



Energetische Potentialanalyse für das Heinrich-von-Zügel-Gymnasium und die Sporthalle in Murrhardt

Auftraggeber:
Stadt Murrhardt

Verfasser:
Lars Kaltenleitner (Kap.6)
Stefan Sittart (Kap. 3.1.)
Konstanze Stein

Karlsruhe, 20.7.2010

Inhalt

1	Aufgabenstellung und Vorgehensweise.....	3
2	Ausgangsbasis -Energieverbrauch und -kosten	4
3	Einsparpotentiale	6
3.1	Einsparpotentiale baulicher Wärmeschutz Turnhalle.....	6
3.1.1	Daten- und Berechnungsgrundlagen	6
3.1.2	Turnhalle - Bestand	8
3.1.3	Turnhalle - Sanierungsmaßnahmen	12
3.1.4	Kosten	16
3.2	Handlungsbedarf und Einsparpotentiale in der technischen Gebäudeausrüstung und Wärmeerzeugung.....	17
3.2.1	Einsparpotentiale TGA	17
3.2.2	Einsparpotentiale Wärmeerzeugung.....	20
4	Bilanz der CO ₂ -Emissionen.....	23
5	Umsetzungsmöglichkeit Energie-Einspar-Contracting	25
5.1	Überblick zum Energie-Einspar-Contracting.....	25
5.2	Vergleich Contracting und Eigenrealisierung.....	28
5.3	Organisation und weitere Arbeitsschritte	29
6	Öffentlichkeitsarbeit.....	33
7	Zusammenfassung / Empfehlungen	34

1 Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Aus technischer und energetischer Sicht besteht im Gymnasium sowie in der Turnhalle ein großer Handlungsbedarf. Um nachhaltig Energie einzusparen, sollen insbesondere die technischen Anlagen in den Liegenschaften erneuert werden. Hierfür wurde bereits von der MVV Energiedienstleistungen ein Sanierungskonzept erarbeitet.

Die Stadt Murrhardt möchte ein integrales Modernisierungskonzept für die Turnhalle umsetzen. Dieses wird die Minderung der Transmissionsverluste über die Gebäudehülle und die Erneuerung der technischen Anlagen umfassen.

Vorliegendes Konzept wurde in enger Abstimmung zwischen dem Bauamt der Stadt Murrhardt, dem technischen Personal von Schule und Turnhalle, dem Architekturbüro Sittart sowie der KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH erstellt.

In einem ersten Schritt wurde die bauliche Hülle der Turnhalle aufgenommen, der Handlungsbedarf abgeschätzt und die Investitionen sowie das Einsparpotential durch die Wärmeschutzmaßnahmen kalkuliert. In gemeinsamer Abstimmung wurde hierfür ein Dämmstandard, der deutlich über EnEV-Niveau 2009 liegt, angesetzt. Auf dieser Basis wurde der voraussichtliche Energiebedarf berechnet und für die Anlagenkalkulation zugrunde gelegt. Zudem wurden die Kosten für die anstehenden baulichen Maßnahmen kalkuliert.

Der bauliche Wärmeschutz für das Gymnasium war nicht Gegenstand der Untersuchung, da dieser nur in Verbindung mit einer umfassenden Bauteilsanierung und einem Rückbau der zahlreichen Wärmebrücken sinnvoll ist. Diese Maßnahmen sind mittelfristig durch die Stadt nicht finanzierbar.

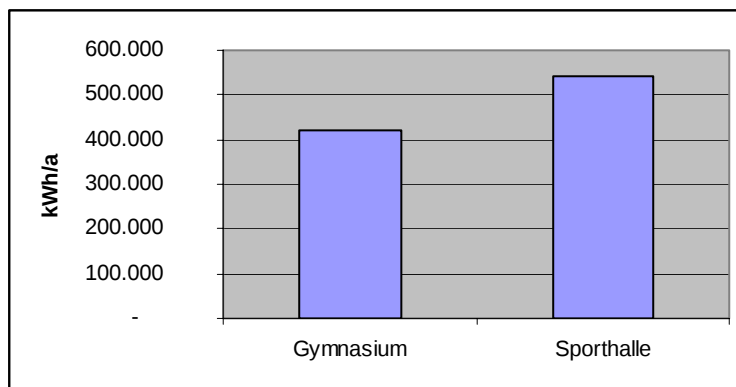
Das Einsparpotential durch die Erneuerung der Technischen Geräte und Anlagen (TGA) wurde zweistufig untersucht. Zunächst wurden die Maßnahmen in den Bereichen Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Wärmeverteilung, Raumluftechnik sowie Beleuchtung kalkuliert. In einem zweiten Schritt erfolgte die Auslegung der Wärmeerzeugungsanlagen, wobei hierbei neben den Einsparungen durch die Wärmeschutzmaßnahmen in der Turnhalle auch die Einsparungen durch die TGA-Maßnahmen berücksichtigt wurden.

Für die Wärmeversorgung wurden zwei zentrale (Gas-Brennwertkessel und Holzhackschnitzelkessel) und eine dezentrale Variante (Gas-Brennwertkessel) verglichen.

Geprüft wurde, ob die Maßnahmen im Bereich Technische Gebäudeausrüstung einschließlich Wärmeerzeugung über Contracting realisiert werden können. Die Stadtverwaltung ist an der Umsetzung eines Energie-Einspar-Contractings interessiert. Hierfür wurde eine Kosten-Nutzen-Gegenüberstellung durchgeführt mit dem Ziel, ein Maßnahmenpaket zu finden, dass ggf. als Basis für eine Contracting-Ausschreibung genutzt werden kann. Die Ergebnisse werden am Schluss des Untersuchungsberichtes dargestellt.

2 Ausgangsbasis -Energieverbrauch und -kosten

Wärmeseitig gibt es für das Gymnasium und die Turnhalle nur eine Abrechnung. Um zu ermitteln, welcher Verbrauch auf welche Liegenschaft entfällt, wurden 2009 Unterzähler installiert. Der Mittelwert des witterungsbereinigten Endenergieverbrauch einschließlich Netzverluste lag für 2008 und 2009 bei 1373 MWh/a. Auf Basis der Zählerauswertungen Juni 2009-Mai 2010 wurden die Verbräuche für die einzelnen Liegenschaften abzüglich der Netzverluste ermittelt und witterungsbereinigt. Den Nutzwärmebedarf haben wir unter Ansatz eines Jahresnutzungsgrades von 85% berechnet. Die Nutzenergie ist die Energiemenge, die unabhängig vom Heizungssystem und von der Qualität der Heizungsverteilung, für die Wärmeversorgung eines Gebäudes bereitgestellt werden muss, um unter den gegebenen Randbedingungen wie z.B. Wärmedämmstandard eine vorgegebene Energiedienstleistung (i.e. Raumtemperatur von 20°C; Warmwasser mit 50°C) zu erbringen.



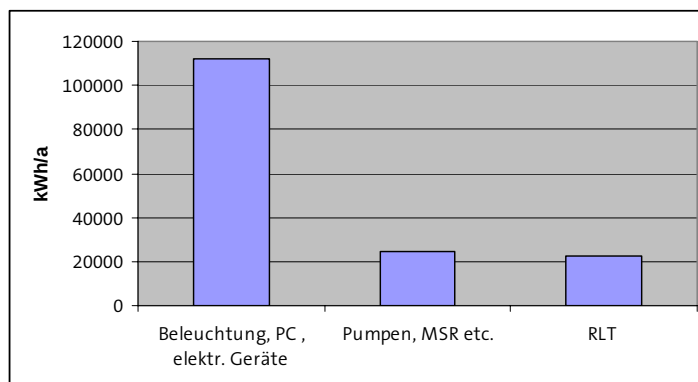
Grafik1: mittlerer Nutzwärmeverbrauch 2008-2009 witterungsbereinigt

Werden die Netzverluste in Höhe von ca. 86 MWh/a einbezogen, so beträgt der Nutzwärmebedarf für beide Liegenschaften 1051 MWh/a. Ausgehend von spezifischen Gaskosten in Höhe von 4,66 ct/kWh H_o betragen damit die Netto-Wärmekosten ca. 64 T Euro/a.

In beiden Liegenschaften werden ca. 266 MWh/a an Strom (Mittel aus 2007 und 2009) sowie 1086 m³ Wasser/a (2009) verbraucht. Die Stromkosten belaufen sich bei 11,5 ct/kWh auf ca. 30,7 T Euro/a und die Wasserkosten auf ca. 5000 €/a (4,56 €/m³). Damit betragen die Energie- und Wasserkosten für beide Liegenschaften ca. 99.600 Euro/a. Alle Kosten sind Nettoangaben.

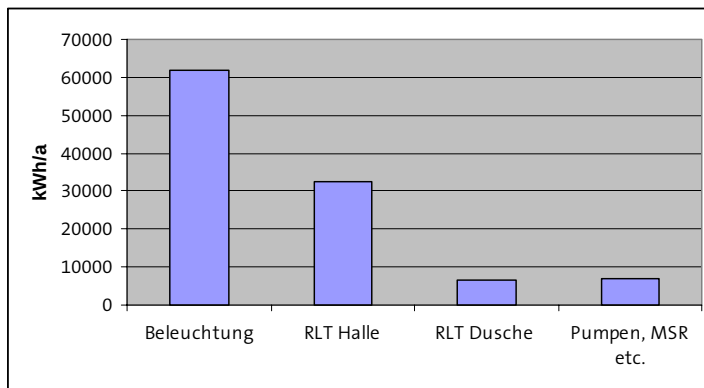
Für die einzelnen Liegenschaften wurden die Stromverbraucher bilanziert:

Gymnasium:



Grafik 2: Strombilanz Gymnasium

Sporthalle:



Grafik 3: Strombilanz Sporthalle

Deutlich wird, dass die Beleuchtungsanlagen der größte stromseitige Verbraucher sind und hier ein hohes Einsparpotential liegt. In der Halle tragen zudem die raumluftechnischen Anlagen (RLT) zum hohen Stromverbrauch bei. Die Liegenschaften weisen folgende Nutzung auf:

Gymnasium

Nutzer:	Schüler (Gymnasium)
Nutzungszeiten:	Woche: 8-16Uhr Wochenende: geschlossen

Halle

Nutzer:	Schüler und Vereine
Nutzungszeiten:	Woche: 8-22 Uhr Wochenende: durchgehend von 8-22 Uhr

3 Einsparpotentiale

3.1 Einsparpotentiale baulicher Wärmeschutz Turnhalle

3.1.1 Daten- und Berechnungsgrundlagen

Zugrunde gelegt wurden die Genehmigungspläne aus dem Jahr 1975 sowie statische Berechnungen und Zeichnungen, jedoch keine Ausführungszeichnungen und Werkpläne zu einzelnen Bauteilaufbauten. Maße wurden abgelesen oder gemessen.

Der Zustand des Gebäudes wurde im Rahmen mehrerer Begehungen ermittelt. Es wurden keine Bauteilproben entnommen oder Bauteilöffnungen vorgenommen.

Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten abhängig. So haben die Nutzungsdauer, die Belegungszeiten, das Lüftungsverhalten, die Raumtemperaturen und Anzahl der tatsächlich beheizten Räume einen wesentlichen Einfluss.

Im vorliegenden Fall soll, da es sich nicht um einen öffentlich rechtlichen Nachweis handelt, der berechnete Bedarf dem gemessenen Verbrauch zunächst angeglichen werden. Zu diesem Zweck wurde nicht das EnEV Standard-Nutzerverhalten zugrunde gelegt, sondern das Nutzerprofil "31 - Sporthalle" den tatsächlichen Nutzungsparametern angeglichen. Ausgehend von diesem angepassten Bedarf des Sanierungsobjektes soll dann die tatsächliche Einsparung nach Sanierung berechnet werden.

Für die Berechnung wurde eine mittlere Innentemperatur von 18,0 °C angenommen, die Luftwechselrate mit 0,60 h⁻¹ sowie Heizung mit Nachtabstaltung angesetzt.

Nichtwohngebäude werden nach EnEV nach den Vorgaben der DIN 18599 berechnet. Diese DIN ist sehr umfangreich und die Berechnungen sind aufwändig und daher langwierig (und teuer). In der DIN 18599 werden neben dem Energieaufwand für Heizung auch alle anderen energetisch relevanten Randbedingungen wie z.B.: Raumluftechnik, Klima, Beleuchtung etc., mit einbezogen. Außerdem werden Gebäude in mehrere Zonen eingeteilt. Eine Sporthalle hat andere Anforderungen an die Technik als ein Duschraum, ein WC oder ein Flur. Da im vorliegenden Fall ausschließlich die Transmissionswärmeverluste zu beziffern sind, ist die umfangreiche Betrachtung nach 18599 nicht erforderlich. Es wurde daher vereinbart, nur den baulichen Teil nach DIN 18599 bzw. DIN 4108 zu berechnen. Es wurden 3 Zonen gebildet. Wegen der großen Abweichungen der Berechnungsergebnisse zum gemessenen Verbrauch wurden die Nutzerprofile an die tatsächliche Nutzung der Halle angenähert. Die Innentemperatur wurde für alle Bereiche angepasst und auch die Nutzungszeiten deutlich reduziert.

In der Regel führen Berechnungen nach DIN 18599 zu höheren Bedarfswerten als Berechnungen nach DIN 4108.

Für einen öffentlich rechtlichen Nachweis müssen im Sanierungsfall die Berechnungen nach DIN 18599 mit der Anlagentechnik und den vorgegebenen Nutzerprofilen ergänzt und berechnet werden.

Eckdaten:

Beheiztes Volumen im Bestand Ve: 14.980 m³

Beheiztes Volumen nach Sanierungsvorschlag Ve: 17.820 m³

Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt.

Die Nutzfläche wurde aus den Plänen mit 1.820 m² ermittelt.

Nutzfläche An nach EnEV: 4.794 m²

Die Bezugsfläche AN in m² wird nach EnEV aus dem Volumen des Gebäudes mit dem Faktor von 0,32 ermittelt. Dadurch unterscheidet sich die Bezugsfläche z.B. in der Sporthalle deutlich von der tatsächlichen Nutzfläche.

Das Gebäude wird mittels einer mechanischen Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung belüftet.

Im Rahmen dieses Berichtes werden keine Aussagen zur Haustechnik in Bezug auf Wärme, Lüftung, Licht usw. gemacht.

Für die Berechnung wurden folgende –vereinfachte – Annahmen getroffen:

Heizung:

Erzeugung Nahwärmeleitung, Erzeuger fossil

Zentrale Wärmeerzeugung im Gymnasium, angeschlossen über Gas-Spezial-Heizkessel - Baujahr vor 1995, 3 Kessel mit 2 x 376 kW und 1 x ca. 400 KW, Erdgas E

Verteilung Wärmetauscher im Gymnasium und in der Sporthalle

Auslegungstemperaturen 70/55°C

Dämmung der Leitungen: mäßig (Altbau)

Altbau-typischer Betrieb (kein hydraul. Abgleich, flachere Heizkurve)

Umwälzpumpen erneuerungsbed.

Übergabe freie Heizfläche, Anordnung im Außenwandbereich
sowie Beheizung über Lüftungsanlage

Warmwasser:

Erzeugung Zentrale Warmwasserbereitung über Nahwärme wie oben beschrieben, im Sommerbetrieb Warmwassererzeugung über Gastherme, Bj. 1986

Speicherung Indirekt beheizter Speicher, Dämmung mäßig (1978-1986)

Verteilung Verteilung mit Zirkulation

Dämmung der Leitungen: mäßig (Altbau)

3.1.2 Turnhalle - Bestand

Zustandsbeschreibung

Das Gebäude ist im Wesentlichen eingeschossig. Das Erdgeschoß beherbergt die Sporthalle mit Nebenräumen und Geräteräumen, im Untergeschoss sind Umkleide- und Nebenräume, sowie der Technikraum mit der Wärmeübergabestation und der Warmwasserbereitung.

Die **Fassaden** der Sporthalle bestehen aus Leichtbeton Fertigteilen, eingesetzt in eingespannte Stahlbeton (Stb)-Fertigteilstützen. Dämmschichten sind nicht erkennbar, mit Ausnahme der Wände im UG gegen Erdreich. Damit entsprechen die Wände vermutlich nicht der Energieeinsparverordnung (EnEV). Ein U-Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ (der den Zwang zur Wärmedämmung im Sanierungsfall Betonsanierung begründet) wird nicht erreicht, eine Wärmedämmung ist erforderlich.

Die tragenden Stahlbetonstützen sowie die Auflagerbalken für die Sheddach-Konstruktion sind vermutlich gänzlich ohne Wärmedämmung ausgeführt. Der Bauteilaufbau ist ungesichert.

Das **Dach** der Sporthalle ist als Sheddach ausgeführt. Die Sheds sind aus Stb-Fertigteilen konstruiert und dienen gleichzeitig als Lüftungskanäle. Da die Sheds selber nicht wärmegeklämt sind, sind die Wärmeverluste durch die Beheizung der Halle über die Lüftungsanlage besonders groß.

Das Dach der Nebenräume ist als Flachdach mit einer Bitumenabdichtung und Kiesschüttung ausgeführt. Es wird vermutet, dass das Flachdach mit 4-5cm PU-Hartschaum geklämt wurde. Der U-Wert des Daches wird mit $0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$ berechnet, dies entspricht nicht den heutigen Forderungen der EnEV 2009. Bei einer Sanierung muss die Dämmstärke erhöht werden. Die aufgehende Attika muss im Falle einer Sanierung ebenfalls geklämt werden, um nicht als Wärmebrücke zu wirken.

Die Entwässerung der Dachflächen erfolgt über innen liegende Fallrohre.

Die **Fenster und Türen** wurden als Holz-Alu-Konstruktionen ausgeführt. Die Scheiben sind Isoliergläser ohne Gasfüllung. Der angegebene Uw-Wert von $2,6 - 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ aus den vorangegangenen Gutachten kann bestätigt werden. Die Fenster sind überwiegend als Oberlichter mit Kippbeschlag ausgeführt. Aufgrund des fehlenden Anpressdrucks sind die Fenster nicht dicht.

Die Eingangstüre ist eine Holzkonstruktion mit Isolierverglasung.

Insgesamt konnten bei der Inaugenscheinnahme die üblichen Konstruktions- und Alterserscheinungen der beschriebenen Konstruktionen festgestellt werden. Dichtungen sind alt, teilweise nicht mehr vorhanden oder nicht mehr wirksam; die Dichtheit der Fenster lässt zu wünschen übrig.

Die **Bodenplatte** ist ungedämmt. Eine Öffnung des Hallenbodens brachte zum Vorschein, dass lediglich die 1 cm starke Korkschicht des punkteleastischen Bodenbelags als Dämmmaterial wirksam werden kann.

Die Dichtheit des Gebäudes ist nicht mehr gegeben. Im Falle einer Sanierung ist darauf zu achten, dass die Fugendurchlässigkeit bzw. Winddichtigkeit des Gebäudes deutlich verbessert wird. Um Schäden durch Tauwasserausfall im Bauteil zu verhindern, muss eine hohe Luftdichtigkeit erzielt werden. Die Dichtheit kann durch einen Gebäudedichtheitstest überprüft werden, jedoch sind wegen des großen Volumens mehrere Geräte für die Messung erforder-

lich.

Sichtbare Schäden

Das Sheddach weist zahlreiche gut sichtbare Schäden auf, die ursächlich von Undichtigkeiten stammen. Die Undichtigkeiten im Dach wurden immer wieder repariert, jedoch tauchen neue Undichtigkeiten auf.

Weitere Feuchtigkeitsschäden befinden sich an praktisch allen Außenwand-Bauteilen. Abplatzungen durch angerostete Bewehrungen sind zahlreich vorhanden und müssen saniert werden.

Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Bereiche der Gebäudehülle, an denen gegenüber den übrigen, flächenhaften Bauteilen erhöhte Transmissionen stattfinden. Wärmebrücken sind praktisch in allen Gebäudeteilen und Anschlüssen vorhanden.

Alle konstruktiven Wärmebrücken werden über einen pauschalen Zuschlag von $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf den U-Wert der Gebäudehülle berücksichtigt. Diesen Wert sieht die EnEV für Bestandsgebäude vor.

Im Einzelnen sind dies z.B. :

- Ø Betonstützen in der Fassade
- Ø Betondecke in der Fassade / dem Dach
- Ø Betondecken im Bereich der Geschoßdecken
- Ø Heizkörper vor Glas (Eingangsbereich) oder schlecht gedämmten Bauteilen
- Ø Ungedämmte Betonsockel
- Ø Eingangspodeste Außentüren – thermische Trennung nur durch Fuge

Gebäudehülle

In den folgenden Tabellen sind die gesetzlichen Anforderungen sowie die U-Werte der einzelnen Bauteile zusammengestellt.

Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Bei Innendämmung erhöht sich der Maximalwert auf $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Bei Kerndämmung eines mehrschaligen Mauerwerks reicht es aus, wenn der Hohlraum vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt wird. Wird bei vorhandenen Fenstern nur die Verglasung ersetzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen $\geq 19^{\circ}\text{C}$	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis $< 19^{\circ}\text{C}$
			Höchstwerte der Wärme durchgangskoeffizienten U_{max} ¹⁾	
	1	2	3	4
1	Außenwände	Nr. 1 a bis d	0,24 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)
2a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren	Nr. 2 a und b	1,30 W/(m ² ·K) ²⁾	1,90 W/(m ² ·K) ²⁾
2b	Dachflächenfenster	Nr. 2 a und b	1,40 W/(m ² ·K) ²⁾	1,90 W/(m ² ·K) ²⁾
2c	Verglasungen	Nr. 2 c	1,10 W/(m ² ·K) ³⁾	keine Anforderung
2d	Vorhangfassaden	Nr. 6 Satz 1	1,50 W/(m ² ·K) ⁴⁾	1,90 W/(m ² ·K) ⁴⁾
2e	Glasdächer	Nr. 2a und c	2,00 W/(m ² ·K) ³⁾	2,70 W/(m ² ·K) ³⁾
3a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	Nr. 2 a und b	2,00 W/(m ² ·K) ²⁾	2,80 W/(m ² ·K) ²⁾
3b	Sonderverglasungen	Nr. 2 c	1,60 W/(m ² ·K) ³⁾	keine Anforderung
3c	Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	Nr. 6 Satz 2	2,30 W/(m ² ·K) ⁴⁾	3,00 W/(m ² ·K) ⁴⁾

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen $\geq 19^{\circ}\text{C}$	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis $< 19^{\circ}\text{C}$
			Höchstwerte der Wärme durchgangskoeffizienten U_{max} ¹⁾	
	1	2	3	4
4a	Decken, Dächer und Dachschrägen	Nr. 4.1	0,24 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)
4b	Flachdächer	Nr. 4.2	0,20 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)
5a	Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich	Nr. 5 a, b, d und e	0,30 W/(m ² ·K)	keine Anforderung
5b	Fußbodenaufbauten	Nr. 5 c	0,50 W/(m ² ·K)	keine Anforderung
5c	Decken nach unten an Außenluft	Nr. 5 a bis e	0,24 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)

Tabelle 1: EnEV - Anforderungen

	Bauteil	Bezeichnung	Ri.	Fläche [m²]	U-Wert [W/m²K]	Fak
1	Wand					
1.1	Außenwand Liapor	AWN1	N	170.00	1.273	1.00
1.2	Außenwand Liapor HK Nische	AWN1.1	N	36.40	0.966	1.00
1.3	Außenwand Liapor	AWN1.2	N	7.20	1.273	1.00
1.4	Außenwand Liapor	AWN1.3	N	26.00	1.273	1.00
1.5	Außenwand Liapor	AWN1.32	N	27.50	1.273	1.00
1.6	Außenwand Liapor	AWN1.4	N	8.50	1.342	0.40
1.7	Außenwand Stb-Fertigteil	AWN2	N	70.50	3.518	1.00
1.8	Außenwand Stb-Fertigteil	AWN3	N	5.90	3.518	1.00
1.9	STB Stütze 600	STN1	N	21.50	2.194	1.00
1.10	Außenwand Liapor	AWW1	W	233.03	1.273	1.00
1.11	Außenwand Liapor HK Nische	AWW1.1	W	51.30	0.966	1.00
1.12	Außenwand Stb-Fertigteil	AWW2	W	59.50	3.518	1.00
1.13	Außenwand UG gedämmt Erdreich	AWW3	W	140.50	0.618	0.60
1.14	Außenwand Stb-Fertigteil Alu	AWW4	W	56.10	0.779	1.00
1.15	STB Stütze 600	STW1	W	29.00	2.194	1.00
1.16	24cm-Leichtbet-Liapor	AWS1	S	167.64	1.273	1.00
1.17	Außenwand Liapor HK Nische	AWS1.1	S	36.40	0.966	1.00
1.18	24cm-Leichtbet-Liapor	AWS1.2	S	28.10	1.273	1.00
1.19	24cm-Leichtbet-Liapor	AWS1.22	S	28.48	1.273	1.00
1.20	Außenwand Stb-Fertigteil	AWS2	S	70.50	3.518	1.00
1.21	Außenwand Stb-Fertigteil	AWS3	S	5.90	3.518	1.00
1.22	24cm Liapor Erdreich	AWS4	S	6.20	1.342	0.40
1.23	STB Stütze 600	STS1	S	16.00	2.194	1.00
1.24	24cm-Leichtbet-Liapor	AWO1	O	234.19	1.273	1.00
1.25	24cm-Leichtbet-Liapor	AWO12	O	42.34	1.273	1.00
1.26	Außenwand UG gedämmt Erdreich	AWO2	O	67.20	0.618	0.60
1.27	Außenwand Stb-Fertigteil	AWO3	O	115.60	3.518	1.00
1.28	STB Stütze 600	STO1	O	27.00	2.194	1.00
1.29	STB Stütze 600	STO12	O	8.30	2.194	1.00
1.30	STB Stütze gegen Erdreich	STO2	O	6.70	2.405	0.40
				1803.49	1.586	
2	Fenster, Fenstertüren					
2.1	Haustür mit Fenster 2,8	AWW1	W	4.57	2.800	1.00
2.2	Isolierglas 10-16mm Luftzw. Holzrahmen	AWS1	S	9.56	2.600	1.00
2.3	Isolierglas 10-16mm Luftzw. Holzrahmen	AWS1.22	S	3.42	2.600	1.00
2.4	Isolierglas 10-16mm Luftzw. Holzrahmen	AWO1	O	25.51	2.600	1.00
2.5	Isolierglas 10-16mm Luftzw. Holzrahmen	AWO12	O	35.36	2.600	1.00
2.6	Stegdreifachplatte 16 mm	DF3	N	536.90	2.500	1.00
				615.31	2.514	

3	Decke zum Dachge., Dach					
3.1	Shedrücken Alueindeckung	DF1		1092.70	0.691	1.00
3.2	Shedrinne	DF2		166.82	4.730	1.00
3.3	Shedverglasung	DF3		30.30	0.714	1.00
3.4	Shed Attika	DF4		39.92	0.691	1.00
3.5	Decke Lüftungskanal	DFLÜ		110.51	0.403	1.00
3.6	Decke EG Nebenräume	DFEG		331.22	0.467	1.00
3.7	Decke Treppe Tribüne	DF5		11.20	0.610	1.00
				1782.67	1.010	
4	Grundfläche, Kellerdecke					
4.1	Halle Schwingboden	Boden Halle		1192.56	1.853	*0.14
4.2	25cm-Beton PST4 Estrich	Boden UG		194.38	2.779	*0.15
4.3	25cm-Beton PST4 Estrich	Boden UG2		264.83	2.779	*0.15
				1651.77	0.300	
5	Decke gegen Außenluft unten					
5.1	20cm-Betondecke	BDLÜ		75.83	3.367	1.00
				75.83	3.367	
8	Zwischendecken					
8.1	Betondecke	ZwDecke		194.38	2.560	1.00
8.2	Betondecke	ZwDecke2		264.83	2.560	1.00
				459.21	2.560	
		Summe:		5929.07		

Tabelle 2: Bauteilübersicht mit Flächen und U-Werten Bestand

3.1.3 Turnhalle - Sanierungsmaßnahmen

Gebäude sind nach den anerkannten Regeln der Technik so auszuführen, dass sie luftdicht sind. Nur so lassen sich Feuchteschäden durch Konvektion verhindern. Die Fugenlüftung, die durch Undichtigkeiten derzeit vorhanden ist, muss weitestgehend vermindert werden. Fugen sind im Bereich der Fenster und Türen sowie an den Stößen der Betonfertigteile anzutreffen. Diese Verluste werden durch neue Fenster mit Einbau nach RAL (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V.) minimiert. Dennoch müssen Bauteilfugen der Konstruktion zusätzlich kontrolliert und abgedichtet werden.

Die Lüftungswärmeverluste lassen sich durch eine kontrollierte Lüftungsanlage in Verbindung mit einer Wärmerückgewinnung weiter reduzieren (siehe hinten).

In der Projektgruppe wurden verschiedene Sanierungsstandards und –maßnahmen diskutiert. U.a. wurde thematisiert, ob das Sheddach in der derzeitigen Konstruktion modernisiert oder ein Flachdach eingebaut wird. Die nachfolgend dargestellten Sanierungsmaßnahmen sind das Ergebnis der Abstimmungsgespräche.

Bei der Sanierung der Hülle wird von einer Lebensdauer der neuen Elemente von mindestens 30 Jahren ausgegangen und ein Wärmeschutzniveau, dass über den gesetzlichen Vorgaben der EnEV 2009 liegt, vorgeschlagen. Im Hinblick auf weitere Verschärfungen der EnEV und das Ziel der EU im Jahre 2020 „Nearly Zero Energy Building“ vorzuschreiben, sind die geplanten

Sanierungen als angemessen zu betrachten.

Durch die Maßnahmen wird sich das Erscheinungsbild der Sporthalle verändern. Im Bereich der Fassaden kann sowohl ein Wärmedämmverbundsystem mit Putzoberfläche oder eine Plattenfassade zur Ausführung kommen. Für die Plattenfassade spricht die Haltbarkeit, die Resistenz gegen Algen und Schmutz, die Möglichkeit bei Bedarf (z.B. Vandalismus) einzelne Elemente auszutauschen und auch die interessanten Gestaltungsmöglichkeiten. Dagegen spricht der deutlich höhere Preis. Gerechnet wurde eine Kombination, die der jetzigen Gestaltung Rechnung trägt.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen müssen als Ganzes gesehen werden. Der Austausch der Fenster und die Sanierung des Sheddaches in seiner jetzigen Form allein genügen nicht.

Die Sanierung von Innenräumen, WC-Anlagen und dergleichen wird in diesem Bericht nicht untersucht. Auch eventuell notwendige Änderungen der Konstruktion oder Anforderungen aus dem Brandschutz werden nicht betrachtet.

Eventuell vorhandene Schadstoffbelastungen werden nicht untersucht. Sie sind gleichwohl – wie in vorherigen Berichten erwähnt - vorhanden.

Maßnahmenbeschreibung

- Die Außenwände werden mit Dämmstoff wärmegeklämt. Durch die Wahl eines sorgfältig ausgeführten Wärmeverbundsystems (24 cm, WLG 032) können gleichzeitig eine Vielzahl von Wärmebrücken beseitigt werden.
- Die Attika wird ebenfalls eingepackt um die Wärmebrücke der Betondecke zu eliminieren. Im Einzelfall werden die Aufkantung in diesem Bereich erhöht werden.
- Im Sockelbereich wird aufgedraben und bis zu 50 cm unterhalb der Geländeoberkante gedämmt.
- Die Fenster werden alle ausgetauscht. An der Westseite werden Stb-Wandelemente abgebrochen und über die gesamte Hallenlänge wird ein Fensterband mit ca. 2,40m Höhe eingebaut. Beim Einbau neuer Fenster ist auf luftdichte Montage und die Einbindung in die Wärmedämmschicht zu achten (Verglasung 3-fach U_g 0,7, Kunststoff oder Holz/Alu-Rahmen U_f 1,0).
- Durch das neu eingebaute Lichtband wird eine neue Belichtungssituation geschaffen. Die bisherige Belichtung über das Sheddach kann somit entfallen. Die Verkleidung der Sheds und die Lichtplatten aus Acryl-Doppelstegplatten wird vollständig entfernt. Die Sheds werden als Tragkonstruktion erhalten, liegen zukünftig jedoch innerhalb der thermischen Hülle. Über den Sheds wird ein neues Flachdach mit 300mm Wärme-dämmung und Folienabdichtung aufgebaut. Die Überhöhung der Shedträger macht den Einsatz von teurer Gefälledämmung unnötig.
- Die Flachdächer werden ebenfalls abgeräumt, wärmegeklämt und mit einem Foliendach abgedichtet (30cm, WLG 032,Foliendach).
- Die Dämmung des Hallenbodens ist im Zuge einer Erneuerung des Belages möglich und würde weitere Einsparungen bringen.

	Bauteil	Bezeichnung	Ri.	Fläche [m²]	U-Wert [W/m²K]	Fak
1	Wand					
1.1	Außenwand Liapor 240/032	AWN1	N	170.00	0.121	1.00
1.2	AW Liapor HK Nische 240/032	AWN1.1	N	36.40	0.117	1.00
1.3	Außenwand Liapor 240/032	AWN1.2	N	7.20	0.121	1.00
1.4	Außenwand Liapor 240/032	AWN1.3	N	26.00	0.121	1.00
1.5	Außenwand Liapor 240/032	AWN1.32	N	27.50	0.121	1.00
1.6	Außenwand Liapor 240/032	AWN1.4	N	8.50	0.121	0.60
1.7	Außenwand Stb-FT 240/032	AWN2	N	86.60	0.128	1.00
1.8	Außenwand Stb-FT 240/032	AWN3	N	5.90	0.128	1.00
1.9	STB Stütze 600 PST 240/032	STN1	N	21.50	0.126	1.00
1.10	Außenwand Liapor 240/032	AWW1	W	136.50	0.121	1.00
1.11	AW Liapor HK Nische 240/032	AWW1.1	W	51.30	0.117	1.00
1.12	Außenwand Stb-FT 240/032	AWW2	W	137.20	0.128	1.00
1.13	Außenwand UG gedämmt Erdreich	AWW3	W	140.50	0.607	0.60
1.14	STB Stütze 600 PST 240/032	STW1	W	29.00	0.126	1.00
1.15	24cm-Leichtbet-Lia 240/032	AWS1	S	167.64	0.121	1.00
1.16	AW Liapor HK Nische 240/032	AWS1.1	S	36.40	0.117	1.00
1.17	24cm-Leichtbet-Lia 240/032	AWS1.2	S	28.10	0.121	1.00
1.18	24cm-Leichtbet-Lia 240/032	AWS1.22	S	28.48	0.121	1.00
1.19	Außenwand Stb-FT 240/032	AWS2	S	86.60	0.128	1.00
1.20	Außenwand Stb-FT 240/032	AWS3	S	5.90	0.128	1.00
1.21	24cm Liapor Erdreich	AWS4	S	6.20	1.342	0.40
1.22	STB Stütze 600 PST 240/032	STS1	S	16.00	0.126	1.00
1.23	24cm-Leichtbet-Lia 240/032	AWO1	O	234.19	0.121	1.00
1.24	24cm-Leichtbet-Lia 240/032	AWO12	O	42.34	0.121	1.00
1.25	Außenwand UG gedämmt Erdreich	AWO2	O	67.20	0.607	0.60
1.26	Außenwand Stb-FT 240/032	AWO3	O	115.60	0.128	1.00
1.27	STB Stütze 600 PST 240/032	STO1	O	27.00	0.126	1.00
1.28	STB Stütze 600 PST 240/032	STO12	O	8.30	0.126	1.00
1.29	STB Stütze gegen Erdreich	STO2	O	6.70	2.405	0.40
				1760.76	0.156	
2	Fenster, Fenstertüren					
2.1	Notausgangtür ohne Fenster 1,2	AWW1	W	4.57	1.200	1.00
2.2	zertifiziertes Fenster 0,9	AWW1	W	96.53	0.900	1.00
2.3	zertifiziertes Fenster 0,9	AWS1	S	9.56	0.900	1.00
2.4	zertifiziertes Fenster 0,9	AWS1.22	S	3.42	0.900	1.00
2.5	zertifiziertes Fenster 0,9	AWO1	O	25.51	0.900	1.00
2.6	zertifiziertes Fenster 0,9	AWO12	O	35.36	0.900	1.00
2.7	RWA Lichtkuppel	Flachdach	-	28.80	1.700	1.00
				203.74	1.020	
3	Decke zum Dachge., Dach					
3.1	Flachdach, PST300/032 Folie	Flachdach		1283.20	0.105	1.00
3.2	Decke Lüftungskanal	DFLÜ		110.51	0.104	1.00
3.3	Flachd. EG Nebenr. 300/032	DFEG		331.22	0.104	1.00
3.4	Decke Treppe Tribüne	DF5		11.20	0.136	1.00

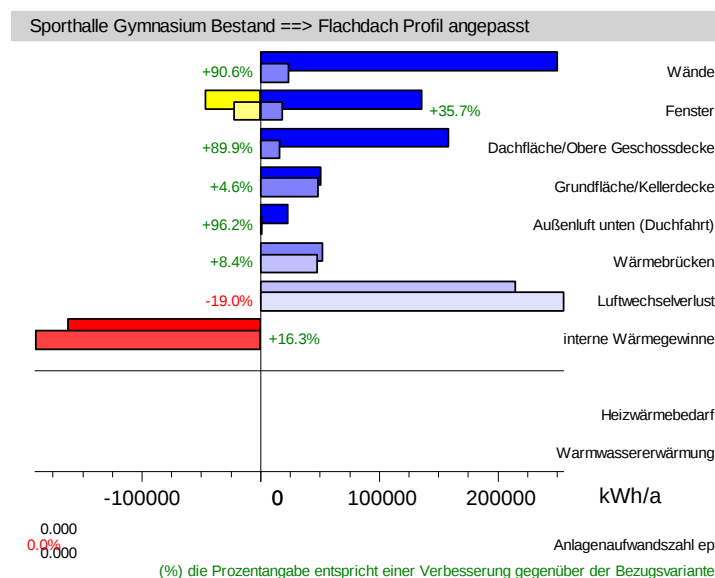
				1736.13	0.105	
4	Grundfläche, Kellerdecke					
4.1	Halle Schwingboden	Boden Halle		1192.56	1.853	*0.12
4.2	25cm-Beton PST4 Estrich	Boden UG		194.38	2.779	*0.13
4.3	25cm-Beton PST4 Estrich	Boden UG2		264.83	2.779	*0.13
				1651.77	0.262	
5	Decke gegen Außenluft unten					
5.1	20cm-Betondecke	BDLÜ		75.83	0.128	1.00
				75.83	0.128	
8	Zwischendecken					
8.1	Betondecke	ZwDecke		194.38	2.560	1.00
8.2	Betondecke	ZwDecke2		264.83	2.560	1.00
				459.21	2.560	
		Summe:		5428.23		

Tabelle 3: Bauteile mit Flächen und U-Werten nach Sanierung

Energieeinsparung

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduzieren sich die rechnerisch ermittelten Transmissionsverluste einzelner Bauteile um bis zu 90%. Die wirtschaftlich optimierte Dämmstärke liegt derzeit bei 22 - 24 cm bei einer Wärmeleitzahl von 0,032 W/mK. Die tatsächliche Einsparung die über die Sanierungsmaßnahmen eingespart werden kann, liegt erfahrungsgemäß bei hoch wärmegeprägten Sanierungsobjekten zwischen 60% und 80%, was einer Einsparung beim Endenergiebedarf von rund 50 bis 60% entsprechen dürfte. Hier kommen in der Praxis jedoch wieder Faktoren wie Nutzerverhalten, Belegungsdichte und Witterungseinflüsse verstärkt zum Tragen.

Nachfolgend wird die Energiebilanz vor und nach der Sanierung, die über unsere Voruntersuchung simuliert wurde, dokumentiert.



3.1.4 Kosten

Für die Kostenermittlung wurden die Kosten einschließlich der notwendigen Nebenarbeiten berechnet. Die Kosten enthalten außerdem Sowieso-Aufwendungen die anfallen würden wenn die Halle nicht saniert werden würde.

Die Kosten sind in unten stehender Tabelle zusammengefasst. Nicht enthalten sind die Aufwendungen für Gebäudetechnik wie Wärmeversorgung, Lüftung und Beleuchtung.

300 - Bauwerk Baukonstruktion	
Rohbau und Abbrucharbeiten	63.000
Gerüstbauarbeiten	18.000
Zimmerarbeiten	32.000
Flachdachabdichtung	235.000
Flaschnerarbeiten	17.000
Putzarbeiten/WDVS	198.000
Fensterbau/Verglasungsarbeiten	69.000
Schreinerarbeiten	4.500
Metallbau- und Schlosserarbeiten	32.000
Malerarbeiten	13.500
Trockenbauarbeiten	9.000
400 - Bauwerk Technische Anlagen	
Elektroinstallation	12.000
Blitzschutzarbeiten	13.000
RWA Rauchabzuganlagen	5.000
500 - Außenanlagen	
Außenanlagen	12.000
700 - Baunebenkosten	
Honorare	67.000
Gesamtinvestition	800.000

Tabelle 4: Kosten der Wärmeschutzmaßnahmen (alle Angaben inkl. 19% MwSt.)

3.2 Handlungsbedarf und Einsparpotentiale in der technischen Gebäudeausrüstung und Wärmeerzeugung

Wir stellen aufgrund der Vorgaben der Gemeindeverwaltung, die kompletten Maßnahmen über Energie-Einspar-Contracting umzusetzen, nachfolgend die Ansätze und Kalkulationsergebnisse für das Energie-Einspar-Contracting detailliert dar.

3.2.1 Einsparpotentiale TGA

Für die Einsparpotentialermittlung durch die Technischen Geräte und Anlagen (TGA) wurde der Energiebedarf von 190 MWh/a nach Durchführung der Wärmeschutzmaßnahmen in der Halle zugrunde gelegt. Der Nutzwärmebedarf für beide Liegenschaften inkl. Netzverluste beträgt 700 MWh/a.

Für die einzelnen Liegenschaften wurde der Handlungsbedarf aufgenommen, die Investitionen abgeschätzt und die Einsparungen kalkuliert.

Hierbei wurden zunächst die technische Gebäudeausrüstung (Wärmeverteilung, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Lüftungstechnik, Beleuchtung) betrachtet und im zweiten Schritt die Wärmeversorgungsanlagen kalkuliert.

Die Analyseergebnisse sowie die Einsparmöglichkeiten sind in den folgenden Tabellen dokumentiert. Die Einsparungen bei Strom und Wärme wurden immer als Endenergie angegeben. Der Einsparbetrag setzt sich zusammen aus den eingesparten Brennstoffkosten sowie den vermiedenen Kosten für Wartung und Instandhaltung und ist exkl. MwSt.

Die Gesamtkosten wurden wie folgt berechnet: Angesetzt wurden die eigentliche Investition sowie der Barwert der Kosten von Wartung und Instandhaltung (Mittelwert 1 % p.a.) und der Zinsen des eingesetzten Kapitals (Zinsfuß 3,8 %) über eine Laufzeit von 15 Jahren. Auf der Grundlage dieser Gesamtkosten wurde die dynamische Amortisation berechnet (alle Angaben exkl. Mehrwertsteuer). Die spezifischen Energiepreise wurden analog zu den in Kapitel 1 genannten Preisen angesetzt.

Gymnasium:

Nettokosten Strom: 18.300 €/a

Nettokosten Wärme: 25.700 €/a

Maßnahmenbeschreibung/Sanierungsbedarf:	Gesamtkosten in Euro	Einsparung			dyn. Amortisation in a
		Strom kWh/a	Wärme kWh/a	Kosten €/a	
Heizungsverteiler Zentrale Verteiler mit folgenden Heizkreisen: - Nord,- Süd,- Ost,- Verwaltung Die Armaturen sind z.T korrodiert und nicht gedämmt, Doppel-Pumpen z. T. stufengeregelt, Erneuerung der Armaturen, Mischer und Einbau von differenzdruckgeregelte Pumpen	30.720	10.650	22.070	2.640	11,6

Heizungsverteiler für Erweiterungsbau Süd Die Armaturen sind z.T korrodiert und nicht gedämmt, Doppel-Pumpen stufengeregelt, Erneuerung der Armaturen, Mischer und Einbau von differenzdruckgeregelte Pumpen	7.680	550	2.760	290	26,5
Anschluss Turnhalle /Fernleitung 635 W-Pumpe, stufengeregelt; Erneuerung durch diffe- renzdruckgeregelte Pumpe Anschluss RLT 2x 0,75kW-Pumpen, Erneuerung durch differenzdruckge- regelte Pumpen	5.760	3.380	4.310	660	8,7
Mess-, Steuer- und Regelungstechnik Sauter Regelung für einzelne Heizkreise - erneuerungs- bedürftig Ersatz durch eine DDC-Regelung, die die einzelnen Heiz- kreise bedarfsabhängig regelt; Aufschaltung einer GLT für die Fernauslese der Daten	28.800		38.600	2.160	13,3
Wärmeverteilung Behördenventile vorhanden, hydraulischer Abgleich	4.050		27.600	1.340	3,0
Beleuchtung Ersatz durch 49 W EVG-Leuchten, Installation von Bewe- gungsmeldern in den Gängen und tageslichtabh. Steue- rung in den Klassenzimmern	150.880	45.250		6.290	24,0
Summe	227.890	59.830	95.340	13.380	17,0

Tabelle5: TGA-Gesamtkosten (exkl. MwSt.) und Einsparungen (Endenergie) für Gymnasium

Halle:

Nettokosten Strom: 12.430 €/a

Nettokosten Wärme: 11.600 €/a (nach Wärmeschutz)

Maßnahmenbeschreibung/Sanierungsbedarf:	Gesamtkosten in Euro	Einsparung			dyn. Amortisation in a
		Strom kWh/a	Wärme kWh/a	Kosten €	
Unterverteiler Turnhalle: - Nebenräume, - Halle, - WWB Verteiler erneuerungsbedürftig: Armaturen, Dämmung etc. Ersatz der stufengeregelten Pumpen durch differenzdruckger. Pumpen (Versorgung im Sommer über Gastherme)	15.360	150	9.920	670	22,9
Mess-, Steuer- und Regelungstechnik Regelung über Sauter EQJW 41 M; Installation einer modernen DDC-Regelung, die für eine bedarfsgerechte Versorgung der einzelnen Heizkreise sorgt, Durchführung eines hydraulischen Abgleichs;	19.200		12.400	820	23,4
Warmwasserbereitung Warmwasserspeicher ca. 4000 l vorhanden, Zirkulation ohne Zeitsteuerung; Einbau eines Speicherladesystems 700 Liter	12.800		2.120	260	49,2
Duscharmaturen Erneuerung der 18 Armaturen durch Selbstschlussarmaturen mit Zeitbegrenzung	14.400	272*	14.200	2.080	6,9
Raumluftechnik RLT Duschen mit ZU 8600 m³/h, 3 kW sowie AB 6,9 m³/h und 1,5 kW Erneuerung der RLT durch neues Gerät mit ca. 5000 m³/h, inkl. WRG, Regelung über Hygrostaten	56.000	3.750	1.240	1.190	47,1
Raumluftechnik Halle ZU 18.000 m³/h, 7,5 kW AB 18.000 m³/h, 5,5 kW Motorleistung o. WRG ;Ersatz durch kleinere RLT-Anlage (ca. 10.000 m³/h), die ausschließlich der Be- und Entlüftung dient und nach CO2 geregelt wird; zusätzliche Belüftung durch offene Oberlichter in Westfassade; Wärmeverteilung über Deckenstrahlplatten, die in den einzelnen Deckensegmenten montiert werden (vorbehalrtl. stat. Prüfung des Daches durch den AG)	97.600	25.500	24.810	5.430	18,0
Beleuchtung vgl. Anhang	57.370	37.710		4.750	12,1
Summe	272.730	67.110 (o. Wasser)	64.690	15.200	17,9

Tabelle 6: TGA-Gesamtkosten (exkl. MwSt.) und Einsparungen (Endenergie) für Halle (*m³ Wasser)

Werden diese Maßnahmen zusammengefasst, so beträgt die dynamische Amortisationszeit ca. 16,6Jahre.

	Gesamt- kosten in Euro	Einsparung			dyn. Amorti- sation in a
		Strom kWh/a	Wärme kWh/a	Kosten €	
Schule	227.890	59.830	95.340	13.380	13,8
Halle	272.730	67.110	64.690	15.200	17,8
Summe	500.620	126.940	160.030	28.580	17,4

Tabelle 7: TGA-Gesamtkosten (exkl. MwSt.) und Einsparungen (Endenergie) für Halle und Schule

Die Netzverluste betragen laut Unterzähler ca. 86 MWh/a. Dies entspricht ca. 16% bezogen auf den Wärmebedarf (IST) der Halle (ohne Therme). Da die NW-Leitung nach Aussage des technischen Personals mit Errichtung der Halle gelegt wurde und damit ca. 38 Jahre alt ist, könnten durch den Austausch der Nahwärmeleitung die Netzverluste reduziert werden.

Ausgehend von einer Leitungslänge von ca. 160 m, wovon ca. 45 m in einem begehbaren Kanal verlegt sind, kommen Investitionskosten von ca. 45 T Euro hinzu. Mit der Verlegung einer neuen Nahwärmeleitung kann voraussichtlich ein kleinerer Rohrquerschnitt aufgrund des reduzierten Energiebedarf der Sporthalle gewählt werden. Wir haben diese Kosten vorerst nicht berücksichtigt, da keine Leckagen o.ä. erkennbar waren und nach unserer Auffassung durch die Einregulierung der Neuanlagen die Netzverluste bereits erheblich reduziert werden können.

3.2.2 Einsparpotentiale Wärmeerzeugung

Die vorhandenen 3 Gas-Konstanttemperaturkessel, Bauj. 1969/1973 mit 372/582 kW sind erneuerungsbedürftig. Die Gastherme in der Halle kann für die sommerliche Warmwasserbereitung weiterhin genutzt werden. Ausgehend von den geplanten Wärmeschutzmaßnahmen in der Sporthalle, den oben beschriebenen TGA-Maßnahmen und den voraussichtlichen Netzverlusten verbleibt für die Anlagenauslegung ein Restwärmebedarf von 580 MWh/a für beide Liegenschaften.

Wir haben für eine Vergleichsberechnung der neuen Anlagen folgende Varianten zugrunde gelegt:

- o Zentraler Gas-Brennwertkessel 500 kW mit modulierendem Brenner, Kosten 46,4 €/MWh netto
- o Dezentrale Gas-Brennwertkessel mit 200 kW (Halle) bzw. 300 kW (Schule), Stilllegung des Nahwärmenetzes
- o Zentraler Holzhackschnitzelkessel (Rostkessel) 200 kW, Umbau des vorhandenen Werkstatttraumes als Brennstoffbunker, Zufahrt ca. 50m über den benachbarten Parkplatz; Schütte, Fördereinrichtungen, Pufferspeicher mind.10 m³, Elektrofilter und Gas-NT-Spitzenlastkessel 500 kW; Kosten HHS 27 €/MWh netto
Die Kosten für die Holzhackschnitzel wurden mit den Stadtwerken Murrhardt (als potentieller Lieferant) abgestimmt.

Maßnahmenbeschreibung/Sanierungsbedarf:	Gesamtkosten in Euro	Einsparungen in €	dyn. Amortisation in a
1. zentraler BW-Kessel	105.980	6.120	17,3
2. Dez. BW-Kessel	156.070	6.210	25,1
3. Zentraler HHS-Kessel	400.000	22.700	17,6

Tabelle 8: Kosten- und Einsparübersicht Wärmeerzeugung

Aus der Tabelle wird deutlich, dass die dezentrale Variante am unwirtschaftlichsten ist. Die zentralen Varianten unterscheiden sich nicht wesentlich, die hohen Investitionskosten bei der Holzvariante werden durch den Brennstoffkostenvorteil ausgeglichen, bei der zentralen BW-Kessel-Variante ist die Wirtschaftlichkeit durch die günstigen Investitionskosten begründet.

An dieser Stelle möchten wir darauf hinweisen, dass der angesetzte Holzpreis von 27 €/MWh vergleichsweise hoch ist. Dieser Preis wurde in Abstimmung mit den Stadtwerken Murrhardt angesetzt. In vergleichbaren Projekten wurden Preise von 25 €/MWh erzielt, die dyn. Amortisation würde dann bei 17,0 Jahren liegen.

Werden die Gesamtkosten sowie die Einsparungen durch die TGA-Maßnahmen und die beiden Bestvarianten summiert, so zeigt sich, dass die dyn. Amortisationszeit bei beiden Varianten bei ca. 16,6 Jahren liegt.

Maßnahmenbeschreibung/Sanierungsbedarf:	Gesamtkosten in Euro	Einsparungen in €	dyn. Amortisation in a
1. zentraler BW-Kessel	606.600	34.700	17,5
3. Zentraler HHS-Kessel	900.620	51.280	17,6

Tabelle 9: Gesamtübersicht TGA und Wärmeerzeugung

Ausgehend von Vertragslaufzeiten von max. 15 Jahren würden sich die Maßnahmen ohne Einsatz von Fördermitteln nicht über ein Energie-Einspar-Contracting umsetzen lassen. Alternativ kann der Maßnahmenumfang reduziert werden. Würden bspw. die Beleuchtungserneuerung in der Schule nicht einbezogen, so würde die Vertragslaufzeit 16 bzw. 16,6 Jahre betragen, die Maßnahmen wären in diesem Fall noch über Energie-Einspar-Contracting umsetzbar.

Ausgehend von einem geringeren prozentualen Brennstoffkostenanstieg und weniger Mehrkosten bei Preisanstieg durch das geringere Kostenniveau der Holzhackschnitzel, den günstigeren CO₂-Emissionen (vergleiche Kapitel 4) sowie dem regionalen Brennstoffbezug empfehlen wir den Einbau einer zentralen Hackschnitzelanlage in die Heizzentrale des Gymnasiums.

Da unter den angegebenen Rahmenbedingungen die dynamische Amortisationszeit von mehr als 17 Jahren über den üblichen 12-15 Jahren liegt, sind folgende Schritte für eine verbesserte Wirtschaftlichkeit zu prüfen:

- Feinkalkulation des Wärmebedarfes der Turnhalle nach Sanierung: Wir sind hierbei von Einsparungen in Höhe von 65% gegenüber dem IST-Zustand ausgegangen. Dieser Wert hängt wesentlich von den durchgeführten Maßnahmen, aber auch vom Nutzerverhalten ab. Vor einer Ausschreibung ist der Energiebedarf nach Sanierung detailliert

zu ermitteln.

- Wie vorn ausgeführt, sind Mehreinsparungen durch einen günstigeren Holzhackschnitzelpreis erzielbar. Zur Klärung dieses Punktes sollten die Stadtwerke als lokaler Hackschnitzelanbieter, aber auch weitere potentielle Lieferanten der Region kontaktiert werden.
- Das Maßnahmenpaket beinhaltet wirtschaftliche und weniger wirtschaftliche Maßnahmen. Zur Minderung der Gesamtkosten kann das Maßnahmenpaket verkleinert werden (s.o.).
- Zudem besteht die Möglichkeit, dass die Stadt einen einmaligen Baukostenzuschuss an den Contractor zahlt, um so die Vertragslaufzeit zu reduzieren. Auch die Eigenrealisierung von Teilmaßnahmen, die keine Einsparungen bringen (z.B. Bau der Zufahrtsstraße) sind möglich. Der Baukostenzuschuss liegt unter den o.g. Prämissen bei max. 70 T Euro (brutto).
- Die Einbindung von Fördermitteln kann zu einer weiteren Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Projektes führen. Dies war kein Gegenstand unserer Betrachtung, sollte aber auf jeden Fall vor einer Ausschreibung geprüft werden (bspw. KfW-Programme, Klimaschutz Plus, EFRE).
- Wir gehen davon aus, dass sich die Wirtschaftlichkeit des Projektes bei der Anbindung des Hauses Hohenstein verbessert. Diese Option muss jedoch noch genauer untersucht werden. Erst wenn hierfür Ergebnisse vorliegen, sollte eine Contracting-Ausschreibung initiiert und o.g. Schritte abgewogen werden.

4 Bilanz der CO₂-Emissionen

Die Klimabilanz der einzelnen Einsparmaßnahmen ist neben der Wirtschaftlichkeit und der berechneten Wärmekosten ein wesentliches Kriterium für die Akzeptanz der Bewohner. Nachfolgend werden die Emissionen des Treibhausgases CO₂ beim Einsatz der unterschiedlichen Varianten dargestellt. Emissionen und Schadstoffe fallen entweder vor Ort in der Heizungsanlage oder bei der Stromerzeugung im Kraftwerk an. Als Grundlage für die Berechnung der Emissionen von CO₂ werden die Emissionsfaktoren gemäß GEMIS 4.5 (einschließlich Vorketten) herangezogen.

Tabelle 10: Emissionsfaktoren nach GEMIS 4.5 (HEL = leichtes Heizöl; HHS = Holzhackschnitzel)

Emissionsfaktoren:	
	CO ₂ -Äq
	kg/kWh
HEL	0,319
Erdgas	0,251
Pellets	0,029
HHS	0,022
Strom	0,601

Die GEMIS-Werte stellen einen allgemein anerkannten Stand für Emissionsvergleiche dar. Dabei ist zu beachten, dass die Werte immer dem Durchschnitt der installierten Geräte entsprechen und nicht hochwertige, neue Produkte abbilden. Der für Strom angesetzte Wert entspricht dem derzeitigen durchschnittlichen Strommix in Deutschland.

Für die einzelnen Maßnahmen haben wir folgende CO₂-Einsparpotentiale ermittelt:

Schule

Maßnahmen:	Einsparungen CO ₂ In t/a
Heizungsverteiler Zentrale	11,4
Heizungsverteiler für Erweiterungsbau Süd	1,0
Anschluss Turnhalle / Fernleitung Anschluss RLT	3,0
Mess-, Steuer- und Regelungstechnik	8,8
Wärmeverteilung	6,3
Beleuchtung	27,2
Summe	57,7

Tabelle 11: maßnahmenbedingte CO₂-Einsparung Schule

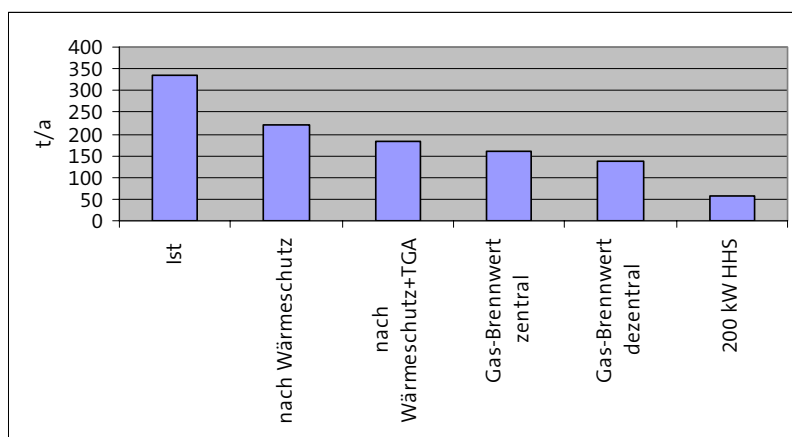
Halle

Maßnahmenbeschreibung/Sanierungsbedarf:	Einsparungen CO ₂ In t/a
Wärmeschutzmaßnahmen	116,0
Unterverteiler Turnhalle:	2,4
Mess-, Steuer- und Regelungstechnik	2,8
Warmwasserbereitung	0,5
Duscharmaturen	3,2
Raumluftechnik	2,5
Raumluftechnik Halle	21,0
Beleuchtung	22,7
Summe	171,1

Tabelle 12: maßnahmenbedingte CO₂-Einsparung Halle

In beiden Liegenschaften entfallen rund 76 t CO₂-Einsparungen auf die Stromsparmaßnahmen und rund 37 t auf die Einsparungen von Wärmeenergie (ohne Wärmeschutzmaßnahmen).

Gegenüber dem Ist-Zustand werden für beide Liegenschaften die wärmeseitigen CO₂-Emissionen stark reduziert:



Grafik 4: CO₂-Emissionen nach Maßnahmen

Die Gegenüberstellung der CO₂-Bilanzen zeigt erwartungsgemäß deutliche Vorteile beim Einsatz der Biomasse. Gegenüber dem IST-Zustand können nach Durchführung aller Maßnahmen im Bereich Wärmeerzeugung 281 t/a an CO₂ eingespart werden.

5 Umsetzungsmöglichkeit Energie-Einspar-Contracting

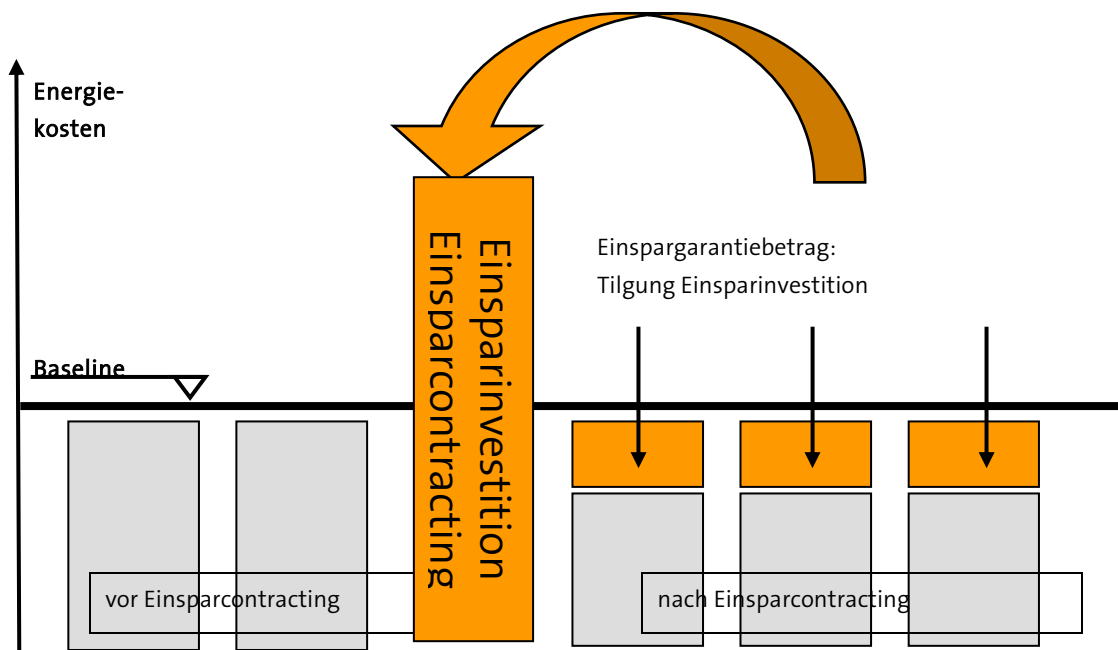
5.1 Überblick zum Energie-Einspar-Contracting

Die Maßnahmen in den Bereichen TGA und Wärmeerzeugung können entweder in Eigenregie oder über das Contracting umgesetzt werden. Hierfür kommen zwei Contracting- Möglichkeiten in Betracht:

1) Das Anlagen- oder Liefercontracting, wie es bereits erfolgreich in einigen Gemeinden eingesetzt wird, z.B. Schulzentrum Weingarten und im Schulzentrum Pfinztal. Hier erstellt und betreibt der Contractor eine Energiezentrale und rechnet die gelieferte Energie ab.

2) Bei einem Energie-Einspar-Contracting werden Energiesparmaßnahmen durch einen externen Contractor finanziert und umgesetzt. Im Gegensatz zum Anlagencontracting erhält hier der Contractor nicht den Erlös aus dem Energieverkauf, sondern über eine festgelegte Laufzeit die nachgewiesenen Energiekosten-Einsparungen und refinanziert damit seine Investitionen.

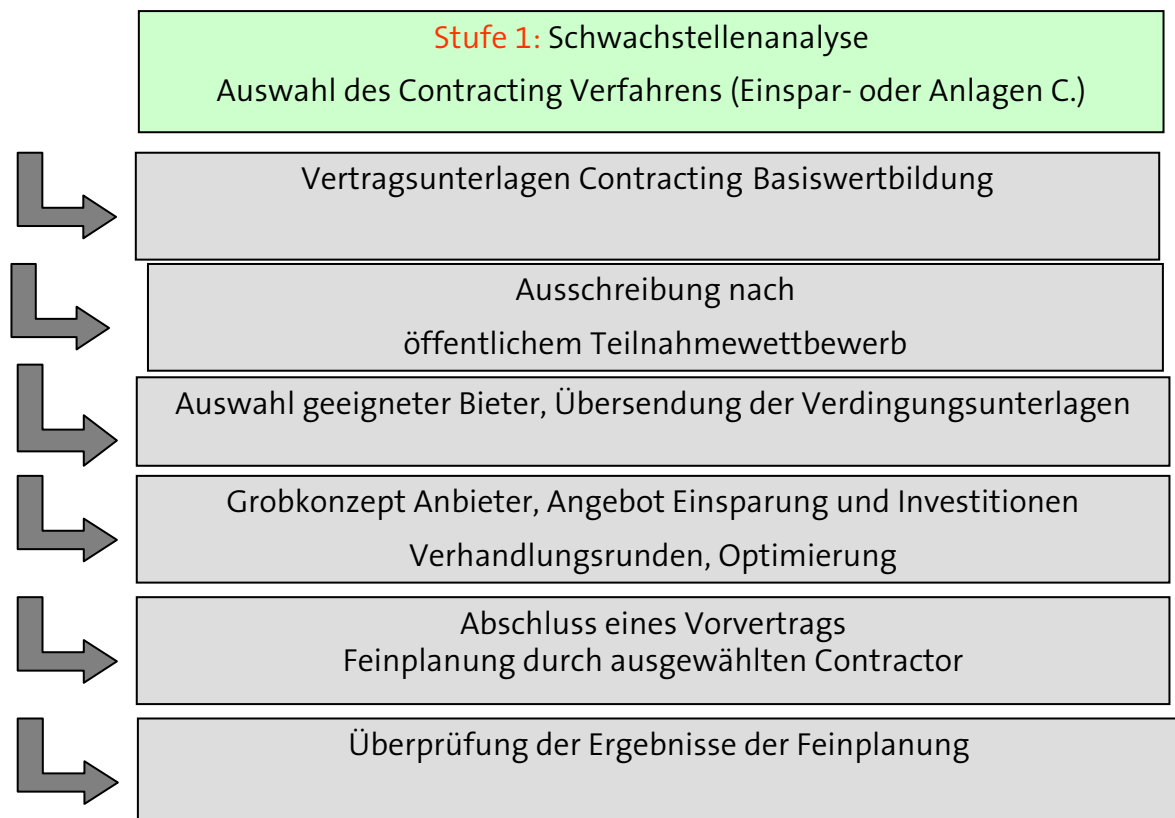
Beim Energie-Einspar-Contracting bekommt der Contractor nur die nachgewiesenen Einsparungen vergütet, es besteht damit ein hoher Effizienzdruck für den Contractor. Zudem kann über dieses Verfahren ein umfangreiches Maßnahmenpaket umgesetzt werden, beim Anlagencontracting hingegen ist die Schnittstelle zumeist hinter der Kesselanlage, d.h. Wärmeverteilung, Beleuchtung etc. sind nicht inbegriffen. Beim Energie-Einspar-Contracting sichert der Contractor (Auftragnehmer) die Planung, Bau, Finanzierung, Betrieb, Wartung und Instandhaltung von gemeinsam mit dem Auftraggeber vereinbarten Einspar- und Sanierungsmaßnahmen zu. Weiter garantiert der Auftragnehmer, dass die entstehenden Aufwendungen für die Einspar- und Sanierungsmaßnahmen sowie die Aufwendungen für die Dienstleistungen innerhalb des vertraglich festgelegten Zeitraums in der Regel allein durch die eingesparten Energie- und Bewirtschaftungskosten ausgeglichen werden. Der Auftraggeber bezahlt im Gegenzug die garantierten und am Ende eines jeden Vertragsjahres vom Contractor nachzuweisenden Energie- und Bewirtschaftungskosteneinsparungen an diesen aus.



Grafik 5 : Prinzip des Energie-Einspar-Contractings

Wir halten aufgrund des umfangreichen Maßnahmenpaketes, das neben den Wärmeerzeugungsanlagen auch die Wärmeverteilung, die Warmwasserbereitung sowie die Lüftungs- und Beleuchtungstechnik umfasst, die Umsetzung der Maßnahmen über das Energie-Einspar-Contracting für empfehlenswert. Die Energie- und Wassereinsparungen sowie die vermiedenen Wartungs- und Instandhaltungskosten können für die Refinanzierung der Gesamtkosten eingesetzt werden.

Um den geeigneten Vertragspartner für das Energie-Einspar-Contracting zu finden, ist ein Vergabeverfahren einzuleiten. Hierzu wird das Vorhaben EU-weit ausgeschrieben. Der Ablauf des Contractings gestaltet sich folgendermaßen:



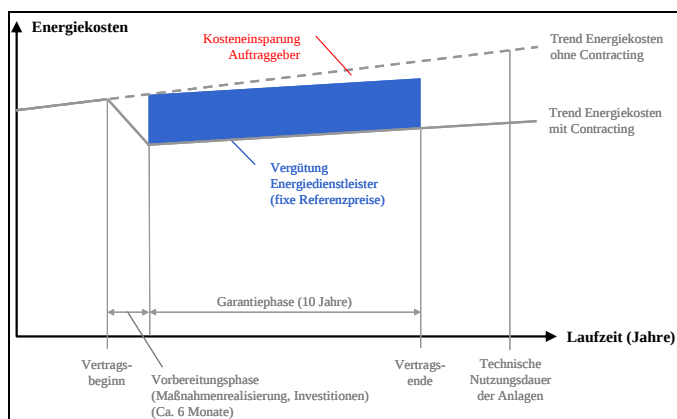
Grafik : Ablauf des Vergabeverfahrens beim Energie-Einspar-Contracting

Für die Gemeinde ergeben sich aus diesem Verfahren folgende Vorteile:

- o Durch die Fachkunde des Contractors werden die Anlagen sehr effizient betrieben und damit höhere Energieeinsparungen erzielt als bei einer Eigenlösung.
- o Der Einsparcontractor erhält tatsächlich nur die nachgewiesenen eingesparten Energiekosten. Erreicht der Einsparcontractor die garantierte Einsparung nicht, wird seine Vergütung entsprechend der tatsächlichen Einsparung verringert. Damit trägt die Verwaltung kein Risiko für die Erzielung der Einsparung und die Durchführung der Investition.
- o Da der Einsparcontractor nur das ausbezahlt bekommt, was er eingespart hat, entsteht der Gemeindeverwaltung keine finanzielle Belastung für die Durchführung der Investitionen. Der Vermögenshaushalt wird entlastet. Die Investitionen werden über die jährliche Contractingrate über den Verwaltungshaushalt finanziert. Das Finanzierungsrisiko liegt beim Contractor.
- o Planung, Umsetzung und Betrieb der Anlagen liegen in einer Hand beim Contractor .
- o Die Planung der Anlagen erfolgt unter energetischen Gesichtspunkten. Der Contractor

setzt erfahrungsgemäß effiziente und bewährte Anlagentechnik ein, um die kalkulierten Einsparungen zu erzielen.

- o Weiter hat die erfolgsabhängige Vergütung den Vorteil, dass der Einsparcontractor ein starkes Eigeninteresse daran hat, dass er die Anlagen ordentlich und regelmäßig kontrolliert, wartet und instandsetzt. Das Einsparisiko liegt beim Contractor.
- o Der Einsparcontractor übernimmt auch das Risiko für die Einhaltung der von ihm kalkulierten Bausummen für die Durchführung der Einsparinvestitionen.
- o Es können weniger wirtschaftlichen Maßnahmen in das Maßnahmenpaket einbezogen werden, da eine Quersubventionierung erfolgt.
- o Es werden eine Vielzahl von Maßnahmen am Stück umgesetzt.
- o Die Anlagen gehen mit Abnahme der Maßnahmen ins Eigentum der Gemeinde über.
- o Ausgehend von steigenden Energiekosten spart die Gemeinde durch die Mehreinsparungen des Contractors in den Vertragsjahren die Energiekosten, die durch die Preissteigerungen entstehen.



Grafik 6: Vorteil des Einsparcontractings bei Energiekostensteigerung

Die Laufzeit von Energie-Einspar-Contracting-Projekten liegt bei ca. 12-15 Jahren. In Ausnahmefällen kann die Verwaltung durch Zuzahlung eines definierten einmaligen Baukostenzuschusses eine unwirtschaftliche Maßnahme auf den Weg bringen, die allein aus den Einsparungen innerhalb einer Zeitspanne von ca. 15 Jahren nicht refinanzierbar ist. Dies ist insbesondere dort sinnvoll, wo durch gravierende technische Mängel eine Sanierungsmaßnahme ohnehin zwingend notwendig ist.

Ein weiterer Vorteil des Contractings ist, dass ein regelmäßiges **Energiecontrolling** implementiert wird. Erfahrungsgemäß installieren die Contractor eine Gebäudeleittechnik, um per Fernüberwachung auf einzelne Datenpunkte zuzugreifen. Ebenso werden die Verbrauchsdaten über ein Energiemanagementsystem erfasst, so dass Verbrauchsspitzen zeitnah erkannt werden und auf sie reagiert werden kann. Über die jährliche Abrechnung erhält die Gemeinde einen detaillierten Überblick über die tatsächlich erzielten Verbräuche und Einsparungen.

Das Einsparcontracting ist bei den Kommunen in Baden- Württemberg inzwischen stark nachgefragt. Einige Referenzen:

- o Einsparcontracting Ettlingen: Umsetzung ein Holzkessel, 3 BHKW, diverse Maßnahmen in der technischen Gebäudeausrüstung,

- o Einsparcontracting in Pfinztal: Anschluss von 5 Gebäuden an ein holzhackschnitzelbetriebenes Heizwerk, Sanierung von 3 Lüftungsanlagen, 3 Brauchwarmwassereinrichtung, 2 Hallenbeleuchtungen, der gesamten Leit- und Steuerungstechnik der Anlagen.
- o Einsparcontracting in Weingarten: Sanierung der kompletten technischen Gebäudeausrüstung der Walzbachhalle: Lüftung, Deckenstrahlplatten, Beleuchtung, Holzkesselanlage, Brauchwarmwasserbereitung und komplette Heizungsverteilung.
- o Einsparcontracting Achern: : Sanierung der kompletten technischen Gebäudeausrüstung in 5 städtischen Gebäuden: Lüftung, Deckenstrahlplatten, Beleuchtung, Holzkesselanlage im preisgekrönten „Gymnasium Deutschlands 2007“, Brauchwarmwasserbereitung und komplette Heizungsverteilung. Zusammenschluss von 3 Gebäuden.
- o Einsparcontracting Schwäbisch Gmünd: Sanierung der kompletten technischen Gebäudeausrüstung in 5 städtischen Gebäuden: Lüftung, Deckenstrahlplatten, Beleuchtung, Holzkesselanlage in der Großsporthalle, Brauchwarmwasserbereitung und komplette Heizungsverteilung. Zusammenschluss von 2 Gebäuden. Besonderheit: Es wurden auch 5 Anlagen mit Energiekosten < 20.000 €/a bei 13 Gesamtgebäuden in die Gesamtmaßnahme einbezogen.
- o Energiesparcontracting Neckar-Odenwald-Kreis: Installation je eines Holzhackschnitzkessels im Kreiskrankenhaus Buchen sowie in den Verwaltungsgebäuden Mosbach (Aufbau eines Nahwärmenetzes)
- o Energiesparcontracting Mühlacker: Einbau eines Biomethan-BHKW's in das Lindach-Schulzentrum und eines Gas-BHKW's in die Schillerschule

5.2 Vergleich Contracting und Eigenrealisierung

Um zu prüfen, ob das Energie-Einspar-Contracting im Vergleich zur Eigenrealisierung wirtschaftlicher ist, wurde ein Vergleich (Grobkalkulation) beider Umsetzungswege unter folgenden Maßgaben angestellt:

Investitionsvorteil Contractor : 10%

Finanzierungszinssatz Kommune: 3%, Contractor 3,8 %

Wartung/Instandhaltung (ohne Bauliches): Kommune 2%, Contractor 1% der Invest.

Energiecontrolling: Kommune 7000€/a, Contractor: 5000 €/a

Energieeinsparung: 10% Mindereinsparung Kommune

Wartungskosten: Gemeinde zahlt bei Eigenregie, Contractor übernimmt gesamte Kosten W/I für Neuanlagen (ca. 50% Kostenvorteil)

	Eigenlösung	Energie-Einspar-Contracting
Gesamtinvestitionen TGA+Planung	722.900	626.700
Barwert Finanzierungskosten in Euro	137.300	153.300
Barwert W/I in Euro	142.100	64.300
Barwert Energiemanagement + Controlling in Euro	77.770	55.550
Gesamtkosten gebarwertet 15 Jahre auf heute.	1.080.000	900.000

Basiswert Energiekosten inkl. W/I	85000	
Energieeinsparung in €/a	36.000	39.999
Einsparungen vermied. W/I Altanlagen TGA -/ vom AG zu tragende Kosten für W+I der Neuanlagen €/a	5.700	11.400
Gesamteinsparungen €/a	41.700	51.400
stat. Amortisation a	25,7	17,5

Tabelle 13: Vergleich Eigenrealisierung und Contracting

Bereits durch diese Grobkalkulation wird deutlich, dass sich das Contracting gegenüber der Eigenrealisierung lohnt, hinzu kommen weitere, nicht monetär bewertbare Faktoren wie:

Personal: Verfügbarkeit, Know-how, Erfahrung, Kapazität

Planung: Know-how, Energieeffizienz, Kosten

Umsetzung: Vergabekriterien, Maßnahmenumfang und –qualität, Qualität der Wartung/Instandhaltung

Risiken: Höhe der Investitionen und Einsparungen, Nachträge

Sicherheiten: Eigentumsverhältnisse (in beiden Fällen Anlagen in Kommunalbesitz)

5.3 Organisation und weitere Arbeitsschritte

Im Hinblick auf die Umsetzung der Maßnahmen ist es empfehlenswert, dass die bereits im Rahmen des Teilkonzeptes initiierte Arbeitsgruppe das Projekt weiterhin begleitet. Die Beteiligten (Bauamt, IB Sittart, technisches Personal der Schule, KEA) und weitere Akteure wie Gemeinderäte, lokale Agenda o.a. sollen aktiv eingebunden werden. Hierbei ist zu differenzieren:

Die Gemeinde plant, die Wärmeschutzmaßnahmen in Eigenregie umzusetzen. Hierfür ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Architekt, Bauamt sowie dem Schulrektorat notwendig.

Für die empfohlene Umsetzung der technischen Maßnahmen über ein Contracting ist ein Ausschreibungsverfahren vorzubereiten und das Gremium regelmäßig zu unterrichten. Für die Verfahrensvorbereitung und -abwicklung ist die Beteiligung von Bauamt, technischem Personal und KEA erforderlich. Die Zuständigkeiten sind genau zu definieren.

.

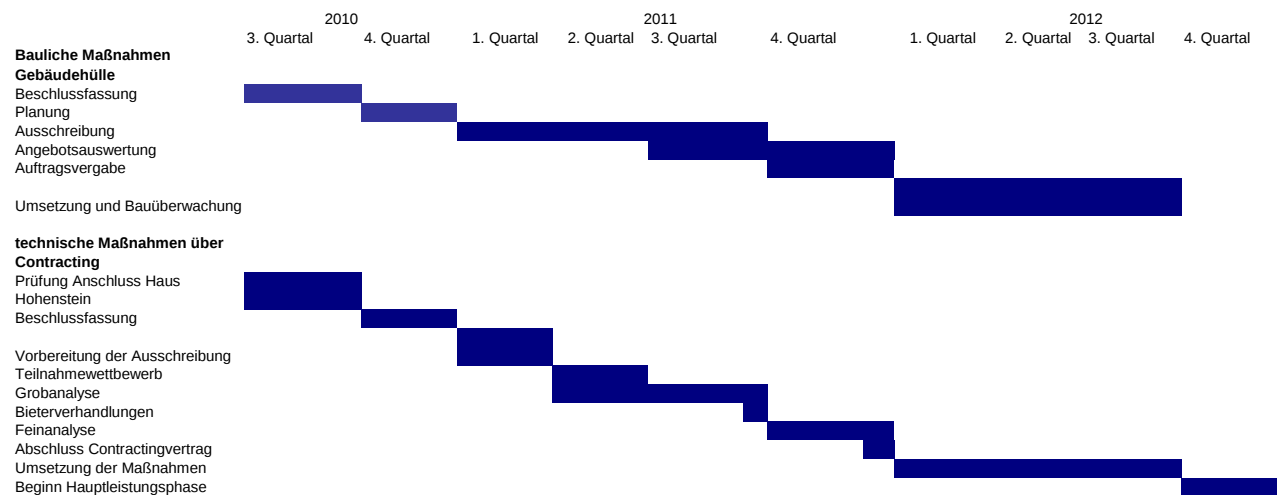
Tabelle 4.5.1: Zuständigkeiten und Aufgabenteilung im Hinblick auf das Gesamtkonzept

Modul	Aufgabe	Akteure						
		<i>Kommunal- verwaltung</i>	<i>externe Dienstleis- ter</i>	<i>Ge- meinde- rat</i>	<i>Gebäudever- antwortliche/ Hausmeister</i>	<i>Nut- zer/Rektorat</i>	<i>Fachbe- triebe</i>	<i>Regio- nale Netz- werke</i>
Organisati- on	Steuerungs- gruppe	Bauamt + Kämmerei	beratend	informell	bei Bedarf	bei Bedarf	informell, bei Bedarf	
Bauliche Maßnah- men Ge- bäudehülle	Entscheidungs- grundlagen	Vorlagen	vorbereitend	Entschei- dung				
	Planung und Ausschreibung	ausführend	ausführend	informell	bei Bedarf	bei Bedarf	anbietend, ausführend	Erfahrungs- austausch
	Umsetzung, Be- richterstattung	begleitend, Be- schlussvorlagen	ausführend	Kenntnis- nahme, Be- schlussfas- sung	informell	informell		Erfahrungs- austausch, ggf. Ver- gleichsring

(zu Tabelle 4.5.1: Zuständigkeiten und Aufgabenteilung im Hinblick auf das Gesamtkonzept)

Modul	Aufgabe	Akteure						
		<i>Kommunalverwaltung</i>	<i>externe Dienstleister</i>	<i>Gemeinderat</i>	<i>Gebäudeverantwortliche/ Hausmeister</i>	<i>Nutzer / Rektorat</i>	<i>Fachbetriebe/Haus Hohenstein</i>	<i>Regionale Netzwerke</i>
Contracting	Prüfung Anschluss Haus Hohenstein	Bauamt, Haus Hohenstein	beratend	informell	unterstützend		Beratend und entscheidend	
	Beschlussfassung zur Ausschreibung	Vorlage für Gremium	beratend	Beschlussfassung		informell		
	Vorbereitung und Durchführung der Ausschreibung	begleitend, Vorlagen für Gremium	Vorbereitung, Auswertung und Empfehlung	Informell, ggf. Teilnahme an Bietergesprächen	Begleitung der Bieter	Hinweise zu Maßnahmen	Angebotserstellung	Erfahrungsaustausch
	Abschluss des Contractingvertrages	Bauamt, Kämmerei (Steuerungsgruppe)	Vorbereitung des Vertrages	Entscheidung				Erfahrungsaustausch
	Umsetzung der Maßnahmen	Bauamt, Bauüberwachung	beratend	informell	unterstützend		Ausführung	

Die weiteren Arbeitsschritte sowie der vorgesehene Zeitrahmen können aus unten stehender Grafik entnommen werden:



Grafik 7: Umsetzungsplan

Bevor die Maßnahmen ausgeschrieben werden, halten wir es für sinnvoll, die Anbindung des Hauses Hohenstein über eine Nahwärmeleitung zu prüfen. In einem ersten Vorgespräch wurde von der Verwaltung des Hauses Hohenstein großes Interesse bekundet.

6 Öffentlichkeitsarbeit

Die Öffentlichkeit ist integraler Bestandteil des Konzeptes.

Im Zuge der Umsetzung des Konzeptes sollen die Nutzer, d.h. die Schüler und Lehrer, das technische Personal und die Vereine mit einbezogen werden.

Somit kann ein optimales Nutzerverhalten erarbeitet und umgesetzt werden, das durch Unterstützung des kommunalen Energiemanagements ständig verbessert werden soll.

Durch die Ernennung von **Energiebeauftragten in den Klassen, durch Schülerwettbewerbe und Energiesparprojekten** soll das Vorhaben zur Energieoptimierung auch nach Abschluss der baulichen Maßnahmen erfolgreich weitergeführt werden.

Bereits im Juni 2010 konnte eine Bürgersolar-Photovoltaikanlage am Heinrich-von-Zügel Gymnasium durch ein Schülerprojekt in kurzer Zeit erfolgreich umgesetzt und der Öffentlichkeit präsentiert werden. Die Anlage ist ein weiterer Bestandteil des Murrhardter Solarareals und ein weiterer wichtiger Schritt in Richtung „Murrhardt regenerativ“

Für die Präsentation der Ergebnisse aus den einzelnen Projekten stehen die **Website der Schule und die Homepage der Stadt Murrhardt** zur Verfügung. Durch gezielte **Pressearbeit** soll die Bevölkerung zusätzlich regional informiert werden.

7 Zusammenfassung / Empfehlungen

In den untersuchten kommunalen Liegenschaften der Stadt Murrhardt besteht investiver Handlungsbedarf in den Bereichen Wärmeschutz sowie Wärmeerzeugung und –verteilung, Mess-Steuer- und Regelungstechnik, Lüftungstechnik sowie Beleuchtung.

Es wird empfohlen, in der Sporthalle zunächst die Transmissionsverluste über die Gebäudehülle zu senken. Hierfür wurde ein Maßnahmenkonzept erarbeitet, das über die Wärmeschutzanforderungen der EnEV 2009 hinausgeht. Im Hinblick auf steigende Energiekosten, anfallende Sowiesokosten (Gerüst, Putz etc.) sowie die absehbare Erhöhung des energetischen Anforderungsniveaus in öffentlichen Liegenschaften (vgl. EU-Gebäuderichtlinie) ist dieser Standard eine Vorsorge für die Zukunft.

Für die Wärmeschutzmaßnahmen sind Kosten in Höhe von 800 T Euro inkl. MwSt. anzusetzen. Dem stehen Einsparungen von ca. 457 MWh/a Endenergie gegenüber.

Weiter Einsparpotentiale ergeben sich durch die Erneuerung der Heizungsverteiler einschließlich der Pumpen, der Anlagen für die Warmwasserbereitung, der Installation einer modernen Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie die Erneuerung bzw. Ertüchtigung der Lüftungsanlagen. Wärmeseitig können durch diese Maßnahmen rund 160 MWh/a eingespart werden. Der Stromverbrauch kann insbesondere durch die Erneuerung der Beleuchtungsanlagen erheblich reduziert werden, das Einsparpotential beträgt rund 127 MWh/a.

Wir empfehlen, für die Wärmeversorgung beider Liegenschaften den Verbund beizubehalten und eine Holzhackschnitzelanlage zu installieren. Hierdurch werden die CO₂-Emissionen stark reduziert und der Brennstoff kann aus der Region bezogen werden. Diese Strategie passt zudem in das Konzept „Murrhardt regenerativ“, das auf einem Ausbau der erneuerbaren Energien in Murrhardt basiert.

Um den effizienten Betrieb der technischen Anlagen sicherzustellen, den Vermögenshaushalt zu entlasten und das Einspar- und Investitionsrisiko zu delegieren, sollten die technischen Maßnahmen über ein Energie-Einspar-Contracting umgesetzt werden. Es ist von Gesamtkosten (inkl. Planung, Finanzierung, Wartung/Instandhaltung und Energiecontrolling) von ca. 900 T Euro und Einsparungen (inkl. vermied. Wartung/Instandhaltung) in Höhe von rund 51.300 €/a auszugehen.

Durch alle Maßnahmen können rund 281 t CO₂ pro Jahr eingespart werden.

Das Haus Hohenstein hat bereits Interesse an einer Nahwärmetrasse zum Gymnasium signalisiert. Im Vorfeld der Ausschreibung sollte eine erweiterte Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt werden, in der die Anbindung des Hauses Hohenstein genauer untersucht wird. Sofern auch weitere Anlieger Interesse an einer Nahwärmeversorgung haben, wäre die Netzerweiterung zusätzlich zu prüfen.

Zudem sollte vor der Ausschreibung die Einbindung mögliche Förderprogramme in das Projekt geprüft werden.

Anhang 1: Übersicht Beleuchtungsanlagen Schule

Beleuchtung

Gymnasium Murrhardt

Raum	Zimmer	Anzahl Leuchten	Leuchtmittel je Leuchte	Tafel-leuchten	Leistung je Leuchtmittel IST W	System-leistung W	Leistung mit VG W/Zimmer	Benutzungs-stunden h	Energie-bedarf IST kWh/a	Leistung/Leuchtmittel SOLL W	Energiebedarf nachher kWh/a	Einsparung in kWh/a
Ebene1												
Musiksaal	1	15	2	2	58	71	2272	1500	3408	49	1882	1526
Flur Ebene 1	1	7	2	0	58	71	994	1600	1590	49	1098	493
Aufenthaltsraum	1	9	2	0	58	71	1278	1500	1917	49	1058	859
Hausmeister	1	3	2	0	65	78	468	1500	702	49	353	349
	1	4	1		58	71	284	1500	426	49	235	191
Ebene2												
2.2	1	12	1		58	71	852	1500	1278	49	706	572
2.3.	1	12	1	1	58	71	923	1500	1385	49	764	620
2.4	1	9	1	1	58	71	710	1500	1065	49	588	477
2.5.	1	9	1	1	58	71	710	1500	1065	49	588	477
2.6.	1	14	1	2	58	71	1136	1500	1704	49	941	763
2.7.	1	8	2		58	71	1136	1500	1704	49	941	763
	1	2	4		18	29	232	800	186	18	230	-45
2.8.	1	6	2		58	71	852	1500	1278	49	706	572
2.11.	1	2	2		58	71	284	1500	426	49	235	191
Lehrmittel	1	2	2	2	58	71	426	800	341	49	470	-130
Flur	1	9	2	2	58	71	1420	1600	2272	49	1568	704
Handlauf	1	19	1	1	58	71	1420	1600	2272	49	1568	704
Handlauf	1	16	1	1	18	29	493	1600	789	18	490	299
Ebene 3												
1600	1	8	2		58	71	1136		1818	49	1254	563
1600	1	13	1		58	71	923		1477	49	1019	458
1600	1	19	1		18	29	551		882	18	547	334
800	1	2	2		58	71	284		227	49	314	-86
3,7	1	15	2		58	71	2130	1500	3195	49	1764	1431

	3,7	1	2	4		18	29	232	1500	348	18	173	175
	3,6	1	14	1		58	71	994	1500	1491	49	823	668
	3,5	1	10	1		58	71	710	1500	1065	49	588	477
	3,4	1	5	2		58	71	710	1500	1065	49	588	477
	3,2	1	12	1		58	71	852	1500	1278	49	706	572
	3,1	1	12	1		58	71	852	1500	1278	49	706	572
	3,11	1	12	1		58	71	852	1500	1278	49	706	572
Ebene4													
Flur		1	31	2		58	71	4402	1600	7043	49	4861	2182
Handlauf		1	21	1		58	71	1491	1600	2386	49	1646	739
Handlauf		1	14	1		18	29	406	1600	650	18	403	246
	4,8	1	9	2		58	71	1278	1500	1917	49	1058	859
	4,9	1	9	2		58	71	1278	1500	1917	49	1058	859
	4,7	1	12	2		58	71	1704	1500	2556	49	1411	1145
WC													
		1	6	1		58	71	426	800	341	49	470	-130
	4,11	1	6	2		58	71	852	1500	1278	49	706	572
	4,1	1	9	1		58	71	639	1500	959	49	529	429
	4,2	1	9	1		58	71	639	1500	959	49	529	429
	4,3	1	9	1		58	71	639	1500	959	49	529	429
	4,4	1	9	1		58	71	639	1500	959	49	529	429
Büro`s		1	12	2		58	71	1704	1500	2556	49	1411	1145
Lehrerzimmer		1	22	2		58	71	3124	1500	4686	49	2587	2099
Ebene 5													
Flur		1	17	1		58	71	1207	1600	1931	49	1333	598
Handlauf		1	22	2		58	71	3124	1600	4998	49	3450	1549
	5,4	1	21	2		58	71	2982	1500	4473	49	2470	2003
	5,5	1	16	2		58	71	2272	1500	3408	49	1882	1526
	5,6	1	9	2		58	71	1278	1500	1917	49	1058	859
	5,7	1	9	2		58	71	1278	1500	1917	49	1058	859
	5,8	1	12	2		58	71	1704	1500	2556	49	1411	1145
	5,9	1	6	2		58	71	852	1500	1278	49	706	572
	5,11	1	9	2		58	71	1278	1500	1917	49	1058	859
	5,1	1	12	2		58	71	1704	1500	2556	49	1411	1145

Ebene6												
Flur	1	8	2		58	71	1136	1600	1818	49	1254	563
6,1	1	9	2	1	58	71	1349	1500	2024	49	1117	906
6,6	1	12	2	1	58	71	1775	1500	2663	49	1470	1193
6,5	1	12	2	1	58	71	1775	1500	2663	49	1470	1193
6,4	1	12	2	1	58	71	1775	1500	2663	49	1470	1193
6,3	1	3	2		58	71	426	1500	639	49	353	286
6,2	1	18	2	1	58	71	2627	1500	3941	49	2176	1765
Summe					667		73879		111731		66484	45247
Turnhalle												
Raum	Zimmer	Anzahl Leuchten	Leuchtmittel je Leuchte	Tafelleuchten	Leistung je Leuchtmittel IST W	Systemleistung W	Leistung mit VG W/Zimmer	Benutzungs- stunden h	Energie-bedarf IST kWh/a	Leistung/Leucht- mittel SOLL W	Energiebedarf nachher kWh/a	Einsparung in kWh/a
Halle	1	60	1		400	440	17688	3000	53064	49	20286	32778
	1	6	1		165	165	990	3000	2970	49	676,2	2294
		72	1		58	71	5112	800	4090	49	2117	1973
		28	1		58	71	1988	400	795	49	549	246
		15	4		18	29	1740	400	696	18	324	372
		4	2		18	29	232	400	93	18	43	50
Summe									61707		23995	37712

Anlage 2: Entwicklung der Brennstoffpreise (Quelle: Carmen)

