

Bericht Realschule Baumholder

Mit freundlicher Unterstützung des Ministeriums
für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz
Rheinland Pfalz



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
UMWELT, FORSTEN UND
VERBRAUCHERSCHUTZ



Projektbegleitung
Energetische Sanierung
Realschule Baumholder

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Einleitung.....	3
3	Projektauftrag.....	4
4	Objektbeschreibung.....	8
5	Bewertung Energie-Potential.....	10
6	Beschreibung der Anlagentechnik.....	20
7	Konstruktive Lösungsansätze.....	31
8	Bewertung Solarstrom-Potential	43
9	Bewertung CO ₂ -Potential.....	52
10	Bewertung Finanz-Potential	55
11	Abkürzungsverzeichnis (alphabetisch).....	69
12	Impressum.....	71

2 Einleitung

Vor dem Hintergrund der Umweltbelastung durch CO₂ sowie dem rapiden Preis-Anstieg der sich verknappenden nicht regenerativen fossilen Energieträger (Gas, Öl, Kohle, etc.) werden Lösungen zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes sowie alternative Lösungen zu den fossilen Energieträgern mehr denn je benötigt.

Die Bewirtschaftung von Gebäuden verbraucht in Deutschland ca. 40 % der Energie und stellt somit ein hohes Potential zur Energieeinsparung dar. Das Land Rheinland-Pfalz, als Eigentümer einer erheblichen Anzahl von Gebäuden verschiedenster Nutzungen sowie Bauarten und somit als großer Energieverbraucher, sieht sich in der Verantwortung, u. a. auch im Sinne eines Vorbildcharakters, seine eigenen Gebäude energetisch zu optimieren.

Ziel ist hierbei die maximale Reduzierung des Verbrauchs von Primärenergie unter Berücksichtigung des wirtschaftlich gebotenen. An Hand ausgewählter Pilot-Projekte soll die Machbarkeit der Zielsetzung überprüft und die dabei gewonnen Erkenntnisse anderen Projekten, im Sinne eines Wissenstransfers, öffentlich zugänglich gemacht werden.

Das INBG | Institut für Nachhaltiges Bauen und Gestalten der Fachhochschule Kaiserslautern erstellt nachstehend für das unten genannte Objekt in angewandter Forschung eine wissenschaftliche Untersuchung, Bewertung und Veröffentlichung.

Objekt:

Realschule Baumholder, Im Brühl 20, 55774 Baumholder

Bauherr:

Verbandsgemeine Baumholder, Am Weiherdamm 1, 55774 Baumholder

3 Projektauftrag

Projekt: Energetische Sanierung der Realschule Baumholder

Projektziel: Wirtschaftlich optimiertes Null-Emissions-Gebäude

Leistungsangebot Projektbegleitung

Projektbeurteilung

Mitwirkung bei der Akquise des Projektes
Besichtigung des Objektes
Besprechung mit den Objektverantwortlichen
Beurteilung auf Aufnahme in das Programm

Bestandsdatenerfassung

Übernahme der Daten

Bewertung Energie-Potential, EnEV und DIN 18599

Übernahme der Daten von den beteiligten Planern
Analyse und Bewertung der Daten
Entwicklung alternativer Lösungsvarianten unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte Energie und Wirtschaftlichkeit
Lösungsvarianten für eine vom Bestand, bzw. vom aktuellen Planungsstand ausgehende energetische Verbesserung möglichst hin zu einem Energiegewinn-Standard.

Bewertung Solarstrom-Potential

Aufbau eines 3D-CAD-Objekt-Modells
Simulation von Eigen- und Fremd-Verschattung
Ermittlung der potentiellen Dach- und Fassadenflächen für PV
Überprüfung der Realisierbarkeit mit marktgängigen PV-Elementen
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Bewertung CO₂-Potential

Ermittlung der CO₂-Emissionen für die o. g. Varianten
Varianten jeweils inkl. und exkl. PV

Bewertung Finanz-Potential

Ermittlung der Kosten für Bau-Realisierung und Unterhaltung
Finanzierung
Fördermaßnahmen

Vergleichende Bewertung der Varianten

Bauteilbezogene Lebenszyklusbetrachtung mit einem Bezugszeitraum von 15-30 Jahren
Nachweis der Varianten u. a. für „Best CO₂“, „Best Cost“, ...

Aushändigung der Unterlagen und Beratungsgespräche vor Ort

für die Begutachtung des Objektes zur Aufnahme in das Förderprogramm
für die Präsentationen der Arbeitsergebnisse in den diversen Gremien sowie
für planungsbegleitende Beratungsgespräche

Publikation

Aufbereitung und Dokumentation der Ergebnisse
Veröffentlichung

Projektbeurteilung



Die Betrachtung umfasst die Planung und Entwicklung eines Sanierungs-Konzeptes.

Mögliche Optimierungspotentiale:

Erste qualitative Einschätzung:

Dämmstandard:

Die Fassade ist sanierungsbedürftig. Bei der Verbesserung des Wärmeschutzes ist jeder U-Wert bis hin zu passivhaustauglichen Dämmstärken technisch umsetzbar. Die klare Bauform erlaubt die Minimierung von Wärmebrücken. Hier empfiehlt es sich, verschiedene Maßnahmenpakete unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu untersuchen.

Ebenfalls erforderlich ist die Untersuchung der Fenster auf Optimierungspotentiale, da hier eine Verbesserung des U-Wertes bereits große Wirkung erzielen kann; z. B. durch eine 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung mit hoch gedämmtem Rahmen.

Das Dach ist nicht sanierungsbedürftig. Die Gewinnung von Solarstrom ist auf dem südwestorientierten Dach durch eine PV-Anlage umsetzbar, erfordert aber eine statische Prüfung der Dachkonstruktion, damit die Tragfähigkeit gewährleistet werden kann.

Der Einbau einer kontrollierten Lüftung in allen Klassenräumen ist aus hygienischen und bauphysikalischen Gründen anzuraten.

Steigerung der Stromeffizienz insbesondere für Beleuchtung, Heizungspumpen, Ventilatoren durch Optimierung nach DIN 18599.

Die Heizungsanlage ist erneuerungsbedürftig. Dies ermöglicht den Wechsel zu einer energieeffizienteren Heizanlage, z.B. zur Einrichtung eines Nahwärmesystems, das die umgebenden Bauten einschließt (Grundschule, Brühlhalle, Westrichhalle und Sportheim).

Erste quantitative Einschätzung:

Das Diagramm beinhaltet die Werte des gesamten Gebäudekomplexes.

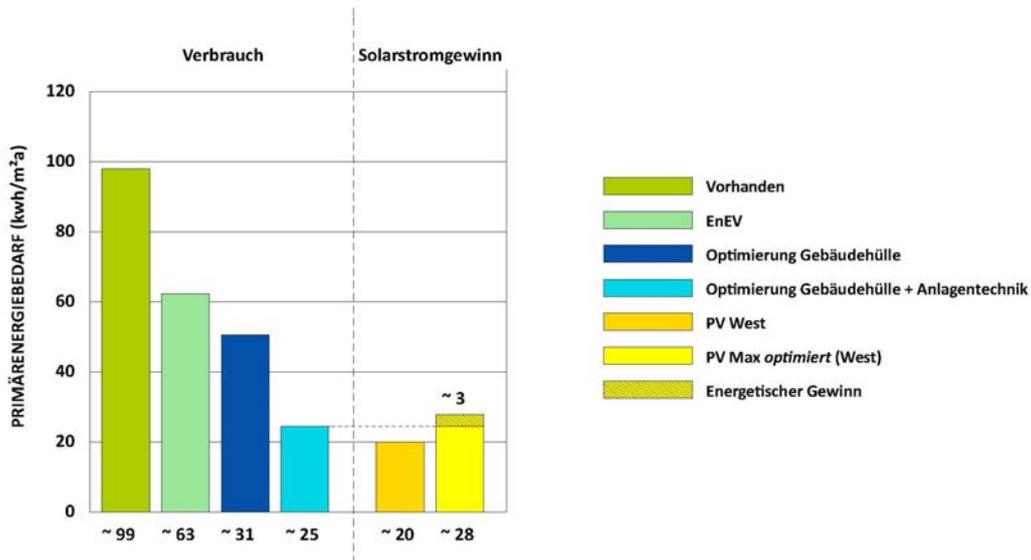


Abbildung:

Der Primärenergiebedarf beschreibt den Energiebedarf für die Bereitstellung von Heizenergie und Warmwasser. Darüber hinaus sind auch alle Umwandlungsverluste und Hilfsenergien berücksichtigt. Das Diagramm vergleicht den aktuellen Verbrauchswert mit dem Grenzwert nach EnEV 2007.

Minimalwerte für die Verbesserung der thermischen Hülle, sowie für die technische als auch bauliche Optimierung zeigen die Grenzen des Einsparpotentials auf. Die Solarstromgewinne zeigen den Bereich von pessimistischen zu optimistischen Annahmen bezüglich Gebäude integrierter PV-Anlagen.

Fazit:

Auf Basis der oben genannten Optimierungspotentiale halten wir dieses Projekt als eine modellhafte Realisierungsstudie für geeignet.

4 Objektbeschreibung

Ausgangssituation

Kernpunkt der Projektbegleitung durch das INBG | Institut für Nachhaltiges Bauen und Gestalten der Fachhochschule Kaiserslautern ist die wissenschaftliche Untersuchung und Bewertung unterschiedlicher Machbarkeitsstudien. Es werden zukunftsfähige Lösungen für Sanierungsobjekte entwickelt sowie die energetisch und wirtschaftlich sinnvollsten Maßnahmen zusammengestellt. Das INBG begleitet und berät im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz (MUFV) Projekte zu Schul- und Wohnhaussanierungen in Rheinland-Pfalz.

Kindergärten und Schulen sind nicht nur Lern-, sondern auch Lebensräume, denn schon heute halten sich Heranwachsende ca. 15.000 Stunden in ihnen auf. Die Gebäude sind aber häufig nicht nur vernachlässigt und marode, sondern stehen einer zeitgemäßen, das Individuum im Blick habenden, Pädagogik buchstäblich im Weg.

Unsere Zielsetzung für die Realschule Baumholder ist, im Hinblick auf eine ohnehin anstehende Sanierung, die optimale Lösung unter Einbeziehung von Energieeinsparung, Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit zu entwickeln. Folglich eine maximale Reduzierung des Verbrauchs von Primärenergie unter Berücksichtigung des wirtschaftlich gebotenen.

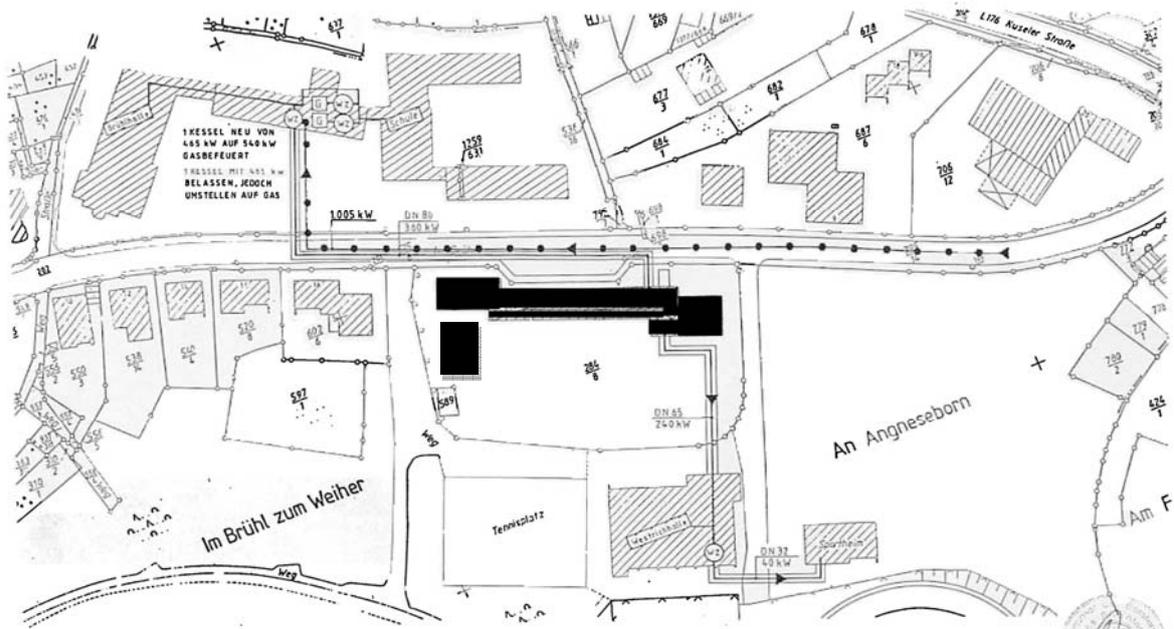
Die Planung umfasst die Sanierung der Realschule Baumholder und basiert auf dem energetischen Standard der aktuell gültigen EnEV 2009 (Altbausanierung). Die Realschule Baumholder wurde 1962 erbaut und 1994 durch einen eigenständigen Neubau erweitert. Die Schule befindet sich am Ortsrand in direkter Nachbarschaft zu Kindergarten und Westrichhalle.

Die Gebäudehülle wurde nach den damaligen Anforderungen der zu dieser Zeit gültigen gesetzlichen Anforderungen errichtet. Heute weist sie Sanierungsbedarf auf.

Ausgehend von einer Dämmstärke, die die Anforderungen nach EnEV erfüllt, wird der wirtschaftliche Nutzen einer zusätzlichen Dämmung finanziell bewertet. Der Betrachtungszeitraum beträgt 30 Jahre, Investitionskosten sind nach Annuität und energetischer Einsparungen berechnet.

Lage

Standort:
Realschule
Im Brühl 20
55774 Baumholder



Fakten in Kürze

Baujahr:	1962
Neubau:	1994
Gebäudetyp:	Realschule
Geschosse:	2-geschossig
Orientierung:	Nord/Ost-Süd/West
BRI:	ca. 10.685,00 m ³
BGF:	ca. 1.091,00 m ²
Gesamtnutzfläche:	3.844,00 m ²
A/V-Verhältnis:	0,42

5 Bewertung Energie-Potential

Allgemeine Angaben zum Gebäude Hauptgebäude und Erweiterungsbau

Ist-Zustand:

Berechneter Energiebedarf nach EnEV 2009 Anforderungen für Nichtwohngebäude:

Heizwärmebedarf¹: ca. **143,51 kWh/m²a**

Primärenergiebedarf²: ca. **272,54 kWh/m²a**

Objekt	Im Brühl 20 55774 Baumholder
Gebäudetyp	Schulgebäude 2-geschossig Nord/Ost-Süd/West-Orientierung
Baujahr Hauptgebäude	1962
Baujahr Neubau	1994
Geschosse	2-geschossig
Gesamtnutzfläche A_n ³ nach EnEV	ca. 3.844,00 m ²
Hüllfläche	ca. 4.461,00 m ²
Beheiztes Volumen ⁴	ca. 10.685,00 m ³
A/V-Verhältnis	0,42
Grundfläche	1.091,00 m ²
Nutzerverhalten	Der Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV 2009 Standard-Nutzerverhalten und die Standard-Klimabedingungen für Deutschland zugrundegelegt.

¹ Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes stellt die Wärmemenge dar, welche ein Heizsystem unter Annahme normierter Randbedingungen jährlich für die Gesamtheit der beheizten Räume bereitstellen muss

² Der Primärenergiebedarf ergibt sich aus den Transmissions- und Lüftungsverlusten abzüglich der passiven Solarenergiegewinne und den internen Energiegewinnen sowie aus den Verlusten des Heizsystems und der vorgelagerten Prozesskette bei der Gewinnung, dem Transport und der Umwandlung der Energie.

³ Die Nutzfläche A_n in m² wird aus dem Volumen des Gebäudes mit einem Faktor von 0,32 ermittelt. Dadurch unterscheidet sich die Bezugsfläche im Allgemeinen von der tatsächlichen Wohnfläche.

⁴ Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt.

Bestand →

Ist-Zustand / Ausgangssituation

Mindestanforderungen nach EnEV 2009/Altbau nicht erfüllt

hier:

die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen

Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche nach EnEV⁵ -

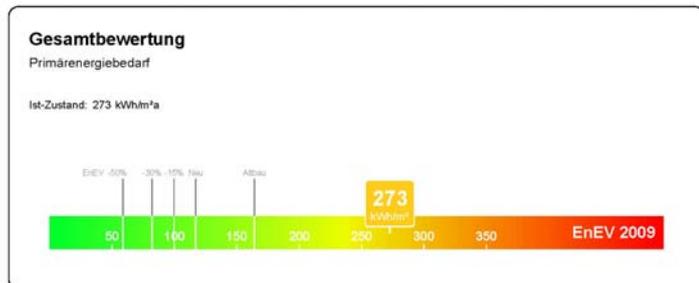
zurzeit beträgt dieser **272,54 kWh/m²a.**

Beschreibung Ist-Zustand:

Gebäudehülle		U-Wert in W/m ² K	max. U-Wert nach EnEV 2009 in W/m ² K
Fassade	Lochfassade einschalig,		
	Keller: Bims-Betonsteine, ca. 36,5 cm, ungedämmt	1,01	0,35
	ab EG: Bims-Betonsteine ca. 36,5 cm ungedämmt	1,01	0,35
	Westl. Giebelseite 4 cm gedämmt	0,5	
Dach	Freitragende Holzkonstruktion mit Schieferendeckung, Satteldach, 28 ° Nicht ausgebauter Dachboden	1,4	0,35
Fenster	Metallrahmen, 2-fach Isolierverglasung mit thermischer Trennung	3,2	1,9
Geschossdecken	Oberste Geschossdecke	0,8	Keine Anforderungen
	Stahlbetondecke 20 cm mit 4 cm Mineralfaserdämmung WLG 040		
	Kellerdecke Stahlbetonrippendecke incl. Silanplatte 1 cm, WLG 045	1,01	0,35
Anlagentechnik			
Heizung	2 Heizkessel, Energieträger: Heizöl		
Warmwasser	dezentral		

Ergebnis Ist-Zustand:

Die o.a. Tabelle vergleicht die Mindestanforderungen, die die EnEV 2009 bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt, mit den momentanen U-Werten der Bauteile. Die Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.



Jährlicher Heizwärmebedarf:
143,51 kWh/m²a

= 14-Liter-Haus⁶

⁵ Die Bezugsfläche/Nutzfläche in m² wird aus dem Volumen des Gebäudes mit einem Faktor von 0,32 ermittelt. Dadurch unterscheidet sich die Bezugsfläche im Allgemeinen von der tatsächlichen Wohnfläche.

⁶ Erklärung: das ist ein veranschaulichter Begriff - im „14-Liter-Haus“ werden pro Jahr rund 14 Liter Heizöl pro m² Wohnfläche verbraucht

Betrachtete Varianten für die energetische Sanierung

Um erste Einschätzungen des Gebäudes vornehmen zu können, wurden zu Beginn der Untersuchung die verschiedenen Sanierungs-Varianten nach der damals gültigen EnEV 2007 ohne Berücksichtigung der DIN 18599 berechnet. Mit Hilfe des eingesetzten Programmes „Energieberater Plus“ der Firma Hottgenroth wurden die Maßnahmenpakete zusammengestellt. Die damals gültige Energieeinsparverordnung 2007 (EnEV 2007) wurde am 01. Oktober 2009 durch die novellierte EnEV 2009 ersetzt. Dadurch wurden die Anforderungen an Neubauten ebenso angehoben wie die Anforderungen an Modernisierung von Altbauten. Gegenüber der alten Regelung (EnEV 2007) sollen damit Gebäude im Energiebedarf um durchschnittlich 30 % sparsamer sein. In einer 2. Stufe (voraussichtlich 2012) sollen die Effizienzanforderungen nochmals um die gleiche Größenordnung angehoben werden.

Bei einer gemeinsamen Besprechung (am 25.05.09) wurde aus den zu Beginn ermittelten Maßnahmenpaketen, der Energie-Standard EnEV 2012/Neubau als Zielsetzung gewählt. In einem zweiten Stepp haben wir verschiedene Varianten nach den Anforderung der EnEV 2009 mit DIN 18599 und des Passivhaus Projektierungs Paketes (PHPP) überprüft und gegenübergestellt, sowohl energetisch wie auch monetär.

Die Variante 0 stellt den Standard dar, der von der gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) gefordert wird und bei einer Sanierung des Gebäudes auf jeden Fall erreicht werden muss. Variante 2 stellt unsere „Zielsetzung“ dar und erfüllt die Anforderungen nach 2012/Neubau Standard. Für Variante 3+4 wird angenommen, dass die Realschule sowie andere umliegende Gebäude über ein Nahwärmenetz versorgt werden. Beispielsweise über ein regenerativ betriebenes BHKW oder eine Wasser-Wasser Wärmepumpe, die die vorhandene Wärme aus dem nahe gelegenen Weiher nutzt.

Die Berechnungen umfassen sowohl das Hauptgebäude als auch den Erweiterungsbau! Es handelt sich hierbei um theoretische Konzeptionen die keine Ingenieurs Planung ersetzen!

Variante 0 -> EnEV 2009/Altbau-Standard, Dämmung 16cm, WLG 040, Verbesserung der Anlagentechnik auf einen NT-Kessel (Bestand) und einen neuen Brennwertkessel, Brennstoff Öl. ———> **ohne Verbesserung der Anlagentechnik wird kein EnEV '09 Altbaustandard erreicht!**

Variante 1 -> EnEV 2009/Neubau-Standard, Dämmung 16cm, Verbesserung der WLG von 040 auf 035, Verbesserung der Anlagentechnik auf einen Brennwertkessel für das ganze Gebäude, Brennstoff Öl, Einbau einer Lüftungsanlage

Variante 2 -> EnEV 2009/Neubau-Standard -30%, Dämmung 16cm, WLG 035, Änderung der Anlagentechnik auf Biomassekessel, Brennstoff Holzpellet, Lüftungsanlage wie Variante 2

Variante 3 -> EnEV 2009/Neubau-Standard -50%, Dämmung 16cm, WLG 035, Änderung der Anlagentechnik auf Versorgung durch Nahwärmenetz mittels BHKW, **regenerativ** betrieben, Lüftungsanlage wie Variante 2, alternativ wäre auch ein Fossil betriebenes BHKW möglich.

Variante 4 -> PHPP Berechnung, Dämmung 24cm, WLG 035, Anlagentechnik 60% Wärmepumpe (Versorgung durch den nahegelegenen Weiher), 40% über Biomassekessel, Brennstoff Holzpellets, Lüftungsanlage wie Variante 2, ———> **Erst durch eine Änderung der WLG von 035 auf 025 kann für diese Variante Passivhaus Standard erreicht werden!** Diese Änderung ist jedoch mit wesentlich höheren Investitionskosten verbunden und daher abzuwägen.

Erreichen der Anforderungen nach EnEV

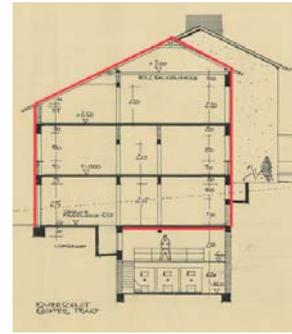
Variante 0 →

Energetische Mindest-Variante

Erreichen der Mindestanforderungen nach EnEV 2009/Altbau

hier:

Die Berechnung umfasst sowohl das Hauptgebäude als auch den Erweiterungsbau. Für die beiden Gebäude „Im Brühl 20“ gilt ein max. zulässiger Primärenergiebedarf von 180,16 kWh/m²a.



Der Berechnung zugrunde gelegte Sanierungsmaßnahmen:

Fassade:

Wärmedämmung der Fassade, WDVS, U-Wert: 0,20 W/m²K, Dicke: 16 cm, WLG 040
 Wärmedämmung der Außenwände gegen Erdreich; U-Wert: 0,20 W/m²K, Dicke: 16 cm, WLG 040

Dachfläche (nur Hauptgebäude):

Zwischensparren-Dämmung, Dicke: 20 cm WLG 040; U-Wert: 0,18 W/m²K

Oberste Geschossdecke (nur Erweiterungsbau):

Dämmung der obersten Geschossdecke, Dicke: 20 cm WLG 040; U-Wert: 0,12 W/m²K

Fenster:

Austausch Fenster: 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung, U-Wert: 1,30 W/m²K

Kellerdecke:

Dämmung von unten, U-Wert: 0,29 W/m²K, Dicke: 10 cm, WLG 040

Heizungsanlage:

2-Kessel-Anlage, bestehender NT-Kessel von 2008 + neuer Brennwertkessel, Brennstoff Heizöl

Warmwasser:

nicht berücksichtigt, da dezentrale Warmwassererzeugung

Ergebnis Variante 0:

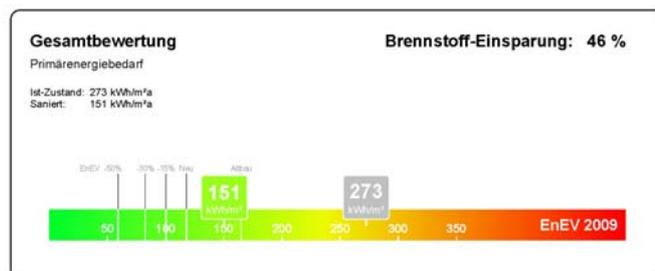
Für die beiden Gebäude „Im Brühl 20“ wurde ein Primärenergiebedarf von **150,70 kWh/m²** errechnet, max. zulässiger Primärenergiebedarf: 180,16 kWh/m²a

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf⁷ des Gebäudes um 46 %, bezogen auf den Ist-Zustand.

Brennstoffeinsparung: 46 %

Jährlicher Heizwärmebedarf: 109,2 kWh/m²a
= 11-Liter-Haus

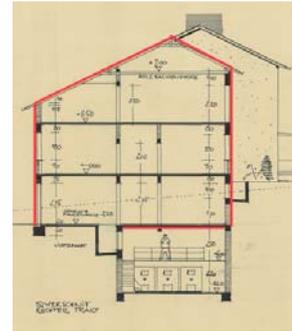
Primärenergetische Mindestanforderungen nach EnEV 2009/Altbau werden erfüllt



⁷ Der Endenergiebedarf ist die berechnete Energiemenge, die zur Deckung des Heizwärmebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs einschließlich der Verluste der Anlagentechnik benötigt wird und stellt die Energiemenge dar, die vom Verbraucher gezahlt werden muss.

Variante 1 →

Energetische gehobene Variante
 Erreichen der Mindestanforderungen nach
 EnEV 2009/Neubau



hier:

Die Berechnung umfasst sowohl das Hauptgebäude als auch den Erweiterungsbau. Für die beiden Gebäude „Im Brühl 20“ gilt ein max. zulässiger Primärenergiebedarf von 128,69 kWh/m²a.

Der Berechnung zugrunde gelegte Sanierungsmaßnahmen:

Fassade:

Wärmedämmung der Fassade, WDVS, U-Wert: 0,18 W/m²K, Dicke: 16 cm, WLG 035
 Wärmedämmung der Außenwände gegen Erdreich; U-Wert: 0,18 W/m²K, Dicke: 16 cm, WLG 035

Dachfläche (nur Hauptgebäude):

Zwischensparren-Dämmung, Dicke: 20 cm WLG 035; U-Wert: 0,16 W/m²K

Oberste Geschossdecke (nur Erweiterungsbau):

Dämmung der obersten Geschossdecke, Dicke: 20 cm WLG 035; U-Wert: 0,11 W/m²K

Fenster:

Austausch Fenster: 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung, U-Wert: 1,20 W/m²K

Kellerdecke:

Dämmung von unten, U-Wert: 0,26 W/m²K, Dicke: 10 cm, WLG 035

Heizungsanlage:

Brennwert-Kessel, Brennstoff Heizöl, Lüftungsanlage zur vollständigen Belüftung mit 88 % WRG

Warmwasser:

nicht berücksichtigt, da dezentrale Warmwassererzeugung

Ergebnis Variante 1:

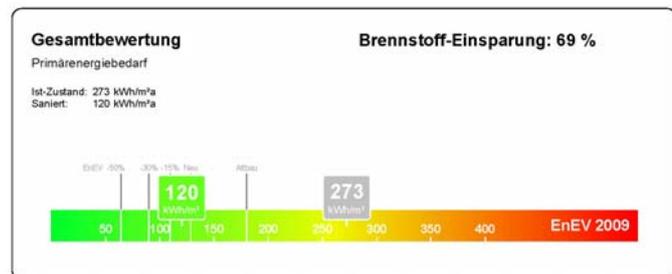
Für die beiden Gebäude „Im Brühl 20“ wurde ein Primärenergiebedarf von **120,44 kWh/m²** errechnet, max. zulässiger Primärenergiebedarf: 128,69 kWh/m²a

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf⁸ des Gebäudes um 69 %, bezogen auf den Ist-Zustand.

Brennstoffeinsparung: 69 %

Jährlicher Heizwärmebedarf: 46,50 kWh/m²a
= 5-Liter-Haus

Primärenergetische Mindestanforderungen nach EnEV 2009/Neubau werden erfüllt



⁸ Der Endenergiebedarf ist die berechnete Energiemenge, die zur Deckung des Heizwärmebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs einschließlich der Verluste der Anlagentechnik benötigt wird und stellt die Energiemenge dar, die vom Verbraucher gezahlt werden muss.

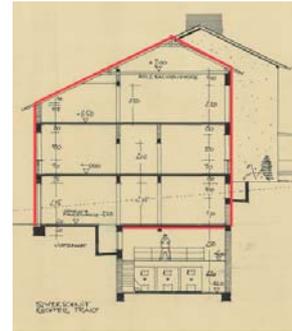
Variante 2 →

Energetisch höhere Variante

Erreichen der Mindestanforderungen nach
 EnEV 2009/Neubau -30% (erreichen EnEV 2012/Neubau Niveau)

hier:

Die Berechnung umfasst sowohl das Hauptgebäude als auch den
 Erweiterungsbau. Für die beiden Gebäude „Im Brühl 20“ gilt ein
 max. zulässiger Primärenergiebedarf von 90,08 kWh/m²a.



Der Berechnung zugrunde gelegte Sanierungsmaßnahmen:

Fassade: wie Variante 1

Wärmedämmung der Fassade, WDVS, U-Wert: 0,18 W/m²K, Dicke: 16 cm, WLG 035
 Wärmedämmung der Außenwände gegen Erdreich; U-Wert: 0,18 W/m²K, Dicke: 16 cm, WLG 035

Dachfläche (nur Hauptgebäude): wie Variante 1

Zwischensparren-Dämmung, Dicke: 20 cm WLG 035; U-Wert: 0,16 W/m²K

Oberste Geschossdecke (nur Erweiterungsbau): wie Variante 1

Dämmung der obersten Geschossdecke, Dicke: 20 cm WLG 035; U-Wert: 0,11 W/m²K

Fenster: wie Variante 1

Austausch Fenster:2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung, U-Wert: 1,20 W/m²K

Kellerdecke: wie Variante 1

Dämmung von unten, U-Wert: 0,26 W/m²K, Dicke: 10 cm, WLG 035

Heizungsanlage:

Biomasse-Kessel, Brennstoff Holzpellets, Lüftungsanlage zur vollständigen Belüftung mit 88 % WRG

Warmwasser:

nicht berücksichtigt, da dezentrale Warmwassererzeugung

Ergebnis Variante 2

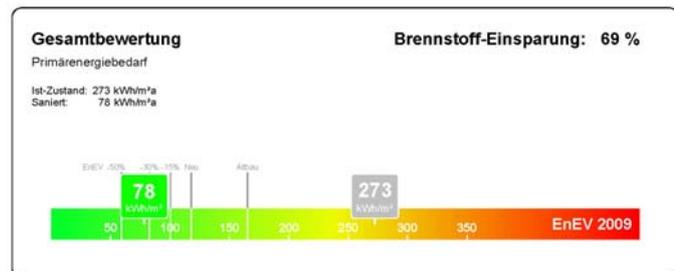
Für die beiden Gebäude „Im Brühl 20“
 wurde ein Primärenergiebedarf von
78,36 kWh/m² errechnet, max. zulässiger
 Primärenergiebedarf: 90,08 kWh/m²a.

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen
 Maßnahmen reduziert sich der
 Endenergiebedarf⁹ des Gebäudes um 69 %,
 bezogen auf den Ist-Zustand.

Brennstoffeinsparung: 69 %

Jährlicher Heizwärmebedarf: 46,50 kWh/m²a
 = 5-Liter-Haus

Primärenergetische Mindestanforderungen nach
 EnEV 2012/Neubau werden erfüllt



⁹ Der Endenergiebedarf ist die berechnete Energiemenge, die zur Deckung des Heizwärmebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs einschließlich der Verluste der Anlagentechnik benötigt wird und stellt die Energiemenge dar, die vom Verbraucher gezahlt werden muss.

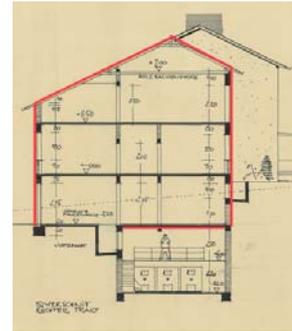
Variante 3 →

Energetisch beste Variante

Erreichen der Mindestanforderungen nach
 EnEV 2009/Neubau -50%

hier:

Die Berechnung umfasst sowohl das Hauptgebäude als auch den
 Erweiterungsbau. Für die beiden Gebäude „Im Brühl 20“ gilt ein
 max. zulässiger Primärenergiebedarf: 64,34 kWh/m²a.



Der Berechnung zugrunde gelegte Sanierungsmaßnahmen:

Fassade: wie Variante 1

Wärmedämmung der Fassade, WDVS, U-Wert: 0,18 W/m²K, Dicke: 16 cm, WLG 035

Wärmedämmung der Außenwände gegen Erdreich; U-Wert: 0,18 W/m²K, Dicke: 16 cm, WLG 035

Dachfläche (nur Hauptgebäude): wie Variante 1

Zwischensparren-Dämmung, Dicke: 20 cm WLG 035; U-Wert: 0,16 W/m²K

Oberste Geschossdecke (nur Erweiterungsbau): wie Variante 1

Dämmung der obersten Geschossdecke, Dicke: 20 cm WLG 035; U-Wert: 0,11 W/m²K

Fenster: wie Variante 1

Austausch Fenster: 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung, U-Wert: 1,20 W/m²K

Kellerdecke: wie Variante 1

Dämmung von unten, U-Wert: 0,26 W/m²K, Dicke: 10 cm, WLG 035

Heizungsanlage:

Nahwärme, Kraft-Wärme-Kopplung, regenerativ, Lüftungsanlage zur vollständigen Belüftung mit 88 % WRG

Warmwasser:

nicht berücksichtigt, da dezentrale Warmwassererzeugung

Ergebnis Variante 3

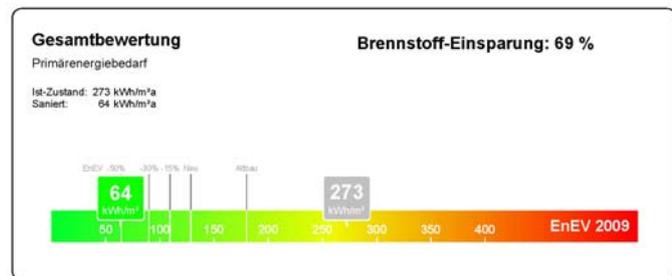
Für die beiden Gebäude „Im Brühl 20“
 wurde ein Primärenergiebedarf von
64,23 kWh/m² errechnet, max. zulässiger
 Primärenergiebedarf: 64,34 kWh/m²a.

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen
 Maßnahmen reduziert sich der
 Endenergiebedarf¹⁰ des Gebäudes um 69 %,
 bezogen auf den Ist-Zustand.

Brennstoffeinsparung: 69 %

Jährlicher Heizwärmebedarf: 46,50 kWh/m²a
= 5-Liter-Haus

Primärenergetische Mindestanforderungen nach
 EnEV 2015/Neubau werden erfüllt

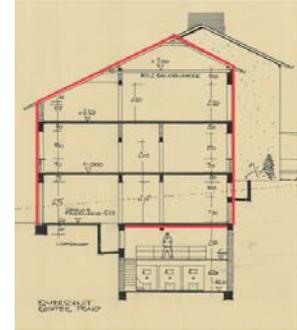


¹⁰ Der Endenergiebedarf ist die berechnete Energiemenge, die zur Deckung des Heizwärmebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs einschließlich der Verluste der Anlagentechnik benötigt wird und stellt die Energiemenge dar, die vom Verbraucher gezahlt werden muss.

Erreichen der Anforderungen nach Passivhaus-Standard

Variante 4 PHPP Berechnung →
Energetisch beste Variante
 Erreichen der Anforderungen nach
 Passivhaus-Standard

Passivhaus möglich!
 Aber erst durch Änderung der
 Dämmung von WLG 035 auf
 WLG 025. Diese Änderung ist
 jedoch mit wesentlich höheren
 Investitionskosten verbunden.



hier:

Die Berechnung umfasst sowohl das Hauptgebäude als auch den
 Erweiterungsbau. Für die beiden Gebäude „Im Brühl 20“ gilt ein
 max. zulässiger Primärenergiebedarf: 120 kWh/m²a und ein max.
 zulässiger Heizwärmebedarf: 15 kWh/(m²a)

* (bez. auf Heizung, Pumpen und Warmwasser entspr. EnEV)

Der Berechnung zugrunde gelegte Sanierungsmaßnahmen:

Fassade:

Wärmedämmung der Fassade, WDVS, U-Wert: 0,127 W/m²K, Dicke: 24 cm, WLG 035
 Außendämmung Kellerwände bis zur Sohle, Perimeterdämmung, U-Wert: 0,128 W/m²K, Dicke: 24 cm, WLG 035

Dachfläche (nur Hauptgebäude):

Zwischensparrendämmung,
 U-Wert: 0,09 W/m²K, Dicke: 20 cm PUR-Dämmung, WLG 035
 mit Aufsparrendämmung von oben mit Neueindeckung, Dicke: 20 cm HWF-Platte, WLG 040

Oberste Geschossdecke (nur Erweiterungsbau):

Wärmedämmung 30cm, WLG 035, U-Wert 0,09 W/m²K

Fenster:

Austausch Fenster inkl. Treppenhausfenster: 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung, U-Wert gesamt: 0,74 W/m²K

Kellerdecke:

Dämmung von unten, U-Wert: 0,21 W/m²K, Dicke: 14 cm, WLG 035

Heizung:

Wärmepumpe 60%, Biomassekessel Holzpellets 40%, mit dezentraler Lüftungsanlage incl. WRG 88 %

Warmwasser:

Ohne Trinkwasser-Erwärmung

Ergebnis Variante 4:

Für die beiden Gebäude „Im Brühl 20“
 wurde ein Primärenergiebedarf von
117 kWh/m² errechnet, max. zulässiger
 Primärenergiebedarf: 120 kWh/m²a.

Nach Umsetzung aller vorgeschlagenen
 Maßnahmen reduziert sich der
 Endenergiebedarf¹¹ des Gebäudes um
 88,15%, bezogen auf den Ist-Zustand.

Brennstoffeinsparung: 88,15 %

Jährlicher Heizwärmebedarf: 17 kWh/m²a
= 2-Liter-Haus

Primärenergetische Mindestanforderungen nach
 Passivhaus-Standard werden erfüllt aber nicht die
 Anforderung an den Heizwärmebedarf



Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche		3292,4 m ²	PH Zertifikat:	Erfüllt?
Verwendet:	Jahresverfahren			
Energiekennwert Heizwärme:	17 kWh/(m ² a)		15 kWh/(m ² a)	nein
Drucktest-Ergebnis:	0,6 h ⁻¹		0,6 h ⁻¹	ja
Primärenergie-Kennwert (VW, Heizung, Kühlung, HHS- u. Haushalts-Strom):	117 kWh/(m ² a)		120 kWh/(m ² a)	ja
Primärenergie-Kennwert (VW, Heizung und Hilfsstrom):	87 kWh/(m ² a)			
Primärenergie Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	48 kWh/(m ² a)			
Heizlast:	12 W/m ²			
Übertemperaturenhängigkeit:	0 %		über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:	kWh/(m ² a)		15 kWh/(m ² a)	
Kühllast:	3 W/m ²			

¹¹ Der Endenergiebedarf ist die berechnete Energiemenge, die zur Deckung des Heizwärmebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs einschließlich der Verluste der Anlagentechnik benötigt wird und stellt die Energiemenge dar, die vom Verbraucher gezahlt werden muss.

Fazit

- Alle Varianten erfüllen die Anforderungen nach EnEV 2009.
- Die primärenergetisch beste Variante stellt Variante 3 mit 64,23kWh/m²a dar. Hier wird angenommen, dass das Gebäude über ein BHKW beheizt wird, das regenerativ betrieben wird.
- Um mit Variante 4 den Passivhaus-Standard zu erreichen, müsste eine Wärmedämmung mit einer WLG von 025 eingesetzt werden. Dies bedeutet aber gegenüber einer WLG von 035 höhere Investitionskosten, bei einer geringen Energieeinsparung von 2kWh/m²a, daher ist diese Maßnahme abzuwägen.

6 Beschreibung der Anlagentechnik

Die nachfolgende Beschreibung der Anlagentechnik aller dargestellten Varianten bezieht sich auf die theoretische Konzeption und ersetzt keine Planung.

IST-Zustand

Heizung

Verteilung:

Die Wärmeversorgung der Realschule Baumholder besteht aus vier Strängen. Drei Stränge versorgen den Mittelbau, den Ostteil und den Westteil. Der Neubau aus dem Jahr 1994 wird nur durch einen Strang versorgt. Die zu versorgende Fläche beträgt 3.843,79 m².

Bei der Art des Rohmetzes handelt es sich um eine Zweirohrheizung mit einer Vorlauftemperatur von 70°C und Rücklauftemperatur von 55°C.

Durch das Prinzip der Zweirohrheizung erhalten alle Wärmeverbraucher (Heizkörper) beinahe die gleiche Vorlauftemperatur und geben so die gleiche Wärme ab.

Erzeugung:

Die Heizungsanlage besteht aus zwei Wärmeerzeugern. Deren Daten sind nachfolgend aufgeführt.

Wärmeerzeuger 1 :

Hersteller: Viessmann
Typ: 1978-1986 Gebläse-Kessel-Brennertausch
Baujahr: 1982
Brennstoff: Heizöl
Nennleistung: 137kW

Wärmeerzeuger 2:

Hersteller: Viessmann
Typ: NT-Gebläse-Kessel
Baujahr: 2008
Brennstoff: Heizöl
Nennleistung: 80 kW

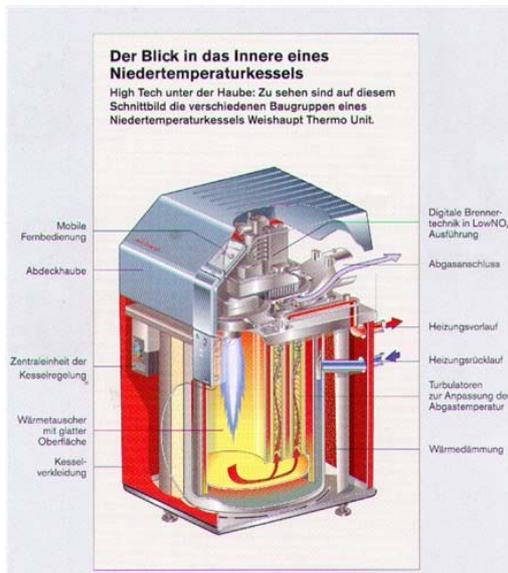


Abbildung 1: NT-Kessel [1]

Der NT-Kessel eignet sich gut bei niedrigen Vorlauftemperaturen. Im Gegensatz zu konventionellen Heizungssystemen hat der NT-Kessel keine konstanten Vor- und Rücklauftemperaturen.

Beim NT-Kessel wird die Vorlauftemperatur nach der Außenlufttemperatur geregelt. Ein weiterer Vorteil dieser Heizungsart ist die Verringerung der Stillstandzeiten.

Hier befindet sich die Anlage in ständiger Betriebsbereitschaft, so wird eine große Menge an Energie verbraucht.

Niedertemperaturkessel können einen Wirkungsgrad von 90 Prozent erreichen.

Der errechnete Primärenergiebedarf der Realschule im IST-Zustandes beträgt 272,54 kWh/(m²a) und der Heizwärmebedarf 143,51 kWh/(m²a). Wegen des zu hohen Primärenergiebedarfs wird die Anforderung der EnEV 2009 für Altbau nicht erreicht.

Der Primärenergiebedarf umfasst den kompletten Energieeinsatz der Herstellung einer Energieart benötigt wird. Zum Beispiel die Herstellung von Strom oder Wärme in einem Kraftwerk. Dafür werden Energieträger wie Kohle eingesetzt, die in einem kraftwerkstechnischen Kreisprozess Strom und/oder Wärme erzeugen. Dabei wird Energie benötigt, man spricht von der Primärenergie.

Durch die nachfolgenden Varianten wird versucht den Primärenergiebedarf und die damit verbundenen CO₂-Emission zu senken.

Der Heizwärmebedarf ist der Bedarf eines Gebäudes an Heizwärme. Durch das Verringern des Heizwärmebedarfes werden auch gleichzeitig die Heizkosten gesenkt.

Übergabe:

Die Wärmeübergabe an die Räume wird in allen zu versorgenden Räumen durch Heizkörper gewährleistet.

Trinkwarmwasser:

Die Trinkwarmwasserversorgung wird durch dezentrale Elektro-Durchlauferhitzer mit einer Nennleistung von 10 kW gewährleistet.

[1] http://energieberatung.ibs-hlk.de/images/weish_nt-kessel.jpg

Variante 0

Heizung:

Verteilung:

Die Verteilung würde gegenüber dem IST-Zustand unverändert bleiben, nur die Vor- und Rücklauftemperatur ändert sich aufgrund der nachfolgend beschriebenen hochwertigeren Anlagentechnik. Dadurch beträgt die Vorlauftemperatur jetzt nur noch 55°C und die Rücklauftemperatur 45°C.

Erzeugung:

Der ältere Gebläse-Kessel Brennertausch wird in Variante 0 gegen einen ölbefeuerten Brennwertkessel ausgetauscht. Brennwertkessel sind heute Stand der Technik. Der Brennwertkessel besitzt wie der Gebläse-Kessel-Brennertausch eine Nennleistung von 137 kW und deckt die Grundlast des Gebäudes ab.

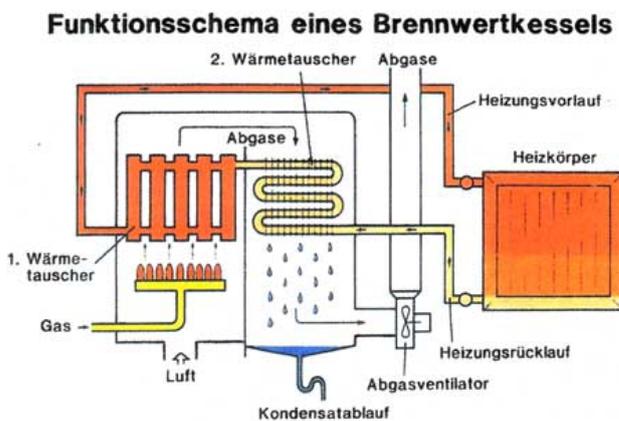


Abbildung 2: Funktionsschemas eine Brennwertkessel [2]

Durch die Brennwerttechnik kann die Energie des Brennstoffes beinahe zu 100 Prozent ausgenutzt werden. Bei der Verbrennung entsteht Wasserdampf, der im Abgas abgeführt wird.

Wasserdampf hat ungenutzte Energie, die sogenannte Kondensationswärme, die bei konventionellen Heizungen nicht genutzt wird. Im Gegensatz zu konventionellen Heizungsanlagen wird bei Brennwertkesseln die Abwärme zu Heizzwecken verwendet (siehe Abbildung 2).

Heizöl besitzt einen hohen Schwefelgehalt (S_2). Daraus entsteht nach der Verbrennung Schwefeldioxid (SO_2). SO_2 bildet mit dem anfallenden Kondenswasser Schwefelsäure (H_2SO_4), die Korrosionsschäden verursacht. Darum wird bei einem Öl-Brennwertkessel eine höhere Korrosionsbeständigkeit an den Kessel und die Abgasleitung gestellt. Durch den Einsatz von schwefelarmen Heizöl kann das Risiko von Korrosionsschäden verringert werden.

Der schon vorhandene NT-Kessel wird als Folgekessel eingesetzt. Er wird nur zugeschaltet, wenn die Leistung des Führungskessels (Brennwertkessel) nicht ausreichend ist und die Vorlauftemperatur abfällt. Erreicht die Vorlauftemperatur wieder ihren Sollwert, schaltet sich der Folgekessel wieder aus.

Übergabe:

Siehe IST-Zustand

[2] <http://www.kachelofen-harmel.de/grafik/kessel2.jpg>

Variante 1

Heizung

Verteilung:

Die über die Heizungsanlage zu versorgende Nutzfläche würde in Variante 1 1214,19 m² betragen. Bei der Art des Rohmetzes wäre eine Zweirohrheizung mit einer Vorlauftemperatur von 55°C und einer Rücklauftemperatur von 45°C vorgesehen.

Erzeugung:

In Variante 1 liegt eine monovalente Wärmeversorgung vor. Das heißt, dass in Variante 1 die Wärmeversorgung nur von einem einzigen Wärmeerzeuger gewährleistet würde. Dieser Wärmeerzeuger wäre ein Öl-Brennwertkessel mit einer Nennleistung von 100 kW.

Übergabe:

Die Verkehrsflächen (z. B. Flur) werden vollkommen über Heizkörper mit Wärme versorgt. Dagegen erfolgen die Wärmeversorgung der WCs zu 30 Prozent und die Klassenzimmer sogar nur zu 10 Prozent über freie Heizflächen.

Lüftungsanlage:

Verteilung:

In Variante 1 wird eine Nutzfläche von 2742,38 m², über eine raumluftechnische Anlage mit Wärme versorgt.

Erzeugung:



Die Abluft aus den Räumen wird durch Frischluft ersetzt, dadurch wird die Luftqualität verbessert. Im Winter wird die kältere Frischluft, mit Hilfe eines Wärmeüberträgers durch die wärmere Abluft erwärmt. Dieser Vorgang wird Wärmerückgewinnung genannt. In Variante 1 kann 80% der Wärme wieder zurückgewonnen werden. Diese zurückgewonnene Wärme muss nicht mehr durch die Heizungsanlage erzeugt werden. (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3: Bsp. Wärmeüberträger für Wärmerückgewinnung

Übergabe:

Es wird angenommen, dass die Klassenräume dezentral und die Verwaltung zu einer Semizentralen Versorgung zusammengeschlossen werden. Prinzipdarstellung siehe Seite 39.

Die Wärmeübergabe per Luftheizung erfolgt wie folgt an die einzelnen Räume.

- Klassenzimmer zu 90% über Luftheizung
- Lager, Archiv, Technik, Büro, Küche, Bibliothek-Lesesaal zu 100% über Luftheizung
- WC zu 70% über Luftheizung

Trinkwarmwasser:

Siehe IST-Zustand

[3] <http://www.maanen.de/images/wtwdc2501wtwgf.jpg>

Variante 2

Heizung

Verteilung:
 Siehe Variante 1

Erzeugung



Abbildung 4: Holzpellets ^[4]

Eine Pellet-Heizung ist eine Heizungsart, die kleine, gepresste Holzspäne (Holzpellets) als Brennstoff benutzt (siehe Abbildung 4). Diese Heizungsart kann einen Wirkungsgrad von ungefähr 90 Prozent erreichen.

Für eine zentrale, vollautomatische Pellet-Heizung ist ein Lagerraum für Holzpellets notwendig. Die Holzpellets werden in der Regel mit dem LKW angeliefert. Die Brennstoffzufuhr erfolgt automatisch über eine Förderschnecke. Bei der Pellet-Zufuhr mittels Förderschnecke muss sich der Lagerraum direkt neben dem Aufstellungsort des Pellet-Kessel befinden.

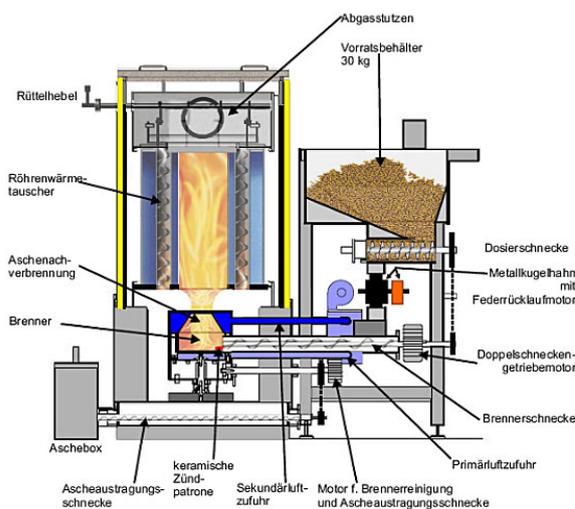


Abbildung 5: Pelletheizung ^[5]

Eine alternative zur Pellet-Zufuhr mit Förderschnecke bietet eine Saugvorrichtung, mit der die Pellets auch über eine größere Entfernung zum Pellet-Kessel gelangen. Hier muss der Lagerraum nicht direkt neben der Heizungsanlage liegen. Der Brenner wird automatisch über eine Zündpatrone gezündet. Die Holzpellets werden verbrannt und die daraus entstandene Wärme wird

über einen Wärmeüberträger an den Heizwasserkreislauf abgegeben. Das warme Wasser wird dann zu den Wärmeverbrauchern gepumpt. Die anfallende Asche wird über eine Förderschnecke in den Aschebehälter befördert (siehe Abbildung 5).

Damit bei der Verbrennung von Holzpellets kein Feuer auf den Lagerraum übergreift, ist eine Rückbrandsicherung dringend erforderlich.

Übergabe :

Siehe Variante 1

Lüftungsanlage:

Siehe Variante 1

Trinkwarmwasser:

Siehe IST-Zustand

^[4] <http://www.1a-holzpelletsheizung.de/>

^[5] <http://www.pelletheizung.de/produkte/pelletkessel-sp15-sp25.php>

Variante 3

Heizung:

Die Wärmeversorgung der Realschule Baumholder wird in Variante 3 über ein Nahwärmenetz gewährleistet. Nahwärme ist die Versorgung von Gebäuden mit Wärme über kurze Versorgungswege. Am häufigsten wird sie zur Versorgung von Wohngebieten oder Gemeinden eingesetzt. Neben der Realschule könnten noch andere Gebäude, die sich in unmittelbarer Umgebung zur Realschule befinden, durch das Nahwärmenetz versorgt werden.

Verteilung innerhalb der Realschule:

Siehe Variante 1

Erzeugung:

Im Gegensatz zur Fernwärme erfolgt die Nahwärmeversorgung in kleineren dezentralen Einheiten. Eine Möglichkeit für eine solche dezentrale Einheit wäre ein Blockheizkraftwerk (BHKW).

Blockheizkraftwerke basieren auf der Grundlage der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Die Kraft-Wärme-Kopplung ist die gleichzeitige Herstellung von Strom und Wärme. Durch KWK ist der CO₂-Ausstoß deutlich geringer wie bei einer getrennten Erzeugung von Strom und Wärme.

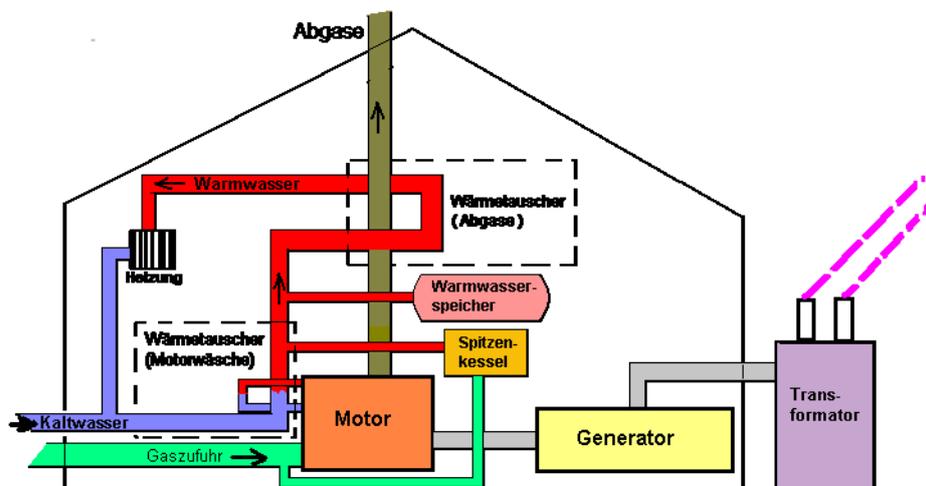


Abbildung 6: Aufbau eines BHKW ^[6]

Beim BHKW wird von einem Verbrennungsmotor Wärme erzeugt, diese Abwärme des Motors wird zu Heizzwecken genutzt. Typische Verbrennungsmotoren bei einem BHKW sind Otto- und Dieselmotoren.

Zur Stromerzeugung treibt der Motor einen Generator an. Damit besteht die Möglichkeit den Eigenbedarf an Strom ganz oder teilweise zu decken. Der überschüssige Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist (siehe Abbildung 6).

^[6] <http://www.bhkw-info.de/einfuehrung/bhkw.html>

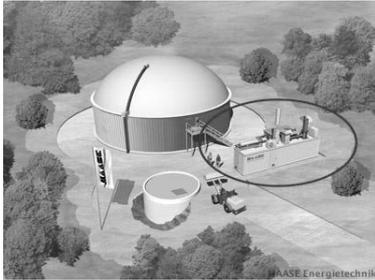


Abbildung 7: Biogasanlage ^[7]

Das für Variante 3 gedachte Blockheizkraftwerk wird mit regenerativer Energie betrieben.

Die gebräuchlichste regenerative Energieart ist Biomasse. Der Betrieb eines BHKW mit Biomasse ist aber mit weiteren, notwendigen Investitionen verbunden, wie z. B. der Bau einer Biogasanlage (siehe Abbildung 7).

Weitere regenerative Brennstoffe zum Einsatz in Blockheizkraftwerke sind Biodiesel und Pflanzenöl.

Die Fördermaßnahmen zum Thema BHKW mit erneuerbarer Energie sind im Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) geregelt.

Als Alternative zum Einsatz erneuerbarer Energien für ein BHKW können auch fossile Brennstoffe wie Erdgas oder Heizöl eingesetzt werden. Die Betriebsweise des BHKW ändert sich dadurch nicht.

Für die Einspeisung, des durch KWK hergestellten Stroms in das öffentliche Stromnetz, könnte der Betreiber vom Energieversorgungsunternehmen (EVU) eine Einspeisevergütung erhalten. Außerdem wird der Einsatz von KWK staatlich gefördert. Diese Förderung ist im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG 2009) geregelt. Hier werden vor allem kleine BHKWs begünstigt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: KWK Zuschlag gemäß KWKG 2009

Anlagen die zwischen 01.01.2009 und 31.12.2016 den Dauerbetrieb aufgenommen haben	KWK-Zuschlag	max. geförderte Betriebsjahre	max. geförderte Vbh 2
Brennstoffzelle	5,11 Ct/kWh	10 Jahre	
KWK-Anlagen bis 50 kW _{el}	5,11 Ct/kWh	10 Jahre	
KWK-Anlagen bis 50 kW _{el} bis 2 MW _{el}	2,10 Ct/kWh	6 Jahre	30.000
KWK-Anlagen über 2 MW _{el}	1,50 Ct/kWh	6 Jahre	30.000
Modernisierte KWK-Anlagen	Gemäß den Bestimmungen für Neuanlagen		

Weitere Informationen dazu können dem KWKG 2009 entnommen werden. Darüber hinaus könnte ein Teil der Energiesteuer zurückerstattet werden, sofern die KWK-Anlage einen Jahresnutzungsgrad von über 70 Prozent aufweist. Der Jahresnutzungsgrad ist das Verhältnis aus der gewonnenen Energie zur aufgewendeten Energie. Diese Rückerstattung basiert auf dem Energiesteuergesetz (EnergieStG). Weitere Informationen hierzu sind dem EnergieStG zu entnehmen.

Übergabe :

Siehe Variante 1

Lüftungsanlage:

Siehe Variante 1

Trinkwarmwasser:

Siehe IST-Zustand

[7] http://www.haase-energie technik.de/de/Products_and_Services/Energy_Systems/Compact_Chp_Units/
 [8] http://www.energieagentur.nrw.de/_database/_data/datainfopool/%C3%9Cbersicht%20KWKG-Gesetz%202009.pdf

Variante 4

Heizung:

In Variante 4 wird die Möglichkeit in Betracht gezogen, Wärme aus einem nahegelegenen Weiher für ein Nahwärmenetz zu gewinnen. Hierzu könnte eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe eingesetzt werden. Nach Angaben des Berichtes von Dipl.-Ing. P.-Günther Bläsius aus dem Jahre 1994 könnten folgende Gebäude an das Nahwärmenetz angeschlossen:

- Realschule
- Hauptschule
- Westrichhalle
- Sportheim

Verteilung innerhalb der Realschule:

Siehe IST-Zustand

Erzeugung + Speicherung:

Eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe entzieht der Wärmequelle (Weiher) Wärme und bringt diese mit Hilfe einer Kompressionskältemaschine auf ein höheres Temperaturniveau.

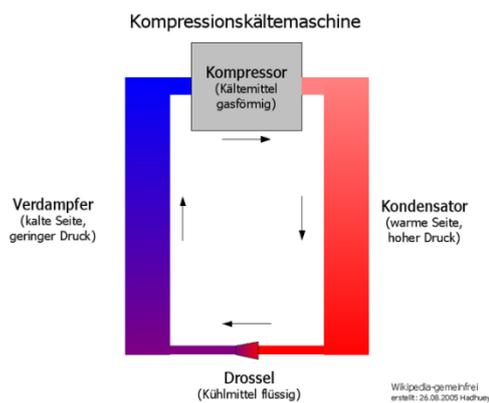


Abbildung 8: Funktionsschema einer Kompressionskältemaschine

Die entzogene Umweltwärme wird an den Verdampfer der Kältemaschine abgegeben. Durch diesen Vorgang verdampft ein Kältemittel.

Der nachfolgende Kompressor bringt das nun gasförmige Kältemittel auf ein höheres Druck- und Temperaturniveau. Anschließend kondensiert das Kältemittel im Kondensator.

Dabei entsteht die sogenannte Kondensationswärme. Diese Wärme wird über einen Wärmeüberträger an den Heizwasserkreislauf abgegeben.

Von dort aus wird die Wärme zu den Wärmeverbrauchern geführt. Das nun wieder flüssige Kältemittel wird gedrosselt und der Kreislauf beginnt von neuem (siehe Abbildung 8).

[9] <http://de.wikipedia.org/wiki/Kompressionsk%C3%A4ltemaschine>

Für bestimmte Bauteile der Wärmepumpe wird Strom benötigt (z. B. Kompressor). Das Verhältnis zwischen aufgewendeter Energie und gewonnener Energie wird durch die Jahresarbeitszahl gekennzeichnet. Sie gibt damit Auskunft über Qualität einer Wärmepumpe.

Je höher die Jahresarbeitszahl, desto besser ist die Wärmepumpe. Für eine wirtschaftliche Betriebsweise sollte die Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von mindestens 3 haben.

Bei einem Wärmepumpenbetrieb ist es sinnvoll einen Pufferspeicher für das mit Wärme zu versorgende Gebäude zu installieren. Ein Pufferspeicher ist ein Behälter der die überschüssige Wärme speichert. Bei Bedarf kann aus ihm Wärme entnommen werden, ohne die Wärmepumpe zu betätigen. Die Folge ist, dass häufiges Anfahren der Wärmepumpe vermieden wird und sich dadurch ihre Lebensdauer erhöht. Bei Heizkörpern ist ein Speicher dringend erforderlich, da im Gegensatz zu Fußbodenheizung keine ausreichende Masse zur Speicherung der Wärme vorliegt (siehe Abbildung 9).



Abbildung 9: Pufferspeicher ^[10]

Neben dem Nahwärmenetz, welches den größten Teil der Wärmeversorgung der Realschule gewährleisten könnte (ca. 60%), wäre der Einsatz eines Spitzenkessels sinnvoll.

Hierfür wäre der Einsatz eines Pelletkessel möglich. Dieser würde bei Bedarf wie sehr kalten Außentemperaturen in den Heizungsbetrieb integriert werden.

Übergabe innerhalb der Realschule:

Siehe Variante 1

Lüftungsanlage:

Siehe Variante 1

Trinkwarmwasser:

Siehe IST-Zustand

^[10] http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:2_Puffer_einer_Heizungsanlage.jpg&filetimestamp=20070820150519

Fazit der Anlagentechnik

Bei allen Varianten ist hervorzuheben, dass der durch Photovoltaikanlagen erzeugte Strom, einen gewissen Strombedarf von elektrischen Geräten und auch der Anlagentechnik deckt. Darüber hinaus bestünde die Möglichkeit das Brauchwasser der Heizungsanlage ebenfalls mit Solarenergie zu unterstützen.

Durch den Austausch des vorhandenen, aber veralteten Gebläse-Kessel-Brennertausch gegen einen modernen Brennwertkessel kann der Jahres-Primärenergiebedarf in Variante 0 von 272,54 kWh/(m²a) auf 150,70 kWh/(m²a) gesenkt. Ebenso wird der Heizenergiebedarf gesenkt.

In Variante 1 wird der Jahres-Primärenergiebedarf gegenüber Variante nochmals um ca. 30 kWh/(m²a) verringert. Drastischer ist das Einsparpotential an benötigter Heizenergie. Sie wird in Bezug auf Variante 0 von 109, 20 kWh(m²a) auf 46,50 kWh/(m²a) reduziert. Dafür ist der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung verantwortlich. Diese Luftheizung versorgt große Nutzflächen des Gebäudes mit Wärme.

In Variante 2 erfolgt mit Holzpellets der Einsatz einer erneuerbaren Energieart. Dadurch wird der Primärenergiebedarf auf ein Jahr bezogen weiter verringert (78,36 kWh/(m²a)). Der Heizwärmebedarf ändert sich gegenüber Variante 1 nur gering.

Variante 3 stellt die primärenergetisch beste Variante (64,23 kWh/(m²a)) dar. Auch der Heizwärmebedarf verbessert sich nochmals auf 46,50 kWh(m²a). Durch den Einsatz eines BHKW mit erneuerbarer Energie ist dies möglich. Der zusätzlich durch KWK erzeugte Strom wie schon in Variante 3 beschrieben für den Eigenbedarf genutzt oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden.. Durch die staatliche Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung und der Einspeisung des erzeugten Stroms, kann hier die Wirtschaftlichkeit eine große Rolle spielen.

Der Einsatz einer Wärmepumpe, wie in Variante 4 beschrieben, wäre eine weitere Möglichkeit für die Versorgung eines Nahwärmenetzes. Der Primärenergiebedarf der Realschule Baumholder liegt hier aber bei 117 kWh/(m²a) und ist damit schlechter wie die Nahwärmeversion mit BHKW. Dies könnte an den Stromverbrauch der Wärmepumpe aus dem öffentlichen Stromnetz liegen. Bei der Primärenergie wird die gesamte Herstellungskette für den in Kraftwerken erzeugten Strom betrachtet. So verschlechtert sich die Primärenergie bei der Wärmepumpe.

Darüber hinaus verbraucht der Betrieb des Pelletkessel ebenfalls Strom, der aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen werden muss.

7 Konstruktive Lösungsansätze

Einleitung

Energieeffizient Sanieren bedeutet die Erarbeitung von richtigen, für das jeweilige Gebäude optimal zugeschnittenen Sanierungskonzepten.

Das folgende Kapitel beleuchtet die baukonstruktiven Sanierungsmaßnahmen im Allgemeinen und jeweils konstruktive Lösungsansätze im Besonderen für das Gebäude „Im Brühl 20“ mit Untersuchung der nachstehenden Aspekte:

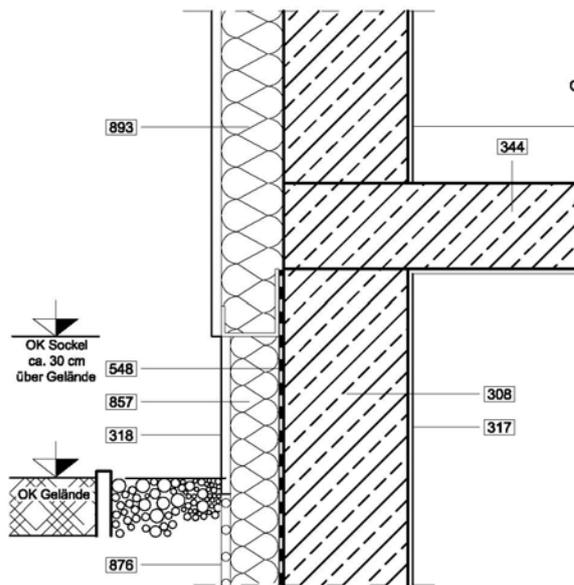
- Fassade
- Dach
- Fenster
- Keller
- Wärmebrücken
- Lüftungsanlage
- Kunstlicht
- Zwischenbau

Fassade

Außenmauerwerk:

Da die Außenwände aus Mauerwerk bestehen, ist die Anbringung eines Wärmedämmverbundsystems (WDVS) eine geeignete Sanierungsmaßnahme der Fassade. Die Dämmplatten aus Hartschaum können direkt auf den Altputz aufgebracht werden, sofern dieser tragfest ist. Anschließend wird ein Oberputz als Deckschicht aufgetragen.

Beispielhaftes Standard-Detail

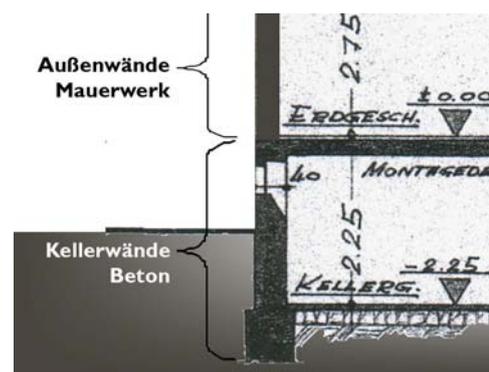


Quelle: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG

Beispielhaftes Standard-Detail:

Die Dämmung der Fassade muss in Verbindung mit der Sockeldämmung des Gebäudes gesehen werden, da das unbeheizte Kellergeschoß aus dem Erdreich herausragt.

Hier muss besondere Beachtung auf den Übergang der jeweils geeigneten Dämmung gelegt werden und auf die richtige Wahl der Dämmmaterialien.



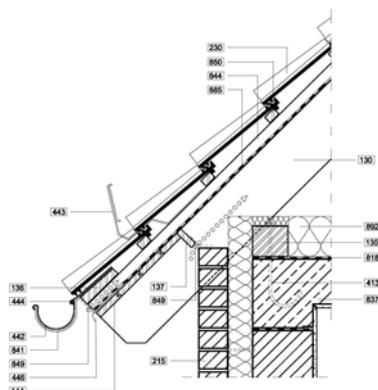
Dach

Grundsätzlich ist zwischen nicht ausgebauten Dachräumen und beheizten Dachgeschossen zu unterscheiden. Diese Unterscheidung ist wichtig für die Festlegung der obersten Dämmebene.

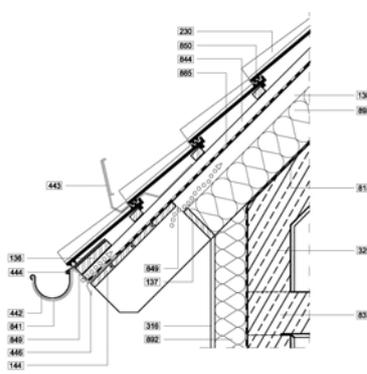
- ⇒ Dadurch, dass die oberste Geschossdecke innerhalb des Hauptgebäudes nicht durchlaufend ist und teilweise zur Hüllfläche gehört (jedoch nicht teilweise gedämmt werden kann), nehmen wir an, dass für den Haupt Bau der Realschule eine Dachflächendämmung vorgesehen wird.
- ⇒ Für den Erweiterungsbau basieren unsere Berechnungen auf einer Dämmung der obersten Geschossdecke.

Beispielhafte Standard-Details:

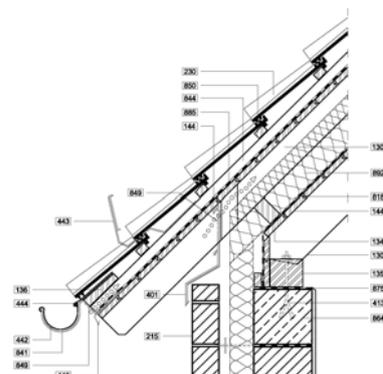
Dämmung der obersten Geschossdecke



Dämmung der Dachfläche zwischen den Sparren



Dämmung der Dachfläche auf den Sparren



Quelle: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG

Bei einem nicht ausgebauten Dachraum muss der Fußboden, also die oberste Geschossdecke, gedämmt werden. Da die oberste Geschossdecke aus Stahlbeton besteht, bietet sich ein konventioneller Bodenaufbau mit schwimmendem Estrich an. Vom Treppenhaus ergibt sich eine zusätzliche Stufe. Probleme ergeben sich im Bereich des Kniestocks durch die Schaffung von Wärmebrücken.

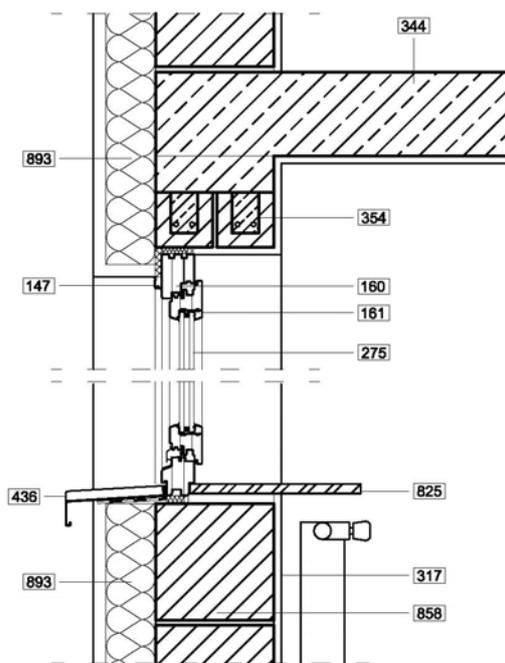
Bei der Zwischensparrendämmung wird von außen eine Dampfsperre zwischen den Sparren verlegt, über den Sparren geführt und wieder in das nächste Sparrenfeld gelegt. Anfallende Stöße müssen luftdicht verklebt werden. Anschließend wird zwischen den Sparren passgenau die Wärmedämmung zugeschnitten und eingelegt. Ist das Dachgebälk von Innen zugänglich, kann die Montage der Zwischensparrendämmung und der Dampfbremssfolie auch von Innen erfolgen, in diesem Fall ist natürlich das Abnehmen der Dacheindeckung nicht nötig.

Die Aufsparrendämmung ist eine Konstruktion, bei der die Dämmung über den Dachsparren verlegt wird. Dämmplatten bilden eine homogene, vollflächige und somit wärmebrückenfreie Wärmedämmung für die gesamte Dachfläche.

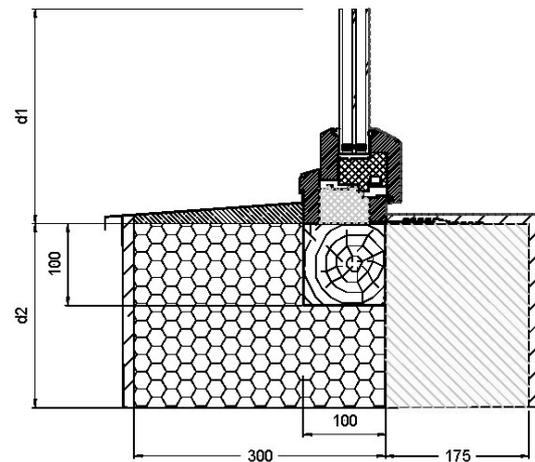
Fenster

Zur Vermeidung von Wärmebrücken im Anschlussbereich ist es notwendig, die Fensterebene so weit nach außen zu verlegen, dass der Fensterrahmen mit dem Mauerwerk in einer Flucht liegt. Damit wird vermieden, dass die Fensterlaibung zur Wärmebrücke wird.

Beispielhaftes Standard-Detail:



Quelle: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG Legende siehe Anhang



Quelle: Passivhaus-Konstruktionsbuch Legende siehe Anhang

Wärmeschutzverglasung

Die Varianten 0-3 sehen eine 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit U-Werten zwischen $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ vor.

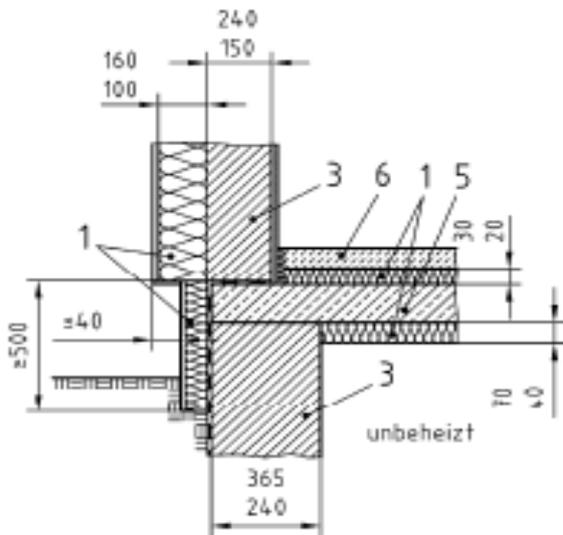
Passivhaus-Fenster

In dieser Betrachtung sind in der Variante 4 passivhauszertifizierte Fenster vorgesehen. Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, dass im Bereich der Fenster und der Außenwände hauptsächlich die Energie verloren geht. Eine energetische Sanierung, die besser sein soll als der geforderte Mindeststandard (Variante 0), sollte dann in diesem Bereich auf höchstem energetischem Niveau ausgeführt werden, um als langfristige, nachhaltige und wirtschaftliche Lösung zu gelten. Um Wärmebrücken zu vermeiden, ist es erforderlich, dass bei Passivhäusern, Fenster und Fenster-Türen in der Dämmebene liegen.

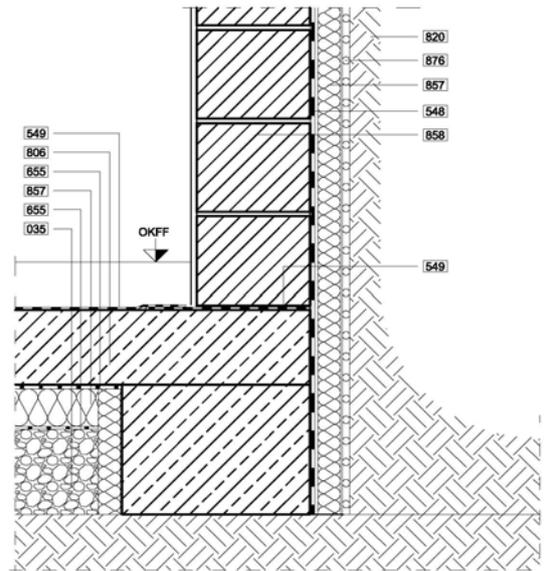
Keller

Die wahrscheinlich im Erdgeschoss vorhandene Trittschalldämmung erfüllt nicht die heute geltenden wärmeschutztechnischen Anforderungen. Eine zusätzliche Dämmung der Kellerdecke von unten ist eine effiziente Verbesserungsmöglichkeit.

Beispielhaftes Standard-Detail:



Regeldetail nach DIN 4108, Teil 3
 Legende siehe Anhang



Quelle: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG
 Legende siehe Anhang

Dämmung der Kellerdecke von unten

LRH Kellergeschoss im Ist-Zustand: 2,25m.
 Daher scheint eine Dämmung von unten mit 10cm - 14cm möglich zu sein. Falls durch unter der Kellerdecke verlaufende Rohre, keine Anbringung von Dämmplatten möglich ist, kann alternativ dazu eine Abhängung erfolgen, in die Dämmstoff eingeblasen wird.

Dämmung des Kellerbodens

Eine Dämmung des Kellerbodens ist in keiner Variante vorgesehen.

Wärmebrücken

Was sind Wärmebrücken?

Es sind Schwachstellen in Außenbauteilen eines Gebäudes, die mehr Wärme nach außen abgeben als angrenzende Bauteile. Klassische Wärmebrücken sind z.B. Balkone, die als Verlängerung von Stahlbetondecken die Haus Dämmung durchstoßen oder nicht gedämmte Rollladenkästen.

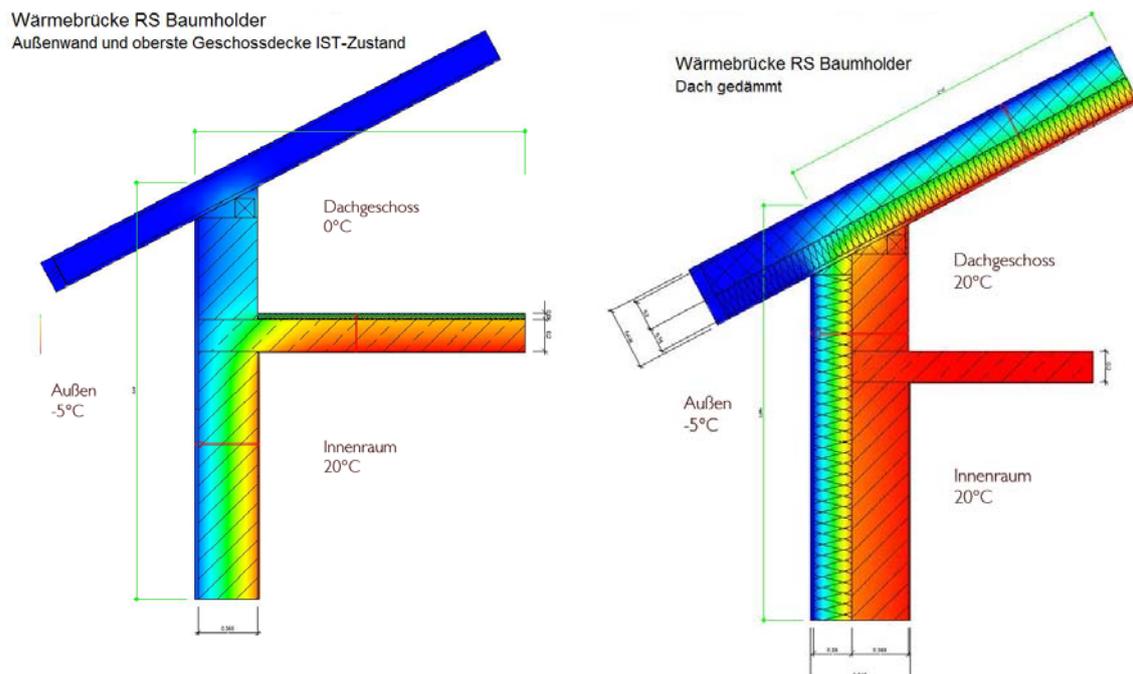
Wie verursachen Wärmebrücken Schimmel?

Wärmebrücken fühlen sich im Winter von innen kalt an: ihre Oberfläche ist kühler. Dadurch kondensiert dort Feuchtigkeit aus der warmen Raumluft. An den durchfeuchteten Stellen sammelt sich Staub, ein idealer Nährboden für Schimmelpilz-Sporen. Beträgt die relative Luftfeuchte an der Wand mehr als 80 %, bildet sich Schimmel.

Was muss getan werden?

Zur Vermeidung bzw. Beseitigung von Wärmebrücken müssen die Schwachstellen entsprechend ausreichend gedämmt und die Arbeiten fachgerecht und sorgfältig ausgeführt werden.

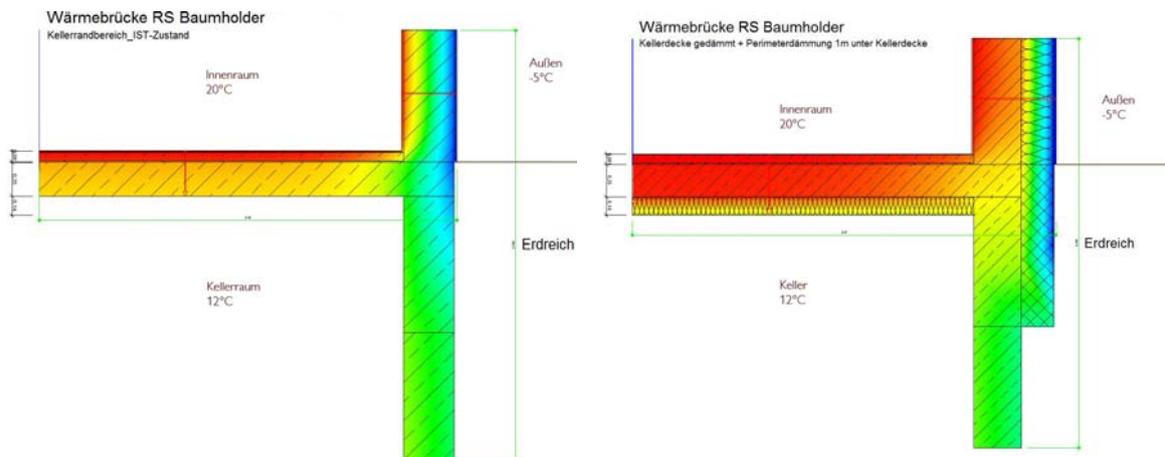
Oberste Geschossdecke und Dachfläche:



Wie bereits unter Kap. 6 erwähnt, ist die oberste Geschossdecke innerhalb des Hauptgebäudes nicht durchlaufend und bildet teilweise die Hüllfläche. Da die Geschossdecke aber nicht teilweise gedämmt werden kann, nehmen wir eine Dämmung der gesamten Dachfläche an.

Hierdurch lässt sich ein wärmebrückenfreier Anschluss zwischen Dachflächen- und Außenwanddämmung herstellen.

Oberste Geschossdecke:

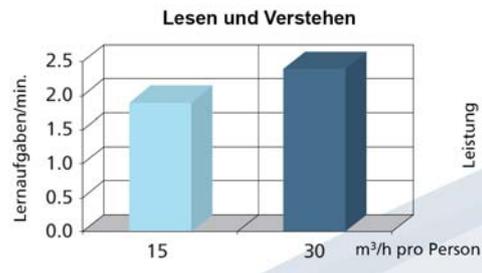


Die im Bestand nicht gedämmte Kellergeschossdecke muss durch eine neue Dämmung auf der gesamten Geschossdecken-Unterseite ergänzt werden. Die anzubringende Außen-dämmung z. Bsp. als WDVS muss an den Außenseiten als Perimeterdämmung bis ca. 1 m unter Geschossdecke weitergeführt werden.

Lüftungsanlage

Die Forschung der letzten Jahre zeigt mit aller Deutlichkeit, dass das Lernvermögen der Kinder von einem guten Raumklima abhängt. Aus Bild 1 geht hervor, wie das Vermögen zu Lesen und das Gelesene zu verstehen um knapp 25% (von ca. 1,9 auf ca. 2,4) gesteigert wird, wenn die Luftmenge von 15 auf 30 m³/h x Person erhöht wird.

Bild 1



Quelle: Pawel Wargocki, Ph.D. Associate Professor, ICIEE (International Centre for Indoor Environment and Energy) bei DTU, Kopenhagen

Die Errichtung oder Sanierung von Schulbauten unter der Zielsetzung der Energieeinsparung ist für öffentliche und private Schulträger heute eine geradezu ökologische und monetäre Notwendigkeit. Aus der dazu nötigen, sehr dichten Wärmedämmhülle dieser Gebäude leitet sich grundsätzlich die Forderung nach einer kontrollierten, maschinellen Raumlüftungsanlage ab, um die erforderlichen Rahmenbedingungen für Lehrer und Schulgemeinde hinsichtlich Behaglichkeit und Lufthygiene überhaupt sicherstellen zu können.

Ziele:

Eine hohe Raumluftqualität zu erreichen ist das Ziel einer Lüftungsanlage. In Klassenräumen gilt: je mehr Schüler in einer Klasse sind und je höher deren Aktivitätsgrad, desto schneller steigt die CO₂-Konzentration an und desto höhere Werte werden erreicht. Ziel der planerischen Anstrengungen sollte im Sinne der Gesundheitsvorsorge und der Sicherung der Aufnahme- und Leistungsfähigkeit der Schüler/innen sein, dass der beschriebene Zielwert von 1000 ppm durch gutes Lüften möglichst dauerhaft unterschritten wird. Reine Stoßlüftungs-Strategien über Fenster führen in Schulklassen neben einem erhöhten Heizenergiebedarf aufgrund der zeitlich konzentrierten Schadstoffbelastung zu inakzeptabler Luftqualität. Ausreichende Luftqualität ist erst durch permanent gekippte Fenster oder eine mechanische Lüftungsanlage gewährleistet.

Möglichkeiten

Folgende 3 Möglichkeiten der Lüftungsausführung erfüllen die grundlegenden Kriterien für eine mechanische Lüftung:

- zentrale** Lüftung des gesamten Gebäudes
- semizentrale** Lüftung von Gebäudeabschnitten
- dezentrale** Lüftung der einzelnen Klassenräume

Empfehlung:

Dezentrale Lüftungsgeräte in den Klassenräumen. Auf Grund der hohen Wärmerückgewinnung, sowie der platzsparenden Anbringung und leichteren Umsetzung. Die Steuerung sollte direkt und in Verbindung mit einem CO₂-Sensor und/oder PIR-Sensor je nach Raumkategorie erfolgen, um möglichst bedarfsgerecht regeln zu können. Das hat den Vorteil, dass immer nur die zur Aufrechterhaltung der gewünschten Raumluftqualität erforderliche Luftmenge gefördert wird. Sie kann je nach Belegung und Aktivitätsgrad gerade in Klassen- oder Gruppenräumen sehr unterschiedlich sein.

Semizentrale Lüftung für den Gebäudeabschnitt der Verwaltung. Zusätzlich sollten in den Klassenräumen Öffnungsflügel vorhanden sein, zur Unterstützung im Sommerbetrieb. In diesem Fall sollte die Lüftungsanlage mit einem Sensor versehen werden, der die Lüftungsanlage außer Betrieb setzt, sobald die Fenster geöffnet werden.

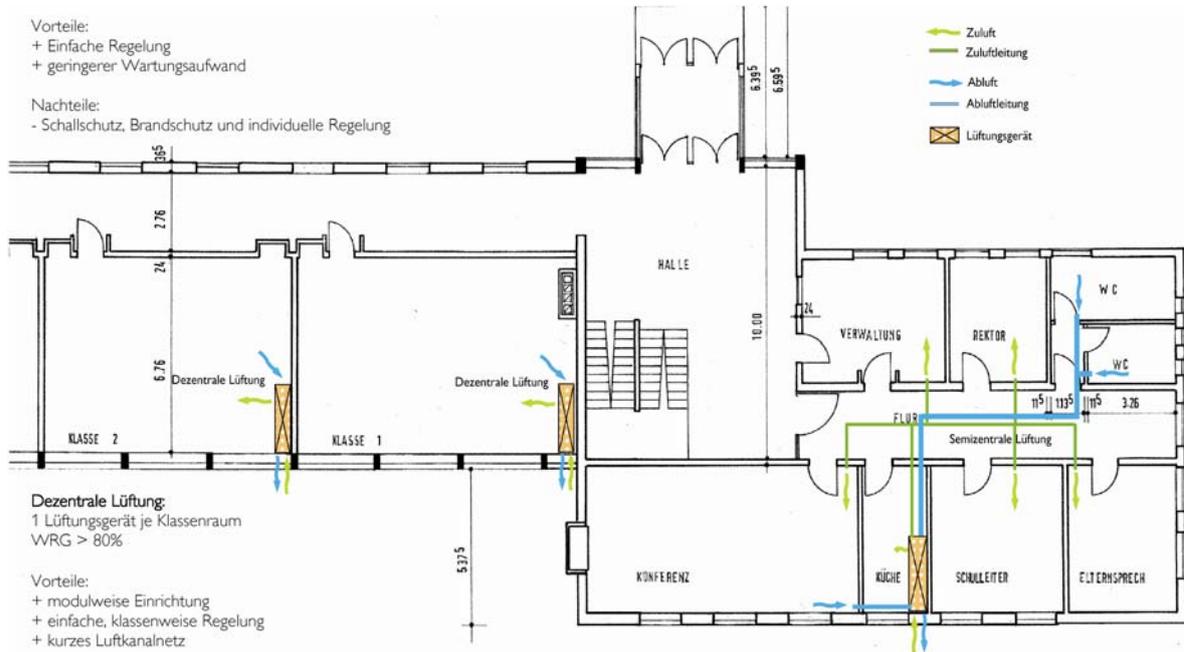
Prinzipdarstellung:

Semizentrale Lüftung:

1 Lüftungsgerät für Verwaltungstrakt
 WRG > 80%

Vorteile:
 + Einfache Regelung
 + geringerer Wartungsaufwand

Nachteile:
 - Schallschutz, Brandschutz und individuelle Regelung



Dezentrale Lüftung:
 1 Lüftungsgerät je Klassenraum
 WRG > 80%

Vorteile:
 + modulweise Einrichtung
 + einfache, klassenweise Regelung
 + kurzes Luftkanalnetz

Nachteile:
 - Aufwändiges Fassadenteil
 - Wartungsaufwand höher

Es muss gewährleistet werden, dass die Abluft aus den Aufenthaltsräumen, z.B. über Lüftungsgitter, aus den Räumen ohne separate Abluftöffnungen entweichen kann

Kunstlicht

Investitionen zur Stromeinsparung sind effektive Maßnahmen zur Senkung der Schadstoff-Emissionen und Rohstoffschonung. Sie reduzieren deutlich die jährlichen Energiekosten. Eine besonders hohe Rentabilität ergibt sich in Verbindung mit allgemein notwendigen Sanierungsmaßnahmen. Die Erhaltung der veralteten Beleuchtungsanlagen sind ökologisch und finanziell oft nicht zu begründen. Im Einzelfall lassen sich bei der Beleuchtung bis zu **70% der Betriebskosten** einsparen. Durch die Verwendung elektronischer Vorschaltgeräte lässt sich die Lebensdauer der Leuchtstofflampen verlängern und die Wartungskosten senken, da der Lampenwechsel nicht mehr so häufig erfolgen muss.

Ziele:

In vielen Fällen insbesondere bei bestehenden Schulen ist das vorhandene Kunstlicht und Tageslicht nicht ausreichend. Hier kann es sinnvoll sein, die schlechte Lichtsituation mit einer guten künstlichen Beleuchtung zu unterstützen.

Positive Wirkung von „richtigem“ Licht:

- Verbesserung der Lesbarkeit aufgrund höherer Beleuchtungsstärken
- Verbesserung der Lesbarkeit aufgrund besserer Lichtqualität
- Stärkung der Gesundheit
- Gegenwirkung bei bestehendem Tageslichtentzug
- Steigerung der Stimmung
- Erhöhung der Aufmerksamkeit
- Positiveres Verhalten

Quelle: Prof. Dr.-Ing. Heinrich Kramer, ERCONOMIC, Frenchen Königsdorf 20.02.09

Möglichkeiten:

1. Dynamisches Licht bei dem sowohl die Beleuchtungsstärke als auch die Farbtemperatur („warmes“, beruhigendes oder „kaltes“, aktivierendes Licht) angepasst werden kann. Per Fernbedienung können die Lehrer das Licht an den jeweiligen Unterrichtsschwerpunkt anpassen. „Aktivieren“, „Beruhigen“ und „Konzentriertes Arbeiten“ sind die Standardeinstellungen, mit denen die jeweils passende Lichtstimmung erzeugt werden kann.

2. Ein integriertes Lichtregelsystem (Bsp. Omnisense von Philips), dass eine interaktive Lichtregelung für moderne Büro, und Unterrichtsräumen ermöglicht.

-> Tageslichtabhängige Regelung (auch differenziert zwischen Leuchten am Fenster und Leuchten die sich tiefer im Raum befinden.

-> Bewegungsaktivierte Regelung und Schaltung
 -> manuelle Bedienung

Empfehlung:

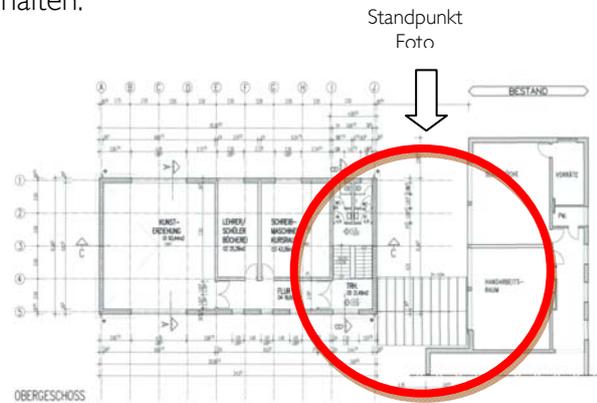
Leuchten mit einer Tageslichtabhängigen Regelung. Die Regelung sollte sich der natürlichen Belichtung anpassen, manuell AN und automatisch AUS geschaltet werden, wenn keine Personen mehr im Raum sind.

Zwischenbau

Der Bestandsbau wird durch eine einfache Glasüberdachung mit dem Erweiterungsbau verbunden. Diese dient in erster Linie als Regen- und Schneeschutz. Wind und seitlich eindringendes Wasser werden nicht abgehalten.



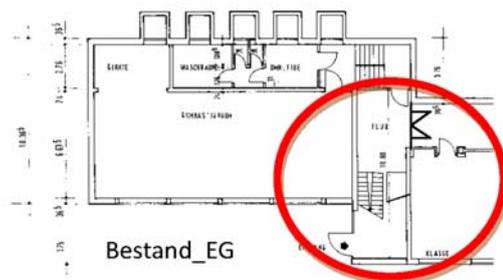
Glasüberdachung - Bestand



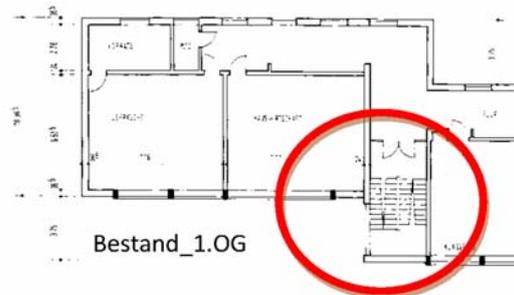
Bestandsgrundriss

Lösungen:

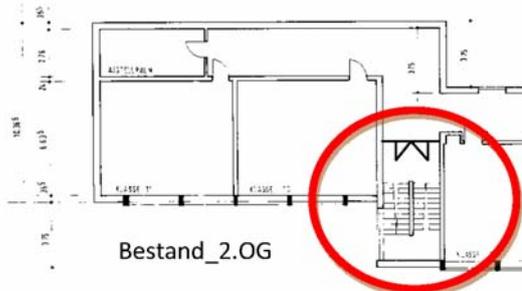
1. Sollte der Wunsch nach einer einfachen Überdachung bestehen bleiben, müssen im Bestandsgebäude in jedem Geschoss Türelemente als Begrenzung zum Flurbereich eingebaut werden. Hierdurch wird eine geschlossene Windfang-Situation im Treppenhaus geschaffen. Es ist darauf zu achten, dass die Innentüren in beiden Gebäudebereichen immer geschlossen sind, um keinen unkontrollierten Wärmeverlust zu erzeugen.



Bestand_EG



Bestand_1.OG



Bestand_2.OG

 = ausgewählte Zone

 = Neues Türelement

2. Als Alternative ist es denkbar, die Überdachung durch einen geschlossenen Baukörper zu ersetzen. Dieser übernimmt die Funktion einer Pufferzone zwischen Außen- und Innenbereich und fungiert ebenso als gestalterisches Mittel. Bei dieser baulichen Situation ist darauf zu achten, dass die Außentüren des Bestands- und Erweiterungsbaues nicht dauerhaft offen stehen.



Quelle:
www.architektin-wressnegger.at/projekte

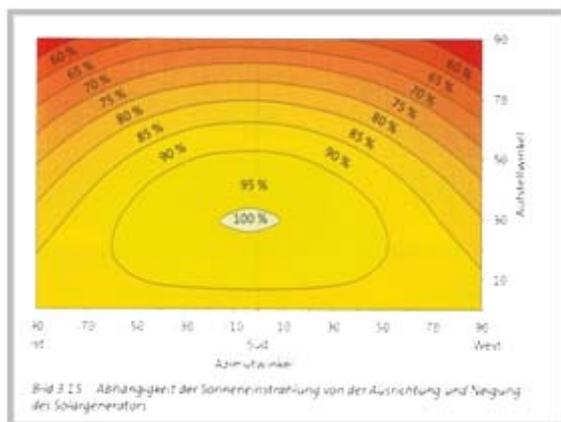
8 Bewertung Solarstrom-Potential

Einleitung

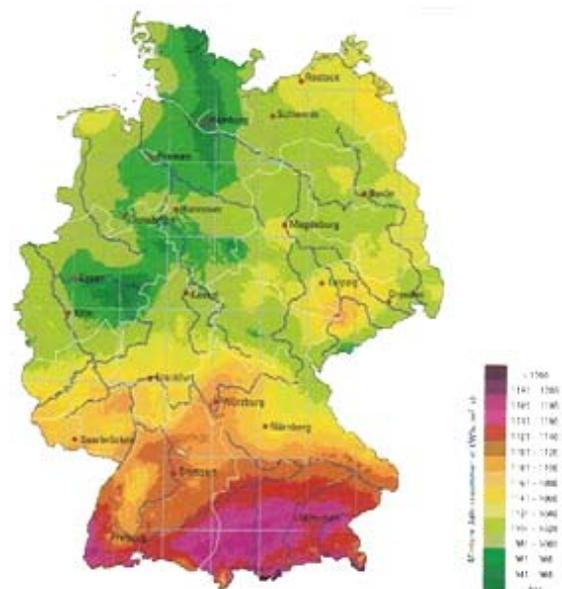
Weltweit steht uns ein riesiges Potential unbegrenzter Energie durch Solarstrahlung kostenlos zur Verfügung. Neue Entwicklungen wie Solar- und Geothermiekraftwerke könnten in Zukunft den größten Teil der benötigten Energie nachhaltig und umweltschonend erzeugen. Derzeit werden aber lediglich nur ca. 4% des Energiebedarfs in Europa durch regenerative Energien erzeugt. Bis 2015, laut EU, soll der Anteil jedoch auf 25% angehoben werden. Bereits heute sind Rohstoffe ein kostbares Gut. Weltweit schwinden die Rohstoffreserven, was zu einer Energiepreissteigerung führt. Das ist die Chance für solare Systeme, denn sie werden sich in Zukunft besser rechnen.

Die photovoltaische Stromerzeugung stellt eine Form der direkten Nutzung der Globalstrahlung dar. *Photovoltaik* bezeichnet den Vorgang einer direkten Stromerzeugung aus (Sonnen-) licht. Sie nutzt die direkte und die diffuse Strahlungsenergie der Sonne zur Erzeugung von Strom mit Hilfe von Solarzellen. Durch die Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG)- mit garantierten Einspeisevergütungen für den Solarstrom in Verbindung mit zinsgünstigen Darlehen – wurden Voraussetzungen geschaffen, Solarstrom-Anlagen wirtschaftlich zu betreiben.

Vor diesem Hintergrund haben wir geprüft, ob und wie fern die Errichtung von Solarstromanlagen auf Dach- oder Fassadenflächen der Realschule Baumholder generell möglich und aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll sind.

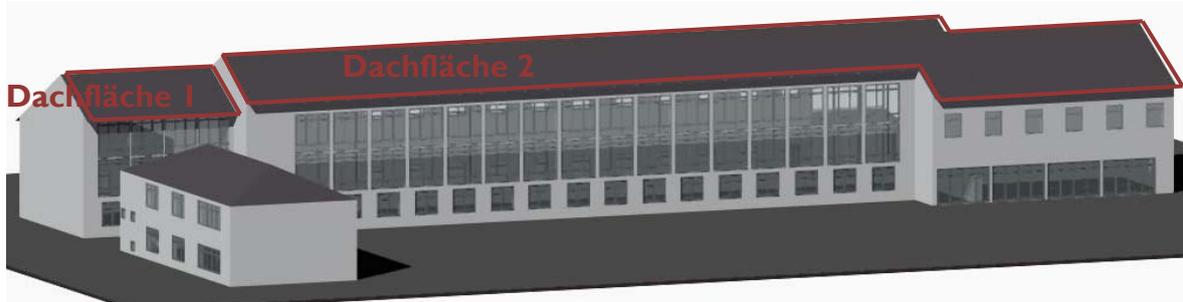


Quelle: Photovoltaik: Strom ohne Ende;
 ISBN: 978-3-934595-74-3



Gebäude als 3D-CAD Objekt / Randbedingungen

Nachstehende Flächen wurden für diese Untersuchung herangezogen:



Randbedingungen Dachfläche 1

- Brutto Bezugsfläche: ca. 88,5m²
- Neigung ca. 28°
- Ausrichtung +45° Süd/West
- Zu erwartender Solarertrag 90% - 95%

Randbedingungen Dachfläche 2

- Brutto Bezugsfläche: ca. 620m²
- Neigung ca. 28°
- Ausrichtung +45° Süd/West
- Zu erwartender Solarertrag 90% - 95%

Dachfläche Erweiterungsbau



Randbedingungen Dachfläche 3

- Brutto Bezugsfläche: ca. 100m²
- Neigung ca. 25°
- Ausrichtung -45° Süd/Ost
- Zu erwartender Solarertrag 95%

Fassadenflächen



Randbedingungen Fassade 1

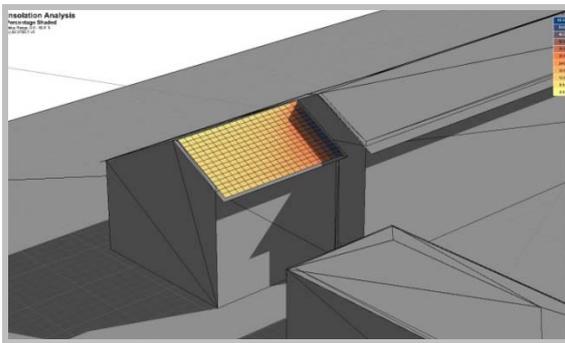
- Brutto Bezugsfläche: ca. 73m²
- Neigung 0°
- Modul Ausrichtung +45° Süd/West

Randbedingungen Fassade 2

- Brutto Bezugsfläche: ca. 650m²
- Neigung 0°
- Modul Ausrichtung +45° Süd/West

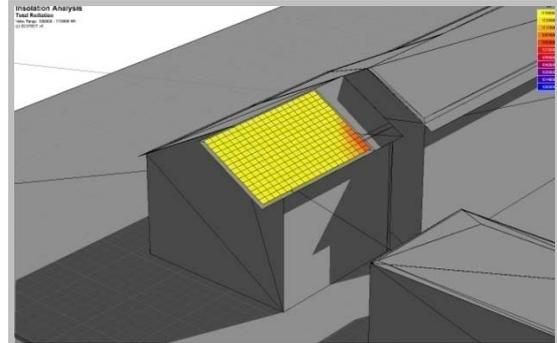
Simulation von Eigen- und Fremd-Verschattung

Dachfläche 1



Eigen- Verschattung durch Dachversatz

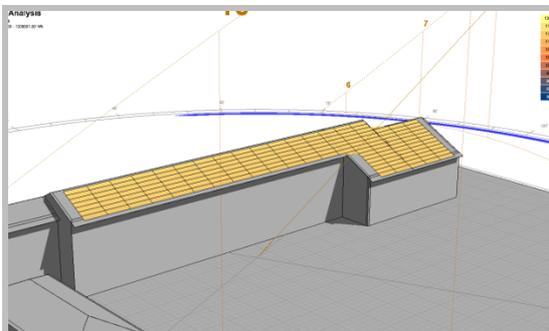
Im Bereich des Dachversatzes kann es im Jahresverlauf eine Verschattung bis zu 60% geben. Angesichts dieser Ausgangslage, wird empfohlen, zum Versatz hin, bei der Photovoltaik Auslegung eine Abstandsfläche von ca. 3,5m einzuhalten.



Ertrags Simulation

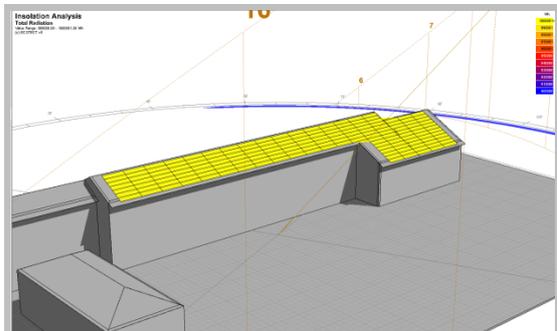
Für die Dachfläche 1 ergibt sich unter Berücksichtigung aller genannter Punkte ein spezifischer Jahresertrag von ca. 864 kWh/kWp

Dachfläche 2



Verschattung

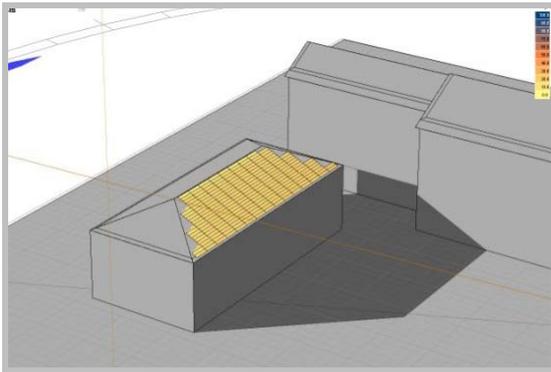
Dachfläche 2 zeigt keine Beeinträchtigung durch Verschattung.



Ertrags Simulation

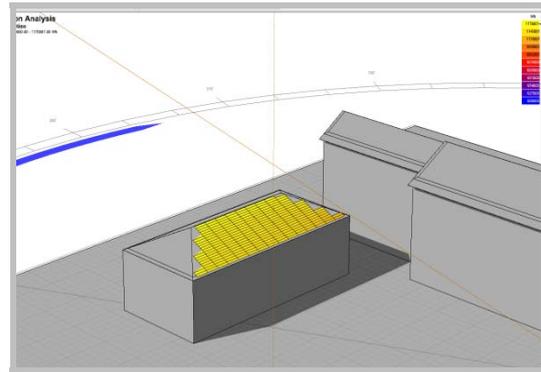
Für die Dachfläche 2 ergibt sich ein spezifischer Jahresertrag von ca. 966 kWh/kWp

Dachfläche 3



Verschattung

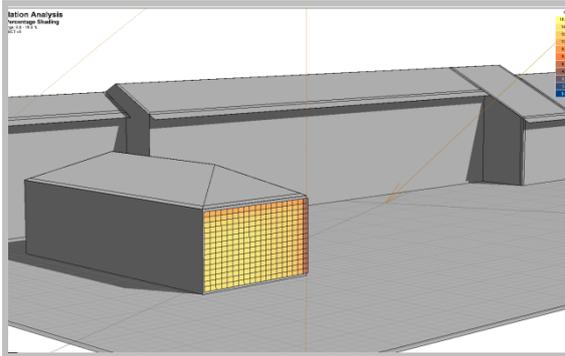
Aufgrund des nebenstehenden Schulgebäudes kann es im Jahresverlauf eine Verschattung bis zu ca. 10% geben. Dies bezieht sich jedoch auf die späten Nachmittagsstunden, wo der direkte Strahlungsanteil geringer wird.



Ertrags Simulation

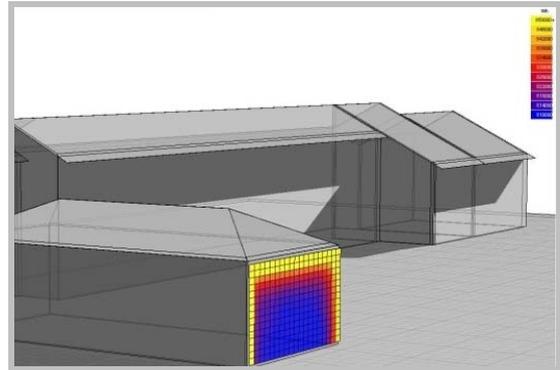
Für die Dachfläche 3 ergibt sich unter Berücksichtigung aller oben genannter Punkte ein spezifischer Jahresertrag von ca. 845 kWh/kWp

Fassadenfläche 1



Verschattung

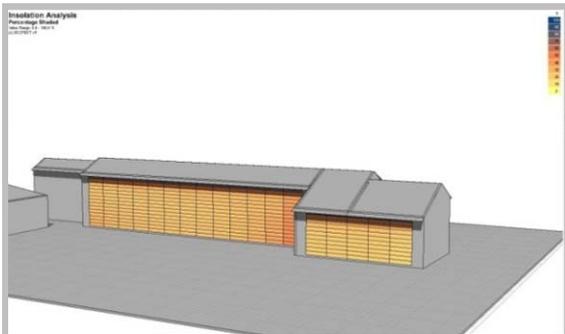
Die Verschattungssimulation der Fassadenfläche 1 zeigt einen Verschattungsanteil von ca. 10%. Hier bezieht sich die Verschattung auf die Morgenstunden.



Ertrags Simulation

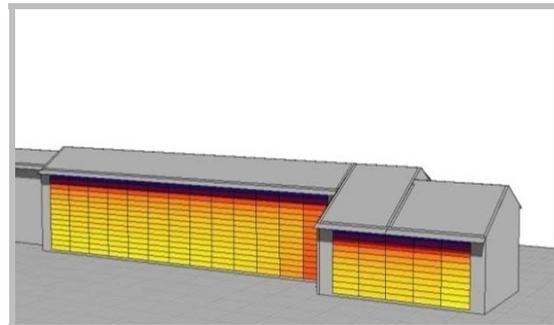
Für die Fassadenfläche 1 ergibt sich unter Berücksichtigung aller oben genannter Punkte ein spezifischer Jahresertrag von ca. 700 kWh/kWp

Fassadenfläche 2



Verschattung

Die Fassadenfläche 2 zeigt im Jahresverlauf eine Verschattung von 10% - 25%. Hierbei handelt es sich mehrheitlich um eine Verschattung im Bereich des Dachüberstandes.



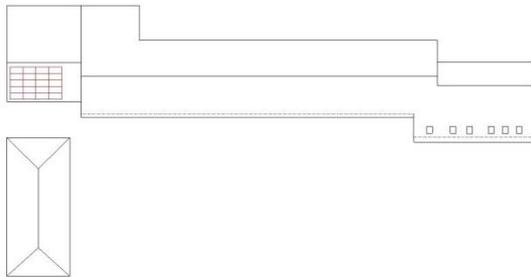
Ertrags Simulation

Für die Fassadenfläche 2 ergibt sich unter Berücksichtigung aller oben genannter Punkte ebenfalls ein spezifischer Jahresertrag von ca. 660 kWh/kWp

Ermittlung potentieller Flächen

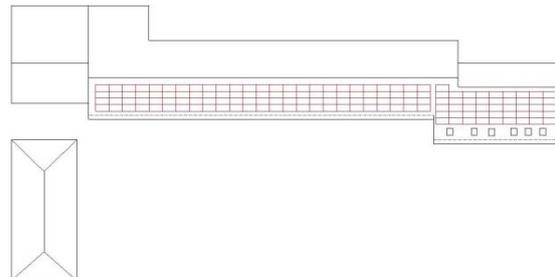
Anhand der Auswertung der Pläne, wurde die Größe der nutzbaren Dachflächen und somit die mögliche Größe und Leistung der Photovoltaikanlage ermittelt. Die Leistung einer Anlage wird in Kilowattpeak (kWp) angegeben. Dies bezeichnet die maximale Leistung der Anlage unter optimalen Bedingungen. Optimale Bedingungen würden vorliegen, wenn 1.000 – 1.200 kWh/m² Strahlungsenergie auf eine südorientierte, 30° geneigte Fläche treffen würden. Da bei den wenigsten Anlagen diese optimalen Bedingungen vorliegen, wurde für die Dach- und Fassadenflächen der Realschule Baumholder eine Simulation mit dem Programm Ecotect durchgeführt. Hierbei berechnet das Programm die Solarstrahlung je nach Standort des Gebäudes, Neigungswinkel, Ausrichtung der Dachfläche sowie Ertragsminderungen durch Eigen- und Fremdverschattung. Die Berechnung basiert auf den von Ihnen vorgelegten Daten. Für eventuell fehlende Angaben werden von uns praxisgerechte Erfahrungswerte eingesetzt.

Überprüfung der Realisierbarkeit mit marktgängigen PV- Elementen



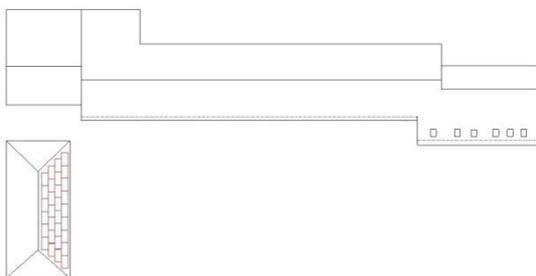
Dachfläche 1

Auf der ca. 88,5m² großen Dachfläche 1 kann unter Berücksichtigung der Abstandsfläche zum Dachversatz, eine Anlage von ca. 7 kWp installiert werden. Spez. Jahresertrag 864 kWh/kWp.



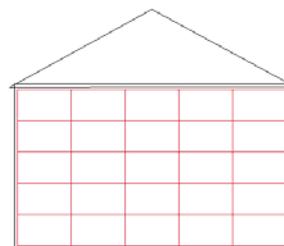
Dachfläche 2

Auf der 580m² großen Dachfläche 2 kann unter Berücksichtigung aller genannten Punkte eine Anlage von ca. 50 kWp installiert werden. Spez. Jahresertrag 966 kWh/kWp.



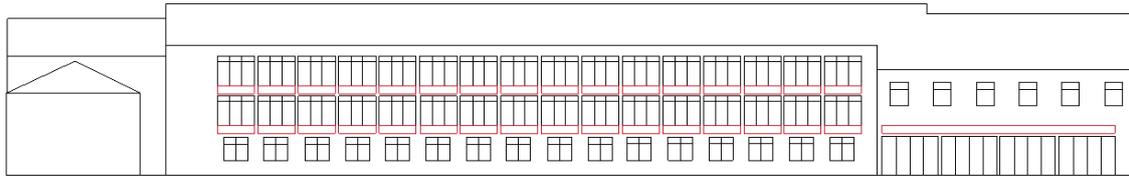
Dachfläche 3

Auf der 100m² großen Dachfläche 3 kann unter Berücksichtigung aller genannten Punkte eine Anlage von ca. 10 kWp installiert werden. Spez. Jahresertrag 845 kWh/kWp.



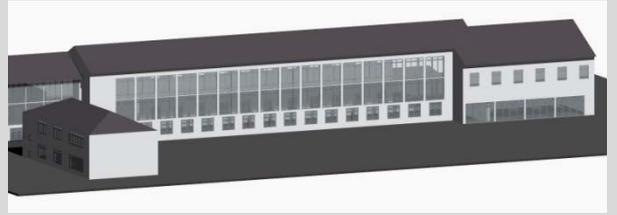
Fassadenfläche 1

An der 73m² großen Fassadenfläche 3 kann unter Berücksichtigung aller genannten Punkte eine Anlage von ca. 9 kWp an der Fassade installiert werden. Spez. Jahresertrag 700 kWh/kWp.



Fassadenfläche 2

An der 800m² großen Fassadenfläche 2 kann unter Berücksichtigung aller genannten Punkte eine Anlage von ca. 20 kWp installiert werden. Spez. Jahresertrag 660 kWh/kWp.



Zusammenfassend				
Fläche	Kollektorfläche [m ²]	Anlagengröße [kWp]	Zu erwartender Jahresertrag [kWh/kWp]	kWh/a
Dachfläche 1	52,5	7	864	6.048
Dachfläche 2	375	50	966	48.300
Dachfläche 3	75	10	845	8.450
Fassadenfläche 1	67,5	9	700	6.300
Fassadenfläche 1	150	20	660	13.200
Gesamt Dach im Durchschnitt		67	890	59.630
Gesamt Fassade im Durchschnitt		29	680	19.720

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Im Weiteren wird eine wirtschaftliche Betrachtung der PV-Anlage durchgeführt. Diese soll überprüfen, ob sich die Anlage unter den vorliegenden Bedingungen wirtschaftlich rechnet. Hierfür wurden jeweils die Dachflächen und jeweils die Fassadenflächen zu einer Anlage zusammengefasst. Es wird angenommen, dass ein zinsgünstiges Kommunaldarlehn von ca. 4,5%¹² über eine Laufzeit von 20 Jahren aufgenommen werden kann und dass die Anlage zu einem Preis von 3.600€/kWp (netto) installiert wird. Zudem fließen Degradation der Anlage, sowie Versicherung und Wartung inkl. Inflationsaufschlag mit in die Berechnung ein. Die Investitionskosten für den Bau einer Dachflächenanlage in der Größenordnung von 67 kWp Gesamtleistung liegt bei ca. 240.000,-€, für die Fassadenanlage von 29 kWp bei ca. 105.000,-€. Bei der Betrachtung ergab sich hier bei einer Laufzeit von 20 Jahren, ein jährlicher kumulierter Gewinn von ca. 2.600,-€ für die Dachflächenanlage und ein „Verlust“ von 1.000,-€ für die Fassadenanlage. Dieses Ergebnis sollte später bei einem möglichen Bau der Anlage im Gesamtkontext betrachtet werden. Für die Inbetriebnahme der Anlage wird von 2009 ausgegangen. Durch das neue EEG für 2009 ergibt sich eine Einspeisevergütung für Dach- und Fassadenanlagen von 43,01 Cent je Kilowattstunde (kWh) bei kleinen Anlagen (bis 30 kWp). Bei größeren Anlagen wird ab einer Leistung von 30 kWp nur noch 40,91 Cent je kWh garantiert vergütet. Für Leistungen über 100 kWp gibt es 39,58 Cent je kWh. Wenn die Photovoltaikanlage nicht selbst betrieben werden soll, gibt es zudem die Möglichkeit, die Dachflächen in Form von einem Contracting-Modell zu betreiben. Hierbei werden die Dachflächen an einen externen Anlagenbetreiber vermietet.

CO₂ Einsparung

Die PV-Anlage der Realschule Baumholder, mit einer Fläche von ca. 720 m² erbringt einen Jahresertrag von angenommen ca. 79.350 kWh/a. Dies entspricht einer CO₂-Reduktion von ca. 34,39 Tonnen pro Jahr (bei einem CO₂-äquivalenten Emissionsfaktor von 602 g/kWh für Strom-Mix - Quelle: Detail Praxis: Energetische Sanierung). Damit wird ein aktiver Beitrag zum Klimaschutz geleistet.

¹² Stand: 01.11.08; Preisanfrage Kreditinstitute Hessen

² Quelle: AKU Wiesbaden, ++ 291 | 6945 Zeichen | Artikel vom: 11. 05. 2007

Fazit:

Die Ausrichtungen der Dachflächen sind nicht immer optimal und zudem kann es Ertragsminderungen durch Fremd- und Eigenverschattung geben. (Die Wirkung der Verschattung kann durch Berücksichtigung der Wahl der Zell- und Modulverschaltung minimiert werden). Für die Realschule Baumholder ergibt sich in der Summe aller potentiellen Flächen eine Anlagenauslegung mit einer Gesamtleistung von ca. 96kWp mit einem spezifischen Jahresertrag von 79.350 kWh. Diese Ertragsberechnung basiert auf einer eher konservativen Betrachtung. Dies bedeutet, die Tendenz für Jahreserträge in Rheinlandpfalz sind vielmehr steigend, wie man unter folgendem Link verfolgen kann: http://www.sonnenertrag.eu/bl_vergleich.php?year=2007&country=1

Vor dem Bau einer Anlage muss eine statische Überprüfung der Dachkonstruktion erfolgen, damit die Tragfähigkeit für eine PV-Installation gewährleistet werden kann. Im Falle der Realschule Baumholder muss zusätzlich mit einer aufwendigeren Befestigung der Photovoltaikanlage gerechnet werden, da es sich bei der Dachdeckung um eine Schiefereindeckung handelt.

Der Berechnung liegt die Ertragsprognose der herstellerunabhängigen Software Ecotect zugrunde.

Hierbei handelt es sich um einen auf die letzten Jahre bezogenen Durchschnittswert. Der effektive Ertrag ist sowohl von den meteorologischen Gegebenheiten also auch von der Wahl des Modul Typs abhängig und kann nicht garantiert werden. Für den optimalen Betrieb der Anlage ist eine optimale Überwachung und Wartung Voraussetzung, für die der Betreiber verantwortlich ist.

Nach unserer wirtschaftlichen Betrachtung sehen wir den Betrieb einer PV-Anlage für sinnvoll, sodass sie als zusätzlichen Baustein in Betracht gezogen werden kann. In den weiteren Betrachtungen (CO₂- und Finanzpotential) wird lediglich von einer Dachflächenauslegung ausgegangen.

9 Bewertung CO₂-Potential

Einleitung

Zur Schonung unseres Klimas und zur Verringerung des Treibhauseffektes ist eine ökologische Betrachtung der von Menschen verursachten CO₂- Emission von großer Bedeutung. Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Erdgas, Kohle oder Heizöl werden große Mengen an Kohlendioxid in die Umwelt ausgestoßen. Dies hängt mit dem großen Anteil an Kohlenstoff zusammen, der sich bei einer vollständigen Verbrennung mit Sauerstoff Kohlendioxid ergibt.

Alternativen für den Einsatz von fossilen Brennstoffen bilden Energiearten wie Wind, Photovoltaik oder Geothermie. Durch den verstärkten Einsatz dieser erneuerbarer Energien soll der Kohlendioxidausstoß deutlich gesenkt werden. Demnach soll der CO₂- Ausstoß bis zum Jahr 2020 um 14 Prozent verringert werden.

Der CO₂-Ausstoß wird gemessen am Primärenergiebedarf, der sich aus dem eigentlichen Energiebedarf für Warmwasser, Heizung und dem benötigten Hilfsstrom für alle Pumpen und Lüftungs-Ventilatoren und den vorgelagerten Prozessketten, die zur Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt werden zusammensetzt.

Nachfolgend sind die CO₂ – Emissionen der zuvor behandelten Varianten 0-4 aufgeführt und werden mit dem IST-Zustand verglichen. Die Äquivalent Emissionsfaktoren sind nach GEMIS zu Grunde gelegt.¹³Der in Tabelle 1 dargestellte Gesamt-Ausstoß an CO₂ ist bezogen auf eine Nutzfläche von 3.844 m².

Tabelle 1 CO₂-Ausstoß durch Primärenergiebedarf

	Primärenergie- bedarf	CO ₂ -Ausstoß (bezogen auf CO ₂ - Äquivalent- Emissionsfaktor 0,756 kg/kWh) ¹⁴	Gesamt- Ausstoß an CO ₂ (bezogen auf die Nutzfläche)	Gesamt- Ausstoß an CO ₂ (bezogen auf die Nutzfläche)
Ist-Zustand	272 kWh/m ² a	206 kg/m ² a	790.449kg/a	790,45 t/a
Variante 0	150 kWh/m ² a	114 kg/m ² a	435.909 kg/a	435,91 t/a
Variante 1	120 kWh/m ² a	91 kg/m ² a	348.727 kg/a	348,73 t/a
Variante 2	78 kWh/m ² a	59 kg/m ² a	226.672 kg/a	226,67 t/a
Variante 3	64 kWh/m ² a	49 kg/m ² a	185.988 kg/a	185,99 t/a
Variante 4	117 kWh/m ² a	88 kg/m ² a	340.000 kg/a	233,07 t/a

¹³ GEMIS 4.5 Stand August 2008

¹⁴ Äquivalent-Emissionsfaktor nach GEMIS 4.5 Stand August 2008

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass alle Sanierungsvarianten deutlich weniger Kohlendioxid (CO₂) emittieren wie der unsanierte Gebäudezustand. Wobei die Varianten 2 und 3 einen besonders niedrigen CO₂-Ausstoß gegenüber dem IST-Zustand aufweisen.

In allen Varianten sind Dämmmaßnahmen eingeplant. Bei Variante 0 und 1 wird mit Öl, ein fossiler Brennstoff eingesetzt, dadurch ist der CO₂-Ausstoß höher wie bei den Varianten 2 und 3.

Ab Variante 1 wird eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingesetzt. In Variante 1 sinkt dadurch die CO₂-Emission auf 348,73 t/a.

In Variante 2 wird mit Holzpellets ein erneuerbarer Brennstoff eingesetzt. Somit beträgt der CO₂-Ausstoß nur noch 226,67 t/a und wird gegenüber Variante 1 deutlich verringert.

Bei Variante 3 wird von allen betrachteten Varianten die geringste Menge an Kohlendioxid emittiert. Das in dieser Variante eingesetzte BHKW liefert neben der gewünschten Wärme, zusätzlich noch Strom. Dieser kann zur Abdeckung des Eigenbedarfs an Strom genutzt werden. Durch diese Maßnahme wird weniger Strom aus Atom und/oder Kohlekraftwerken verbraucht. Somit wird die weniger CO₂ in die Atmosphäre ausgestoßen und die Umwelt geschont.

In Variante 4 wird CO₂-Menge von 233,07 t/a ausgestoßen. Dies könnte auf den benötigten für die Wärmepumpe und für den Pelletkessel zurückzuführen sein.

Mit Hilfe der auf dem Dach installierten Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann die CO₂-Emission nochmals gesenkt werden. Bei PV-Anlagen wird nur die solare Energie der Sonne benötigt, diese wird durch Photovoltaikzellen zur Stromherstellung benutzt. Darüber hinaus könnte Solarenergie zur Erwärmung des Warmwassers nützlich sein. So würde die CO₂-Emission noch mehr verringert werden.

Bei dem betrachteten Gebäude steht eine für PV-Anlagen nutzbare Dachfläche von 502 m² zur Verfügung. So besteht die Möglichkeit in allen Varianten durch PV-Zellen 20,27 t/a Kohlendioxid einzusparen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2 Einsparungspotential an CO₂ durch installierte PV-Zellen

	Gewinn durch PV-Anlage	CO ₂ -Einsparung (bezogen auf CO ₂ -Äquivalent-Emissionsfaktor 0,602kg/kWh) ¹⁵	Gesamt-Einsparung an CO ₂ (bezogen auf 720 m ² PV-Fläche)	Gesamt-Einsparung an CO ₂ (bezogen auf 720 m ² PV-Fläche)
Ist-Zustand	0 kWh/m ² a	---	---	---
Variante 0-4	67 kWh/m ² a	48 kg/m ² a	20.267 kg/a	20,27 t/a

¹⁵ Äquivalent-Emissionsfaktor nach GEMIS 4.5 Stand August 2008

In Tabelle 3 werden die gesamten CO₂-Reduzierungen der Varianten 0-4 abschließend nochmals mit dem IST-Zustand verglichen. Hieraus ist ersichtlich, dass durch entsprechende Sanierungsmaßnahmen eine deutliche CO₂-Einsparung möglich ist.

Tabelle 3 Gesamteinsparung an CO₂

	CO ₂ -Ausstoß Primärenergie	CO ₂ -Einsparung durch PV-Anlage	Gesamt-CO ₂ -Bilanz	CO ₂ -Einsparung (im Verhältnis zum IST-Zustand)	CO ₂ -Einsparung (im Verhältnis zum IST-Zustand)
Ist-Zustand	790,45 t/a	0,00 t/a	790,45 t/a	---	---
Variante 0	435,91 t/a	20,27 t/a	415,64 t/a	374,81 t/a	47,42 %
Variante 1	348,73 t/a	20,27 t/a	328,46 t/a	461,99 t/a	58,47 %
Variante 2	226,67 t/a	20,27 t/a	206,4 t/a	584,05 t/a	69,33 %
Variante 3	185,99 t/a	20,27 t/a	165,72 t/a	624,73 t/a	79,03 %
Variante 4	233,07 t/a	20,27 t/a	212,8 t/a	577,65 t/a	73,08 %

Abschließend ist zu sagen, dass alle Varianten kohlendioxidreduzierend sind. Die Variante 3 ist aber aufgrund der oben beschriebenen Gründe das umweltfreundlichste Konzept darstellt.

10 Bewertung Finanz-Potential

Die folgenden Berechnungen basieren auf einer überschlägigen Ermittlung, die Ihnen zur Planung Ihres Budgets zur Verfügung gestellt werden. Erst durch eine konkrete Planung kann ein genauerer Kostenrahmen ermittelt werden

Einleitung

Ziel dieser Projektbetrachtung ist es, das bestehende Schulgebäude energetisch so zu modernisieren, dass eine maximale Reduzierung von Primärenergie, unter Berücksichtigung des wirtschaftlich Gebotenen erlangt wird. Dies beinhaltet vor allem die Verbesserung der thermischen Hülle sowie die Optimierung der Anlagentechnik. Der benötigte Restenergiebedarf soll durch den Einsatz regenerativer Energien gedeckt werden, die möglichst lokal am Gebäude erzeugt werden und idealer Weise zu einem Energiegewinn führen um die CO₂ Emission zu senken und unsere Umwelt zu schonen. Regenerative Anteile bleiben preislich konstant, da sie von den internationalen Energiemärkten für fossile Energieträger unabhängig sind.

Voraussetzung hierzu ist die Entkopplung der Wärmezeugung von den fossilen Energieträgern, da sich deren Preise überproportional entwickeln. Die Lösungskonzepte sollen daher auf nicht fossilen Energieträgern basieren.

Die Kostenbetrachtung erfolgt anhand der Maßnahmenpakete nach DIN 18599 und umfasst den Gebäudekomplex der Realschule bestehend aus Hauptbau und Erweiterungsbau.

Im folgenden Kapitel werden die Maßnahmen in Bezug auf die anfallenden Investitionskosten betrachtet. Es wurden für die Maßnahmenpakete 0 bis 4 jeweils ein Kostenrahmen aufgestellt. Durch die Energiesparmaßnahmen werden Energiekosteneinsparungen erzielt, die in einer Heizkostenentwicklung in Bezug auf die Maßnahmenpakete dargestellt werden.

Maßnahmen und Kosten

Maßnahmen und Kostenrahmen der betrachteten Varianten

Die Kosten beziehen sich nur auf die energetische Sanierung, in diesem Zusammenhang stehende Innenausbau-Maßnahmen und Planungsleistungen zur Sanierung sind nicht berücksichtigt.

Für die Berechnungen werden folgende Rahmenbedingungen festgelegt:

- Die zugrundeliegende Nutzfläche basiert auf den zur Verfügung gestellten Planunterlagen (ca. 3.844 m² Nutzfläche)
- Finanzierungen über öffentliche Fördermittel werden nicht berücksichtigt
- Steuerliche Gesichtspunkte werden nicht berücksichtigt

In Variante 3 und 4 wird angenommen, dass die Realschule sowie andere umliegende Gebäude über ein Nahwärmenetz versorgt werden. Da keine Angaben getroffen wurden, welche und wie viele Gebäude an das Netz angeschlossen werden, kann für die Anlagentechnik keine Aussage hinsichtlich Ihrer Auslegung und der dazugehörigen Kosten getroffen werden. Daher werden diese bei der Gegenüberstellung der Investitions- und Verbrauchskosten nicht berücksichtigt.

Um die Varianten miteinander vergleichen zu können wird die Investitionssumme/m² Nutzfläche ohne Anlagentechnik und PV-Anlage aufgeführt.

Maßnahmen und Kosten für Variante 0

Variante 0 Erfüllung der Mindestanforderung nach EnEV 2009/Altbau Primärenergiebedarf: 150,70 kWh/m ² a Heizenergiebedarf: 109,2 kWh/m ² a = 11-Liter-Haus	Netto €	19% MwSt. €	Brutto €
Außenwände WDVS 16cm, WLG 040	122.500	23.275	145.775
Außenwände gegen Erdreich: Sockeldämmung 0,5m + Perimeterdämmung 16cm, WLG 040	14.529	2.761	17.290
Dachfläche (Hauptbau): Zwischensparrendämmung 20cm, WLG 040	56.745	10.782	67.527
Dachfläche (Hauptbau): Aufsparrendämmung mit Neueindeckung 20cm, HWF Platte, WLG 040	Nein	Nein	Nein
Oberste Geschoss-Decke (E-Bau): Dämmung 20cm, WLG 040	12.125	2.304	14.429
Fenster 2-Scheiben-Isolier-Verglasung, U-Wert 1,3 W/m ² K	247.190	46.966	294.156
Kellerdecke Dämmung 10cm von unten, WLG 040	3.597	683	4.280
Vorarbeiten, Aushub, Gerüst- und Sicherungsmaßnahmen, Außenliegende Lamellenstores mit Tageslichtlenkung	110.885	21.068	131.953
Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 88%	Nein	Nein	Nein
Gesamtkosten Gebäudehülle	567.571	107.838	675.409
€/m² (angenommene Nutzfläche 3.844m²)	148		176
Zentrales Heizsystem: 2-Kessel-Anlage; bestehender NT Kessel + neuer Brennwertkessel bis 150kW; Brennstoff Heizöl	18.500	3.515	22.015
Zwischensumme	586.071	111.353	697.424
€/m² (angenommene Nutzfläche 3.844m²)	152		181
PV-Anlage ausgelegt auf die baulichen Gegebenheiten	241.200	45.828	287.028

Die Tabelle zeigt die Gegenüberstellung von Einzelmaßnahmen und den angenommenen Kosten.

Die Variante 0 stellt den Standard dar, der von der gültigen Energieeinsparverordnung gefordert wird und bei einer Sanierung des Gebäudes auf jeden Fall erreicht werden muss.

Um diesen Standard **EnEV 2009/Altbau** zu erreichen, muss für die energetische Sanierung eine **Investitionssumme von 148€/m² Nutzfläche** aufgebracht werden. **Ohne Berücksichtigung der Anlagentechnik!** Nicht berücksichtigt wurden die Kosten für den Innenausbau, Photovoltaikanlage, Anlagentechnik und Ingenieursleistungen

Maßnahmen und Kosten für Variante 1

Variante 1 Erfüllung der Anforderung nach EnEV 2009/Neubau Primärenergiebedarf: 120,44 kWh/m ² a Heizenergiebedarf: 46,50 kWh/m ² a = 5-Liter-Haus	Netto €	19% MwSt. €	Brutto €
Außenwände WDVS 16cm, WLG 035	157.500	29.925	187.425
Außenwände gegen Erdreich: Sockeldämmung 0,5m + Perimeterdämmung 16cm, WLG 040	15.381	2.922	18.303
Dachfläche (Hauptbau): Zwischensparrendämmung 20cm, WLG 035	63.356	12.038	75.393
Dachfläche (Hauptbau): Aufsparrendämmung mit Neueindeckung 20cm, HWF Platte, WLG 040	Nein	Nein	Nein
Oberste Geschoss-Decke (E-Bau) Dämmung 20cm, WLG 035	13.538	2.572	16.110
Fenster 2-Scheiben-Isolier-Verglasung, U-Wert 1,2 W/m ² K	247.190	46.966	294.156
Kellerdecke Dämmung 10cm von unten, WLG 035	6.213	1.180	7.393
Vorarbeiten, Aushub, Gerüst- und Sicherungsmaßnahmen, Außenliegende Lamellenstores mit Tageslichtlenkung	110.885	21.068	131.953
Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 88%	350.000	66.500	416.500
Gesamtkosten Gebäudehülle	964.062	183.172	1.147.234
€/m² (angenommene Nutzfläche 3.844m²)	251		298
Investitionsmehrkosten zu Var.0 absolut	396.491		471.824
Investitionsmehrkosten zu Var.0 in %	70%		70%
Zentrales Heizsystem: neuer Brennwertkessel bis 150kW, Brennstoff Heizöl	18.500	3.515	22.015
Zwischensumme	982.562	186.687	1.169.249
€/m² (angenommene Nutzfläche 3.844m²)	256		304
PV-Anlage ausgelegt auf die baulichen Gegebenheiten	241.200	45.828	287.028

Die Tabelle zeigt die Gegenüberstellung von Einzelmaßnahmen und den angenommenen Kosten.

Um diesen Standard **EnEV 2009/Neubau** zu erreichen, muss für die energetische Sanierung eine Investitionssumme von **251€/m² Nutzfläche** aufgebracht werden. **Ohne Berücksichtigung der Anlagentechnik!**
Nicht berücksichtigt wurden die Kosten für den Innenausbau, Photovoltaikanlage, Anlagentechnik und Ingenieursleistungen

Dies entspricht einem Mehraufwand von 103 € /m² Nutzfläche (298-176 brutto) im Vergleich zur Variante 0.

Maßnahmen und Kosten für Variante 2

Variante 2 Erfüllung der Mindestanforderung nach EnEV 2009/Neubau -30% [EnEV 2012 Neubau Niveau] Primärenergiebedarf: 78,36 kWh/m²a Heizenergiebedarf: 46,50 kWh/m²a = 5-Liter-Haus	Netto €	19% MwSt.€	Brutto€
Außenwände WDVS 16cm, WLG 035	157.500	29.925	187.425
Außenwände gegen Erdreich: Sockeldämmung 0,5m; Perimeterdämmung 16cm, WLG 040	15.381	2.922	18.303
Dachfläche (Hauptbau): Zwischensparrendämmung 20cm, WLG 035	63.356	12.038	75.393
Dachfläche (Hauptbau): Aufsparrendämmung mit Neueindeckung 20cm, HWF Platte, WLG 040	Nein	Nein	Nein
Oberste Geschoss-Decke (E-Bau): Dämmung 20cm, WLG 035	13.538	2.572	16.110
Fenster 2-Scheiben-Isolier-Verglasung, U-Wert 1,3 W/m²K	247.190	46.966	294.156
Kellerdecke Dämmung 10cm von unten, WLG 035	6.213	1.180	7.393
Vorarbeiten, Aushub, Gerüst- und Sicherungsmaßnahmen, Außenliegende Lamellenstores mit Tageslichtlenkung	110.885	21.068	131.953
Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 88%	350.000	66.500	416.500
Gesamtkosten Gebäudehülle	964.062	183.172	1.147.234
€/m² (angenommene Nutzfläche 3.844m²)	251		298
Investitionsmehrkosten zu Var.0 absolut	396.491		471.824
Investitionsmehrkosten zu Var.0 in %	70%		70%
Zentrales Heizsystem: Biomassekessel; Brennstoff Holzpellets	24.000	4.560	28.560
Zwischensumme	988.062	187.732	1.175.794
€/m² (angenommene Nutzfläche 3.844m²)	257		306
PV-Anlage ausgelegt auf die baulichen Gegebenheiten	241.200	45.828	287.028

Die Tabelle zeigt die Gegenüberstellung von Einzelmaßnahmen und den angenommenen Kosten.

Die Variante 0 stellt den Standard dar, der von der gültigen Energieeinsparverordnung gefordert wird und bei einer Sanierung des Gebäudes auf jeden Fall erreicht werden muss.

Um diesen Standard EnEV 2009/Neubau -30% (EnEV 2012 Neubau Niveau) zu erreichen, muss für die energetische Sanierung eine Investitionssumme von 251€/m² Nutzfläche aufgebracht werden. Ohne Berücksichtigung der Anlagentechnik!

Nicht berücksichtigt wurden die Kosten für den Innenausbau, Photovoltaikanlage, Anlagentechnik und Ingenieursleistungen

Dies entspricht einem Mehraufwand von 103 € /m² Nutzfläche (298-176 brutto) im Vergleich zur Variante 0.

Maßnahmen und Kosten für Variante 3

Variante 3 Erfüllung der Anforderung nach EnEV 2009/Neubau -50% Primärenergiebedarf: 64,23 kWh/m ² a Heizenergiebedarf: 46,50 kWh/m ² a = 5-Liter-Haus	Netto €	19% MwSt.€	Brutto€
Außenwände WDVS 16cm, WLG 035	157.500	29.925	187.425
Außenwände gegen Erdreich: Sockeldämmung 0,5m; Perimeterdämmung 16cm, WLG 040	15.381	2.922	18.303
Dachfläche (Hauptbau): Zwischensparrendämmung 20cm, WLG 035	63.356	12.038	75.393
Dachfläche (Hauptbau): Aufsparrendämmung mit Neueindeckung 20cm, HWF Platte, WLG 040	Nein	Nein	Nein
Oberste Geschoss-Decke (E-Bau) Dämmung 20cm, WLG 035	13.538	2.572	16.110
Fenster 2-Scheiben-Isolier-Verglasung, U-Wert 1,2 W/m ² K	247.190	46.966	294.156
Kellerdecke Dämmung 10cm von unten, WLG 035	6.213	1.180	7.393
Vorarbeiten, Aushub, Gerüst- und Sicherungsmaßnahmen, Außenliegende Lamellenstores mit Tageslichtlenkung	110.885	21.068	131.953
Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 88%	350.000	66.500	416.500
Gesamtkosten	964.062	183.172	1.147.234
€/m² (angenommene Nutzfläche 3.844m ²)	251		298
Investitionsmehrkosten zu Var.0 absolut	396.491		471.824
Investitionsmehrkosten zu Var.0 in %	70%		70%
Nahwärmenetz: Kraft-Wärme-Kopplung, regenerativ	keine Angaben möglich	keine Angaben möglich	keine Angaben möglich
Zwischensumme			
€/m² (angenommene Nutzfläche 3.844m ²)			
PV-Anlage ausgelegt auf die baulichen Gegebenheiten	241.200	45.828	287.028

Die Tabelle zeigt die Gegenüberstellung von Einzelmaßnahmen und den angenommenen Kosten.

Um diesen Standard **EnEV 2009/Neubau -50%** zu erreichen, muss für die energetische Sanierung eine Investitionssumme von **251 €/m² Nutzfläche** aufgebracht werden. **Ohne Berücksichtigung der Anlagentechnik!**
Nicht berücksichtigt wurden die Kosten für den Innenausbau, Photovoltaikanlage, Anlagentechnik und Ingenieursleistungen

Dies entspricht einem Mehraufwand von 103 € /m² Nutzfläche (298-176 brutto) im Vergleich zur Variante 0.

Maßnahmen und Kosten für Variante 4

Variante 4 Berechnung nach PHPP Passivhausstandard wird nicht erreicht Primärenergiebedarf: 117 kWh/m ² a Heizenergiebedarf: 17 kWh/m ² a = 2-Liter-Haus	Netto €	19% MwSt. €	Brutto €
Außenwände WDVS 24cm, WLG 035	192.500	36.575	229.075
Außenwände gegen Erdreich: Sockeldämmung 0,5m; Perimeterdämmung 16cm, WLG 040	16.569	3.148	19.717
Dachfläche (Hauptbau): Zwischensparrendämmung 20cm, WLG 040	307.011	58.332	365.343
Dachfläche (Hauptbau): Aufsparrendämmung mit Neueindeckung 20cm, HWF Platte, WLG 040	Ja	Ja	Ja
Oberste Geschoss-Decke (E-Bau): Dämmung 30cm, WLG 035	16.250	3.088	19.338
Fenster 3-Scheiben-Isolier-Verglasung, U-Wert 0,74 W/m ² K	354.850	67.422	422.272
Kellerdecke Dämmung 14cm von unten, WLG 035	5.123	973	6.096
Vorarbeiten, Aushub, Gerüst- und Sicherungsmaßnahmen, Außenliegende Lamellenstores mit Tageslichtlenkung	110.885	21.068	131.953
Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 88%	350.000	66.500	416.500
Gesamtkosten Gebäudehülle	1.353.188	257.106	1.610.294
€/m² (angenommene Nutzfläche 3.844m²)	352		419
Investitionsmehrkosten zu Var.0 absolut	785.617		934.884
Investitionsmehrkosten zu Var.0 in %	138%		138%
Nahwärmenetz: 60% Wasser-Wasser-Wärmepumpe +	keine Angaben möglich	keine Angaben möglich	keine Angaben möglich
40% Biomassekessel; Brennstoff Holzpellets	24.000	4.560	28.560
Zwischensumme	1.377.188	261.666	1.638.854
€/m² (angenommene Nutzfläche 3.844m²)	358		426
PV-Anlage ausgelegt auf die baulichen Gegebenheiten	241.200	45.828	287.028

Die Tabelle zeigt die Gegenüberstellung von Einzelmaßnahmen und den angenommenen Kosten.

Um diesen Standard nach Phpp zu erreichen, muss für die energetische Sanierung eine Investitionssumme von **352 €/m² Nutzfläche** aufgebracht werden. **Ohne Berücksichtigung der Anlagentechnik!**

Nicht berücksichtigt wurden die Kosten für den Innenausbau, Photovoltaikanlage, Anlagentechnik und Ingenieursleistungen

Dies entspricht einem Mehraufwand von 204 € /m² Nutzfläche (419-176 brutto) im Vergleich zur Variante 0.

Energieeinsparung durch Verringerung des Heizwärmebedarfs

Energieeinsparung	Ist-Zustand	Variante 0 = EnEV 2009/Altbau	Variante 1 = EnEV 2009/Neubau	Variante 2 = EnEV 2009/Neubau 30%	Variante 3 = EnEV 2009/Neubau 50%	Variante 4 PHPP Berechnung
Errechneter Heizwärmebedarf "Qh" in kWh/m²a	143,51	109,2	46,5	46,5	46,5	17
Einsparung "E" zu Ist-Zustand in kWh/m²a	0	34,31	97,01	97,01	97,01	126,51
Kosten in € gesamt Qh*Nf*Ölpreis €/kWh	29.789,23 €	22.667,30 €	9.652,28 €	9.652,28 €	9.652,28 €	3.528,79 €
Kostenersparnis in € gesamt E*Nf*Ölpreis €/kWh	0,00 €	7.121,93 €	20.136,95 €	20.136,95 €	20.136,95 €	26.260,44 €

Qh = errechneter Heizwärmebedarf

E = Einsparung

NF = Nutzfläche, hier: 3.844m²

Preis Stand 4.Quartal 2009: 0,054 kWh Öl

Die errechnete Energieeinsparung bezieht sich nur auf die eingesparte Heizwärme, als Energieträger wird Heizöl angenommen.

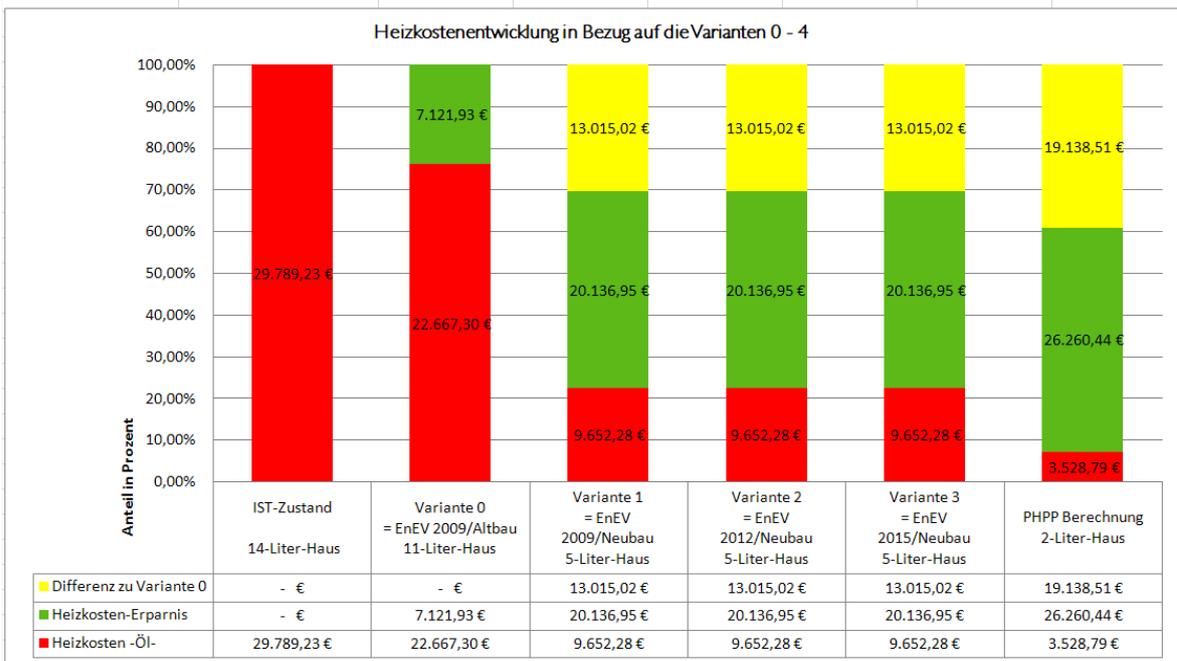


Diagramm Heizenergie

Das Diagramm stellt die errechneten Werte des Heizenergiebedarfs der betrachteten Varianten monetär dar.

Die roten Flächen zeigen die zu erwarteten Heizkosten bei Realisierung der entsprechenden Variante. Die grünen Flächen verdeutlichen die Heizkosten-Ersparnis und die gelben Flächen stellen die Differenz der Ersparnis zu Variante 0 dar, der Standard, der von der gültigen Energieeinsparverordnung gefordert wird und bei einer Sanierung des Gebäudes auf jeden Fall erreicht werden muss.

Beispiel Variante 1:

Wenn das Gebäude nach Variante 1 saniert wird, fallen 9.652€ Heizkosten im Jahr (bezogen auf die Wärme-Einsparung an kWh/m²a) an, das führt zu einer Ersparnis im Vergleich zum Bestand in Höhe von 20.136€ (grüne Fläche) und bedeutet eine weitere Verbesserung gegenüber Variante 0 um 13.015€ (gelbe Fläche). Der errechnete jährliche Heizwärmebedarf beträgt für diese Variante 46,5 kWh, ein sog. „5 Liter Haus“.

Investitions- und Verbrauchskosten

Im Folgenden werden die Varianten 0-2 gegenübergestellt. Ein direkter Vergleich der Varianten 0-4 ist (wie auf Seite 56) beschrieben nicht möglich, da für die Varianten 3 und 4 keine Kostenkalkulation in Bezug auf die Anlagentechnik gemacht werden kann.

In den unten stehenden Tabellen sind die kapital- und verbrauchsgebundenen Kosten für die Varianten 0 - 2 aufgeführt. Um eine Vergleichsbasis zu schaffen, sind die Kosten auf den Bruttopreis in €/ im Jahr herunter gebrochen.
 Mögliche Fördergelder bzw. zinsgünstige Kredite über die KfW wirken sich auf diese Kosten aus, sie sind in den Berechnungen noch nicht berücksichtigt.

Variante 0

RS Baumholder_Variante 0

Sowieso-Kosten

alle Angaben sind Nettowerte ohne 19% MwSt.

Nach den Werten, die im berechneten IST-Zustand zu Grunde liegen, wurden aus dem Heizwärmebedarf und der dazugehörigen Heizleistung, die Vollbenutzungsstunden von 2.500h/a ermittelt. Diese dienen als Basis für alle nachfolgenden Varianten.

Heizwärmebedarf	419 MWh/a (109,2 kWh/m²a)	Bestand	551 MWh/a	(143,51 kWh/m²a)
Heizleistung	170 kW		220 kW	
Gesamtnutzfläche	3.844 m²			

Kapitalgebundene Kosten	Menge	spez. Kosten	Kosten	Nutzung [Jahre]	Zins	Annuität	Jahreskosten
Investition: Fensteraustausch			247.190 €	25	5%	7,10%	17.539 €/a
Investition: Wärmedämmung oberste Geschossdecke			12.125 €	30	5%	6,51%	789 €/a
Investition: Wärmedämmung Dachfläche			56.745 €	30	5%	6,51%	3.691 €/a
Investition: Wärmedämmung Außenwand bis Sohle			122.500 €	30	5%	6,51%	7.969 €/a
Investition: Wärmedämmung Außenwand ab Sohle			14.529 €	20	5%	8,02%	1.166 €/a
Investition: Wärmedämmung Kellerdecke			3.597 €	30	5%	6,51%	234 €/a
Investition: Lüftungsanlage	Stk	10.000	0 €	20	5%	8,02%	0 €/a
Investition: PV-Anlage (nur Dachauslegung)	67 kWp	3.600	241.200 €	20	5%	8,02%	19.355 €/a
Investition: Brennkessel bis 140kW			18.500 €	15	5%	9,63%	1.782 €/a
Summe			716.386 €				30.505 €/a

Investition: Sonstiges			110.885 €	20	5%	8,02%	8.898 €/a
Investition: Innenausbau (wurde nicht angesetzt)			€	20	5%	8,02%	0 €/a

Gesamtsumme Investitionskosten Variante 0			827.271 €			Netto	39.403 €/a
--	--	--	------------------	--	--	--------------	-------------------

Verbrauchsgebundene Kosten bezogen auf den IST-Zustand	Menge	spez. Kosten	Kosten	Brutto
Eingesparte Wärme durch Dämmung	-133 MWh/a	60 €/MWh	-7.980 €/a	46.890 €/a
Strom PV-Anlage	-59 MWh/a	425 €/MWh	-25.075 €/a	
Brennstoff Öl*	425 MWh/a		-6.875 €/a	
Strombedarf Heizung (Brenner, Pumpe, Steuerung)*	2.589 kWh/a	0,20 €/kWh	0 €/a	
Strombedarf Lüftung**	0 kWh/a	0,20 €/kWh	0 €/a	
Wartung Lüftung	0 €	2 %/a	0 €/a	
Wartung PV-Anlage	241.200 €	2 %/a	3.618 €/a	

* Betriebsstunden angenommen mit 2.500h/a, Ölpreis: 0,55€/kg, Stand 11.09

** Strompreis angenommen mit 20ct/kWh Stand 11.09

Summe			Netto -36.312 €/a	Kosten pro Jahr	3.091 €/a
			Brutto -43.211 €/a		3.679 €/a
				Brutto-Kosten pro m²/Monat	0,08 €/m²Mo

Variante 1

RS Baumholder_Variante 1

zzgl. den Sowieso -Kosten
 alle Angaben sind Nettowerte ohne 19% MwSt.

Nach den Werten, die im berechneten IST-Zustand zu Grunde liegen, wurden aus dem Heizwärmebedarf und der dazugehörigen Heizleistung, die Vollbenutzungsstunden von 2.500h/a ermittelt. Diese dienen als Basis für alle nachfolgenden Varianten.

Heizwärmebedarf	178,74 MWh/a (46,5 kWh/m²a)	Variante 0 419 MWh/a	(109,2 kWh/m²a)
Heizleistung	100 kW	170 kW	
Gesamtnutzfläche	3.844 m²		

Kapitalgebundene Kosten	Menge	spez. Kosten	Kosten abzgl.V	Nutzung	Zins	Annuität	Jahreskosten
			0	[Jahre]			
Mehrinvestition: Fensteraustausch		247.190 €	0 €	25	5%	7,10%	0 €/a
Mehrinvestition: Wärmedämmung oberste Geschossdecke		13.538 €	1.413 €	30	5%	6,51%	92 €/a
Mehrinvestition: Wärmedämmung Dachfläche		63.356 €	6.611 €	30	5%	6,51%	430 €/a
Mehrinvestition: Wärmedämmung Außenwand bis Sohle		157.500 €	35.000 €	30	5%	6,51%	2.277 €/a
Mehrinvestition: Wärmedämmung Außenwand ab Sohle		15.381 €	852 €	20	5%	8,02%	68 €/a
Mehrinvestition: Wärmedämmung Kellerdecke		6.213 €	2.616 €	30	5%	6,51%	170 €/a
Mehrinvestition: Lüftungsanlage		350.000 €	350.000 €	20	5%	8,02%	28.085 €/a
Mehrinvestition: PV-Anlage (nur Dachauslegung)	67 kWp	3.600 €	0 €	20	5%	8,02%	0 €/a
Mehrinvestition: Brennkessel bis 140kW			0 €	15	5%	9,63%	0 €/a
Summe			396.492 €				30.600 €/a
Investition: Sonstiges		110.885 €	0 €	20	5%	8,02%	0 €/a
Investition: Innenausbau (wurde nicht angesetzt)			€	20	5%	8,02%	0 €/a
Gesamtsumme Investitionskosten Variante 0			396.492 €			Netto	30.600 €/a

Verbrauchsgebundene Kosten bezogen auf den IST-Zustand					Kosten		Brutto	
Einsp. Wärme durch Dämmung+WRG	-241 MWh/a	60 €/MWh	-14.460 €/a	Energiepreissteigerung 4%			36.414 €/a	
Strom PV-Anlage	0 MWh/a	425 €/MWh	0 €/a					
Brennstoff Öl*	250 MWh/a		-13.726 €/a					
Strombedarf Heizung (Brenner, Pumpe, Steuerung)*	2.589 kWh/a	0,20 €/kWh	0 €/a					
Strombedarf Lüftung**	70.869 kWh/a	0,20 €/kWh	14.174 €/a					
Wartung Lüftung	350.000 €	2 %/a	7.000 €/a					
Wartung PV-Anlage	0 €	2 %/a	0 €/a					
Summe			Netto -7.012 €/a	Kosten pro Jahr			23.588 €/a	
			Brutto -8.345 €/a	-22,92%			28.070 €/a	
						Brutto-Kosten pro m²/Monat	0,61 €/m²Mo	

* Betriebsstunden angenommen mit 2.500h/a, Ölpreis: 0,55€/kg, Stand 11.09

** Strompreis angenommen mit 20Ct/kWh Stand 11.09

Variante 2

RS Baumholder_Variante 2

zzgl. den Sowieso -Kosten
 alle Angaben sind Nettowerte ohne 19% MwSt.

Nach den Werten, die im berechneten IST-Zustand zu Grunde liegen, wurden aus dem Heizwärmebedarf und der dazugehörigen Heizleistung, die Vollbenutzungsstunden von 2.500h/a ermittelt. Diese dienen als Basis für alle nachfolgenden Varianten.

Heizwärmebedarf	178,74 MWh/a (46,5 kWh/m²a)	Variante 0 419 MWh/a	(109,2 kWh/m²a)
Heizleistung	90 kW	170 kW	
Gesamtnutzfläche	3.844 m²		

Kapitalgebundene Kosten	Menge	spez. Kosten	Kosten	Nutzung	Zins	Annuität	Jahreskosten
				[Jahre]			
Investition: Fensteraustausch		247.190 €	0 €	25	5%	7,10%	0 €/a
Investition: Wärmedämmung oberste Geschossdecke		13.538 €	1.413 €	30	5%	6,51%	92 €/a
Investition: Wärmedämmung Dachfläche		63.356 €	6.611 €	30	5%	6,51%	430 €/a
Investition: Wärmedämmung Außenwand bis Sohle		157.500 €	35.000 €	30	5%	6,51%	2.277 €/a
Investition: Wärmedämmung Außenwand ab Sohle		15.381 €	852 €	20	5%	8,02%	68 €/a
Investition: Wärmedämmung Kellerdecke		6.213 €	2.616 €	30	5%	6,51%	170 €/a
Investition: Lüftungsanlage		350.000 €	350.000 €	20	5%	8,02%	28.085 €/a
Investition: PV-Anlage (nur Dachauslegung)	67 kWp	3.600 €	0 €	20	5%	8,02%	0 €/a
Investition: Biomassekessel bis 100kW		24.000 €	5.500 €	15	5%	9,63%	530 €/a
Summe			401.992 €				31.130 €/a
Investition: Sonstiges			€	20	5%	8,02%	0 €/a
Investition: Innenausbau (wurde nicht angesetzt)			€	20	5%	8,02%	0 €/a
Gesamtsumme Investitionskosten Variante 0			401.992 €			Netto	31.130 €/a

Verbrauchsgebundene Kosten bezogen auf den IST-Zustand					Kosten		Brutto	
Einsp. Wärme durch Dämmung+WRG	-241 MWh/a	60 €/MWh	-14.460 €/a				37.045 €/a	
Strom PV-Anlage	0 MWh/a	425 €/MWh	0 €/a					
Brennstoff Holzpellets*	225 MWh/a		-13.475 €/a					
Strombedarf Heizung (Brenner, Pumpe, Steuerung)*	2.589 kWh/a	0,20 €/kWh	0 €/a					
Strombedarf Lüftung**	70.869 kWh/a	0,20 €/kWh	14.174 €/a					
Wartung Lüftung	350.000 €	2 %/a	7.000 €/a					
Wartung PV-Anlage	0 €	2 %/a	0 €/a					
Summe			Netto -6.761 €/a	Kosten pro Jahr			24.369 €/a	
			Brutto -8.046 €/a				28.999 €/a	
						Brutto-Kosten pro m²/Monat	0,63 €/m²Mo	

* Betriebsstunden angenommen mit 2.500h/a, Pelletpreis: 0,22€/kg, Stand 11.09

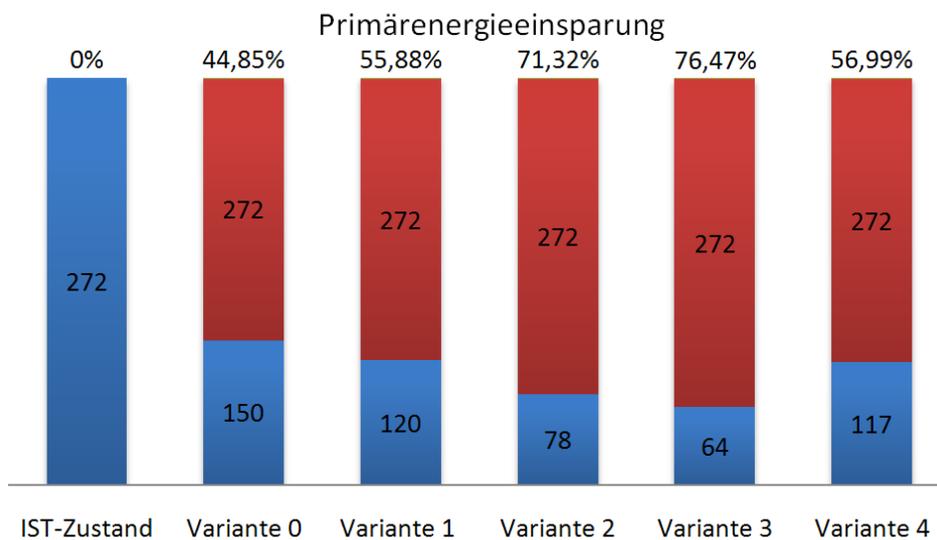
** Strompreis angenommen mit 20Ct/kWh Stand 11.09

Fazit:

Best Co₂

Errechneter Primärenergiebedarf und Einsparung in %:

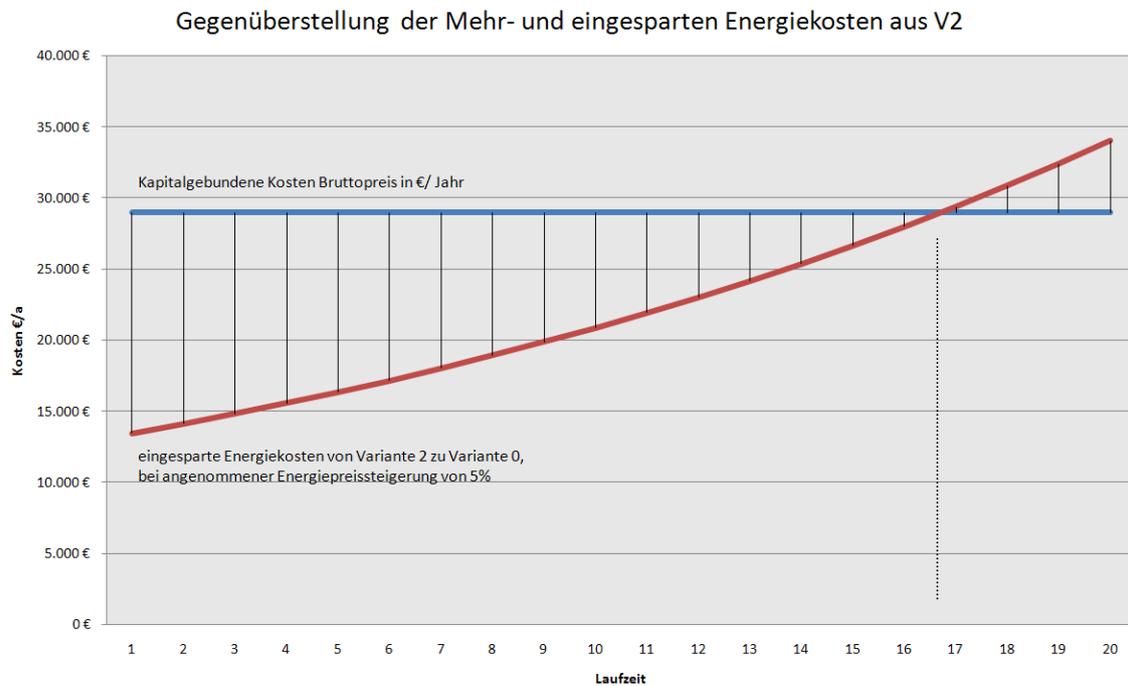
IST-Zustand	Variante 0	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
272 kWh/m²a	150 kWh/m²a	120 kWh/m²a	78 kWh/m²a	64 kWh/m²a	117 kWh/m²a
0%	44,85%	55,88%	71,32%	76,47%	56,99%



Primärenergetisch beste Variante ist Variante 3 mit einer Primärenergieeinsparung gegenüber dem IST-Zustand von 76%. In Variante 4 geht durch den Strombedarf der Wärmepumpe der Primärenergiebedarf wieder nach oben.

Best Co₂ -Vergleich Variante 0 mit Variante 2-

Nachfolgende Grafik vergleicht die Annuität der Investitionskosten von Variante 2 (blaue Linie) mit den eingesparten Energiekosten (mit einer Energiepreiserhöhung von angenommen 5%) gegenüber Variante 0 (rote Linie). Die Grafik zeigt einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren.



In Variante 0 handelt es sich um die sogenannten „Sowieso-Kosten“, da diese Maßnahmen zur Erfüllung des EnEV 2009/ Altbau-Standards erforderlich werden. Die jährliche Annuität der Mehr-Investitionskosten von Variante 2, EnEV 2009/Neubau-Standard-30% (EnEV 2012 Neubau-Standard), liegt bei einem Bruttopreis von 28.999€/a.

Anhand der dargestellten Grafik wird ersichtlich, dass nach ca. 16,75 Jahren die Kosten der eingesparten Energie gegenüber Variante 0 höher sind als die jährliche Annuität der Mehr-Investitionskosten für Variante 2.

D.h. wenn das Gebäude nach Variante 0 saniert wird, werden die jährlichen Kosten nach ca. 16,75 Jahren höher sein (weiter steigend) als die Investitionskosten der Variante 2.

Die dargestellten Kosten sind auf Vorentwurfsbasis der Maßnahmenpakete ermittelt worden. Im Laufe der Ausführungsplanung und Ausschreibungsphase wird sich die Kostenstruktur verändern. Bereits dieser Betrachtungsansatz veranschaulicht aber die Möglichkeit das Objekt zu sanieren.

Unter Berücksichtigung der noch nicht eingerechneten Förderprogramme werden die energetischen Sanierungsmaßnahmen aus wirtschaftlicher Sicht noch interessanter.

Fördermittel

Einige Maßnahmen der vorangegangenen Varianten bieten die Möglichkeit, öffentliche Fördermittel in Anspruch zu nehmen.

Da es Seitens verschiedener Organisationen, wie z.B. der KfW, Bafa, unterschiedliche Förderprogramme gibt, die in Abhängigkeit mit den umgesetzten Maßnahmen stehen, wurden diese nicht in die Wirtschaftlichkeitsberechnungen mit integriert. Welche Förderprogramme möglich sind und angewandt werden, muss nach Festlegung der Maßnahmen definiert werden und sollten dann bei der Kostenkalkulation mit berücksichtigt werden.

Nachfolgend werden die wichtigsten Förderinstitute incl. Internetseiten aufgeführt:

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
Frankfurter Straße 29 - 35
65760 Eschborn
Telefon 06 19 6/908-0
Telefax: 06 19 6/908-800
<http://www.bafa.de/bafa/de/energie/index.html>

KfW Kommunalbank
Beratungszentrum Frankfurt am Main
Bockenheimer Landstraße 104
60325 Frankfurt a. M.
Telefon 069/74 31-30 30
Telefax 069/74 31-17 06
http://www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Service/KfW-Formul26/Merkblaetter/Infrastruktur/Merkblatt21828.jsp

11 Abkürzungsverzeichnis (alphabetisch)

a	Jahr
A_n	Gebäudenutzfläche nach EnEV
BHKW	Blockheizkraftwerk
BRI	Brutto-Rauminhalt, Einheit in m^3
BGF	Brutto-Grundfläche, Einheit in m^2
BW-Kessel	Brennwertkessel
CO_2	Kohlendioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
HWF-Platte	Holzweichfaserplatte
kW	Einheit der Leistung (Kilowatt)
kWh	Einheit der Arbeit (Kilowattstunde)
kW_{peak}	Max. Leistung einer Photovoltaikanlage
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
m^2	Einheit für Fläche (Quadratmeter)
m^3	Einheit für Rauminhalt (Kubikmeter)
NT-Kessel	Niedertemperaturkessel
PUR-Dämmung	Dämmmaterial aus Polyurethan-Hartschaum
PHPP	Passivhaus Projektierungs Paket
rm	Raummeter
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient (W/m^2K)
	Maß für Wärmedämmeigenschaften von Bauteilen
U_g -Wert	Wärmedurchgangskoeffizient für das Material Glas
U_r -Wert	Wärmedurchgangskoeffizient für den Fensterrahmen
W	Einheit der Leistung (Watt)
WDVS	Wärmedämmverbundsystem

WLG	Wärmeleitgruppe eines Materials oder Stoffes
WMM	Warmmietmodell
WRG	Wärmerückgewinnung
Q_p	Primärenergiebedarf
Q_h	Heizenergiebedarf

12 Impressum

Redaktion:

INBG
Institut für Nachhaltiges Bauen und Gestalten
Fachhochschule Kaiserslautern

Ansprechpartner:
Prof. Dipl.-Ing. Wolfgang Schreiber
Prof. Dr.-Ing. Thomas Lechner

Projektmitarbeiter:
Dipl.-Ing. (FH) Birgit Birkle-Ertel
Estelle Jenewein, M.A.
Fabian Müller, B.A.
Dipl.-Ing. (FH) Pedro Pinto M.A.
Dipl.-Ing. (FH) Ella Pohl, M.Eng.

Kontaktadresse:
FH Kaiserslautern
Campus Kammgarn
Schoenstr. 6
67659 Kaiserslautern
T 105
Tel. + 49 631 3724 420
Fax + 49 631 3724 416
E-Mail: inbg@fh-kl.de
www.inbg.fh-kl.de

INBG

Förderung des Forschungsprojektes:

Ministerium für Umwelt, Forsten und
Verbraucherschutz (MUFV) des Landes
Rheinland-Pfalz

Ansprechpartner:
LMDir Prof. Dr. Karl Keilen

Kontaktadresse:
Ministerium für Umwelt, Forsten und
Verbraucherschutz
Kaiser-Friedrich-Straße 1
55116 Mainz
Referatsgruppe 1082
Energie und Klimaschutz
Tel. +49 6131 165442
E-Mail: karl.keilen@mufv.rlp.de
www.mufv.rlp.de



Rheinland-Pfalz
MINISTERIUM FÜR
UMWELT, FORSTEN UND
VERBRAUCHERSCHUTZ