

Energieberatungsbericht-Machbarkeitsstudie



Gebäude: Dr. Horst-Schmidt-Halle, Lutherstr. 9
63329 Egelsbach

Auftraggeber: Herr Höher,
Leitung Fachdienst Bauen und Umwelt Gemeinde Egelsbach
Freiherr-vom-Stein-Straße 13
63329 Egelsbach

Erstellt von: Dipl. Ing. FH Dierk Binder

Erstellt am: 08. Mai 2020, aktualisiert am 29.08.2020 sowie am 13.10.2020

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Zusammenfassung	2
2. Ist-Zustand	
2.1 Geschichte und bisherige Maßnahmen	4
2.2 Allgemeine Gebäudedaten	5
2.3 Gebäudebeschreibung	6
2.4 Zonierung	6
2.5 Gebäudetechnik	7
3 Energiedaten	
3.1 Energieverbrauch	10
3.2 Energiebedarf	10
3.2.1 Ermittelter Energiebedarf Ist-Zustand	10
3.2.2 Ermittelter Energiebedarf Ist-Zustand (Realität: 1/2 Hallenbeleuchtung=Variante 1)	15
3.3 Schwachstellenanalyse	16
3.4 Grundlagen des Sanierungskonzepts	18
4. Sanierungsfahrplan (Schritt für Schritt Sanierung)	
4.1 Var. 2: Fassadendämmung	25
4.2 Var. 3: +Fenster-/Türerneuerung	27
4.3 Var. 4: +Halle luftdicht, separate Lüftung der Sanitär-/Umkleidezone	30
4.4 Var. 5: +LED-Umrüstung / Bedarfsgeführter Luftvolumenstrom (8.000 m ³ /h)	33
4.5 Var. 6: +Heizungsoptimierung /Temperatur max. 19°/hydraulischer Abgleich	35
4.6 Var. 7: +Thermische Solaranlage für die Warmwasserbereitung	37
4.7 Var. 8: +Dunkelstrahler	39
4.8 Var. 9: Var. 1-6 + Neue Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Sporthalle)	41
4.9 Var. 10: Var. 1-6, 9 + Solaranlage WW (KfW100)	43
5. Balkendiagramme, Brennstoffdaten	44

1. Einleitung und Zusammenfassung

Das Büro Arch-Energy erhielt von der Gemeinde Egelsbach den Auftrag, ein Energiekonzept für die Sporthalle Dr. Horst Schmidt Halle zu erstellen. Das Gebäude liegt im Zentrum der Gemeinde Egelsbach inmitten eines Wohngebiets zwischen einem Seniorenheim und zwei Kindergärten an der Lutherstraße und im Brühl bzw. Unterm Dorf. Die Sporthalle ist aktuell an die SGE verpachtet und wird durch verschiedene Vereine genutzt. Für die bauliche Unterhaltung des Gebäudes ist der Fachdienst Bauen und Umwelt der Gemeinde Egelsbach zuständig. Die Gemeinde Egelsbach dokumentiert die Verbräuche der öffentlichen Liegenschaften. Für die Sporthalle Dr. Horst Schmidt Halle liegen die Daten vor.

Im vorliegenden Sanierungskonzept werden die aufeinander aufbauenden, zeitlich abgestimmten Maßnahmen Schritt für Schritt in einem Sanierungsfahrplan dargestellt. Für die Sanierung kann mit 12 Monaten Bauzeit und mit Sanierungskosten ca. 400 EUR/m² für Minimalmaßnahmen gemäß der vorgeschlagenen energetischen Maßnahmen gerechnet werden. Für die Komplettsanierung mit Maßnahmen wie Dämmung, neue Fenster, Wärmebrückenminimierung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung bei absolut luftdichter Hülle, Solaranlage, LED-Röhren und neue Technik inkl. Brandschutzmaßnahmen muss mit ca. 600-800 EUR/m² Nutzfläche kalkuliert werden. Mit Planung,

Ausschreibung und Vergabe dauert dieses Vorhaben zwischen 16 und 24 Monate. Ein Neubau für eine Dreifeldsporthalle dagegen benötigt hingegen bis zu 40 Monate und kostet zwischen 1.500 bis 1.800 EUR/m² inklusive Abriss und Entsorgung.

Für die Dr. Horst-Schmidt-Halle in Egelsbach können drei Bereiche herausgehoben werden, bei denen sich Energie einsparen lässt. Dabei handelt es sich hinsichtlich der Wärmeerzeugung um die Dämmung der Außenwände und neue Fenster sowie Außentüren, in Bezug auf die Wärme- und Stromerzeugung um die Erneuerung der Lüftungsanlage, sowie bezüglich der Stromerzeugung um die Umrüstung der Beleuchtungskörper auf LED. Die Effizienz der Maßnahmen richtet sich letztendlich nach der Wirtschaftlichkeit und der Gesamtbetrachtung der durchgeführten Maßnahmen.

Wärmeversorgung

Da das Dach 2003 saniert wurde und wärmetechnisch auf einen neuwertigen Stand gemäß EnEV 2002 gebracht wurde, wäre das Vorhandensein einer funktionierenden Luftdichtheitsschicht zu erwarten. Hinsichtlich des größten Energieeinsparpotentials ist die außen angebrachte Dämmung der Wände und der Einbau von wärmeschutzverglasten Fenstern sowie neuen Außentüren zu sehen. Das setzt natürlich voraus, dass die Fugensanierung ebenfalls durchgeführt wird und eine Innenraumbelastung durch Schadstoffe durch eine Freimessung erfolgt. Bei Investitionskosten von ca. 420.000 (bis 570.000 inkl. Sanierung) Euro abzgl. (Tilgungs-)Zuschuss von 20-30% für Fassade, Fenster/Türen sowie der Herstellung einer luftdichten Hülle kann eine Energieeinsparung von ca. 15% (bis zu 6.000 Euro/Jahr) bei einer CO₂-Einsparung von ca. 30TSD kg/Jahr erzielt werden.

Strom- und Wärmeversorgung

Bei der Strom- und Wärmeversorgung kann durch aufeinander abgestimmte Maßnahmen ein hohes Einsparpotential möglich sein: Trennung der Sporthalle und der Umkleide-/Sanitärzonen, einem Luftdichtheitstest in der Sporthalle mit anschließender Behebung der Undichtigkeiten, Senkung der Solltemperatur auf max. 19°C, Durchführung eines hydraulischen Abgleichs und Installation einer Solaranlage für Warmwasser. Durch den Einbau einer neuen zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in der Sporthalle und dezentralen Lüftungsanlagen in den Sanitär-/Umkleidezonen und bedarfsgeführter Regelung kann eine Erhöhung des Luftvolumenstroms auf mindestens 8.000 m³/h (bei max. 100 Sportlern bzw. 400 Personen; bezogen auf das Luftvolumen in der Sporthalle von ca. 11.000 m³ beträgt der Luftwechsel ca. 0,7) erfolgen. Bei Investitionskosten von ca. 280.000 Euro abzgl. (Tilgungs-)Zuschuss von 20-30% kann eine Energieeinsparung von weiteren 15 % (weitere 6.000 Euro) bei einer CO₂-Einsparung von ca. 60TSD kg/Jahr erreicht werden.

Stromversorgung

Mit dem Austausch der vorhandenen T-8 Leuchtstoffröhren in LED-Leuchtstoffröhren können ca. 65.000 kWh eingespart werden. Bei Investitionskosten von ca. 50.000 Euro und einer jährlichen Energiekostensparnis von voraussichtlich ca. 8.000 bis maximal 10.000 Euro (ca. 20% der Energiekosten), amortisiert sich die Investition bereits in ca. 4-5 Jahren. Der Wechsel auf LED-Beleuchtungskörper bedeutet auch eine deutliche Reduzierung der inneren Wärmequellen.

Durch die empfohlenen Maßnahmen kann eine Energie- und CO₂-Einsparung von ca. 50 % für die drei Bereiche Wärme, Wärme/Strom und Strom in Höhe von ca. 80TSD kg/Jahr erreicht werden.

2 Ist-Zustand

2.1 Geschichte und bisherige Maßnahmen

Die ca. 8,50 m hohe (lichtes Maß) Sporthalle mit den niedrigeren ca. 3,00 m hohen Anbauten (nördlich mit Umkleide- und Sanitarräumen, südlich mit Eingangshalle/Foyer) stammt aus dem Jahre 1975. Im Jahr 1996 wurde ein Gas-Brennwertkessel der Firma Viessmann (Leistung: modulierend 111-370 KW) installiert. Alle Räume (außer der Sporthalle) werden durch statische Heizkörper beheizt. Ausnahmen hiervon ist lediglich der Heizungsraum. Dieser ist durch die Abwärmeverluste der Geräte, besonders der Gastherme, sehr warm. Die große Sporthalle wird durch eine Umluftheizung (Lüftungsanlage) beheizt.

Die Warmluftheizungs- und Lüftungsanlage (mit Heizfunktion), bestehend aus drei, in den Geräteschuppen der Sporthalle befindlichen, Zuluftgeräten mit -schächten und 6 Abluftventilatoren am Sporthallendach, sowie Zuluftöffnungen (jetzt nicht mehr in Betrieb) zu den drei Sanitarräumen des Umkleidebereichs eingebaut. Dort wird die Abluft über Dach abgeführt. Ein weiterer Zuluftkanal befindet sich im Fitnessraum. Das Gebäude wird mit Erdgas aus dem Mainova-Netz versorgt. Die Beleuchtung in der Sporthalle (und den weiteren Räumen auf der Nordseite) erfolgt mit 58W-Leuchtstoffröhren. Der südliche Anbau ist bereits auf LED umgestellt worden.

Im Jahr 2003 bekam das Kaltdach teilweise eine neue Dachabdichtung sowie eine 14 cm starke Wärmedämmung. Bei der Dachstuhlerrichtung und der Erhöhung auf ca. 10,3 m (Satteldachkonstruktion mit Brettschichtbinder, ca. 6° Dachneigung) wurden 5 von 6 der Oberlichter (Lichtkuppeln mit RWA-Klappen, die gleichzeitig als Be- und Entlüftungsfunktionen erfüllen) geschlossen. Hinsichtlich des Brandschutzes entsprechen alle feuerbeständigen Gebäudetrennwände (F-90 A) zwischen Halle, Foyer, Fluren, Umkleiden und Sonderräumen nicht den Anforderungen (u.a. eingebaute Glasscheiben etc.). Veraltete T-30 Türen sind zwischen Fluren und Halle bzw. Umkleiden vorhanden.

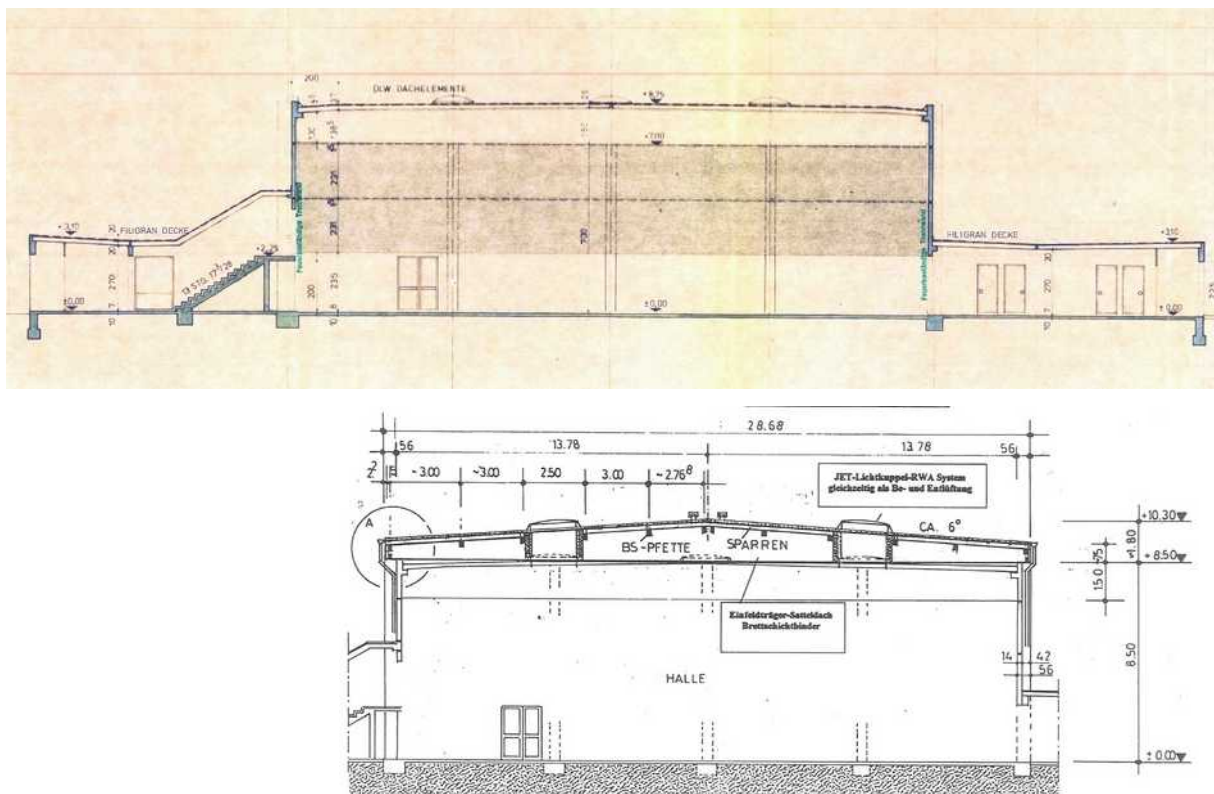


Abbildung 1+2 1975/2003

2.2 Allgemeine Gebäudedaten

Die nicht unterkellerte Dr. Horst Schmidt Halle, die mit seiner Hauptachse parallel zur Straße Lutherstraße in Nord-Süd-Richtung orientiert ist, ist ein rechteckiger ursprünglicher Flachdachbau (seit 2003 Satteldach) mit zwei Anbauten, in denen sich jeweils die Eingänge Nord und Süd befinden. Die Mehrzwecksporthalle, die aus Betonsandwichelementen mit zwischen den Betonelementen bzw. innenseitig hinter der Holzverkleidung platzierter 3 cm starker Mineralwolldämmschicht besteht, bietet mit großer ausfahrbarer Tribüne, Platz für 300 Besucher. Bei voller Tribüne kann somit von einer maximalen Personenanzahl von 400 in der Halle gleichzeitig ausgegangen werden.

Die Sporthalle, die mittels zweier Trennwände in drei Teilabschnitte (West, Mitte, Ost) unterteilbar ist, wird vom Haupteingang mit Eingangsfoyer an der Südseite über zwei Treppen erschlossen. Im Inneren ist der Empfangsbereich mit Garderobe. Weiter sind dort noch ein kleiner Kassenraum und WC-Räume.

Gegenüber auf der Nordseite befinden sich zwei Eingänge mit parallelen Fluren, an denen sich die Zugänge zu Duschräumen, die Schüler- und Lehrerumkleiden, sowie zum Fitnessraum befinden. Der ebenfalls im Nordanbau befindliche Heizungsraum ist nur von außen erreichbar.

Der Wärmebedarf wurde im Rahmen der Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen und gemeinnützigen Organisationen nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom 24.02.2017 untersucht. Der Lageplan in Abbildung 3 gibt einen ersten Überblick.



Abbildung 3: Lageplan

2.3 Gebäudebeschreibung

Die Energiebezugsfläche (EBF) wurde aus Netto(Innen)maßen aus den Plänen ermittelt. Die Energiebezugsfläche beträgt: ca. 1.900 m²; die eigentliche Sporthalle inklusive Tribüne hat eine (EBF) von rund 1.400 m² (inkl. Geräteschuppen 110 m²). Das beheizte Gebäudevolumen beträgt ca. 12.700 m³; die Sporthalle inklusive Tribüne und Geräteschuppen hat ein beheiztes Gebäudevolumen von ca. 11.150 m³. Der Sanitär- und Umkleidetrakt auf der Nordseite hat eine Fläche von ca. 380 m² und der Foyerbereich auf der Südseite von ca. 110 m².

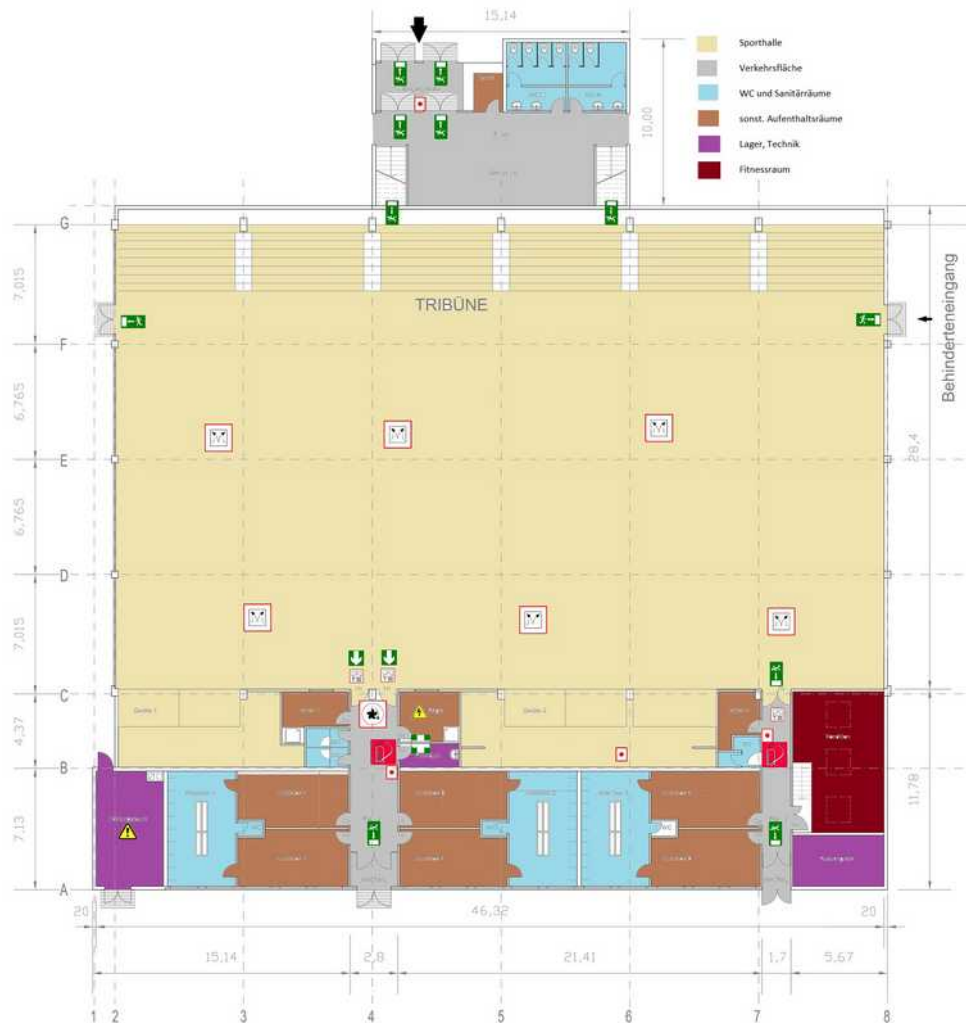


Abbildung 4: Grundriss mit Nutzungszonen

2.4 Zonierung

	Fläche	Anteil	Lüftungsanl.	Wasser	Zuordnung nach EnEV
1. Sporthalle	1.381 m ²	72,8%	Zu- und Abluft		
2. Verkehrsfläche	147 m ²	7,7%			
3. WC und Sanitärräume	121 m ²	6,4%	Abluft	Wasserbedarf	
4. sonst. Aufenthaltsräume	156 m ²	8,2%			
5. Lager, Technik	47 m ²	2,5% (<5%)			mgl.Zuordnung zu 2,4
6. Fitnessraum	44 m ²	2,3% (<5%)	Zuluft		mgl.Zuordnung zu 1

Räume < 5% der gesamten Gebäudeflächen dürfen Zonen mit ähnlichen internen Lasten (gleichartiger technischer Konditionierung und ähnlicher Nutzung) zugeschlagen werden.

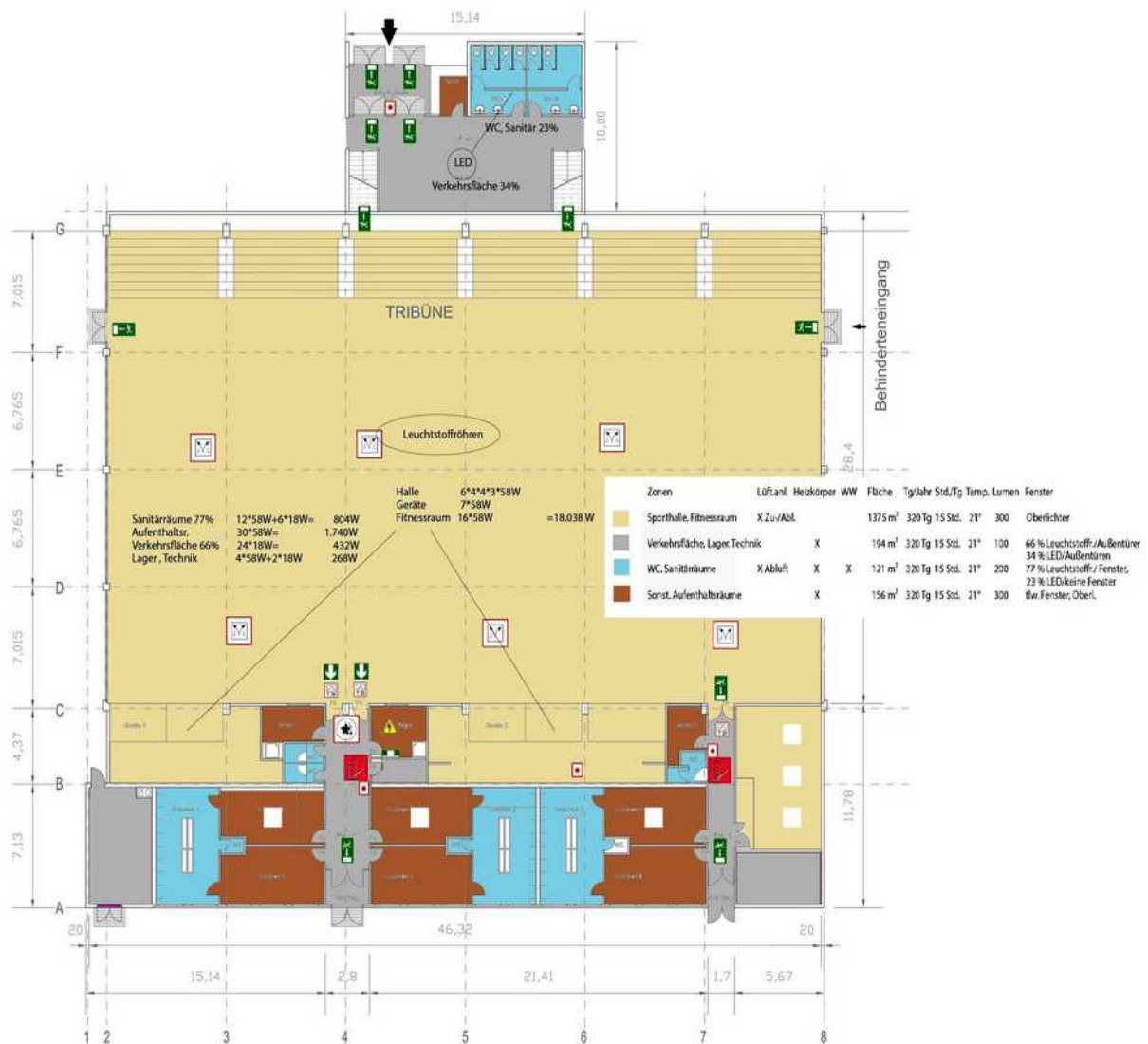


Abbildung 5: Grundriss mit den 4 Zonen

2.5 Gebäudetechnik

Während die Sporthalle über eine Gas-Brennwertheizung mit Gebläse aus dem Jahr 1996 beheizt wird, stammt die Lüftungsanlage aus dem Jahr 1975. Die Wasserversorgung wird durch einen Warmwasserbereiter sichergestellt.

Heizung: Viessmann Vertomat VSB 37

Brenner/Vorlauf: Weishaupt / 75°

Baujahr: 1996

Wärmeleistung bei 80/60°: 111-370 KW

Typ: Brennwertheizkessel

Lüftung: Robotherm MZ-65

90°

1975

133,75 KW

Warmluft (Luftleistung 10.000 m³/h)

Die statischen Heizkreise versorgen alle Nebenräume über eine Außentemperatur geführte Vorlauftemperaturregelung. Die Heizkörper haben überwiegend Thermostatventile. Da die meisten Ventile nicht entsprechend fein eingedrosselt sind und nicht hydraulisch genau berechnet und abgestimmt wurden, werden meist keine gleichmäßigen Raumtemperaturen erreicht.

Die Lüftungsanlage der Sporthalle, besteht aus drei identischen Teilgeräten für den Ost-, Mittel- und Westteil der Halle. Die Lüftungsanlage ist ohne Wärmerückgewinnung. Die Zuluftanlagen verfügen über Heizregister. Die drei Waschräume mit angegliederten Umkleideräumen werden ebenfalls durch die Lüftungsanlage mitbelüftet. Es handelt sich hierbei um ein Gerät aus dem Hause Schobel (DGZ R 350), Baujahr 1975. Das Gerät arbeitet als Umluftgerät mit einem Außenluftanteil von maximal ca. 50%.

Dabei wurde ein Volumenstrom von 1.000-6.000 m³/h je Anlage in der Zuluft (insgesamt ca. 11.000 m³/h bei einem Luftwechsel von ca. 1,0) gemessen. Die Heizleistung des Heizregisters beträgt jeweils 133,75 kW. Der tatsächlich vorhandene Luftwechsel dürfte u. a. aufgrund von unkontrollierten Lüftungswärmeverlusten (durch Undichtigkeiten, thermischen Auftrieben aufgrund hoher Temperaturunterschiede in der Halle aufgrund hoher Anzahl von Wärmebrücken bei ungeregelten Abluftventilatoren und RWA-Klappen, die gleichzeitig als Be- und Entlüftungsöffnungen dienen) deutlich höher ausfallen.

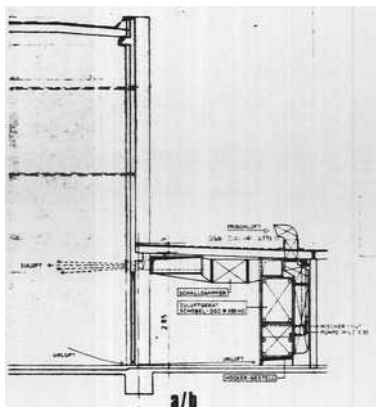


Abbildung 6: Schnitt durch die Lüftungsanlage

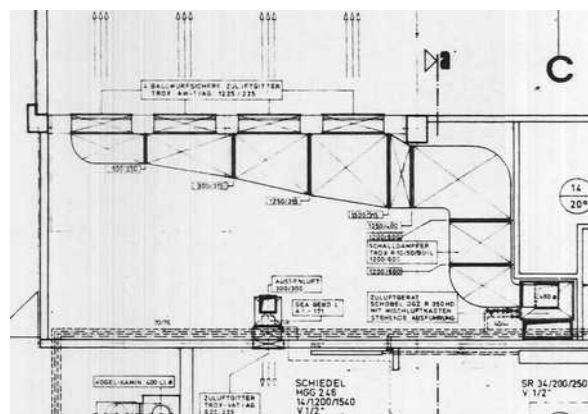


Abbildung 7: Grundriss einer Lüftungsanlage im Geräteraum

Technische Daten: Sporthalle (6 RWA-Anlagen Dach, keine vertikalen Fenster)

3 Zuluftgeräte: Schobel DGZ gemessener Volumenstrom gesamt 11.216 m³/h (max. ca. 17.700); während die Außenluftmenge per Hand an jedem Gerät individuell einstellbar ist, ist die Raumluftfeuchte unreguliert. Die angesaugte Frischluft wird als Warmluft über alte und zu gering dimensionierte Zuluftgitter in die Halle eingeblasen und über Axialventilatoren mit selbstschließenden Jalousien wieder abgeführt. Bei einem über 50 % Außenluftanteil werden die Ventilatoren eingeschaltet.

6 Abluftventilatoren: Hochleistung-Wandeinbau Maico DZF 40/6B: Fördervolumen 2.500 m³/h (max. 15.000 m³/h), Nennleistung 120 W (720 W), Leistungsaufnahme 140 W (840 W)

Die Zuluftöffnungen zu den drei Sanitärräumen in der feuerbeständigen Trennwand (F-90) wurde offensichtlich stillgelegt. Baurechtlich sind diese aufgrund der vorhandenen öffentbaren Fenster nicht notwendig.

Technische Daten

3 Sanitärräume Nordseite (jeweils 2 öffentbare Fenster): 3 Abluftventilatoren: 3 Dachventilatoren Helios FDS 180: max. Vol. 540 m³/h (max. 1.620 m³/h), Leistung 59 W (177 W).

Fitnessraum Nordseite: 1 Zuluftventilator: 900 m³/h (keine Abluft).

WC-Anlage Foyerbereich Südseite: 2 Dachventilatoren: Fa. Helios FDS 180: max. 540 m³/h (max. 1.080 m³/h), Leistung 59W (118W).

Die Sporthalle und die Waschräume sowie Fitnessraum werden ausschließlich über die Zuluft der Lüftungsanlage beheizt. Die Zulufttemperatur wird wie die Raumtemperatur manuell geregelt.

Die Beleuchtung in der Sporthalle besteht aus Spiegelrasterleuchten mit Dreiband-Leuchtstofflampen sowie Schutzgitter. In der Sporthalle sind insgesamt 288 Röhren in 96 Lampeneinheiten (3*58 W) mit EVG eingebaut. Die Beleuchtung in der Halle wird so gesteuert, dass vier Felder nach Bedarf (Tageslichteinfall) angeschaltet werden können. Somit kann davon ausgegangen werden, dass immer zwei Felder (50 %) der insgesamt 24 Lichtbänder in der Sporthalle eingeschaltet sind. Bei einer Beleuchtungsstärke von über 300 Lux sind rund 12,5 W/m² bei voller Leistung in der Halle installiert. Heute werden nach Leitfaden für Energie im Hochbau (LEE) für 500 lx als Richtwert rund 13 W/m² und als Zielwert rund 10 W/m² angestrebt. In den Duschen und Umkleieräumen der Sporthalle sind Leuchten mit 4 x 58 W und KVG bestückt.

In den Räumen ist eine Leuchtenleistung von 10 bis 12 W/m² installiert. In den Fluren werden die Leuchten per Hand eingeschaltet. In den Fluren (100 Lux) beträgt die installierte Leistung ca. 7-8 W/m². Heute werden nach Leitfaden für Energie im Hochbau (LEE) für 100 lx als Richtwert 2,5 W/m² und als Zielwert 2 W/m² angestrebt.

Insgesamt sind etwa 400 herkömmliche Leuchtstoffröhren installiert. Die durchschnittliche spezifische Leistung ist mit rund 12 W/m² hoch. Die weiteren spezifischen Leistungen bewegen sich in den Nebenräumen und Fluren zwischen 8-12 W/m². Die Betriebsstunden betragen im Durchschnitt aller Räume etwa 2000 h, bedingt durch den Tageslichteinfall und die Vereinsnutzung in den Abendstunden sind die Betriebsstunden in der Sporthalle mit rund 3000 h am höchsten. Die Beleuchtung des Foyerbereichs wurde im Rahmen der Dachsanierung 2003 auf LED umgestellt.

Es sind zwei Heizkreisumpen, eine Brauchwasser-Pumpe (Lade und Zirkulation) sowie drei Lüftungsanlagenpumpen (alle Pumpen Fa. Wilo) vorhanden. Die Betriebszeiten der Heizung in der Sporthalle und im Foyer betragen 12,5 Std/ Tag (täglich 10-22.30 Uhr, bei einer Solltemperatur von 22° und einer Nachtabsenkung von 16°C). Die Sporthalle hat insgesamt eine geringe Anzahl an sonstigen elektrischen Verbrauchern. Bei den zentralen Diensten ist nur die Aussenbeleuchtung zu erwähnen. Insgesamt sind wenige Außenstrahler (Nord+Süd) vorhanden, die offensichtlich über eine Leistung von jeweils 100 W verfügen. Die durchschnittliche Betriebszeit ist im Mittel 8 Stunden/Tag.

Während im Foyerbereich des südlichen Seitenflügels 4 Damentoiletten, 2 Herrentoiletten und 2 Urinalbecken vorhanden sind, befinden sich zusätzlich 5 Toilettenräume und eine Behindertentoilette im Umkleidetrakt der Nordseite. Die Duschräume mit insgesamt 30 Duschen grenzen unmittelbar an jeweils zwei Umkleieräume. Insgesamt sind somit 12 Toiletten, die überwiegend als bodenstehende Tiefspüler ausgeführt sind, vorhanden.

Zusätzlich sind 2 Urinale vorhanden. Es gibt kein getrenntes Trinkwasser-Brauchwassernetz. Die insgesamt 18 Waschbecken verfügen weitestgehend über einstellbare Druckspüler mit mechanischer Zeitabschaltung. Die neuwertigeren Duschen sind Anlagen mit Spararmatur und Stoptaste.

3 Energiedaten

3.1 Energieverbrauch

Es lagen die Energieverbräuche für die letzten vier Jahre (Gas) bzw. zwischen 2016 und 2018 (Strom) und ein Wasserdurchschnittsverbrauch in Höhe von 315 m³ vor (dabei wird von ca. 250 Personen ausgegangen, die in der Woche duschen).

Bezogen auf die Energiebezugsfläche ergeben sich spezifische Verbräuche für:

- Strom **67,1 kWh/m²a**

Die installierte Leistung (Lüftungsanlage, Beleuchtung) von 155 kW führt zu ca. 3.000 Benutzungsstunden (Der Richtwert beträgt 2.000h; der Vergleichswert für Sporthallen beträgt **25-35 kWh/m²a**); lt. Ages sogar 38 kWh/m²a

- Wärme **192,8 kWh/m²a**

Die installierte Leistung von 370 kW führt zu 1.500 bis 2.000 Benutzungsstunden (Der Richtwert beträgt 1.500-2.000h; der Vergleichswert für Sporthallen beträgt **110-120 kWh/m²a**); lt. Ages sogar 135 kWh/m²a

Die Energiedaten zeigen dringenden Handlungs- und Sanierungsbedarf, da die Kennwerte über 30 % über den Vergleichswerten liegen (somit sollten die Maßnahmen auch im energetischen Förderprogramm des Landes Hessen mit 30 % Zuschuss gefördert werden)!

Der Wasserverbrauch liegt bei rund 20 Liter/Person (das entspricht etwa 300 Personen/Woche). Auf die Fläche bezogen beträgt der Kennwert rund 166 Liter/m²a. Damit liegt dieser Wert niedriger als bei vergleichbaren Gebäuden. Der Mittelwert für Turnhallen beträgt nach ages ca. 208 Liter/m²a.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Verbräuche und Kosten für Strom, Gas, Wasser von 2016-19:

Jahr	Verbrauch		Verbrauch Gradtagszahl bereinigt		
2019		Gas	242.085	0,90	268.983
2018 Strom	72.041	Gas	260.487	0,84	310.104
2017 Strom	77.032	Gas	263.795	0,94	280.633
2016 Strom	78.388	Gas	215.411	0,95	225.695
Durchschnitt	75.820				272.144

Eckdaten: Belegung: 80-90%; Öffnungsz.: 7 Tg/Wo 9-21:30 Uhr; Hallentemp.:21°C/Timer 7-22 Uhr=15 Std/Tg

3.2 Energiebedarf

3.2.1 Ermittelte Energiebedarf Ist-Zustand

Allgemeine Angaben zum Gebäude

Objektadresse: Lutherstr. 9, 63329 Egelsbach

Gebäudetyp: Nichtwohngebäude

Baujahr: 1975

Beheiztes Volumen V_e: 15.903 m³

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

Luftvolumen V: 12.723 m³

Nettogrundfläche A_{NGF}: 1.896,83 m²

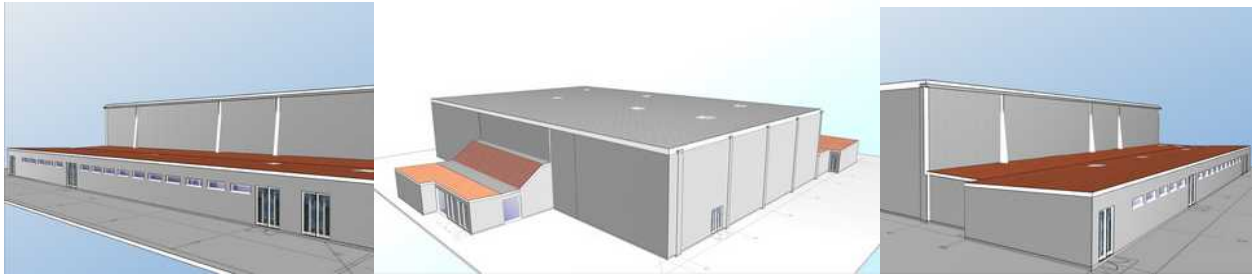


Abbildung 8-10: Vereinfachte Darstellung des Gebäudes als wärmeübertragende und möglichst luftdichte Umfassungsfläche

Ist-Zustand des Gebäudes

Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche	U-Wert	U _{max} EnEV*	U _{max} KfW**
			in m ²	in W/m ² K	in W/m ² K	in W/m ² K
	DA	Boden -1	0,01	0,24	0,20	0,14
	DA	Boden -2	0,03	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 001-1	1268,49	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 001-2	0,09	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 001-3	0,31	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 001-4	1,67	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 001-5	1,67	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 001-6	1,67	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-1	20,62	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-10	29,54	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-11	18,64	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-12	6,41	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-13	28,33	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-14	11,57	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-15	3,98	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-16	18,34	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-17	1,58	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-18	1,58	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-19	1,58	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-2	22,39	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-3	23,11	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-4	21,32	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-5	20,97	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-6	22,75	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-7	29,54	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-8	29,54	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 002-9	30,09	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-1	1,33	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-10	29,13	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-11	45,16	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-12	7,06	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-13	0,71	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-15	10,82	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-2	1,03	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-5	9,68	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-6	8,73	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-7	0,02	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-8	13,49	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 003-9	5,42	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 004-1	5,35	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 004-10	4,09	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 004-11	7,22	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 004-12	7,52	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 004-2	5,56	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 004-4	1,79	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 004-5	1,46	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 004-6	1,40	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 004-7	1,43	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 004-8	1,56	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 004-9	1,46	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 005-1	28,72	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 006-1	11,46	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 006-2	2,18	0,24	0,20	0,14

	DA	Dach 006-3	2,09	0,24	0,20	0,14
	DA	Dach 007-1	35,04	0,24	0,24	0,14
	DA	Dach 007-2	6,71	0,24	0,24	0,14
	DA	Dach 007-3	6,59	0,24	0,24	0,14
X	TA	AT 001	1,73	3,50	1,8	1,3
X	TA	AT 002	1,73	3,50	1,8	1,3
X	TA	AT 003	2,25	3,50	1,8	1,3
X	TA	AT 004	2,25	3,50	1,8	1,3
X	TA	AT 005	2,03	3,50	1,8	1,3
X	TA	AT 006	1,80	3,50	1,8	1,3
X	TA	AT 008	1,91	3,50	1,8	1,3
X	TA	AT 009	1,91	3,50	1,8	1,3
X	TA	AT 014	1,91	3,50	1,8	1,3
X	TA	AT 015	1,91	3,50	1,8	1,3
X	TA	AT 016	2,03	3,50	1,8	1,3
X	TA	AT 017	1,80	3,50	1,8	1,3
	TA	IT 043	2,00	1,30	1,8	1,3
	TA	IT 044	2,00	1,30	1,8	1,3
	TA	IT 045	2,00	1,30	1,8	1,3
	TA	IT 046	2,00	1,30	1,8	1,3
X	WA	AW 001	7,02	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 003	21,60	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 004	18,35	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 004-10	14,23	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 004-2	18,99	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 004-3	18,67	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 004-4	11,85	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 004-5	11,85	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 004-6	10,35	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 004-7	11,85	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 004-8	4,85	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 004-9	1,98	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 005	24,26	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 005-2	10,37	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 006	132,82	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 007	0,18	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 007-2	8,74	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 007-3	1,72	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 007-4	0,18	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 007-5	15,40	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 007-6	4,54	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 008	3,63	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 008-2	2,93	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 008-3	2,82	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 008-4	2,87	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 008-5	3,15	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 008-6	2,93	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 008-7	5,98	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 009	4,31	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 010-2	1,80	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 011	0,18	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 011-2	1,87	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 011-3	15,40	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 011-4	0,18	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 012	34,29	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 013	98,35	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 014	5,26	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 015	53,33	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 016	3,51	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 017	55,84	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 018	3,51	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 019	55,84	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 020	3,51	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 021	55,58	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 022	3,33	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 022-2	1,17	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 023	12,37	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 024	7,90	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 025	3,51	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 026	54,21	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 027	3,51	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 028	55,84	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 029	3,51	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 030	55,84	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 031	3,51	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 032	55,58	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 033	2,54	0,90	0,24	0,20
X	WA	AW 033-2	0,94	0,90	0,24	0,20
	WA	IW 002	2,30	0,24	0,24	0,20
X	WA	IW 003	84,65	0,90	0,24	0,20
	WA	IW 004	2,30	0,24	0,24	0,20
	WA	IW 006	2,30	0,24	0,24	0,20
X	WA	IW 007	86,95	0,90	0,24	0,20
	WA	IW 023-7	0,70	0,24	0,24	0,20
	WK	IW 052	7,75	0,24	0,30	0,25
	WK	IW 068	8,85	0,24	0,30	0,25
X	FA	DF 001	4,00	1,90	1,4	0,95
X	FA	DF 002	4,00	1,90	1,4	0,95
X	FA	DF 003	4,00	1,90	1,4	0,95
X	FA	DF 004	4,00	1,90	1,4	0,95
X	FA	DF 005	4,00	1,90	1,4	0,95

X	FA	DF 006	4,00	1,90	1,4	0,95
X	FA	DF 007	1,00	1,70	1,4	0,95
X	FA	DF 008	1,00	1,70	1,4	0,95
X	FA	DF 009	1,00	1,70	1,4	0,95
X	FA	DF 010	1,69	1,70	1,4	0,95
X	FA	DF 011	3,38	1,70	1,4	0,95
X	FA	F 001	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 002	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 003	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 004	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 005	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 006	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 007	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 008	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 009	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 010	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 011	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 012	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 013	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 014	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 015	0,80	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 016	4,05	0,00	1,3	0,95
X	FA	F 017	5,72	3,20	1,3	0,95
X	FA	F 018	4,05	3,20	1,3	0,95
X	BE	Boden EG 003-1	5,34	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-11	1,79	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-12	1,45	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-13	1,40	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-14	1,42	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-15	1,56	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-16	1,45	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-2	4,08	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-3	7,20	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-4	29,64	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-5	39,56	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-6	7,56	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-7	7,38	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-8	7,50	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 003-9	5,55	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-1	7,28	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-10	22,30	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-11	21,95	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-12	22,74	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-13	29,52	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-14	29,52	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-15	30,07	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-16	29,52	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-17	27,50	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-18	6,40	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-19	5,60	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-2	1,73	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-20	47,14	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-21	17,07	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-22	3,97	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-23	18,33	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-24	1,58	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-25	1,58	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-26	46,43	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-27	68,94	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-28	7,62	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-29	2,73	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-3	1,34	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-30	1,55	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-31	11,00	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-32	1,58	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-4	1,44	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-5	1,86	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-6	10,00	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-7	21,61	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-8	22,38	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG 004-9	23,10	1,00	0,30	0,25
X	BE	Boden EG-1	1285,86	0,53	0,30	0,25
X	BE	Boden EG-2	1,67	0,53	0,30	0,25
X	BE	Boden EG-3	1,67	0,53	0,30	0,25
X	BE	Boden EG-4	1,67	0,53	0,30	0,25

*) 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. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W}/(\text{mK})$ einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

**) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

Anlagentechnik

Heizung:

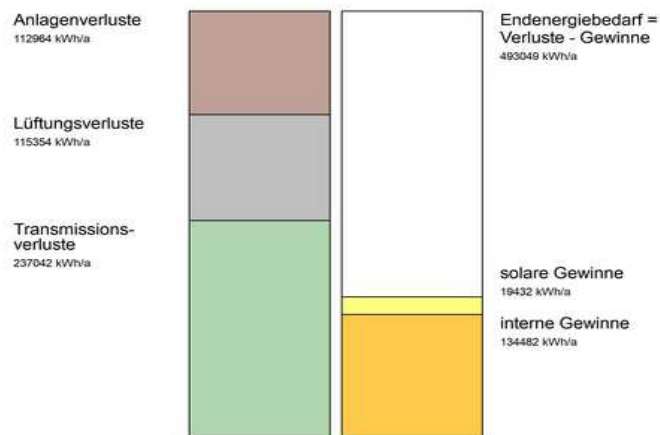
Bereich Heizwärme-Erzeugung 1
 Zentralheizung - 1995-1998 Brennwert-Kessel von 1996 - Nennleistung 370,00 kW
 Energieträger: Erdgas E
 Der Kessel versorgt den TWW-Bereich 'Warmwasser-Erzeugung 1' mit.

Warmwasser:

Bereich Warmwasser-Erzeugung 1
 Zentrales TWW - 1995-1998 Brennwert-Kessel aus dem Heizkreis 'Erzeuger 1'
 von 1996 - Nennleistung 370,00 kW
 Energieträger: Erdgas E

Energiebilanz

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle, durch den Luftwechsel sowie bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie. In dem folgenden Diagramm ist die Energiebilanz für die Raumwärme aus Wärmegewinnen und -verlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt.

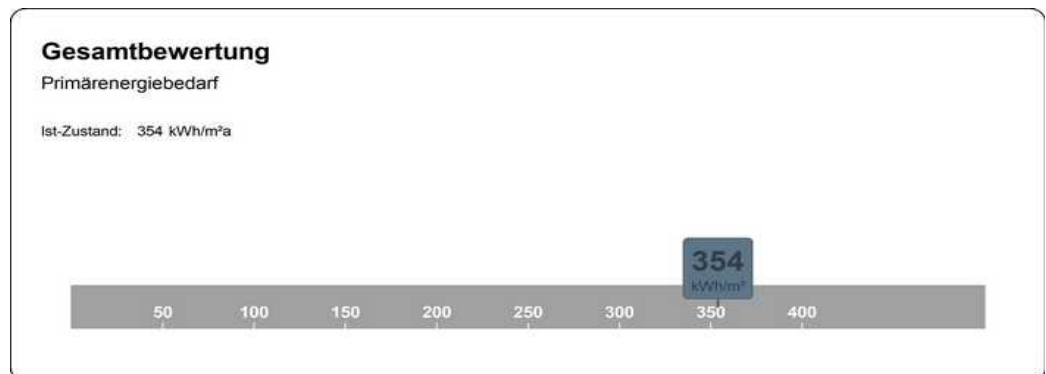


Die Aufteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteilgruppen - Dach - Außenwand - Fenster - Keller - und der Anlagenverluste auf die Bereiche - Heizung - Warmwasser - Hilfsenergie (Strom) - können Sie den folgenden Diagrammen entnehmen. Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich die Energie verloren geht, bzw. wo zurzeit die größten Einsparpotenziale in Ihrem Gebäude liegen.



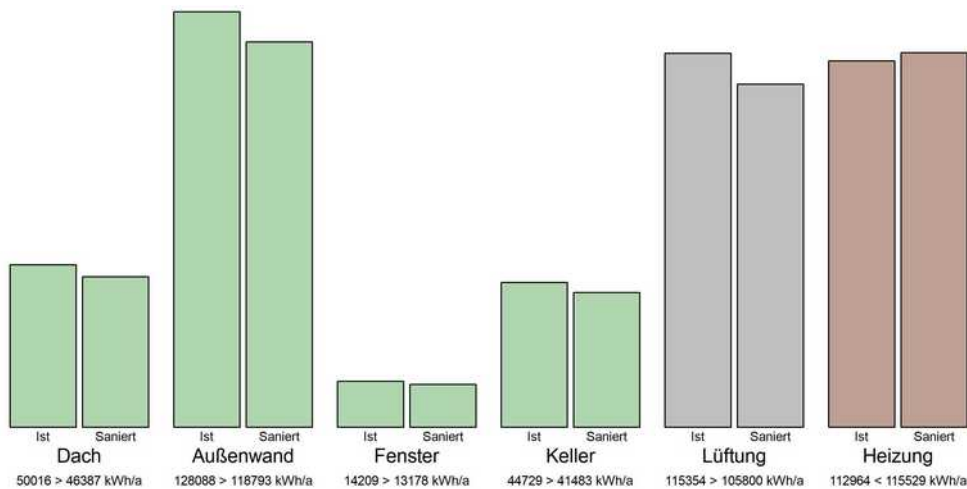
Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 354 kWh/m²a.

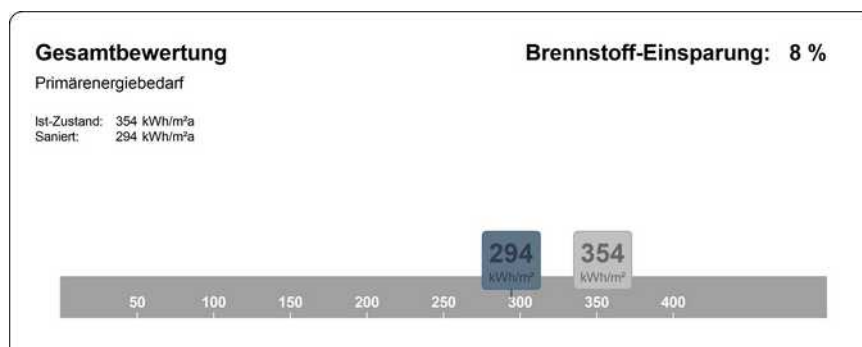


3.2.2 Ermittelter Energiebedarf Ist-Zustand (Realität: 1/2 Hallenbeleuchtung-Var.1)

Nach der nachweislich erfolgten halben Hallenbeleuchtung **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **8 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.049 kWh/Jahr reduziert sich auf 453.414 kWh/Jahr (Einsparung von 39.635 kWh/Jahr). Die CO₂-Emissionen werden um 30.298 kg CO₂/Jahr reduziert. Der Primärenergiebedarf des Gebäudes sinkt auf **294 kWh/m²** pro Jahr.



Ist-Zustand, reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtung – Variante 1							
Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionskosten [€]	Öffentliche Fördermittel (siehe Kap. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen [-]	Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
			Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	[%]		
36.255	-	-	39.635	9.320	20	-	20 - 50

Alle Kosten verstehen sich brutto.

3.3 Schwachstellenanalyse

Das Gebäude zeigt neben der festgestellten PCB-Belastung wie die meisten Gebäude aus den 70-er Jahren fast die gesamte Palette möglicher energetischer Baumängel. Abgesehen von der aufgesattelten Dachkonstruktion mit geringen Wärmeverlusten, weist der gesamte restliche inhomogene Baukörper einen hohen Anteil von Wärmeverlusten aus.

Folgende Wärmebrücken (Schwachstellen) wurden festgestellt:

- Bereich der Betonstützen (-rahmenkonstruktion), die in die Betonsandwichelemente hineinreicht.
- Sockelanschlüsse und Anschlüsse zu Anbauten und Nachbargebäuden
- Thermisch nicht entkoppelten Fenstern und Anschlüssen.
- Isolierverglasung der Fenster und Außentüren mit Metallrahmen

Generell sind die Oberflächen sowohl der Außen- und der Innenwände recht diffusionsdicht ausgeführt und verfügen über einen unzureichenden Wärmeschutz.

Weitere Schwachstellen (Undichtigkeiten) sind:

- Zentimeterbreite Spalten an Außentüren und Fenstern, insbesondere untere Abschlüsse.
- Fehlender luftdichter Abschluss an der Decke (ursprünglich Dachabschluss; sichtbar an den Druckunterschieden der geschlossenen, nicht oder schlecht luftdicht abgedichteten, ursprünglichen Oberlichtöffnungen) zum belüfteten Kaltdach
- Undichte Fugen in den Betonsandwichelementen (laut Gutachten von 2014)
- Ebenfalls zu erwartende Undichtigkeiten in den Dachdurchdringungen (Kanäle, Rohre etc.)
- Fugen/Undichtigkeiten zwischen Sporthalle und Nebenräumen (Tribüne/Türen etc.)

Hinsichtlich der Anlagentechnik sind folgende Schwachstellen festgestellt worden:

- Lüftung:
- veraltete und zu gering dimensionierte Zuluftgitter über den drei Warmluftheizungen
 - fehlende Nachströmgeritter an den Toren zwischen Halle und Geräteräumen
 - Druckgefälle (Außenluftanteil >50%) lässt die unregelmäßig axialventilatoren rotieren
 - eine Steuerung der Außenluft-Mischluftklappen ist nicht vorhanden
 - unregelmäßige Lüftungsanlagen, die nur auf Temperatur (nicht auf den Bedarf) ausgelegt sind
 - fehlende Klappensteuerung, mit dem der Außenluftanteil (nach Belegung) geregelt wird
 - die Pumpe der Lüftungsanlagen sind lediglich von Hand ein- und auszuschalten.
 - die eingestellten Solltemperaturen sind nicht witterungsgeführt
 - durchlaufende Betriebszeiten ohne Teillastbetrieb, Folge der ständig laufenden Pumpen

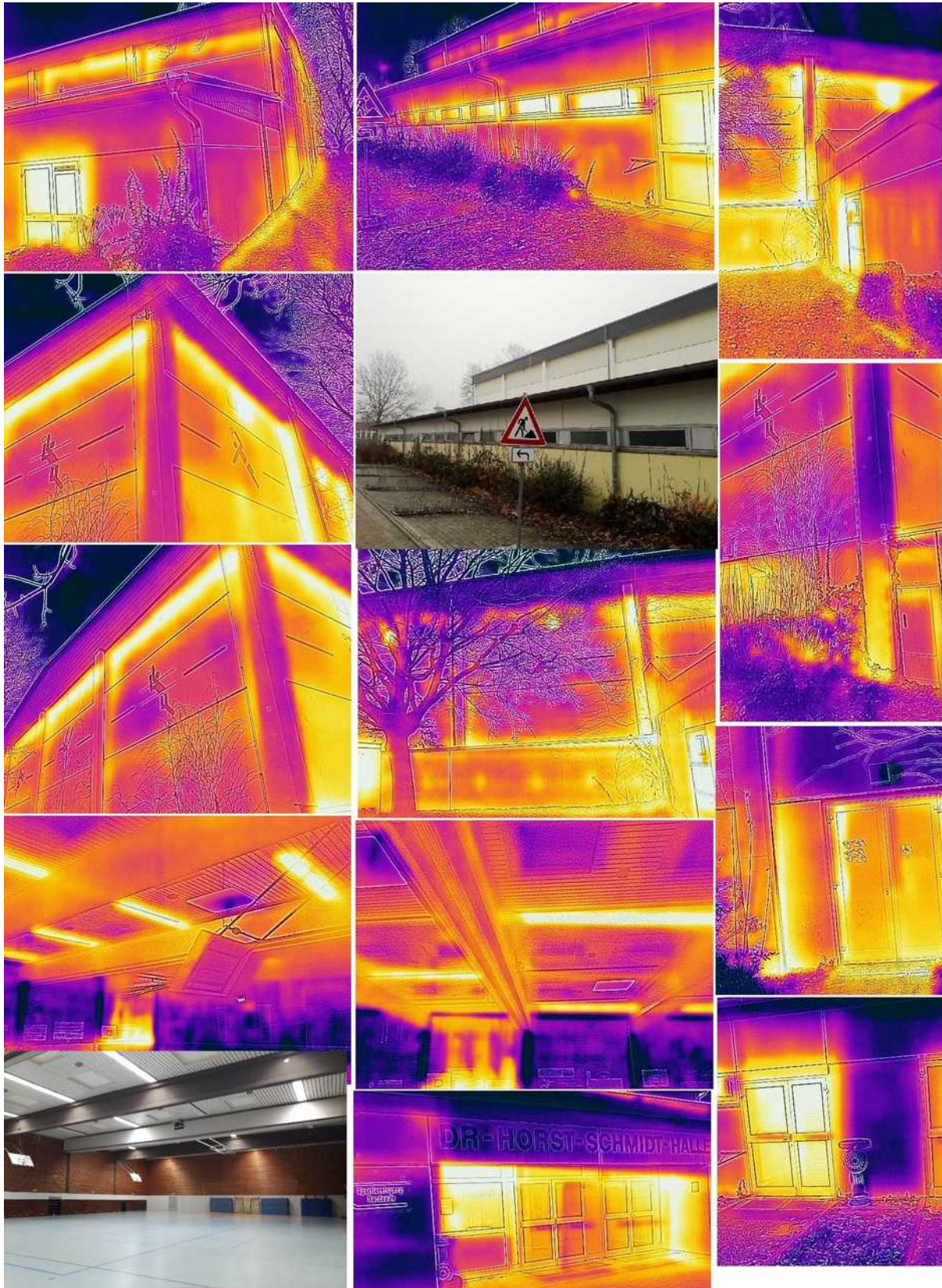


Abbildung 11-24: Fotos mit der Wärmebildkamera

Bauliche Schwachstellen wurden am 05.12.2019 bei einer Thermografie aufgedeckt.

Außenaufnahmen: bei den hellen Bauteilbereichen fließt die Wärme schneller ab (hohe Wärmeverluste);

Innenaufnahmen: bei den dunklen Bauteilbereichen fließt die Wärme schneller ab (Wärmeverluste);

Insgesamt stellt die wärmeübertragende Hüllfläche einen äußerst inhomogenen Zustand dar.

3.4 Grundlagen des Sanierungskonzepts

- Flächenheizungen mit hohem Strahlungsanteil geben ein hohes Maß an Behaglichkeit.
- Soweit wie möglich ist auf natürliche Lüftung zurückzugreifen.
- In Umkleide- und Sanitärbereichen werden normalerweise aktive Lüftungssysteme benötigt.

Bauliche Qualitätssicherung

Bei den Sanierungsmaßnahmen sollte weitestgehend wärmebrückenfrei ausgeführt wurden. So sollte die Einbauebene der Fenster nach außen in die Dämmstoffebene verlegt werden. Im Bereich der Fensterbänke sollten die Wärmedämmplatten abgeschrägt werden, damit keine Hohlräume unterhalb der Fensterbank entstehen. Klaffende Fugen in der WDVS-Dämmung sind mit einem speziellen Montageschaum (= 0,04 W/mK) zu verschliessen. Die Wanddämmung sollte auf die Perimeterdämmung gestellt werden um damit eine Wärmebrückenausbildung zu vermeiden.

Messtechnische Qualitätssicherung durch einen Luftdichtheitstest („Blower Door“)

Dadurch dass das Dach 2003 saniert wurde, die Wände massiv ausgebildet und Türen sowie Fenster gemäß den Regeln der Technik an den Baukörper angeschlossen wurden, sollte eine hinreichende Luftdichtheit gewährleistet sein. Eine Luftdichtheitsmessung in Form einer Unter- und Überdruckmessung ist durchzuführen, um den tatsächlichen Nutzungszustand zu dokumentieren.

Hallentemperatur im Winter

In einer sanierten Halle müsste ebenso bei winterlichem Frost ein sehr gleichmäßiges Temperaturniveau vorherrschen. Der nächtliche Temperaturrückgang sollte selten über 2°C betragen. Die gemessene Hallentemperatur sollte somit stets über 17°C liegen.

Hallentemperatur im Sommer (Sommerlicher Wärmeschutz)

Aufgrund der Wärmedämmung der opaken Bauteile kann der Wärmeeintrag durch die Sonneneinstrahlung durch die Oberlichter im Dach eventuell nicht in ausreichendem Maße über die Außenflächen abgeführt werden. Wenn Frischluft auch in den Nachtstunden in die Halle gelangt und durch Querlüftung eine Abkühlung erreicht werden kann, kann die Halle tagsüber beispielbar bleiben. Denn somit kühlen die Wände der Halle ab. Diese „innere“ Speichermasse kann dann im Tagesverlauf der Aufheizung aufgrund der Sonnenstrahlung durch die Oberlichter entgegenwirken. Eine ganz entscheidende Rolle spielt dabei die hohe Qualität der Oberlichter mit ausreichender Lichtdurchlässigkeit und einem sehr geringen g-Wert bei guten Wärmedämmeigenschaften.

4. Sanierungsfahrplan (jeder Sanierungsschritt beinhaltet jeweils die vorherige Maßnahme)

Variante 2: Fassadendämmung

Die Fassade wird (nach erfolgter Durchführung der Fugensanierung und Schadstofffreimessung der Raumluft; empfohlen wird das Entfernen der innenseitigen Holzverkleidung und der Dämmung) von außen mit einem Wärmedämm-Verbundsystem (Mineralwolle 140 mm, WLG 035; Sockel mit Perimeterdämmung XPS 140 mm) gedämmt. Dabei sind Wärmebrücken (dies betrifft hier insbesondere

Sockel und herausragende Betonstützen, Fensterlaibungs- und Dachanschlüsse, Durchdringungen wie Lüftungsschlitze sowie die Übergänge zu Anbauten) bei der Ausführung zu verhindern bzw. deutlich zu reduzieren. Kosten: ca. 330.000 Euro (Zuschüsse 20-30%)

Fugensanierung

„Primärkontamination“: PCB-haltige Dichtungsmassen müssen komplett ausgebaut werden (inkl. Abstemmen und Beschichten der Fugenflanken).

„Sekundärkontamination“: Neubeschichtung der Oberfläche (Wand, ev. Decke).

Arbeiten sind nach der PCB-Richtlinie und Gefahrstoffverordnung, aber auch der Bauordnungs-, Arbeitsschutz- und Abfallrecht durchzuführen. Dabei sind nur Firmen zu beauftragen, die mit den Arbeiten (auftretenden Gefahren, Schutzmaßnahmen der DGUV-Regel 101-004 / TRGS 524) vertraut sind, über erforderliche Sachkunde und Geräteausrüstung verfügen und sich an dem Minimierungsgebot nach Gefahrstoffverordnung orientieren. Bei den Arbeiten ist ein 5-facher Luftwechsel pro Stunde im Sanierungsbereich zu gewährleisten. Eine Personenschleuse (s/w-Anlage) ist bereitzustellen. Nach Entfernung des PCB-haltigen Materials sowie Fugenreinigung sind die Fugenflanken mit einem diffusionshemmenden Anstrich zu beschichten (u.a. Epoxidharz- oder PUR-Beschichtung). Die Arbeiten sind vorher bei der Berufsgenossenschaft (ev. Gewerbeaufsichtsamt) anzuzeigen.

Reihenfolge der Durchführung: 1. Ermittlung PCB-Quellen; 2. Ermittlung/Bewertung der Raumluftbelastung; 3. Auswahl Sanierungsverfahren / Erstellung Arbeits- und Sicherheitsplan (BGR128/TRGS524); 4. Baustelle einrichten (Primär-/Sekundärquellen); 5. Reinigung der Oberflächen; 6. Beschichtung kritischer Flächen (Sekundärbelastung); 7. Erfolgskontrollmessung.

Grob geschätzte Kosten für die Maßnahme 100 Euro/ m² (ca. 120.000 Euro; inkl. Absorbierender umlaufender Prallschutz, h=2m; 150.000 Euro). Die PCB-Quellen und die Kosten sind nach Entfernung der Innenwandverkleidung durch einen Gutachter genauer zu erfassen und zu kalkulieren.

Variante 3: +Fenster-/Türerneuerung

Bevor die Fassade gedämmt wird, sind die Fenster (3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/0,9; Uw-Wert 0,95 W/m²K, Ug-Wert 0,8 W/m²K, einbruchsicher) zu erneuern. Dabei sind auch die alten Außentüren durch neue dichte, wärmegeämmte Alu-Sicherheitstüren (U-Wert 1,1 W/m²K, einbruchsicher) auszutauschen. Kosten Var. 2+3: ca. 405.000 Euro (Zuschüsse 20-30 %; Gesamtkosten inkl. Fugensanierung, Innenraumbeschichtung, Prallschutz 555.000 Euro)

Variante 4: +Halle luftdicht, separate Lüftung der drei Sanitär-/Umkleidebereiche

Blower-Door-Test; dabei ist ein Dichtheitskonzept für die Gebäudehülle notwendig, zumal erwärmte Luft und auch Feuchte über Leckagen verloren gehen. Festgestellte Undichtigkeiten werden beseitigt. Der Zielwert der Luftdichtheitsmessung beträgt $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$. Trennung von Halle und Umkleidebereich durch Schließen der Zuluftöffnungen (F-90) in der feuerbeständigen Gebäudetrennwand, dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung in den drei Sanitärräumen und Luftaustausch mit den Umkleideräumen. Gleichmäßige Temperaturschichtung und bessere Lüftungseffektivität (bedarfsgerechter Luftwechsel) soll durch die Maßnahmen ermöglicht werden. Bei Außentemperatur unter 0°C und über 26°C kann die Lüftrate nach DIN 1946-2 auf 50 % verringert werden.

Kosten Var. 2-4: ca. 450.000 Euro (Zuschüsse 20-30 %); Energiekosteneinsparung: ca. 20 %; Gesamtkosten inkl. Fugensanierung, Innenraumbeschichtung, Prallschutz 600.000 Euro.

Grundrissänderung (Die Kosten sind in der Variante 4 enthalten)



1. Verlegung des Hausmeisterraums in den jetzigen Erste-Hilfe-Raum.
2. Verlegung des Erste-Hilfe-Raums in den Putzraum
3. Verlegung des Putzraums in den Technikraum mit brandschutztechnischer Abschottung

Variante 5: +Umrüstung auf LED / Bedarfsgeführter Luftvolumenstrom (8.000 m³/h)

Austausch der alten konventionellen Leuchtstoffröhren (ca. 360*58W und 32*18W) in LED-Röhren u. U. bei gleichzeitiger Installation eines Vorschaltgerätes. Da die Duschen und die Umkleideräume seltener als die Sporthalle genutzt werden ist ein bedarfsorientiertes Beleuchtungskonzept sinnvoll. Nach erfolgter Luftdichtheit kann der Luftvolumenstrom mit Hilfe von installierten Frequenzumrichtern (und CO₂-Fühlern) dem tatsächlichen Bedarf angepasst werden (mind. 8.000 m³/h; der Richtwert ist im Schnitt 33 m³/h pro Person, 60-80 m³/h bei Sportlern und 20 m³/h bei Zuschauern, der Luftvolumenstrom bezieht sich somit auf entweder max. 100 Sportlern, 400 Zuschauern oder einer Kombination von beiden). Die Frischluft-Ansaugöffnungen der Sporthalle am Zuluftkanal sollten vergrößert werden (dabei sollte im Winter der Außenluftanteil unter 30 % sein).

Kosten Var. 2-5: ca. 500.000 Euro (Zuschüsse 20-30 %); Energiekosteneinsparung: ca. 30 %; bei einer Energiepreissteigerung von 3% amortisieren sich die Gesamtkosten der Maßnahmen (abzüglich der Zuschüsse) bereits nach ca. 12-18 Jahren. Gesamtkosten inkl. Fugensanierung, Innenraumbeschichtung, Prallschutz 650.000 Euro.

Variante 6: +Optimierung der Heizung/Temperatur 19°/hydraulischer Abgleich

Die Solltemperatur in Sporthalle und im Umkleidetrakt kann auf max. 19° abgesenkt werden. Die Raumlufttemperatur liegt bei neuwertigen hochgedämmten Sporthallen aufgrund der geringen Strahlungskälte sogar bei 12-16° C. Ein hydraulischer Abgleich sollte durchgeführt werden. Sinnvollerweise sind Flächenheizungen wie Wärmestrahlerplatten für die Bereiche mit höheren Temperaturen (Zuschauer, Gymnastik).

Kosten Var. 2-6: ca. 520.000 Euro (Zuschüsse 20-30 %); Energiekosteneinsparung: ca. 35 %; bei einer Energiepreissteigerung von 3% amortisieren sich die Gesamtkosten der Maßnahmen (abzüglich der Zuschüsse) bereits nach ca. 10-17 Jahren. Gesamtkosten inkl. Fugensanierung, Innenraumbeschichtung, Prallschutz 670.000 Euro.

Variante 7: +Solarthermieanlage für die Warmwasserbereitung

Nach Prüfung der statischen Gegebenheiten kann eine Solaranlage (Flachkollektoren, Größe: 32 m²) auf dem südlich ausgerichteten Flachdach (inkl. Bivalenter Solarspeicher) installiert werden. Kosten Var. 2-7: ca. 560.000 Euro (Zuschüsse 20-30 %); Energiekosteneinsparung: ca. 38 %; bei einer Energiepreissteigerung von 3% amortisieren sich die Gesamtkosten der Maßnahmen (abzüglich der Zuschüsse) bereits nach ca. 10 (energetisch bedingte Kosten) bis 17 (Gesamtkosten) Jahren. Gesamtkosten inkl. Fugensanierung, Innenraumbeschichtung, Prallschutz 710.000 Euro.

Variante 8: +Dunkelstrahler (dezentrale Infrarotheizungen)

Installation von fünf dezentralen Dunkelstrahlern (Leistung 5*25 KW) an der Decke, die aufgrund der Strahlungswärme kurze Aufheizzeiten benötigen, für eine gleichmäßige Wärmeverteilung und für eine zug- und staubfreie Luft in der Sporthalle sorgen. Kosten Var. 1-7: ca. 640.000 Euro (Zuschüsse 20-30 %); Energiekosteneinsparung ca. 43 %. Die Energieeinsparung könnte noch deutlicher ausfallen, wenn es gelänge, nach Montage von Dunkelstrahlern, die die Heizlast decken könnte, den Luftwechsel auf 0,4 senken zu können. Gesamtkosten inkl. Fugensanierung, Innenraumbeschichtung, Prallschutz 790.000 Euro.

Variante 9: Var. 2-6 +Neue Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Sporthalle)

Bei einer baulichen Modernisierung sollte eine neue Lüftungsanlage mit Rotationswärmetauscher (Rückwärmezahl = 70%) installiert werden, bei der die Lüftungswärmeverluste gegenüber einer Fensterlüftung um 40 bis 50 kWh/(m²a) gesenkt werden. Erwärmte Luft wird über den Wärmetauscher geleitet, um die Energie auf die einströmende Außenluft zu übertragen. Mit Feuchte- und CO₂-Sensor ist eine bedarfsgeregelte Lüftung möglich.

Kosten Var. 2-6+9: ca. 790.000 Euro inkl. TGA-Planung (Zuschüsse 20-30 %); Energiekosteneinsparung: ca. 48 %; bei einer Energiepreissteigerung von 3% amortisieren sich die Gesamtkosten der Maßnahmen (abzüglich der Zuschüsse) bereits nach 8 (nur energetisch bedingte Kosten) bis 18 (Gesamtkosten) Jahren. Gesamtkosten inkl. Fugensanierung, Innenraumbeschichtung, Prallschutz 940.000 Euro.

Variante 10: Var. 2-6, 9 + Solaranlage WW (KfW100)

Ganzheitliches Sanierungskonzept bis zum Erreichen eines Effizienzhauses KfW 100.

- WDVS-Dämmung der Fassade (Variante 2)
- Erneuerung der vertikalen Fenster und Außentüren (Variante 3)
- Luftdichte Ausführung der Halle, Trennung von Sporthalle und Umkleidezonen und Installation dezentraler Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung auch der Sanitärräume (Variante 4)
- LED-Umrüstung (Variante 5)
- Bedarfsgeführte Regelung von Heizungs- und Lüftungsanlage (Temp., Vol.strom; Variante 6)

Kosten: ca. 830.000 Euro (Zuschüsse 20-30 %); Energiekosteneinsparung: ca. 50 %; Gesamtkosten inkl. Fugensanierung, Innenraumbeschichtung, Prallschutz 980.000 Euro.

Die tatsächlich anfallenden Kosten der Gesamtsanierung (inkl. der Fugensanierung) sind am besten nach Entfernen der Innenwandverkleidung hinsichtlich der tatsächlich vorhandenen PCB-Belastung zu kalkulieren. Daher sind in jedem Fall in der jetzigen Kalkulation 10-15 % unvorhergesehene Mehrkosten zu berücksichtigen.

Zeitplan für die empfohlenen Sanierungsschritte (mit notwendigen Hallenschliesszeiten)

x)

	Beginn Datum eingeben	Arbeits- tage (ohne SA / SO)	Ende (wird ermittelt aus Beginn und Arbeitstage)	Tage													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Entkernung Abriss der Innenverkleidung	10	24.10.21														
2	Fugensanierung innen	15	12.11.21														
3	Diffusionshemmender Anstrich	13	01.12.21														
4	Freiluftmessung	2	03.12.21														
5	hochabsorbierende umlaufende Prallwand 2,0m	10	17.12.21														
6	Grundrissänderung	10	21.01.22														
7	TGA Konzeption	5	29.10.21														
8	Neue Kabel	10	28.01.22														
9	Zentralbatterie	10	11.02.22														
10	Notbeleuchtung	5	18.02.22														
11	LED-Umrüstung	40	08.04.22														
12	Ausbau der alten Lüftungsanlage	10	08.04.22														
13	Installation der neuen Lüftungsanlage IWR	20	06.05.22														
14	Luftdichtheitsmessung/Schließen von Undichtigk.	5	13.05.22														
16	Einbau von dez. Lüftungsgeräte Umkleibereich	5	20.05.22														
17	dichte Brandschutztüren einbauen (innen)	10	27.05.22														
18	Schließen der Öffnungen in den Brandwänden	10	10.06.22														
19	Fenster aus- und einbauen	15	24.06.22														
20	Außentüren einbauen	10	08.07.22														
21	WDVS	40	21.10.22														
22	Heizung optimieren, hydraulischer Abgleich	15	22.07.22														
23	Installation der Solaranlage	20	21.10.22														

*) Darstellung der notwendigen Hallenschließzeiten

Nutzungsänderung als Versammlungsstätte (Allgemeine sicherheitstechnische Anforderungen)

1. Versammlungsraum verfügt über mindestens **zwei entgegengesetzt gelegene Ausgänge** (vorhanden).
2. Der Weg von jedem Besucherplatz bis zum nächsten Ausgang hat **nicht länger als 25 m** zu sein (gegeben).
3. Alle Ausgangstüren sind mit **batteriegestützten Leuchten mit Rettungswegzeichen** zu kennzeichnen, ebenso alle Rettungswege bis ins Freie (Kennzeichnung der Rettungswege einschl. Ausgänge muss beleuchtet sein/Fluchtwegleitsystem ist einzurichten).
4. Die Versammlungsstätte ist mit einer **Blitzschutzanlage** zu versehen (vorhanden).
5. Für die jeweilige Nutzung ist ein **genehmigter Bestuhlungsplan in der Nähe des Haupteingangs des Versammlungsraums gut sichtbar** anzubringen (muss als einzureichender Bauantrag genehmigt und dann gut sichtbar für die Öffentlichkeit im Eingangsbereich angebracht werden).

Folgende Punkte betreffen den zu genehmigenden Bestuhlungsplan:

6. **Plätze für Rollstuhlbenutzer im Bestuhlungsplan** sind gesondert darzustellen. Die freie Durchgangsbreite zwischen den Sitzreihen und die Rettungswege darf nicht eingeengt werden. Diese Plätze sowie ihre Zugänge sind durch **Hinweisschilder** kenntlich zu machen.
7. Die festgelegte Ordnung im Bestuhlungsplan ist **nicht zu ändern**. Dabei dürfen keine, die in dem Plan nicht vorgesehenen, Plätze zusätzlich geschaffen werden.
8. In Reihen angeordnete Sitzplätze dürfen **nicht verrückbar** und befestigt sein. Werden nur hin und wieder Stühle aufgestellt, sind sie zumindestens in den einzelnen Reihen fest miteinander zu verbinden. Dabei müssen die Sitzplätze mindestens 0,50 m breit sein. Die Sitzreihen müssen eine freie Durchgangsbreite von mindestens 0,45 m aufweisen. An jeder Seite des Ganges sind **höchstens 16 Sitzplätze** anzuordnen.

9. Das **Rauchen** und das Verwenden von offenen Feuer ist **verboten**. Auf diese Verbote ist durch eine auffällige Beschilderung hinzuweisen.

10. Während des Betriebs von Versammlungsstätten hat der Betreiber (Leitung) oder ein Beauftragter **stets anwesend** zu sein. Er ist darüber hinaus für die Einhaltung von Betriebsvorschriften verantwortlich.

11. Die Mitwirkenden und die Betriebsangehörigen müssen bei Beginn des Beschäftigungsverhältnisses und danach mind. **einmal jährlich**, nicht ständig Mitwirkende bei der ersten Anwesenheit in der Versammlungsstätte über

- die Bedienung der Feuermeldeeinrichtung und der Sicherheitsbeleuchtung,
- das Verhalten bei Brand und Panik,
- die Betriebsvorschriften **unterwiesen werden**

12. Versammlungsstätten und ihre Einrichtungen sind von **behördlich anerkannten Sachverständigen** oder von **Sachkundigen** entsprechend den Eintragungen in der folgenden Tabelle auf ihre Wirksamkeit und Betriebssicherheit

- auf Veranlassung des Eigentümers in den Fällen der ersten Inbetriebnahme und nach wesentlichen Änderungen vor der Inbetriebnahme,
- auf Veranlassung des Betreibers (Leitung) in den übrigen Fällen zu **überprüfen**.

Bauliche Anlagen, Prüfer und Prüfgegenstand	Vor Inbetriebnahme	wiederkehrende Frist
Durch behördliche anerkannte Sachverständige		
Feuerlöschanlagen	ja	3 Jahre
Alarmierungsanlagen	ja	3 Jahre
Raumlufttechnische Anlagen bzgl. Belange des Brandschutzes	ja	3 Jahre
Rauch- und Wärmeabzugsanlagen	ja	3 Jahre
Elektrische Starkstromanlagen von bühnentechn. Anlagen	ja	3 Jahre
Sonst. Elektr. Starkstromanlagen bzgl. Brandschutz und Weiterbetrieb bei Netzausfall (Sicherheitsbeleuchtung)	nein	3 Jahre
Brandmeldeanlagen	ja	3 Jahre
Schutzvorhänge	ja	3 Jahre
Durch Sachkundige		
Blitzschutzanlagen	nein	6 Jahre
Feuerlöscher	nein	2 Jahre

Bauantrag:

- Grundrisse (Schnitte, Ansichten) u. a. mit Angaben der Rettungswege, Feuermelde- und Feuerlöscheinrichtungen, Alarm- und anderen Sicherheitsleistungen, Anlagen für Heizung, Lüftung, Wasserversorgung, Bestuhlung;
- Baubeschreibung, Nutzungsbeschreibung (inkl. Max. Anzahl der Nutzer, Öffnungs- und Betriebszeiten, Nutzung der Räume, genaue Beschreibung der Abläufe, Art der zu lagernden Materialien)
- Brandschutzkonzept (max. zul. Besucherzahl, Anordnung und Bemessung der Rettungswege und die zur Erfüllung der brandschutztechnischen Anforderungen erforderlichen baulichen, technischen, betrieblichen Maßnahmen)
- Pläne, Beschreibungen und Nachweise für die erforderlichen technischen Einrichtungen gemäß Muster-Versammlungsstättenverordnung)
- Außenanlagenplan mit Verlauf der Rettungswege, Zufahrten und Aufstell- und Bewegungsflächen für die Einsatz- und Rettungsfahrzeuge
- Bestuhlungs- und Rettungswegeplan im Maßstab 1:200, der die Anordnung der Sitz- und Stehplätze, einschl. Rollstuhlbenutzer, der Bühnen-, Szenen- und Spielflächen sowie den Verlauf der Rettungswege enthält.

Die Einstufung einer Halle in Versammlungsstätte oder reiner Sportstätte trifft die zuständige Genehmigungsbehörde. Es handelt sich hierbei um eine Dreifeldschulsporthalle mit einer Tribüne:

Im Normalfall sind max. 60 Personen/Sportler in der Halle. Es gibt eine Tribüne, die bei starker Zuschauerzahl, was nicht unwahrscheinlich ist, die 200 Personen erreichen könnte. Aus Sicherheitsgründen sollte die Genehmigungsbehörde die Halle als Versammlungsstätte dauerhaft einstufen.

Auszug aus der Versammlungsstättenverordnung:**§ 1** Anwendungsbereich gültig ab 200 Besucher

Bemessung: 2 Besucher/m² Versammlungsraum; 2 Besucher je lfdm Sitzreihe

§ 5 Dämmstoffe, Unterdecken, Verkleidungen und Beläge

1. Dämmstoffe nicht brennbar
2. Wandverkleidungen schwer entflammbar (**Baustoffklasse B1**)
3. Deckenverkleidungen nicht brennbar bei unter 1000 m² schwer entflammbar
4. Foyers nicht brennbar
5. Wenn schwer entflammbar, dürfen Baustoffe nicht brennend abtropfen
6. Unterkonstruktionen nicht brennbar (**Baustoffklasse A2**)
7. Bodenbeläge Treppenhäuser nicht brennbar, Flure und Foyers schwer entflammbar

§ 7 Bemessung der Rettungswege

(4) Lichte Breite der Rettungswege = 1,20 m

§ 9 Türen und Tore

1. Türen und Tore in raumabschließenden Innenwänden, die feuerbeständig sein müssen, sowie in inneren Brandwänden, müssen mindestens feuerhemmend (also T30), rauchdicht (also RS) und selbstschließend sein.
2. Türen und Tore in raumabschließenden Innenwänden, die feuerhemmend sein müssen, müssen mindestens rauchdicht (also RS) und selbstschließend sein.

Gemäß der geltenden Versammlungsstättenverordnung werden die Wandverkleidungen / Prallschutz der Hallen nach DIN 4102 / B1 ausgeführt.

Sicherheit

Der punktelastische Prallschutz lässt Aufprallverletzungen verhindern.

Gestaltung

Mit einer hellen und freundlichen Farbgebung der Sporthallenwände wird das Wohlbefinden der Sportler gefördert.

Schallabsorption

Das textile Obermaterial reduziert die Nachhallzeiten sowie Lärmbelästigung und fördert die Verständigung beim Sport.

Wärmedämmung

Die Aufheizkosten der Halle werden herabgesetzt.

Die Prallschutzwand wird auf den festen, trockenen und ebenen Untergrund mit lösungsfreiem Klebstoff verlegt.

4.1 Var. 2 : Fassadendämmung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände: 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
WA	AW 001 - 3 cm Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 15 kg/m ³), Leitf.: 0,035 W/(m K) + 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0	7,02	0,19	0,24	0,20
	dto.	21,60	0,19	0,24	0,20
		18,35	0,19	0,24	0,20
		14,23	0,19	0,24	0,20
		18,99	0,19	0,24	0,20
		18,67	0,19	0,24	0,20
		11,85	0,19	0,24	0,20
		11,85	0,19	0,24	0,20
		10,35	0,19	0,24	0,20
		11,85	0,19	0,24	0,20
		4,85	0,19	0,24	0,20
		1,98	0,19	0,24	0,20
		24,26	0,19	0,24	0,20
		10,37	0,19	0,24	0,20
		132,82	0,19	0,24	0,20
		0,18	0,19	0,24	0,20
		8,74	0,19	0,24	0,20
		1,72	0,19	0,24	0,20
		0,18	0,19	0,24	0,20
		15,40	0,19	0,24	0,20
		4,54	0,19	0,24	0,20
		3,63	0,19	0,24	0,20
		2,93	0,19	0,24	0,20
		2,82	0,19	0,24	0,20
		2,87	0,19	0,24	0,20
		3,15	0,19	0,24	0,20
		2,93	0,19	0,24	0,20
		5,98	0,19	0,24	0,20
		4,31	0,19	0,24	0,20
		1,80	0,19	0,24	0,20
		0,18	0,19	0,24	0,20
		1,87	0,19	0,24	0,20
		15,40	0,19	0,24	0,20
		0,18	0,19	0,24	0,20
		34,29	0,19	0,24	0,20
		98,35	0,19	0,24	0,20
		5,26	0,19	0,24	0,20
		53,33	0,19	0,24	0,20
		3,51	0,19	0,24	0,20
		55,84	0,19	0,24	0,20
		3,51	0,19	0,24	0,20
		55,84	0,19	0,24	0,20
		3,51	0,19	0,24	0,20
		55,58	0,19	0,24	0,20
		3,33	0,19	0,24	0,20
		1,17	0,19	0,24	0,20
		12,37	0,19	0,24	0,20
		7,90	0,19	0,24	0,20
		3,51	0,19	0,24	0,20
		54,21	0,19	0,24	0,20
		3,51	0,19	0,24	0,20
		55,84	0,19	0,24	0,20
		3,51	0,19	0,24	0,20
		55,84	0,19	0,24	0,20
		3,51	0,19	0,24	0,20
		55,58	0,19	0,24	0,20
		2,54	0,19	0,24	0,20
		0,94	0,19	0,24	0,20
		84,65	0,19	0,24	0,20
		86,95	0,19	0,24	0,20

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung der Wärmebrücken/unkontrollierter Lüftungswärmeverluste

Wärmebrücken: Wärmebrücken sind durch Optimierung der Anschlussdetails zu reduzieren (u. a. lückenloser Übergang in den Perimeterbereich und an die Dachdämmung)

Lüftungswärmeverluste: keine Maßnahmen

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage

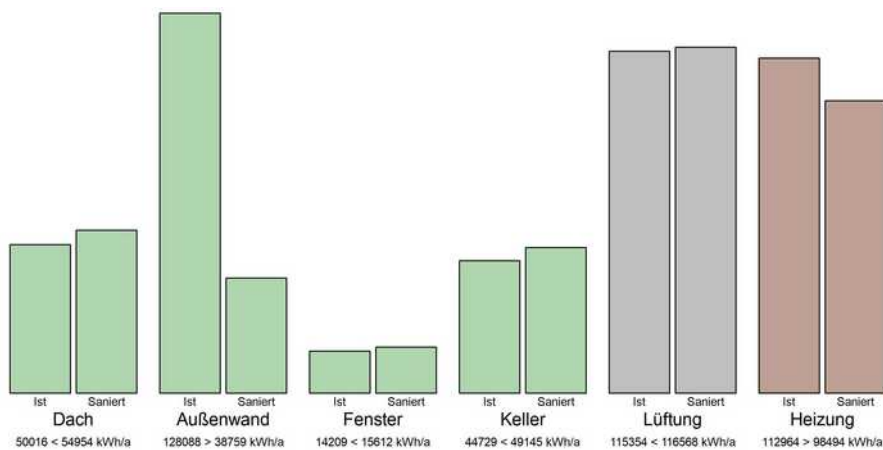
keine Maßnahmen

Hinweis zur Baubegleitung

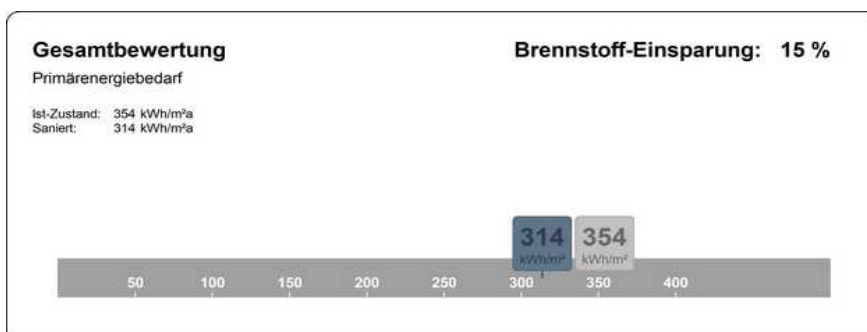
Bei Inanspruchnahme eines KfW-Kredites oder -zuschusses kann die Baubegleitung ebenfalls mit 50 % (bis max. 4.000 Euro) gefördert werden.

Energieeinsparung

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **15 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.049 kWh/Jahr reduziert sich auf 416.905 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 76.144 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 17.090 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen. Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **314 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung

Kosten-Nutzen-Analyse

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen

zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen. Die Kosten-Nutzen-Analyse dient vor allem als Vergleichsmaßstab der Energiesparmaßnahmen untereinander. Sie beinhaltet keine Prognose der Kostenentwicklungen in der Zukunft. Die als heutige Energiekosten angesetzten Brennstoffkosten können dem Anhang Brennstoffdaten entnommen werden.

Variante 2: Fassadendämmung						
Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionskosten Gesamtkosten/inkl. Fugensanierung [€]	Öffentliche Fördermittel (siehe Kap. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen		Kosten / Nutzen [-]	Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
			Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a] [%]		
41.166	174.800	66.000	76.144	4.409 10	25 : 1	30
	330.000	66.000			27 : 1*	
	480.000	99.000**)			27 : 1*)	

Alle Kosten verstehen sich brutto. *) bei einer prognostizierten Preissteigerung von 5 %; **) Förderprogramm Land Hessen

Aus dem Verhältnis zwischen energetisch bedingten Investitionskosten abzüglich Förderzuschüssen und Energiekosteneinsparung ergibt sich das Kosten/Nutzen-Verhältnis. Je kleiner das Kosten/Nutzen-Verhältnis, desto wirtschaftlicher ist die Maßnahme. Es dient dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen untereinander. Kosten der Außenwanddämmung: 330.000 Euro.

Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Im Rahmen der Förderprogramme (Land Hessen oder KfW) kann die Maßnahme um 20 % (Tilgungszuschuss bei KfW-Einzelmaßnahmen, Progr. 218) bis zu 30 % (Förderprogramm von Energetischen Sanierungen des Landes Hessen; Fördervoraussetzung scheint gegeben) gefördert werden.

4.2 Var. 3: +Fenster-/Türerneuerung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände: 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0

Fenster/Tür: 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/1,0, mit thermisch getrennten Glasabstandhaltern (warme Kante), (Uw 0,95 W/m²K), Einbau in Dämmebene.; Leichtmetallrahmentür 1,1

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m²	U-Wert in W/m²K	U _{max} EnEV* in W/m²K	U _{max} KfW** in W/m²K
TA	AT 001 - Leichtmetallrahmentür 1,1	1,73	1,10	1,8	1,3
TA	dto.	1,73	1,10	1,8	1,3
TA		2,25	1,10	1,8	1,3
TA		2,25	1,10	1,8	1,3
TA		2,03	1,10	1,8	1,3
TA		1,80	1,10	1,8	1,3
TA		1,91	1,10	1,8	1,3
TA		1,91	1,10	1,8	1,3
TA		1,91	1,10	1,8	1,3
TA		1,91	1,10	1,8	1,3
TA		2,03	1,10	1,8	1,3
TA		1,80	1,10	1,8	1,3
WA	AW 001 - 3 cm Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 15 kg/m³), Leitf.: 0,035 W/(m K) + 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0	7,02	0,19	0,24	0,20
WA	dto.	21,60	0,19	0,24	0,20
WA		18,35	0,19	0,24	0,20
WA		14,23	0,19	0,24	0,20

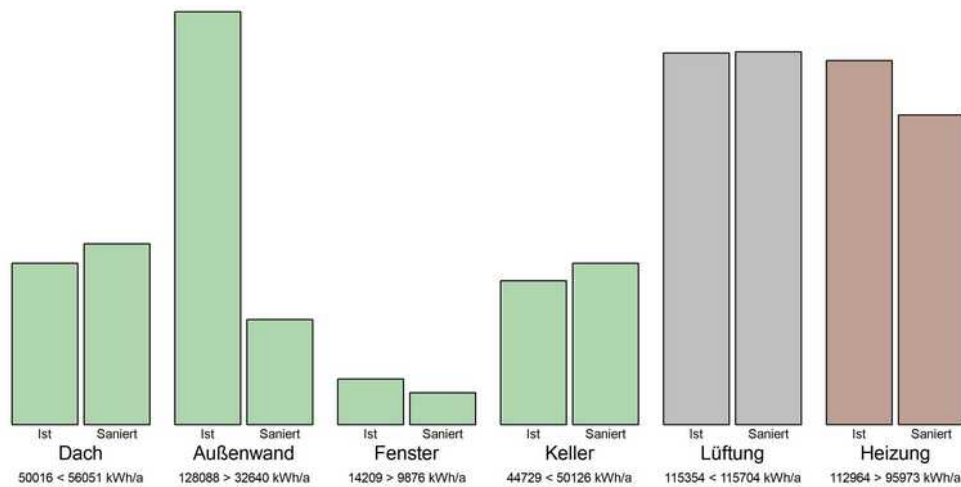
WA		18,99	0,19	0,24	0,20
WA		18,67	0,19	0,24	0,20
WA		11,85	0,19	0,24	0,20
WA		11,85	0,19	0,24	0,20
WA		10,35	0,19	0,24	0,20
WA		11,85	0,19	0,24	0,20
WA		4,85	0,19	0,24	0,20
WA		1,98	0,19	0,24	0,20
WA		24,26	0,19	0,24	0,20
WA		10,37	0,19	0,24	0,20
WA		132,82	0,19	0,24	0,20
WA		0,18	0,19	0,24	0,20
WA		8,74	0,19	0,24	0,20
WA		1,72	0,19	0,24	0,20
WA		0,18	0,19	0,24	0,20
WA		15,40	0,19	0,24	0,20
WA		4,54	0,19	0,24	0,20
WA		3,63	0,19	0,24	0,20
WA		2,93	0,19	0,24	0,20
WA		2,82	0,19	0,24	0,20
WA		2,87	0,19	0,24	0,20
WA		3,15	0,19	0,24	0,20
WA		2,93	0,19	0,24	0,20
WA		5,98	0,19	0,24	0,20
WA		4,31	0,19	0,24	0,20
WA		1,80	0,19	0,24	0,20
WA		0,18	0,19	0,24	0,20
WA		1,87	0,19	0,24	0,20
WA		15,40	0,19	0,24	0,20
WA		0,18	0,19	0,24	0,20
WA		34,29	0,19	0,24	0,20
WA		98,35	0,19	0,24	0,20
WA		5,26	0,19	0,24	0,20
WA		53,33	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,84	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,84	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,58	0,19	0,24	0,20
WA		3,33	0,19	0,24	0,20
WA		1,17	0,19	0,24	0,20
WA		12,37	0,19	0,24	0,20
WA		7,90	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		54,21	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,84	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,84	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,58	0,19	0,24	0,20
WA		2,54	0,19	0,24	0,20
WA		0,94	0,19	0,24	0,20
WA		84,65	0,19	0,24	0,20
WA		86,95	0,19	0,24	0,20
FA	F 001 - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/1,0	0,80	0,95	1,3	0,95
FA	dto.	0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		5,72	0,95	1,3	0,95
FA		4,05	0,95	1,3	0,95

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung der Wärmebrücken/unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**Wärmebrücken:** Wärmebrücken sind durch Optimierung der Anschlussdetails zu reduzieren.**Lüftungswärmeverluste und Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage** keine Maßnahmen**Hinweis zur Baubegleitung**

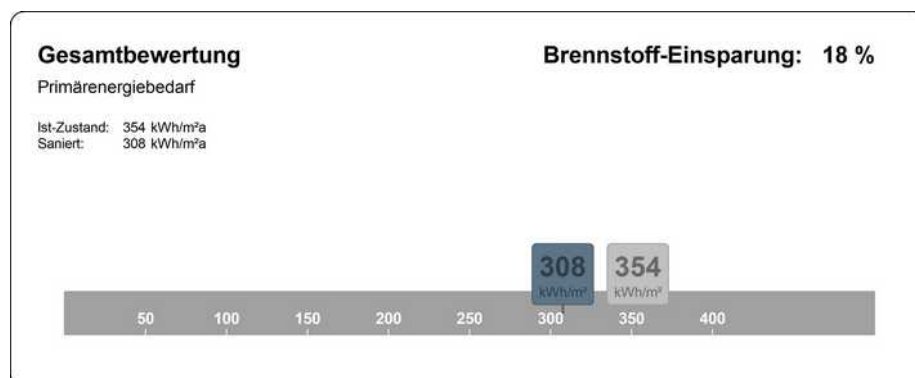
Bei Inanspruchnahme eines KfW-Kredites oder -zuschusses kann die Baubegleitung ebenfalls mit 50 % (bis max. 4.000 Euro) gefördert werden.

Energieeinsparung

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **18 %**.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.049 kWh/Jahr reduziert sich auf 404.741 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 88.308 kWh/Jahr. Die CO₂-Emissionen verringern sich um 19.536 kg CO₂/Jahr. Durch die Modernisierungsmaßnahme sinkt der Primärenergiebedarf auf **308 kWh/m²** Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung

Kosten-Nutzen-Analyse

Variante 3: Fassade+Fenster-/Türerneuerung							
Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionskosten Gesamtkosten/ inkl. Fugensanierung [€]	Öffentliche Fördermittel (siehe Kap. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen [-]	Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
			Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	Energiekosten [%]		
40.555	199.550	81.000	88.308	5.019	11	24 : 1	30-50
	405.000	81.000				27 : 1 *)	
	555.000	121.500 **)				27 : 1 *)	

Alle Kosten verstehen sich brutto. *) bei einer prognostizierten Preissteigerung von 5 %; **) Förderprogramm Land Hessen

Gesamtkosten Maßnahmen Variante 2 und 3 Fassade+Fenster-/Türerneuerung: 405.000 Euro

Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Im Rahmen der Förderprogramme (Land Hessen oder KfW) kann die Maßnahme um 20 % (Tilgungszuschuss bei KfW-Einzelmaßnahmen) bis zu 30 % (Förderprogramm von Energetischen Sanierungen des Landes Hessen; Fördervoraussetzung scheint gegeben) gefördert werden.

4.3 Var. 4 : +Halle luftdicht, separate Lüftung der Sanitär-/Umkleidezone

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände: 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0

Fenster/Tür: 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/1,0, mit thermisch getrennten Glasabstandhaltern (warme Kante), (U_w 0,95 W/m²K), Einbau in Dämmebene.; Leichtmetallrahmentür 1,1

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
DA	Dach 001-1 - 3 cm SCHLAGMANN POROTON-WDF-80, Leitf.: 0,065 W/(m K)	1268,49	0,25	0,20	0,14
DA	dto.	0,09	0,25	0,20	0,14
DA		0,31	0,25	0,20	0,14
DA		1,67	0,25	0,20	0,14
DA		1,67	0,25	0,20	0,14
DA		1,67	0,25	0,20	0,14
DA		20,62	0,25	0,20	0,14
DA		29,54	0,25	0,20	0,14
DA		18,64	0,25	0,20	0,14
DA		6,41	0,25	0,20	0,14
DA		28,33	0,25	0,20	0,14
DA		11,57	0,25	0,20	0,14
DA		3,98	0,25	0,20	0,14
DA		18,34	0,25	0,20	0,14
DA		1,58	0,25	0,20	0,14
DA		1,58	0,25	0,20	0,14
DA		22,39	0,25	0,20	0,14
DA		23,11	0,25	0,20	0,14
DA		21,32	0,25	0,20	0,14
DA		20,97	0,25	0,20	0,14
DA		22,75	0,25	0,20	0,14
DA		29,54	0,25	0,20	0,14
DA		29,54	0,25	0,20	0,14
DA		30,09	0,25	0,20	0,14
DA		1,33	0,25	0,20	0,14
DA		29,13	0,25	0,20	0,14
DA		45,16	0,25	0,20	0,14
DA		7,06	0,25	0,20	0,14
DA		0,71	0,25	0,20	0,14
DA		10,82	0,25	0,20	0,14
DA		1,03	0,25	0,20	0,14
DA		9,68	0,25	0,20	0,14
DA		8,73	0,25	0,20	0,14
DA		0,02	0,25	0,20	0,14
DA		13,49	0,25	0,20	0,14
DA		5,42	0,25	0,20	0,14
DA		5,35	0,25	0,20	0,14
DA		4,09	0,25	0,20	0,14
DA		7,22	0,25	0,20	0,14
DA		7,52	0,25	0,20	0,14
DA		5,56	0,25	0,20	0,14
DA		1,79	0,25	0,20	0,14
DA		1,46	0,25	0,20	0,14
DA		1,40	0,25	0,20	0,14
DA		1,43	0,25	0,20	0,14
DA		1,56	0,25	0,20	0,14
DA		1,46	0,25	0,20	0,14
DA		28,72	0,25	0,20	0,14
DA		11,46	0,25	0,20	0,14
DA		2,18	0,25	0,20	0,14
DA		2,09	0,25	0,20	0,14
DA		35,04	0,25	0,24	0,14
DA		6,71	0,25	0,24	0,14
DA		6,59	0,25	0,24	0,14
TA	AT 001 - Leichtmetallrahmentür 1,1	1,73	1,10	1,8	1,3
TA	dto.	1,73	1,10	1,8	1,3

TA		2,25	1,10	1,8	1,3
TA		2,25	1,10	1,8	1,3
TA		2,03	1,10	1,8	1,3
TA		1,80	1,10	1,8	1,3
TA		1,91	1,10	1,8	1,3
TA		1,91	1,10	1,8	1,3
TA		1,91	1,10	1,8	1,3
TA		1,91	1,10	1,8	1,3
TA		2,03	1,10	1,8	1,3
TA		1,80	1,10	1,8	1,3
WA	AW 001 - 3 cm Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 15 kg/m³), Leitf.: 0,035 W/(m K) + 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0 dto.	7,02	0,19	0,24	0,20
WA		21,60	0,19	0,24	0,20
WA		18,35	0,19	0,24	0,20
WA		14,23	0,19	0,24	0,20
WA		18,99	0,19	0,24	0,20
WA		18,67	0,19	0,24	0,20
WA		11,85	0,19	0,24	0,20
WA		11,85	0,19	0,24	0,20
WA		10,35	0,19	0,24	0,20
WA		11,85	0,19	0,24	0,20
WA		4,85	0,19	0,24	0,20
WA		1,98	0,19	0,24	0,20
WA		24,26	0,19	0,24	0,20
WA		10,37	0,19	0,24	0,20
WA		132,82	0,19	0,24	0,20
WA		0,18	0,19	0,24	0,20
WA		8,74	0,19	0,24	0,20
WA		1,72	0,19	0,24	0,20
WA		0,18	0,19	0,24	0,20
WA		15,40	0,19	0,24	0,20
WA		4,54	0,19	0,24	0,20
WA		3,63	0,19	0,24	0,20
WA		2,93	0,19	0,24	0,20
WA		2,82	0,19	0,24	0,20
WA		2,87	0,19	0,24	0,20
WA		3,15	0,19	0,24	0,20
WA		2,93	0,19	0,24	0,20
WA		5,98	0,19	0,24	0,20
WA		4,31	0,19	0,24	0,20
WA		1,80	0,19	0,24	0,20
WA		0,18	0,19	0,24	0,20
WA		1,87	0,19	0,24	0,20
WA		15,40	0,19	0,24	0,20
WA		0,18	0,19	0,24	0,20
WA		34,29	0,19	0,24	0,20
WA		98,35	0,19	0,24	0,20
WA		5,26	0,19	0,24	0,20
WA		53,33	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,84	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,84	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,58	0,19	0,24	0,20
WA		3,33	0,19	0,24	0,20
WA		1,17	0,19	0,24	0,20
WA		12,37	0,19	0,24	0,20
WA		7,90	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		54,21	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,84	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,84	0,19	0,24	0,20
WA		3,51	0,19	0,24	0,20
WA		55,58	0,19	0,24	0,20
WA		2,54	0,19	0,24	0,20
WA		0,94	0,19	0,24	0,20
WA		84,65	0,19	0,24	0,20
WA		86,95	0,19	0,24	0,20
FA	F 001 - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/1,0 dto.	0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		0,80	0,95	1,3	0,95
FA		5,72	0,95	1,3	0,95
FA		4,05	0,95	1,3	0,95

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung der Wärmebrücken/unkontrollierter Lüftungswärmeverluste

Wärmebrücken: Diese werden bei der Ausführung weitestgehend minimiert.

Lüftungswärmeverluste: Blower-Door-Test, die dadurch festgestellten Undichtigkeiten werden beseitigt, Trennung von Halle und Umkleidebereich durch Zumauern der Zuluftöffnungen, dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung in Sanitärräumen mit Luftaustausch der Umkleideräume.

Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der Heizungsanlage

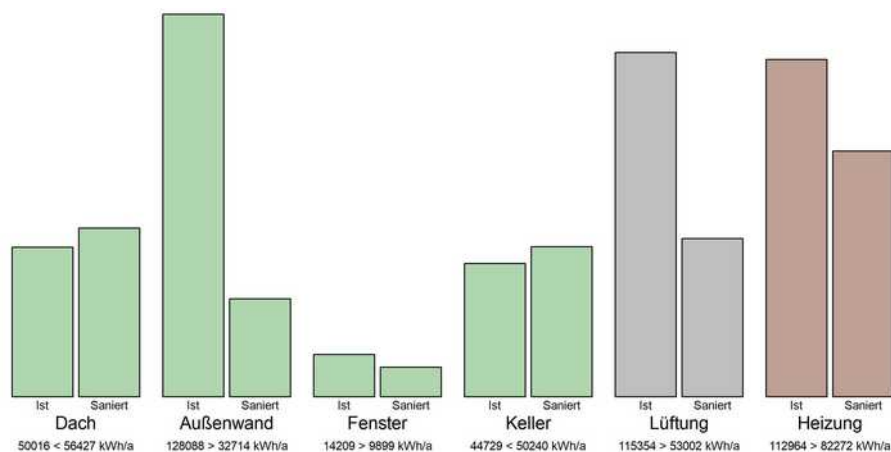
keine Maßnahmen

Hinweis zur Baubegleitung

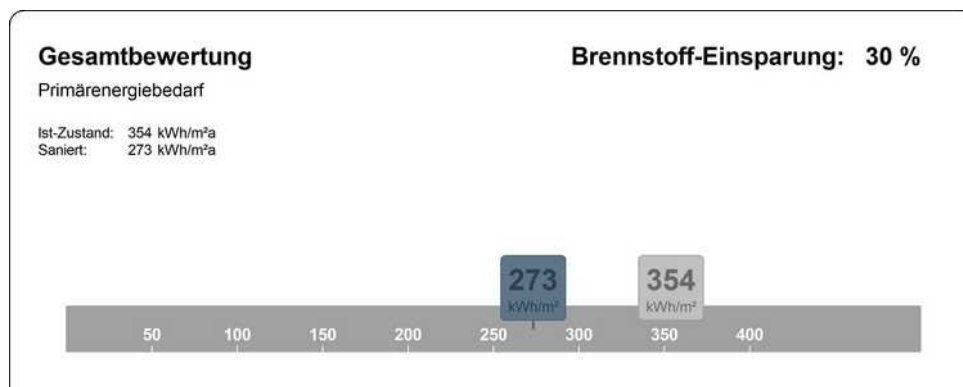
Bei Inanspruchnahme eines KfW-Kredites oder -zuschusses kann die Baubegleitung ebenfalls mit 50 % (bis max. 4.000 Euro) gefördert werden.

Energieeinsparung

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **30 %**.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.049 kWh/Jahr reduziert sich auf 342.776 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 150.273 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 34.215 kg CO₂/Jahr reduziert. Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf auf **273 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung**Kosten-Nutzen-Analyse**

Variante 4: Halle luftdicht, separate Lüftung der drei Sanitär-/Umkleidebereiche							
Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionskosten Gesamtkosten/ inkl. Fugensanierung [€]	Öffentliche Fördermittel (siehe Kap. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen		Kosten / Nutzen [-]	Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]	
			Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a] [%]			
36.715	227.550	90.000	150.273	8.860 19	16 : 1	30-50	
	450.000	90.000			22 : 1 *)		
	600.000	135.000 (**)			24 : 1 *)		

Alle Kosten verstehen sich brutto. *) bei einer prognostizierten Preissteigerung von 5 %; **) Förderprogramm Land Hessen

Gesamtkosten

Varianten 2-4: WDVS, Fenster-/Türerneuerung, Luftdichtheit, Trennung Sporthalle und Umkleidezone (dezentrale Lüftungsanlagen WR)=450.000 Euro (zzgl. 10% Unvorhergesehenes); Davon geringinvestive Maßnahmen: Schließen der Zuluftöffnungen Halle/Umkleidezone (ca. 3.000 Euro).

Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Im Rahmen der Förderprogramme (Land Hessen oder KfW) kann die Maßnahme um 20 % (Tilgungszuschuss bei KfW-Einzelmaßnahmen) bis zu 30 % (Förderprogramm von Energetischen Sanierungen des Landes Hessen; Fördervoraussetzung scheint gegeben) gefördert werden.

4.4 Var. 5 : +LED-Umrüstung/Bedarfsgeführter Luftvolumenstrom (8.000 m³/h)

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände: 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0

Fenster/Tür: 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/1,0; Leichtmetallrahmentür 1,1

U-Werte der Bauteile s. Variante 4**Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung der Wärmebrücken/unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

Wärmebrücken: Diese werden bei der Ausführung weitestgehend minimiert.

Lüftungswärmeverluste: Blower-Door-Test, die dadurch festgestellten Undichtigkeiten werden beseitigt, Trennung von Halle und Umkleidebereich durch Zumauern der Zuluftöffnungen, dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung in den drei Sanitärräumen mit Luftaustausch der Umkleideräume. Anpassung des Luftvolumenstroms auf den tatsächlichen Bedarf (8.000 m³/h).

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage

keine Maßnahmen

Weitere technische Maßnahmen

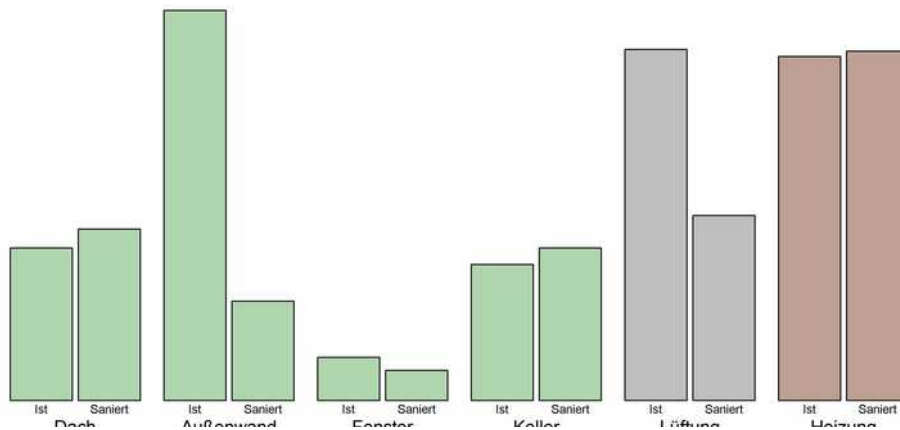
Umrüstung auf LED, Bewegungsmelder (Verkehrsflächen, Sanitärräume)

Hinweis zur Baubegleitung

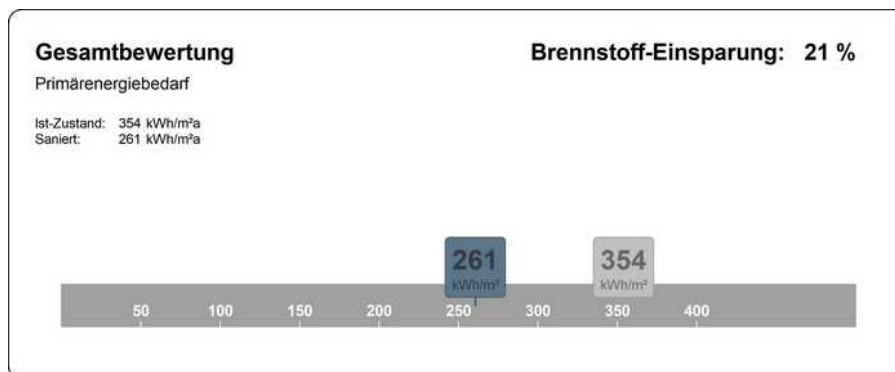
Bei Inanspruchnahme eines KfW-Kredites oder -zuschusses kann die Baubegleitung ebenfalls mit 50 % (bis max. 4.000 Euro) gefördert werden.

Energieeinsparung

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **21 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.049 kWh/Jahr reduziert sich auf 390.060 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 102.989 kWh/Jahr, bei identischem Nutzverhalten und Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 44.644 kg CO₂/Jahr reduziert. Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **261 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung

Kosten-Nutzen-Analyse

Variante 5: Umrüstung auf LED / Erhöhung des Luftvolumenstroms auf 8.000 m ³ /h							
Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionskosten Gesamtkosten/ inkl. Fugensan. [€]	Öffentliche Fördermittel (siehe Kap. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen [-]	Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
			Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	Energiekosten [%]		
32.545	247.550	100.000	102.989	13.029	29	12 : 1	30-50
	500.000	100.000				18 : 1 *)	
	650.000	150.000 **)				18 : 1 *)	

Alle Kosten verstehen sich brutto. *) bei einer prognostizierten Preissteigerung von 5 %; **) Förderprogramm Land Hessen

Gesamtkosten

Varianten 2-5: WDVS, Fenster-/Türerneuerung, Luftdichtheit, Trennung Sporthalle und Umkleidezone (dez. Lüftungsanlagen Wärmerückgewinnung), Luftvolumenstrom mit installierten Frequenzumrichtern (und CO₂-Fühlern) dem tatsächlichen Bedarf anpassen (mind. 8.000 m³/h; Frischluft-Ansaugöffnungen der Sporthalle am Zuluftkanal vergrößern, Umrüstung auf LED = 500.000 Euro
Davon geringinvestive Maßnahmen: Schließen der Zuluftöffnungen zwischen Halle und Umkleidezone (ca. 3.000 Euro), Verbesserung der Lüftungsregelung (ca. 5.000 Euro).

Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Im Rahmen der Förderprogramme (Land Hessen oder KfW) kann die Maßnahme um 20 % (Tilgungszuschuss bei KfW-Einzelmaßnahmen) bis zu 30 % (Förderprogramm von Energetischen Sanierungen des Landes Hessen; Fördervoraussetzung scheint gegeben) gefördert werden.

4.5 Var. 6: +Heizungsoptimierung/Temperatur max. 19°/hydraulischer Abgleich

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände: 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0
Fenster/Tür: 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/1,0; Leichtmetallrahmentür 1,1

U-Wert-Übersicht s. Variante 4

Modernisierung der Anlagentechnik

Heizung: Solltemperatur max. 19 Grad (jedes Grad weniger kann bis zu 6 % Heizenergie einsparen)

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung der Wärmebrücken/unkontrollierter Lüftungswärmeverluste

Wärmebrücken: Diese werden bei der Ausführung weitestgehend minimiert.

Lüftungswärmeverluste: Blower-Door-Test, die dadurch festgestellten Undichtigkeiten werden beseitigt, Trennung von Halle und Umkleidebereich durch Zumauern der Zuluftöffnungen, dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung in den drei Sanitärräumen mit Luftaustausch der Umkleideräume. Anpassung des Luftvolumenstroms auf den tatsächlichen Bedarf (8.000 m³/h).

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage

hydraulischer Abgleich durch Neuberechnung des Rohrnetzes, Austausch der Thermostatventile, Pumpen neu berechnet und ausgelegt. Eventuell ist der Einbau neuer Ventile und die Eindrosselung der Stränge und Ventile zu veranlassen.

Weitere technische Maßnahmen

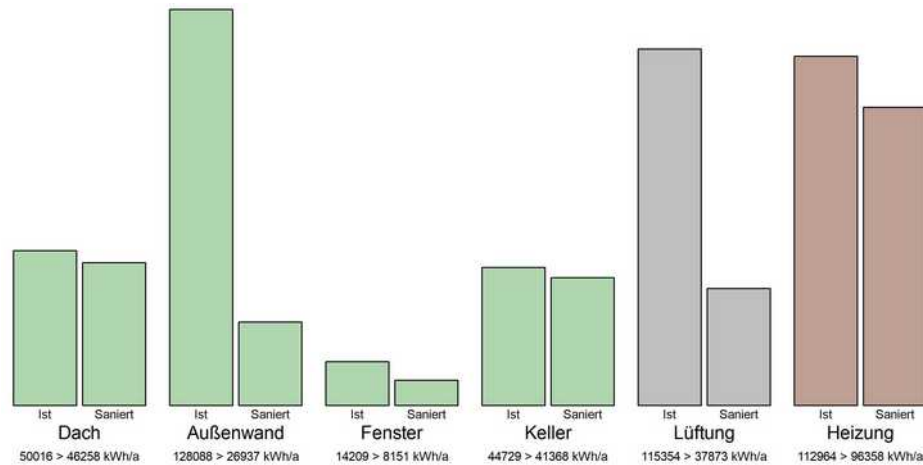
Umrüstung am LED, Bewegungsmelder (Verkehrsflächen, Sanitärräume)

Hinweis zur Baubegleitung

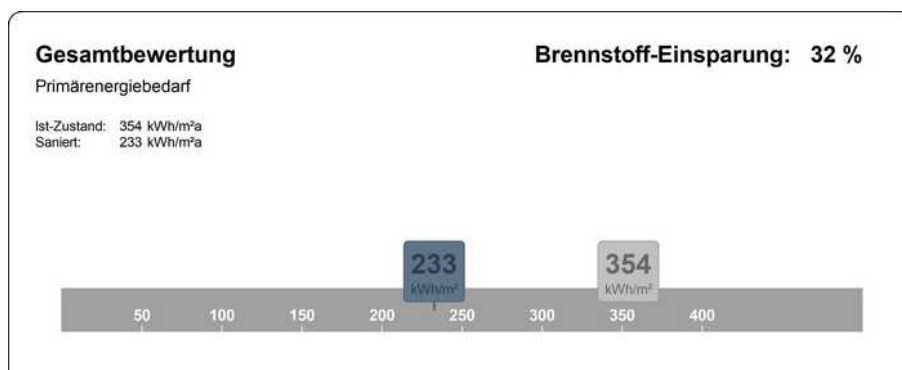
Bei Inanspruchnahme eines KfW-Kredites oder -zuschusses kann die Baubegleitung ebenfalls mit 50 % (bis max. 4.000 Euro) gefördert werden.

Energieeinsparung

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **32 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.049 kWh/Jahr reduziert sich auf 336.658 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 156.391 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 56.426 kg CO₂/Jahr reduziert. Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf auf **233 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung

Kosten-Nutzen-Analyse

Variante 6: Optimierung der Heizung/Temperatur max. 19°/hydraulischer Abgleich.							
Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionskosten inkl. Fugensan. [€]	Öffentliche Fördermittel (siehe Kap. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen		Kosten / Nutzen [-]	Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]	
			Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a] [%]			
29.521	257.550	104.000	156.391	16.054 35	10 : 1	20 - 50	
	520.000	104.000			16 : 1 *)		
	670.000	156.000 **)			17 : 1 *)		

Alle Kosten verstehen sich brutto. *) bei einer prognostizierten Preissteigerung von 5 %; **) Förderprogramm Land Hessen

Gesamtkosten

Varianten 2-6: WDVS, Fenster-/Türerneuerung, Luftdichtheit, Trennung Sporthalle und Umkleidzone (dez. Lüftungsanlagen Wärmerückgewinnung), Luftvolumenstrom mit installierten Frequenzum-

richtern (und CO₂-Fühlern) dem tatsächlichen Bedarf anpassen (mind. 8.000 m³/h; Frischluft-Ansaugöffnungen der Sporthalle am Zuluftkanal vergrößern, Umrüstung auf LED, Senkung der Solltemperatur auf max. 19° (bei Bedarf noch darunter); hydraulischer Abgleich; Flächenheizungen wie Wärmestrahlerplatten z. B. Zuschauertribüne=520.000 Euro (zzgl. 10% Unvorhergesehenes). *Davon geringinvestive Maßnahmen: Schließen der Zuluftöffnungen zwischen Halle/Umkleide (ca. 3.000 Euro), Verbesserung der Heizungs-/ Lüftungsregelung (ca. 10.000 Euro), hydraulischer Abgleich (ca. 5.000 Euro).*

Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Im Rahmen der Förderprogramme (Land Hessen oder KfW) kann die Maßnahme um 20 % (Tilgungszuschuss bei KfW-Einzelmaßnahmen) bis zu 30 % (Förderprogramm von Energetischen Sanierungen des Landes Hessen; Fördervoraussetzung scheint gegeben) gefördert werden.

4.6 Var. 7: +Thermische Solaranlage für die Warmwasserbereitung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände: 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0

Fenster/Tür: 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/1,0; Leichtmetallrahmentür 1,1

U-Wert-Übersicht s. Variante 4

Modernisierung der Anlagentechnik

Heizung: Solltemperatur max. 19 Grad (jedes Grad weniger kann bis zu 6 % Heizenergie einsparen), hydraulischer Abgleich

Warmwasser: Solaranlage für Warmwasserbereitung (statische Prüfung vorausgesetzt)

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung der Wärmebrücken/unkontrollierter Lüftungswärmeverluste

Wärmebrücken: Diese werden bei der Ausführung weitestgehend minimiert.

Lüftungswärmeverluste: Blower-Door-Test, die dadurch festgestellten Undichtigkeiten werden beseitigt, Trennung von Halle und Umkleidebereich durch Zumauern der Zuluftöffnungen, dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung in den drei Sanitärräumen mit Luftaustausch der Umkleideräume. Anpassung des Luftvolumenstroms auf den tatsächlichen Bedarf (8.000 m³/h).

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage

Neuberechnung des Rohrnetzes, Austausch der Thermostatventile, Pumpen neu berechnet und ausgelegt. Ev. ist der Einbau neuer Ventile und die Eindrosselung der Stränge und Ventile zu veranlassen.

Weitere technische Maßnahmen

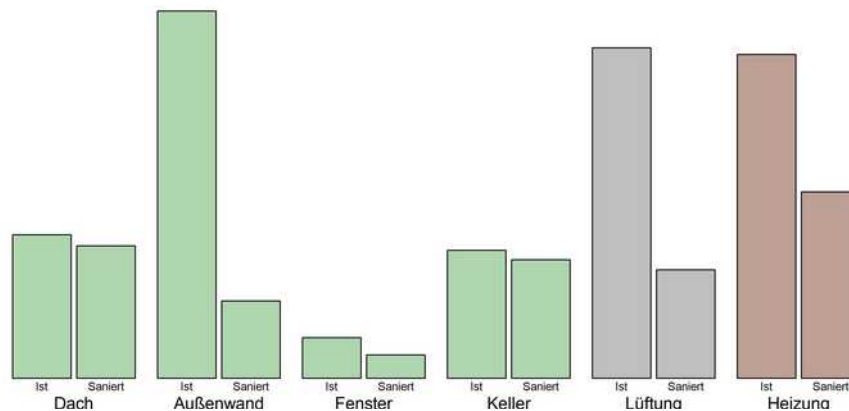
Umrüstung am LED, Bewegungsmelder

Hinweis zur Baubegleitung

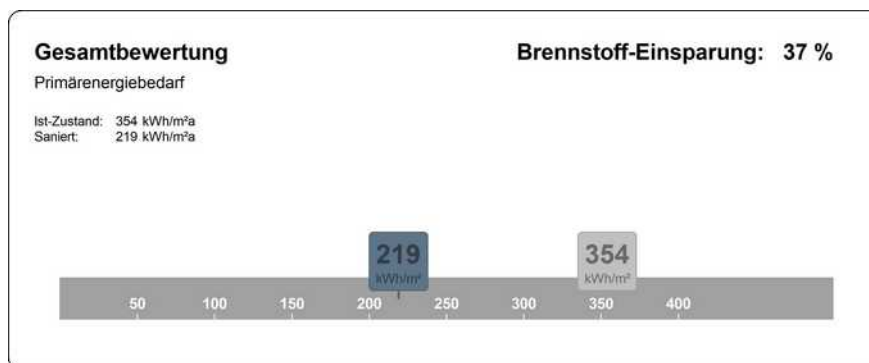
Bei Inanspruchnahme eines KfW-Kredites oder -zuschusses kann die Baubegleitung ebenfalls mit 50 % (bis max. 4.000 Euro) gefördert werden.

Energieeinsparung

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **37 %**.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.049 kWh/Jahr reduziert sich auf 310.048 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 183.001 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 62.170 kg CO₂/Jahr reduziert. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **219 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung

Kosten-Nutzen-Analyse

Variante 7: +Solaranlage WW							
Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionsk. Gesamtkosten/ inkl. Fugensan. [€]	Öffentliche Fördermittel (siehe Kap. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen [-]	Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
			Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	Energiekosten [%]		
28.055	277.550	104.400	183.001	17.520	38	10 : 1	20 - 50
	560.000	112.000				16 : 1 *)	
	710.000	168.000 **)				17 : 1 *)	

Alle Kosten verstehen sich brutto. *) bei einer prognostizierten Preissteigerung von 5 %; **) Förderprogramm Land Hessen

Gesamtkosten

Varianten 2-7: WDVS, Fenster-/Türerneuerung, Luftdichtheit, Trennung Sporthalle und Umkleidezone (dez. Lüftungsanlagen Wärmerückgewinnung), Luftvolumenstrom mit installierten Frequenzumrichtern (und CO₂-Fühlern) dem tatsächlichen Bedarf anpassen (mind. 8.000 m³/h; Frischluft-Ansaugöffnungen der Sporthalle am Zuluftkanal vergrößern, LED-Umrüstung, Senkung der Solltemperatur auf max. 19° (bei Bedarf sogar noch darunter); hydraulischer Abgleich; Flächenheizungen wie Wärme-

strahlplatten z. B. im Bereich der Zuschauertribüne, Solaranlage WW=560.000 Euro (zzgl. 10% Unvorhergesehenes); *Davon geringinvestive Maßnahmen: Schließen der Zuluftöffnungen Halle/ Umkleide (3.000 Euro), Verbesserung der Heizungs-/ Lüftungsregelung (10.000 Euro), hydraulischer Abgleich (5.000 Euro), Tausch der Zirkulationspumpe (aus hygien. Gründen; 5.000 Euro).*

Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Im Rahmen der Förderprogramme (Land Hessen oder KfW) kann die Maßnahme um 20 % (Tilgungszuschuss bei KfW-Einzelmaßnahmen) bis zu 30 % (Förderprogramm von Energetischen Sanierungen des Landes Hessen; Fördervoraussetzung scheint gegeben) gefördert werden. Bundesamt für Ausfuhrkontrolle (BAFA): Marktanzreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien.

4.7 Variante 8 : +Dunkelstrahler (dezentrale Infrarotheizungen)

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände: 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0
Fenster: 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/1,0, Leichtmetallrahmentür 1,1
U-Wert-Übersicht s. Variante 4

Modernisierung der Anlagentechnik

Heizung: Einbau von 5 Dunkelstrahlern an der Decke; Wärme entsteht am Boden, wo es benötigt wird und nicht unter dem Dach (im Gegenteil zur Warmluftheizung, bei der die erwärmte Luft seitlich in die Halle geblasen wird und thermisch bis zur Decke aufsteigt und an den kalten Wänden abkühlt und absinkt; der Boden bleibt kalt), dezentrale Verbrennung, direkte geschlossene Abgasführung, zug- und staubfreie Beheizung, gleichmäßige Wärmeverteilung auch bei schlecht gedämmten Hallen, kombinierbar mit vorhandenen Frischluftzufuhrschächten; Solltemperatur max. 19 Grad, hydraul. Abgleich
Warmwasser: Solaranlage für Warmwasserbereitung (statische Prüfung vorausgesetzt).

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung der Wärmebrücken/unkontrollierter Lüftungswärmeverluste

Wärmebrücken: Diese werden bei der Ausführung weitestgehend minimiert.

Lüftungswärmeverluste: Blower-Door-Test, die dadurch festgestellten Undichtigkeiten werden beseitigt, Trennung von Halle und Umkleidebereich durch Zumauern der Zuluftöffnungen, dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung in den drei Sanitärräumen mit Luftaustausch der Umkleideräume. Anpassung des Luftvolumenstroms auf den tatsächlichen Bedarf (8.000 m³/h).

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage

Neuberechnung des Rohrnetzes, Austausch der Thermostatventile, Pumpen neu berechnet und ausgelegt. Ev. ist der Einbau neuer Ventile und die Eindrosselung der Stränge und Ventile zu veranlassen.

Weitere technische Maßnahmen

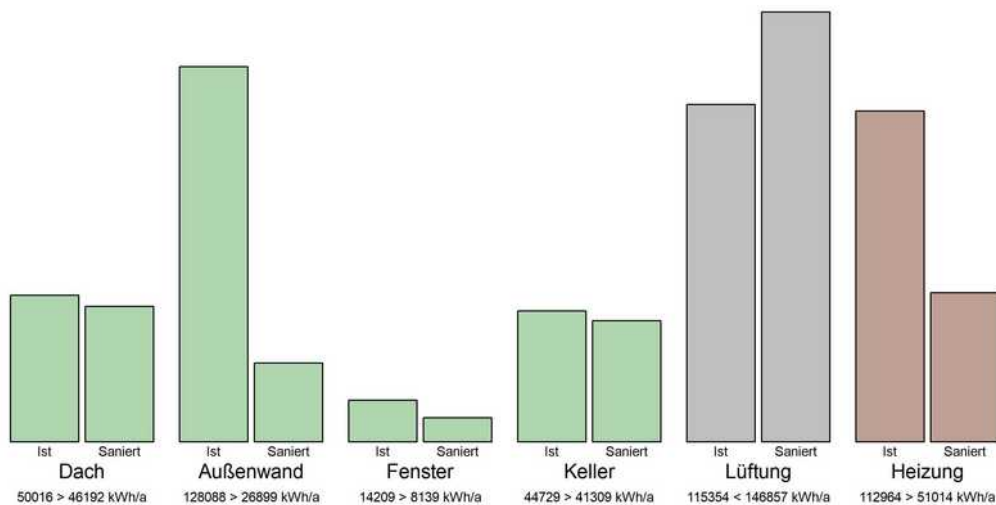
Umrüstung am LED, Bewegungsmelder

Hinweis zur Baubegleitung

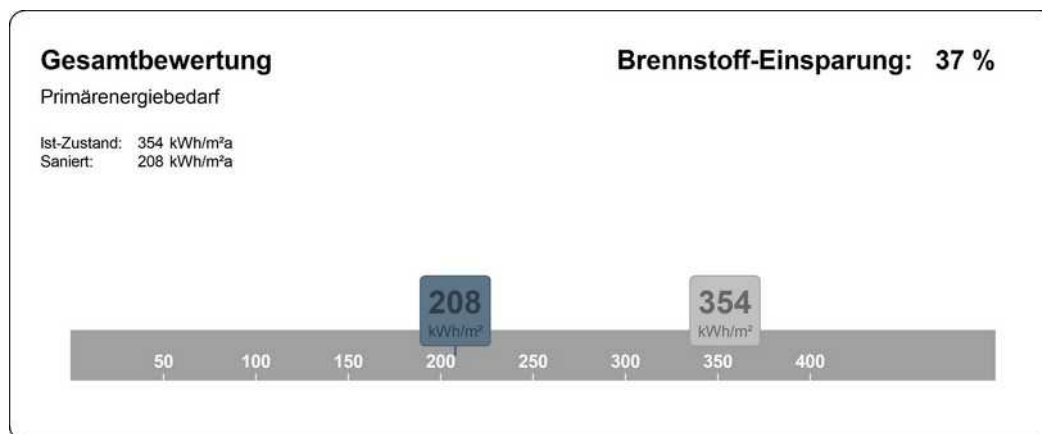
Bei Inanspruchnahme eines KfW-Kredites oder -zuschusses kann die Baubegleitung ebenfalls mit 50 % (bis max. 4.000 Euro) gefördert werden.

Energieeinsparung

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **37 %**.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.049 kWh/Jahr reduziert sich auf 312.916 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 180.133 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 68.427 kg CO₂/Jahr reduziert. Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf auf **208 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung

Kosten-Nutzen-Analyse

Variante 8: +Dunkelstrahler							
Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionsk. Gesamtkosten/ inkl. Fugensan. [€]	Öffentliche Fördermittel (siehe Kap. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen [-]	Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
			Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	Energiekosten [%]		
25.956	297.550	128.000	180.133	19.619	43	9 : 1	20 - 50
	640.000	128.000				16 : 1 *)	
	790.000	192.000 **)				16 * 1 *)	

Alle Kosten verstehen sich brutto. *) bei einer prognostizierten Preissteigerung von 5 %; **) Förderprogramm Land Hessen

Gesamtkosten

Varianten 2-8: WDVS, Fenster-/Türerneuerung, Luftdichtheit, Trennung Sporthalle und Umkleidezone (dez. Lüftungsanlagen WR), Luftvolumenstrom mit installierten Frequenzumrichtern (und CO₂-Dipl. Ing. FH Dierk Binder

Fühlern) dem tatsächlichen Bedarf anpassen (mind. 8.000 m³/h; Frischluft-Ansaugöffnungen der Sporthalle am Zuluftkanal vergrößern, LED-Umrüstung, Senkung der Solltemperatur auf max. 19°; hydraulischer Abgleich; 5 Dunkelstrahler an der Decke, Flächenheizungen wie Wärmestrahlerplatten z. B. im Bereich der Zuschauertribüne, Solaranlage WW=640.000 Euro (zzgl. 10% Unvorhergesehenes)
Davon geringinvestive Maßnahmen: Schließen der Zuluftöffnungen zwischen Halle und Umkleide (3.000 Euro), Verbesserung der Heizungs- und Lüftungsregelung (10.000 Euro), hydraulischer Abgleich (5.000 Euro), Tausch der Zirkulationspumpe (aus hygienischen Gründen; 5.000 Euro).

Hinweis zu Bundesförderprogrammen

s. Hinweise in den vorhergehenden Maßnahmen.

4.8 Var. 9: Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Sporthalle)

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände: 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0
Fenster/Tür: 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/1,0; Leichtmetallrahmentür 1,1
U-Wert-Übersicht s. Variante 4

Modernisierung der Anlagentechnik

Heizung: Solltemperatur max. 19 Grad, hydraulischer Abgleich

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung der Wärmebrücken/unkontrollierter Lüftungswärmeverluste

Wärmebrücken: diese werden bei der Ausführung minimiert

Lüftungswärmeverluste: Luftdichtheit erstellen, Luftdichtheit prüfen, Trennung von Halle und Umkleidebereich durch Zumauern der Zuluftöffnungen, dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung in den drei Sanitärräumen mit Luftaustausch der Umkleideräume.

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage

Neuberechnung des Rohrnetzes, Austausch der Thermostatventile, Pumpen neu berechnet und ausgelegt. Eventuell ist der Einbau neuer Ventile und die Eindrosselung der Stränge und Ventile zu veranlassen.

Weitere technische Maßnahmen

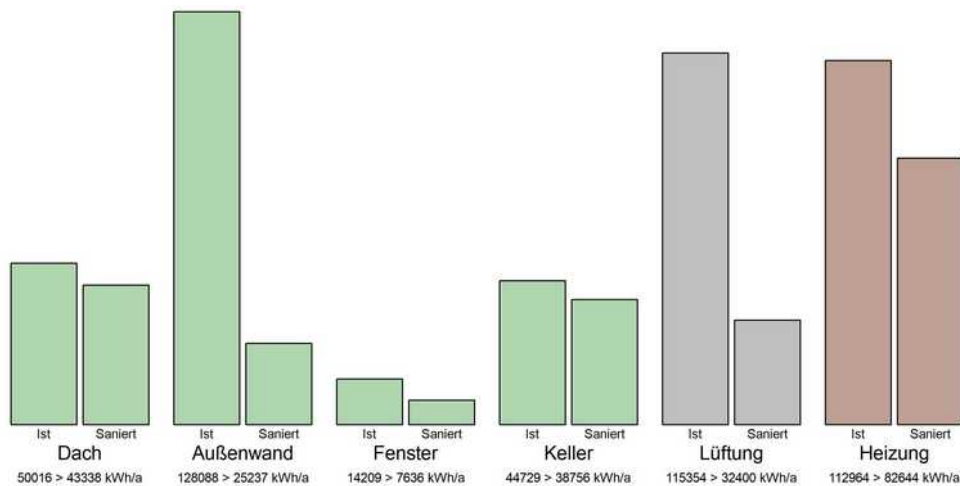
Umrüstung am LED, Bewegungsmelder

Hinweis zur Baubegleitung

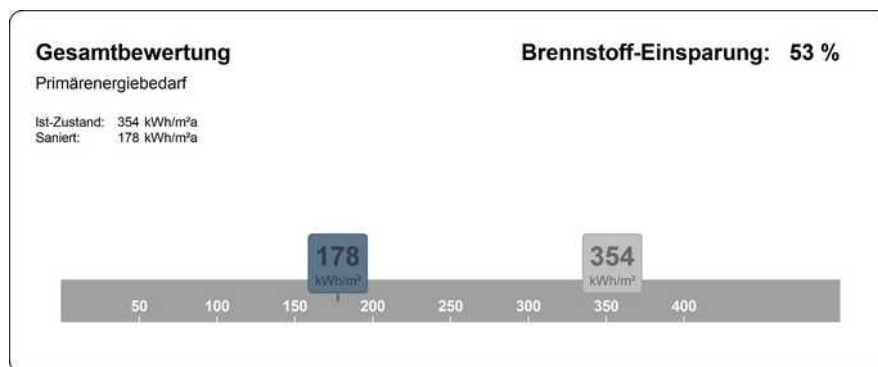
Bei Inanspruchnahme eines KfW-Kredites oder -zuschusses kann die Baubegleitung ebenfalls mit 50 % (bis max. 4.000 Euro) gefördert werden.

Energieeinsparung

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **53 %**.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.049 kWh/Jahr reduziert sich auf 231.069 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 261.980 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 79.474 kg CO₂/Jahr reduziert. Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf auf **178 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung

Kosten-Nutzen-Analyse

Variante 9: Alternativ: Neue Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Sporthalle)							
Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionsk. Gesamtkosten/ inkl. Fugensan. [€]	Öffentliche Fördermittel (siehe Kap. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen [-]	Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]
			Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	Energiekosten [%]		
23.621	290.850	158.000	261.980	21.954	48	8 : 1	20 - 50
	790.000	158.000				17 : 1 *)	
	940.000	237.000 **)				18 : 1 *)	

Alle Kosten verstehen sich brutto. *) bei einer prognostizierten Preissteigerung von 5 %; **) Förderprogramm Land Hessen

Gesamtkosten

Varianten 2-6,9: WDVS, Fenster-/Türerneuerung, Luftdichtheit, Trennung Sporthalle und Umkleidone (dez. Lüftungsanlagen Wärmerückgewinnung), Luftvolumenstrom mit installierten Frequenzum-

richtern (und CO₂-Fühlern) dem tatsächlichen Bedarf anpassen (mind. 8.000 m³/h; Frischluft-Ansaugöffnungen der Sporthalle am Zuluftkanal vergrößern, LED-Umrüstung, Senkung der Solltemperatur auf max. 19° (bei Bedarf sogar noch darunter); hydraulischer Abgleich; Flächenheizungen wie Wärmestrahlplatten z. B. im Bereich der Zuschauertribüne, Lüftungsanlage WR=790.000 Euro (zzgl. 10% Unvorhergesehenes); *Davon geringinvestive Maßnahmen: Schließen der Zuluftöffnungen Halle/Umkleide (3.000 Euro), Verbesserung der Heizungs-/Lüftungsregelung (10.000 Euro), hydraulischer Abgleich (5.000 Euro), Tausch der Zirkulationspumpe (aus hygien. Gründen; 5.000 Euro).*

Hinweis zu Bundesförderprogrammen

s. Hinweise in den vorhergehenden Maßnahmen.

4.9 Var. 10: Lüftung Wärmerückgewinnung und Solaranlage WW (KfW100)

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände: 14 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), Leitf.: 0,0
Fenster: 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,8/1,0; Leichtmetallrahmentür 1,1
U-Wert-Übersicht s. Variante 4

Modernisierung der Anlagentechnik

Heizung: Solltemperatur max. 19 Grad, hydraulischer Abgleich
Warmwasser: Solaranlage für Warmwasserbereitung (statische Berechnung vorausgesetzt)

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung der Wärmebrücken/unkontrollierter Lüftungswärmeverluste

Wärmebrücken: diese werden bei der Ausführung minimiert
Lüftungswärmeverluste: Luftdichtheit erstellen, Luftdichtheit prüfen, Trennung von Halle und Umkleidebereich durch Zumauern der Zuluftöffnungen, dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung in den drei Sanitäräumen mit Luftaustausch der Umkleideräume.

Maßnahmen zur Beseitigung/Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage

Neuberechnung des Rohrnetzes, Austausch der Thermostatventile, Pumpen neu berechnet und ausgelegt. Ev. ist der Einbau neuer Ventile und die Eindrosselung der Stränge und Ventile zu veranlassen.

Weitere technische Maßnahmen

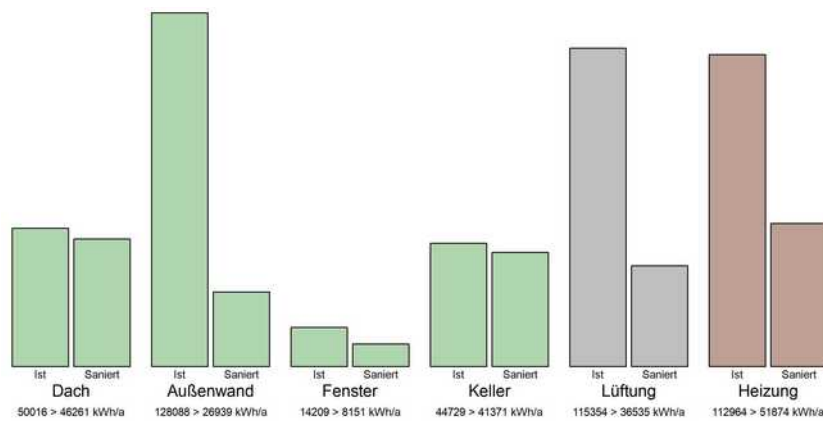
Umrüstung am LED, Bewegungsmelder

Hinweis zur Baubegleitung

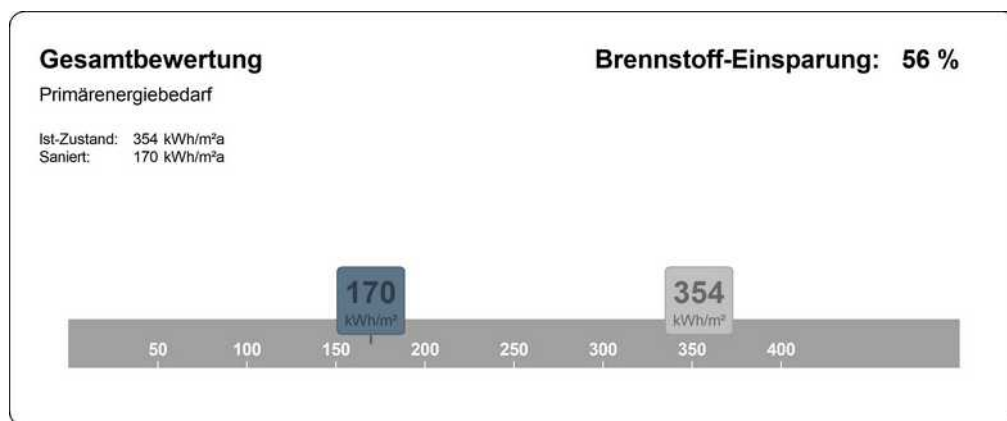
Bei Inanspruchnahme eines KfW-Kredites oder -zuschusses kann die Baubegleitung ebenfalls mit 50 % (bis max. 4.000 Euro) gefördert werden.

Energieeinsparung

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **56 %**.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.049 kWh/Jahr reduziert sich auf 214.969 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 278.080 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 82.880 kg CO₂/Jahr reduziert. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **170 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Sanierung

Kosten-Nutzen-Analyse

Variante 10: Lüftung Wärmerückgewinnung und Solaranlage WW (KfW100)							
Energiekosten nach Sanierung [€/a]	Energetisch bedingte Investitionskosten inkl. Fugensan. [€]	Öffentliche Fördermittel (siehe Kap. Förderung) [€]	prognostizierte Einsparungen		Kosten / Nutzen [-]	Lebensdauer der Maßnahme (bei regelmäßigem Unterhalt) [Jahre]	
			Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a] [%]			
22.757	310.850	166.000	278.080	22.818 50	9 : 1	20 - 50	
	830.000	166.000			17 : 1 *)		
	980.000	249.000 **)			18 : 1 *)		

Alle Kosten verstehen sich brutto. *) bei einer prognostizierten Preissteigerung von 5 %; **) Förderprogramm Land Hessen

Gesamtkosten

Varianten 2-10 ohne 8: WDVS, Fenster-/Türerneuerung, Luftdichtheit, Trennung Sporthalle und Umkleidezone (dez. Lüftungsanlagen Wärmerückgewinnung), Luftvolumenstrom mit installierten Frequenzumrichtern (und CO₂-Fühlern) dem tatsächlichen Bedarf anpassen (mind. 8.000 m³/h; Frischluft-Ansaugöffnungen der Sporthalle am Zuluftkanal vergrößern, Umrüstung auf LED, Senkung der Solltemperatur auf max. 19° (bei Bedarf sogar noch darunter); hydraulischer Abgleich; Flächenheizungen wie Wärmestrahlplatten z. B. im Bereich der Zuschauertribüne, Solaranlage WW, Lüftungsanlage WR = ca. 610.000 Euro (zzgl. 10 % Unvorhergesehenes)

Davon geringinvestive Maßnahmen: Schließen der Zuluftöffnungen zwischen Halle und Umkleide (3.000 Euro), Verbesserung der Heizungs- und Lüftungsregelung (10.000 Euro), hydraulischer Abgleich (5.000 Euro), Tausch der Zirkulationspumpe (aus hygienischen Gründen; 5.000 Euro)

Hinweis zu Bundesförderprogrammen

Im Rahmen der Förderprogramme (Land Hessen oder KfW) kann die Maßnahme um 20 % (Tilgungszuschuss bei KfW-Effizienzhaus 100) bis zu 30 % (Förderprogramm von Energetischen Sanierungen des Landes Hessen; Fördervoraussetzung scheint gegeben) gefördert werden. Bundesamt für Ausführungskontrolle (BAFA): Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien.

Zusätzliche Kosten (nicht energetisch bedingt bzw. in unmittelbarem Zusammenhang dazu)

-Kosten für die neue Sicherheitsbeleuchtung und Errichtung eines neuen ELT-Schaltsschranks 45.000€

-Brandschutztüren im Innenbereich (kalk. 70.000€)

-Sanierung der Halleninnenwände (neue Holzverschalung, Trennvorhänge, Tribüne (kalk. 200.000€)

-Kosten für Ingenieure (anrechenbar ca. 350.000 Euro=90.000€), Architekt (ca. 625.000=120.000€)

Zusammen fallen als „Zusätzliche Kosten“ noch **525.000 Euro** an.

Fazit

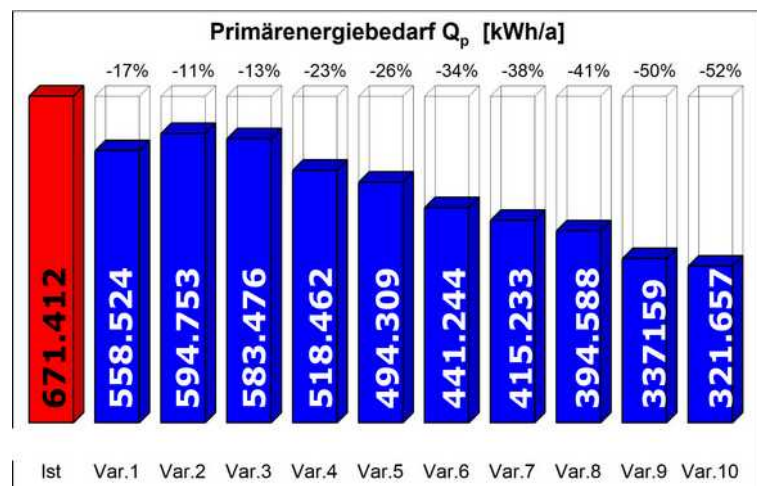
Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit (Amortisation) ist ein komplettes Maßnahmenpaket mit den baulichen Maßnahmen (WDVS, Fenster) in Kombination mit neuer Lüftungsanlage (Wärmerückgewinnung mit Dichtheitsprüfung und erfolgter Trennung der Nutzungszonen hinsichtlich Wärme- aber auch Brandschutz) und neuen LED-Leuchtstoffröhren zu empfehlen. Diese Einzelmaßnahmen können schrittweise über Jahre verteilt oder in einem Zug (wie vorgeschlagen) durchgeführt werden. Bei dem Maßnahmenpaket 10 würden sich die Kosten bei **1,5 Millionen** (inkl. Fugensanierung und der „zusätzlichen Kosten“) bewegen.

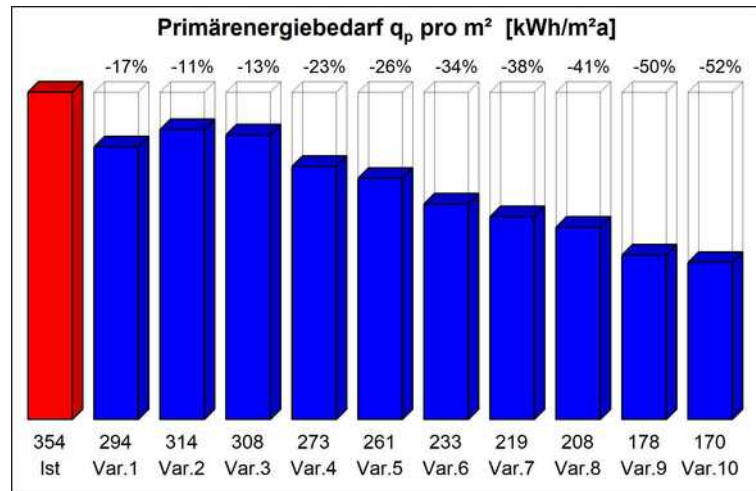
5. Balkendiagramme

Primärenergiebedarf

Ist-Zustand

- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9: +Solar (KfW100)

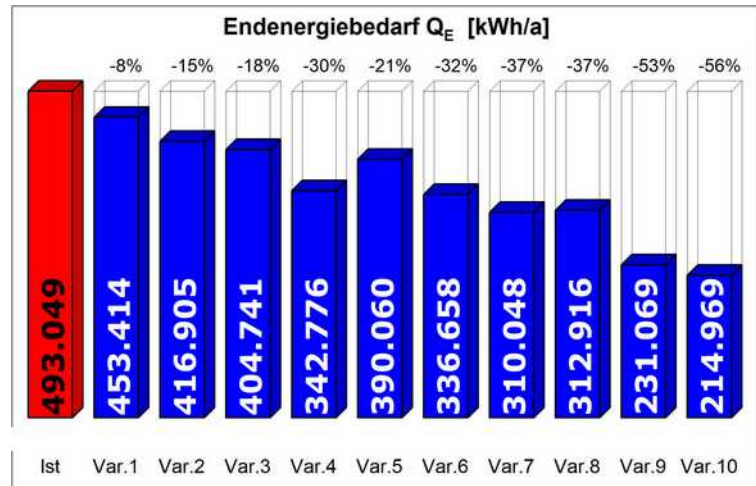




Ist-Zustand

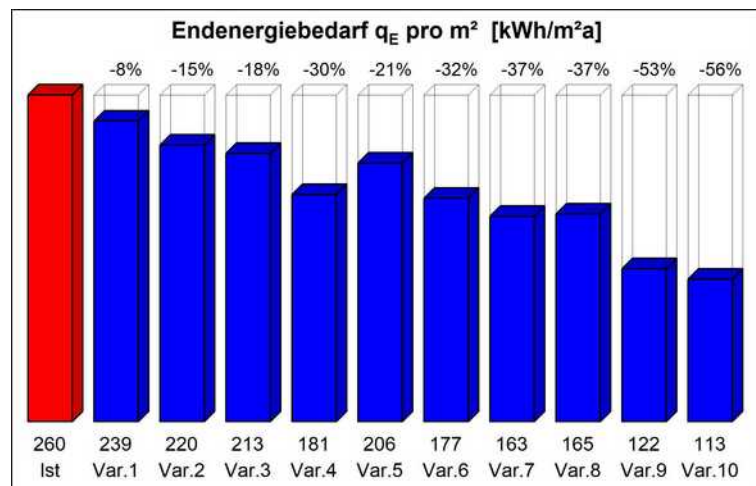
- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)

Endenergiebedarf



Ist-Zustand

- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



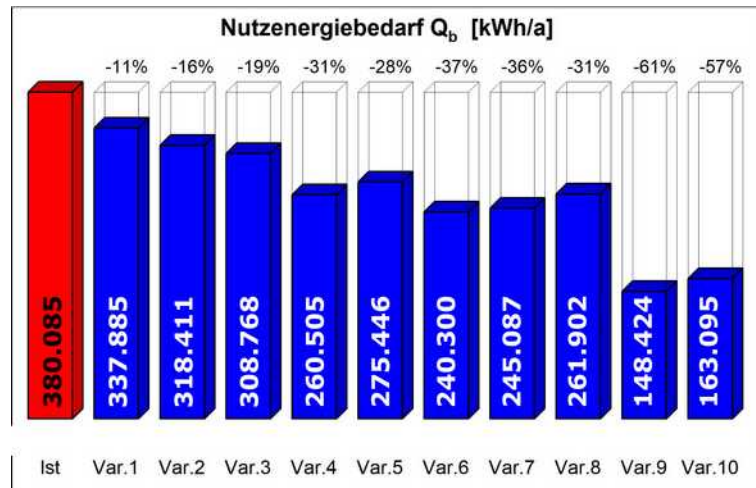
Ist-Zustand

- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)

Nutzenergiebedarf

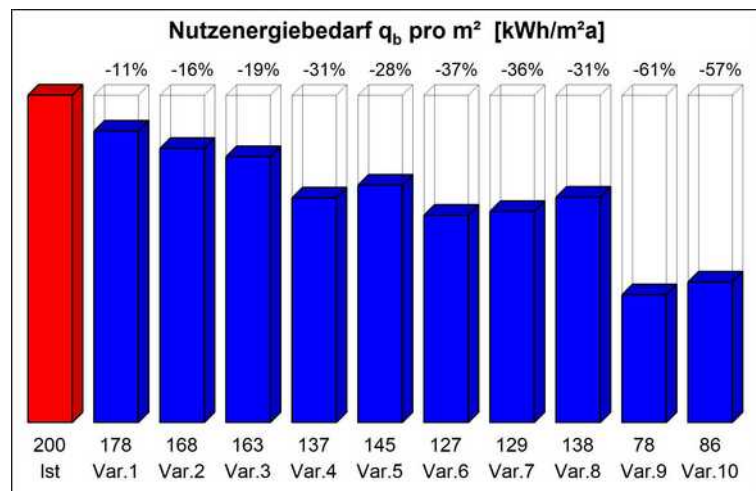
Ist-Zustand

- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



Ist-Zustand

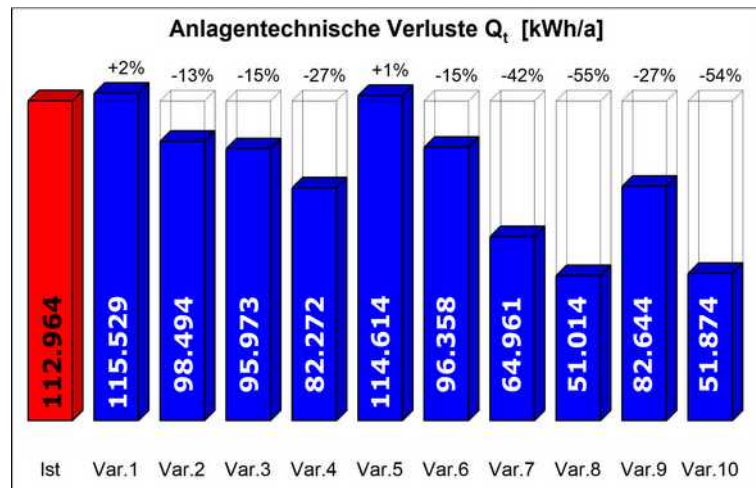
- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



Anlagentechnische Verluste

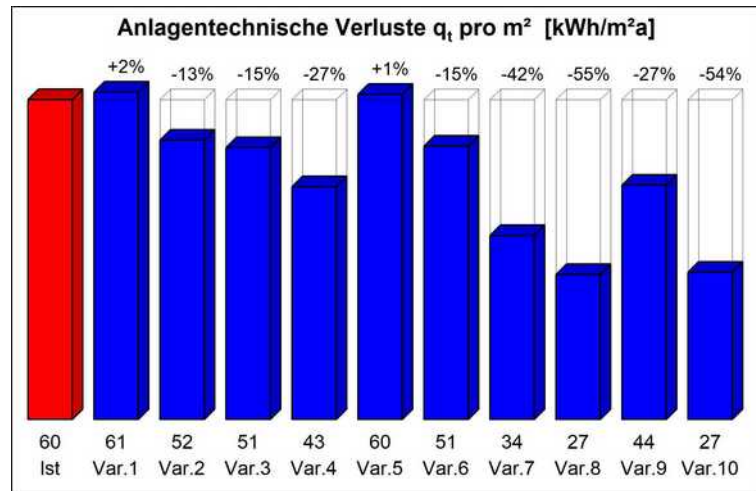
Ist-Zustand

- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



Ist-Zustand

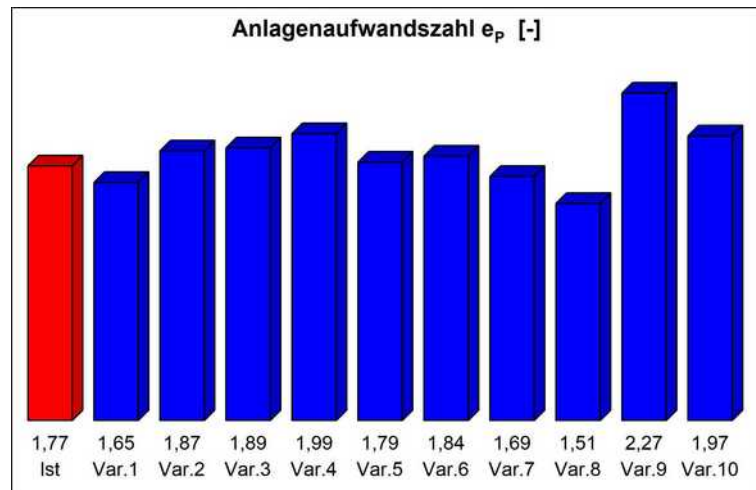
- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



Anlagenaufwandszahl

Ist-Zustand

- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)

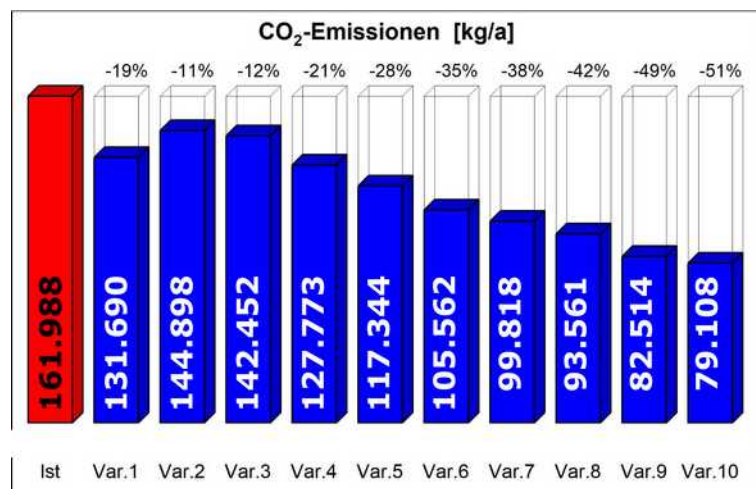


Schadstoff-Emissionen

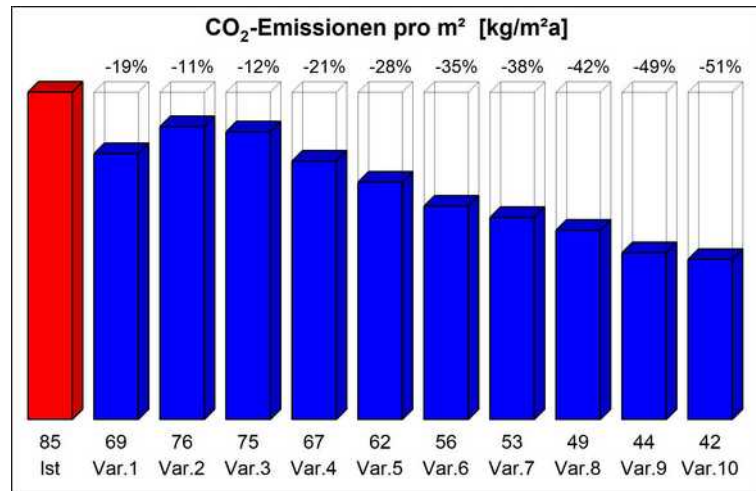
CO₂-Emissionen

Ist-Zustand

- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)

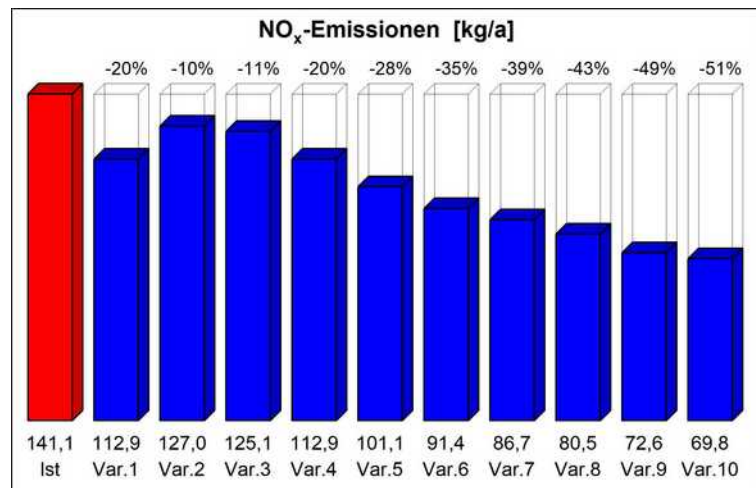


- Ist-Zustand
 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
 2 - Fassadendämmung
 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
 5 - +LED/Luftvol.strom *2
 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
 7 - +Solaranlage WW
 8 - +Dunkelstrahler
 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



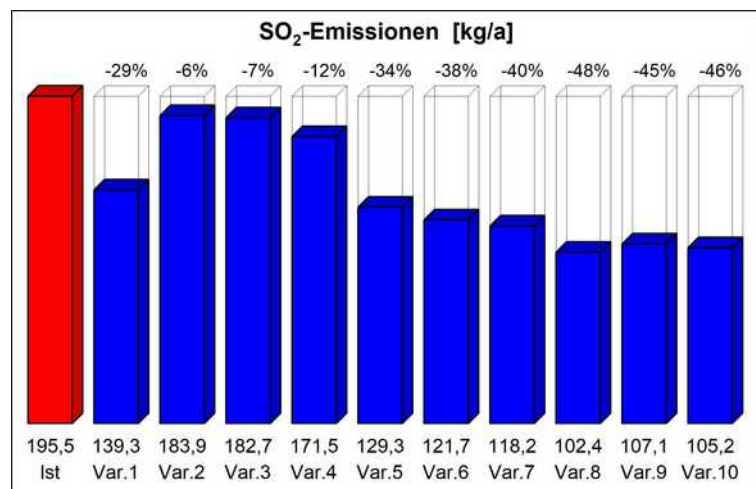
NO_x-Emissionen

- Ist-Zustand
 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
 2 - Fassadendämmung
 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
 5 - +LED/Luftvol.strom *2
 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
 7 - +Solaranlage WW
 8 - +Dunkelstrahler
 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



SO₂-Emissionen

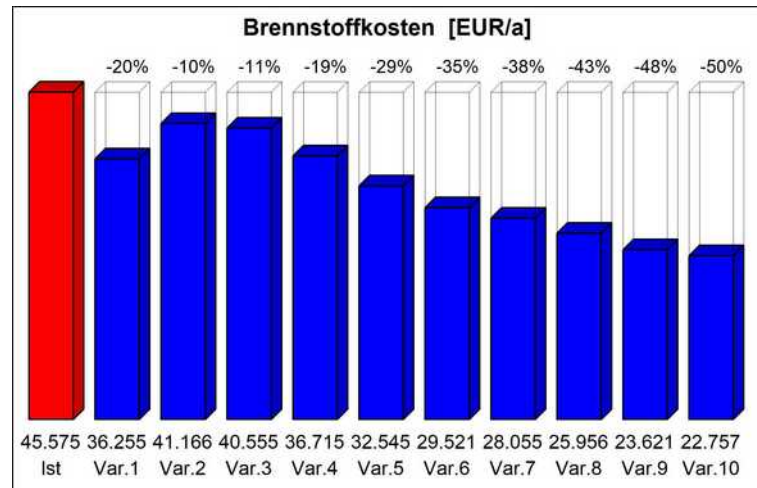
- Ist-Zustand
 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
 2 - Fassadendämmung
 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
 5 - +LED/Luftvol.strom *2
 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
 7 - +Solaranlage WW
 8 - +Dunkelstrahler
 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



Kosten / Wirtschaftlichkeit

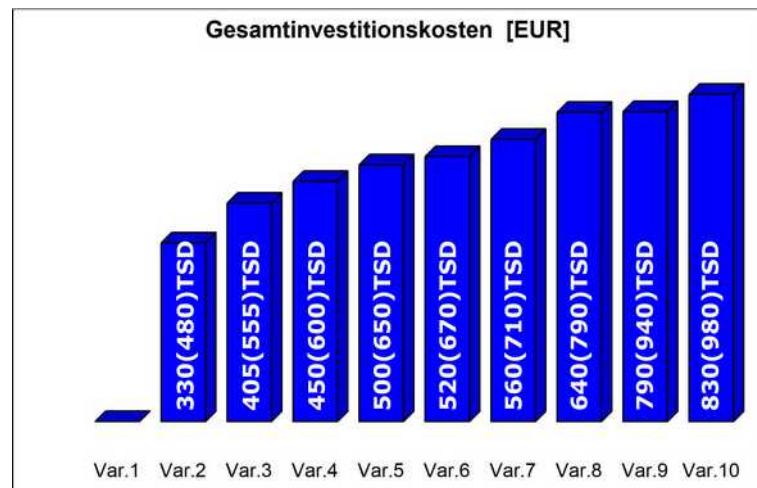
Brennstoffkosten

- Ist-Zustand
- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



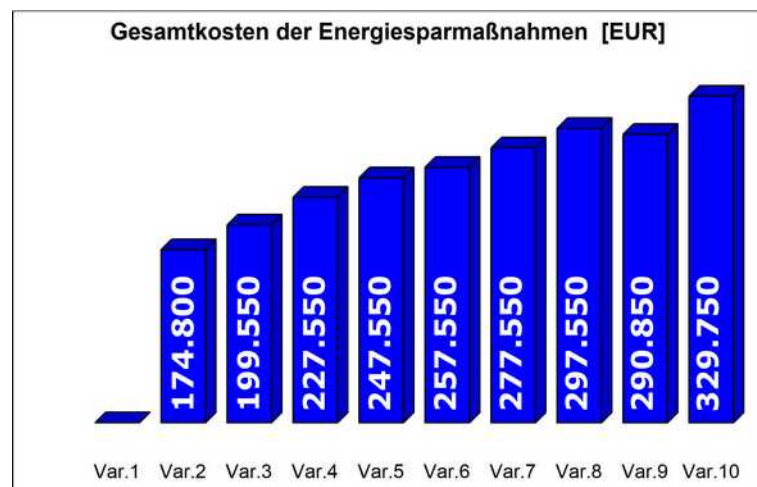
Gesamtinvestitionskosten

- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



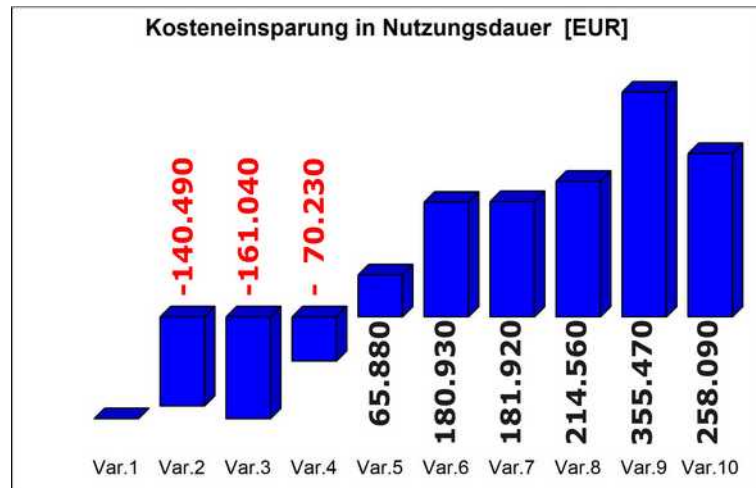
Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen

- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)

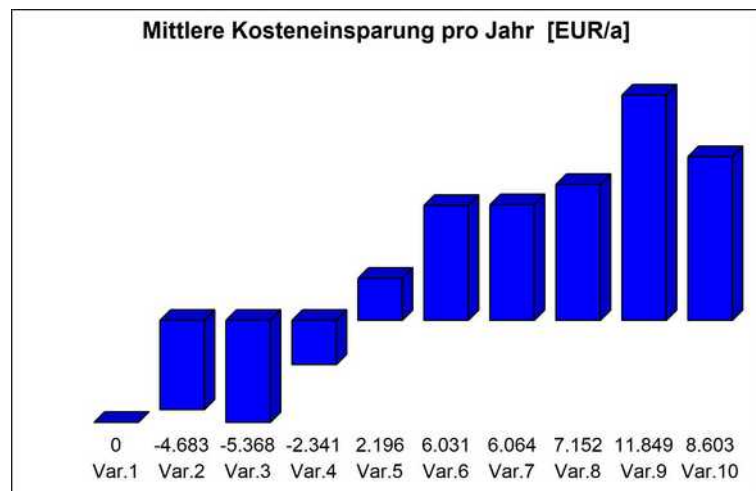


Kosteneinsparung durch die Energiesparmaßnahmen

- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



- 1 - reale Nutzung: 1/2 Hallenbeleuchtg.
- 2 - Fassadendämmung
- 3 - Fassade+Fenster-/Türerneuerung
- 4 - Halle luftdicht, getr. Umkl. dezLWR
- 5 - +LED/Luftvol.strom *2
- 6 - +Opt.Hzg/Lft./Temp.18/hydr.Abgl.
- 7 - +Solaranlage WW
- 8 - +Dunkelstrahler
- 9 - Var.1-6: +neue Lüftung WR
- 10 - Var.1-6,9:+Solar (KfW100)



Anhang - Brennstoffdaten

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi *
Erdgas E	m ³	10,42	11,57	1,11
Strom	kWh	1,00		

* Bitte beachten: In der EnEV-Berechnung für den Wohnungsbau nach DIN 4108-6 / DIN 4701-10 sind die Endenergiewerte auf den Heizwert bezogen - in der Berechnung nach DIN 18599 hingegen auf den Brennwert. Standardwerte für das Verhältnis Hs/Hi aus DIN 18599-1 Anhang B.

	Einheit	Arbeitspreis Cent/Einheit	Arbeitspreis Cent/kWh	Grundpreis Euro/ Jahr
Erdgas E	m ³	65,2	6,26	182
Strom	kWh	19,2	19,20	50

	Primär- energie- faktor	CO ₂ - Emissionen g/kWh	SO ₂ - Emissionen g/kWh	NO _x -Emissionen g/kWh
Erdgas E	1,1	244	0,157	0,200
Strom	1,8	633	1,111	0,583