



**IDEE-SEEGER**

Christian Seeger  
Dipl.-Wirtschaftsing. (FH)  
Franz-Gleim-Straße 3  
D-34212 Melsungen  
Tel.: +49 (56 61) 92 89 9 - 0  
Fax: +49 (56 61) 92 89 9 - 10

**E-Mail:** info@idee-seeger.de

**Steuernummer:** 032 869 00478

**USt.-Id.-Nr.:** DE 189669606

**Bankverbindung:**

VR-Bank-Schwalm-Eder e.G.  
BLZ 520 626 01 Kto. 6 00 11

Kreissparkasse Schwalm-Eder  
BLZ 520 521 54 Kto. 10012474

**Kunde:** 77 Kreis Coesfeld  
**Projekt:** 01 Pictorius-Berufskolleg  
**Unterprojekt:** 01 Konzeptstudie 05 – 2015

**Zeitraum:** Mai 2013 – April 2015

**Projektleiter:** Christian Seeger  
Dipl.-Wirtschaftsing. (FH)

0	Inhaltsverzeichnis	
0	Inhaltsverzeichnis.....	2
1	Grundlagen.....	5
1.1	Wärmeerzeugung.....	6
1.2	Wärmeverbrauch.....	6
1.2.1	Pictorius-Berufskolleg.....	6
1.3	Lastgangkurven: Wärme - Strom.....	7
2	Wärmeerzeugung:.....	9
2.1	Varianten.....	9
2.1.1	Variante 1.1 – Erneuerung Bestand – 1 Kessel.....	9
2.1.2	Variante 1.2 – Erneuerung Bestand – 2 Kessel.....	9
2.1.3	Variante 1.3 – Erneuerung Bestand – 1 Kessel + Solar (Sporthalle).....	9
2.1.4	Variante 2.1 – Erneuerung Bestand – 1 Kessel + BHKW.....	9
2.1.5	Variante 2.2 – Erneuerung Bestand – 1 Kessel + BHKW + Solar.....	10
2.2	Wirtschaftlichkeit Wärmeerzeugung (in Anlehnung an VDI 20 67).....	10
2.2.1	Investition.....	10
2.2.2	Förderung.....	10
2.2.3	Kapitaldienst.....	10
2.2.4	Verbrauchsgebundene Kosten.....	10
2.2.5	Betriebsgebundene Kosten.....	10
2.3	Zusammenfassung.....	11
2.3.1	Wirtschaftlichkeit – Jahreskosten.....	11
2.3.2	Wirtschaftlichkeit – bei steigenden Energiepreisen.....	11
2.3.3	CO2-Emissionen.....	11
2.3.4	Empfehlung und Bewertungsmatrix.....	11
2.4	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz.....	12
2.4.1	Einsatz Erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung.....	12
2.4.2	Ersatzmaßnahmen.....	12
3	Schulgebäude.....	14
3.1	Wärmeversorgung Schulgebäude.....	14
3.2	Heizungsinstallation.....	14
3.3	Beheizung Aula.....	14
3.4	Steigeschächte.....	15
3.5	Trinkwasserverordnung.....	16
4	Werkstätten.....	18

4.1	Ist-Zustand .....	18
4.1.1	Werkstätten .....	18
4.1.2	Flure + Meisterräume .....	18
4.1.3	Warmwasserbereitung .....	18
4.2	Konzeption: .....	18
4.2.1	Demontage Lufterhitzer .....	18
4.2.2	Installation Lüftungsanlage .....	18
4.2.3	Installation statische Heizflächen .....	19
5	Sporthalle .....	21
5.1	Erneuerung der Lüftungsgeräte .....	21
5.2	Beheizung Sporthalle .....	21
5.2.1	Strahlungsheizung .....	21
5.2.2	Wirtschaftlicher Vergleich Beheizung Sporthalle .....	25
5.2.3	Empfehlung Beheizung der Sporthalle .....	25
5.3	Warmwasserbereitung Sporthalle .....	26
6	Zusammenfassung .....	26
	Tabelle 1-1: Wärmeverbrauch der Kreis-Gebäude in kWh/a .....	6
	Tabelle 2-1: Bewertungsmatrix Wärmeerzeugung .....	12
	Tabelle 3-1: Investitionen Heizungsinstallation Schulgebäude .....	14
	Tabelle 3-2: Investitionen Beheizung Aula .....	15
	Tabelle 3-3: Investitionen Steigeschächte .....	16
	Tabelle 3-4: Investitionen Trinkwasserverordnung .....	17
	Tabelle 4-1: Investitionen Werkstätten .....	20
	Tabelle 5-1: Luftbedarf Sporthalle .....	21
	Tabelle 5-2: Investition Lüftungsgeräte Sporthalle .....	21
	Tabelle 5-3: Bewertungsmatrix Beheizung Sporthalle .....	25
	Tabelle 5-4: Investition Deckenstrahlplatten Sporthalle .....	25
	Tabelle 5-5: Investition Erneuerung Warmwasserbereiter Sporthalle .....	26

Foto 1-1: ungeordnete Lastgangkurven Wärme + Strom.....	7
Foto 1-2: geordnete Lastgangkurven Wärme + Strom .....	8
Foto 3-1: Flächen für statische Heizungen (Heizkörper) .....	15
Foto 3-2: Steigeschacht außen    Foto 3-3: Steigeschacht innen.....	16
Foto 4-1: Position für Lüftungsanlage Werkstatt.....	19
Foto 4-2: mögliche Flächen für die Installation von Heizkörpern .....	20
Foto 5-1: Deckenstrahlplatte mit Ballwurfschutz (Quelle: Sunline).....	23
Foto 5-2: Sportfeld in der Sporthalle.....	23
Foto 5-3: Deckenstrahlplatte in Kombination mit Lüftung    (Quelle: Sunline).....	24
Foto 5-4: Fotos Deckenstrahlplatte in Kombination mit Lüftung    (Quelle: Sunline).....	25

## 1 Grundlagen

Der Kreis Coesfeld beabsichtigt die Sanierung des Gebäudekomplexes Pictorius-Berufskolleg in Coesfeld inkl. Sporthalle.

Für die Sanierung sind die haustechnischen Gewerke Heizung + Sanitär + Lüftung im Rahmen der Planung zu untersuchen und Kosten zu schätzen.

Hierbei sollen vor allem folgende Punkte untersucht und verglichen werden:

- Sanierung der Wärmeerzeugung
  - o zentrale Wärmeerzeugung (Sporthalle) inklusive Erneuerung der vorhandenen Wärmeleitung zwischen der Sporthalle und dem Pictorius-Berufskolleg
    - Austausch der vorhandenen Kesselanlagen mit Anpassung an die Sanierung
    - Austausch der vorhandenen Kesselanlagen mit Anpassung an die Sanierung inklusive Einbindung eines BHKW
    - Betrachtung der Wirtschaftlichkeit mit einer solaren Warmwasserbereitung für die Sporthalle
- Sanierung der Lüftungsanlagen in der Sporthalle
  - o reiner Austausch der Lüftungsanlagen inklusive Anpassung an die Sanierung
    - mit Einbindung einer neu zu installierenden Beheizung über Deckenstrahlplatten
- Sanierung der Beheizung der Sporthalle
  - o Beheizung über die Lüftungsanlage
  - o Beheizung mit Deckenstrahlplatten
  - o Beheizung mit direkt gefeuerten Gasstrahlern
- Sanierung der Warmwasserbereitung in der Sporthalle
- Sanierung des Werkstattbereiches
  - o Ertüchtigung der Räumlichkeiten zu Schulungsräumen
    - inklusive Beheizung
    - inklusive Lüftung
- Sanierung der Beheizung der Aula
  - o Austausch der Lüftungsanlage
  - o Neukonzeption der Lüftungsanlage inklusive statischer Heizflächen
- Sanierung der Installationsschächte für Heizung und Wasser, in den Bereichen der Außenwände

## 1.1 Wärmeerzeugung

Die Beheizung der Räume erfolgt mit einer Warmwasserheizung mit Heizkörpern. Die Wärme hierfür wird mit 2 gasbefeuelten Kesseln erzeugt.

Folgende Kessel sind installiert:

Kessel 1:	Viessmann PD 116	
	Baujahr:	1991
	Nennwärmeleistung:	1.335 kW
	Brenner:	Riello 525 T1
	Baujahr:	1991
	Leistungsbereich:	400 – 1.760 kW
Kessel 2:	Viessmann PD 116	
	Baujahr:	1991
	Nennwärmeleistung:	1.335 kW
	Brenner:	Riello 525 T1
	Baujahr:	1989
	Leistungsbereich:	400 – 1.760 kW

## 1.2 Wärmeverbrauch

### 1.2.1 Pictorius-Berufskolleg

Für die Gebäude des Pictorius-Berufskolleg, hierzu gehören das Schulgebäude, die Sporthalle, ist eine Wärmeerzeugungsanlage in der Sporthalle installiert. Die Wärmeversorgung der angeschlossenen Gebäude erfolgt über erdverlegte Wärmeleitungen.

Die Wärmeversorgung des Pavillon erfolgt mit einer eigenen Anlage. Der Pavillon wird hier nicht weiter betrachtet.

Die Verbräuche der letzten Jahre für die Gebäude, die an der Wärmezentrale der Sporthalle angeschlossen sind, stellen sich wie folgt dar:

	2012	2013	2014	Durchschnitt
Schulgebäude	1.085.209	1.113.414	802.328	1.000.317
Sporthalle	100.230	115.960	46.300	87.497
<b>Summe</b>	<b>1.185.439</b>	<b>1.229.374</b>	<b>848.628</b>	<b>1.087.814</b>

Tabelle 1-1: Wärmeverbrauch der Kreis-Gebäude in kWh/a

### 1.3 Lastgangkurven: Wärme - Strom

Nachfolgend werden die Lastgangkurven für Wärme und Strom gemeinsam betrachtet.

In der nachfolgenden Grafik werden die Lastgangkurven über das Jahr dargestellt.

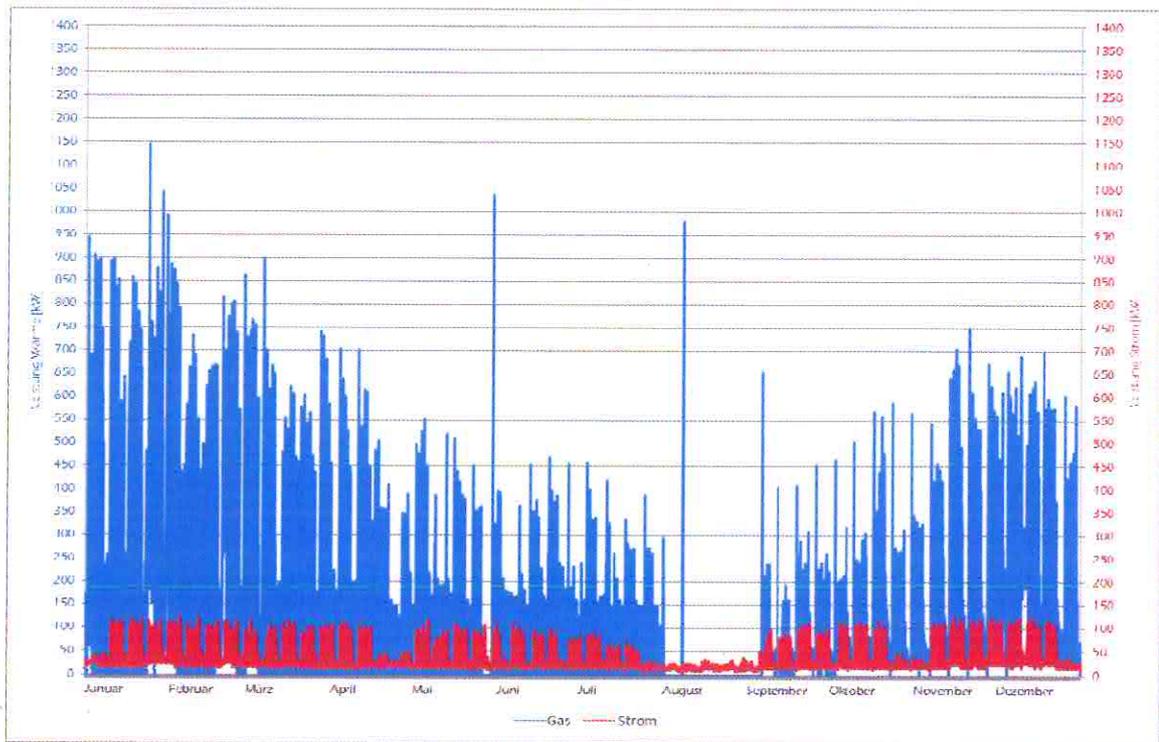


Foto 1-1: ungeordnete Lastgangkurven Wärme + Strom

In der nachfolgenden Grafik werden die Lastgangkurven nach der Leistung sortiert dargestellt.

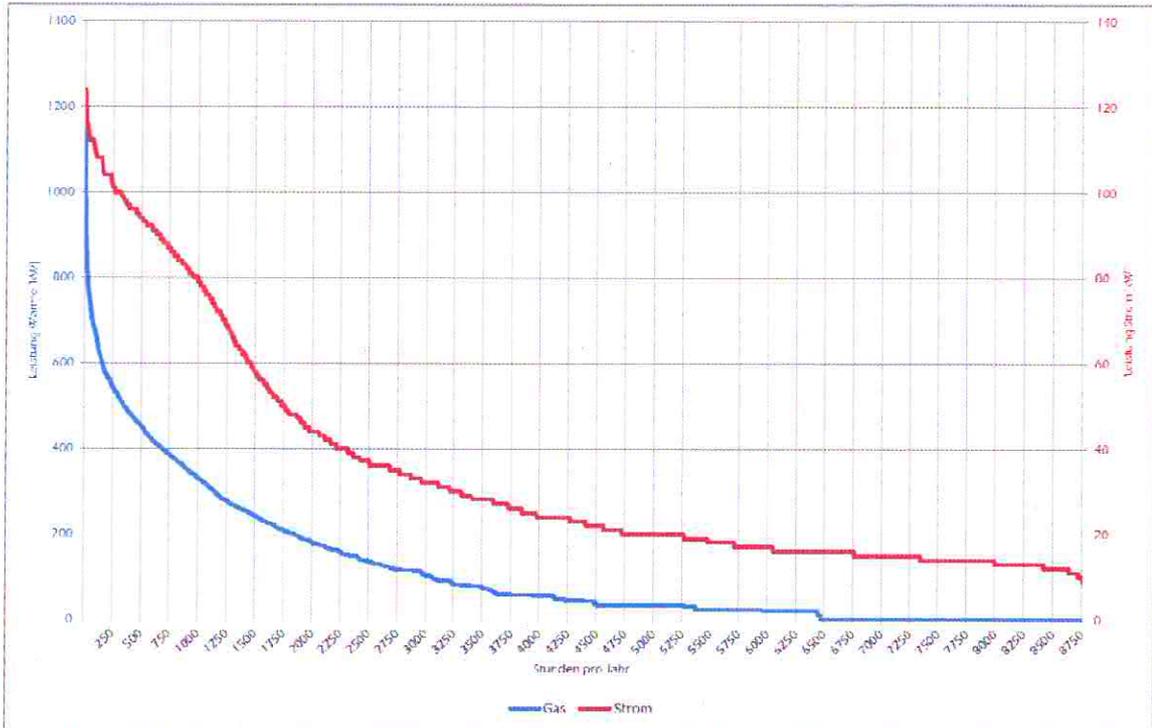


Foto 1-2: geordnete Lastgangkurven Wärme + Strom

## 2 Wärmeerzeugung:

### 2.1 Varianten

#### 2.1.1 Variante 1.1 – Erneuerung Bestand – 1 Kessel

Bei dieser Variante werden die zwei vorhandenen Gaskessel demontiert und gegen einen an die erforderliche Leistung angepassten Gas-Brennwertkessel (650 kW) ausgetauscht.

#### 2.1.2 Variante 1.2 – Erneuerung Bestand – 2 Kessel

Bei dieser Variante werden die zwei vorhandenen Gaskessel demontiert und gegen zwei an die erforderliche Leistung angepassten Gas-Brennwertkessel (250 + 400 kW) ausgetauscht.

#### 2.1.3 Variante 1.3 – Erneuerung Bestand – 1 Kessel + Solar (Sporthalle)

Bei dieser Variante werden die zwei vorhandenen Gaskessel demontiert und gegen einen an die erforderliche Leistung angepassten Gas-Brennwertkessel (650 kW) ausgetauscht, also Variante 1.1. Zusätzlich wird eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung in der Sporthalle installiert. Es besteht ausschließlich in der Sporthalle ein Warmwasserbedarf, in der Schule sind nur sehr wenige Warmwasserzapfstellen (Durchlauferhitzer) installiert. Somit ist eine zentrale Warmwasserversorgung für die Schule weder vorhanden, noch wirtschaftlich darstellbar.

Der Warmwasserbedarf einer Sporthalle ist nicht durchgängig gleich. Um eine technische Konzeption definieren zu können, um eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchführen zu können, ist jedoch die Annahme eines gleichbleibenden Warmwasserbedarfes erforderlich.

Für die technische Konzeption wurden die Annahmen getroffen, dass pro Tag 30 Personen duschen. Für einen Duschvorgang werden 35 Liter 60-gradiges Wasser benötigt, aufgrund der Mischung mit Kaltwasser. Das Wasser wird durch die Solaranlage von 10°C auf max. 85°C erwärmt.

Für diese Annahmen haben wir eine Solaranlage mit 18 m<sup>2</sup>-Kollektorfläche als Röhrenkollektoren und einem Warmwasserspeicher mit 2.000 Liter ausgewählt. Die erforderliche zusätzliche Investition für die Solaranlage mit Verrohrung und Speicher beträgt ca. 22.000 € netto bzw. 26.180 € brutto.

#### 2.1.4 Variante 2.1 – Erneuerung Bestand – 1 Kessel + BHKW

Bei dieser Variante werden die zwei vorhandenen Gaskessel demontiert und gegen einen an die erforderliche Leistung angepassten Gas-Brennwertkessel (650 kW) ausgetauscht, also Variante 1.1. Zusätzlich wird ein BHKW (Block-Heiz-Kraft-Werk) zur Erzeugung von Wärme und Strom installiert. Das BHKW hat eine thermische Leistung von 39 kW und eine elektrische Leistung von 20 kW.

Mit den gewählten Leistungen des BHKW für Wärme und Strom ist gemäß den Lastgangkurven in den Grafiken „Foto 1-1: ungeordnete Lastgangkurven Wärme + Strom“ und „Foto 1-2: geordnete Lastgangkurven Wärme + Strom“ auf Seite 7, eine Vollbenutzungsstundenzahl von ca. 4.500 Stunden pro Jahr zu erreichen, das Jahr hat 8.760 Stunden.

Die Vollbenutzungsstundenzahl sollte für ein BHKW möglichst groß sein, um eine Wirtschaftlichkeit gewährleisten zu können. Ein BHKW kann nur wirtschaftlich betrieben werden, wenn die bei der Stromproduktion zwangsweise anfallende Wärme, genutzt und damit die Laufzeit der Kesselanlage reduziert werden kann. Da es sich bei einem BHKW um einen Verbrennungsmotor ähnlich wie im PKW handelt, ist die anfallende Abwärme vergleichbar wie beim PKW. Beim PKW wird die anfallende Abwärme weg gekühlt. Bei

einem BHKW sollte diese genutzt werden, ansonsten müsste sie wie beim PKW weg gekühlt werden.

#### 2.1.5 Variante 2.2 – Erneuerung Bestand – 1 Kessel + BHKW + Solar

Bei dieser Variante werden die zwei vorhandenen Gaskessel demontiert und gegen einen an die erforderliche Leistung angepassten Gas-Brennwertkessel (650 kW) ausgetauscht, also Variante 1.1. Zusätzlich wird ein BHKW Erzeugung von Wärme und Strom installiert. Das BHKW hat eine thermische Leistung von 39 kW und eine elektrische Leistung von 20 kW. Also Variante 2.1. Zusätzlich wird bei dieser Variante eine Solaranlage für die Warmwasserbereitung in der Sporthalle installiert. Hierzu siehe auch 2.1.3 auf Seite 9.

### 2.2 Wirtschaftlichkeit Wärmeerzeugung (in Anlehnung an VDI 20 67)

Für die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit wurde die VDI 20 67 als Grundlage herangezogen. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist als Anlage 1 zu dieser Konzeptstudie beigefügt.

#### 2.2.1 Investition

Die Investitionen für die jeweilige Variante wurden anhand von vergleichbaren Projekten geschätzt und teilweise durch Richtpreisangebote beziffert.

#### 2.2.2 Förderung

Zurzeit wird die Installation einer Solaranlage durch die Bundesregierung, vertreten durch das BAFA, gefördert. Die Förderung für die konzipierte thermische Solaranlage beträgt 2.700 €.

Die Installation eines BHKW (Block-Heiz-Kraft-Werk) wird ebenfalls durch die Bundesregierung, vertreten durch das BAFA, gefördert. Die Förderung für das gewählte BHKW beträgt 3.500 €.

#### 2.2.3 Kapitaldienst

Der Kapitaldienst setzt sich zusammen aus den Zinszahlungen und der Tilgung bzw. der Abschreibung. Der Kapitaldienst wird ermittelt als Annuitätendarlehen.

Hierbei wurde ein Zinssatz von 3 % und eine Laufzeit von 15 Jahren für alle Varianten angenommen.

#### 2.2.4 Verbrauchsgebundene Kosten

Die Verbrauchsgebundenen Kosten beinhalten alle „variablen“ Kosten, die vom Wärmeverbrauch abhängig sind.

Hierzu gehören im Wesentlichen die Brennstoffkosten.

Hierbei wurden die einzelnen Verbräuche der jeweiligen Energieerzeuger ermittelt und mit den Energiepreisen multipliziert. Bei den Varianten 2.1 und 2.2, mit BHKW, kommt noch die Stromgutschrift und die Steuergutschrift zum Abzug, jedoch wird die fällige EEG-Umlage hinzu addiert.

#### 2.2.5 Betriebsgebundene Kosten

Zu den betriebsgebundenen Kosten zählen die Kosten, die allein durch den Betrieb der Anlagen anfallen und im Wesentlichen unabhängig von dem Betriebsstunden sind.

Hierzu gehören:

- Wartung und Instandhaltung (Anlagentechnik ohne BHKW)
- Vollwartung für das BHKW, diese wird pro Betriebsstunde abgerechnet.
- Schornsteinfeger

## 2.3 Zusammenfassung

### 2.3.1 Wirtschaftlichkeit – Jahreskosten

Aufgrund der zurzeit niedrigen Preise für die fossilen Energieträger, wie z.B. Erdgas und Erdöl, stellt sich die Erneuerung der Kesselanlagen mit 1 Gas-Brennwertkessel (Variante 1) als die wirtschaftlichste Variante dar.

### 2.3.2 Wirtschaftlichkeit – bei steigenden Energiepreisen

Da bei allen Varianten der gleiche Energieträger, Erdgas, eingesetzt wird, ist der Einfluss von steigenden Energiepreisen für die Wirtschaftlichkeit bei allen Varianten relativ ähnlich.

Werden die Gesamtkosten für 15 Jahre berechnet, so ist Variante 1.2 die wirtschaftlichste Variante.

### 2.3.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen

Bei allen Varianten wird der Energieträger Erdgas eingesetzt. Jedoch werden bei den Varianten mit BHKW (2.1, 2.2) die geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht.

Bei den reinen Gasvarianten (1.1, 1.2, 1.3) hat die Variante 1.2,2 Gaskessel, die beste CO<sub>2</sub> Bilanz.

### 2.3.4 Empfehlung und Bewertungsmatrix

Die Variante 1.1 – 1 Gaskessel hat die geringsten Investitionen. Durch die schwankende Wärmeleistung und nur 1 Gaskessel sinkt der Wirkungsgrad, hierdurch entsteht ein höherer Gasverbrauch, als bei einer 2 Kesselvariante, siehe Variante 1.2.

Die Variante 1.2 – 2 Gaskessel hat höhere Investitionen, als sie Variante eins. Durch die Splitting der Wärmeleistung wird über das Jahr gesehen ein besserer Wirkungsgrad erzielt. Weiterhin ist eine größere Versorgungssicherheit gewährleistet.

Die Variante 1.3 – Gaskessel + Solar hat höhere Investitionen, als die Varianten 1.1 und 1.2. die Wirtschaftlichkeit der Solaranlage ist abhängig von dem Warmwasserbedarf in der Sporthalle. Der Warmwasserbedarf schwankt je nach Sportart und Anzahl der Sportler. Im Sommer finden einige Veranstaltungen im Freien statt. Weiterhin sind in der Sommerzeit sechs Wochen Sommerferien. Bei einem längeren Stillstand der Solaranlage innerhalb der Hauptsonnenzeit besteht die Gefahr, dass die Anlage kaputt kocht. Eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit kann nicht nachgewiesen werden.

Die Variante 2.1 – Gaskessel + BHKW hat den Vorteil, dass die Nutzung der Abwärme bei der Stromerzeugung erfolgt. Da der Hauptwärmebedarf jedoch die Deckung des Raumheizwärmebedarfes ist, kommen bei der wärmegeführten Nutzung nur ca. 4.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr zu Stande. Ein BHKW ist umso wirtschaftlicher, je mehr Vollbenutzungsstunden pro Jahr die Abwärme genutzt werden kann. Das Jahr hat 8760 Stunden. Eine Wirtschaftlichkeit für ein BHKW ist ab einer Vollbenutzungsstunden Zahl von ca. 6.000 – 6.500 pro Jahr gegeben. Die Wirtschaftlichkeit für eine Variante mit BHKW kann leider nicht nachgewiesen werden.

Variante 2.2 – Gaskessel + BHKW + Solar hier gelten die Aussagen für Solar wie bei Variante 1.3 und die Aussagen für BHKW wie bei der Variante 2.1.

Wir empfehlen unter Berücksichtigung aller Entscheidungskriterien die Variante 1.2 – 2 Gaskessel. Diese Variante weist die beste Wirtschaftlichkeit auf. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen für diese Variante sind höher, als bei den Varianten mit BHKW. Jedoch sehen wir die Mehrkosten bei den Varianten mit BHKW als nicht gerechtfertigt gegenüber der CO<sub>2</sub>-Einsparung.

Die Herleitung der Matrix ergibt sich aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die als Anlage 1 beigefügt ist.

	Erdgas				
	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 2.1	Variante 2.2
	1 Gaskessel	2 Gaskessel	1 Gaskessel + Solar	1 Gaskessel + BHKW	1 Gaskessel + Solar + BHKW
Investition	1	2	3	4	5
Verbrauchsgebundene Kosten	5	3	4	2	1
Gesamtkosten	1	2	3	4	5
Gesamtkosten nach 15 Jahren	3	1	4	2	5
CO <sub>2</sub> -Emission	5	3	4	2	1
<b>Summe</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>17</b>

Tabelle 2-1: Bewertungsmatrix Wärmeerzeugung

#### 2.4 Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz

Das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) verpflichtet Gebäudeeigentümer zur Nutzung von Erneuerbaren Energien. Das Gesetz findet Anwendung bei Neubauten und zum Teil bei der Sanierung von Gebäuden.

Bei der Sanierung findet es Anwendung, wenn folgende Dinge gegeben sind:

- innerhalb von 2 Jahren:
  - o der Heizkessel ausgetauscht oder auf einen anderen fossilen Energieträger umgerüstet wird
  - o mehr als 20 Prozent der Oberfläche der Gebäudehülle des gesamten Gebäudes erneuert oder neu errichtet wird

Aufgrund der geplanten Sanierungsmaßnahmen findet das EEWärmeG bei der Sanierung des Pictorius-Berufskolleg Anwendung.

Es gibt verschiedene Maßnahmen, um die Anforderungen des EEWärmeG zu erfüllen. Nachfolgend werden die möglichen Maßnahmen aufgeführt.

##### 2.4.1 Einsatz Erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung

Im Rahmen der Studie im Jahr 2012 wurde festgestellt, dass eine wirtschaftliche Nutzung von Erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung nicht möglich ist.

##### 2.4.2 Ersatzmaßnahmen

Wenn keine Erneuerbaren Energien bei der Wärmeerzeugung zum Einsatz kommen, dann können Ersatzmaßnahmen ergriffen werden.

Wir schlagen zusätzlich zu den nachfolgend genannten Ersatzmaßnahmen die Installation von Photovoltaikanlagen auf den Dächern vor. Die Installation kann auch durch fremde Dritte (Energiegenossenschaft) erfolgen.

#### 2.4.2.1 Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Ersatzmaßnahmen im Rahmen der Energieeinsparung sind erfüllt, wenn der Höchstwert des Jahres-Primärenergiebedarf und die jeweiligen für das konkrete Gebäude zu erfüllenden Anforderungen an die Wärmedämmung der Gebäude nach der gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) um mindestens 15% unterschritten werden.

Durch Ausführung der geplanten baulichen Maßnahmen werden die Anforderungen nach der gültigen EnEV entsprechend unterschritten, siehe hierzu "energetische Bewertung des ist-Zustandes mit Sanierungsmaßnahmen" von Kossin + Vismann.

Die Ersatzmaßnahmen nach dem EEWärmeG sind erfüllt.

#### 2.4.2.2 Abwärme

Ersatzmaßnahmen im Rahmen der Abwärmenutzung sind unter anderem erfüllt, wenn Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung eingesetzt werden und diese einen Wärmerückgewinnungsgrad von mindestens 70% haben und die Leistungszahl zwischen Wärmerückgewinnung und Stromeinsatz mindestens 10 beträgt.

Diese Bedingungen werden durch die geplanten Lüftungsanlagen (Werkstatt, Sporthalle) erfüllt.

### 3 Schulgebäude

#### 3.1 Wärmeversorgung Schulgebäude

Das Schulgebäude wird über eine erdverlegte Nahwärmeleitung von der Wärme Zentrale in der Sporthalle versorgt. Die Wärmeleitung entspricht aufgrund ihres Alters nicht mehr den technischen Anforderungen und weist erhöhte Wärmeverluste auf.

Ein Teil der geplanten Energieeinsparung kann durch den Austausch der nach Wärmeleitung zur Versorgung des Schulgebäudes erreicht werden.

Die Kosten für die Erneuerung der Wärmeleitung werden auf 56.250 € netto, bzw. 66.938 € brutto geschätzt. Die Kosten beinhalten auch die erforderlichen Erdarbeiten.

Die Einsparung bei den Wärmeverlusten durch die Erneuerung der Wärmeleitung beträgt ca. 80.000 kWh pro Jahr. Bei Wärmegestehungskosten von 0,062 € pro Kilowattstunde ergibt sich eine Einsparung von ca. 5.000 € pro Jahr.

In der Konzeptstudie im Jahr 2013 wurde bereits die Variante geprüft, in dem Schulgebäude einen eigenen Gaskessel zu installieren. Hierfür wäre die Verlegung einer Gasleitung in die Schule, die Schaffung eines Heizraumes, die Installation eines Schornsteines und die Installation des Gaskessels im Bereich des Eintritts der Nahwärmeleitung in das Schulgebäude erforderlich. Eine Wirtschaftlichkeit für diese Variante konnte jedoch nicht erreicht werden.

#### 3.2 Heizungsinstallation

In dem Schulgebäude sind zur Beheizung weitestgehend statische Heizflächen (Heizkörper) installiert. Für die energetische Optimierung, den hydraulischen Abgleich, ist der Austausch der vorhandenen Thermostatventile gegen voreinstellbare Thermostatventile erforderlich.

Zum Teil müssen die Rohrleitungen neu gedämmt werden bzw. die Dämmung der Rohrleitungen im Bestand ergänzt werden.

Nr.	Maßnahme	Kosten netto	USt.	Kosten brutto
1	Installation voreinstellbare Thermostatventile an vorhandenen Heizkörpern	32.500	6.175	38.675
2	Erneuerung ca. 50% Rohrleitungen inkl.	67.500	12.825	80.325
3	Summe	100.000	19.000	119.000

Tabelle 3-1: Investitionen Heizungsinstallation Schulgebäude

#### 3.3 Beheizung Aula

Die Beheizung der Aula erfolgt zur Zeit ausschließlich über die installierte Lüftungsanlage. Diese Art der Beheizung, als ausschließliche Beheizung, ist für die Nutzung des Raumes nicht optimal. Zum großen Teil finden in dem Raum Prüfungen statt. Bei den Prüfungen sind nicht so viele Personen anwesend, so dass durch die anwesenden Personen nur eine geringe Aufheizung erfolgt. Dadurch muss die Lüftung einer größeren Heizlast abdecken. Dies führt zu höheren Geräuschen in der Lüftung, diese sind jedoch störend bei Prüfungen.

Die Lüftungsanlage könnte aufgrund ihrer technischen Nutzungsdauer ausgetauscht werden. Jedoch ist diese Lüftungsanlage komplett in das Gebäude eingepasst. Der Austausch der Lüftungsanlage für die Aula würde bedeuten, dass das Gebäude (separater Raum im Dachgeschoss mit eigenem Dach) zu ca. 60 % demontiert werden müsste. Dieser Aufwand wäre in Bezug auf die Gesamtkosten unverhältnismäßig hoch. Die Komponenten

der Lüftungsanlage (Antriebe, Ventilatoren, Wärmetauscher, Klappen) sind "Standard-Komponenten", die noch über Jahre verfügbar sind und somit ausgetauscht werden könnten. Der Betrieb der Lüftungsanlage für die Aula wird sich durch die neue Beheizung auch deutlich reduzieren, so dass die Komponenten auch nicht mehr so beansprucht werden.

Deswegen empfehlen wir die Beheizung der Aula um statische Heizflächen (Heizkörper) zu ergänzen. Dadurch, dass die abgehängte Decke in diesem Jahr ebenfalls ausgetauscht wird, ist die Installation von Heizungsrohrleitungen im Bereich der abgehängten Decke relativ einfach möglich. Die statischen Heizflächen würden dann Heizkörper an den oberen Wänden installiert werden.



Foto 3-1: Flächen für statische Heizungen (Heizkörper)

Die Kosten für die Installation der statischen Heizflächen und der dafür erforderlichen Heizungsrohrleitungen wird auf ca. 32.500 € netto, bzw. 38.675 € brutto geschätzt. Die Kosten hierfür haben sich gegenüber der Konzept Studie aus dem Jahr 2013 erhöht.

Durch den Verzicht auf den Austausch der Lüftungsanlage für die Aula werden netto 52.500 € eingespart. Jedoch haben sich die Kosten für die Installation der statischen Heizflächen um 10.000 € netto erhöht. Somit ergibt sich eine Gesamtkostenreduzierung für die Beheizung der Aula von 42.500 € netto, bzw. 50.575 € brutto.

Nr.	Maßnahme	Kosten netto	USt.	Kosten brutto
1	Austausch Lüftungsanlage entfällt	-	-	-
2	Installation statische Heizflächen	32.500	6.175	38.675
3	Summe	32.500	6.175	38.675

Tabelle 3-2: Investitionen Beheizung Aula

### 3.4 Steigeschächte

In dem Hauptgebäude sind Steigeschächte an den Außenwänden installiert, die nicht ausreichend gedämmt sind. Die Rohrleitungen in den Steigeschächten frieren teilweise ein bzw. kaputt. Zur Vermeidung des Einfrierens sind die Steigeschächte zu öffnen, die Rohrleitungen zum Teil auszutauschen und neu zu dämmen.

Mit der Schulleitung ist zu klären, ob überhaupt noch alle Trinkwasserinstallationen in den Steigeschächten erforderlich sind. Die Trinkwasserinstallationen sind weitestgehend für die Reinigung der Tafeln erforderlich. Jedoch entfallen immer mehr Tafeln in den Klassenräumen. Somit ist auch keine Nutzung für die Trinkwasserinstallationen vorhanden. Dies birgt die Gefahr des stagnierenden Wassers und damit der Verkeimung des Wassers. Wenn die Trinkwasserinstallation nicht mehr benötigt wird, dann sollte sie grundsätzlich demontiert werden.



Foto 3-2: Steigeschacht außen



Foto 3-3: Steigeschacht innen

Nr.	Maßnahme	Kosten netto	USt.	Kosten brutto
1	Installationen in Steigeschächten erneuern	61.250	11.638	72.888
2	bauliche Maßnahmen	30.000	5.700	35.700
3	Summe	91.250	17.338	108.588

Tabelle 3-3: Investitionen Steigeschächte

### 3.5 Trinkwasserverordnung

Bei der Sanierung des Gebäudes ist die Trinkwasserinstallation innerhalb des Gebäudes an den Stand der aktuellen Trinkwasserverordnung anzupassen, so dass die Trinkwasserhygiene erfüllt wird.

Die vorhandene Verrohrung erfüllt die Anforderungen der aktuellen Trinkwasserverordnung nicht mehr. Durch die Sanierung fallen einige Tafeln weg. Durch den Wegfall der Tafeln sind die Waschbecken in den Klassenräumen nicht mehr erforderlich, bzw. werden nicht mehr genutzt. Dadurch dass die Waschbecken nicht mehr genutzt werden, ist eine Durchspülung der Trinkwasserleitungen nicht mehr gewährleistet. Dies kann zu stagnierendem Wasser in den Rohrleitungen führen.

Für die Schätzung der Kosten der Sanierung gemäß Trinkwasserverordnung werden folgende Annahmen getroffen:

- Erneuerung Kaltwasserleitungen zu den Räumen, die noch mit einer Wasserzapfstelle ausgerüstet werden

- teilweise Installation von Untertischgeräten für die Warmwasserbereitung.

Nr.	Maßnahme	Kosten netto	USt.	Kosten brutto
1	Demontage Rohrleitungen	15.250	2.898	18.148
2	Installation neue Rohrleitungen	32.500	6.175	38.675
3	Bauliche Maßnahmen	27.500	5.225	32.725
4	Summe	75.250	14.298	89.548

Tabelle 3-4: Investitionen Trinkwasserverordnung

#### 4 Werkstätten

Die Werkstätten werden zu einem immer größeren Teil nicht mehr als Werkstätten genutzt. Es erfolgte bereits eine teilweise Umnutzung in Schulungsräume. Die Werkstätten wurden über Luftherhitzer beheizt. Die Luftherhitzer haben die Außenluft angesaugt, die Außenluft wurde erwärmt und Abluft ohne Wärmerückgewinnung nach außen geblasen. Zur Wärmebedarfsreduzierung konnten die Luftherhitzer mit einem regelbaren Umluftanteil gefahren werden.

Das Gebäude hatte ursprünglich ein Flachdach. Das Flachdach wurde zwischenzeitlich mit einem Tonnendach überdacht. Durch die Installation des Tonnendaches ist eine Frischluftversorgung der Luftherhitzer nicht mehr gewährleistet.

##### 4.1 Ist-Zustand

###### 4.1.1 Werkstätten

Sämtliche Räume, die ursprünglich als Werkstätten genutzt wurden, werden mit Luftherhitzern als Zu-, Ab- und Umluftgeräten beheizt. Die Frischluftversorgung ist jedoch durch das installierte Tonnendach nicht mehr gewährleistet.

Die installierten Luftherhitzer sind für die Beheizung von Schulungsräumen nicht geeignet. Durch das Tonnendach ist auch keine Versorgung mehr mit Frischluft gewährleistet. Diese ist für „gefangene“ Räume jedoch zwingend erforderlich.

###### 4.1.2 Flure + Meisterräume

Die Flure und Meisterräume werden mit statischen Heizkörpern beheizt.

###### 4.1.3 Warmwasserbereitung

Eine zentrale Warmwasserbereitung ist vorhanden, jedoch nicht mehr in Betrieb. In einigen Räumen sind Durchlauferhitzer installiert.

##### 4.2 Konzeption:

###### 4.2.1 Demontage Luftherhitzer

Die vorhandenen Luftherhitzer in zu demontieren. Die Kosten hierfür betragen ca. 12.500 € netto bzw. 14.875 € brutto.

###### 4.2.2 Installation Lüftungsanlage

Da es sich bei den Räumen im Werkstattbereich weitestgehend um gefangene Räume, also Räume ohne Fenster, handelt, ist die Versorgung der Räume mit Frischluft über die Installation einer Lüftungsanlage zu gewährleisten.

Als Standort für die Lüftungsanlage wurde bisher der Bereich oberhalb der Maurerwerkstatt gewählt. Hier empfehlen wir mit Stahlbau eine Zwischendecke zur Installation der Lüftungsanlage zu installieren.



**Foto 4-1: Position für Lüftungsanlage Werkstatt**

Der Standort und die Höhenlage der Lüftungsanlage hätte den Vorteil, dass die Lüftungskanäle direkt unter der Decke zur Versorgung der gefangenen Räume verlegt werden könnten.

Die Kosten für die Installation der Lüftungsanlage inklusive der Kanäle wird auf sieben 90.500 € netto, bzw. 116.025 € brutto geschätzt.

#### 4.2.3 Installation statische Heizflächen

für die Beheizung der Räume ist die Installation von statischen Heizflächen (Heizkörpern) vorgesehen. Die statischen Heizflächen werden oberhalb der Arbeitsflächen auf einer Höhe von ca. 2,20 m installiert, siehe Foto 4-2. Die genaue Positionierung der Heizflächen wird je Raum mit den Nutzern der Räumlichkeiten abgestimmt.



Foto 4-2: mögliche Flächen für die Installation von Heizkörpern

Die Kosten für die Installation der statischen Heizflächen inklusive der Verrohrung wird auf ca. 62.500 € netto bzw. 74.375 € brutto geschätzt.

Nr.	Maßnahme	Kosten netto	USt.	Kosten brutto
1	Demontage Lufterhitzer Installation Lüftungsanlage	12.500	2.375	14.875
2	- inkl. Kanälen, Schalldämpfer, Brandschutz,	97.500	18.525	116.025
3	Installation statische Heizflächen - inkl. Verrohrung, Dämmung, ...	62.500	11.875	74.375
4	Summe	172.500	32.775	205.275

Tabelle 4-1: Investitionen Werkstätten

## 5 Sporthalle

Die Beheizung der Sporthalle erfolgt über Lüftungsanlagen. Die Lüftungsanlagen für die Sporthalle sind aus dem Jahre 1972 sind erneuerungsbedürftig.

Der Luftwechsel einer Sporthalle beträgt gemäß DIN 18032 pro Sportler 60 m<sup>3</sup>/h und 20 m<sup>3</sup>/h pro Zuschauer.

Somit ergeben sich je nach Nutzung folgende Luftleistungen für die Lüftungsanlage:

		Sportler	Zuschauer	Summe
Vorgabe DIN 18032	m <sup>3</sup> /h	60	20	
Einzelnutzung	je Feld Anzahl	25	-	
	Gesamt m <sup>3</sup> /h	4.500	-	4.500
Veranstaltung	Anzahl	30	100	
	Gesamt m <sup>3</sup> /h	1.800	2.000	3.800

Tabelle 5-1: Luftbedarf Sporthalle

### 5.1 Erneuerung der Lüftungsgeräte

Die Lüftungsgeräte mit Luftleistungen von 31.500 m<sup>3</sup>/h und 15.750 m<sup>3</sup>/h sind erneuerungsbedürftig. Die hohen Luftleistungen sind bedingt dadurch, dass die Beheizung der Halle mit den Lüftungsgeräten erfolgt.

Wenn die Beheizung der Sporthalle nicht mehr ausschließlich über die Lüftungsgeräte erfolgt, kann die Leistung der Lüftungsgeräte reduziert werden und somit auch die Kosten für die Lüftungsgeräte. Die Kosten für die Lüftungsgeräte belaufen sich dann auf ca. 83.000 € netto gegenüber 107.500 € netto. Dies wäre eine Einsparung von ca. 24.500 € netto. Dies ist in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die verschiedenen Systeme der Beheizung der Sporthalle berücksichtigt.

Die Kosten für die Erneuerung der Lüftungsanlagen schätzen wir wie folgt:

Nr.	Maßnahme	Kosten netto	USt.	Kosten brutto
1	Erneuerung Lüftungsanlagen	107.500	20.425	127.925
2	Erneuerung Lüftungsanlagen	83.000	15.770	98.770

Tabelle 5-2: Investition Lüftungsgeräte Sporthalle

### 5.2 Beheizung Sporthalle

Die Sporthalle wird zur Zeit ausschließlich über die Lüftungsanlage beheizt. Die hierfür erforderlichen Luftgeschwindigkeiten sind bei verschiedenen Sportarten störend und von der Behaglichkeit auch nicht besonders gut.

Für die verschiedenen Sportarten hat sich die Fußbodenheizung bewährt. Die Fußbodenheizung bietet den Vorteil, dass bei den Sportarten, die am Boden erfolgen, auch eine Strahlungswärme direkt am Boden vorhanden ist. Dies erfordert jedoch die Erneuerung des Fußbodens. Dies ist jedoch nicht erforderlich und auch nicht vorgesehen.

#### 5.2.1 Strahlungsheizung

In Sporthallen wird für den erforderlichen Luftwechsel die Lüftungsanlage mit erwärmter Zuluft genutzt. Die eigentliche Raumheizwärme wird über Strahlungsheizungen in den

Raum gebracht. Strahlungsheizungen sind Heizsysteme, die einen höheren Anteil an Wärmestrahlung erzeugen und dadurch direkt den im Strahlungsbereich befindlichen Körper erwärmen.

Bei der Wärmestrahlung handelt es sich um einen elektromagnetischen Vorgang. Die Strahlungswärme ist abhängig von der Temperatur und den physikalischen Eigenschaften des strahlenden Körpers.

Bei einer Strahlungsheizung kann erfahrungsgemäß die Raumlufttemperatur um ca. 3° abgesenkt werden, bei gleichen körperlichen Wohlbefinden, gegenüber einer Warmluftheizung (reine Heizung mit Lüftung, wie Bestand).

Vorteile von Strahlungsheizungen:

- niedrigere Raumtemperaturen bei gleicher Behaglichkeit
- geringe Transmissionwärmeverluste
- bis zu 30 % geringerer Primärenergieverbrauch

Mögliche Strahlungsheizungen werden nachfolgend vorgestellt und miteinander verglichen.

#### 5.2.1.1 Gasdirektheizung (Gasstrahler)

Die Gasdirektheizungen werden, wie der Name bereits sagt, direkt mit Gas beheizt. Dies bedeutet, dass unmittelbar am strahlenden Körper (Heizungsfläche) die Verbrennung des Gases erfolgt. Hierdurch werden die Verluste durch Wärmeverteilsysteme (Warmwasserheizung) vermieden. Das benötigte Gas wird somit direkt und ausschließlich für die Beheizung des Raumes eingesetzt.

Die direkte Verbrennung des Gases innerhalb der Sporthalle erfordert, dass die Rauchgase der Gasverbrennung nach außen abgeführt werden müssen.

Die Sporthalle hat als ursprüngliches Dach ein nach unten geneigtes Betonschalendach. Aus statischen Gründen dürfen die Betonschalen nicht durchdrungen werden. Somit ist die Befestigung der Heizsysteme nur in den Hochpunkten zwischen den einzelnen Betonschalen möglich. Die Ableitung der Rauchgase wäre ebenfalls nur über die Hochpunkte zwischen den einzelnen Betonschalen möglich, oder durch die Seitenwände der Sporthalle. Beide Varianten sind nur mit hohem Aufwand möglich. Bzw. ist die Variante unmittelbar durch das Dach nicht möglich, da über das Betonschalendach ein weiteres Dach installiert worden ist. Somit müssten beide Dächer durchdrungen werden. Die Abgasleitungen für die Gasbrenner müssten entsprechend lang und mit zwei Dichtebenen installiert werden.

Da es sich bei der Sporthalle um eine 3-Feld-Sporthalle handelt, wären pro Hallenfeld 2 Heizlinien erforderlich. Dies hätte mindestens 6 doppelte Dachdurchdringungen erforderlich. Die Abgasleitungen unterliegen der Prüfung und Überwachung durch den Schornsteinfeger.

Für die Wartung der Gasdirektheizung wäre ein Gerüst oder eine Fahrbühne erforderlich. Die Wartung der Anlagen erfolgt mindestens 1 x jährlich.

Die Variante der Gasdirektheizung ist aus technischer Sicht nicht möglich und wird deswegen auch nicht weiter betrachtet.

### 5.2.1.2 Deckenstrahlplatten

Bei Deckenstrahlplatten handelt es sich um ein statisches Warmwasserheizsystem. Grob gesehen sind es Heizkörper, die unter die Decke gehangen werden. Zur Eindämmung der Wärmestrahlung nach oben (Dach) verfügen die dicken Stahlplatten über eine Dämmung nach oben.

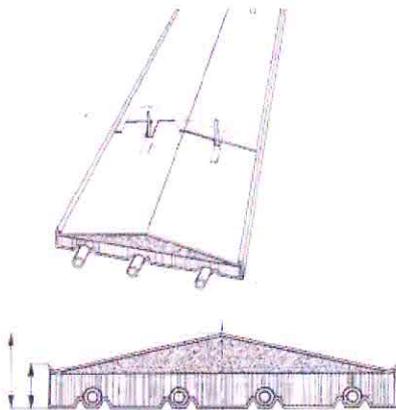


Foto 5-1: Deckenstrahlplatte mit Ballwurfschutz (Quelle: Sunline)

Die zusätzliche Beheizung von Sporthallen mit Deckenstrahlplatten hat sich in der Praxis bewährt.



Foto 5-2: Sportfeld in der Sporthalle

Wie auf dem Foto 5-2 zu sehen ist, ist die Beleuchtung für die Sporthalle jeweils in den Hochpunkten zwischen den Betonschalen installiert. Quer zur Halle sind die Zuluftöffnungen der Lüftung installiert.

Würden in den Bestand zusätzlich Deckenstrahlplatten installiert werden, so wäre dies nur durch die Verschattung der Beleuchtung möglich. Somit müsste die Beleuchtung der Sporthalle erneuert werden. Dies hätte Mehrkosten von ca. 24.000 € (netto) zur Folge.

Zur weiteren Optimierung der Beheizung von Sporthallen wird auch oft eine Kombination aus Deckenstrahlplatten und Luftheizung eingesetzt. Hierbei wird die Luft aus der Lüftung durch die Deckenstrahlplatten geführt und dann über die perforierte Oberfläche der Deckenstrahlplatten (siehe Foto 5-4 Seite 25) in die Halle abgegeben.

Die Beheizung mit Deckenstrahlplatten in Kombination mit Lüftung wäre für die Beheizung der Sporthalle am Pictorius-Berufskolleg aus unserer Sicht die optimale Lösung. Die Deckenstrahlplatten in Kombination mit Lüftung würden die bisherigen Zuluftleitungen unter dem Hallendach ersetzen.

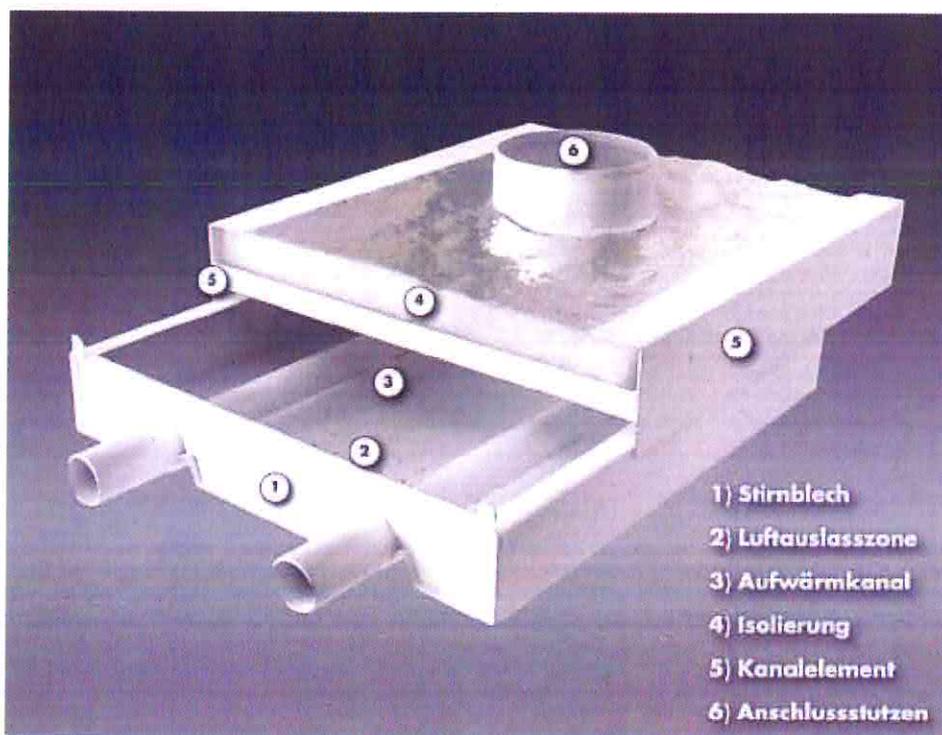


Foto 5-3: Deckenstrahlplatte in Kombination mit Lüftung  
(Quelle: Sunline)

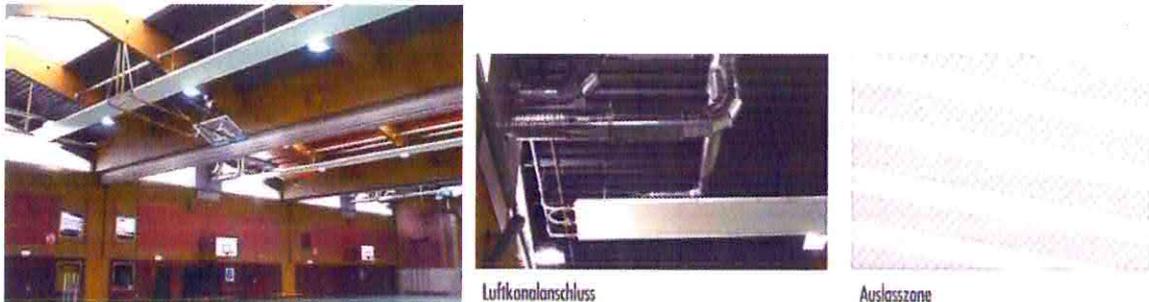


Foto 5-4: Fotos Deckenstrahlplatte in Kombination mit Lüftung  
(Quelle: Sunline)

### 5.2.2 Wirtschaftlicher Vergleich Beheizung Sporthalle

Der wirtschaftliche Vergleich für die Beheizung der Sporthalle ist als Anlage 2 beigefügt.

### 5.2.3 Empfehlung Beheizung der Sporthalle

Wir empfehlen die Ergänzung der bestehenden Lüftungsheizung mit statischen Heizflächen, Strahlungsheizung.

Die Installation von Gasdirektheizung ist aus technischer Sicht, wie bereits unter 5.2.1.1 beschrieben nicht möglich.

Wie auf dem Foto 5-2 zu sehen ist, ist die Installation von Deckenstrahlplatten ohne eine Verschattung der Beleuchtung möglich, solange die Zuluftleitungen der Lüftungsanlage bestehen bleiben.

Aus technischer und optischer Sicht ist die Installation von Deckenstrahlplatten in Kombination mit Lüftung die optimale Lösung für die Beheizung der Sporthalle.

<b>Bewertungsmatrix</b>	<b>Deckenstrahlplatten</b>	<b>Deckenstrahl + Lüftung</b>	<b>Lüftungsheizung</b>
Investition	2	3	1
Verbrauch	2	1	3
Gesamtkosten	3	2	1
Schnellaufheizung	3	2	1
Technische Umsetzung	3	2	1
Verbrauchskosten nach 15 Jahren	2	1	3
CO2-Bilanz	2	1	3
<b>Summe</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>13</b>

Tabelle 5-3: Bewertungsmatrix Beheizung Sporthalle

Nr.	Maßnahme	Kosten netto	USt.	Kosten brutto
1	Installation Deckenstrahlplatten - inkl. Lüftung	92.500	17.575	110.075

Tabelle 5-4: Investition Deckenstrahlplatten Sporthalle

### 5.3 Warmwasserbereitung Sporthalle

Die Warmwasserbereitung und Duscheinrichtungen inkl. Verrohrung entsprechen nicht mehr den Anforderungen der Trinkwasserverordnung. Diese sind auszutauschen.

Nr.	Maßnahme	Kosten netto	USt.	Kosten brutto
1	Erneuerung Warmwasserbereitung, Duscheinrichtungen, Verrohrung (ohne bauliche Maßnahmen)	76.250	14.488	90.738

Tabelle 5-5: Investition Erneuerung Warmwasserbereiter Sporthalle

## 6 Zusammenfassung

Nr.	Maßnahme	Kosten netto	USt.	Kosten brutto
2.	Erneuerung Wärmeerzeuger	80.000	15.200	95.200
3.1	Schulgebäude - Wärmeleitung	56.250	10.688	66.938
3.2	Schulgebäude - Heizungsinstalltion	100.000	19.000	119.000
3.3	Schulgebäude - Beheizung Aula	32.500	6.175	38.675
3.4	Schulgebäude - Steigeschächte	91.250	17.338	108.588
3.5	Schulgebäude - Trinkwasserverordnung	75.250	14.298	89.548
4.	Schulgebäude - Werkstätten	172.500	32.775	205.275
5.1	Sporthalle - Lüftung			
5.1.1	reine Luftheizung	107.500	20.425	127.925
5.1.2	Lüftung mit Beheizung Strahlungsheizung	83.000	15.770	98.770
5.2	Beheizung Sporthalle			
5.2.1	reine Luftheizung	32.200	6.118	38.318
5.2.2	Deckenstrahlplatten mit Lüftung für Beheizung	92.500	17.575	110.075
5.3	Sporthalle - Warmwasserbereitung	76.250	14.488	90.738
6.	Gesamtkosten			
6.1	bei Sporthalle: reiner Luftheizung	823.700	156.503	980.203
6.2	bei Sporthalle: Deckenstrahlplatten mit Lüftung	859.500	163.305	1.022.805

Melsungen 13. April 2015

**77 Kreis Coesfeld**  
01 Pictorius-Berufskolleg  
Wärmeerzeugung  
Wirtschaftlichkeitsvergleich in Anlehnung an VDI 2067

Grundlagen			
	Leistung [kW]	Jahresbedarf [kWh/a]	Mittelwert (12-14)
Wärmebedarf + Jahreswärmearbeit	650	1.000.317	

Energiepreise (alle Preise netto, zzgl. Umsatzsteuer)			
Gaspreis		0,0395	€/kWh
Gaspreis Biogas		0,0860	€/kWh
Stromvergütung BHKW (Substitution 0,1821 € + Einspeisung 0,11 €)	80% Substitution	20%	0,1677 €/kWh
Stromvergütung Biomethan-BHKW (Einspeisung 0,203 €)	100% Substitution	0%	0,2030 €/kWh
EEG-Umlage		0,0250	€/kWh
Pelletkosten		200	€/kWh

Varianten		Erdgas				
		Variante 1.1 Gaskessel 650 kW	Variante 1.2 2 Gaskessel	Variante 1.3 Gaskessel Solar	Variante 2.1 Gaskessel + BHKW 20 kW el.	Variante 2.2 Gaskessel + Solar + BHKW 20 kW el.
Wärmeerzeuger 1		Gaskessel 1	Gaskessel 1	Gaskessel	Gaskessel 1	Gaskessel 1
Wärmeleistung	kW	650	250	650	650	650
elektrische Leistung	kW	-	-	-	-	-
Vollbenutzungsstunden	h/a	1539	2201	1511	1266	1265
Wärmeerzeuger 2			Gaskessel 2		Gaskessel 2	Solar
Wärmeleistung	kW		400		0	30
elektrische Leistung	kW		-		-	0
Vollbenutzungsstunden	h/a		1125		-	60
Wärmeerzeuger 3				Solar	BHKW	BHKW
Wärmeleistung	kW [m²]			30	39	39
elektrische Leistung	kW				20	20
Vollbenutzungsstunden	h/a			600	4545	4531
Stromarbeit BHKW	kWh/a				90.900	90.623

Investition						
BHKW	€	-	-	-	78.000,00	78.000,00
Gaskessel 1	€	42.000,00	21.000,00	42.000,00	42.000,00	42.000,00
Gaskessel 2	€	-	33.600,00	-	-	-
Solaranlage	€	-	-	22.000,00	-	22.000,00
Installationen, Anbindungen, Anpassung MSR, Sonstiges	20% €	8.400,00	10.920,00	12.800,00	24.000,00	28.400,00
<b>Investition vor Förderung netto</b>	<b>€</b>	<b>50.400,00</b>	<b>65.520,00</b>	<b>76.800,00</b>	<b>144.000,00</b>	<b>170.400,00</b>
Planungskosten	€	15.800,00	19.400,00	22.000,00	36.000,00	41.000,00
<b>Investition nach Planung netto</b>	<b>€</b>	<b>66.200,00</b>	<b>84.920,00</b>	<b>98.800,00</b>	<b>180.000,00</b>	<b>211.400,00</b>
Förderung Land Hessen Holzfeuerung	90 €	-	-	2.700,00	-	2.700,00
Förderung BaFA	€	-	-	-	3.500,00	3.500,00
Förderung KfW	€	-	-	-	-	-
Investition nach Förderung netto	€	66.200,00	84.920,00	96.100,00	176.500,00	205.200,00
Umsatzsteuer	€	12.578,00	16.134,80	18.259,00	33.535,00	38.988,00
<b>Summe brutto - Investition</b>	<b>€</b>	<b>78.778,00</b>	<b>101.054,80</b>	<b>114.359,00</b>	<b>210.035,00</b>	<b>244.188,00</b>

Kapitalgebundene Kosten						
Annuitätendarlehen (15 Jahre, 3%)	15 3% €/a	6.598,96	8.465,02	9.579,46	17.593,91	20.454,79
<b>Summe Fixkosten - Investition</b>	<b>€/a</b>	<b>6.598,96</b>	<b>8.465,02</b>	<b>9.579,46</b>	<b>17.593,91</b>	<b>20.454,79</b>

Verbrauchsgebundene Kosten						
Stromgutschrift	€/a	-	-	-	15.242,11	15.195,68
Steuergutschriften	€/a	-	-	122,10	1.818,98	1.813,44
Gasverbrauch Kessel 1	85% €/a	46.485,32	25.566,93	45.648,85	38.248,18	38.214,72
Gasverbrauch Kessel 2	92% €/a	-	19.326,78	-	-	-
Gasverbrauch BHKW	90% €/a	-	-	-	11.769,03	11.733,17
EEG-Umlage	€/a	-	-	-	2.272,50	2.265,58
Summe verbrauchsgebundene Kosten netto	€/a	46.485,32	44.893,70	45.526,75	35.228,60	35.204,34
Umsatzsteuer	€/a	8.832,21	8.529,80	8.650,08	6.261,66	6.258,37
<b>Summe verbrauchsgebundene Kosten brutto</b>	<b>€/a</b>	<b>55.317,53</b>	<b>53.423,51</b>	<b>54.176,83</b>	<b>41.490,26</b>	<b>41.462,71</b>

Betriebsgebundene Kosten						
Wartung und Instandhaltung Gaskessel	€/a	325,00	450,00	425,00	425,00	425,00
Vollwartung pro Betriebsstunden	€/h	-	-	-	1,01	1,01
Vollwartung BHKW	€/a	-	-	-	4.590,45	4.576,47
Schornsteinfeger	€/a	80,00	80,00	80,00	110,00	110,00
Arbeitsaufwand (Hausmeister)	€/a	-	-	-	-	-
Summe betriebsgebundene Kosten	€/a	405,00	530,00	505,00	5.125,45	5.111,47
Umsatzsteuer	€/a	76,95	100,70	95,95	973,84	971,18
<b>Summe betriebsgebundene Kosten brutto</b>	<b>€/a</b>	<b>481,95</b>	<b>630,70</b>	<b>600,95</b>	<b>6.099,29</b>	<b>6.082,65</b>

<b>Summe Jahreskosten (brutto)</b>	<b>€/a</b>	<b>62.398,44</b>	<b>62.519,22</b>	<b>64.357,24</b>	<b>65.183,47</b>	<b>68.000,15</b>
<b>Wärmegeheimungskosten</b>	<b>€/kWh</b>	<b>0,062</b>	<b>0,062</b>	<b>0,064</b>	<b>0,065</b>	<b>0,068</b>

<b>Gesamtkosten nach 15 Jahren</b>	<b>€/a</b>	<b>1.110.226,88</b>	<b>1.106.072,36</b>	<b>1.136.015,67</b>	<b>1.108.446,33</b>	<b>1.150.609,76</b>
<b>Mehrkosten in 15 Jahren bei 3% Brennstoffkostensteigerung pro Jahr</b>	<b>€/kWh</b>	<b>4.154,52</b>	<b>-</b>	<b>29.943,311</b>	<b>2.373,974</b>	<b>44.537,404</b>

CO2-Emission						
CO2-Mehr-Emission pro Jahr	t/a	299,04	288,80	293,65	267,32	245,83
CO2-Mehr-Emission nach Jahren =>	15 t	53,20	42,97	47,82	21,49	-

Investition		Decken- strahlplatten	Deckenstrahl + Lüftung	Lüftungs- heizung
Deckenstrahlplatten		30.000,00		
Deckenstrahlplatten mit Lüftung			38.000,00	
Verrohrung		18.000,00	20.000,00	12.000,00
Anpassung Lüftung			17.400,00	
Minderkosten Lüftung		83.000,00	83.000,00	107.500,00
neue Beleuchtung		24.000,00		
Verkabelung		4.000,00	5.000,00	2.000,00
Sonstiges	15%	23.900,00	24.500,00	18.200,00
Investition (netto)		182.900,00	187.900,00	139.700,00
Umsatzsteuer	19%	34.751,00	35.701,00	26.543,00
<b>Investition (brutto)</b>		<b>217.651,00</b>	<b>223.601,00</b>	<b>166.243,00</b>

Kapitaldienst	Laufzeit (Jahre)	Zins	Decken- strahlplatten	Deckenstrahl + Lüftung	Lüftungs- heizung
<b>Annuität (Zins + Tilgung)</b>	15	3,00%	<b>18.231,88</b>	<b>18.730,29</b>	<b>13.925,61</b>

Fixkosten		Decken- strahlplatten	Deckenstrahl + Lüftung	Lüftungs- heizung
Wartung-Instandhaltung	teilweise anteilig	80,00	80,00	80,00
Schornsteinfeger	teilweise anteilig	60,00	60,00	60,00
Fixkosten (netto)		140,00	140,00	140,00
Umsatzsteuer	19%	26,60	26,60	26,60
<b>Fixkosten (brutto)</b>		<b>166,60</b>	<b>166,60</b>	<b>166,60</b>

Verbrauchsgebundene Kosten		Decken- strahlplatten	Deckenstrahl + Lüftung	Lüftungs- heizung
Wärmearbeit	kWh/a	114.000	114.000	114.000
Wirkungsgrad		76%	88%	65%
Gasverbrauch	kWh/a	150.000	129.545	175.385
Gaskosten	0,06	9.000,00	7.772,73	10.523,08
Verbrauchsgebundene Kosten (netto)		9.000,00	7.772,73	10.523,08
Umsatzsteuer	19%	1.710,00	1.476,82	1.999,38
<b>Verbrauchsgebundene Kosten (brutto)</b>		<b>10.710,00</b>	<b>9.249,55</b>	<b>12.522,46</b>

Gesamtkosten		Decken- strahlplatten	Deckenstrahl + Lüftung	Lüftungs- heizung
netto		27.371,88	26.643,02	24.588,68
Umsatzsteuer		1.736,60	1.503,42	2.025,98
<b>Gesamtkosten brutto</b>		<b>29.108,48</b>	<b>28.146,44</b>	<b>26.614,66</b>

<b>Verbrauchsdaten nach Jahren =&gt; bei Kostensteigerung</b>	15 3%	16.685,83	14.410,49	19.509,58
---	----------	-----------	-----------	-----------

<b>Verbrauchsmehrkosten innerhalb Jahren =&gt;</b>	15	26.507,22	-	59.403,31
--	----	-----------	---	-----------

<b>CO2-Äquivalent</b>	254,10	38,12	32,92	44,57
<b>CO2-Einsparung nach Jahren =&gt;</b>	15 t	77,96	-	174,72

Anlage 2  
zur SV – 9 - 0237

Energetische Sanierung Pictorius Berufskolleg, Kostenschätzung

KGR	Sanierungsmaßnahme	Arbeiten	Bauteil	Menge	Einheitspreis	Zwischensumme	Gesamtsumme	Bemerkung
DIN 276								
200	Vorbereitende Maßnahmen	Ausweiche, Lagerkosten, Umzüge, Reinigung				380.000,00	380.000,00	
300	Baukosten							
Pos. 0	Gesamtsumme						380.000,00	
Pos. 1	Fenster-Glasflächen-Lichtkuppeln							
Pos 1.1	Fenstererneuerung (teilweise)	Ausbau und Entsorgung der alten Fenster / Glasbausteine Herstellung und Einbau der neuen Fenster GERÜST wird durch Dachdecker geliefert und allen anderen Gewerken zur Verfügung gestellt	Hauptgebäude Werkstatt Turnhalle Hausmeisterwohnung	m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>		
Pos 1.2	Glasfläche am Eingangsbereich	Ausbau und Entsorgung der alten Pfosten- Riegel-Konstruktion Herstellung und Einbau der neuen Pfosten- Riegel- Konstruktion incl. Gerüststellung		m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	117.400,00	Preise nach Auskunft Fa. Wigger
Pos 1.3	Lichtkuppeln	Ausbau und Entsorgung der alten Lichtkuppeln Herstellung und Einbau der neuen Lichtkuppeln incl. erforderlicher Trockenbau / Malerarbeiten (3.500,- €/Stck) Ausbau und neuer Einbau der vorh. Kuppeln incl. erforderlicher Trockenbau / Malerarbeiten ( 500,- €/Stck)	Hauptgebäude Hauptgebäude Hauptgebäude Turnhalle Hausmeisterwohnung Hausmeisterwohnung	76,00 Stück 2,00 31,00 52,00 2,00 1,00	610,00 €/m <sup>2</sup> 4.500,00 500,00 500,00 500,00 3.500,00	46.350,00 7.000,00 15.500,00 26.000,00 1.000,00 3.500,00	47.880,00	Preise nach Auskunft Fa. Schüco
Pos. 1	Gesamtsumme						53.000,00	Preise nach Auskunft Fa. Hericks/David
Pos. 2	Socketlsanierung							
Pos 2.1	Socketlsanierung	Aufgraben der Socketbereiche mit Absperrungen... Sanierung der Socket Einbau der Dämmung Verfüllen der Baugrube Wiederherstellung der Oberflächen		m	€/m	€/m		
Pos 2	Gesamtsumme						171.760,00	Preise nach Auskunft Fa. Vernebbörger
Pos 3	Dachdämmung							
Pos 3.1	Dachdämmung	Demontage und Entsorgung der alten Dachhaut incl. Erneuerung aller Anschlüsse Herstellung einer neuen Dachhaut mit Dämmung i. M. 20 cm Gerüstbaubarbeiten für alle Gewerke	Hauptgebäude Turnhalle Hausmeisterwohnung	m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	1.050,00	Preise nach Auskunft Fa. Hericks
Pos 3.2	Verankerung Attikaplatten	Sanierung aller gelbsten Attikaplatten (ca. 20%) Prüfung der Verankerung aller umlaufenden Attikaplatten Kranarbeiten	Hauptgebäude	m	€/m	€/m	20.000,00 17.250,00	
Pos 3	Gesamtsumme						1.070,00	