

## Konzeptstudie zur Energetischen Sanierung der Theodor-Storm-Schule, Heiligenhafen

**Auftraggeber:** Stadt Heiligenhafen  
FB 4, Hoch- und Tiefbau  
Herr Quattek  
Markt 4-5  
23774 Heiligenhafen

**Auftragnehmer:**



Rendsburger Landstraße 196-198  
24113 Kiel

**s2n architekten**

Holtenauer Str. 267A  
24106 Kiel

**Projektnummer (IPP):** 2012-203  
**Ort, Datum:** Kiel, den 10.06.2014

## Konzeptstudie zur Energetischen Sanierung der Theodor-Storm-Schule, Heiligenhafen



**Projekt:**  
Energetische Sanierung  
Theodor-Storm-Schule,  
Friedrich-Ebert-Straße 37,  
23774 Heiligenhafen

**Auftraggeber:**  
Stadt Heiligenhafen  
Friedrich Ebert-Straße 37-39  
23774 Heiligenhafen

**Auftragnehmer:**  
IPP Ingenieurgesellschaft  
Possel u. Partner GmbH & Co. KG  
Rendsburger Landstraße 196-198  
24113 Kiel

s2n-architekten  
Holtener Straße 267a  
24106 Kiel

Bauplan Rothe GmbH  
Lornsenstraße 48  
24105 Kiel

## I Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung.....	5
1.1	Gebäudedaten.....	5
2	Analyse Ist-Zustand.....	5
2.1	Konstruktiver Aufbau der Gebäudehülle.....	5
2.1.1	Dachflächen.....	5
2.1.2	Außenfensterflächen, Dachoberlichter.....	7
2.1.3	Außenwandflächen.....	10
2.1.4	Erdberührte Außenwandteile und Frostschrüzen.....	11
2.1.5	Kellerdecke gegen unbeheizte Bereiche.....	12
2.1.6	Erdberührte Bodenplatte.....	12
2.2	Gebäudetechnik.....	13
2.2.1	Wärmeversorgung, Heizungsanlage.....	13
2.2.2	Lüftung.....	15
2.2.3	Warmwasserversorgung.....	16
2.2.4	Stromversorgung.....	17
2.2.5	Eigenstromversorgungsanlagen.....	17
2.2.6	Sicherheitsbeleuchtung.....	18
2.2.7	Beleuchtungsanlagen.....	18
2.3	Energieverbräuche.....	19
2.3.1	Wärmeverbrauch.....	19
2.3.2	Stromverbrauch.....	19
2.3.3	Wasserverbrauch.....	20
3	Mögliche Sanierungskonzepte.....	20
3.1	Energetische Qualität der Gebäudehülle.....	20
3.2	Randbedingungen für Sanierungsansätze.....	21
3.3	Sanierungsvariante Sanierter Altbau.....	21

3.4	Sanierungsvarianten Gebäudetechnik .....	22
3.4.1	Heizungsanlagen.....	22
3.4.2	Lüftungsanlagen.....	23
3.4.3	Warmwasserversorgung .....	24
3.4.4	Beleuchtung .....	24
3.4.5	Stromversorgung.....	24
3.5	Sanierungsvarianten.....	25
4	Zusammenfassung.....	26
5	Unterschriften .....	27

# **1 Veranlassung und Aufgabenstellung**

Der Stadt Heiligenhafen bewirtschaftet mit der Theodor-Storm-Schule eine Grundschule mit Förderzentrumsteil.

Es sind Maßnahmen und Vorschläge zur energetischen Sanierung des Schulgebäudes Theodor-Storm-Schule, Friedrich-Ebert-Straße 37, 23774 Heiligenhafen zu erarbeiten.

## **1.1 Gebäudedaten**

Das Schulgebäude wurde zwischen 1959 und 1962 geplant und errichtet. Es hat eine Kammstruktur, bestehend aus einem zweigeschossigen, teilunterkellertem Klassentrakt an der Friedrich-Ebert-Straße, hier befindet sich die Heizungsanlage. Weiter folgt ein Verbindungsflur, ein zweigeschossiger Trakt mit Aula, Verwaltung und Fachräumen sowie ein zweigeschossiger Klassentrakt am Lütjenburger Weg. An diesen Trakt schließt sich ein Bauteil mit Turnhalle, Gymnastikraum, Umkleiden und Duschen. Dieser ist teilweise zweigeschossig ausgeführt, im Untergeschoß befinden sich Abstell-, Werk- und Haustechnikräume.

# **2 Analyse Ist-Zustand**

## **2.1 Konstruktiver Aufbau der Gebäudehülle**

Am 19.05.2014 hat eine Ortsbegehung mit Bauamtsleiter Herrn Quattek und den beteiligten Planungsbüros stattgefunden. Ausführungs- oder Bestandspläne wurde nicht übergeben. Die aus dem Bauarchiv Kreis Ostholstein bezogenen Bauantragspläne haben nur begrenzte Aussagekraft zu den Bauteilaufbauten. Bauteilöffnungen wurden nicht vorgenommen, somit werden für nicht erkennbare Aufbauten zeittypische Aufbauten bzw. Aufbauten aus der Baubeschreibung angenommen.

### **2.1.1 Dachflächen**

Die gesamten Dachflächen sind als Flachdach mit außen liegender Entwässerung ausgeführt. Die Dachflächen sind mit einer Bitumenabdichtung gedeckt, teilweise ist eine Kiesabdeckung vorhanden. Ob seit der Errichtung eine zusätzliche Dämmung eingebaut worden ist, war nicht erkennbar. Hierzu wurde keine Aussage gemacht.

Es sind zwei verschiedene Tragkonstruktionen vorhanden. Klassentrakte, Verwaltung und Sportbereich haben Betondecken. Die Verbindungsgänge sind als Holzkonstruktion ausgeführt.



Der vermutete Aufbau ist für die Stahlbetondecken, wie in der Baubeschreibung:

tlw. Kiesabdeckung  
Bitumenabdichtung 2-lagig  
Korkisolierung  
Dampfsperre  
Gefälleestrich  
Stahlbetonrippendecke  
Angenommener U-Wert:  $1,75 \text{ W/m}^2\text{K}$

Der vermutete Aufbau für die Holzbalkendecken ist:

tlw. Kiesabdeckung  
Bitumenabdichtung 2-lagig  
Dampfsperre  
Schalung  
Mineralfaserdämmung  
Luftschicht  
Balkenlage  
Schalung  
Angenommener U-Wert:  $0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$

## 2.1.2 Außenfensterflächen, Dachoberlichter

Fensterflächen sind in unterschiedlicher Ausführung und aus unterschiedlichen Bauzeiten vorhanden.



Fensterflächen als Holzfensterelement mit geschlossener Brüstung, aus Bauzeit stammend.

Einbauort: Werkraum unter Turnhalle

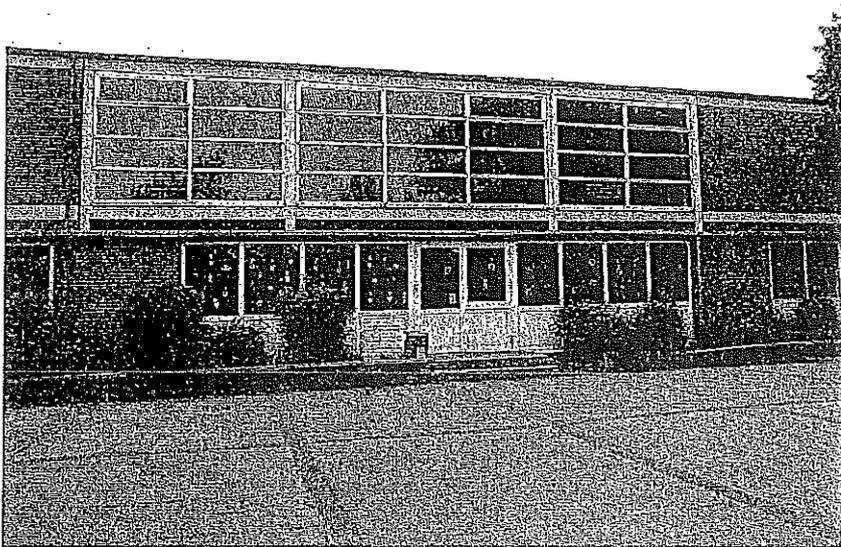
Angenommener U-Wert:  $2,93 \text{ W/m}^2\text{K}$



Fensterflächen als Kunststoff-Fensterelement mit geschlossener Brüstung, Baujahr 1982.

Einbauort: z.B. Klassenräume

Angenommener U-Wert:  $1,92 \text{ W/m}^2\text{K}$



Fensterflächen als Kunststoff-Fensterelement mit geschlossener Brüstung, Baujahr 1995.

Einbauort: z.B. Verbindungsgänge

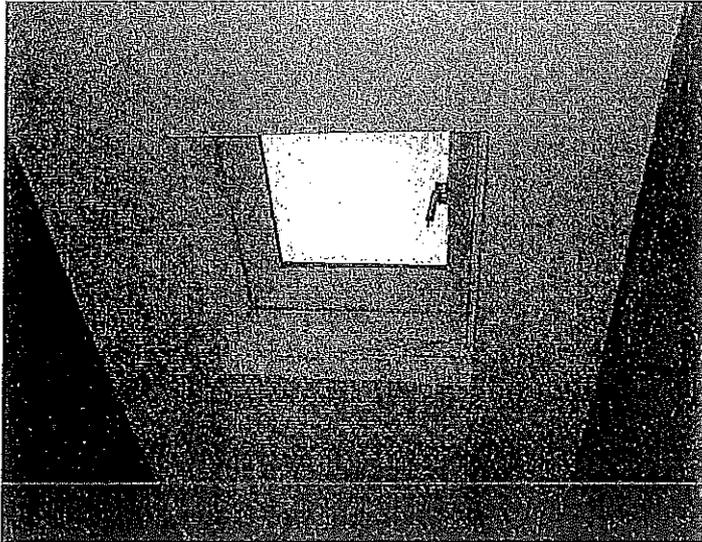
Angenommener U-Wert:  $1,69 \text{ W/m}^2\text{K}$



Fensterflächen als Betonwaben mit Einfachverglasung, aus Bauzeit stammend.

Einbauort: Treppenhaus

Angenommener U-Wert:  $7,93 \text{ W/m}^2\text{K}$



Dachoberlichter Kunststoff mit Acrylverglasung, ca. 1990.

Einbauort: z.B Flur Umkleiden

Angenommener U-Wert:  $3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$



Fensterflächen als zweischalige Industrieverglasung, vermutlich aus den 70er Jahren stammend.

Einbauort: Sporthalle

Angenommener U-Wert:  $2,03 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 2.1.3 Außenwandflächen

Die Außenwandflächen sind laut Baubeschreibung in 36.5 cm starkem Mauerwerk aus Kalksandstein und Verblendstein ausgeführt. Die Konstruktion ist nicht gedämmt.

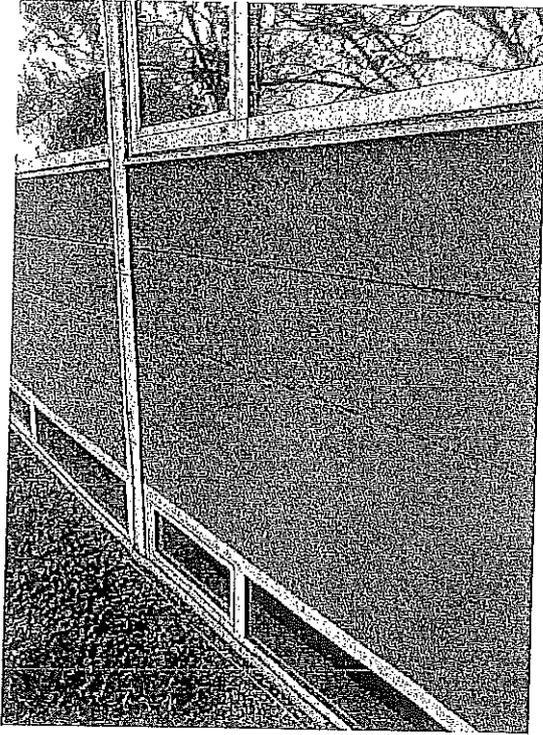
Betonbauteile sind entweder bis in die Verblende ebene geführt oder mit Natursteinplatten (vor Stützen, Fensterumrahmungen) verkleidet. Eine Dämmung dieser Konstruktion ist nicht ersichtlich.

Angenommener U-Wert: 1,23 W/m<sup>2</sup>K



Teilweise ist ein anderer Wandaufbau vorhanden, hier ist die vermutete Konstruktion mit einem 24 cm Gasbeton-Blockstein ausgeführt. Die Konstruktion ist nicht gedämmt.

Angenommener U-Wert: 0,98 W/m<sup>2</sup>K



#### **2.1.4 Erdberührte Außenwandteile und Frostschrürzen**

Das Kellermauerwerk wurde laut Baubeschreibung mit 36.5 cm bzw. 24 cm Mauerwerk aus Kalksandstein mit einem Teeranstrich ausgeführt. Die Konstruktion ist, der Baubeschreibung folgend, nicht gedämmt.

Angenommener U-Wert: 1,59 W/m<sup>2</sup>K

Die Frostschrürzen / Streifenfundamente sind in der Baubeschreibung nicht gesondert erwähnt. Es wird von einer ungedämmten Konstruktion ausgegangen.

Angenommener U-Wert: 1,79 W/m<sup>2</sup>K

### 2.1.5 Kellerdecke gegen unbeheizte Bereiche

Die Decke ist als Betonsohle mit schwimmendem Estrich und einem Betonwerksteinplattenbelag bzw. Schwingbodenbelag in der Baubeschreibung aufgeführt. Es wird von einer ungedämmten Konstruktion ausgegangen.

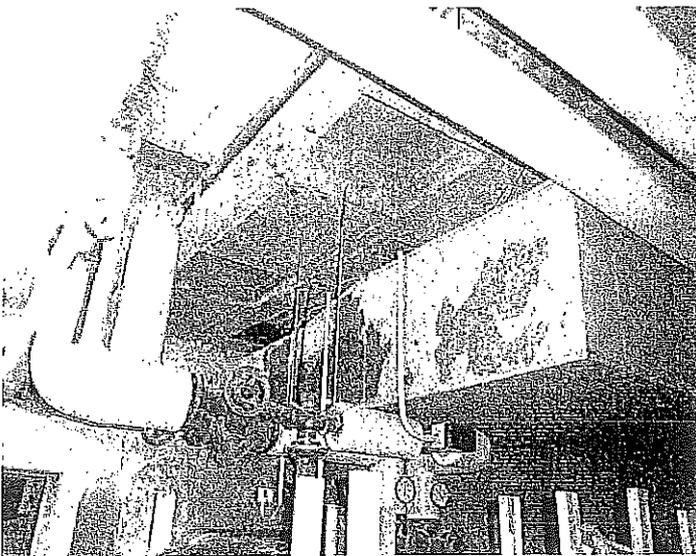
Vermuteter Aufbau

Belag

Schwimmender Estrich

Betondecke

Angenommener U-Wert: 1,21 W/m<sup>2</sup>K



### 2.1.6 Erdberührte Bodenplatte

Die Sohle ist als Betonsohle mit schwimmendem Estrich und einem Betonwerksteinplattenbelag bzw. Floorflex (Vinyl-Asbest-Platten) in der Baubeschreibung aufgeführt. Es wird von einer ungedämmten Konstruktion ausgegangen.

Vermuteter Aufbau

Plattenbelag

Schwimmender Estrich

Abdichtung Asphaltisolierpappe

Betonsohle

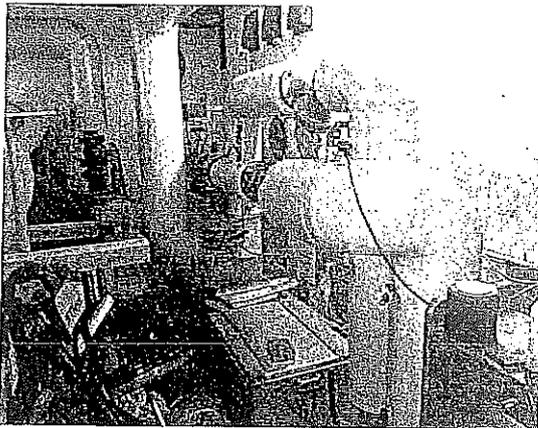
Angenommener U-Wert: 1,79 W/m<sup>2</sup>K

## 2.2 Gebäudetechnik

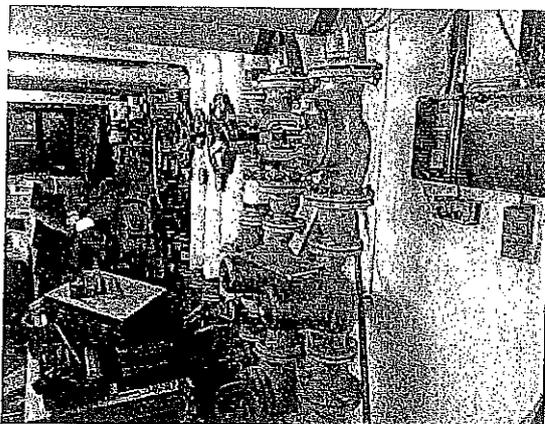
Es folgt eine Zusammenfassung über die im Bestand vorgefundenen technischen Anlagen.

### 2.2.1 Wärmeversorgung, Heizungsanlage

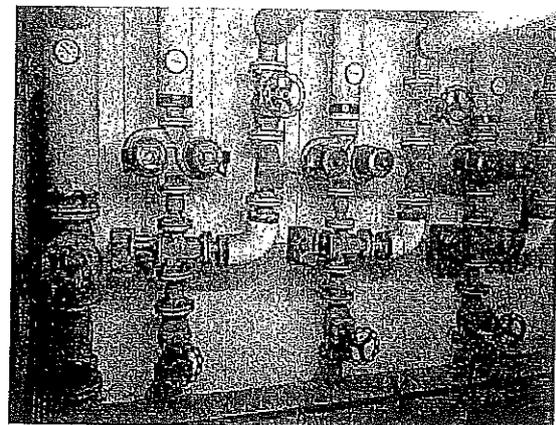
Die Theodor-Storm-Schule wird über zwei Fern-/Nahwärme-Einspeisungen versorgt. Das Schulgebäude wird über die zentrale Heizungsanlage im Kellergeschoss, Friedrich-Ebert-Straße versorgt. Der Heizverteiler besteht aus 8 Heizkreisen mit ungeregelten Heizkreispumpen aus dem Baujahr 1960. Der Heizungsverteiler, die Absperr- und Regelarmaturen sowie ein Teil der verbindenden Rohrleitungen sind abgänglich. Mess- und Regeltechnik sowie die Anlagensteuerung sind veraltet. Die Armaturen, Rohrleitungen und Dämmstandards entsprechen dem Baujahr und sind in Teilen nicht ausreichend wärmeisoliert.



Fernwärmeanschluss Schule



Zentraler Heizkreisverteiler Schule



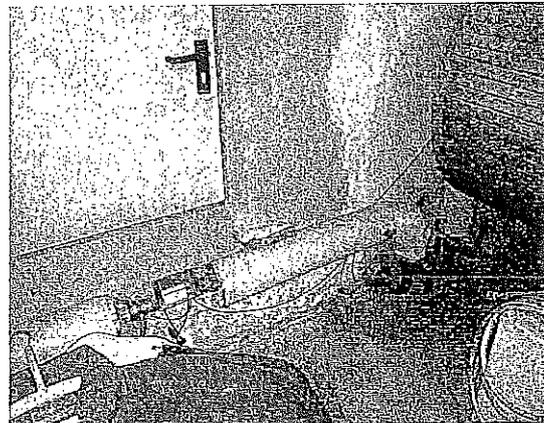
Ungeregelte Pumpengruppen

Für die Wärmeversorgung der Sporthalle ist eine zweite Fern-/Nahwärme-Versorgung aufgebaut. Diese ist im Untergeschoß der Sporthalle aufgebaut. Der Heizverteiler besteht aus 3 Heizkreisen.

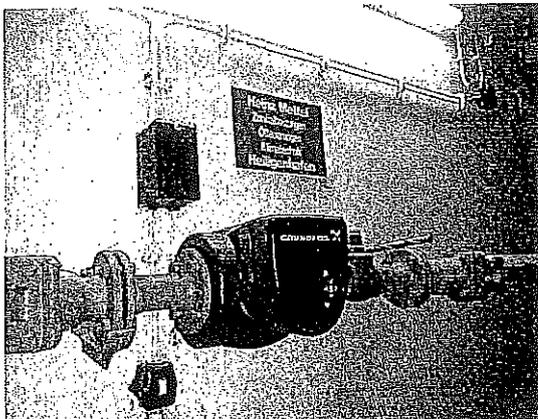
Die Armaturen, Rohrleitungen und Dämmstandards entsprechen dem Baujahr und sind in Teilen nicht ausreichend wärmeisoliert. Die Heizkreispumpe Lüftung Sporthalle wurde im Zuge von Instandsetzungsmaßnahmen mit einer geregelten Heizkreispumpe ausgerüstet und entspricht dem Stand der Technik. Die anderen beiden Pumpen sind ungeregelt.



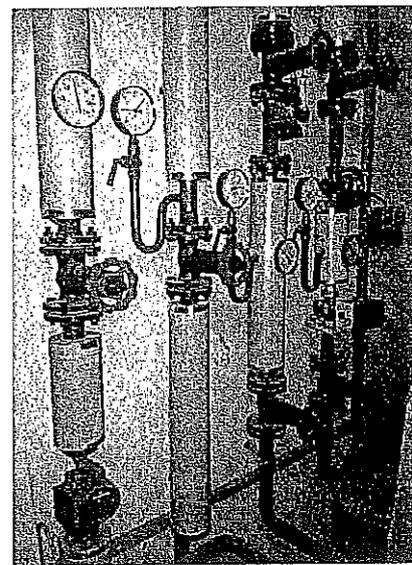
Fernwärmeanschluss Sporthalle



Wärmemengenzähler



Heizkreispumpe geregelt



Heizverteiler Sporthalle

Die Räume der Schule werden im Wesentlichen über die Heizungsanlage (Pumpen, Verteilung und Heizflächen) aus dem Baujahr 1960 beheizt. In den Klassenzimmern sind je nach Ausführung der Brüstung und örtlichen Gegebenheiten Rippenrohrheizkörper aus Grauguss, Standard-Stahlradiatoren

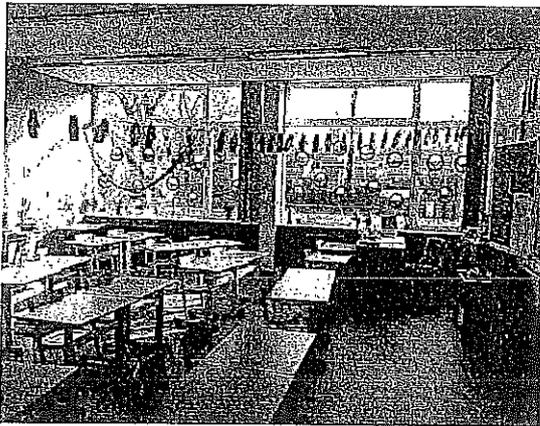
und Plattenheizkörper mit planer Vorderfront angeordnet. Die Auslegung ist für den bisherigen Bedarf an Transmissions-Wärmeverlusten und für die manuelle Lüftung der Klassenräume ausreichend.

Die Treppenhäuser werden über installierte Rippenrohrheizkörper bzw. Flachheizkörper beheizt. Nach Auskunft sind die Treppenhäuser entsprechend niedrig temperiert.

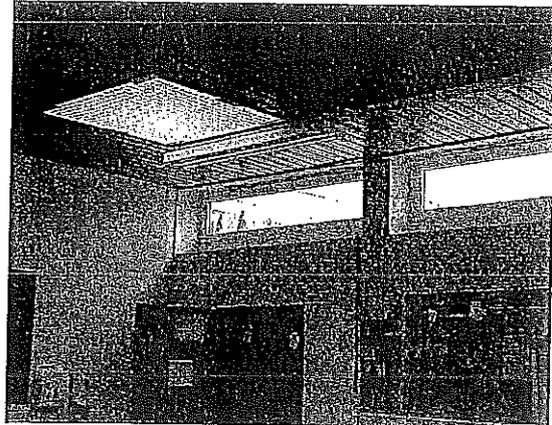
Über die Rohrverteilung im Gebäude liegen keine Bestandspläne vor. Es ist davon auszugehen, dass die Leitungen im Fußbodenaufbau bzw. in den Wänden zu den Heizkörpern verteilt werden.

### 2.2.2 Lüftung

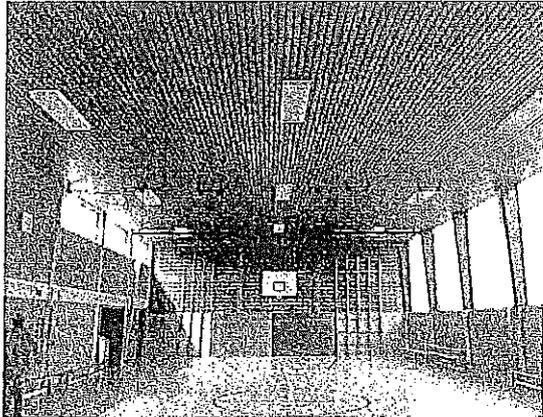
Die Lüftung der Klassen- und Unterrichtsräume sowie der Flure erfolgt dezentral über manuell betätigte Oberfenster. Eine ausreichende Aufheizung durch die Heizkörper kann nur bei einer kurzfristigen Stoßbelüftung erfolgen.



Klassenraumlüftung mit Fensteroberlichter



Die Sporthalle wird über ein zugeordnetes Lüftungsgerät belüftet und beheizt. Aufgrund der Luftführung unterhalb der Außenfenster ist eine direkte Beheizung des Aufenthaltsbereiches (Nutzbereich) nur mit einer Überheizung der Halle möglich. Es bilden sich zunächst Warmluftpolster unterhalb der Hallendecke.

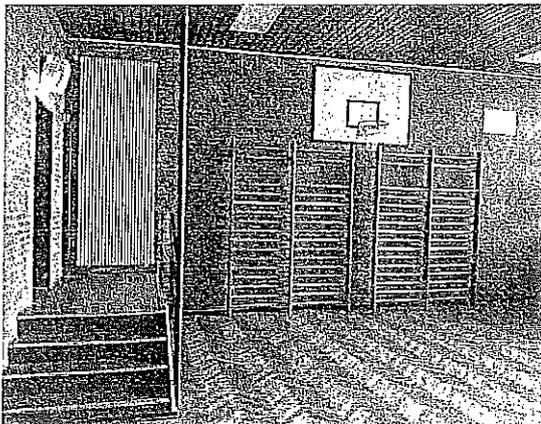


Lüftung Sporthalle

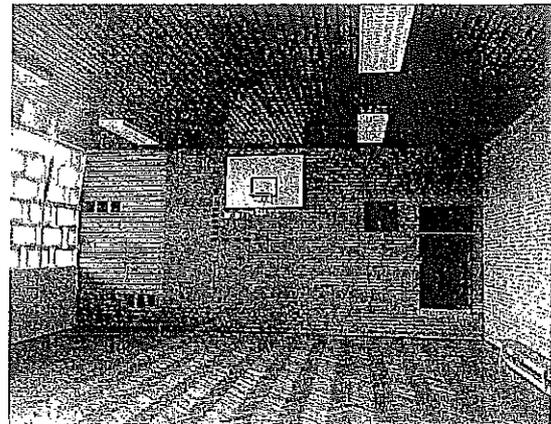


Lüftungsanlage Sporthalle

Die Gymnastikhalle wird über einen Wandheizkörper beheizt. Die Lüftung des Raumes erfolgt nach Bedarf über manuell betätigte Oberfenster in der Außenwand.



Heizkörper Gymnastikhalle

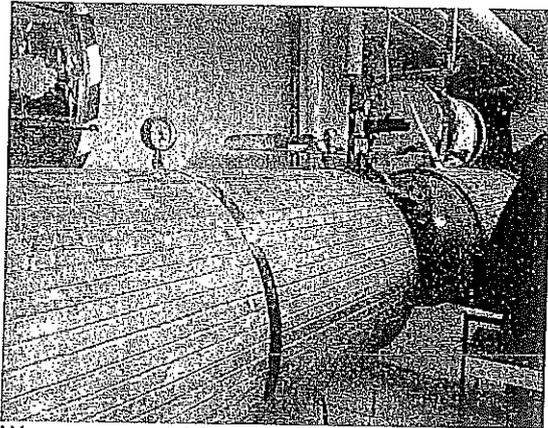


Lüftungsfenster Gymnastikhalle

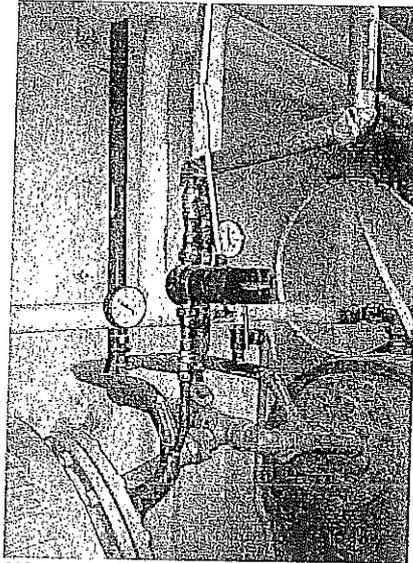
### 2.2.3 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung der Schule erfolgt über dezentrale Warmwassergeräte (Durchlauferhitzer, Warmwasserspeicher) für die Räume und Sanitärbereiche. Die Sporthalle

wurde mit einem Warmwasser-Speicher-Ladesystem für die Sanitärbereiche Duschen und Toiletten ausgestattet. Der Warmwasserspeicher ist in der Heizzentrale der Sporthalle angeordnet. Der Speicherinhalt beträgt ca. 2x 1.000 Liter. Das Warmwassersystem ist mit einer Zirkulationspumpe ausgerüstet.



Wärmwasserspeicher 1000l



Wärmwasserleitungen

Die Armaturen, Rohrleitungen und Dämmstandards entsprechen dem Baujahr und sind in weiten teilen nicht ausreichend wärmeisoliert ausgeführt.

#### 2.2.4 Stromversorgung

Die Schule wird aus dem öffentlichen Stromversorgungsnetz versorgt. Die Versorgung erfolgt über einen Niederspannungshausanschluss im Kellergeschoß Friedrich-Ebert-Straße. Als Netzform ist ein TN-C/S-Netz ausgeführt. In den Bereichen und Geschossebenen sind Unterverteiler für die Endstromkreise errichtet. Die Ausführung entspricht dem Stand der Technik. Nachweise und Prüfprotokolle zur Gebrauchs- und Funktionsfähigkeit der E-Anlage liegen nicht vor. Diese sind im Zuge der nächsten Revisions- und Wartungsarbeiten zur E-Anlage zu erstellen. Eine Kompensationsanlage ist nicht vorhanden.

#### 2.2.5 Eigenstromversorgungsanlagen

Eigenstromversorgungsanlagen oder Netzersatzanlagen sind am Schulstandort nicht errichtet.

Auf dem Dach der Schule ist eine Photovoltaikanlage (ca. 20kWp) errichtet. Diese wird nicht durch die Schule betrieben. Die Dachfläche wurde durch einen Dritten angemietet und die erzeugte Energiemenge wird über eine separate Zähl- und Verrechnungseinrichtung direkt dem Versorgungsnetz zugeführt.

Das Dach der Schule und der Sporthalle bieten Aufstellflächen für eine weitere Photovoltaikanlage. Diese PV-Anlage könnte für die Deckung des Eigenbedarfs Strom herangezogen werden und verringert den Stromeinkauf. Dieser sogenannte „Eigenverbrauch“ ist besonders wirtschaftlich, weil die mit

dem Strombezug verbundenen Kosten wie Netzgebühr, Energieabgabe und Mehrwertsteuer dabei nicht anfallen. Auf der freien Dachfläche kann eine PV-Anlage mit ca. 30kWp errichtet werden. Damit wäre ein Energieertrag von 28.230kWh möglich. Hierbei ist zu beachten, dass auf Grund des Schulbetriebes und Nutzungsverhaltens voraussichtlich ca. 60% für den Eigenbedarf genutzt werden können. Die überschüssige Energie wird dann in das Netz zurückgespeist und verrechnet.

Voraussetzung für die Errichtung einer PV-Anlage ist, dass die Dachkonstruktion die zusätzlichen Lasten statisch aufnehmen kann. Zum jetzigen Zeitpunkt der Bearbeitung liegen jedoch keine verbindlichen Statikinformationen vor. Des Weiteren sind die Sanierungsmaßnahmen mit der Gebäudehülle zwingend zu berücksichtigen.

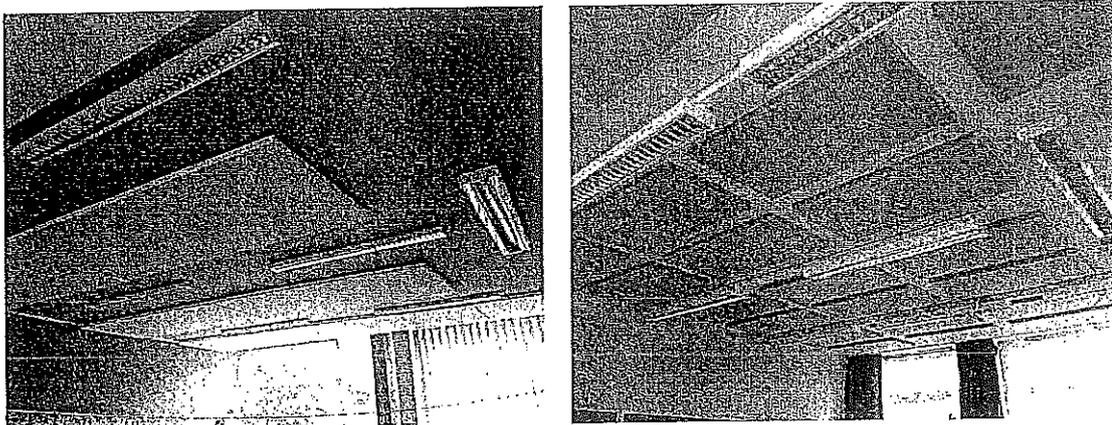
Die Errichtung einer weiteren Photovoltaikanlage wird daher in dieser Konzeptstudie zur energetischen Sanierung nicht weiter betrachtet.

## 2.2.6 Sicherheitsbeleuchtung

Das Schulgebäude ist mit dezentralen Sicherheitsleuchten (Hinweis- und Rettungszeichenleuchten) ausgestattet. Die Sicherheitsleuchten entsprechen einem aktuellen Ausführungsstand. Eine LED-Ausführung ist jedoch nicht ausgeführt und berücksichtigt. Mit dem Einsatz von LED-Technik ist eine Energieeinsparung möglich, jedoch werden die erforderlichen Baukosten keine wirtschaftliche Lösung erzielen. Diese Maßnahme wird nicht weiter betrachtet.

## 2.2.7 Beleuchtungsanlagen

Die Beleuchtungsanlagen in den Klassen- und Unterrichtsräumen und den Sanitärbereichen entsprechen den aktuellen Anforderungen. Die Beleuchtung wird jeweils nach Bedarf lokal geschaltet. In diesen Räumen wurden in den letzten Jahren Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Die Klassenräume wurden mit Deckenanbauleuchten und in den Werkräumen mit abgehängten Lichtbandausführungen ausgestattet. Ein energetischer Sanierungsbedarf liegt hier nicht vor.



Klassenräume mit neuwertigen Deckenanbauleuchten und Spiegelraster

Die Beleuchtung in den Treppenhäuser und Flurzonen wird in Teilen zentral geschaltet. Im Gebäude sind fast ausschließlich Deckenanbauleuchten mit Leuchtstofflampen und konventionellem Vorschaltgerät sowie Leuchten mit Kompaktleuchtstofflampen installiert. Im Flurbereich Treppenaufgang Aula sowie in den Räumen Verwaltung / Lehrkräfte sind Leuchten mit Glühlampen installiert.

In den Fluren und Treppenaufgängen (Flucht- und Rettungswege) ist eine mittlere Beleuchtungsstärke von mindestens 100 Lux auf dem Boden zu gewährleisten. Eine Überprüfung bzw. ein Nachweis der ausreichenden Beleuchtungsstärke liegt nicht vor und ist im Zuge der nächsten Revisions- und Wartungsarbeiten zu überprüfen.

## **2.3 Energieverbräuche**

Für die Bearbeitung der Konzeptstudie zur energetischen Sanierung der Theodor-Storm-Schule wurden die Jahresenergieverbräuche 2010-2012 für Wärme, Wasser, Abwasser und Strom zur Verfügung gestellt. Zur Ermittlung der Energieverbrauchskennzahlen wurde jeweils ein Mittelwert gebildet. Die Bezugsfläche ist die Nutzfläche (NF) der Schule mit 4.188,86m<sup>2</sup>.

Die derzeitigen Verbrauchskennzahlen der Schule werden mit mittleren Kennzahlen anderer Bestandsgebäude mit vergleichbarer Nutzung gegenübergestellt.

(Quelle: Forschungsbericht ages GmbH, Verbrauchskennwerte 2005, Gebäudeart Grundschule)

### **2.3.1 Wärmeverbrauch**

Mittelwert Wärmeverbrauch:	585,3 MWh
Energieverbrauchskennzahl:	139,7 MWh/m <sup>2</sup> *a
Vergleichskennzahl ages GmbH:	155,0 MWh/m <sup>2</sup> *a

Der spezifische Heizwärmebedarf liegt unter dem Mittelwert vergleichbarer Gebäude.

### **2.3.2 Stromverbrauch**

Mittelwert Stromverbrauch:	30.666,3 kWh
Energieverbrauchskennzahl:	7,4 kWh/m <sup>2</sup> *a
Vergleichskennzahl ages GmbH:	15,0 kWh/m <sup>2</sup> *a

Der spezifische Strombedarf liegt deutlich unter dem Mittelwert vergleichbarer Gebäude.

### 2.3.3 Wasserverbrauch

Mittelwert Wasserverbrauch:	391,3 m <sup>3</sup>
Energieverbrauchskennzahl:	93,8 l/m <sup>2</sup> *a
Vergleichskennzahl ages GmbH:	164,0 l/m <sup>2</sup> *a

Der spezifische Wasserbedarf liegt deutlich unter dem Mittelwert vergleichbarer Gebäude.

## 3 Mögliche Sanierungskonzepte

### 3.1 Energetische Qualität der Gebäudehülle

Nachfolgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die U-Werte der Gebäudehülle im Bestand im Vergleich mit den heute gültigen Anforderungen.

Bauteil:	U-Wert ist (geschätzt) [W/m <sup>2</sup> ]:	U-Wert ENEV 2014 [W/m <sup>2</sup> ]:	Äquivalente Dämmstoffstärke WLG 035 [cm]
Flachdach Beton	1,75	0,20	14
Flachdach Holz	0,53	0,20	20
Fenster Holz	2,93	1,30	-
Fenster Kunststoff 1982	1,92	1,30	-
Fenster Kunststoff 1995	1,69	1,30	-
Fenster einfach verglast	7,93	1,30	-
Fenster Profilbauglas	2,03	1,30	-
Aussenwand Verblend	1,23	0,24	12
Aussenwand, erdberührt	1,59	0,30	10
Sohle gegen Erdreich	1,79	0,30	12

Das energetische Niveau des Gebäudes liegt hinsichtlich des tatsächlich vorhandenen Endenergieverbrauchs zurzeit bei 569 MWh (nur Wärme). Die Notwendigkeit einer baulich-konstruktiven Sanierung der Gebäudehülle wird bei Betrachtung des spezifischen Transmissionswärmetransferkoeffizienten HT deutlich. Der rechnerische Bedarf aus Transmissionswärmeverlusten liegt im Bestand bei 1.031.690 kWh/a. Die rechnerischen Einsparmöglichkeiten aus Transmissionswärmeverlusten liegen bei Durchführung aller Maßnahmen bei 683.339 kWh/a.

Die nach Sanierung nach ENEV 2014, Anlage 3 zulässigen Höchstwerte werden nicht eingehalten sondern um 65% überschritten. Weiterhin ist eine Sanierung der Heizungsanlage im Hinblick auf effiziente Pumpentechnik, fehlende Regelungsmöglichkeiten, Dämmung von Heizkreisen und Verteilungsleitungen durchzuführen.

### **3.2 Randbedingungen für Sanierungsansätze**

Mögliche Sanierungskonzepte leiten sich aus den gesetzlichen Anforderungen der Energieeinsparverordnung, oder darüber hinaus aus den Anforderungen der Förderprogramme ab. Hierbei ist stets zu prüfen, ob geplante Sanierungsmaßnahmen mit vertretbarem Aufwand baulich-konstruktiv umsetzbar sind und welche Finanzmittel hierfür zur Verfügung stehen. Im Rahmen der geplanten Sanierung dieses Gebäudes wurde folgender Ansatz geprüft:

– Ausrüstung des Gebäudes nach Mindestdämmstandard ENEV 2014, Anlage 3

Gemäß EnEV § 9 sind Änderungen an Gebäuden so auszuführen, dass sanierte Nichtwohngebäude den Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes und den Höchstwert des Transmissionswärmetransferkoeffizienten um nicht mehr als 40 % überschreiten. Ist dies nicht möglich, gelten wahlweise diese Anforderungen als erfüllt, wenn die in Anlage 3 der EnEV festgelegten Wärmedurchgangskoeffizienten eingehalten werden (vgl. hierzu auch Tabelle 1). Die dort aufgeführten Wärmedurchgangskoeffizienten bilden in etwa das heutige EnEV-Niveau für Bauteile von herkömmlichen Neubauten ab.

Die KfW-Infrastrukturförderung sieht wahlweise eine energetische Sanierung auf Neubau-Niveau mit rechnerischem Nachweis nach DIN 18599 oder die Durchführung von Einzelmaßnahmen vor.

Die Förderung des Landes, Energetische Sanierung von Schulen und Kindertageseinrichtungen, orientiert sich (noch) an den Anforderungen der ENEV 2009.

### **3.3 Sanierungsvariante Sanierter Altbau**

Das EnEV-Niveau für einen sanierten Altbau nach Anlage 3 kann bei dem vorhandenen Gebäude durch relativ einfache Sanierungsmaßnahmen unter Ansatz der üblichen Dämmstoffdicken realisiert werden. Die Sanierung sollte folgende Maßnahmen erfassen:

- Dämmung des Daches
- Austausch der Fenster
- Dämmung der Außenwände einschließlich der Kellerwände im Bereich Werkraum
- Dämmung der Kellerdecken zu unbeheizten Bereichen
- Sanierung der Heizungsanlage (Verteilung, Regelung).
- Modernisierung der Beleuchtung

Empfohlen wird weiterhin der Einbau von außenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen, kalkuliert ist jedoch vorerst nur der Ersatz des vorhandenen Sonnenschutzes im Verwaltungstrakt.

In der weiteren Bearbeitung ist die Aufstellung eines Lüftungskonzeptes erforderlich. Im Konzept zur Energetischen Sanierung wird von einer manuellen Einzelraumlüftung durch den Nutzer ausgegangen.

Auf eine Dämmung der Sohle wird verzichtet. Der Einbau zusätzlicher Dämmschichten führt zu einem unverhältnismäßigen konstruktiven Aufwand (neue Boden- und Fliesenbeläge, Anpassung von Türhöhen, Treppenanschluss). Deshalb ist der Nachweis nach §9, ENEC 2014 + 40% nicht möglich.

### **3.4 Sanierungsvarianten Gebäudetechnik**

Das Verhältnis von thermischem zu elektrischem Energieverbrauch beträgt rund 15:1, das Verhältnis von thermischen zu elektrischen Energiekosten rund 8:1. Damit ist sowohl in Bezug auf die Reduzierung von Energieverbräuchen als auch in Bezug auf finanzielle Einsparungen das Hauptaugenmerk auf die Versorgung mit Wärme für Heizung und Warmwasserbereitung zu richten.

Für die technische Gebäudeausrüstung der Schule bestehen in Bezug auf mögliche Energieeinsparpotenziale die nachfolgenden Sanierungsvarianten.

#### **3.4.1 Heizungsanlagen**

Der Heizkreisverteiler Kellergeschoß Friedrich-Ebert-Straße entspricht nicht mehr den aktuellen Anforderungen gemäß EnEV. Dieser Heizungsverteiler hat die Nutzungsdauer bereits weit überschritten. Der Heizkreisverteiler wird ausgetauscht und mit neuen geregelten Heizkreispumpen und Armaturen sowie Stellorganen aufgebaut. Alle Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen werden mit einer Wärmeisolierung ausgestattet. Die Steuerungs- und Regeltechnik wird den aktuellen Anforderungen für einen energiesparenden Schulbetrieb ausgelegt.

Der Heizkreisverteiler Kellergeschoß Sporthalle wird mit 2 neuen geregelten Pumpen ausgerüstet. Die Wärmeisolierung der Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen wird in Teilen ergänzt, sodass die vorliegenden Wärmeverluste erheblich reduziert werden.

Um die Wärmeverluste des Systems so weit wie möglich zu verringern, sind die Heizkreis-Vorlauftemperaturen und -volumenströme zu minimieren. Jeder Heizkreis ist mit Temperatur- und Durchflussmessungen sowie mit regelbaren Hocheffizienzpumpen auszurüsten. Mess- und Regeltechnik sowie Anlagensteuerung sind veraltet und durch neue, moderne Komponenten zu ersetzen, mit denen die Systemtemperaturen (Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur) abhängig vom Bedarf verändert werden können. So können eine Überversorgung vermieden und Verteilungsverluste minimiert werden. Darüber hinaus bieten diese Komponenten zeitabhängige Eingriffsmöglichkeiten, wie Abwesenheitsbetrieb, Nachtabschaltung oder Nachtabsenkung, sie sorgen beim Erreichen der Heiz-

grenze für das Abschalten der Heizungsanlage. Mit einer modernen Schalt- und Steuerungsanlage können durch Berücksichtigung des Nutzerverhaltens und der bauphysikalischen Eigenschaften verschiedener Gebäudeteile maximale Einsparungen realisiert werden.

Voraussetzung für die Effizienz jeder Regelung ist ein ordnungsgemäß durchgeführter hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage nach DIN 18380. Eine unzureichend abgeglichene Heizungsanlage kann auch durch eine noch so intelligente Regelung nicht nennenswert verbessert werden.

Es ist auf die Einstellung der Heizkörper-Thermostatventile in genutzten Räumen zu achten (Stufe 2 [16°C] bis Stufe 3 [20°C] in Klassenräumen, Stufe 1 [12°C] bis Stufe 2 in Fluren). Die Maximaleinstellungen sind wenn möglich zu arretieren. Heizkörperventile in (auch vorübergehend) ungenutzten Räumen sind zu schließen. Fenster und Außentüren sind regelmäßig auf Dichtheit zu prüfen.

Der Einsatz von regenerativen Wärmeerzeugern (z.B. Einsatz von BHKW, Wärmepumpen, Solarthermie) wird nicht weiter betrachtet, da eine Fern-/Nahwärmeversorgung nach den aktuellen Grundsätzen eine wirtschaftliche und ökonomische Wärmeversorgung darstellt. Die zu berücksichtigten Baukosten für regenerative Wärmeerzeuger würden keine zeitnahe Amortisation der Anlage ermöglichen.

### **3.4.2 Lüftungsanlagen**

Dabei wird in der kalten Jahreszeit neben der verbrauchten Luft immer auch die in der Luft enthaltene Wärme abgegeben. Derartige Heizenergieverluste können mit Wärmerückgewinnungssystemen minimiert werden.

Die Lüftungsanlage Sporthalle hat ihre Nutzungsdauer erreicht. Diese Anlage sollte modernisiert und die Wärmeisolierung in weiten Teilen ergänzt werden. Das Lüftungsgerät ist durch eine energieeffizientere Ausführungsart und mit einer Wärmerückgewinnungseinrichtung auszuführen. Die Auslegung der Lüftungsanlage Sporthalle ist zwingend mit den Maßnahmen zur Sanierung der Gebäudehülle abzustimmen.

Die Lüftungsanlage für die Aula (Versammlungsraum) hat die maximale Nutzungsdauer bereits weit überschritten. Ein Betrieb dieser Lüftungsanlage ist nur durch erhöhte Wartungsaufwendungen möglich. Dadurch wird zeitweise die Lüftungsanlage der Aula nicht mehr betrieben. Die neue Lüftungsanlage in einer energieeffizienteren Ausführungsart wird den aktuellen Anforderungen für einen energiesparenden Schulbetrieb und gemäß EnEV ausgelegt. Eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung sollte in Abstimmung mit den Maßnahmen zur Gebäudesanierung Berücksichtigung finden.

Die Lüftung der Klassenräume etc. erfolgt über Fensterlüftung. Durch Vermeidung von Dauerlüftung kann der Wärmeverlust von Raumeinrichtung und Innenwänden minimiert werden. Beim Lüften kann während der Heizperiode Energie gespart werden, wenn das Lüften durch kurzzeitiges (5 Minuten) und vollständiges Öffnen möglichst aller Fenster und der Türen eines Raumes erfolgt („Stoßlüftung“: einmal pro Schulstunde, am besten in der Pause). Während des Lüftens sind die Heizkörperventile abzudrehen. Analog verlangsamt das Stoßlüften im Verhältnis zum Dauerlüften auch die Energiezufuhr in sommerlichen Hitzeperioden und damit die dauerhafte Aufheizung unklimatierter Innenräume bzw. deren Einrichtung und Innenwände.

### **3.4.3 Warmwasserversorgung**

Die dezentrale Warmwasserversorgung der Einzelräume und Sanitärbereiche ist ausreichend und gut. Die zentrale Warmwasseraufbereitung für die Duschen und Sanitärbereiche der Sporthalle ist den aktuellen Anforderungen des Betriebes zu überarbeiten. Die Duschen werden nur an wenigen Tagen tatsächlich genutzt. Die Warmwasserspeicher werden ständig aufgeladen vorgehalten und es muss eine Zirkulation des Warmwasserkreises gewährleistet werden. Die Entstehung von Legionellen muss sicher verhindert werden. Hier sollte der Einsatz von elektronischen Durchlauferhitzern Berücksichtigung finden, die nur dann Warmwasser vorhalten, wenn auch ein tatsächlicher Bedarf anliegt.

### **3.4.4 Beleuchtung**

Die Flure sollten mit Präsenz- und Dämmerungsmeldern ausgerüstet werden. Bei Nutzung dieser Bereiche erfolgt eine automatische Einschaltung der Flure bei nicht ausreichendem Tageslicht und eine Ausschaltung bei Nichtbenutzung. Die manuelle Handschaltung kann beibehalten werden.

Außer den bereits erwähnten Räumen, können Präsenzmelder auch in Gruppenräumen, Büros und Umkleieräumen sowie WC Räume installiert werden.

Die Einsparungen lassen sich jedoch nur schwer ermitteln, da das Nutzerverhalten nicht nachvollziehbar bzw. nicht definiert ist. Erfahrungsgemäß wird in Schulen häufig die Beleuchtung nach Verlassen der o.g. Nutzungsbereiche nicht abgeschaltet.

Des Weiteren werden in den Fluren und Treppenaufgängen energieeffiziente Leuchten vorgesehen. Die geforderte Nennbeleuchtungsstärke von 100 lux ist zu berücksichtigen.

### **3.4.5 Stromversorgung**

Die Stromkosten sind voraussichtlich um ca. 20-25% durch die Optimierungen in der Beleuchtung und in den technischen Anlagen reduzierbar. Ein großer Teil des Stromverbrauches wird durch den Schulbetrieb (z.B. EDV, Küche, Lehrwerkstätten) verursacht. Bürogeräte wie PCs, Kopierer, Telefonanlage,

Fax, Drucker etc. sind oftmals den ganzen Tag über eingeschaltet, werden aber nur wenige Stunden benötigt. Die Standby-Verluste sind erheblich. Z.T. verbrauchen die Geräte auch noch im „ausgeschalteten“ Zustand noch Strom. Zumindest nachts und am Wochenende sollten alle diese Geräte daher über eine Wochenschaltuhr oder wenigstens über eine schaltbare Steckdosenleiste komplett vom Netz getrennt werden. Dieses Einsparpotenzial ist zu untersuchen und mit dem Schulbetrieb abzustimmen.

Bei Ersatzbeschaffungen von Geräten für die schulische Ausbildung sollten mögliche Einsparpotenziale überprüft werden. Ein Controlling dieser Verbräuche dient der besseren Ermittlung von Einsparmaßnahmen in diesem Bereich.

Der elektrische Energiebedarf der Schule sollte in einem 3-4 monatigen Energiecontrolling (Leistungsmessung) aufgezeichnet und ausgewertet werden. Dabei sind das Nutzungsverhalten und besondere Einflüsse von Nutzungsänderungen zu dokumentieren.

### **3.5 Sanierungsvarianten**

Die hier beschriebenen Maßnahmen stellen für dieses Gebäude die Mindestanforderungen an eine energetische Sanierung dar und reduzieren den rechnerischen Heizenergieverbrauch des Bestandsgebäudes um 60 bis 65 %. Durch die Maßnahmen für die Gebäudetechnik ist eine Reduzierung des Heizenergieverbrauches von 10 bis 12 % möglich.

Dabei entfallen von 100% Einsparung durch Sanierung der Gebäudehülle auf:

- Dachdämmung Betondecken ca. 37 %
- Erneuerung der Dachdämmung Holzdecken ca. 4 %
- Erneuerung der Außenfenster und Türen ca. 11 %
- Dämmung der Außenwand ca. 27 %
- Dämmung der Sohle 16%
- Dämmung der Kellerdecke 5%

Und es entfallen von 100% Einsparung durch Sanierung der Haustechnischen Anlage auf:

- Sanierung der Heizungsanlage 48 %
- Sanierung der Lüftungsanlage 15 %
- Sanierung der Warmwasserbereitung 20%
- Modernisierung der Beleuchtung 17 %

Die kalkulierten Bruttogesamtkosten für die erforderlichen Baumaßnahmen liegen bei:

Dachdämmung, Dichtung, Blitzschutz 191 €/m <sup>2</sup> x 3.150 m <sup>2</sup> Fläche	rd. 602.000 €
Erneuerung der Außenfenster in Kunststoff und der Außentüren in Aluminium, 440 €/m <sup>2</sup> x 1.500 m <sup>2</sup> Fläche	rd. 660.000 €
Gerüststellung 21,50 €/m <sup>2</sup> x 3.950 m <sup>2</sup> Fläche	rd. 85.000 €
Bekleidung der Außenwand mit WDVS 165 €/m <sup>2</sup> x 1.900 m <sup>2</sup> Fläche	rd. 313.000 €
Alternativ Bekleidung der Außenwand mit Verblendmauerwerk 255 €/m <sup>2</sup> x 1.900 m <sup>2</sup> Fläche	rd. 485.000 €
Alternativ Außenwand mit Plattenwerkstoff 236 €/m <sup>2</sup> x 1.900 m <sup>2</sup> Fläche	rd. 448.000 €
Dämmung der Kellerdecke 115 €/m <sup>2</sup> x 600 m <sup>2</sup> Fläche	rd. 69.000 €
Sanierung der Heizungsanlagen	rd. 132.000 €
Sanierung der Lüftungsanlagen	rd. 95.000 €
Sanierung der Warmwasseraufbereitung	rd. 58.000 €
Modernisierung der Beleuchtung	rd. 40.000 €
Energiecontrolling	rd. 9.000 €
Nebenkosten für Ingenieursleistungen und Genehmigungen	rd. 440.000 €

Die Gesamtbaukosten liegen also zwischen ca. 2.17 Mio.€ und 2.38 Mio.€

#### **4 Zusammenfassung**

Schaut man sich die mögliche Gesamtersparnis des Heizenergiebedarfs bei Durchführung aller Maßnahmen an, liegt man mit 65% Einsparung bei ca. 32.500 € im Jahr unter (Heizenergiekosten 2012: ca. 50.000 €). Ohne Einrechnung einer Preissteigerung der Energiekosten käme man auf eine Amortisationszeit von ca. 67 Jahren.

Aufgrund der langen Amortisationszeit ist die Durchführung als Gesamtmaßnahme nicht ratsam.

Wir schlagen vor, Einzelmaßnahmen zur energetischen Verbesserung der Gebäudehülle und Haustechnik durchzuführen. Dabei sollten die gewählten Einzelmaßnahmen vom Lebensalter und Erhaltungszustand der Bauteile sowie von der erzielbaren Einsparung im Verhältnis zur Investition abhängig gemacht werden.

In der Auswertung der Einzelmaßnahmen ist erkennbar, daß die Dämmung der Dachfläche Stahlbetonkonstruktion sowie die Dämmung der geschlossenen Wandflächen das größte Einsparpotential bieten.

Hinweis 1: Sollten Maßnahmen zur Energetischen Sanierung begonnen werden, sind auch weitere Anforderungen an moderne Schulgebäude zu bedenken. So besteht nach DIN 18024 die Anforderung, alle Ebenen eines öffentlichen Gebäudes barrierefrei zu erschließen. Im Bestand der Theodor-Storm-Schule ist das nicht der Fall, es sind nur der Eingang Lütjenburger Weg und die unmittelbar angrenzenden Räume ebenerdig erschlossen, weitere Ebenen sind nicht ohne fremde Hilfe unabhängig nutzbar.

## 5      **Unterschriften**

IPP Ingenieurgesellschaft Possel u. Partner GmbH & Co. KG  
s2n-architekten

Kiel, den 10.06.2014

---

i.A. Dipl.-Ing. G. Brüggemann

(Projektleitung IPP)

---

i.A. L. Schübler

(Projektleitung s2n-architekten)

Anlagen:      Gebäude-Energieberatung, Auftrag 14/024  
                 Transmissionswärmebedarf IST/SOLL