5	14.6	15.0	15.4	15.7	16.6
	6H	15.4	15.7	16.2	16.4	17.3	14.5	14.8	15.3	15.5	16.4
	8H	15.3	15.6	16.1	16.3	17.3	14.4	14.7	15.2	15.4	16.4
Variation der Beobachterposition für Leuchtenabstände S											
S = 1.0H	+2.4 / -10.4					+2.5 / -8.5					
S = 1.5H	+4.2 / -23.9					+3.8 / -23.7					
S = 2.0H	+6.2 / -26.7					+5.2 / -24.3					
Standartabelle	BK00					BK00					
Korrektursummand	-2.1					-3.0					
Korrigierte Blendindizes bezogen auf 3300lm Gesamtlichtstrom											

**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**



05.07.2010

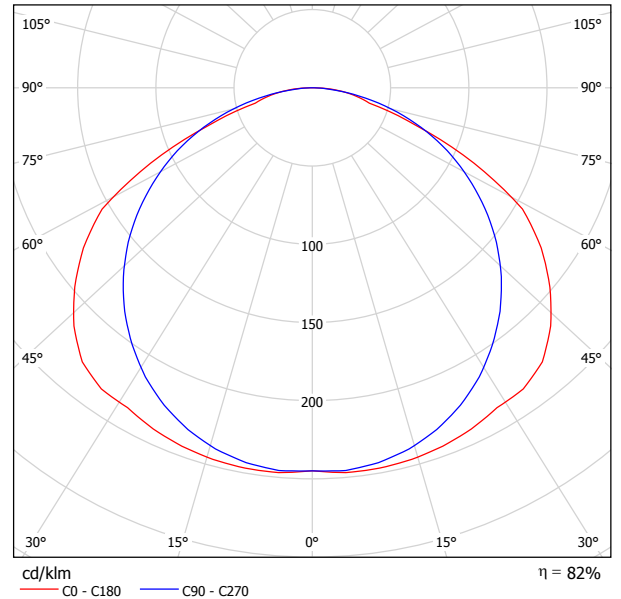
HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line / Leuchtendatenblatt**



Lichtaustritt 1:



Leuchtenklassifikation nach DIN: A40  
CIE Flux Code: 44 77 96 100 82

Lichtband mit halbrunden Reflektoren ... längigem Tragprofil mit ...  
Geräteträgern in Schutzart IP 50 für 1 LL 58 W und ... Blindabdeckungen.  
Lichtband komplett mit Kupplungen, 5- oder 7-Leiter-Verdrahtung 1,5 mm<sup>2</sup>,  
Reflektorverbindern und -endabdeckungen, werkzeuglos montierbar,  
selbsttätige elektrische Verbindung durch Steckkontakte mit Phasenwahl.  
Mit elektronischem Vorschaltgerät.

Lichtaustritt 1:

Blendungsbewertung nach UGR											
	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Decke	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Wände	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Boden	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Raumgröße X Y	Blickrichtung quer zur Lampenachse					Blickrichtung längs zur Lampenachse					
2H	2H	19.5	20.9	19.8	21.1	21.4	18.3	19.7	18.6	19.9	20.2
	3H	20.7	22.0	21.1	22.3	22.5	20.0	21.3	20.3	21.5	21.8
	4H	21.0	22.2	21.3	22.5	22.8	20.7	21.9	21.1	22.2	22.5
	6H	21.2	22.3	21.6	22.6	22.9	21.2	22.3	21.6	22.6	22.9
	8H	21.3	22.4	21.7	22.7	23.0	21.4	22.4	21.7	22.7	23.0
	12H	21.4	22.4	21.8	22.7	23.1	21.4	22.4	21.8	22.7	23.1
4H	2H	20.2	21.4	20.6	21.7	22.0	19.4	20.5	19.7	20.8	21.1
	3H	21.6	22.6	22.0	22.9	23.3	21.2	22.3	21.6	22.6	22.9
	4H	21.9	22.8	22.3	23.2	23.6	22.1	23.0	22.5	23.4	23.7
	6H	22.2	23.0	22.7	23.4	23.8	22.7	23.5	23.1	23.9	24.3
	8H	22.4	23.1	22.8	23.5	23.9	22.9	23.6	23.3	24.0	24.4
	12H	22.5	23.2	23.0	23.6	24.0	23.0	23.7	23.5	24.1	24.5
8H	4H	22.2	22.9	22.7	23.3	23.8	22.4	23.1	22.8	23.5	23.9
	6H	22.6	23.2	23.1	23.6	24.1	23.1	23.7	23.6	24.1	24.6
	8H	22.8	23.4	23.3	23.8	24.3	23.4	23.9	23.9	24.3	24.8
	12H	23.0	23.5	23.5	24.0	24.5	23.6	24.0	24.0	24.5	25.0
	4H	22.2	22.9	22.7	23.3	23.7	22.4	23.0	22.8	23.5	23.9
	6H	22.7	23.2	23.2	23.6	24.1	23.2	23.7	23.6	24.1	24.6
8H	22.9	23.4	23.4	23.8	24.3	23.4	23.9	23.9	24.4	24.9	
Variation der Beobachterposition für Leuchtenabstände S											
S = 1.0H	+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H	+0.3 / -0.3					+0.3 / -0.4					
S = 2.0H	+0.7 / -0.9					+0.6 / -0.9					
Standardtabelle	BK04					BK06					
Korrektursummand	4.5					5.4					
Korrigierte Blendindizes bezogen auf 5000lm Gesamtlichtstrom											

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

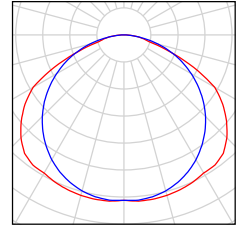
Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

---

### Rückbau Decke, 8 Leuchten / Leuchtenstückliste

---

18 Stück TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line  
Artikel-Nr.: E-Line T8 R 1x58W IP50 E  
Leuchtenlichtstrom: 5000 lm  
Leuchtenleistung: 64.0 W  
Leuchtenklassifikation nach DIN: A40  
CIE Flux Code: 44 77 96 100 82  
Bestückung: 1 x Benutzerdefiniert  
(Korrekturfaktor 1.000).



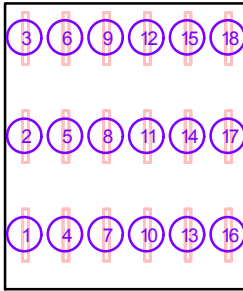
HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Rückbau Decke, 8 Leuchten / Leuchten (Koordinatenliste)**

**TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line**

5000 lm, 64.0 W, 1 x 1 x Benutzerdefiniert (Korrekturfaktor 1.000).



Nr.	Position [m]			Rotation [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.600	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
2	0.600	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
3	0.600	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
4	1.800	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
5	1.800	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
6	1.800	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
7	3.000	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
8	3.000	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
9	3.000	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
10	4.200	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
11	4.200	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
12	4.200	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
13	5.400	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
14	5.400	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
15	5.400	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
16	6.600	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
17	6.600	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
18	6.600	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0



**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

05.07.2010

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

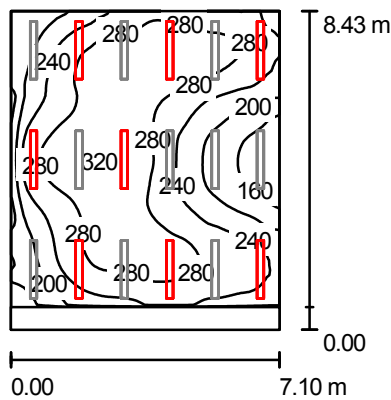
**Rückbau Decke, 8 Leuchten / Ansicht Bestandsbeleuchtung ohne Zwischendecke, 8 Leuchten (E < 300 Lux)**



**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Rückbau Decke, 8 Leuchten / Lichtszene 1 / Zusammenfassung**


Raumhöhe: 3.800 m, Montagehöhe: 3.200 m, Wartungsfaktor: 0.67

Werte in Lux, Maßstab 1:200

Fläche	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$
Nutzebene	/	251	133	323	0.531
Boden	20	210	46	267	0.222
Decke	50	22	4.22	52	0.189
Wände (4)	49	96	1.92	773	/

**Nutzebene:**

Höhe: 0.750 m  
Raster: 64 x 64 Punkte  
Randzone: 0.000 m

**Leuchten-Stückliste**

Nr.	Stück	Bezeichnung (Korrekturfaktor)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	8	TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line (1.000)	5000	64.0
Gesamt:			40000	512.0

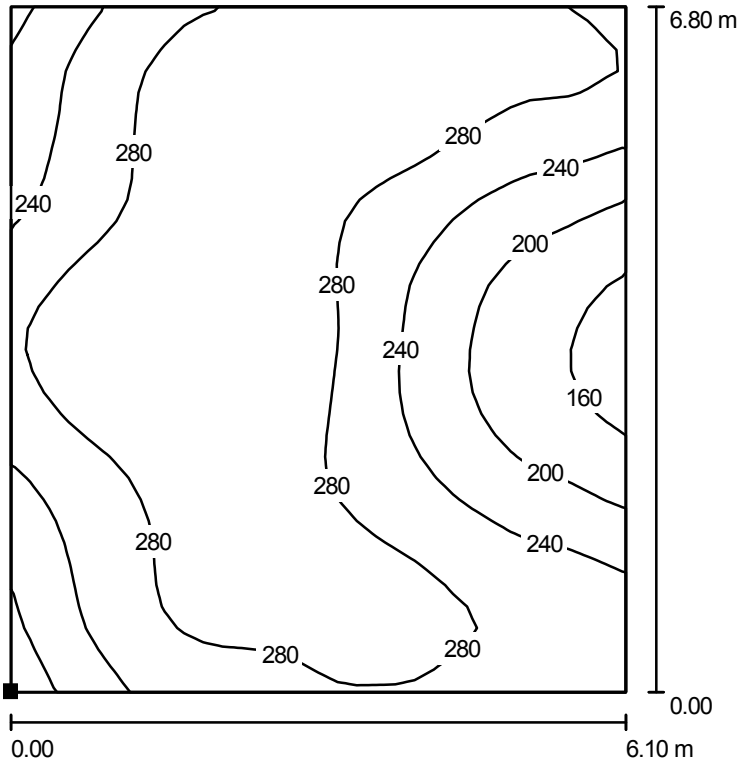
Spezifischer Anschlußwert:  $8.55 \text{ W/m}^2 = 3.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Grundfläche:  $59.85 \text{ m}^2$ )

**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

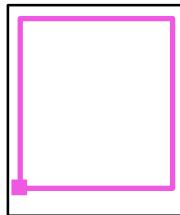
Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Rückbau Decke, 8 Leuchten / Lichtszene 1 / Arbeitsbereich / Isolinien (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.500 m, 1.100 m, 0.750 m)



Raster: 32 x 32 Punkte

$E_m$  [lx]  
 265

$E_{min}$  [lx]  
 143

$E_{max}$  [lx]  
 322

$g_1$   
 0.542

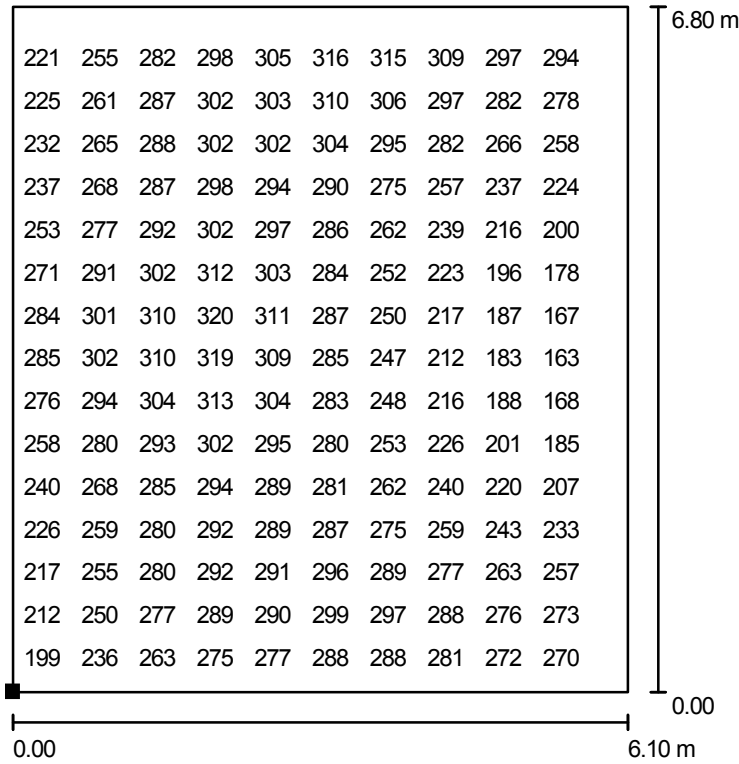
$g_2$   
 0.445

**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

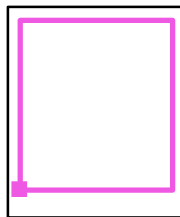
**Rückbau Decke, 8 Leuchten / Lichtszene 1 / Arbeitsbereich / Wertegrafik (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Nicht alle berechneten Werte können dargestellt werden.

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.500 m, 1.100 m, 0.750 m)



Raster: 32 x 32 Punkte

$E_m$  [lx]  
265

$E_{min}$  [lx]  
143

$E_{max}$  [lx]  
322

$g_1$   
0.542

$g_2$   
0.445

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

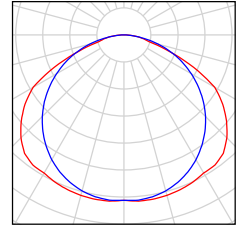
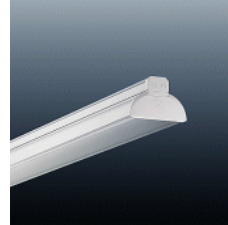
Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

---

### Rückbau Decke, 9 Leuchten / Leuchtenstückliste

---

18 Stück TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line  
Artikel-Nr.: E-Line T8 R 1x58W IP50 E  
Leuchtenlichtstrom: 5000 lm  
Leuchtenleistung: 64.0 W  
Leuchtenklassifikation nach DIN: A40  
CIE Flux Code: 44 77 96 100 82  
Bestückung: 1 x Benutzerdefiniert  
(Korrekturfaktor 1.000).



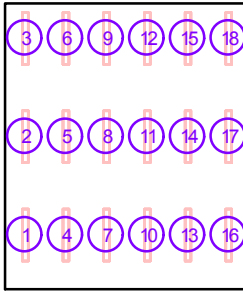
HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

### Rückbau Decke, 9 Leuchten / Leuchten (Koordinatenliste)

#### TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line

5000 lm, 64.0 W, 1 x 1 x Benutzerdefiniert (Korrekturfaktor 1.000).

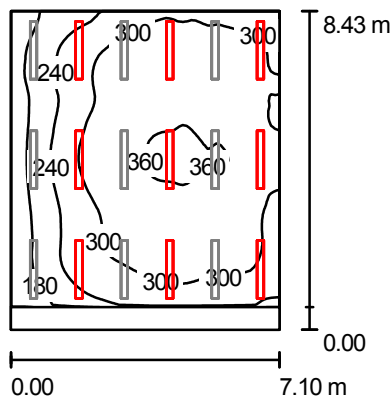


Nr.	Position [m]			Rotation [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.600	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
2	0.600	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
3	0.600	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
4	1.800	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
5	1.800	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
6	1.800	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
7	3.000	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
8	3.000	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
9	3.000	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
10	4.200	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
11	4.200	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
12	4.200	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
13	5.400	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
14	5.400	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
15	5.400	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0
16	6.600	1.600	3.200	0.0	0.0	0.0
17	6.600	4.500	3.200	0.0	0.0	0.0
18	6.600	7.400	3.200	0.0	0.0	0.0

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

### Rückbau Decke, 9 Leuchten / Lichtszene 1 / Zusammenfassung



Raumhöhe: 3.800 m, Montagehöhe: 3.200 m, Wartungsfaktor: 0.67

Werte in Lux, Maßstab 1:200

Fläche	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$
Nutzebene	/	290	119	376	0.409
Boden	20	242	53	323	0.220
Decke	50	25	4.57	58	0.179
Wände (4)	49	109	1.74	778	/

#### Nutzebene:

Höhe: 0.750 m  
Raster: 64 x 64 Punkte  
Randzone: 0.000 m

#### Leuchten-Stückliste

Nr.	Stück	Bezeichnung (Korrekturfaktor)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	9	TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line (1.000)	5000	64.0
Gesamt:			45000	576.0

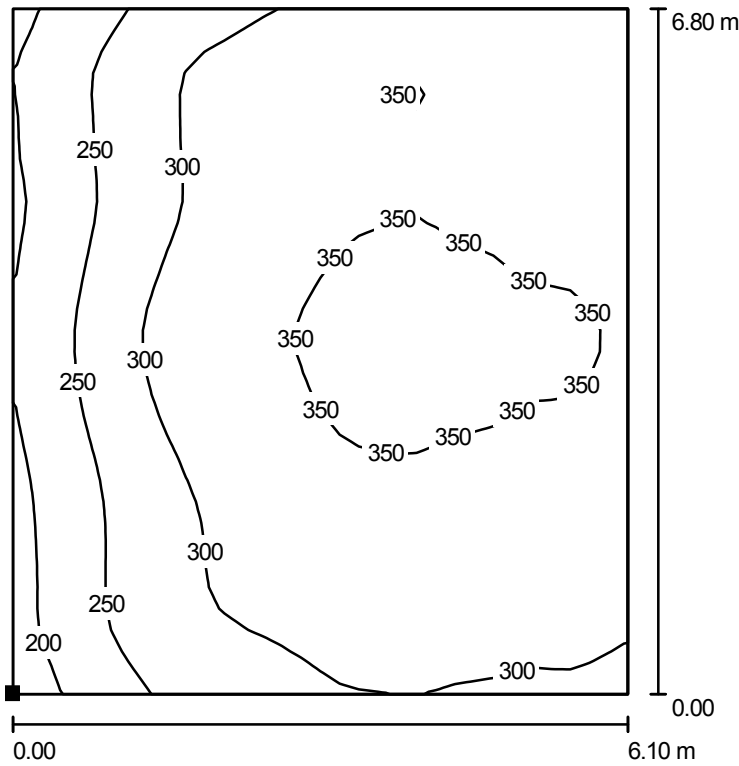
Spezifischer Anschlußwert:  $9.62 \text{ W/m}^2 = 3.31 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Grundfläche:  $59.85 \text{ m}^2$ )

**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

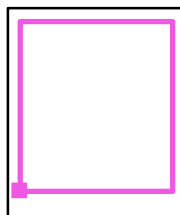
Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Rückbau Decke, 9 Leuchten / Lichtszene 1 / Arbeitsbereich / Isolinien (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.500 m, 1.100 m, 0.750 m)



Raster: 32 x 32 Punkte

$E_m$  [lx]  
 309

$E_{min}$  [lx]  
 172

$E_{max}$  [lx]  
 375

$g_1$   
 0.557

$g_2$   
 0.459

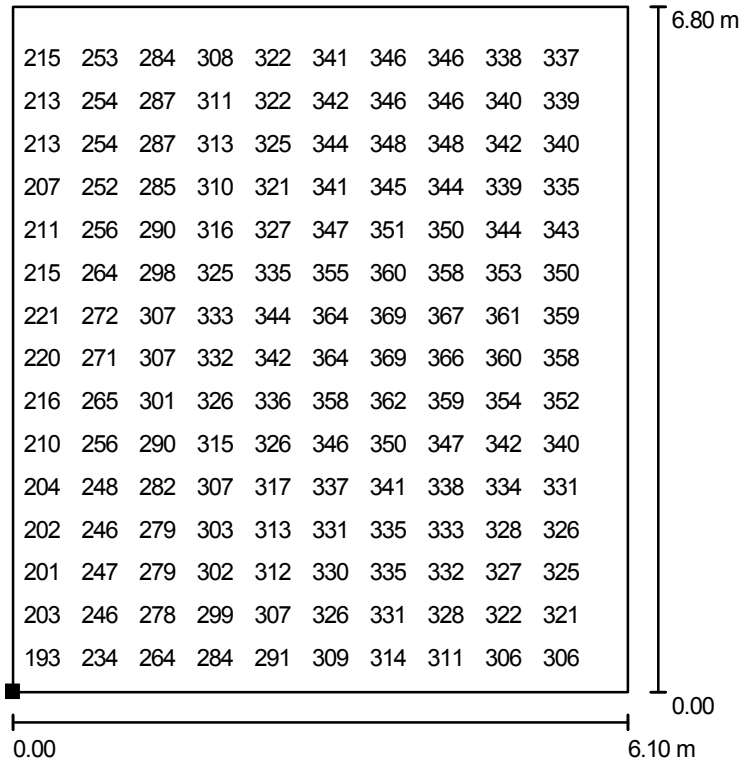


**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

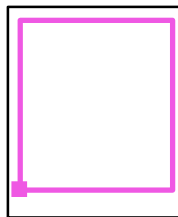
**Rückbau Decke, 9 Leuchten / Lichtszene 1 / Arbeitsbereich / Wertegrafik (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Nicht alle berechneten Werte können dargestellt werden.

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.500 m, 1.100 m, 0.750 m)



Raster: 32 x 32 Punkte

$E_m$  [lx]  
309

$E_{min}$  [lx]  
172

$E_{max}$  [lx]  
375

$g_1$   
0.557

$g_2$   
0.459

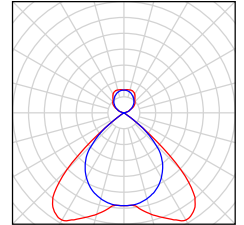
HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

---

**Basis 2 / Leuchtenstückliste**

9 Stück Zumtobel 42 158 595 FAD-ID 1/35W T16 L840  
API500 [STD]  
Artikel-Nr.: 42 158 595  
Leuchtenlichtstrom: 3300 lm  
Leuchtenleistung: 38.0 W  
Leuchtenklassifikation nach DIN: B42  
CIE Flux Code: 71 100 100 77 89  
Bestückung: 1 x T16 (Korrekturfaktor 1.000).



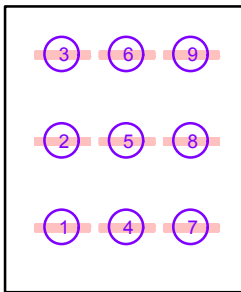
HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

## Basis 2 / Leuchten (Koordinatenliste)

### Zumtobel 42 158 595 FAD-ID 1/35W T16 L840 API500 [STD]

3300 lm, 38.0 W, 1 x 1 x T16 (Korrekturfaktor 1.000).

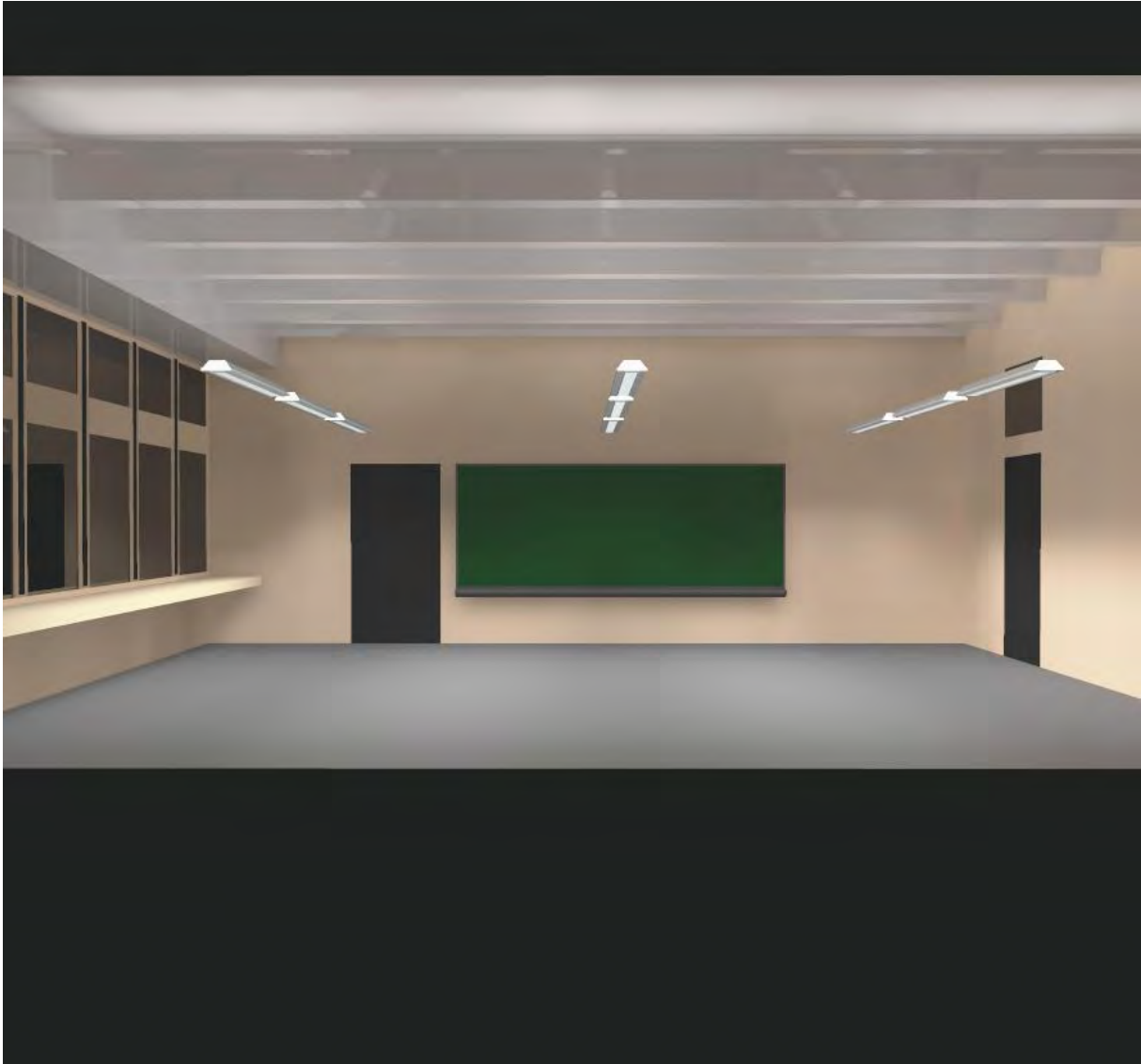


Nr.	Position [m]			Rotation [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1.700	1.900	2.350	0.0	0.0	90.0
2	1.700	4.450	2.350	0.0	0.0	90.0
3	1.700	7.000	2.350	0.0	0.0	90.0
4	3.600	1.900	2.350	0.0	0.0	90.0
5	3.600	4.450	2.350	0.0	0.0	90.0
6	3.600	7.000	2.350	0.0	0.0	90.0
7	5.500	1.900	2.350	0.0	0.0	90.0
8	5.500	4.450	2.350	0.0	0.0	90.0
9	5.500	7.000	2.350	0.0	0.0	90.0

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

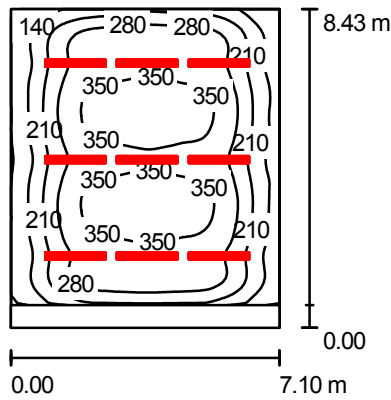
**Basis 2 / Ansicht Spiegelrasterleuchten abgependelt, 9 Leuchten (E > 300 Lux)**



**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Basis 2 / Lichtszene 1 / Zusammenfassung**


Raumhöhe: 3.800 m, Montagehöhe: 2.350 m, Wartungsfaktor: 0.67

Werte in Lux, Maßstab 1:200

Fläche	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$
Nutzebene	/	270	62	385	0.229
Boden	20	233	36	405	0.154
Decke	70	53	3.08	123	0.058
Wände (4)	49	40	0.76	164	/

**Nutzebene:**

Höhe: 0.750 m  
Raster: 64 x 64 Punkte  
Randzone: 0.000 m

**Leuchten-Stückliste**

Nr.	Stück	Bezeichnung (Korrekturfaktor)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	9	Zumtobel 42 158 595 FAD-ID 1/35W T16 L840 API500 [STD] (1.000)	3300	38.0
Gesamt:			29700	342.0

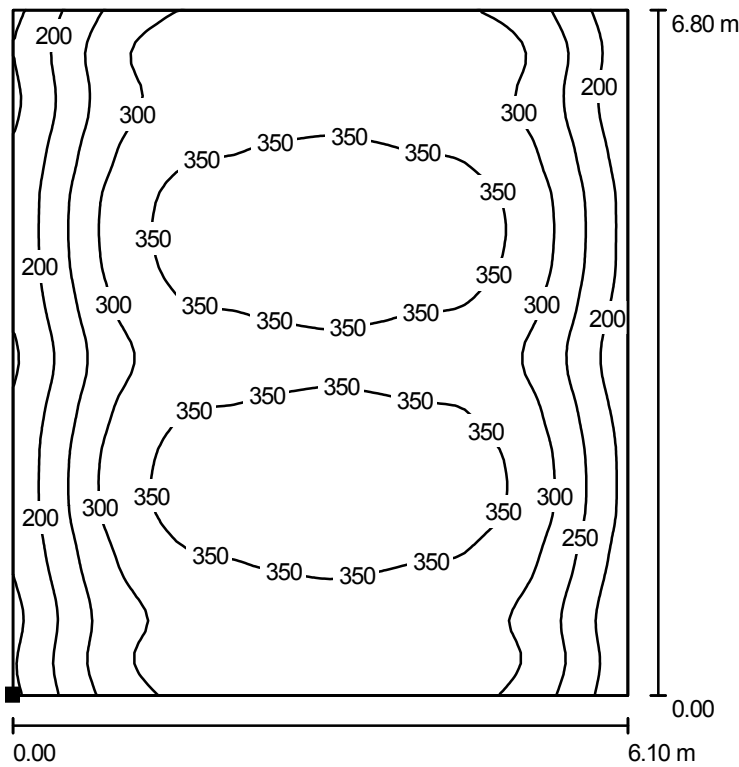
Spezifischer Anschlußwert:  $5.71 \text{ W/m}^2 = 2.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Grundfläche:  $59.85 \text{ m}^2$ )

**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

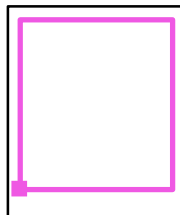
Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Basis 2 / Lichtszene 1 / Arbeitsbereich / Isolinien (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.500 m, 1.100 m, 0.750 m)



Raster: 64 x 64 Punkte

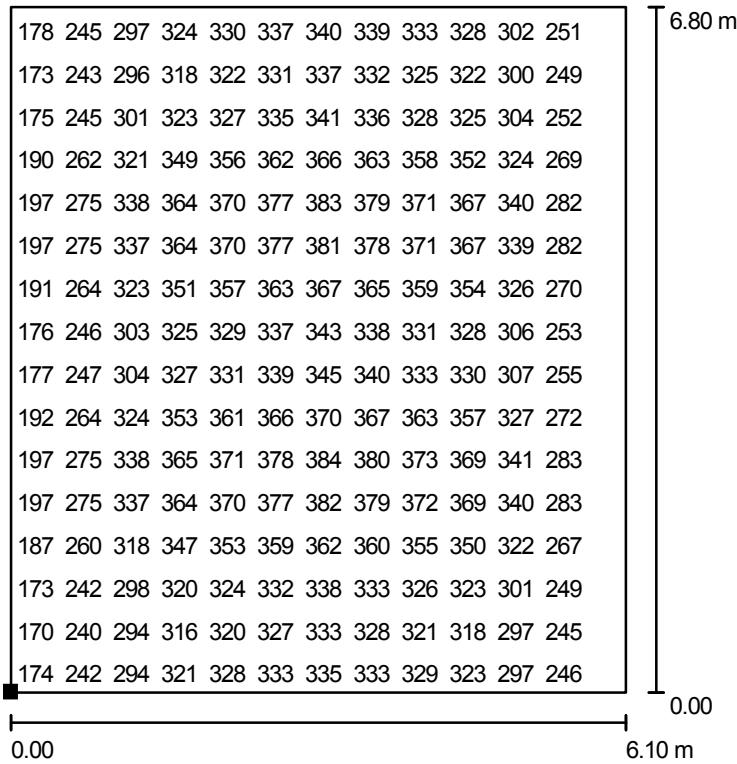
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$	$g_2$
307	138	385	0.450	0.358

**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

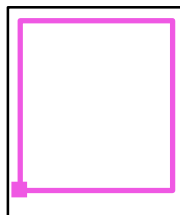
**Basis 2 / Lichtszene 1 / Arbeitsbereich / Wertegrafik (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Nicht alle berechneten Werte können dargestellt werden.

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.500 m, 1.100 m, 0.750 m)



Raster: 64 x 64 Punkte

$E_m$  [lx]  
307

$E_{min}$  [lx]  
138

$E_{max}$  [lx]  
385

$g_1$   
0.450

$g_2$   
0.358

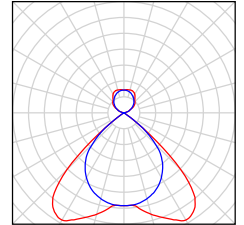
HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

---

**Variante 9 / Leuchtenstückliste**

9 Stück Zumtobel 42 158 595 FAD-ID 1/35W T16 L840  
API500 [STD]  
Artikel-Nr.: 42 158 595  
Leuchtenlichtstrom: 3300 lm  
Leuchtenleistung: 38.0 W  
Leuchtenklassifikation nach DIN: B42  
CIE Flux Code: 71 100 100 77 89  
Bestückung: 1 x T16 (Korrekturfaktor 1.000).







05.07.2010

**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

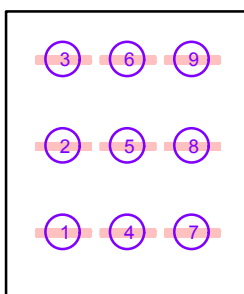
HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Variante 9 / Leuchten (Koordinatenliste)**

**Zumtobel 42 158 595 FAD-ID 1/35W T16 L840 API500 [STD]**

3300 lm, 38.0 W, 1 x 1 x T16 (Korrekturfaktor 1.000).



Nr.	Position [m]			Rotation [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1.700	1.900	2.350	0.0	0.0	90.0
2	1.700	4.450	2.350	0.0	0.0	90.0
3	1.700	7.000	2.350	0.0	0.0	90.0
4	3.600	1.900	2.350	0.0	0.0	90.0
5	3.600	4.450	2.350	0.0	0.0	90.0
6	3.600	7.000	2.350	0.0	0.0	90.0
7	5.500	1.900	2.350	0.0	0.0	90.0
8	5.500	4.450	2.350	0.0	0.0	90.0
9	5.500	7.000	2.350	0.0	0.0	90.0

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

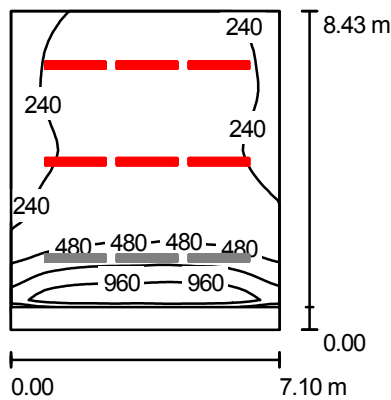
**Variante 9 / Ansicht Spiegelrasterleuchten, fassadenseitige Leuchten abgeschaltet (E > 300 Lux)**



HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

## Variante 9 / Lichtszene 1 / Zusammenfassung



Raumhöhe: 3.800 m, Montagehöhe: 2.350 m, Wartungsfaktor: 0.67

Werte in Lux, Maßstab 1:200

Fläche	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$
Nutzebene	/	419	116	1272	0.276
Boden	20	333	55	648	0.164
Decke	70	57	17	109	0.302
Wände (4)	49	120	2.74	792	/

### Nutzebene:

Höhe: 0.750 m  
Raster: 32 x 32 Punkte  
Randzone: 0.000 m

### Leuchten-Stückliste

Nr.	Stück	Bezeichnung (Korrekturfaktor)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	Zumtobel 42 158 595 FAD-ID 1/35W T16 L840 API500 [STD] (1.000)	3300	38.0
Gesamt:			19800	228.0

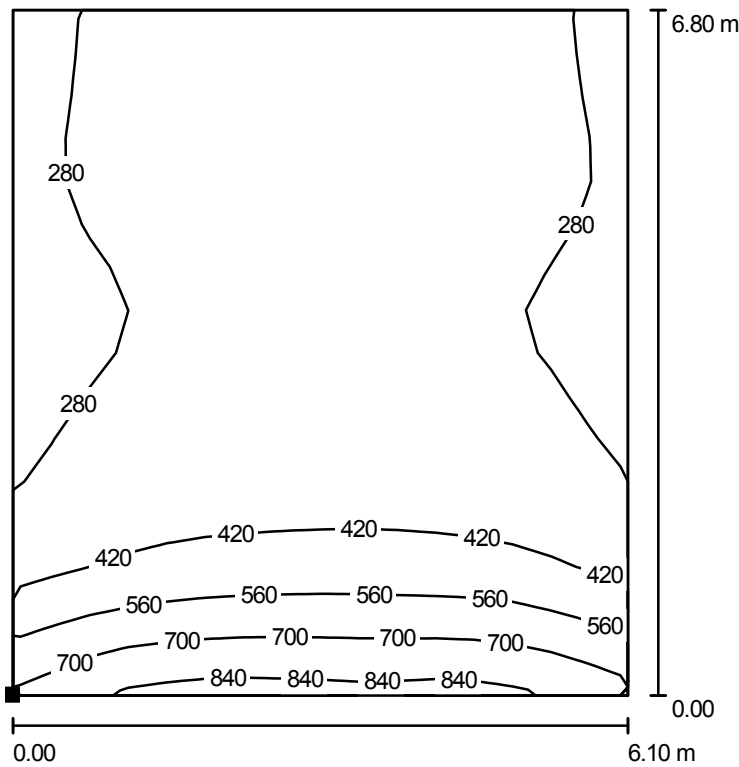
Spezifischer Anschlußwert:  $3.81 \text{ W/m}^2 = 0.91 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Grundfläche:  $59.85 \text{ m}^2$ )

**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

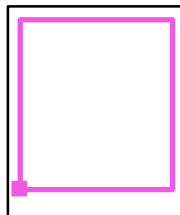
Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Variante 9 / Lichtszene 1 / Arbeitsbereich / Isolinien (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.500 m, 1.100 m, 0.750 m)



Raster: 16 x 16 Punkte

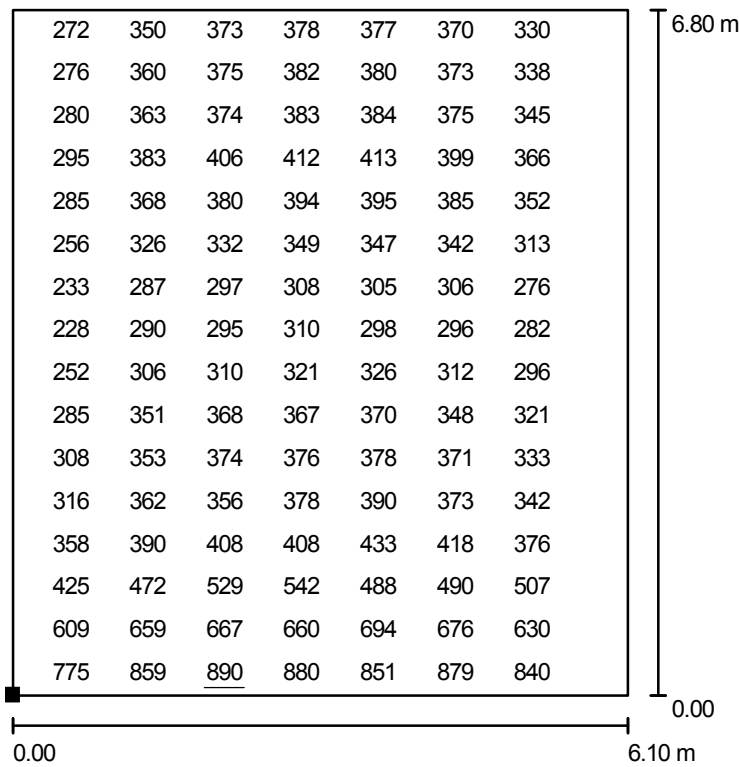
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$	$g_2$
392	195	890	0.498	0.219

**HS 2707 Klassenraum E48, Varianten**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

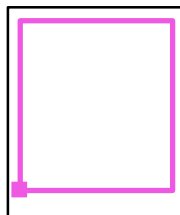
**Variante 9 / Lichtszene 1 / Arbeitsbereich / Wertegrafik (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Nicht alle berechneten Werte können dargestellt werden.

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.500 m, 1.100 m, 0.750 m)



Raster: 16 x 16 Punkte

$E_m$  [lx]  
392

$E_{min}$  [lx]  
195

$E_{max}$  [lx]  
890

$g_1$   
0.498

$g_2$   
0.219

## **HS 2707 Flur**

Ansprechpartner(in):  
Auftragsnr.:  
Firma:  
Kundennr.:

Datum: 05.07.2010  
Bearbeiter(in): Otte

**HS 2707 Flur**

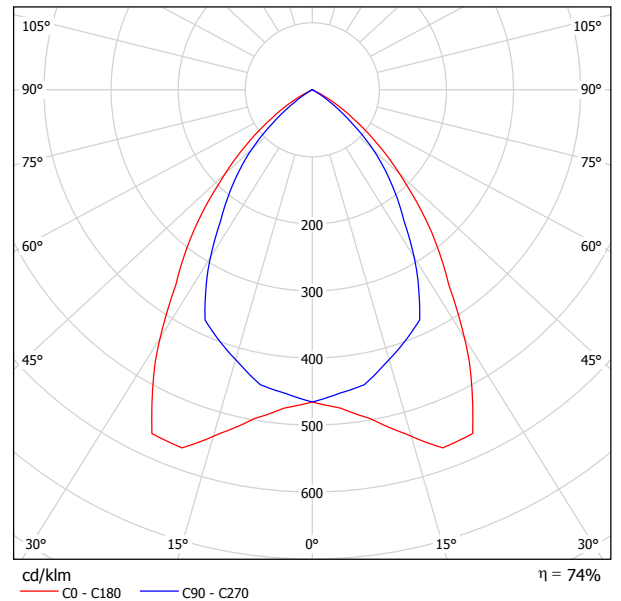
HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**tecnolight DA 028.010.017\_1x26W Decken-Anbau / Leuchtendatenblatt**

Lichtaustritt 1:

Ein Leuchtenbild entnehmen Sie bitte unserem Leuchtenkatalog.



Leuchtenklassifikation nach DIN: A60  
 CIE Flux Code: 81 100 100 100 74

Lichtaustritt 1:

Blendungsbewertung nach UGR											
ρ Decke	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Wände	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Boden	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Raumgröße X Y		Blickrichtung quer zur Lampenachse					Blickrichtung längs zur Lampenachse				
2H	2H	17.8	18.7	18.1	18.9	19.1	15.6	16.5	15.9	16.7	16.9
	3H	17.7	18.4	18.0	18.7	18.9	15.5	16.3	15.8	16.5	16.7
	4H	17.6	18.3	17.9	18.6	18.8	15.4	16.1	15.7	16.4	16.7
	6H	17.5	18.2	17.9	18.5	18.8	15.3	16.0	15.7	16.3	16.6
	8H	17.5	18.1	17.8	18.4	18.7	15.3	15.9	15.6	16.2	16.5
	12H	17.5	18.0	17.8	18.4	18.7	15.3	15.9	15.6	16.2	16.5
4H	2H	17.6	18.4	18.0	18.6	18.9	15.5	16.2	15.8	16.5	16.8
	3H	17.5	18.1	17.8	18.4	18.7	15.4	16.0	15.7	16.3	16.6
	4H	17.4	17.9	17.8	18.3	18.6	15.3	15.8	15.7	16.2	16.5
	6H	17.4	17.8	17.8	18.2	18.5	15.2	15.7	15.6	16.0	16.4
	8H	17.3	17.7	17.7	18.1	18.5	15.2	15.6	15.6	16.0	16.4
	12H	17.3	17.6	17.7	18.0	18.4	15.2	15.5	15.6	15.9	16.3
8H	4H	17.3	17.7	17.7	18.1	18.5	15.2	15.6	15.6	16.0	16.4
	6H	17.2	17.5	17.7	18.0	18.4	15.1	15.4	15.6	15.8	16.3
	8H	17.2	17.4	17.6	17.9	18.4	15.1	15.3	15.5	15.8	16.2
	12H	17.1	17.4	17.6	17.8	18.3	15.0	15.2	15.5	15.7	16.2
12H	4H	17.3	17.6	17.7	18.0	18.4	15.2	15.5	15.6	15.9	16.3
	6H	17.2	17.4	17.6	17.9	18.4	15.1	15.3	15.5	15.8	16.2
	8H	17.1	17.4	17.6	17.8	18.3	15.0	15.2	15.5	15.7	16.2
Variation der Beobachterposition für Leuchtenabstände S											
S = 1.0H	+1.6 / -2.8					+1.7 / -5.6					
S = 1.5H	+3.8 / -13.2					+3.6 / -17.9					
S = 2.0H	+5.8 / -38.8					+5.5 / -40.3					
Standardtabelle	BK00					BK00					
Korrektursummand	-1.9					-4.0					
Korrigierte Blendindizes bezogen auf 1800lm Gesamtlichtstrom											

**HS 2707 Flur**

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

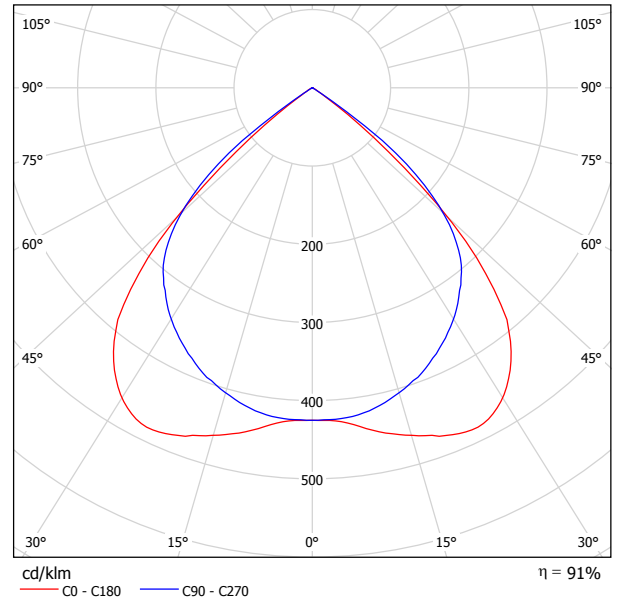
**Zumtobel 42 175 997 FAC 1/35W T16 F840 [STD] / Leuchtendatenblatt**



Leuchtenklassifikation nach DIN: A50  
CIE Flux Code: 71 100 100 100 91

Anbauleuchte mit Comforaster 1/35W, für T16-Lampen, mit elektronischem Vorschaltgerät. Die einzigartige und einfache Miral-Schnellmontage spart bis zu 50% der Montagezeit gegenüber marktüblichen Schlitzscheibenmontage. Leuchte mit Lampen in Lichtfarbe 840 und Bausschutzfolie. Das Gehäuse besteht aus profiliertem Stahlblech und ist mit besonders kratzfestem Speziallack beschichtet. Die Endstücke aus hoch UV-beständigem weißem Kunststoff sind für Lichtbandmontage vorort einfach und werkzeuglos gegen Lichtbandverbinder austauschbar. Bei Lichtbandmontage ist nur eine Deckenbefestigung pro Verbindungsstelle erforderlich, so werden zusätzlich zum Vorteil bei der Gehäusemontage noch 50% der Vorarbeiten für die Befestigung eingespart. Einfachster elektrischer Anschluss durch die an der Leuchtenoberseite von aussen zugängliche 5-polige Steckverbindungsklemme und breitem Kabelkanal für Anschluss- und Durchgangsverdrahtung. BIVERGENZ® plus Spiegelraster aus satiniertem, eloxiertem, reflexionsverstärkendem Reinstaluminium, mit UniQue®-Lamellentechnologie, für höchste Effizienz und einer Blendbegrenzung gemäss EN12464 für Bildschirmarbeitsplätze. Abmessungen 1585 x 184 x 74 mm; Gewicht: 3,6 kg.

Lichtaustritt 1:



Lichtaustritt 1:

Blendungsbewertung nach UGR											
	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Decke	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Wände	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
ρ Boden	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Raumgröße X Y	Blickrichtung quer zur Lampenachse					Blickrichtung längs zur Lampenachse					
2H	2H	17.8	18.8	18.1	19.0	19.2	18.2	19.1	18.4	19.3	19.5
	3H	17.7	18.6	18.0	18.8	19.0	18.0	18.9	18.3	19.1	19.4
	4H	17.6	18.4	17.9	18.7	19.0	17.9	18.7	18.3	19.0	19.3
	6H	17.6	18.3	17.9	18.6	18.9	17.9	18.6	18.2	18.9	19.2
	8H	17.5	18.2	17.9	18.5	18.8	17.8	18.5	18.2	18.8	19.1
	12H	17.5	18.1	17.8	18.4	18.8	17.8	18.5	18.2	18.8	19.1
4H	2H	17.8	18.6	18.1	18.8	19.1	18.0	18.8	18.3	19.1	19.3
	3H	17.6	18.3	18.0	18.6	18.9	17.9	18.5	18.2	18.8	19.2
	4H	17.5	18.1	17.9	18.4	18.8	17.8	18.4	18.2	18.7	19.1
	6H	17.5	18.0	17.9	18.3	18.7	17.7	18.2	18.1	18.6	19.0
	8H	17.4	17.9	17.8	18.3	18.7	17.7	18.1	18.1	18.5	18.9
	12H	17.4	17.8	17.8	18.2	18.6	17.6	18.0	18.1	18.4	18.9
8H	4H	17.4	17.9	17.8	18.3	18.7	17.7	18.1	18.1	18.5	18.9
	6H	17.3	17.7	17.8	18.1	18.6	17.6	18.0	18.1	18.4	18.8
	8H	17.3	17.6	17.8	18.1	18.5	17.6	17.9	18.0	18.3	18.8
	12H	17.2	17.5	17.7	18.0	18.5	17.5	17.8	18.0	18.2	18.7
12H	4H	17.4	17.8	17.8	18.2	18.6	17.6	18.0	18.1	18.4	18.9
	6H	17.3	17.6	17.8	18.1	18.5	17.6	17.9	18.0	18.3	18.8
	8H	17.2	17.5	17.7	18.0	18.5	17.5	17.8	18.0	18.2	18.7
Variation der Beobachterposition für Leuchtenabstände S											
S = 1.0H	+2.2 / -8.7					+1.9 / -4.3					
S = 1.5H	+3.8 / -20.3					+3.0 / -26.8					
S = 2.0H	+5.8 / -27.0					+4.9 / -29.0					
Standartabelle	BK00					BK00					
Korrektursummand	-1.0					-0.7					
Korrigierte Blendindizes bezogen auf 3300lm Gesamtlichtstrom											



**HS 2707 Flur**

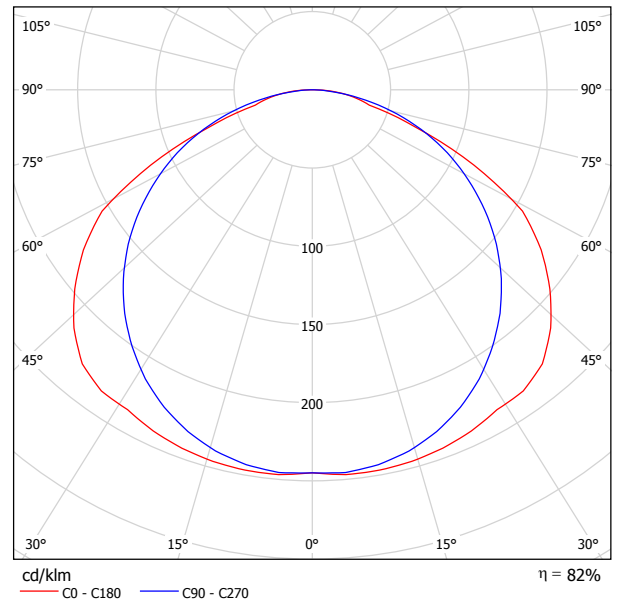
HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line / Leuchtendatenblatt**



Lichtaustritt 1:



Leuchtenklassifikation nach DIN: A40  
 CIE Flux Code: 44 77 96 100 82

Lichtband mit halbrunden Reflektoren ... längigem Tragprofil mit ...  
 Geräteträgern in Schutzart IP 50 für 1 LL 58 W und ... Blindabdeckungen.  
 Lichtband komplett mit Kupplungen, 5- oder 7-Leiter-Verdrahtung 1,5 mm<sup>2</sup>,  
 Reflektorverbindern und -endabdeckungen, werkzeuglos montierbar,  
 selbsttätige elektrische Verbindung durch Steckkontakte mit Phasenwahl.  
 Mit elektronischem Vorschaltgerät.

Lichtaustritt 1:

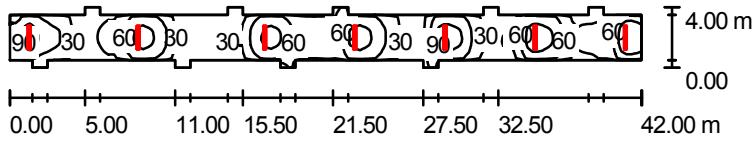
Blendungsbewertung nach UGR											
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Decke		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Wände		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
ρ Boden		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Raumgröße X Y		Blickrichtung quer zur Lampenachse					Blickrichtung längs zur Lampenachse				
2H	2H	19.5	20.9	19.8	21.1	21.4	18.3	19.7	18.6	19.9	20.2
	3H	20.7	22.0	21.1	22.3	22.5	20.0	21.3	20.3	21.5	21.8
	4H	21.0	22.2	21.3	22.5	22.8	20.7	21.9	21.1	22.2	22.5
	6H	21.2	22.3	21.6	22.6	22.9	21.2	22.3	21.6	22.6	22.9
	8H	21.3	22.4	21.7	22.7	23.0	21.4	22.4	21.7	22.7	23.0
	12H	21.4	22.4	21.8	22.7	23.1	21.4	22.4	21.8	22.7	23.1
4H	2H	20.2	21.4	20.6	21.7	22.0	19.4	20.5	19.7	20.8	21.1
	3H	21.6	22.6	22.0	22.9	23.3	21.2	22.3	21.6	22.6	22.9
	4H	21.9	22.8	22.3	23.2	23.6	22.1	23.0	22.5	23.4	23.7
	6H	22.2	23.0	22.7	23.4	23.8	22.7	23.5	23.1	23.9	24.3
	8H	22.4	23.1	22.8	23.5	23.9	22.9	23.6	23.3	24.0	24.4
	12H	22.5	23.2	23.0	23.6	24.0	23.0	23.7	23.5	24.1	24.5
8H	4H	22.2	22.9	22.7	23.3	23.8	22.4	23.1	22.8	23.5	23.9
	6H	22.6	23.2	23.1	23.6	24.1	23.1	23.7	23.6	24.1	24.6
	8H	22.8	23.4	23.3	23.8	24.3	23.4	23.9	23.9	24.3	24.8
	12H	23.0	23.5	23.5	24.0	24.5	23.6	24.0	24.0	24.5	25.0
	4H	22.2	22.9	22.7	23.3	23.7	22.4	23.0	22.8	23.5	23.9
	6H	22.7	23.2	23.2	23.6	24.1	23.2	23.7	23.6	24.1	24.6
8H	22.9	23.4	23.4	23.8	24.3	23.4	23.9	23.9	24.4	24.9	
Variation der Beobachterposition für Leuchtenabstände S											
S = 1.0H		+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1				
S = 1.5H		+0.3 / -0.3					+0.3 / -0.4				
S = 2.0H		+0.7 / -0.9					+0.6 / -0.9				
Standardtabelle		BK04					BK06				
Korrektursummand		4.5					5.4				
Korrigierte Blendindizes bezogen auf 5000lm Gesamtlichtstrom											

**HS 2707 Flur**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur mit Zwischendecke / Zusammenfassung**



Raumhöhe: 3.800 m, Montagehöhe: 3.200 m, Wartungsfaktor: 0.67

Werte in Lux, Maßstab 1:500

Fläche	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$
Nutzebene	/	51	10.00	119	0.194
Boden	20	50	9.98	108	0.199
Decke	70	30	5.00	107	0.167
Wände (40)	50	26	4.73	129	/

**Nutzebene:**

Höhe: 0.200 m  
 Raster: 128 x 32 Punkte  
 Randzone: 0.000 m

**Leuchten-Stückliste**

Nr.	Stück	Bezeichnung (Korrekturfaktor)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	7	TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line (1.000)	5000	64.0
Gesamt:			35000	448.0

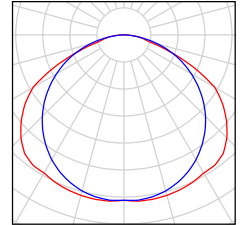
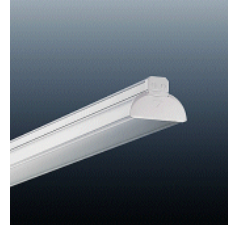
Spezifischer Anschlußwert:  $3.43 \text{ W/m}^2 = 6.67 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Grundfläche:  $130.50 \text{ m}^2$ )

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

## Flur mit Zwischendecke / Leuchtenstückliste

7 Stück TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line  
Artikel-Nr.: E-Line T8 R 1x58W IP50 E  
Leuchtenlichtstrom: 5000 lm  
Leuchtenleistung: 64.0 W  
Leuchtenklassifikation nach DIN: A40  
CIE Flux Code: 44 77 96 100 82  
Bestückung: 1 x Benutzerdefiniert  
(Korrekturfaktor 1.000).





05.07.2010

**HS 2707 Flur**

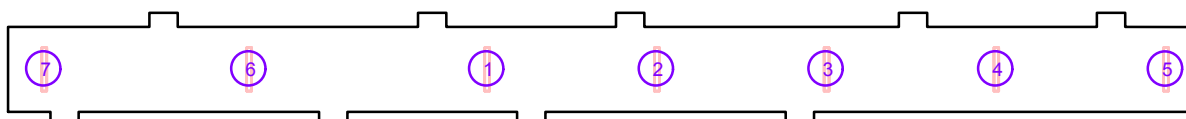
HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur mit Zwischendecke / Leuchten (Koordinatenliste)**

**TRILUX E-Line T8 R 1x58W IP50 E E-Line**

5000 lm, 64.0 W, 1 x 1 x Benutzerdefiniert (Korrekturfaktor 1.000).



Nr.	Position [m]			Rotation [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	16.946	1.500	3.200	0.0	0.0	0.0
2	22.946	1.500	3.200	0.0	0.0	0.0
3	28.946	1.500	3.200	0.0	0.0	0.0
4	34.946	1.500	3.200	0.0	0.0	0.0
5	40.946	1.500	3.200	0.0	0.0	0.0
6	8.535	1.500	3.200	0.0	0.0	0.0
7	1.286	1.500	3.200	0.0	0.0	0.0

**HS 2707 Flur**

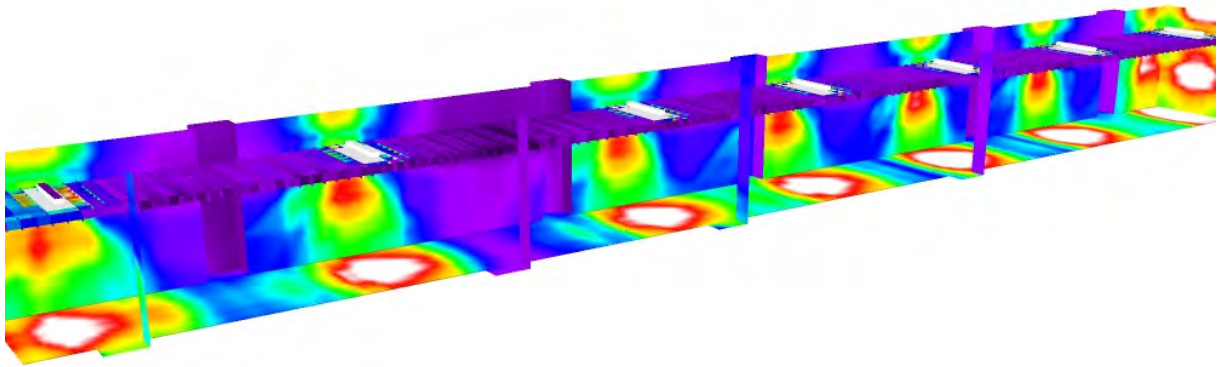


05.07.2010

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur mit Zwischendecke / Falschfarben Rendering**



0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail [jh.otte@hsgp.de](mailto:jh.otte@hsgp.de)

**Flur mit Zwischendecke / Ansicht Flur mit Zwischendecke ( $E < 100$  Lux)**



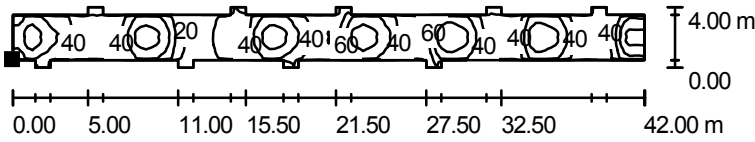
**HS 2707 Flur**

05.07.2010

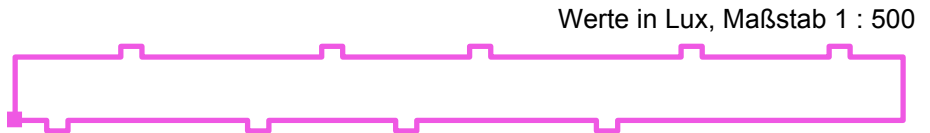
HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur mit Zwischendecke / Boden / Isolinien (E)**



Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Raster: 128 x 32 Punkte

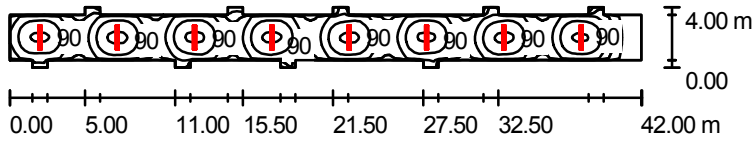
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$	$g_2$
50	9.98	108	0.199	0.093

**HS 2707 Flur**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur ohne Zwischendecke / Zusammenfassung**



Raumhöhe: 3.800 m, Montagehöhe: 2.800 m, Wartungsfaktor: 0.67

Werte in Lux, Maßstab 1:500

Fläche	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$
Nutzebene	/	101	7.12	155	0.071
Boden	20	97	8.07	137	0.083
Decke	70	14	6.99	19	0.503
Wände (40)	50	28	5.36	102	/

**Nutzebene:**

Höhe: 0.200 m  
 Raster: 128 x 32 Punkte  
 Randzone: 0.000 m

**Leuchten-Stückliste**

Nr.	Stück	Bezeichnung (Korrekturfaktor)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	8	Zumtobel 42 175 997 FAC 1/35W T16 F840 [STD] (1.000)	3300	38.0
Gesamt:			26400	304.0

Spezifischer Anschlußwert:  $2.33 \text{ W/m}^2 = 2.31 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Grundfläche:  $130.50 \text{ m}^2$ )



HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

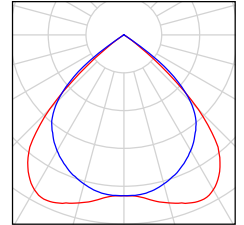
Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

---

### Flur ohne Zwischendecke / Leuchtenstückliste

---

8 Stück Zumtobel 42 175 997 FAC 1/35W T16 F840  
[STD]  
Artikel-Nr.: 42 175 997  
Leuchtenlichtstrom: 3300 lm  
Leuchtenleistung: 38.0 W  
Leuchtenklassifikation nach DIN: A50  
CIE Flux Code: 71 100 100 100 91  
Bestückung: 1 x T16 (Korrekturfaktor 1.000).





05.07.2010

**HS 2707 Flur**

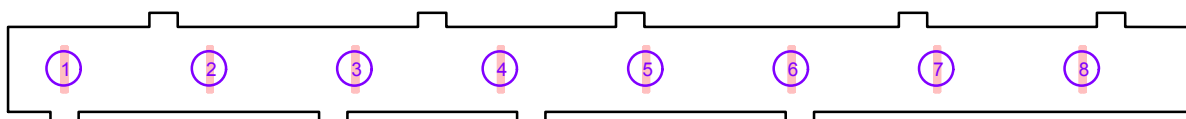
HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur ohne Zwischendecke / Leuchten (Koordinatenliste)**

**Zumtobel 42 175 997 FAC 1/35W T16 F840 [STD]**

3300 lm, 38.0 W, 1 x 1 x T16 (Korrekturfaktor 1.000).



Nr.	Position [m]			Rotation [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	2.000	1.500	2.800	0.0	0.0	0.0
2	7.143	1.500	2.800	0.0	0.0	0.0
3	12.286	1.500	2.800	0.0	0.0	0.0
4	17.429	1.500	2.800	0.0	0.0	0.0
5	22.571	1.500	2.800	0.0	0.0	0.0
6	27.714	1.500	2.800	0.0	0.0	0.0
7	32.857	1.500	2.800	0.0	0.0	0.0
8	38.000	1.500	2.800	0.0	0.0	0.0

**HS 2707 Flur**

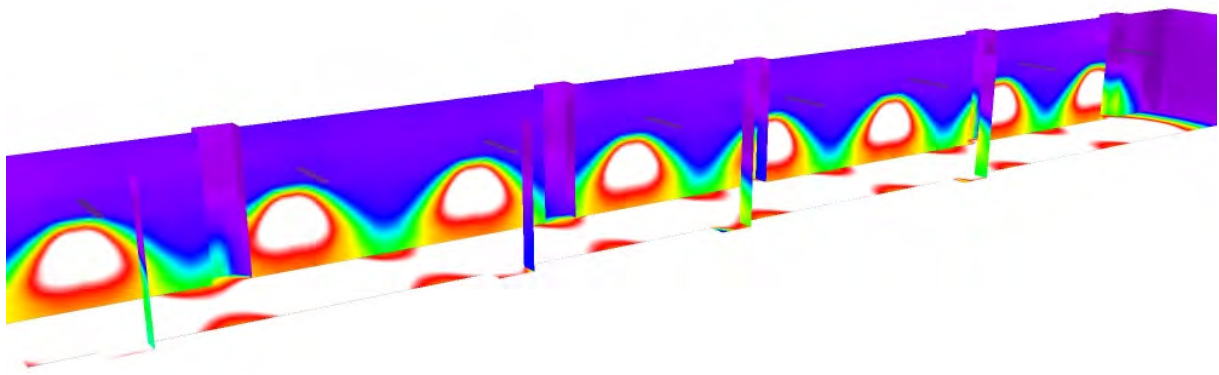


05.07.2010

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur ohne Zwischendecke / Falschfarben Rendering**



0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx

**HS 2707 Flur**



05.07.2010

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur ohne Zwischendecke / Ansicht Flur mit Spiegelrasterleuchten ohne Zwischendecke (E> 100 Lux)**

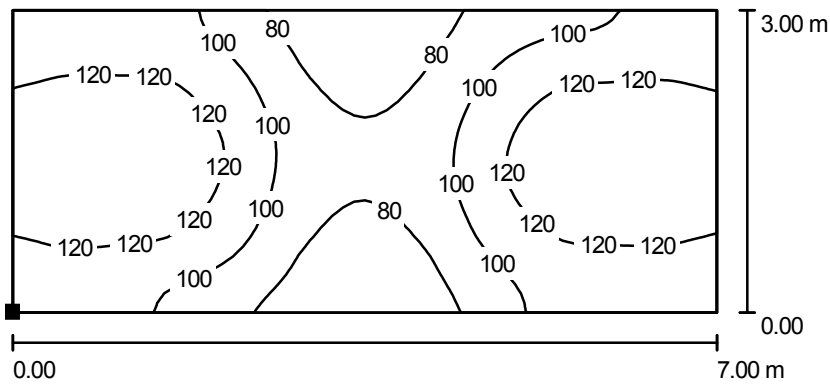


**HS 2707 Flur**

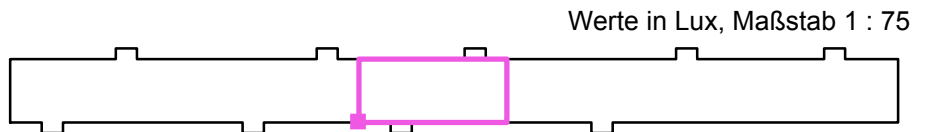
HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur ohne Zwischendecke / Berechnungsfläche 1 / Isolinien (E, senkrecht)**



Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (16.500 m, 0.000 m, 0.000 m)



Raster: 64 x 32 Punkte

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$	$g_2$
106	64	137	0.600	0.465



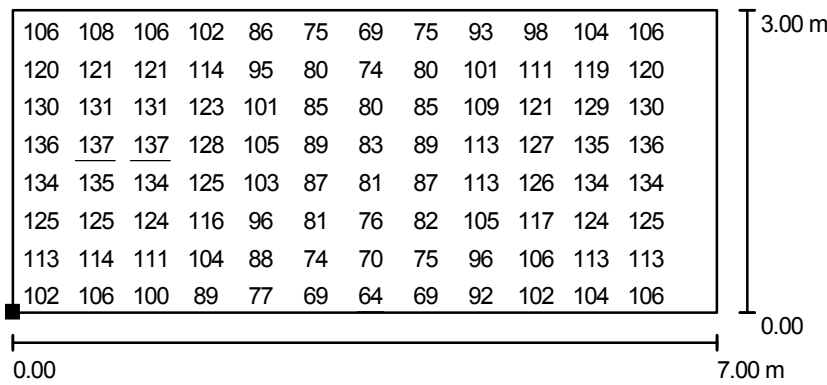
05.07.2010

**HS 2707 Flur**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

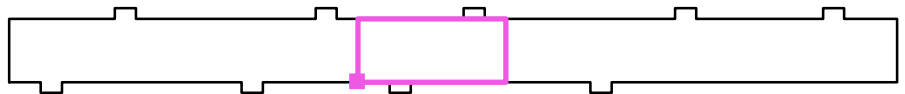
**Flur ohne Zwischendecke / Berechnungsfläche 1 / Wertegrafik (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Nicht alle berechneten Werte können dargestellt werden.

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (16.500 m, 0.000 m, 0.000 m)



Raster: 64 x 32 Punkte

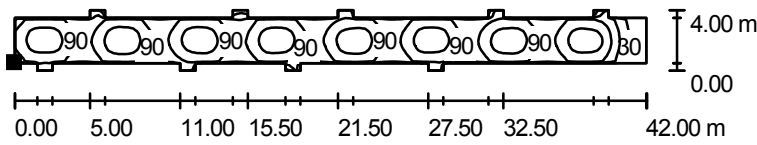
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$	$g_2$
106	64	137	0.600	0.465

**HS 2707 Flur**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur ohne Zwischendecke / Boden / Isolinien (E)**



Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)

Werte in Lux, Maßstab 1 : 500



Raster: 128 x 32 Punkte

$E_m$  [lx]  
 97

$E_{min}$  [lx]  
 8.07

$E_{max}$  [lx]  
 137

$g_1$   
 0.083

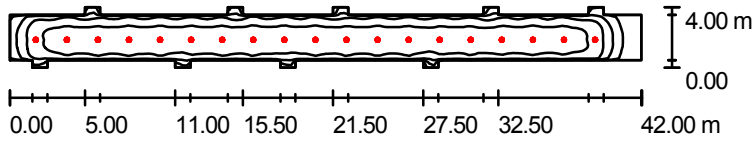
$g_2$   
 0.059

**HS 2707 Flur**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur mit Zwischendecke, Downlights / Zusammenfassung**



Raumhöhe: 3.800 m, Montagehöhe: 3.020 m, Wartungsfaktor: 0.67

Werte in Lux, Maßstab 1:500

Fläche	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$
Nutzebene	/	109	8.80	137	0.081
Boden	20	105	9.23	129	0.088
Decke	70	7.55	3.81	9.30	0.504
Wände (40)	50	25	3.67	74	/

**Nutzebene:**

Höhe: 0.200 m  
 Raster: 128 x 32 Punkte  
 Randzone: 0.000 m

**Leuchten-Stückliste**

Nr.	Stück	Bezeichnung (Korrekturfaktor)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	19	tecnolight DA 028.010.017_1x26W Decken-Anbau (1.000)	1800	27.0
Gesamt:			34200	513.0

Spezifischer Anschlußwert:  $3.93 \text{ W/m}^2 = 3.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Grundfläche:  $130.50 \text{ m}^2$ )



HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

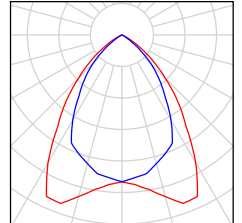
---

### Flur mit Zwischendecke, Downlights / Leuchtenstückliste

---

19 Stück tecnolight DA 028.010.017\_1x26W Decken-  
Anbau  
Artikel-Nr.: DA 028.010.017\_1x26W  
Leuchtenlichtstrom: 1800 lm  
Leuchtenleistung: 27.0 W  
Leuchtenklassifikation nach DIN: A60  
CIE Flux Code: 81 100 100 100 74  
Bestückung: 1 x TC-DEL 26W (Korrekturfaktor  
1.000).

Ein Leuchtenbild  
entnehmen Sie bitte  
unserem  
Leuchtenkatalog.



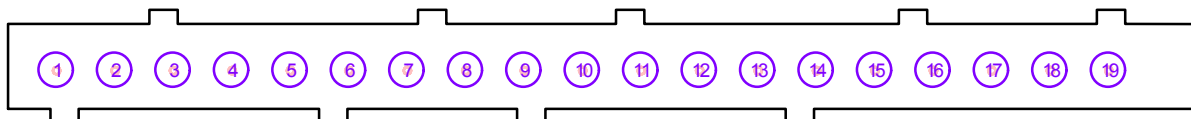
HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

### Flur mit Zwischendecke, Downlights / Leuchten (Koordinatenliste)

#### tecnolight DA 028.010.017\_1x26W Decken-Anbau

1800 lm, 27.0 W, 1 x 1 x TC-DEL 26W (Korrekturfaktor 1.000).



Nr.	Position [m]			Rotation [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1.725	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
2	3.792	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
3	5.858	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
4	7.925	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
5	9.992	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
6	12.058	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
7	14.125	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
8	16.192	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
9	18.258	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
10	20.325	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
11	22.392	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
12	24.458	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
13	26.525	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
14	28.592	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
15	30.658	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
16	32.725	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
17	34.792	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
18	36.858	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0
19	38.925	1.350	3.020	0.0	0.0	90.0

**HS 2707 Flur**

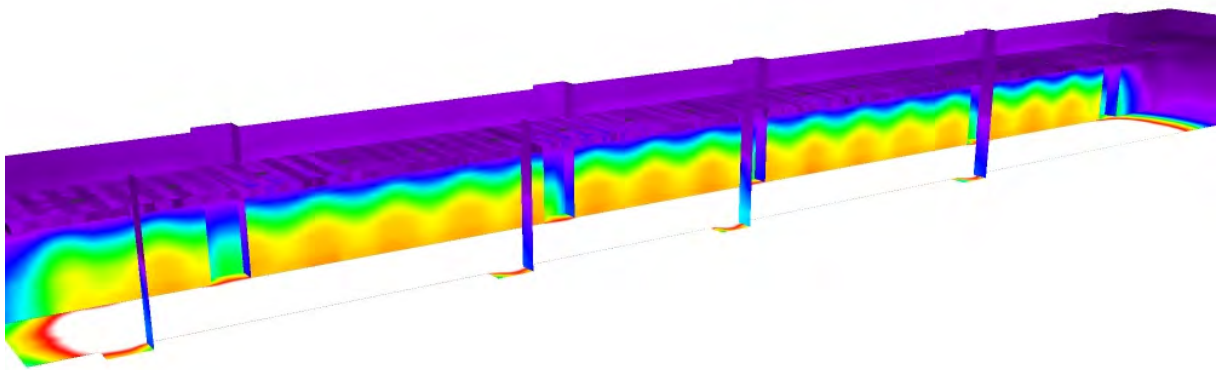


05.07.2010

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur mit Zwischendecke, Downlights / Falschfarben Rendering**



0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx

HSGP  
Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
Borsteler Chaussee 25  
22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
Telefon 040 51477-229  
Fax 040 51477-111  
e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur mit Zwischendecke, Downlights / Ansicht Flur mit Downlights in Zwischendecke  
(E > 100 Lux)**

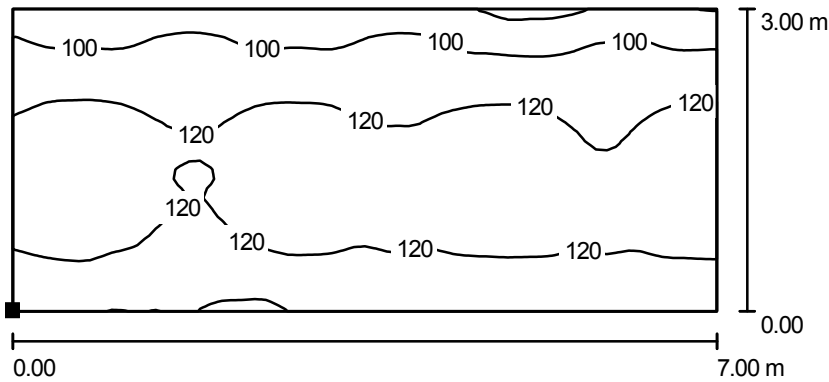


**HS 2707 Flur**

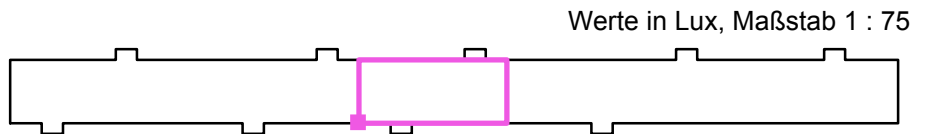
HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur mit Zwischendecke, Downlights / Berechnungsfläche 1 / Isolinien (E, senkrecht)**



Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (16.500 m, 0.000 m, 0.000 m)



Raster: 64 x 32 Punkte

$E_m$  [lx]  
 115

$E_{min}$  [lx]  
 75

$E_{max}$  [lx]  
 129

$g_1$   
 0.654

$g_2$   
 0.583



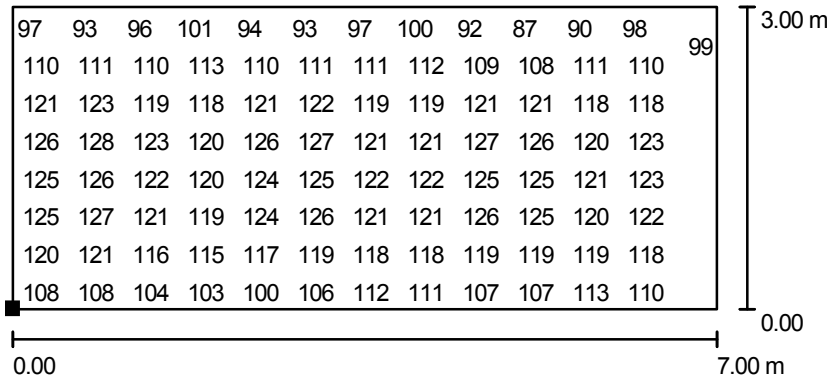
05.07.2010

**HS 2707 Flur**

HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

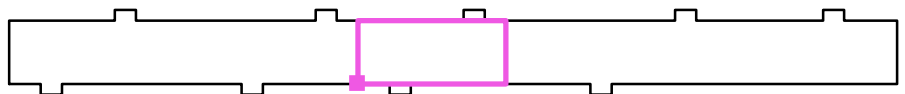
**Flur mit Zwischendecke, Downlights / Berechnungsfläche 1 / Wertegrafik (E, senkrecht)**



Werte in Lux, Maßstab 1 : 75

Nicht alle berechneten Werte können dargestellt werden.

Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (16.500 m, 0.000 m, 0.000 m)



Raster: 64 x 32 Punkte

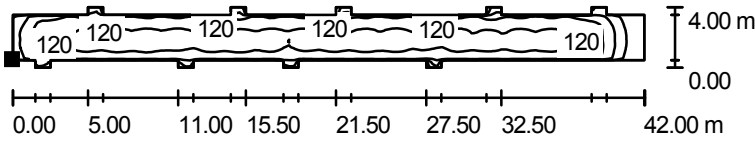
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$	$g_2$
115	75	129	0.654	0.583

**HS 2707 Flur**

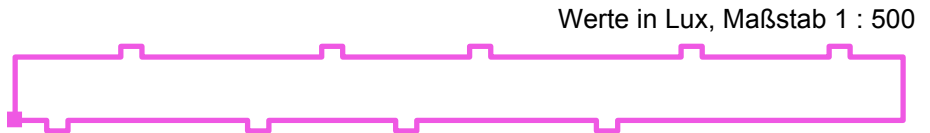
HSGP  
 Beratende Ingenieure für Gebäudetechnik  
 Borsteler Chaussee 25  
 22453 Hamburg

Bearbeiter(in) Otte  
 Telefon 040 51477-229  
 Fax 040 51477-111  
 e-Mail jh.otte@hsgp.de

**Flur mit Zwischendecke, Downlights / Boden / Isolinien (E)**



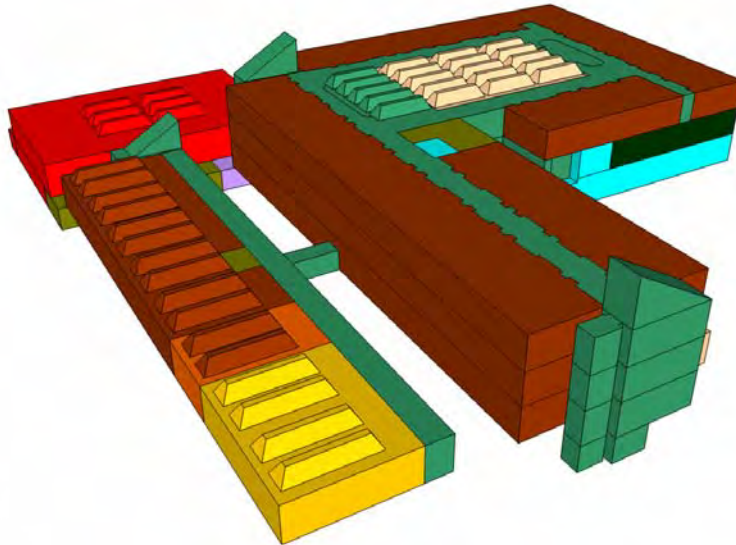
Lage der Fläche im Raum:  
 Markierter Punkt:  
 (0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Raster: 128 x 32 Punkte

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$	$g_2$
105	9.23	129	0.088	0.072

# Projekt-Dokumentation (Ist-Zustand)



**Projekt** Klimaschutzkonzept Berufliche Schule Bad Oldesloe  
Projektnummer 2010\_06

**Gebäude** Berufliche Schule Bad Oldesloe  
Schanzenbarg 2a  
23843 Bad Oldesloe

**Erstellungsdatum** 31.05.2010



## Projektdaten

### Projekt

Projektname	Klimaschutzkonzept Berufliche Schule Bad Oldesloe
Projektnummer	2010_06
Erstellungsdatum	31.05.2010
Programmversion	Epass-Helena 5.2.0.20 Ultra

### Aussteller

Name	Sören Vollert
Firma	KAplus Ing.-Büro Vollert
Straße, Hausnr.	Mühlenstraße 29
PLZ / Ort	243440 Eckernförde

### Gebäude

Name/Bezeichnung	Berufliche Schule Bad Oldesloe
Gebäudetyp	Berufliche Schule
Gebäudeteil	Hauptgebäude/ Werkstattgebäude/ Sporthalle
Straße, Hausnr.	Schanzenberg 2a
PLZ	23843
Ort	Bad Oldesloe
Baujahr	1975
Baujahr der Heizungsanlage	1975

### Geometrie

Bruttovolumen $V_e$	56.335,8 m <sup>3</sup>
Nettovolumen $V$	45.068,6 m <sup>3</sup>
Nettogrundfläche	11.593,7 m <sup>2</sup>
Thermische Hüllfläche	18.386,5 m <sup>2</sup>
Geschosshöhe [m]	4,21
charakteristische Breite [m]	19,88
charakteristische Länge [m]	168,06

Anmerkung: Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen.

## Unterer Gebäudeabschluss

Bodenbeschaffenheit	Sand oder Kies
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [W/(m·K)]	2,0 (Standardwert)
Wärmekapazität $c$ [J/m <sup>3</sup> ·K]	2000000 (Standardwert)
mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe [m/s]	3,0
Lage Windabschirmung	geschützt
Windabschirmfaktor $f_w$ [-]	0,02 (Standardwert)
Einfluss von fließendem Grundwasser berücksichtigen	nein

## Berechnungsverfahren

Gebäudeart	Nichtwohngebäude nach DIN V 18599
Randbedingungen	freie Eingabe der Randbedingungen
Art des Gebäudes	Bestandsgebäude
Klimazone	Hamburg

## Benutzerdefinierte Primärenergiefaktoren

Energieträger	Primärenergiefaktor [-]
Nah/Fernwärme - KWK fossiler Brennstoff	1,00
Strom-Mix	2,60

## Gebäudeergebnisse

Jährlicher Nutzenergiebedarf	spezifisch [kWh/(m²a)]	absolut [kWh/a]
Heizung	81,32	942.805,25
Trinkwarmwasser	1,03	11.892,60
Beleuchtung	10,47	121.379,43
Kühlung	1,63	18.948,67
Gesamt	94,45	1.095.026,00

Jährlicher Endenergiebedarf (brennwertbezogen)	spezifisch [kWh/(m²a)]	absolut [kWh/a]
Heizung	94,03	1.090.170,25
Trinkwarmwasser	2,52	29.190,76
Beleuchtung	10,47	121.379,43
Belüftung	1,79	20.788,60
Kühlung	0,22	2.523,23
Gesamt	109,03	1.264.052,25

Endenergiebedarf nach Energieträgern (brennwertbezogen)	spezifisch [kWh/(m²a)]	absolut [kWh/a]
Nah/Fernwärme - KWK fossiler Brennstoff	95,42	1.106.263,8
Strom-Mix	13,61	157.788,5
Gesamt	109,03	1.264.052,3

Jährlicher Primärenergiebedarf (heizwertbezogen)	spezifisch [kWh/(m²a)]	absolut [kWh/a]
Heizung	95,80	1.110.708,50
Trinkwarmwasser	2,55	29.608,09
Beleuchtung	27,22	315.586,50
Belüftung	4,66	54.050,36
Kühlung	0,57	6.560,40
Gesamt	130,80	1.516.513,75

EnEV-Werte	Ist-Wert
spez. Transmissionswärmeverlust $H'_T$ [W/(m²K)]	0,881
spez. Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]	130,80

Mittlere U-Werte	Ist-Wert	Soll-Wert	% vom Soll-Wert
Opake Außenbauteile (17 °C)	0,584	0,500	116,9 %
Transparente Außenbauteile (17 °C)	3,704	2,800	132,3 %
Opake Außenbauteile (20 °C)	0,563	0,350	160,8 %
Transparente Außenbauteile (20 °C)	3,457	1,900	182,0 %
Opake Außenbauteile (19 °C)	0,503	0,350	143,7 %
Transparente Außenbauteile (19 °C)	3,643	1,900	191,7 %
Opake Außenbauteile (18 °C)	0,466	0,500	93,1 %
Transparente Außenbauteile (18 °C)	3,893	2,800	139,0 %
Opake Außenbauteile (16 °C)	0,548	0,500	109,6 %
Transparente Außenbauteile (16 °C)	3,216	2,800	114,9 %

## Zone: 1-8-B(A) Klassen

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
1-001-D	1879,98			0,31	--
1-002-D	324,84			0,31	--
1-003-LK-S	159,50		Süd	0,52	--
1-004-LK-O	28,70		Ost	0,52	--
1-005-LK-N	159,50	48,87	Nord	0,52	--
Lichtkuppel		110,63		4,00	--
1-006-LK-D	56,00			0,52	--
1-007-LK-W	28,70		West	0,52	--
1-008-So	569,21			1,05	0,25
1-009-So	592,70			1,05	0,25
1-010-AW-O	187,89	151,89	Ost	0,73	--
Fenster 1		36,00		4,00	--
1-011-AW-S	60,56		Süd	0,73	--
1-012-AW-O-ST	212,04	68,40	Ost	0,73	--
Fenster 1		40,32		4,00	--
opak		20,16		1,50	--
Fenster 3		80,64		4,00	--
opak		2,52		1,50	--
1-013-AW-O-BR	66,35		Ost	0,73	--
1-014-AW-O-ST	207,25	63,61	Ost	0,73	--
Fenster 1		40,32		4,00	--
opak		20,16		1,50	--
Fenster 3		80,64		4,00	--
opak		2,52		1,50	--
1-015-AW-O-BR	66,35		Ost	0,73	--
1-016-AW-O-ST	281,97	82,72	Ost	0,73	--
Fenster 1		40,32		4,00	--
opak		19,42		1,50	--
Fenster 3		77,66		4,00	--
opak		38,83		2,50	--
Fenster 5		19,42		4,00	--
opak		3,60		1,50	--
1-017-AW-N	142,21		Nord	0,73	--
1-018-AW-W-ST	105,59	33,96	West	0,73	--
Fenster 1		20,11		4,00	--
opak		10,05		1,50	--
Fenster 3		40,21		4,00	--
opak		1,26		1,50	--
1-019-AW-W-BR	33,03		West	0,73	--
1-020-AW-W-ST	103,20	31,57	West	0,73	--
Fenster 1		20,11		4,00	--

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
opak		10,05		1,50	--
Fenster 3		40,21		4,00	--
Fenster 4		1,26		1,50	--
1-021-AW-W-BR	1,25		West	0,73	--
1-022-AW-S-ST	101,31	32,68	Süd	0,73	--
Fenster 1		18,89		4,00	--
opak		9,44		1,50	--
Fenster 3		37,78		4,00	--
opak		2,52		1,50	--
1-023-AW-S-BR	31,70		Süd	0,73	--
1-024-AW-O	36,43		Ost	0,73	--
1-025-AW-W-ST	133,30	43,00	West	0,73	--
Fenster 1		25,08		4,00	--
opak		12,54		1,50	--
Fenster 3		50,16		4,00	--
opak		2,52		1,50	--
1-026-AW-W-BR	41,71		West	0,73	--
1-027-AW-S-ST	159,96	51,60	Süd	0,73	--
Fenster 1		30,24		4,00	--
opak		15,12		1,50	--
Fenster 3		60,48		4,00	--
opak		2,52		1,50	--
1-028-AW-S-BR	50,05		Süd	0,73	--
1-029-AW-O	33,39		Ost	0,73	--
1-030-AW-O	43,86		Ost	0,73	--

## Zone: 2-8C Klassen

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
2-001-D	66,22			0,31	--
2-002-LK-S	31,90		Süd	0,52	--
2-003-LK-O	5,74		Ost	0,52	--
2-004-LK-D	11,20			0,52	--
2-005-LK-N	31,90	9,77	Nord	0,52	--
Lichtkuppel		22,13		4,00	--
2-006-LK-S	5,74		Süd	0,52	--
2-007-So	115,22			1,05	0,25
2-008-AW-O	37,00		Ost	0,73	--
2-009-AW-S-ST	117,60	29,40	Süd	0,73	--
Fenster 1		17,28		4,00	--
opak		8,64		1,50	--
Fenster 3		34,56		4,00	--
opak		17,28		2,50	--
opak		8,64		1,50	--
opak		1,80		1,50	--
2-010-AW-O	32,81		Ost	0,73	--

## Zone: 3-8D-Klassen

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
3-001-D	140,99			0,31	--
3-002-D	14,01			0,31	--
3-003-LK-S	63,80		Süd	0,52	--
3-004-LK-O	11,48		Ost	0,52	--
3-005-LK-D	22,40			0,52	--
3-006-LK-N	63,80	19,55	Nord	0,52	--
Lichtkuppel		44,25		4,00	--
3-007-LK-W	11,48		West	0,52	--
3-008-So	238,99			1,05	0,25
3-009-So	135,31			1,05	0,25
3-010-AWE	15,14			1,16	0,40
3-011-AW-O	76,75	62,35	Ost	0,73	--
Fenster 1		14,40		4,00	--
3-012-AW-N	60,56		Nord	0,73	--
3-013-AW-W	49,39	47,88	West	1,11	--
Tür		1,51		4,00	--

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
3-014-LB-W	26,70	0,00	West	0,00	--
Fenster 1		26,68		4,00	--
3-015-AW-S	14,13		Süd	1,11	--

## Zone: 4-8E-Klassen

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
4-001-D	183,91			0,31
4-002-D	29,55			0,31
4-003-LK-S	192,30		Süd	0,52
4-004-LK-W	43,05		West	0,52
4-005-LK-N	192,30	60,48	Nord	0,52
Lichtkuppel		131,82		4,00
4-006-LK-D	65,55			0,52
4-007-LK-O	43,05		Ost	0,52
4-008-So	261,66			1,05
4-009-AWE	12,82			1,11
4-010-AW-N	38,47		Nord	0,73
4-011-AW-W	91,63	90,12	West	1,11
Tür		1,51		4,00
4-012-LB-W	56,30	0,00	West	0,00
Fenster 1		56,32		4,00

## Zone: 5-16A-Sanitär

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
5-001-D	63,31			0,31	--
5-002-D	15,20			0,31	--
5-003-D	29,10			0,51	--
5-004-So	15,84			1,05	0,25
5-005-So	49,93			1,05	0,25
5-006-So	26,28			1,05	0,25
5-007-So	26,88			1,05	0,20
5-008-So	58,43			1,05	0,20
5-009-AWE	24,09			1,16	0,40
5-010-AWE	24,68			1,16	0,40
5-011-AW-W-ST	26,32	8,49	West	0,73	--
Fenster 1		5,09		4,00	--
opak		2,55		1,50	--
Fenster 3		10,19		4,00	--

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
5-012-AW-W-BR	8,24		West	0,73	--
5-013-AW-W-ST	25,72	7,89	West	0,73	--
Fenster 1		5,09		4,00	--
opak		2,55		1,50	--
Fenster 3		10,19		4,00	--
5-014-AW-W-BR	8,10		West	0,73	--
5-015-AW-W	30,04		West	1,11	--

## Zone: 6-20B-Lager

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
6-001-D	16,76			0,31	--
6-002-D	36,11			0,51	--
6-003-So	17,14			1,05	0,10
6-004-So	325,20			1,05	0,10
6-005-So	64,68			1,05	0,10
6-006-So	332,69			1,05	0,10
6-007-So	35,23			1,05	0,10
6-008-AWE	4,99			1,16	0,40
6-009-AW-S-ST	16,82	5,05	Süd	0,73	--
Fenster 1		2,88		4,00	--
opak		1,44		1,50	--
opak		0,98		1,50	--
Fenster 4		1,44		4,00	--
Fenster 5		2,88		4,00	--
opak		1,44		2,50	--
Fenster 7		0,72		4,00	--
6-010-AW-S-BR	4,95		Süd	0,73	--
6-011-AWE	145,52			1,16	0,40
6-012-AW-O	5,21	3,66	Ost	0,73	--
opak		0,90		1,50	--
Fenster 1		0,65		4,00	--
6-013-D	8,09			0,51	--
6-014-AW-O	35,09		Ost	0,73	--
6-015-AWE	94,65			1,16	0,40
6-016-AW-S	23,99		Süd	1,11	--
6-017-AWE	83,32			1,16	0,40



## Zone: 7-20C-Lager

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
7-001-So	534,19			1,05	0,10
7-002-AWE	32,46			1,16	0,40
7-003-AWE	106,01			1,16	0,40

## Zone: 8-14C-Küche

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
8-001-AW-W-ST	46,36	11,59	West	0,73
Fenster 1		6,71		4,00
opak		3,36		1,50
Fenster 3		13,43		4,00
opak		6,71		2,50
Fenster 5		3,36		4,00
opak		1,20		1,50
8-002-AW-S-ST	88,80	22,20	Süd	0,73
Fenster 1		12,96		4,00
opak		6,48		1,50
Fenster 3		25,92		4,00
opak		12,96		2,50
Fenster 5		6,48		4,00
opak		1,80		1,50

## Zone: 9-17A-sonstige

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
9-001-D	44,55			0,51	--
9-002-So	152,18			1,05	0,20
9-003-AWE	51,69			1,16	0,40

## Zone: 10-17C-sonstige

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
10-001-D	13,31			0,51	--
10-002-So	99,96			1,05	0,20
10-003-AW-S	22,85	17,45	Süd	1,11	--
Fenster 1		5,04		4,00	--
opak		0,36		1,50	--
10-004-AW-S	16,69			1,16	0,40
10-005-AW-O	5,99	5,14	Ost	1,11	--
Fenster 1		0,49		4,00	--
opak		0,36		1,50	--

## Zone: 11-19B-Verkehr

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
11-001-D	210,25			0,31	--
11-002-WF-D	17,87			0,52	--
11-003-TH-D	8,18			0,32	--
11-004-TH-D-W	43,22		West	0,32	--
11-005-WF-D	3,48			0,52	--
11-006-D	752,82			0,31	--
11-007-WF-D	3,55			0,52	--
11-008-WF-D	13,42			0,52	--
11-009-TH-D-O	37,43		Ost	0,32	--
11-010-TH-D-O	31,63		Ost	0,32	--
11-011-TH-D	8,67			0,32	--
11-012-LK-O	14,35		Ost	0,52	--
11-013-LK-S	64,10		Süd	0,52	--
11-014-LK-D	21,85			0,52	--
11-015-LK-W	14,35		West	0,52	--
11-016-LK-N	64,10	20,16	Nord	0,52	--
Lichtkuppel		43,94		4,00	--
11-017-So	210,25			1,05	0,10
11-018-So	17,87			1,05	0,10
11-019-So	46,02			1,05	0,10
11-020-So	488,49			1,05	0,10
11-020b-So	487,01			0,89	0,50
11-021-So	58,27			1,05	0,10
11-022-AWE	97,80			1,16	0,40

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
11-023-AWE	17,42			1,16	0,40
11-024-AWE	4,37			1,16	0,40
11-025-AWE	2,87			1,16	0,40
11-026-TH-AWE	80,06	78,03		1,13	0,40
Tür		2,03		4,00	0,40
11-027-TH-AW-O	20,42	17,18	Ost	1,08	--
Fenster 1		3,24		4,00	--
11-028-TH-AW-S	20,49		Süd	1,08	--
11-029-TH-AW-N	47,28		Nord	1,08	--
11-030-TH-AW-W	34,98		West	1,08	--
11-031-LG-AW-N	19,37		Nord	1,13	--
11-032-LG-AW-S	19,37		Süd	1,13	--
11-033-AW-W	294,96	164,83	West	0,73	--
Fenster 1		40,32		4,00	--
Fenster 2		80,45		4,00	--
opak		3,60		1,50	--
Tür		5,76		4,00	--
11-034-TH-AW-O	51,61	45,13	Ost	1,08	--
Fenster 1		6,48		4,00	--
11-035-TH-AW-S	87,60	84,00	Süd	1,08	--
Fenster 1		3,60		4,00	--
11-036-TH-AW-W	55,55	51,95	West	1,08	--
Fenster 1		3,60		4,00	--
11-037-TH-AW-N	28,06		Nord	1,08	--
11-038-AW-N	13,53	4,53	Nord	0,73	--
Fenster 1		1,44		4,00	--
opak		1,80		1,50	--
Tür		5,76		4,00	--
11-039-TH-AW-O	78,50		Ost	1,08	--
11-040-TH-AW-N	188,72	179,72	Nord	1,08	--
Tür		9,00		4,00	--
11-041-TH-AW-W	49,55	40,25	West	1,08	--
Fenster 1		6,48		4,00	--
Tür		2,82		4,00	--
11-042-TH-AW-S	75,23		Süd	1,08	--
11-043-AW-S-BR	2,06		Süd	0,73	--
11-044-AW-S-ST	6,57	2,12	Süd	0,73	--
Fenster 1		1,27		4,00	--
opak		0,64		1,50	--
Fenster 3		2,54		4,00	--
11-045-AW-S	24,87	5,55	Süd	0,73	--
opak		4,31		1,50	--
opak		1,74		1,50	--
Tür		10,40		4,00	--
opak		2,87		1,50	--
11-046-AW-S	2,52		Süd	0,73	--
11-047-D	8,09			1,01	--

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
11-048-AW-W	5,21	3,66	West	0,73	--
opak		0,90		1,50	--
Fenster 2		0,65		4,00	--
11-049-WF-AW-W	3,91		West	1,13	--
11-050-WF-AW-S	6,46	1,44	Süd	1,13	--
Tür		5,02		4,00	--
11-051-WF-AW-W	3,91		West	1,13	--
11-052-AW-S-ST	22,32	7,20	Süd	0,73	--
Fenster 1		4,32		4,00	--
opak		2,16		1,50	--
Fenster 3		8,64		4,00	--
11-053-AW-S-BR	6,98		Süd	0,73	--
11-054-AW-S-ST	21,82	6,70	Süd	0,73	--
Fenster 1		4,32		4,00	--
opak		2,16		1,50	--
Fenster 3		8,64		4,00	--
11-055-AW-S-BR	6,98		Süd	0,73	--
11-056-AW-S-ST	26,08	8,08	Süd	0,73	--
Fenster 1		4,32		4,00	--
opak		2,16		1,50	--
Fenster 3		11,52		4,00	--
11-057-AW-O	41,17		Ost	0,73	--
11-058-AW-S	72,68	10,07	Süd	0,73	--
Fenster 1		36,58		4,00	--
Fenster 2		0,72		4,00	--
Fenster 3		7,20		4,00	--
Tür		2,87		4,00	--
opak		15,24		1,50	--
11-059-AW-WF-W	3,69		West	1,13	--
11-060-AW-WF-S	6,20	1,70	Süd	1,13	--
Tür		4,50		4,00	--
11-061-AW-WF-O	3,69		Ost	1,13	--
11-062-AW-WF-S	9,50	2,51	Süd	1,13	--
Tür		6,99		4,00	--
11-063-AW-S	7,83		Süd	0,73	--
11-064-AW-O	7,63		Ost	0,73	--

## Zone: 12-31C-Sporthalle

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fx-Wert [-]
12-001-D	122,30			0,51	--
12-002-D	671,63			0,31	--
12-003-WF-D	3,52			0,31	--
12-004-LK-O	17,22		Ost	0,52	--
12-005-LK-S	76,92		Süd	0,52	--
12-006-LK-D	26,22			0,52	--
12-007-LK-W	17,22		West	0,52	--
12-008-LK-N	76,92	24,19	Nord	0,52	--
Lichtkuppel		52,73		4,00	--
12-009-So	122,30			1,05	0,10
12-010-So	662,34			0,83	0,10
12-011-AWE	81,63			1,16	0,60
12-012-AW-O	104,96	82,64	Ost	0,73	--
Fenster 1		12,96		4,00	--
Fenster 2		5,76		4,00	--
opak		3,60		1,50	--
12-013-WF-AW-O	4,01		Ost	1,13	--
12-014-AW-N	98,14	40,45	Nord	0,73	--
Fenster 1		12,33		4,00	--
Fenster 2		43,56		4,00	--
opak		1,80		1,50	--
12-015-WF-AW-N	6,55	1,45	Nord	1,13	--
Tür		5,10		4,00	--
12-016-WF-AW-W	4,01		West	1,13	--
12-017-AW-S	158,11	53,71	Süd	0,73	--
Fenster 1		100,80		4,00	--
opak		3,60		1,50	--
12-018-AWE	183,79			1,16	0,60
12-019-AW-W	26,73	22,22	West	1,11	--
Tür		4,51		4,00	--
12-020-AW-W	90,57	74,97	West	0,73	--
Fenster 1		10,92		4,00	--
Fenster 2		2,88		4,00	--
opak		1,80		1,50	--

## Zone: 13-2B-Büro

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
13-001-AW-S-ST	93,64	23,41	Süd	0,73
Fenster 1		13,69		4,00
opak		6,84		1,50
Fenster 3		27,37		4,00
opak		13,69		2,50
Fenster 5		6,84		4,00
opak		1,80		1,50
13-002-AW-W-ST	93,20	23,30	West	0,73
Fenster 1		13,62		4,00
opak		6,81		1,50
Fenster 3		27,24		4,00
opak		13,62		2,50
Fenster 5		6,81		4,00
opak		1,80		1,50

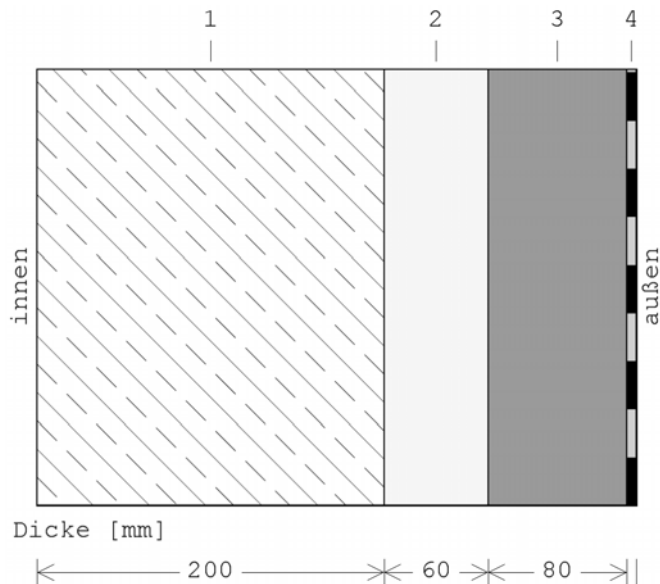
## Zone: 14-2E-Büro

### Bauteilliste

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nettofläche [m <sup>2</sup> ]	Aus- richtung	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]
14-001-AW-W-ST	32,44	8,11	West	0,73
Fenster 1		4,87		4,00
opak		2,43		1,50
Fenster 3		9,73		4,00
opak		4,87		2,50
Fenster 5		2,43		4,00

## Verwendete Konstruktionen

### Dach Schule

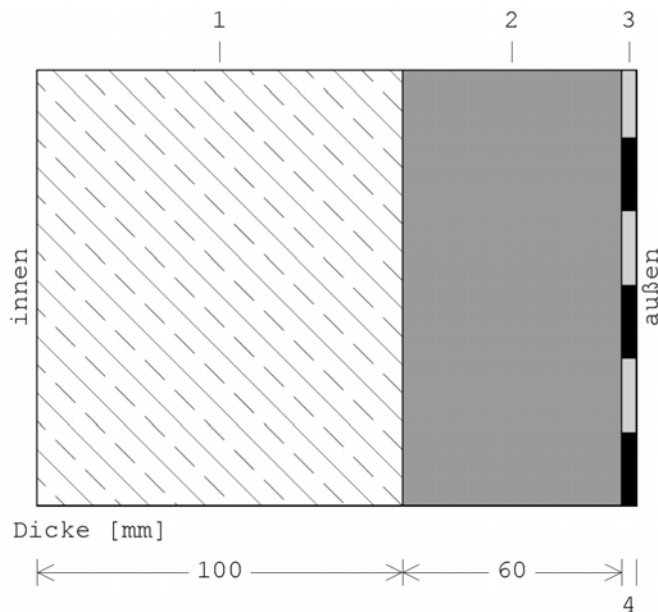


#### Verwendet für:

1-001-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 1-002-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 2-001-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 3-001-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 3-002-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 4-001-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 4-002-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 5-001-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 5-002-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 6-001-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-001-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-006-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	200	2,500	80/130	16,000	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle NW 0,050 Kategorie I	60	0,060	1/1	0,060	100,0
3	DIN V 4108 5.7.2 Mehrschicht-Leichtbaupl. EPS GW 0,0385 Kategorie II	80	0,040	20/50	1,600	100,0
4	DIN V 4108 7.3.1 Bitumendachbahnen (DIN 52128)	4	0,170	10000/80000	320,000	100,0

## Dach Lichtkuppel



### Verwendet für:

- 1-003-LK-S (U=0,521 W/m²K)
- 1-004-LK-O (U=0,521 W/m²K)
- 1-005-LK-N (U=0,521 W/m²K)
- 1-006-LK-D (U=0,521 W/m²K)
- 1-007-LK-W (U=0,521 W/m²K)
- 2-002-LK-S (U=0,521 W/m²K)
- 2-003-LK-O (U=0,521 W/m²K)
- 2-004-LK-D (U=0,521 W/m²K)
- 2-005-LK-N (U=0,521 W/m²K)
- 2-006-LK-S (U=0,521 W/m²K)
- 3-003-LK-S (U=0,521 W/m²K)
- 3-004-LK-O (U=0,521 W/m²K)
- 3-005-LK-D (U=0,521 W/m²K)
- 3-006-LK-N (U=0,521 W/m²K)
- 3-007-LK-W (U=0,521 W/m²K)
- 4-003-LK-S (U=0,521 W/m²K)
- 4-004-LK-W (U=0,521 W/m²K)
- 4-005-LK-N (U=0,521 W/m²K)
- 4-006-LK-D (U=0,521 W/m²K)
- 4-007-LK-O (U=0,521 W/m²K)

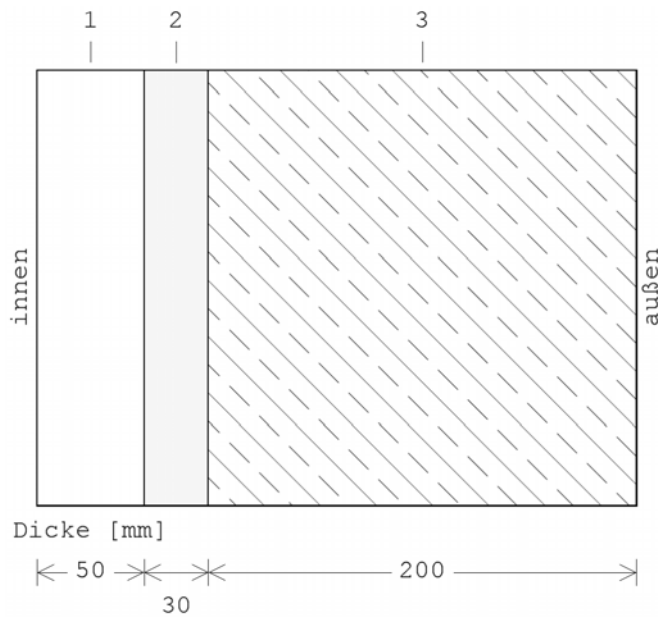
- 11-012-LK-O (U=0,521 W/m²K)
- 11-014-LK-D (U=0,521 W/m²K)
- 11-016-LK-N (U=0,521 W/m²K)
- 12-005-LK-S (U=0,521 W/m²K)
- 12-007-LK-W (U=0,521 W/m²K)

- 11-013-LK-S (U=0,521 W/m²K)
- 11-015-LK-W (U=0,521 W/m²K)
- 12-004-LK-O (U=0,521 W/m²K)
- 12-006-LK-D (U=0,521 W/m²K)
- 12-008-LK-N (U=0,521 W/m²K)

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	100	2,500	80/130	8,000	100,0
2	DIN V 4108 5.4 Polyurethan-Hartschaum GW 0,0338 Kategorie II	60	0,035	40/200	2,400	100,0
3	DIN V 4108 7.3.1 Bitumendachbahnen (DIN 52128)	4	0,170	10000/80000	320,000	100,0



## Sohle Schule



### Verwendet für:

1-008-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 1-009-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 2-007-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 3-008-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 3-009-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 4-008-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 5-004-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 5-005-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 5-006-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 5-007-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 5-008-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 6-003-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 6-004-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 6-005-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 6-006-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 6-007-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 7-001-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 9-002-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 10-002-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-017-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

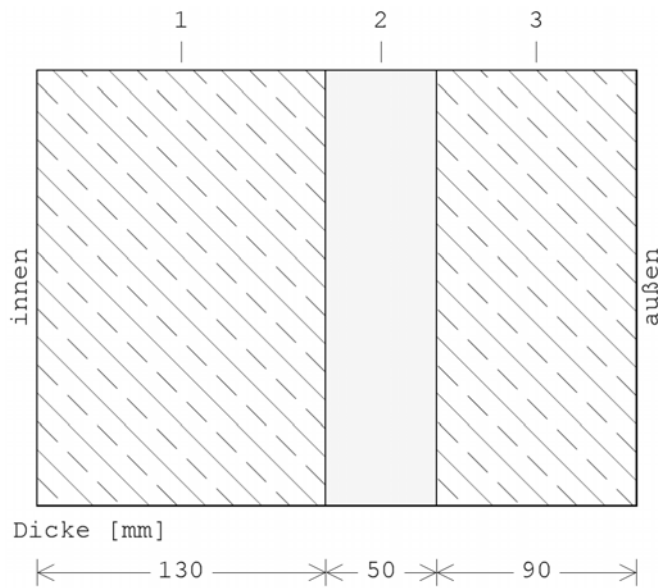
11-018-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-020-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-021-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

11-019-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-020b-So ( $U=0,891 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-047-D ( $U=1,008 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN V 4108 1.4.1 Zement-Estrich	50	1,400	15/35	0,750	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0428 Kategorie II	30	0,045	1/1	0,030	100,0
3	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	200	2,500	80/130	26,000	100,0



## Sandwichelement Sturz 27cm



### Verwendet für:

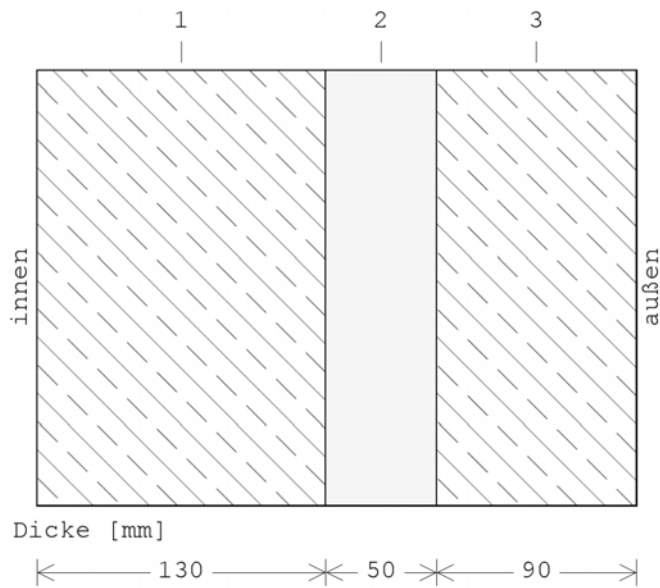
1-012-AW-O-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 1-014-AW-O-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 1-016-AW-O-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 1-018-AW-W-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 1-020-AW-W-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 1-022-AW-S-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 1-025-AW-W-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 1-027-AW-S-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 2-009-AW-S-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 5-011-AW-W-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 5-013-AW-W-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 6-009-AW-S-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 8-001-AW-W-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 8-002-AW-S-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-044-AW-S-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-045-AW-S ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-052-AW-S-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-054-AW-S-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-056-AW-S-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 13-001-AW-S-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

13-002-AW-W-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

14-001-AW-W-ST ( $U=0,730 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	130	2,500	80/130	10,400	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0428 Kategorie II	50	0,045	1/1	0,050	100,0
3	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	90	2,500	80/130	11,700	100,0

## Sandwichelement Brüstung 27cm



### Verwendet für:

1-013-AW-O-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 1-015-AW-O-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 1-017-AW-N (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 1-019-AW-W-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 1-021-AW-W-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 1-023-AW-S-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 1-024-AW-O (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 1-026-AW-W-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 1-028-AW-S-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 1-029-AW-O (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 1-030-AW-O (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 2-010-AW-O (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 4-010-AW-N (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 5-012-AW-W-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 5-014-AW-W-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 6-010-AW-S-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 6-012-AW-O (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 6-014-AW-O (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 11-043-AW-S-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 11-046-AW-S (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)

11-048-AW-W (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)

11-055-AW-S-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)

11-058-AW-S (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)

11-064-AW-O (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)

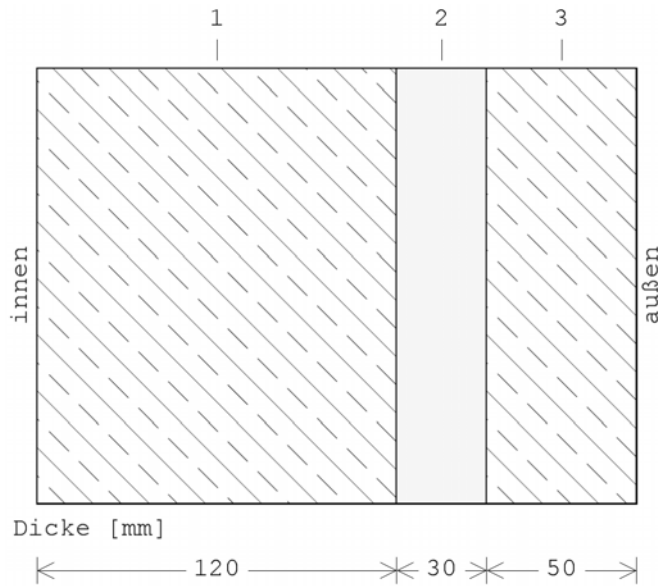
11-053-AW-S-BR (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)

11-057-AW-O (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)

11-063-AW-S (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	130	2,500	80/130	10,400	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0428 Kategorie II	50	0,045	1/1	0,050	100,0
3	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	90	2,500	80/130	11,700	100,0

## AW St.b.20cm



### Verwendet für:

3-010-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)  
 3-013-AW-W (U=1,105 W/m<sup>2</sup>K)  
 3-015-AW-S (U=1,105 W/m<sup>2</sup>K)  
 4-009-AWE (U=1,105 W/m<sup>2</sup>K)  
 4-011-AW-W (U=1,105 W/m<sup>2</sup>K)  
 5-009-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)  
 5-010-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)  
 5-015-AW-W (U=1,105 W/m<sup>2</sup>K)  
 6-008-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)  
 6-011-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)  
 6-015-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)  
 6-016-AW-S (U=1,105 W/m<sup>2</sup>K)  
 6-017-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)  
 7-002-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)  
 7-003-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)  
 9-003-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)  
 10-003-AW-S (U=1,105 W/m<sup>2</sup>K)  
 10-004-AW-S (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)  
 10-005-AW-O (U=1,105 W/m<sup>2</sup>K)  
 11-022-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)

11-023-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)

11-025-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)

12-018-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)

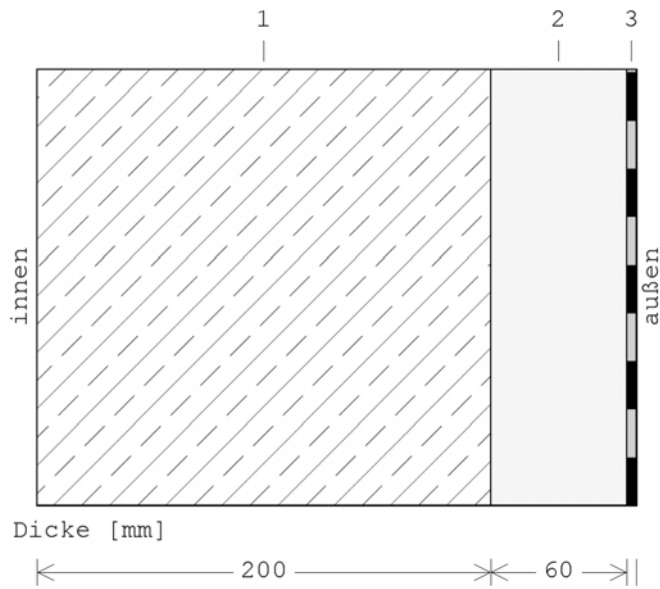
11-024-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)

12-011-AWE (U=1,157 W/m<sup>2</sup>K)

12-019-AW-W (U=1,105 W/m<sup>2</sup>K)

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	120	2,500	80/130	9,600	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0428 Kategorie II	30	0,045	1/1	0,030	100,0
3	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	50	2,500	80/130	6,500	100,0

## Decke Perimeter

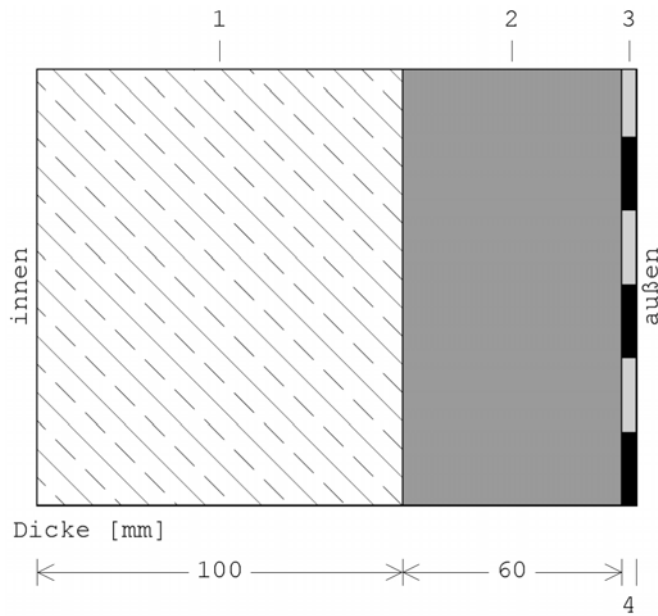


### Verwendet für:

- 5-003-D ( $U=0,511 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 6-002-D ( $U=0,511 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 6-013-D ( $U=0,511 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 9-001-D ( $U=0,511 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 10-001-D ( $U=0,511 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 12-001-D ( $U=0,511 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	200	2,500	80/130	16,000	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0338 Kategorie II	60	0,035	1/1	0,060	100,0
3	DIN V 4108 7.3.1 Bitumendachbahnen (DIN 52128)	4	0,170	10000/80000	320,000	100,0

## Dach WF/LG

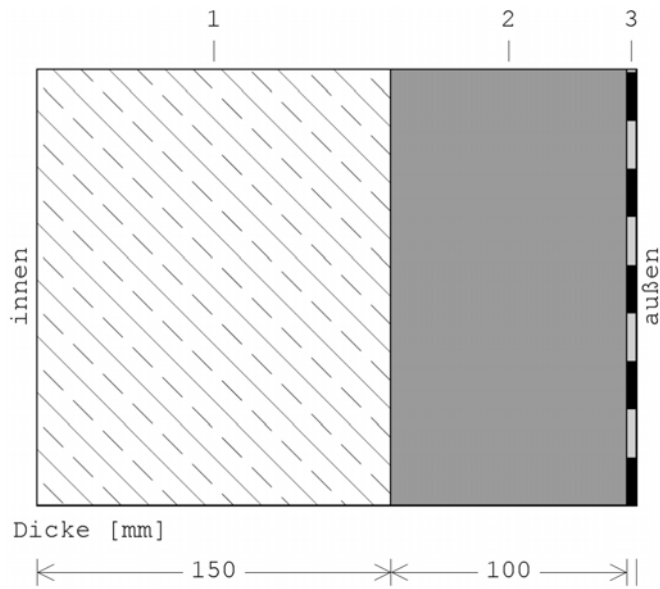


### Verwendet für:

- 11-002-WF-D ( $U=0,521 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 11-005-WF-D ( $U=0,521 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 11-007-WF-D ( $U=0,521 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 11-008-WF-D ( $U=0,521 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	100	2,500	80/130	8,000	100,0
2	DIN V 4108 5.4 Polyurethan-Hartschaum GW 0,0338 Kategorie II	60	0,035	40/200	2,400	100,0
3	DIN V 4108 7.3.1 Bitumendachbahnen (DIN 52128)	4	0,170	10000/80000	320,000	100,0

## Dach TH



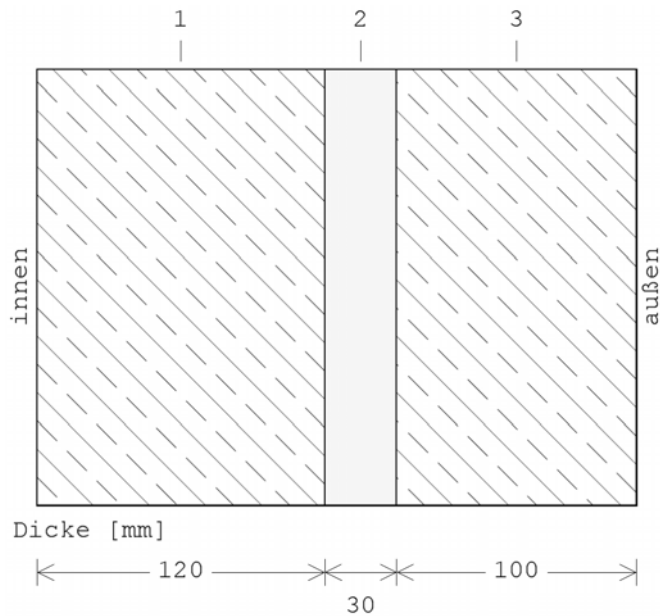
### Verwendet für:

- 11-003-TH-D ( $U=0,325 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 11-004-TH-D-W ( $U=0,325 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 11-009-TH-D-O ( $U=0,325 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 11-010-TH-D-O ( $U=0,325 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 11-011-TH-D ( $U=0,325 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	150	2,500	80/130	12,000	100,0
2	DIN V 4108 5.4 Polyurethan-Hartschaum GW 0,0338 Kategorie II	100	0,035	40/200	4,000	100,0
3	DIN V 4108 7.3.1 Bitumendachbahnen (DIN 52128)	4	0,170	10000/80000	320,000	100,0



## Treppenhauswand 25cm

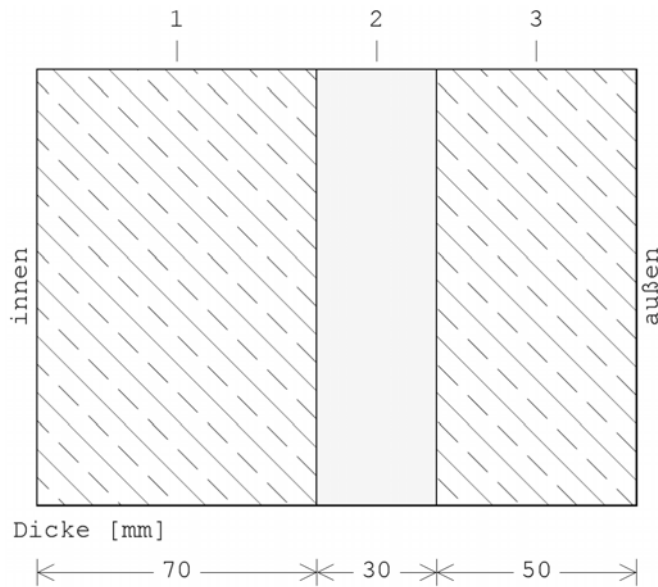


### Verwendet für:

11-026-TH-AWE ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-027-TH-AW-O ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-028-TH-AW-S ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-029-TH-AW-N ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-030-TH-AW-W ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-034-TH-AW-O ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-035-TH-AW-S ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-036-TH-AW-W ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-037-TH-AW-N ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-039-TH-AW-O ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-040-TH-AW-N ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-041-TH-AW-W ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-042-TH-AW-S ( $U=1,081 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	120	2,500	80/130	9,600	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0428 Kategorie II	30	0,045	1/1	0,030	100,0
3	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	100	2,500	80/130	13,000	100,0

## AW Windfang 15cm

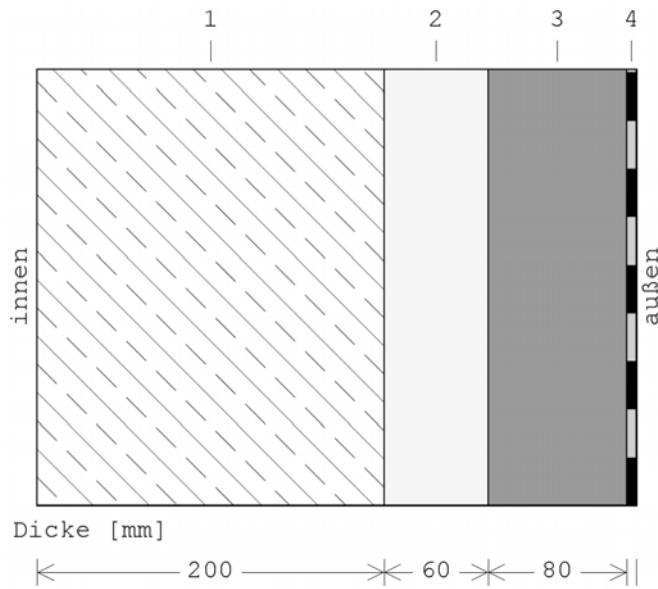


### Verwendet für:

11-031-LG-AW-N ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-032-LG-AW-S ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-049-WF-AW-W ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-050-WF-AW-S ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-051-WF-AW-W ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-059-AW-WF-W ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-060-AW-WF-S ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-061-AW-WF-O ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 11-062-AW-WF-S ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 12-013-WF-AW-O ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 12-015-WF-AW-N ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
 12-016-WF-AW-W ( $U=1,130 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	70	2,500	80/130	5,600	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0428 Kategorie II	30	0,045	1/1	0,030	100,0
3	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	50	2,500	80/130	6,500	100,0

## Dach Halle



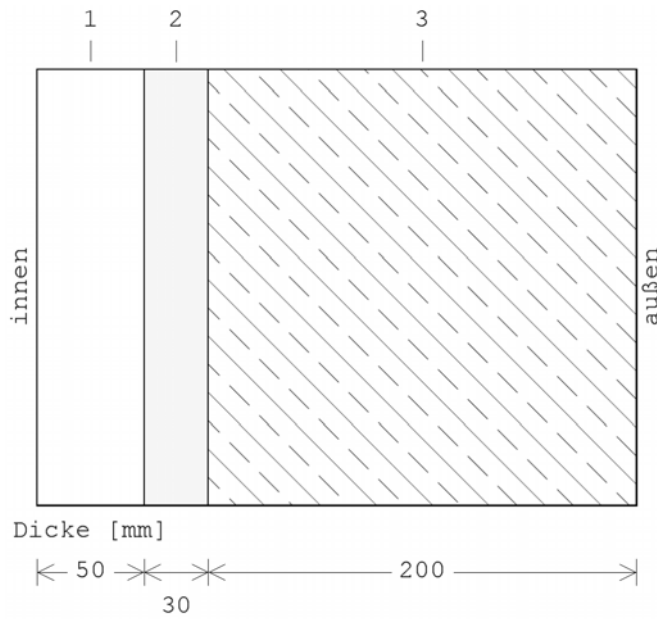
### Verwendet für:

12-002-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

12-003-WF-D ( $U=0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	200	2,500	80/130	16,000	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle NW 0,050 Kategorie I	60	0,060	1/1	0,060	100,0
3	DIN V 4108 5.7.2 Mehrschicht-Leichtbaupl. EPS GW 0,0385 Kategorie II	80	0,040	20/50	1,600	100,0
4	DIN V 4108 7.3.1 Bitumendachbahnen (DIN 52128)	4	0,170	10000/80000	320,000	100,0

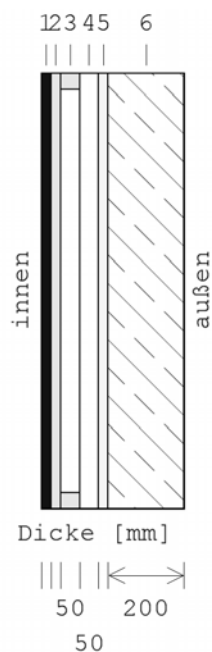
## Sohle Halle Nebenräume



Verwendet für:  
12-009-So ( $U=1,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN V 4108 1.4.1 Zement-Estrich	50	1,400	15/35	0,750	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0428 Kategorie II	30	0,045	1/1	0,030	100,0
3	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	200	2,500	80/130	26,000	100,0

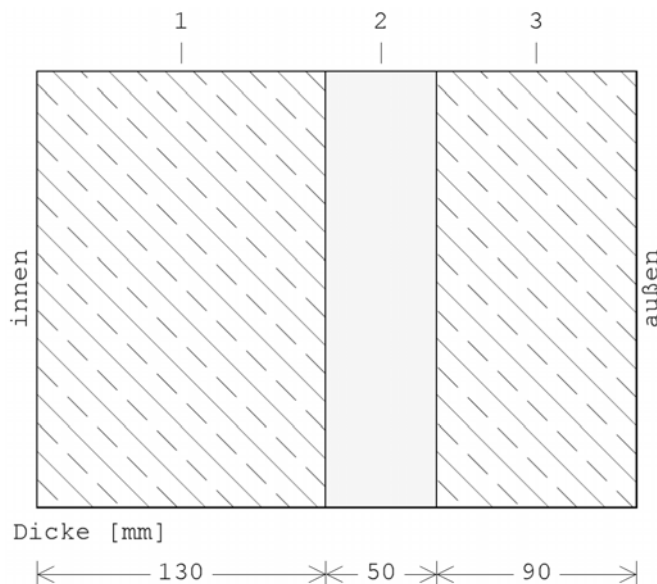
## Schwingboden Sporthalle



Verwendet für:  
12-010-So ( $U=0,833 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Fussbodenbeläge Gummi	10	0,170	<b>10000/10000</b>	100,000	100,0
2	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	25	0,130	<b>20/50</b>	0,500	100,0
3	EN ISO 6946 Luftschicht 50mm (Wärmestrom abwärts - nicht belüftet)	50	R=0,180 m <sup>2</sup> K/W	1/1	0,050	92,6
	DIN EN ISO 10456 Konstruktionsholz 500	50	0,130	<b>20/50</b>	1,000	7,4
4	DIN V 4108 1.4.1 Zement-Estrich	50	1,400	<b>15/35</b>	0,750	100,0
5	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0428 Kategorie II	20	0,045	<b>1/1</b>	0,020	100,0
6	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	200	2,500	<b>80/130</b>	26,000	100,0

## Sandwichelement Sporthalle 27cm



### Verwendet für:

12-012-AW-O (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 12-014-AW-N (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 12-017-AW-S (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)  
 12-020-AW-W (U=0,730 W/m<sup>2</sup>K)

Schicht	Material	Dicke [mm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu_{\min}/\mu_{\max}$	$s_d$ -Wert [m]	Anteil [%]
1	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	130	2,500	<b>80/130</b>	10,400	100,0
2	DIN V 4108 5.1 Mineralwolle GW 0,0428 Kategorie II	50	0,045	<b>1/1</b>	0,050	100,0
3	DIN EN ISO 10456 Beton armiert (mit 2% Stahl) 2400	90	2,500	<b>80/130</b>	11,700	100,0

## Fenstertypen

### 2-Scheiben-Iso, klar, U=4,g=0,78

U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	4,00
g-Wert [-]	0,78
g-Korrektur [-]	0,90
Lichttransmissionsgrad $\tau_{D65}$ [-]	0,82
U-Verglasung [W/(m <sup>2</sup> K)]	4,00
Sonderverglasung	nein
Beschreibung	-

### 2-Scheiben-Iso,satiniert, U=4,g=0,4

U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	4,00
g-Wert [-]	0,40
g-Korrektur [-]	0,90
Lichttransmissionsgrad $\tau_{D65}$ [-]	0,45
U-Verglasung [W/(m <sup>2</sup> K)]	4,00
Sonderverglasung	nein
Beschreibung	-

### opak,U=1,5;g=0

U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	1,50
g-Wert [-]	0,01
g-Korrektur [-]	0,00
Lichttransmissionsgrad $\tau_{D65}$ [-]	0,01
U-Verglasung [W/(m <sup>2</sup> K)]	1,50
Sonderverglasung	nein
Beschreibung	-

### opak,U=2,5;g=0

U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	2,50
g-Wert [-]	0,01
g-Korrektur [-]	0,00
Lichttransmissionsgrad $\tau_{D65}$ [-]	0,01
U-Verglasung [W/(m <sup>2</sup> K)]	1,50
Sonderverglasung	nein
Beschreibung	-

# Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Heizung

## Wärmeerzeugungseinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Art des Systems	indirekt
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

### 1. Nah-/Fernwärme 1

Erzeuger	Nah-/Fernwärme
Baujahr	1990
Art des Erzeugers	Wasser - hohe Temperatur
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	7-20C-Lager
Energieträger	Nah/Fernwärme - KWK fossiler Brennstoff

#### Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	70,0/55,0
Betriebsweise bei mehreren Prozessbereichen	Vorrangbetrieb
Dämmklasse Sekundär-/Primärseite	Sekundär 4, Primär 5
Regelung innerhalb der Station	nein
Nennleistung Fernwärmehausstation [kW]	1863,57 (Standardwert)

## Ergebnisse

	Wärmeenergie [kWh/a]		Hilfsenergie [kWh/a]	
	für statische Systeme	für RLT-Anlagen	für statische Systeme	für RLT-Anlagen
<i>Zu deckender Nutzenergiebedarf</i>	900.191,60	46.874,99	–	–
+ <i>Verluste durch Speicherung</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
+ <i>Verluste durch Verteilung</i>	40.007,70	611,68	12.177,82	372,82
+ <i>Verluste durch Übergabe</i>	86.508,44	0,00	0,00	0,00
= <i>erforderliche Erzeugernutzenergie</i>	1.026.707,75	47.486,67	–	–
– <i>regenerativer Anteil</i>	0,00	0,00	–	–
+ <i>Verluste durch Erzeugung</i>	3.000,74	138,60	0,00	285,77
= <i>Endenergiebedarf</i>	1.024.276,00	53.057,87	12.177,82	658,59

### Erzeugerdeckungsanteile

Erzeuger	Deckungsanteil [%]
Nah-/Fernwärme 1	100,00

(Bei den Verlusten wurden die Wärmeeinträge nicht abgezogen.)

# Anlagentechnik: Erzeugungseinheiten Trinkwarmwasser

## Erzeugereinheit 1

Anzahl Erzeuger	1
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

### 1. Nah-/Fernwärme 2

Erzeuger	Nah-/Fernwärme
Baujahr	1990
Art des Erzeugers	Wasser - hohe Temperatur
Umgebung	innerhalb Zone
Zone	7-20C-Lager
Energieträger	Nah/Fernwärme - KWK fossiler Brennstoff

#### Details

Vor-/Rücklauftemperatur [°C]	70,0/55,0
Betriebsweise bei mehreren Prozessbereichen	Vorrangbetrieb
Dämmklasse Sekundär-/Primärseite	Sekundär 4, Primär 5
Regelung innerhalb der Station	nein
Nennleistung Fernwärmehausstation [kW]	80,88 (Standardwert)

## Ergebnisse

	Wärmeenergie [kWh/a]	Hilfsenergie [kWh/a]
<i>Zu deckender Nutzenergiebedarf</i>	11.892,60	–
<i>+ Verluste durch Speicherung</i>	0,00	0,00
<i>+ Verluste durch Verteilung</i>	16.015,46	260,83
<i>= erforderliche Erzeugernutzenergie</i>	27.908,06	–
<i>– regenerativer Anteil</i>	0,00	–
<i>+ Verluste durch Erzeugung</i>	1.021,87	0,00
<i>= Endenergiebedarf</i>	28.929,93	260,83

### Erzeugerdeckungsanteile

Erzeuger	Deckungsanteil [%]
Nah-/Fernwärme 2	100,00

(Bei den Verlusten wurden die Wärmeeinträge nicht abgezogen.)



# Anlagentechnik: Kälteerzeugungseinheiten

## Kältemaschine

Anzahl Erzeuger	1
Art des Kältesystems	Kaltwasser (indirektes System)
Vor-/Rücklauftemperatur Primärkreis[°C]	6,0/12,0
Vor-/Rücklauftemperatur Rückkühlkreis [°C]	27,0/33,0
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

### 1. REFAC Aerochiller VLG 50 E

Baujahr	1977
Art der Kälteerzeugung	Kompressionskältemaschine
Art der Kühlung	wassergekühlt
Art des Verdichters	Kolben-/Scrollverdichter 10 kW bis 1500 kW
Art der Teillastregelung	Zweipunktregelung taktend mit Pufferspeicher (EIN/AUS-Betrieb)
Art des Kältemittels	R22
Art der Rückkühlung	Verdunstungsrückkühler
Art des Rückkühlkreises	geschlossener Kreislauf
	ohne Zusatzschalldämpfer (Axialventilator)
Art der Kaltwasserzufuhr	konstant

## Ergebnisse

	Energie für Kühlung [kWh/a]		Hilfsenergie [kWh/a]	
	für statische Systeme	für RLT-Anlagen	für statische Systeme	für RLT-Anlagen
<i>Zu deckender Nutzenergiebedarf</i>	0,00	5.247,34	–	–
<i>+ Verluste durch Verteilung</i>	0,00	524,73	0,00	34,59
<i>+ Verluste durch Übergabe</i>	0,00	1.206,89	0,00	0,00
<i>= erforderliche Erzeugernutzenergie</i>	0,00	6.978,96	–	–
<i>– regenerativer Anteil</i>	0,00	4.743,41	–	–
<i>+ Verluste durch Erzeugung</i>	–	–	0,00	253,08
<i>= Endenergiebedarf</i>	0,00	2.235,55	0,00	287,68

(Bei den Verlusten wurden die Wärmeeinträge nicht abgezogen.)

# Anlagentechnik: Raumluftechnische Anlagen

## C-Heizfunktion ohne WRG

Betriebsweise	Heizfunktion
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen
Vor-/Rücklauftemperatur Heizkreis [°C]	70,0/55,0 (Standardwert)

### Wärmeerzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil
Wärmeerzeugereinheit 1	1,00

## Anbindung Wärme

### Verteilung

Art des Rohrnetzes	Zweirohrnetz
--------------------	--------------

### Rohrabschnitt 1: Abschnitt 1

Rohrtyp	Verteilleitung - V
Baujahr/Isolierung	nach 1995
Lage der vertikalen Strangleitungen	innen
Längenbezogener U-Wert [W/mK]	0,200 (Standardwert)
Länge des Rohrabschnitts [m]	20,00
Umgebung	Standardrandbedingungen unbeheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	13,0
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

## Pumpe

Überströmventile vorhanden	nein
hydraulischer Abgleich	ja
intermittierende Betriebsweise	nein
elektrische Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt [W]	145,83 (Standardwert)
Auslegung Heizungspumpe	bedarfsausgelegt (bei bekannter Pumpe)
Pumpenregelung	konstante Druckdifferenz
Wasserinhalt kleiner als 150 ml/kW	nein
maximale Rohrleitungslänge [m]	409,68 (Standardwert)
Differenzdruck Wärmeerzeuger [kPa]	1,00 (Standardwert)
Korrekturfaktor Absenkung/Abschaltung Pumpe [-]	0,0 (Standardwert)
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

## Ergebnisse Heizregister

	Wärmeenergie [kWh/a]	Hilfsenergie [kWh/a]
Nutzwärme	26.302,95	–
Verluste durch Verteilung	0,00	–
Verluste durch Übergabe	2.630,30	–

### Anbindung Wärme

	Wärmeenergie [kWh/a]	Hilfsenergie [kWh/a]
Verluste durch Verteilung	280,27	118,72
Verluste durch Übergabe	0,00	0,00

## D-Heizfunktion mit WRG

Betriebsweise	Heizfunktion
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen
Vor-/Rücklauftemperatur Heizkreis [°C]	70,0/55,0 (Standardwert)

### Wärmerückgewinnung (Kreislaufverbundsystem)

Art des Systems	Rotationswärmetauscher
-----------------	------------------------

### Wärmeerzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil
Wärmeerzeugereinheit 1	1,00

### Anbindung Wärme

#### Verteilung

Art des Rohrnetzes	Zweirohrnetz
--------------------	--------------

### Pumpe

Überströmventile vorhanden	nein
hydraulischer Abgleich	ja
intermittierende Betriebsweise	nein
elektrische Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt [W]	27,91 (Standardwert)
Auslegung Heizungspumpe	bedarfsausgelegt (bei bekannter Pumpe)
Pumpenregelung	konstante Druckdifferenz
Wasserinhalt kleiner als 150 ml/kW	nein
maximale Rohrleitungslänge [m]	409,68 (Standardwert)
Differenzdruck Wärmeerzeuger [kPa]	1,00 (Standardwert)
Korrekturfaktor Absenkung/Abschaltung Pumpe [-]	0,0 (Standardwert)
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

## Ergebnisse Heizregister

	Wärmeenergie [kWh/a]	Hilfsenergie [kWh/a]
Nutzwärme	940,13	–
Verluste durch Verteilung	0,00	–
Verluste durch Übergabe	94,01	–

### Anbindung Wärme

	Wärmeenergie [kWh/a]	Hilfsenergie [kWh/a]
Verluste durch Verteilung	0,00	11,71
Verluste durch Übergabe	0,00	0,00

## E-Heiz-u. Kühlfunktion WRG

Betriebsweise	Heiz- und Kühlfunktion
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen
Vor-/Rücklauftemperatur Heizkreis [°C]	70,0/55,0 (Standardwert)
Vor-/Rücklauftemperatur Kühlkreis [°C]	6,0/12,0

### Wärmerückgewinnung (Kreislaufverbundsystem)

Art des Systems	Rotationswärmetauscher
-----------------	------------------------

### Wärmeerzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil
Wärmeerzeugereinheit 1	1,00

### Kälteerzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil
Kältemaschine	1,00

### Anbindung Wärme

#### Verteilung

Art des Rohrnetzes	Zweirohrnetz
--------------------	--------------

## Rohrabschnitt 1: Abschnitt 1

Rohrtyp	Verteilleitung - V
Baujahr/Isolierung	bis 1980
Lage der vertikalen Strangleitungen	innen
Längenbezogener U-Wert [W/mK]	0,400 (Standardwert)
Länge des Rohrabschnitts [m]	20,00
Umgebung	innerhalb Zone
Zonen	6-20B-Lager
	7-20C-Lager
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

## Pumpe

Überströmventile vorhanden	nein
hydraulischer Abgleich	ja
intermittierende Betriebsweise	nein
elektrische Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt [W]	331,53 (Standardwert)
Auslegung Heizungspumpe	überdimensioniert (bei nicht bekannter Pumpe)
Pumpenregelung	ungeregelt
Wasserinhalt kleiner als 150 ml/kW	nein
maximale Rohrleitungslänge [m]	409,68 (Standardwert)
Differenzdruck Wärmeerzeuger [kPa]	1,00 (Standardwert)
Korrekturfaktor Absenkung/Abschaltung Pumpe [-]	0,0 (Standardwert)
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

## Anbindung Kälte

### Pumpe

Überströmventile vorhanden	nein
hydraulischer Abgleich	ja
hydraulische Entkopplung	nein
geregelt Pumpe	nein
Überströmventile vorhanden	nein
Betriebsweise der Pumpe	vollautomatisierter, bedarfsgesteuerter Betrieb
elektrische Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt [W]	79,99 (Standardwert)
Viskosität des Kälteflüssigkeits $\nu_{cl}$ [mm <sup>2</sup> /s]	1,0
spezifische Wärmekapazität des Kälteflüssigkeits [kJ/(kgK)]	4,18
Dichte des Kälteflüssigkeits [kg/m <sup>3</sup> ]	1.000,00
maximale Rohrleitungslänge [m]	40,00 (Standardwert)
Geometrie	wird von Erzeugereinheit übernommen
Entfernung Kältemaschine zu Wärmeübergabekomponenten [m]	20,00
mittleres spezifisches Druckgefälle in Rohrleitungen [kPa/m]	0,25 (Standardwert)
Anteil Einzelwiderstände am Rohrreibungsverlust [-]	0,30 (Standardwert)
Differenzdruck Wärmeübertrager am Erzeuger [kPa]	0,00 (Standardwert)
Art des Wärmeübertragers beim Erzeuger	keiner

Differenzdruck Wärmeübertrager am Verbraucher [kPa]	0,00 (Standardwert)
Art des Wärmeübertragers beim Verbraucher	keiner
Differenzdruck Regelventile [kPa]	0,00 (Standardwert)
Drosselventil stetig	keiner
Differenzdruck Kühlturm [kPa]	0,00 (Standardwert)
Art des Kühlturms	keiner
Differenzdruck Übergabe [kPa]	0,00 (Standardwert)
Art der Übergabe	keine
Differenzdruck Rückschlagventil [kPa]	0,00 (Standardwert)
Art des Rückschlagventils	keine
Differenzdruck Übergabe Wasser/Wasser [kPa]	0,00 (Standardwert)
Art der Übergabe Wasser/Wasser	keine

## Ergebnisse Heizregister

	Wärmeenergie [kWh/a]	Hilfsenergie [kWh/a]
<i>Nutzwärme</i>	15.370,55	–
<i>Verluste durch Verteilung</i>	0,00	–
<i>Verluste durch Übergabe</i>	1.537,06	–

## Anbindung Wärme

	Wärmeenergie [kWh/a]	Hilfsenergie [kWh/a]
<i>Verluste durch Verteilung</i>	331,40	242,39
<i>Verluste durch Übergabe</i>	0,00	0,00

## Ergebnisse Kühlregister

	Energie für Kühlung [kWh/a]	Hilfsenergie [kWh/a]
<i>Nutzkälte</i>	5.247,34	–
<i>Verluste durch Verteilung</i>	0,00	–
<i>Verluste durch Übergabe</i>	0,00	–

## Anbindung Kälte

	Energie für Kühlung [kWh/a]	Hilfsenergie [kWh/a]
<i>Verluste durch Verteilung</i>	524,73	34,59
<i>Verluste durch Übergabe</i>	1.206,89	0,00

# Anlagentechnik: Verteilsystem Heizung

## Heizkreis 1

Art des Systems	indirekt
abgesenkte Vor-/Rücklauftemperatur	nein
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

## Erzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil
Wärmeerzeugereinheit 1	1,00

## Verteilung 1: Verteilung 1

Art des Rohrnetzes	Zweirohrnetz
--------------------	--------------

## Rohrabschnitt 1: Verteilleitung

Rohrtyp	Verteilleitung - V
Baujahr/Isolierung	bis 1980
Lage der vertikalen Strangleitungen	innen
Längenbezogener U-Wert [W/mK]	0,400 (Standardwert)
Länge des Rohrabschnitts [m]	450,70 (Standardwert)
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

## Rohrabschnitt 2: Strangleitung

Rohrtyp	Strangleitung (Steigleitung) - S
Baujahr/Isolierung	bis 1980
Längenbezogener U-Wert [W/mK]	0,400 (Standardwert)
Länge des Rohrabschnitts [m]	560,00
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

## Rohrabschnitt 3: Anbindeleitung

Rohrtyp	Anbindeleitungen - A
Baujahr/Isolierung	bis 1980
Längenbezogener U-Wert [W/mK]	0,400 (Standardwert)
Länge des Rohrabschnitts [m]	1750,00
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

## Pumpe

Überströmventile vorhanden	nein
hydraulischer Abgleich	ja
intermittierende Betriebsweise	nein
elektrische Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt [W]	2125,76 (Standardwert)
Auslegung Heizungspumpe	überdimensioniert (bei nicht bekannter Pumpe)
Pumpenregelung	ungeregelt
Wasserinhalt kleiner als 150 ml/kW	nein
maximale Rohrleitungslänge [m]	409,68 (Standardwert)
Differenzdruck Wärmeerzeuger [kPa]	1,00 (Standardwert)
Korrekturfaktor Absenkung/Abschaltung Pumpe [-]	0,6 (Standardwert)
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

## Übergabe 1: Übergabe 1

Art der Wärmeübergabe	Heizkörper (freie Heizflächen)
Art der Wärmeübergabe	Außenwand
Art der Regelung	P-Regler (2 K)
Anzahl Antriebe elektronische Regelung	0
Anzahl Ventilatoren/Gebälse (bei Gebläsen zur Luftförderung)	0
Anzahl zusätzlicher Pumpen	0

## Zonenzuordnungen

Zone	Deckungsanteil
1-8-B(A) Klassen	1,00
2-8C Klassen	1,00
3-8D-Klassen	1,00
4-8E-Klassen	1,00
5-16A-Sanitär	1,00
6-20B-Lager	1,00
7-20C-Lager	1,00
8-14C-Küche	1,00
9-17A-sonstige	1,00
10-17C-sonstige	1,00
11-19B-Verkehr	1,00
13-2B-Büro	1,00
14-2E-Büro	1,00
12-31C-Sporthalle	1,00

## Ergebnisse

	Wärmeenergie [kWh/a]	Hilfsenergie [kWh/a]
Verluste durch Verteilung	40.007,70	12.177,82
Verluste durch Übergabe	86.508,44	0,00

(Bei den Verlusten wurden die Wärmeeinträge nicht abgezogen.)



# Anlagentechnik: Verteilsystem Trinkwarmwasser

## Warmwasserkreis 1

Geometrie	wird vom Gebäude übernommen
-----------	-----------------------------

### Erzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil
Erzeugereinheit 1	1,00

## Verteilung 1: Verteilung 1

Art der Zirkulation	mit Zirkulation
System Trinkwassererwärmer	Durchflusssystem
Laufzeit der Zirkulationspumpe [h/d]	5,0 (Standardwert)

### Rohrabschnitt 1: Verteilleitung

Rohrtyp	Verteilleitung - V
Baujahr/Isolierung	bis 1980
Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	nein
Längenbezogener U-Wert [W/mK]	0,400 (Standardwert)
Länge des Rohrabschnitts [m]	500,00
Umgebung	Standardrandbedingungen unbeheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	13,0
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

### Rohrabschnitt 2: Strangleitung

Rohrtyp	Strangleitung (Steigleitung) - S
Baujahr/Isolierung	bis 1980
Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	nein
Längenbezogener U-Wert [W/mK]	0,400 (Standardwert)
Länge des Rohrabschnitts [m]	100,00
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

### Rohrabschnitt 3: Stichleitung

Rohrtyp	Stichleitung - SL
Baujahr/Isolierung	bis 1980
Übergabe in angrenzenden Räumen mit gemeinsamer Installationswand	nein
Längenbezogener U-Wert [W/mK]	0,400 (Standardwert)
Länge des Rohrabschnitts [m]	100,00
Umgebung	Standardrandbedingungen beheizt
Umgebungstemperatur (Jahresdurchschnitt) [°C]	20,0
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

### Pumpe

elektrische Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt [W]	243,54 (Standardwert)
Auslegung Warmwasserpumpe	überdimensioniert (bei nicht bekannter Pumpe)
Pumpenregelung	ungeregelt
maximale Rohrleitungslänge [m]	374,80 (Standardwert)
Auslegungs-Temperaturspreizung im Zirkulationskreis [K]	0,0 (Standardwert)
Differenzdruck Wärmeerzeuger [kPa]	0,00 (Standardwert)
Differenzdruck Trinkwassererwärmer [kPa]	15,00 (Standardwert)
Korrekturfaktor Absenkung/Abschaltung Pumpe [-]	0,0 (Standardwert)
Geometrie	wird vom Kreis übernommen

### Ergebnisse

	Wärmeenergie [kWh/a]	Hilfsenergie [kWh/a]
<i>Verluste durch Verteilung</i>	16.015,46	260,83

(Bei den Verlusten wurden die Wärmeeinträge nicht abgezogen.)

# Anlagentechnik: Verteilsystem Kalt-/Warmluft

## D-Warmluft

Betriebsweise	Heizfunktion
Luftkanaloberfläche außerhalb der thermischen Hülle $A_{K,A}$ [m <sup>2</sup> ]	0,00
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

### Erzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil Wärme	Deckungsanteil Kälte
D-Heizfunktion mit WRG	1,00	0,00

### Übergaben

Zone	Deckungsanteil	Nutzungsgrad Übergabe Wärme	Nutzungsgrad Übergabe Kälte
3-8D-Klassen	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)

## Ergebnisse

	Energie [kWh/a]
<i>Verluste durch Verteilung (Wärme)</i>	0,00
<i>Verluste durch Übergabe (Wärme)</i>	94,01

(Bei den Verlusten wurden die Wärmeeinträge nicht abgezogen.)

## E-Kalt-/Warmluft

Betriebsweise	Heiz- und Kühlfunktion
Luftkanaloberfläche außerhalb der thermischen Hülle $A_{K,A}$ [m <sup>2</sup> ]	0,00
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

### Erzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil Wärme	Deckungsanteil Kälte
E-Heiz-u. Kühlfunktion WRG	1,00	1,00

### Übergaben

Zone	Deckungsanteil	Nutzungsgrad Übergabe Wärme	Nutzungsgrad Übergabe Kälte
4-8E-Klassen	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)
14-2E-Büro	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)

## Ergebnisse

	Energie [kWh/a]
Verluste durch Verteilung (Wärme)	0,00
Verluste durch Übergabe (Wärme)	1.537,06
Verluste durch Verteilung (Kälte)	0,00
Verluste durch Übergabe (Kälte)	0,00

(Bei den Verlusten wurden die Wärmeeinträge nicht abgezogen.)

## C-Warmluft

Betriebsweise	Heizfunktion
Luftkanaloberfläche außerhalb der thermischen Hülle $A_{K,A}$ [m <sup>2</sup> ]	0,00
Geometrie	wird vom Gebäude übernommen

## Erzeugereinheiten

Einheit	Deckungsanteil Wärme	Deckungsanteil Kälte
C-Heizfunktion ohne WRG	1,00	0,00

## Übergaben

Zone	Deckungsanteil	Nutzungsgrad Übergabe Wärme	Nutzungsgrad Übergabe Kälte
2-8C Klassen	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)
7-20C-Lager	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)
8-14C-Küche	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)
10-17C-sonstige	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)
12-31C-Sporthalle	1,00	0,90 (Standardwert)	1,00 (Standardwert)

## Ergebnisse

	Energie [kWh/a]
Verluste durch Verteilung (Wärme)	0,00
Verluste durch Übergabe (Wärme)	2.630,30

(Bei den Verlusten wurden die Wärmeeinträge nicht abgezogen.)

## Variantenvergleich

Bezeichnung	Ausgangsfall	Basis	V1-dreifach	V2-Perimeter	V3-AW Sturz
Nutzenergiebedarf gesamt [kWh/a]	1.095.026,0	703.973,3	672.135,7	649.680,4	639.993,0
Endenergiebedarf gesamt [kWh/a]	1.264.052,3	821.179,4	786.346,3	760.495,3	749.472,6
Primärenergiebedarf gesamt [kWh/a]	1.516.513,9	1.071.788,3	1.039.601,1	1.013.348,0	1.002.180,1
Nutzenergiebedarf Heizung [kWh/a]	942.805,3	544.914,9	511.920,1	489.464,9	479.700,1
Nutzenergiebedarf Warmwasser [kWh/a]	11.892,6	11.892,6	11.892,6	11.892,6	11.892,6
Nutzenergiebedarf Kühlung [kWh/a]	18.948,7	22.989,0	22.144,7	22.144,7	22.221,9
Nutzenergiebedarf Beleuchtung [kWh/a]	121.379,4	124.176,8	126.178,3	126.178,3	126.178,3
Nutzenergiebedarf Lüftung [kWh/a]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Endenergiebedarf Heizung [kWh/a]	1.090.170,3	644.500,1	607.665,4	581.814,6	570.791,9
Endenergiebedarf Warmwasser [kWh/a]	29.190,8	29.190,8	29.190,8	29.190,5	29.190,5
Endenergiebedarf Kühlung [kWh/a]	2.523,2	2.523,2	2.523,2	2.523,2	2.523,2
Endenergiebedarf Beleuchtung [kWh/a]	121.379,4	124.176,8	126.178,3	126.178,3	126.178,3
Endenergiebedarf Lüftung [kWh/a]	20.788,6	20.788,6	20.788,6	20.788,6	20.788,6
Primärenergiebedarf Heizung [kWh/a]	1.110.708,5	658.709,8	621.318,6	595.065,9	583.897,9
Primärenergiebedarf Warmwasser [kWh/a]	29.608,1	29.608,1	29.608,1	29.607,8	29.607,8
Primärenergiebedarf Kühlung [kWh/a]	6.560,4	6.560,4	6.560,4	6.560,4	6.560,4
Primärenergiebedarf Beleuchtung [kWh/a]	315.586,5	322.859,7	328.063,6	328.063,6	328.063,6
Primärenergiebedarf Lüftung [kWh/a]	54.050,4	54.050,4	54.050,4	54.050,4	54.050,4
spez. Nutzenergiebedarf gesamt [kWh/m²a]	94,5	60,7	58,0	56,0	55,2
spez. Endenergiebedarf gesamt [kWh/m²a]	109,0	70,8	67,8	65,6	64,6
spez. Primärenergiebedarf gesamt [kWh/m²a]	130,8	92,4	89,7	87,4	86,4
spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/(m²a)]	94,0	55,6	52,4	50,2	49,2

Bezeichnung	Ausgangsfall II	V4-AW BR	V5-Sportboden	V6-WDVS
Nutzenergiebedarf gesamt [kWh/a]	1.095.026,0	621.650,2	619.642,4	520.518,2
Endenergiebedarf gesamt [kWh/a]	1.264.052,3	728.349,9	726.083,1	611.300,9
Primärenergiebedarf gesamt [kWh/a]	1.516.513,9	980.733,2	978.440,2	861.821,0
Nutzenergiebedarf Heizung [kWh/a]	942.805,3	461.443,7	459.435,8	358.668,4
Nutzenergiebedarf Warmwasser [kWh/a]	11.892,6	11.892,6	11.892,6	11.892,6
Nutzenergiebedarf Kühlung [kWh/a]	18.948,7	22.135,6	22.135,6	23.778,9
Nutzenergiebedarf Beleuchtung [kWh/a]	121.379,4	126.178,3	126.178,3	126.178,3
Nutzenergiebedarf Lüftung [kWh/a]	0,0	0,0	0,0	0,0
Endenergiebedarf Heizung [kWh/a]	1.090.170,3	549.669,3	547.402,4	432.620,3
Endenergiebedarf Warmwasser [kWh/a]	29.190,8	29.190,5	29.190,5	29.190,5
Endenergiebedarf Kühlung [kWh/a]	2.523,2	2.523,2	2.523,2	2.523,2
Endenergiebedarf Beleuchtung [kWh/a]	121.379,4	126.178,3	126.178,3	126.178,3
Endenergiebedarf Lüftung [kWh/a]	20.788,6	20.788,6	20.788,6	20.788,6
Primärenergiebedarf Heizung [kWh/a]	1.110.708,5	562.451,0	560.158,1	443.538,8
Primärenergiebedarf Warmwasser [kWh/a]	29.608,1	29.607,8	29.607,8	29.607,8
Primärenergiebedarf Kühlung [kWh/a]	6.560,4	6.560,4	6.560,4	6.560,4

<b>Bezeichnung</b>	<b>Ausgangsfall</b>	<b>V4-AW BR</b>	<b>V5-Sportboden</b>	<b>V6-WDVS</b>
<i>Primärenergiebedarf Beleuchtung [kWh/a]</i>	315.586,5	328.063,6	328.063,6	328.063,6
<i>Primärenergiebedarf Lüftung [kWh/a]</i>	54.050,4	54.050,4	54.050,4	54.050,4
<i>spez. Nutzenergiebedarf gesamt [kWh/m²a]</i>	94,5	53,6	53,4	44,9
<i>spez. Endenergiebedarf gesamt [kWh/m²a]</i>	109,0	62,8	62,6	52,7
<i>spez. Primärenergiebedarf gesamt [kWh/m²a]</i>	130,8	84,6	84,4	74,3
<i>spez. Endenergiebedarf Heizung [kWh/(m²a)]</i>	94,0	47,4	47,2	37,3

## Nutzungsprofile

<b>Nutzung: 8-1-Klassenzimmer</b>			
<b>Nutzungszelten</b>		von	bis
tägliche Nutzungszeit	Uhr	8:00	13:00
jährliche Nutzungstage $d_{\text{Nutz,a}}$	d/a	180	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit $t_{\text{Tag}}$	h/a	1000	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit $t_{\text{Nacht}}$	h/a	2	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	14:00
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	180	
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	13:00
<b>Raumkonditionen</b>			
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,\text{soll}}$	°C	19	
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{soll}}$	°C	24	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,\text{min}}$	°C	19	
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{max}}$	°C	26	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{1,NA}$	K	4	
Feuchteanforderung	–	mit Toleranz	
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
flächenbezogen	$\text{m}^3/(\text{hm}^2)$	6,00	
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	lx	300	
Höhe der Nutzebene $h_{\text{Ne}}$	m	0,8	
Minderungsfaktor $k_A$	–	0,97	
relative Abwesenheit $C_A$	–	0,25	
Raumindex $k$	–	2	
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit $F_t$	–	0,9	
<b>Personenbelegung</b>			
Belegungsdichte	$\text{m}^2$ je Person	2	
<b>Interne Wärmequellen</b>			
Personen $q_{l,p}$	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	175	
Arbeitshilfen $q_{l,fae}$	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	20	
Wärmezufuhr je Tag $(q_{l,p} + q_{l,fae})$	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	195	
<b>Erläuterungen:</b>			

<b>Nutzung: 16-1-WC und Sanitär in Nichtwohngebäude</b>			
<b>Nutzungszeiten</b>		von	bis
tägliche Nutzungszeit	Uhr	8:00	13:00
jährliche Nutzungstage $d_{\text{Nutz,a}}$	d/a	180	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit $t_{\text{Tag}}$	h/a	1398	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit $t_{\text{Nacht}}$	h/a	2	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	15:00
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	180	
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	13:00
<b>Raumkonditionen</b>			
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,\text{soil}}$	°C	20	
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{soil}}$	°C	24	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,\text{min}}$	°C	20	
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{max}}$	°C	26	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{1,NA}$	K	4	
Feuchteanforderung	–	keine	
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
flächenbezogen	$\text{m}^3/(\text{hm}^2)$	8,00	
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	lx	200	
Höhe der Nutzebene $h_{\text{No}}$	m	0,8	
Minderungsfaktor $k_A$	–	1	
relative Abwesenheit $C_A$	–	0,9	
Raumindex $k$	–	0,8	
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit $F_t$	–	1	
<b>Personenbelegung</b>			
Belegungsichte	$\text{m}^2$ je Person	5	
<b>Interne Wärmequellen</b>			
Personen $q_{i,p}$	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	14	
Arbeitshilfen $q_{i,\text{fac}}$	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	–	
Wärmezufuhr je Tag ( $q_{i,p} + q_{i,\text{fac}}$ )	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	14	
<b>Erläuterungen:</b>			



<b>Nutzung: 20-1-Lager, Technik, Archiv</b>			
<b>Nutzungszeiten</b>		von	bis
tägliche Nutzungszeit	Uhr	8:00	13:00
jährliche Nutzungstage $d_{\text{Nutz,a}}$	d/a	180	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit $t_{\text{Tag}}$	h/a	1398	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit $t_{\text{Nacht}}$	h/a	2	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	15:00
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	180	
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	13:00
<b>Raumkonditionen</b>			
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,\text{soil}}$	°C	16	
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{soil}}$	°C	24	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,\text{min}}$	°C	16	
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{max}}$	°C	26	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{i,NA}$	K	4	
Feuchteanforderung	–	keine	
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
flächenbezogen	$\text{m}^3/(\text{hm}^2)$	0,15	
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	lx	100	
Höhe der Nutzebene $h_{\text{No}}$	m	0,8	
Minderungsfaktor $k_A$	–	1	
relative Abwesenheit $C_A$	–	0,98	
Raumindex $k$	–	1,5	
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit $F_t$	–	1	
<b>Personenbelegung</b>			
Belegungsdichte	$\text{m}^2$ je Person	–	
<b>Interne Wärmequellen</b>			
Personen $q_{i,p}$	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	–	
Arbeitshilfen $q_{i,\text{fac}}$	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	50	
Wärmezufuhr je Tag ( $q_{i,p} + q_{i,\text{fac}}$ )	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	50	
<b>Erläuterungen:</b>			

<b>Nutzung: 14-10-Küchen in Nichtwohngebäuden</b>			
<b>Nutzungszeiten</b>		von	bis
tägliche Nutzungszeit	Uhr	8:00	13:00
jährliche Nutzungstage $d_{\text{Nutz,a}}$	d/a	180	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit $t_{\text{Tag}}$	h/a	1398	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit $t_{\text{Nacht}}$	h/a	2	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	15:00
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	180	
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	13:00
<b>Raumkonditionen</b>			
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,\text{soll}}$	°C	20	
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{soll}}$	°C	24	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,\text{min}}$	°C	20	
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{max}}$	°C	26	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{1,NA}$	K	4	
Feuchteanforderung	–	mit Toleranz	
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
flächenbezogen	$\text{m}^3/(\text{hm}^2)$	8,00	
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	lx	500	
Höhe der Nutzebene $h_{\text{No}}$	m	0,8	
Minderungsfaktor $k_A$	–	0,96	
relative Abwesenheit $C_A$	–	0	
Raumindex $k$	–	1,5	
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit $F_t$	–	1	
<b>Personenbelegung</b>			
Belegungsichte	$\text{m}^2$ je Person	4	
<b>Interne Wärmequellen</b>			
Personen $q_{i,p}$	Wh/( $\text{m}^2\text{d}$ )	72	
Arbeitshilfen $q_{i,\text{fac}}$	Wh/( $\text{m}^2\text{d}$ )	2400	
Wärmezufuhr je Tag ( $q_{i,p} + q_{i,\text{fac}}$ )	Wh/( $\text{m}^2\text{d}$ )	2472	
<b>Erläuterungen:</b>			

<b>Nutzung: 17-1-sonstige Aufenthaltsräume</b>			
<b>Nutzungszeiten</b>		von	bis
tägliche Nutzungszeit	Uhr	8:00	13:00
jährliche Nutzungstage $d_{\text{Nutz,a}}$	d/a	180	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit $t_{\text{Tag}}$	h/a	1398	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit $t_{\text{Nacht}}$	h/a	2	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	15:00
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	180	
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	13:00
<b>Raumkonditionen</b>			
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,\text{soil}}$	°C	19	
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{soil}}$	°C	24	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,\text{min}}$	°C	19	
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{max}}$	°C	26	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{1,NA}$	K	4	
Feuchteanforderung	–	mit Toleranz	
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
flächenbezogen	$\text{m}^3/(\text{hm}^2)$	7,00	
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	lx	300	
Höhe der Nutzebene $h_{\text{No}}$	m	0,8	
Minderungsfaktor $k_A$	–	0,93	
relative Abwesenheit $C_A$	–	0,5	
Raumindex $k$	–	1,25	
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit $F_t$	–	1	
<b>Personenbelegung</b>			
Belegungsichte	$\text{m}^2$ je Person	3	
<b>Interne Wärmequellen</b>			
Personen $q_{i,p}$	Wh/( $\text{m}^2\text{d}$ )	92	
Arbeitshilfen $q_{i,\text{fac}}$	Wh/( $\text{m}^2\text{d}$ )	8	
Wärmezufuhr je Tag ( $q_{i,p} + q_{i,\text{fac}}$ )	Wh/( $\text{m}^2\text{d}$ )	100	
<b>Erläuterungen:</b>			

<b>Nutzung: 19-1-Verkehrsflächen</b>			
<b>Nutzungszeiten</b>		von	bis
tägliche Nutzungszeit	Uhr	8:00	13:00
jährliche Nutzungstage $d_{\text{Nutz,a}}$	d/a	180	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit $t_{\text{Tag}}$	h/a	1398	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit $t_{\text{Nacht}}$	h/a	2	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	15:00
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	180	
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	13:00
<b>Raumkonditionen</b>			
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,\text{soil}}$	°C	17	
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{soil}}$	°C	24	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,\text{min}}$	°C	17	
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{max}}$	°C	26	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{1,NA}$	K	4	
Feuchteanforderung	–	keine	
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
flächenbezogen	$\text{m}^3/(\text{hm}^2)$	0,00	
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	lx	100	
Höhe der Nutzebene $h_{\text{No}}$	m	0	
Minderungsfaktor $k_A$	–	1	
relative Abwesenheit $C_A$	–	0,8	
Raumindex $k$	–	0,8	
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit $F_t$	–	1	
<b>Personenbelegung</b>			
Belegungsichte	$\text{m}^2$ je Person	5	
<b>Interne Wärmequellen</b>			
Personen $q_{i,p}$	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	14	
Arbeitshilfen $q_{i,\text{fac}}$	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	–	
Wärmezufuhr je Tag ( $q_{i,p} + q_{i,\text{fac}}$ )	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	14	
<b>Erläuterungen:</b>			

<b>Nutzung: 31-1-Sporthalle</b>			
<b>Nutzungszeiten</b>		von	bis
tägliche Nutzungszeit	Uhr	8:00	13:00
jährliche Nutzungstage $d_{\text{Nutz,a}}$	d/a	250	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit $t_{\text{Tag}}$	h/a	1398	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit $t_{\text{Nacht}}$	h/a	2	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	15:00
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	250	
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	13:00
<b>Raumkonditionen</b>			
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,\text{soil}}$	°C	18	
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{soil}}$	°C	24	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,\text{min}}$	°C	18	
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{max}}$	°C	26	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{1,NA}$	K	4	
Feuchteanforderung	–	keine	
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
flächenbezogen	$\text{m}^3/(\text{hm}^2)$	3,00	
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	lx	300	
Höhe der Nutzebene $h_{\text{No}}$	m	1	
Minderungsfaktor $k_A$	–	1	
relative Abwesenheit $C_A$	–	0,3	
Raumindex $k$	–	2	
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit $F_t$	–	1	
<b>Personenbelegung</b>			
Belegungsichte	$\text{m}^2$ je Person	10	
<b>Interne Wärmequellen</b>			
Personen $q_{i,p}$	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	70	
Arbeitshilfen $q_{i,\text{fac}}$	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	–	
Wärmezufuhr je Tag ( $q_{i,p} + q_{i,\text{fac}}$ )	$\text{Wh}/(\text{m}^2\text{d})$	70	
<b>Erläuterungen:</b>			

<b>Nutzung: 2-1-Gruppenbüro</b>			
<b>Nutzungszeiten</b>		von	bis
tägliche Nutzungszeit	Uhr	8:00	13:00
jährliche Nutzungstage $d_{\text{Nutz,a}}$	d/a	200	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit $t_{\text{Tag}}$	h/a	1398	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit $t_{\text{Nacht}}$	h/a	2	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	Uhr	6:00	15:00
jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Kühlung und Heizung $d_{\text{op,a}}$	d/a	200	
tägliche Betriebszeit Heizung	Uhr	6:00	13:00
<b>Raumkonditionen</b>			
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,\text{soil}}$	°C	19	
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{soil}}$	°C	24	
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,\text{min}}$	°C	19	
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{max}}$	°C	26	
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{1,NA}$	K	4	
Feuchteanforderung	–	mit Toleranz	
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
flächenbezogen	$\text{m}^3/(\text{hm}^2)$	1,00	
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke	lx	500	
Höhe der Nutzebene $h_{\text{No}}$	m	0,8	
Minderungsfaktor $k_A$	–	0,84	
relative Abwesenheit $C_A$	–	0,3	
Raumindex $k$	–	1,25	
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit $F_t$	–	0,7	
<b>Personenbelegung</b>			
Belegungsichte	$\text{m}^2$ je Person	14	
<b>Interne Wärmequellen</b>			
Personen $q_{i,p}$	Wh/( $\text{m}^2\text{d}$ )	30	
Arbeitshilfen $q_{i,\text{fac}}$	Wh/( $\text{m}^2\text{d}$ )	42	
Wärmezufuhr je Tag ( $q_{i,p} + q_{i,\text{fac}}$ )	Wh/( $\text{m}^2\text{d}$ )	72	
<b>Erläuterungen:</b>			