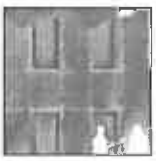


Amt Geest und Marsch Südholstein

GS Am Himmelsbarg Moorrege

Energetische Vorbemessung

Stand 29.01.21, Ergänzung 10.02.21

KAplus
ingenieurbüro vollert

Mühlenstraße 29, 24340 Eckernförde
Tel.: 04351 / 88 00-10, Fax: 04351 / 88 00-11
Email: info@kaplus.de, www.kaplus.de

Inhalt

1 Aufgabenstellung 2

2 Zielstellung Energie 3

2.1 Energetische Anforderungen Bund 3

2.2 Bundesförderung (Energieeffizienz) 3

2.3 Empfehlung Energiestandard 4

3 Konzept Wärmeschutz 5

3.1 U-Werte Gebäudehülle 5

3.2 Verlauf Gebäudehülle 5

3.3 Hinweise Wärmebrücken 6

3.4 Hinweise Sommerlicher Wärmeschutz 6

4 Lüftung Gebäude 7

4.1 Grundlagen 7

4.2 Mindestluftwechsel nach DIN EN 15251 8

4.3 Lüftung Klassen 8

4.4 Licht und Beleuchtung 10

5 Wärmeversorgung 10

5.1 Anforderungen 10

5.2 Varianten Wärmeübergabe 10

5.3 Varianten Wärmeversorgung 11

5.4 Fotovoltaik 12

6 Anhang 13

6.1 Berechnung U-Werte 13

6.2 Hinweise wärmebrückenarme Unterkonstruktion VHF 14

Projekt	**Neubau GS Am Himmelsbarg Moorrege**
Projektnummer	2020-06 (HK, SV)
Projektadresse	Kirchenstraße 30. 25436 Moorrege
Aufsteller	*KA*plus – Ingenieurbüro Vollert, Mühlenstr. 29, 24340 Eckernförde
Auftraggeber	Amt Geest und Marsch Südholstein Amtsstraße 12, 25436 Moorrege

1 Aufgabenstellung

Der Schulverband Gemeinschaftsschule Am Himmelsbarg / Amt Geest und Marsch Südholstein plant den Neubau der Gemeinschaftsschule Am Himmelsbarg in Moorrege. Die hochbauliche Planung erfolgt durch das Büro ppp architekten + stadtplaner gmbh aus Hamburg.

Nachfolgend werden Eckpunkte zum baulichen Wärmeschutz sowie erste Grundlagen zur Gebäudetechnik aufgeführt. Weiterhin werden aktuelle Fördermöglichkeiten des Bundes aufgezeigt.

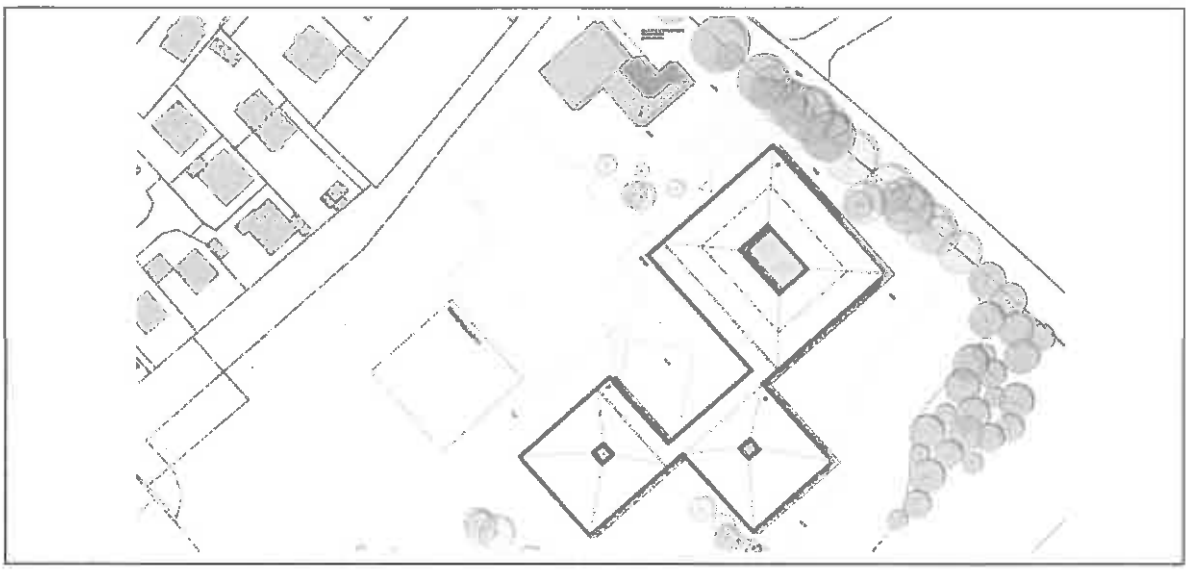


Abbildung 1: Auszug Lageplan (Quelle: ppp, Stand Vorentwurf 08.12.2020)

Das energetische Konzept orientiert sich an folgenden Zielen:

- Geringe Verbräuche für Wärme und Strom
- Hoher thermischer und visueller Komfort
- Einhaltung des aktuellen GEG
- Energetische Zielstellung:
  Hoher Dämmstandard aber Begrenzung des technischen Aufwandes. Also Vorzug von baulichen Maßnahmen vor technischen Lösungen

2 Zielstellung Energie

2.1 Energetische Anforderungen Bund

Seit 01.11.2020 gilt das neue Gebäudeenergiegesetz (GEG), das die bisher gültige EnEV und das EEWärmeG zusammenführt. Eine Verschärfung der Anforderungen gegenüber der EnEV ist nicht gegeben. Es sind folgende Anforderungen im GEG definiert:

- Für Neubauten ist der Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes des GEG um 25 % zu unterschreiten. Weiterhin sind ein Mindestwärmeschutz nach GEG und der sommerliche Wärmeschutz einzuhalten.
- Nach GEG sind die Vorgaben zur Nutzung erneuerbarer Energien oder Ersatzmaßnahmen bei Neubauten einzuhalten.

2.2 Bundesförderung (Energieeffizienz)

Die KfW hat im Rahmen ihrer Förderprodukte den **Effizienzgebäude Standard** definiert, der durch bauliche und anlagentechnische Maßnahmen eine Verbesserung der Energieeffizienz sowie die Einbindung erneuerbarer Energien erreicht.

Der Jahres-Primärenergiebedarf (Q_P) eines KfW-Effizienzgebäudes darf im Verhältnis zum Primärenergiebedarf des entsprechenden Referenzgebäudes (Q_{PREF}) den in untenstehender Tabelle angegebenen prozentualen Maximalwert des geförderten Effizienzgebäude-Standards nicht überschreiten. Zudem sind mittlere U-Werte vorgegeben.

Die Förderungen des Bundes werden zum **01.07.2021** aktualisiert und die Zuschüsse erhöht. Bis dahin gelten die alten Bedingungen.

	Effizienzgebäude 40 (ab 01.07.2021)	**Effizienzgebäude 55**	**Effizienzgebäude 70 (bis 30.06.2021)**
Q_P in % von Q_{PREF}	40	55	70
$U_{mittel, opak}$ [W/(m²K)]	0,18	0,22	0,26
$U_{mittel, trans.}$ [W/(m²K)]	1,0	1,2	1,4

Tabelle 1: Anforderungen KfW Effizienzgebäude

Weiterhin können Maßnahmen zum Einsatz erneuerbaren Energien oder zur Nachhaltigkeit anteilig gefördert werden. Hier werden EE-Pakete oder NH-Pakete eingeführt.

Gegenüber den gesetzlichen Anforderungen im GEG wird der Energiebedarf weiter reduziert, was u.a. eine gute Basis für den ggf. zukünftigen Einsatz von alternativen und regenerativen Energieformen darstellt.

Mit dem **Effizienzgebäude 55 Standard** wird die Primärenergieanforderung GEG um 45 % unterschritten. Die U-Werte der Gebäudehülle sind gegenüber dem Referenzgebäude um ca. 20 % verbessert. Beim EG 40 sind es 60 % beim Primärenergiebedarf und ca. 35 % bei der Gebäudehülle.

Ab 01.07.2021 wird für das Erreichen der jeweiligen Effizienzgebäude-Stufe wird der nachfolgend aufgeführte Prozentsatz auf die 300/400 Kosten als Tilgungszuschuss bzw. **Zuschuss** gewährt:

- Effizienzgebäude 55: 15 %
- Effizienzgebäude 40: 20 %
- Bei Erreichen einer „Effizienzgebäude EE"- oder einer „Effizienzgebäude NH"-Klasse erhöht sich der jeweils anzusetzende Prozentwert um zusätzliche 2,5 Prozentpunkte. Auch wenn ein Vorhaben zugleich eine „Effizienzgebäude EE"- und eine „Effizienzgebäude NH"-Klasse erreicht, erhöht sich der Prozentsatz nur einmal um 2,5 Prozentpunkte.
- Förderfähige Kosten sind die Kosten der Errichtung oder des Erwerbs des Gebäudes entsprechend der Kostengruppen 300/400 nach DIN 276 sowie die Kosten der mitgeförderten Umfeldmaßnahmen.
- Die Höchstgrenze der förderfähigen Kosten beträgt **2.000 Euro pro Quadratmeter Nettogrundfläche**, maximal jedoch insgesamt 30 Mio. Euro pro Zusage / Zuwendungsbescheid und Kalenderjahr.

Hinweis: Aktuell und bis zum 30.06.2021 wird für den KfW EG 55 Standard nur ein Tilgungszuschuss von 5 % (Höchstbetrag 50 Euro/m²) gewährt. Für ein KfW EG 70 gibt es keinen Tilgungszuschuss. Somit ist es sinnvoll, den 01.07.21 abzuwarten und erst dann Anträge zu stellen. Aufträge dürfen zuvor nicht vergeben werden.

2.3 Empfehlung Energiestandard

Für den Neubau wird der **Effizienzgebäude 40 Standard** empfohlen. Mit der Förderung des Bundes werden Mehraufwand von Gebäudetechnik und einer gut gedämmte Gebäudehülle anteilig ausgeglichen und es wird ein zukunftsfähiges und energieeffizientes Gebäude im Sinne der Ziele einer Einsparung von Energie und Reduzierung von CO_2 Emissionen erreicht.

3 Konzept Wärmeschutz

3.1 U-Werte Gebäudehülle

Entsprechend GEG sind folgende U-Werte für einen Neubau gefordert. Zusätzlich angegeben sind die Werte entsprechend der Empfehlung. Diese wurden im Sinne einer Vorbildfunktion Energieeffizienz gewählt und stellen sich i.d.R. über den Lebenszyklus als wirtschaftlich dar. Ziel ist zudem die Erreichung eines EG 40 (BEG).

Bauteil:	U-Wert Neubau GEG* [W/(m²K)]:	U-Wert Empfehlung [W/(m²K)]:	Ca. Dämmstoffstärke [cm / WLG]:
Außenwand	0,28	**0,18**	18 / 035
Flachdach	0,28	**0,15**	24 / 037
Boden gegen Erdreich	0,28	**0,23**	6 / 040 + 10 / 040
Decke gegen Außenluft	0,28	**0,18**	6 / 040 + 14 / 035
Fenster	1,5	**0,95**	-
Türen	-	**1,3**	-

Tabelle 2: Anforderungen des GEG an U-Werte der Regelbauteile (* Beim Neubau ist ein über die Gebäudehülle gemittelter U-Wert gefordert für opake und transparente Bauteile)

- Maßgebend ist der U-Wert inkl. etwaiger Zuschläge (z.B. Unterkonstruktion Vorhangfassade o.ä.).
- Das GEG fordert einen mittleren U-Wert bezogen auf die Gebäudehülle für opake Bauteile von 0,28 W/(m²K) und für transparente Bauteile von 1,5 W/(m²K).
- Der EG 40 Standard einen mittleren U-Wert bezogen auf die Gebäudehülle für opake Bauteile von 0,18 W/(m²K) und für transparente Bauteile von 1,0 W/(m²K).

3.2 Verlauf Gebäudehülle

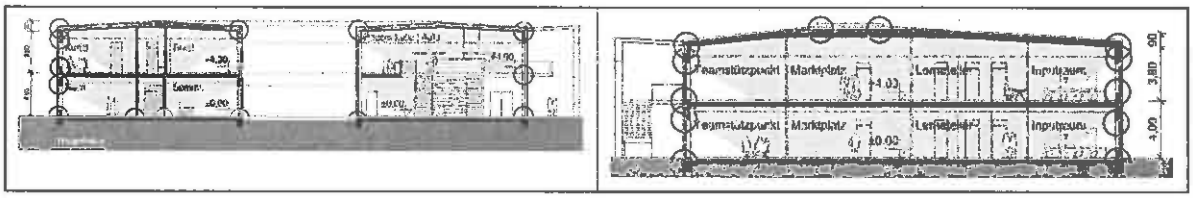


Abbildung 2: Verlauf der energetischen Gebäudehülle und Wärmebrücken

- Die Gebäudehülle ist umlaufend und geschlossen gegen Außenluft und kalte, unbeheizte Bereiche zu dämmen.
- Die Gebäudehülle ist zudem umlaufend und geschlossen luftdicht auszuführen. Hinweise und Beispiele dazu enthält die DIN 4108-7. Besonders in Anschlussdetails ist die luftdichte Ebene in der Ausführungsplanung und mit Blick auf die Umsetzung auf der Baustelle mit zu planen. Eine Blower-Door Messung wird empfohlen.

- Die Dämmung ist zudem winddicht auszuführen, d.h. dass die Dämmung von außen nicht mit Außenluft hinterlüftet werden kann.

3.3 Hinweise Wärmebrücken

- Wärmebrücken sind in ihrer Wirkung auf ein Minimum zu begrenzen:
  Empfohlen wird die Einhaltung von **Beiblatt 2 DIN 4108 Kategorie B** (verbesserte Lösungen!)
- Bei hinterlüfteten, vorgehängten Fassaden ist die Unterkonstruktion thermisch getrennt auszuführen. Alu-Konsolen sind aus thermischer Sicht nicht möglich, da sich der U-Wert dadurch nahezu verdoppelt. Im Anhang sind Beispiele für thermisch getrennte Systeme aufgeführt. Bei Verblendern sind mögliche Konsolen ebenfalls in der Wärmebrückenwirkung zu minimieren.
- Massive Attiken sollten thermisch getrennt werden (Kimmstein oder Isokorb) oder nur partiell durchbetoniert und der Rest mit Dämmung gefüllt werden.

3.4 Hinweise Sommerlicher Wärmeschutz

Maßgebend für den sommerlichen Wärmeschutz sind die Anforderungen des GEG in Verbindung mit der DIN 4108-2. Für Fensterflächenanteile bis ca. 40 % bezogen auf die Grundfläche des Raumes ist mit einer guten Belichtung und einem guten sommerlichen Wärmeschutz mit den unten genannten Maßnahmen zu rechnen.

Folgende baulichen Maßnahmen werden mit Blick auf den sommerlichen Wärmeschutz empfohlen. Die folgenden Maßnahmen gelten z.T. nicht bei nordorientierten Räumen oder bei massiver baulicher Verschattung.

- **Außenliegender Sonnenschutz** mit Fc ≤ 0,25 (z.B. Raffstoren). Gute Tageslichtversorgung beachten (z.B. oberes Drittel der Lamellen getrennt waagerecht regelbar). **Abweichung**: Für Flure und Richtung Nord orientierte Räume ist ein außen liegender Sonnenschutz nicht nötig. Für Flure Süd, West, Ost kann alternativ ein Sonnenschutzglas eingesetzt werden.
- Der Sonnenschutz ist windstabil und geregelt auszuführen. Eine Übersteuerung durch den Nutzer inkl. Rückstellung muss jederzeit möglich sein.
- **Nachtauskühlungsmöglichkeiten** für die Nutzräume schaffen (z.B. Öffnungsflügel hinter Wetterschutzlamellen). In diesem Zusammenhang Gebäudemasse in möglichst vielen Bereichen erhalten um die Speichermassen zu erhöhen und damit die Temperaturschwankungen von Tag und Nacht besser auszugleichen. Einbruchschutz beachten. Auch Richtung Nord orientierte Räume sollten eine Möglichkeit der nächtlichen Auskühlung erhalten. Die RLT Anlagen sollten hierfür nicht genutzt werden, aufgrund des Stromverbrauchs und der geringeren Effektivität.

- **Auskühlung durch Deckenstrahlplatten**
  Bei einer Wärmeversorgung über eine erdgekoppelte Wärmepumpe kann das kühle Erdreich zu Kühlzwecken genutzt werden. Nur an Sommertagen mit hohen Feuchtewerten der Außenluft ist das System eingeschränkt nutzbar (Kondensat). Da das Erdreich am Ende des Sommers zunehmend erwärmt wird, wird trotzdem ein Flügel mit Wetterschutzlamelle empfohlen. Eine aktive Kühlung durch die Wärmepumpe kann so vermieden werden.
  Eine Auskühlung über die Lüftungstechnik hat sich als wenig wirksam gezeigt und ist deshalb alternativ nicht geeignet. Hinzu kommt der Nachteil des Stromverbrauchs für den Antrieb in den Sommermonaten.
- **Speichermassse.** Zur Dämpfung von Temperaturspitzen sollte die Betondecke als Speichermasse soweit möglich nutzbar sein (nicht komplett abhängen).

4 Lüftung Gebäude

4.1 Grundlagen

In umschlossenen Aufenthaltsräumen muss gesundheitlich zuträgliche Atemluft in ausreichender Menge vorhanden sein. In der Regel entspricht dies der Außenluftqualität. Die Lüftung erfolgt durch freie Lüftung oder raumlufttechnische Anlagen.

Die Lüftung dient zudem zur Abfuhr von Stofflasten, Feuchtelasten oder Wärmelasten, die die Innenraumluftqualität verschlechtern. Sind die anwesenden Personen die bestimmende Ursache für Stofflasten im Raum, ist die CO_2-Konzentration ein anerkanntes Maß für die Bewertung der Luftqualität.

Die nachfolgend aufgeführten Werte dienen der Beurteilung der CO_2-Konzentration in der Raumluft und der Ableitung geeigneter, beispielhaft genannter Maßnahmen.

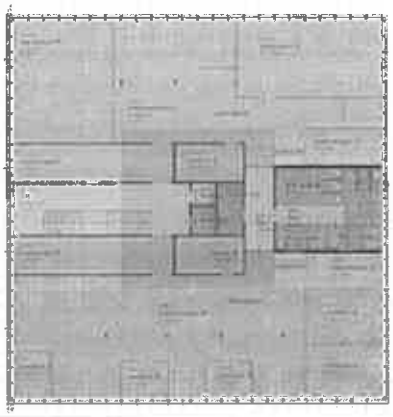
CO_2-Konzentration [ppm]	Maßnahmen
< 1.000	• Keine weiteren Maßnahmen (sofern durch die Raumnutzung kein Konzentrationsanstieg über 1.000 ppm zu erwarten ist)
1.000 – 2.000	• Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern • Lüftungsplan aufstellen (z. B. Verantwortlichkeiten festlegen) • Lüftungsmaßnahme (z. B. Außenluftvolumenstrom oder Luftwechsel erhöhen)
> 2.000	• Weitergehende Maßnahmen erforderlich (z. B. verstärkte Lüftung, Reduzierung der Personenzahl im Raum)

Tabelle 3: CO_2 Konzentrationen nach ASR A3.6

Für eine natürliche Lüftung über Fenster in der Fassade wird von der ASR eine maximale Raumtiefe je nach Möglichkeit einer einseitigen oder einer Querlüftung definiert. Danach sind maximale Tiefen von:

- 2,5 x lichte Raumhöhe bei **einseitiger Lüftung** und
- 5,0 x lichte Raumhöhe bei **Querlüftung** möglich.

Für das EG eines Lernhauses ergibt sich danach folgende Möglichkeit:



- Natürliche Lüftung möglich
- Mechanische Lüftung (inkl. Sanitär)

Durch Innenwände stehen in Teilbereichen ggf. nicht die notwendigen Fensterflächen zur Verfügung. Dies ist zunächst nicht berücksichtigt. Eine genauere Abstimmung mit der TGA erfolgt im nächsten Schritt. Ggf. sind Bereiche auch kombinierbar zur Reduzierung der nötigen Luftmenge.

4.2 Mindestluftwechsel nach DIN EN 15251

Die DIN EN 15251 definiert u.a. Kriterien zur Beurteilung des Raumklimas in Abhängigkeit von Kategorien I bis IV. Für neue Gebäude wird nach Norm üblicherweise die **Kategorie II – normales Maß an Erwartungen** verwendet. Entsprechend den unterschiedlichen Kategorien empfiehlt die Norm folgende Luftwechsel, wobei ein Teil die Emissionen von Personen und ein Teil die Emissionen vom Gebäude abführen soll. Die Anforderungen sind somit abhängig von der Raumgröße und der Belegung.

Kategorie:	Luftstrom je Person [m³/(hP)]:	Luftstrom für Gebäudeemissionen [m³/(hm²)]		
		Sehr schadstoffarm	schadstoffarm	nicht schadstoffarm
I	36,0	1,80	3,60	7,20
II	**25,2**	**1,26**	**2,52**	**5,04**
III	14,4	0,72	1,44	2,88
IV	< 14,4	< 0,72	< 1,44	< 2,88

Tabelle 4: Empfohlene Lüftungsraten nach DIN EN 15251

4.3 Lüftung Klassen

In einer ersten Abstimmung wurde beschlossen, dass die Klassen hybrid, also natürlich und mechanisch kombiniert belüftet werden.

Für die **natürliche Lüftung** sollte je nach Außenklima verschiedene Öffnungsflächen entsprechend nachfolgendem Schema angeboten werden:

- **Spaltlüftung:** Grundlüftung bei kaltem Außenklima, reduzierte Gefahr der Zugluft für die Nutzer. Zwei Oberlichter sollten über einen Motor geöffnet werden, z.B. für eine automatisierte Frischluftspülung vor Unterrichtsbeginn. Aber nur in Räumen, in denen keine mech. Lüftung installiert wird.

- **Stoßlüftung:** Zur Lüftung im Sommer und in den Pausen. Bei der Formatwahl ist auf die Bedienbarkeit zu achten. Schmale Flügel ragen nicht so weit in den Raum.
- **Nachtlüftung:** Zur nächtlichen Wärmeabfuhr im Sommer und zur Lüftung bei Regen. Die einfachste Lösung stellt ein Flügel mit einem Wetterschutzgitter dar. Der Nutzer kann selbst über eine Öffnung an warmen Tagen entscheiden und den Flügel über Nach offen stehen lassen. Der geometrisch freie Öffnungsanteil sollte ≥ 50 % betragen.
- In der Summe sollte je Klasse eine **Öffnungsfläche von 0,06 m² je m² NGF** realisiert werden.
- Der Einsatz einer **CO_2-Ampel** kann ein bewusstes Lüften unterstützen (eine LED ab 2.000 ppm CO_2). Alternativ kann ein mobiles Messgerät eingesetzt werden. Ziel ist die bewusste Beschäftigung der Schüler und Lehrer mit der Notwendigkeit des Luftaustausches im Klassenraum.

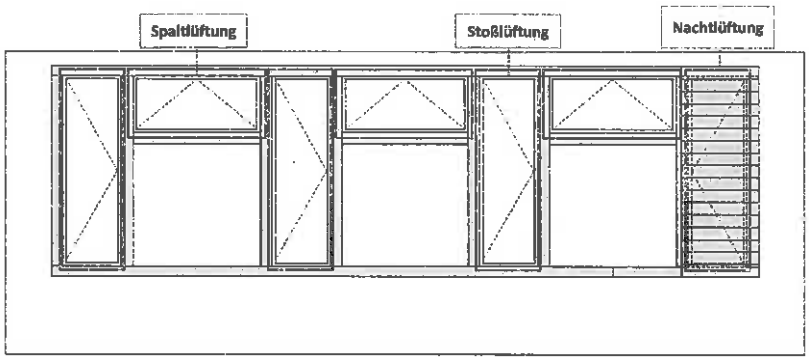


Abbildung 3: Prinzip natürliche Lüftung Klassenraum

Kombination mit einer mechanischen Lüftung (hybride Lüftung)

- Durch die mechanische Lüftung sollte eine Grundbelüftung erfolgen, die durch die Fensterlüftung ergänzt wird. Die Auslegung sollte bei **10 – 18 m³/(hPerson)** liegen. Im Sommer kann grundsätzlich eine reine Fensterlüftung nach obigem Schema erfolgen.
- Für die mechanische Lüftung von Klassenräumen werden dezentrale Anlagen empfohlen.
- Für die Lernhäuser wurde von der TGA Planung vorgeschlagen, die etwas größeren zusammen hängenden Einheiten mit jeweils einer Anlage zu versorgen.
- Für Büros und ähnliche Nutzungen mit Arbeitsplätzen sind die ASR Lüftung einzuhalten.
- Die mechanische Lüftung sollte mit einer effizienten Wärmerückgewinnung (WBG > 75 %) ausgestattet werden. Die Luftmengen sollten wenn möglich durch Kombination von Zuluft- und Abluftbereichen reduziert werden. Für die mechanische Lüftung sind die Anforderungen der ErP-Richtlinie zu beachten.
- In Räumen mit einer mech. Lüftung kann die Fensterteilung ggf. etwas vereinfacht werden: Kippflügel reduzieren, Motor kann entfallen.

4.4 Licht und Beleuchtung

Die Hauptaufgabe der natürlichen Beleuchtung ist die Gewährleistung des visuellen Komforts über einen möglichst langen Zeitraum während der Nutzungsdauer. Eine hohe Tageslichtautonomie gewährleistet maximale Energieeinsparung bei der Beleuchtung.

- Es kann eine Raumtiefe bis ca. zur zweifachen Sturzhöhe gut mit Tageslicht versorgt werden. Für tiefe Raumbereich im Obergeschoss kann **eine Lichtkuppel** zusätzlich die Raumtiefe natürlich belichten.
- Kunstlicht sollte als Tageslichtergänzung betrachtet werden. Es wird folglich eine **tageslichtabhängige Steuerung** für die Klassenräume empfohlen. Die Lichtausbeute der Lampen sollte im Mittel mindestens **100 lm/W** betragen.
- Tageslichtversorgte Bereiche sollen prinzipiell getrennt von nicht-tageslichtversorgten Bereichen schaltbar sein.

5 Wärmeversorgung

5.1 Anforderungen

Bei der Wärmeversorgung der Gebäude sind die Anforderungen des **GEG 2020** zu beachten, d.h. primärenergetisch ist eine Verbesserung von 25 % gegenüber dem Referenzgebäude gefordert. Die Forderung nach einem Einsatz von erneuerbaren Energien kann gemäß GEG 2020 auch über eine ohnehin geplante, verbesserte Dämmung als Ersatzmaßnahme erfüllt werden. Zudem sind die BEG Förderbedingungen zu beachten.

5.2 Varianten Wärmeübergabe

Für die Wärmeübergabe wird grundsätzlich ein Niedertemperatursystem empfohlen, was die Nutzung von Umweltenergie ermöglicht und somit zukunftsfähig ist. Folgende Systeme sind denkbar:

1. Plattenheizkörper, Röhrenradiator
2. Fußbodenheizung
3. Deckenstrahlplatten

Da die konventionellen Heizkörper durch die geforderte niedrige Systemtemperatur sehr groß ausfallen, ist diese Variante eingeschränkt umsetzbar. Der Vorlauf muss vermutlich auf minimal ca. 50°C im Vorlauf ausgelegt werden. Dadurch sinkt die Effizienz einer Wärmepumpenanlage.

Eine Fußbodenheizung erreicht sehr niedrige Systemtemperaturen hat aber Nachteile in der trägen Reaktion sowie in der Rückbaubarkeit und Reparaturfreundlichkeit.

	Heizkörper (Vorlauf < 45°C)	Fußbodenheizung	Deckenstrahlplatte
Niedrige System-temperaturen	0	+1	+1
Flinke Reaktion	+1	-1	+1
Platzbedarf	-1	+1	+1
Behaglichkeit	0	+1	+1
Kosten Investition	+1	0	-1
Wartung, Reparatur	+1	-1	+1
Kosten Demontage, kreislaufgerecht	+1	-1	+1
Summe	**+3**	**0**	**+5**

Tabelle 5: Vergleichende Bewertung für 3 Prinzipien der Wärmeabgabe im Raum
(+1 gut erfüllt, 0 Mittelmaß, -1 wenig erfüllt)

Abgeleitet aus der Betrachtung oben, wird der Einsatz einer **Deckenstrahlplatte** empfohlen.

5.3 Varianten Wärmeversorgung

Es werden 3 Varianten der Wärmeerzeugung miteinander grob verglichen. Es ergibt sich folgende Matrix.

Kriterium	Variante 1 Kessel + BHKW	Variante 2 Luft-Wasser WP + Kessel + PV	Variante 3 Sohle-Wasser WP + Kessel +PV
Investition	+1	0	-1
Zukunftsfähigkeit	-1	+1	+1
Effizienz, CO_2-Emission (Zeitraum 25 Jahre)	-1	0	+1
Instandhaltung	-1	+1	+1
Betriebskosten	+1	+1	+1
Förderung	0	0	+1
Summe	**-1**	**+3**	**+4**

Tabelle 6: Grobe Bewertung einiger Varianten
(+1 gut erfüllt, 0 Mittelmaß, -1 wenig erfüllt

- Es wird eine **erdgekoppelte Sohle-Wasser-Wärmepumpe** empfohlen. Der Ansatz ermöglicht die **Nutzung der BEG Förderung**, da ein Effizienzgebäude 40 erreicht werden kann.
- Ein wärmegeführten BHKW kann nicht empfohlen werden. Die CO2-Bilanz ist bereits heute in Gebieten mit hohem Windkraftanteil sehr ungünstig, da regenerativer Strom (und nicht Kohlestrom) verdrängt wird.

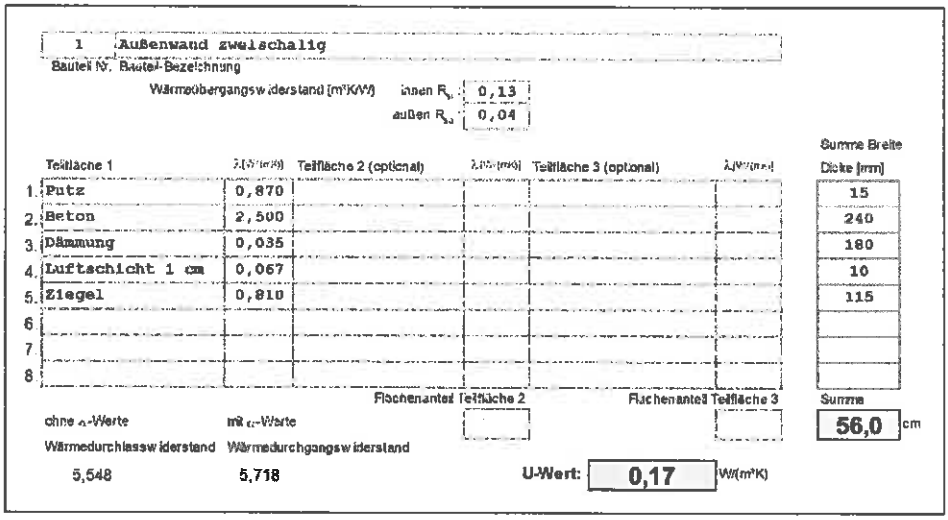
5.4 Fotovoltaik

Es wird empfohlen Fotovoltaik in die Planung einzubeziehen. Das Profil zwischen Sonneneinstrahlung und Stromverbrauch deckt sich im Schulbau relativ gut, so dass Batterien als Puffer etc. nicht erforderlich sind. Lediglich die Tage ohne Betrieb an Wochenenden und in den Ferien führen zeitweise zu einer geringen Eigennutzung.

Entsprechend dem voraussichtlichen Bedarf sollte auf den Dächern Flächen für Fotovoltaik genutzt werden. Ziel ist eine hohe Eigennutzung um eine Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

6 Anhang

6.1 Berechnung U-Werte



1 Außenwand zweischalig

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,13 außen R_{se}: 0,04

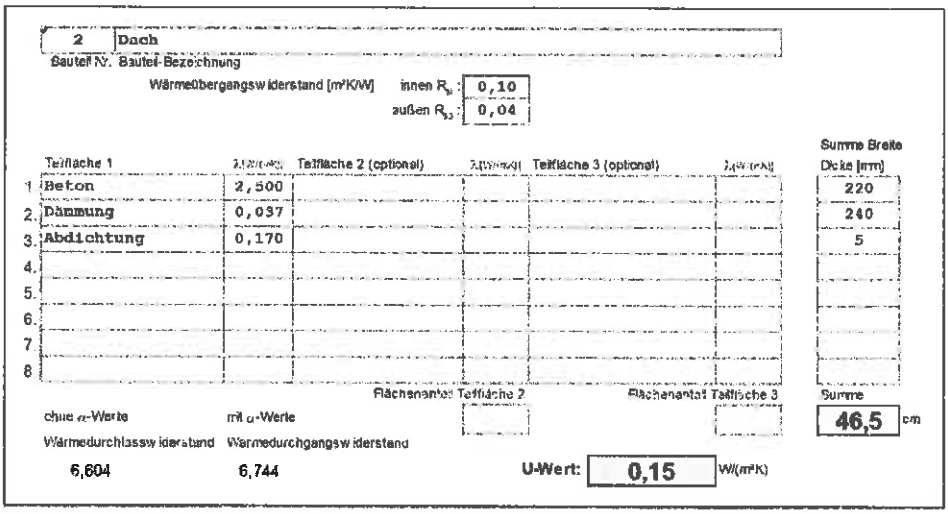
	Teilfläche 1	λ[W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ[W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ[W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Putz	0,870					15
2.	Beton	2,500					240
3.	Dämmung	0,035					180
4.	Luftschicht 1 cm	0,067					10
5.	Ziegel	0,810					115
6							
7							
8							

Flächenanteil Teilfläche 2 Flächenanteil Teilfläche 3 Summe 56,0 cm

ohne α-Werte: Wärmedurchlasswiderstand 5,548

mit α-Werte: Wärmedurchgangswiderstand 5,718

U-Wert: 0,17 W/(m²K)



2 Dach

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,10 außen R_{se}: 0,04

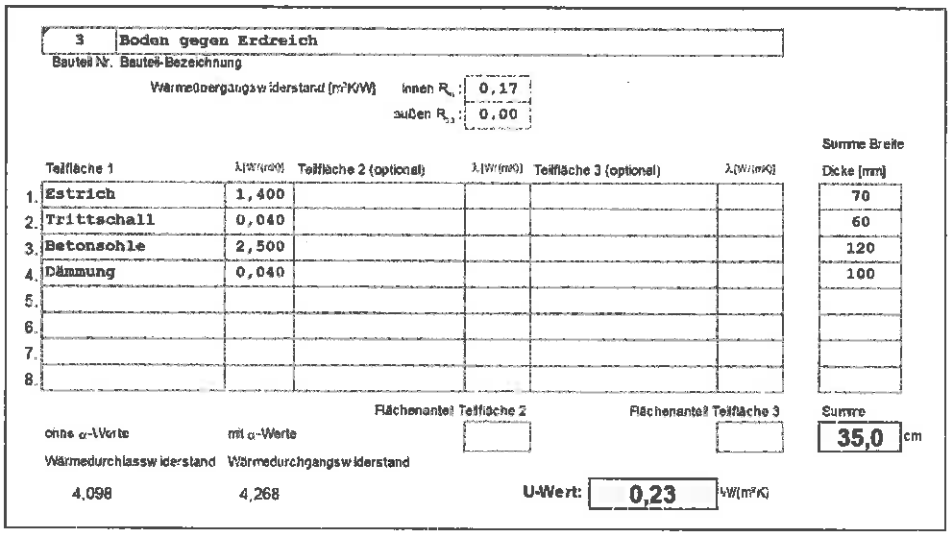
	Teilfläche 1	λ[W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ[W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ[W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Beton	2,500					220
2.	Dämmung	0,037					240
3.	Abdichtung	0,170					5
4.							
5.							
6.							
7.							
8							

Flächenanteil Teilfläche 2 Flächenanteil Teilfläche 3 Summe 46,5 cm

ohne α-Werte: Wärmedurchlasswiderstand 6,604

mit α-Werte: Wärmedurchgangswiderstand 6,744

U-Wert: 0,15 W/(m²K)



3 Boden gegen Erdreich

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,17 außen R_{se}: 0,00

	Teilfläche 1	λ[W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ[W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ[W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Estrich	1,400					70
2.	Trittschall	0,040					60
3.	Betonsohle	2,500					120
4.	Dämmung	0,040					100
5.							
6.							
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 Flächenanteil Teilfläche 3 Summe 35,0 cm

ohne α-Werte: Wärmedurchlasswiderstand 4,098

mit α-Werte: Wärmedurchgangswiderstand 4,268

U-Wert: 0,23 W/(m²K)

4 Boden gegen Außenluft

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,17 außen R_{se}: 0,04

	Teilfläche 1	λ[W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ[W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ[W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Estrich	1,400					70
2.	Trittschall	0,040					60
3.	Betonsohle	2,500					120
4.	Dämmung	0,035					140
5.							
6.							
7.							
8.							

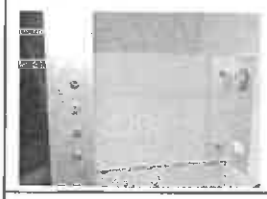
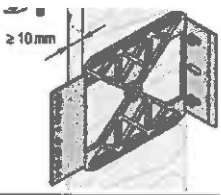
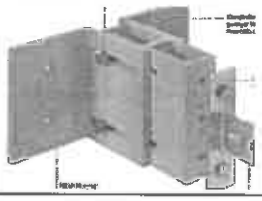
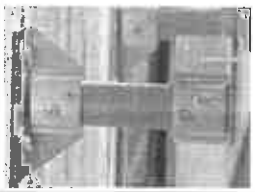
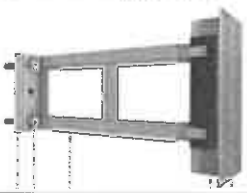
Flächenanteil Teilfläche 2 Flächenanteil Teilfläche 3 Summe 39,0 cm

ohne α-Werte Wärmedurchlasswiderstand 5,598

mit α-Werte Wärmedurchgangswiderstand 5,808

U-Wert: 0,17 W/(m²K)

6.2 Hinweise wärmebrückenarme Unterkonstruktion VHF

Wagner System - WDK Phoenix V 	Hilti - MFT-Fox VT 	Krause - IsoMont- Wandhalterung 
Gasser Fassadentechnik GFT Thermico 	Systea Tekofix Glasfaserverstärkt	BWM ZeLa
Fassadenanker StoP 	Systea Edelstahl L	Schöck Isolink

- Für Wandaufbauten nach GEG ist ein Einsatz von Alu-Elementen nahezu nicht mehr möglich, da diese den U-Wert der Konstruktion im Regelfall mindestens verdoppeln.
- Generell ist auf eine Minimierung der Anzahl von Konsolen zu achten.
- Edelstahl führt etwa zu einem Wärmebrückenzuschlag von ca. 0,06 W/(m²K) (Annahme 16 cm Dämmung 035, ca. 3,5 Halter pro m²).
- Die Kunststoffelemente verursachen einen Wärmebrückenzuschlag von ca. 0,01 W/(m²K) (Annahme 18 cm Dämmung 035, ca.4 Halter pro m²).
- Bei Kunststoffelementen ist immer der Brandschutz zu prüfen. Es ist ggf. eine Kombination aus Edelstahl- und Kunststoffkonsolen erforderlich.