Neubau Einsatztrainingszentrum Neumünster der Generalzolldirektion

Energiekonzept

Objekt:	Einsatztrainingszentrum Neumünster der Generalzolldirektion
Bauherr:	Bundesanstalt für Immobilienaufgaben
System:	BNB UN17 (sinngemäß)
Planungsstand:	Leistungsphase 2+
Erstellt durch:	MNP Ingenieure GmbH, Maria-Goeppert-Str. 17, 23562 Lübeck
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Thorsten Pyschny

Version:	21.06.2023	Energiekonzept für Standort Neumünster
	14.07.2023	Energiekonzept für Standort Neumünster mit Anpassungen

Inhalt

1 Einleitung ... 4

2 Datengrundlagen ... 4

3 Anforderungen an Wärmeschutz und Energiebedarfe bzw. energetische Standards ... 5

3.1 Anforderungen aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) ... 5
3.1.1 Jahresprimärenergiebedarf ... 5
3.1.2 Wärmedurchgangskoeffizienten ... 5
3.1.3 Anforderungen an die Nutzung erneuerbarer Energien ... 6

3.2 Anforderungen aus Effizienzgebäude Bund 40 (EGB 40) ... 6
3.2.1 Jahresprimärenergiebedarf ... 6
3.2.2 Wärmedurchgangskoeffizienten ... 7

3.3 Effizienzhaus plus ... 7

4 Planungsvorgaben ... 8

4.1 Grundlagen ... 8

4.2 Anforderungen Bundesländer Klimaschutz / Nutzung Photovoltaik ... 8

4.3 Gebäudenutzung ... 8

4.4 Sommerlicher Wärmeschutz ... 9

5 Konzept ... 10

5.1 Hochbau / Fassade ... 10

5.2 Technische Gebäudeausrüstung ... 10

5.3 Übersicht Ansätze energetisches Gebäudekonzept Musterprojekt ... 11

6 Vormessung Regelbauteile der thermischen Gebäudehülle für das Musterprojekt ... 12

6.1 Dach über Holzbinder ... 12

6.2 Dach Brettsperrholz ... 12

6.3 Dach Beton (ETR) ... 12

6.4 Außenwand Holztafel ... 13

6.5 Außenwand Beton RSA ... 13

6.6 Bodenplatte ... 13

6.7 Bodenplatte Sportboden ... 14

6.8 Ergebnisse energetische Kennwerte der thermischen Gebäudehülle ... 14

7 Vorbemessung Regelbauteile der thermischen Gebäudehülle Massivbau-Variante ... 15

8 Ergebnisse Energiebilanzierung Musterprojekt ... 16

8.1 Energiebilanzierung ... 16

8.2 Effizienzhaus plus ... 16

8.3 Energiebilanzierung mit Berücksichtigung Sondernutzung RSA ... 18

9 Weitere Varianten Wärmeerzeugung am Standort Neumünster ... 21

9.1 Geothermie 21
9.2 Fernwärme 22
9.3 Fazit Wärmeerzeugung 24

10 Sommerlicher Wärmeschutz 25

11 Übersicht der verwendeten Normen und Verordnungen 26

12 Anhang: Klimaschutzanforderungen Bundesländer 27

1 Einleitung

An 11 Standorten in Deutschland sollen Einsatztrainingszentren der Generalzolldirektion errichtet werden, unter anderem in Neumünster am Standort der ehemaligen Hindenburg-Kaserne. Es sollen jeweils eine Sporthalle (SPH), ein Gebäude mit Einsatztrainingsräumen (ETR) und eine Raumschießanlage (RSA) realisiert werden.

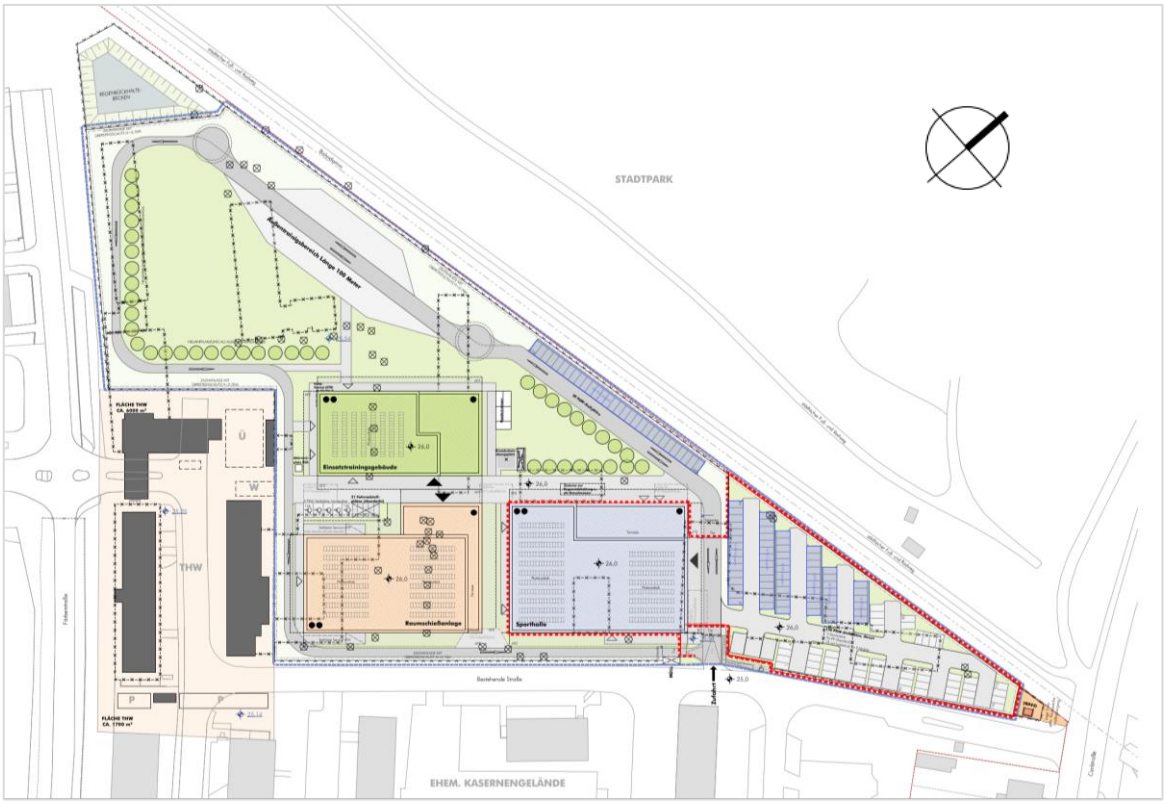


Abbildung 1: Lageplan Einsatztrainingszentrum Neumünster“ mit SPH (blau), ETR (grün) und RSA (orange)

Grundsätzlich ist die Realisierung bzw. die Bauweise materialoffen festgelegt. Für die Planung des **Musterprojektes** wurde der Ansatz getroffen, die Neubauten weitestgehend in Holzbauweise zu errichten. Parallel wurde auch betrachtet, wie die Bauteile energetisch für eine Massivbauweise zu bemessen sind.

Die geplanten Stellplätze werden (technisch sinnvoll) mit Photovoltaik überdacht.

In der Vorentwurfsplanung wurden dazu seitens der Fachplanung Wärmeschutz die energetischen Qualitäten der Bauteile vorbemessen und die Energiebilanzierung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in diesem Bericht dargestellt.

2 Datengrundlagen

- Architektenpläne zur Leistungsphase 2+ (Grundrisse, Schnitte, Ansichten), Bastmann + Zavracky GmbH, 22.02.2023
- Konzept zur technischen Gebäudeausrüstung (TGA) zur Vorentwurfsplanung, Lindschulte + GGL Ingenieurgesellschaft mbH, 15.03.2023

- Tragwerksplanung zur Vorentwurfsplanung,
  osd office for structural design, 15.03.2023
- Raumbücher, Stand Juli.2022
- Energieeffizienzfestlegungen des Bundes

3 Anforderungen an Wärmeschutz und Energiebedarfe bzw. energetische Standards

3.1 Anforderungen aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Das GEG ist grundsätzlich für alle Bauvorhaben zu beachten. Es gilt für Gebäude, soweit sie unter Einsatz von Energie beheizt oder gekühlt werden. Für die Neubauten SPH, RSA und ETR ist demnach das GEG 2023 anzuwenden.

3.1.1 Jahresprimärenergiebedarf

Zu errichtende Nichtwohngebäude sind so auszuführen, dass der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Beleuchtung sowie Kühlung den 0,55fachen Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten mit der in Anlage 2 GEG angegebenen technischen Referenzausführung nicht überschreitet.

3.1.2 Wärmedurchgangskoeffizienten

Zu errichtende Nichtwohngebäude sind nach Anlage 3 Tabelle 1 aus dem GEG so auszuführen, dass die Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche nicht überschritten werden.

Tabelle 1: Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche nach Anlage 3 GEG

Nummer	Bauteile	Höchstwerte der Mittelwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten	
		Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall ≥ 19 °C	Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall von 12 bis < 19 °C
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Nummern 3 und 4 enthalten	$\bar{U}$ = 0,28 W/(m²·K)	$\bar{U}$ = 0,50 W/(m²·K)
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Nummern 3 und 4 enthalten	$\bar{U}$ = 1,5 W/(m²·K)	$\bar{U}$ = 2,8 W/(m²·K)
3	Vorhangfassade	$\bar{U}$ = 1,5 W/(m²·K)	$\bar{U}$ = 3,0 W/(m²·K)
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	$\bar{U}$ = 2,5 W/(m²·K)	$\bar{U}$ = 3,1 W/(m²·K)
Bei der Berechnung des Mittelwerts des jeweiligen Bauteils sind die Bauteile nach Maßgabe ihres Flächenanteils zu berücksichtigen. Die Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen gegen unbeheizte Räume (außer Dachräumen) oder Erdreich sind zusätzlich mit dem Faktor 0,5 zu gewichten. Bei der Berechnung des Mittelwerts der an das Erdreich angrenzenden Bodenplatten bleiben die Flächen unberücksichtigt, die mehr als 5 Meter vom äußeren Rand des Gebäudes entfernt sind. Die Berechnung ist für Zonen mit unterschiedlichen Raum-Solltemperaturen im Heizfall getrennt durchzuführen. Für die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten der an Erdreich grenzenden Bauteile ist DIN V 18599-2: 2018-09 Abschnitt 6.1.4.3 und für opake Bauteile ist DIN 4108-4: 2017-03 in Verbindung mit DIN EN ISO 6946: 2008-04 anzuwenden. Für die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten transparenter Bauteile sowie von Vorhangfassaden ist DIN 4108-4: 2017-03 anzuwenden.			

3.1.3 Anforderungen an die Nutzung erneuerbarer Energien

Gebäude sind so zu errichten, dass der Wärme- und Kälteenergiebedarf zumindest anteilig durch die Nutzung erneuerbarer Energien nach Maßgabe der § 34 bis § 45 aus dem GEG gedeckt wird.

Anstelle der anteiligen Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfes durch die Nutzung erneuerbarer Energien kann die Anforderung auch dadurch erfüllt werden, dass die Anforderungen an die jeweiligen Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche um mindestens 15 Prozent unterschritten werden (§ 45 GEG).

Die Pflicht zur Nutzung Erneuerbare Energien ist je Gebäude des Musterprojektes mindestens dadurch erfüllt, dass gemäß § 45 GEG Maßnahmen zur Einsparung von Energie vorliegen. Die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten sind sowohl für die opaken Bauteile als auch die transparenten Bauteile mindestens 15% geringer als nach Anlage 3 GEG.

3.2 Anforderungen aus Effizienzgebäude Bund 40 (EGB 40)

Der Bund hat für Bundesgebäude Energieeffizienzfestlegungen[1] definiert: „Die Gebäude des Bundes müssen in den Bereichen Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Klimaschutz, Nachhaltiges Bauen und Innovationen vorbildhaft sein. Sie müssen demonstrieren, dass die klimapolitischen Ziele im Einklang mit Kosteneffizienz und Funktionalität von Baumaßnahmen umgesetzt werden können."

Die Anforderungen nach EGB40 gelten für alle Neubaumaßnahmen des Bundes und der Länder.

3.2.1 Jahresprimärenergiebedarf

Der EGB40 Standard sieht eine wesentlich höhere Anforderung an den Jahresprimärenergiebedarf als nach GEG vor: Ein geplantes Bundesgebäude darf nur noch einen Jahres-Primärenergiebedarf von maximal 40% der Anforderung nach GEG 2020 vorweisen.

Tabelle 2: Vergleich der Anforderung unterschiedlicher energetischer Standards bzgl. Jahresprimärenergiebedarf Neubau

Energetischer Standard	**EnEV 2014**	**EnEV 2016**	**GEG 2020**	**EG55** GEG2023	**EGB55**	**EG40**	**EGB40**
Maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf des Gebäudes gemäß **Referenzgebäude** nach GEG 2020	100%	≤ 75%	≤ 75%	≤ 55 %	≤ 41,3%	≤ 40%	**≤ 30%**
Maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf des Gebäudes gemäß **max. zulässigen Jahresprimärenergiebedarf** nach GEG 2020	133%	100%	100%	73,3%	≤ 55%	53,3%	**≤ 40%**

[1] Energieeffizienzfestlegungen für klimaneutrale Neu-/Erweiterungsbauten und Gebäudesanierungen des Bundes – „Vorbildfunktion Bundesgebäude für Energieeffizienz" vom 25.08.2021

3.2.2 Wärmedurchgangskoeffizienten

Für den EGB40-Standard gelten höhere energetische Anforderungen an die Bauteile der thermischen Gebäudehülle:

Tabelle 4: Anforderungen GEG / EGB40 im Vergleich - Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten

Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten Ū [W/m²K]	**Zonen mit Raumsolltemperaturen T≥ 19°C**		**Zonen mit Raumsolltemperaturen 12°C≤T< 19°C**	
	GEG	**EGB40**	**GEG**	**EGB40**
Opake Außenbauteile $\bar{U}_{opak}$	0,28	0,18	0,5	0,24
Transparente Außenbauteile $\bar{U}_{transparent}$ und Vorhangfassade $\bar{U}_{Vorhang}$	1,5	1,00	2,8 / 3,0	1,30
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln $\bar{U}_{Licht}$	2,5	1,60	3,1	2,00

3.3 Effizienzhaus plus

Das Effizienzhaus Plus Niveau ist erreicht, wenn sowohl ein **negativer Jahresprimärenergiebedarf** als auch ein **negativer Jahresendenergiebedarf** vorliegen. Alle sonstigen Bedingungen des GEG, wie zum Beispiel die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz, sind darüber hinaus einzuhalten. Allerdings müssen in Ergänzung zur Nachweisprozedur des GEG die **End- und Primärenergiebedarfswerte für den Nutzerstrom** in der Berechnung berücksichtigt werden.

4 Planungsvorgaben

4.1 Grundlagen

Die Gebäude sind entsprechend der Energieeffizienzfestlegungen des Bundes zu planen. Dieses bedeutet, insbesondere folgende Punkte im Rahmen der energetischen Planung der Gebäude zu berücksichtigen:

- Der EGB40 Standard ist durch deutliche Reduzierung der Energiebedarfe der Gebäude und vorrangige Nutzung Erneuerbarer Energien für die Gebäudekonditionierung umzusetzen.
- Potenziale zur Nutzung von Sonnenenergie sind auszuschöpfen.
- Auf eine aktive Gebäudekühlung ist grundsätzlich zu verzichten. Nur in begründeten Ausnahmefällen dürfen Gebäude mit aktiven Kühlungssystemen ausgestattet werden.
- In Bezug auf den sommerlichen Wärmeschutz ist der sogenannte „Sommerlicher Wärmeschutz entsprechend Qualitätsniveau 2“ nachzuweisen. Dieser entspricht dem Nachweis des thermischen Komforts nach Kategorie III gemäß DIN EN 15251 gemäß BNB Steckbrief 3.1.1.
- Anlagen zum Einsatz von Biomasse sind in Neubauten zulässig, soweit keine anderweitigen erneuerbaren Energien zur Wärmeversorgung aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen eingesetzt werden können.

Im Rahmen der Planung ist auch zu prüfen, inwiefern der Standard „Effizienzhaus plus“ für den jeweiligen Gebäudetyp erreichbar ist.

4.2 Anforderungen Bundesländer Klimaschutz / Nutzung Photovoltaik

Im Anhang ist eine Übersicht zu den Anforderungen an Klimaschutz und Photovoltaiknutzung der zu den jeweiligen Standorten gehörenden Bundesländern gegeben. Evtl. bestehende Anforderungen aus dem jeweiligen Bundesland eines Standortes sind mit der vorliegenden Planung berücksichtigt.

4.3 Gebäudenutzung

Die Gebäude enthalten jeweils sehr gemischte Nutzungen. Für ETR und SPH sind die Nutzungen der Räume über die Nutzungsprofile der DIN V 18599-10 abbildbar.

Die Schießbahnen der RSA stellen eine untypische und damit Sondernutzung im Bereich Nichtwohngebäude dar. Ursächlich hierfür sind die hohen erforderlichen Luftvolumenströme.

Folgende Luftvolumenströme wurden gemeinsam mit dem Fachplaner TGA auf der Grundlage der Angaben des Nutzers abgeschätzt:

Tabelle 3: Abschätzung erforderliche Luftvolumenströme für Schießbahnen gesamt

	Anteil Nutzungszeit	**Abschätzung erforderlicher Luftvolumenstrom [m³/h]**
Betriebsart 1: Regelschießbetrieb	70%	76.000
Betriebsart 2: Sonderschießbetrieb	30%	141.600
Durchschnittlich in der Nutzungszeit		**95.680**

Bezieht man diesen Luftvolumenstrom auf die Raumgrößen, so kann ein 25-facher Luftwechsel aus dem DIN V 18599-Berechnungsmodell der RSA abgeschätzt werden. Zum Vergleich: Laborgebäude mit komplexer Ausstattung und hohen Anforderungen an die Innenluftqualität arbeiten mit einem 8-fachen Luftwechsel.

Der abgeschätzte Luftvolumenstrom der Schießbahnen ist nicht mit einem Nutzungsprofil der DIN V 18559-10 abbildbar. Den Nutzungsprofilen nach DIN V 18599-10 liegt der Ansatz zugrunde, einen Vergleich von Gebäuden nach dem jeweiligen Gebäudetypen zu ermöglichen und sind daher auch auf typische Gebäude ausgerichtet, bspw. Wohngebäude, Bürogebäude, Schulen, Krankenhäuser oder Laborgebäude. Die Festlegungen energetischer Standards, wie EGB40 und Effizienzhaus plus, basieren auf diesem Ansatz.

Gemäß Auslegung zu § 21 Absatz 3 GEG 2020 (Individuelle Nutzungen und Nutzungsrandbedingungen für Nichtwohngebäude) der Fachkommission „Bautechnik“ der Bauministerkonferenz sind die Schießbahnen mit dem Nutzungsprofil 17 der Tabelle 5 in DIN V 18599 („Sonstige Aufenthaltsräume“) im GEG-Nachweis abzubilden.

Die RSA ist nur – im Rahmen von EGB40 und Effizienzhaus plus – vergleichbar mit anderen Gebäuden, wenn die Sondernutzung nicht in der Energiebilanzierung abgebildet wird und stattdessen das Nutzungsprofil 17 nach DIN V 18599-10 für die Räume verwendet wird.

HINWEIS: Der aus der Energiebilanzierung nach DIN V 18599 (GEG-Nachweis) resultierende Endenergiebedarf für das Gebäude entspricht dann aber nicht dem des realen Gebäudes, sondern ist durch die realen Luftvolumenströme höher![2]

4.4 Sommerlicher Wärmeschutz

Der Standort Neumünster befindet sich in der Klimaregion B. Dieses ist im Nachweis des Sommerlichen Wärmeschutzes entsprechend zu berücksichtigen.

[2] Hinweis im Hinblick auf das spätere Monitoring des Gebäudes

5 Konzept

5.1 Hochbau / Fassade

Der Fassadenentwurf des Architekten lässt eine flexible, modulare Nutzung zu.

Als Module lassen sich außenliegende Sonnenschutzeinrichtungen nach Erfordernis aber auch Fassadenbegrünung und ggf. weitere PV-Module integrieren.

Die Holzlisenen dienen gleichzeitig durch ihre Verschattungswirkung als passiver Sonnenschutz, der im Nachweis des Sommerlichen Wärmeschutzes angesetzt werden kann.

5.2 Technische Gebäudeausrüstung

Die Wärmeerzeugung erfolgt mittels Luft-Wasser-Wärmepumpen und Nutzung der Umgebungswärme der Außenluft.

Die Wärmeerzeugung wird in einer Heizzentrale im Gebäude RSA untergebracht, aus der die Gebäude SPH und ETR versorgt werden.

Die Temperaturerhöhung für die Trinkwarmwasserbereitung in der SPH erfolgt ggf. mittels Wasser-Wasser-Wärmepumpe.

Die Wärmeübergabesysteme sind auf Flächenheizsysteme mit niedrigen Systemtemperaturen ausgelegt.

Die in Teilbereichen erforderlichen Lüftungsanlagen werden gemäß Nutzeranforderungen und EU-Ökodesign-Richtlinie geplant. Die Wärmerückgewinnung wird im Weiteren mit ≥75% angesetzt.

Die Schießbahnen werden aufgrund der Nutzeranforderungen an die Raumsolltemperatur von maximal 25°C im Sommer gekühlt.

Die Beleuchtung in den Gebäuden erfolgt mittels LED in LED-Leuchten.

Das Photovoltaik-Potenzial der begrünten Dachflächen soll **vollständig** genutzt werden. Gemäß Erläuterungsbericht TGA zur Kostengruppe 440 wird von einer Gesamt-PV-Leistung der drei Gebäude von 753 kW ausgegangen. Extensive Gründächer und PV-Anlagen schließen sich dabei nicht aus, sondern werden miteinander kombiniert.

Die Realisierung von Photovoltaik über den PKW-Stellplätzen kann mit einer Leistung von bis zu 496 kWp erfolgen. Dieser Wert leitet sich aus der Leistung von 1.250 kVA des für die einzelne Liegenschaft geplanten Kompakttransformators ab, der ggf. die gesamte PV-Leistung einspeisen können muss.

Die Bemessung von Batteriespeichern sollte in der Entwurfsplanung erfolgen

In Bezug auf das grundsätzliche Thema Netzeinspeisung von erzeugten Strommengen, denen gleichzeitig kein Strombedarf in gleicher Größenordnung gegenübersteht, ist folgendes festzuhalten: Die vollständige Vermeidung der Einspeisung von Stromüberschüssen würde zu unverhältnismäßig großen Power-to-heat-Anlagen führen – der erzeugten Trinkwarmwassermenge stünde zudem kein gleichgroßer Bedarf gegenüber.

5.3 Übersicht Ansätze energetisches Gebäudekonzept Musterprojekt

Die nachfolgende Tabelle fasst die Planungsparameter des energetischen Gebäudekonzepts zusammen:

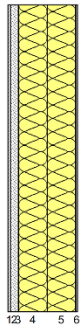
Tabelle 4: Planungsstand energetisches Gebäudekonzept

Wärmeerzeugung	**Heizung**: Luft-Wasser-Wärmepumpe zentral im Gebäude RSA, Verteilung über Nahwärmenetz an ETR und SPH **Trinkwarmwasser SPH**: Wasser-Wasser-Wärmepumpe für Temperaturerhöhung in der zentralen Warmwasserversorgung für das Gebäude. **Trinkwarmwasser ETR und SPH**: Aufgrund der geringen Abnahmemengen nicht nach GEG zu berücksichtigen.
Wärmedurchgangskoeffizienten	Vorbemessung Regeldetails siehe Abschnitt 6
Wärmebrückenzuschlag – Vorgabe:	0,05 W/m²K ⇨ Wärmebrückennachweis in Entwurfsplanung / Ausführungsplanung erforderlich
Lüftung	RLT gemäß TGA-Planung; übrige Bereiche Fensterlüftung
Luftdichtheit – Vorgabe:	$n_{50} = 1{,}0\ h^{-1}$ ⇨ Luftdichtheitstest erforderlich
Kälte RSA	Kompressionskälte
Sommerklimaregion	Siehe 4.4
Beleuchtung	LEDs in LED-Leuchten
PV-Anlage Gebäude	SPH: 329 kWp RSA: 267 kWp ETR: 157 kWp Genereller Ansatz: Südausrichtung, Neigung 30°

6 Vormessung Regelbauteile der thermischen Gebäudehülle für das Musterprojekt

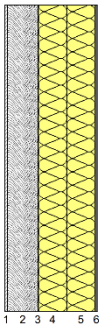
Im Folgenden sind für die Regelbauteile der Gebäude die Vorbemessungen der Aufbauten wiedergegeben. Diese sind in der Entwurfsplanung weiter zu bemessen:

6.1 Dach über Holzbinder



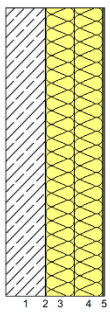
Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Gipskartonplatten	1,50	0,250	900,0	0,06
2	Holzwerkstoffplatten	4,50	0,130	650,0	0,35
3	Dampfbremse	0,03	0,220	300,0	0,00
4	Grunddämmung WLG 038	16,00	0,038	60,0	4,21
5	Gefälledämmung i.M. WLG 038	16,00	0,038	60,0	4,21
6	Bitumendachbahn (DIN 52128)	1,00	0,170	1200,0	0,06
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!		**$R_{zul.}$ = 1,75**		**R = 8,89**
	Bauteilfläche / spezif. Bauteilmasse / spezif. Transmissionswärmeverlust / wirksame Wärmespeicherfähigkeit				R_{si} = 0,10
					R_{se} = 0,04
	74,0 kg/m² / 289,68 W/K / 10cm-Regel : 45979 Wh/K / 3cm-Regel : 21847 Wh/K				**U - Wert 0,11 W/m²K**

6.2 Dach Brettsperrholz



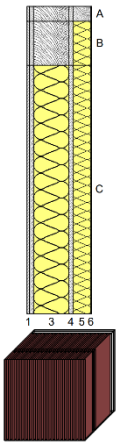
Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Gipskartonplatten	1,50	0,250	900,0	0,06
2	Brettsperrholz	17,00	0,130	500,0	1,31
3	Dampfbremse	0,03	0,220	300,0	0,00
4	Grunddämmung WLG 038	16,00	0,038	60,0	4,21
5	Gefälledämmung i.M. WLG 038	16,00	0,038	60,0	4,21
6	Bitumendachbahn (DIN 52128)	1,00	0,170	1200,0	0,06
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!		**$R_{zul.}$ = 1,20**		**R = 9,85**
	Bauteilfläche / spezif. Bauteilmasse / spezif. Transmissionswärmeverlust / wirksame Wärmespeicherfähigkeit				R_{si} = 0,10
					R_{se} = 0,04
	129,8 kg/m² / 30,33 W/K / 10cm-Regel : 6858 Wh/K / 3cm-Regel : 2146 Wh/K				**U - Wert 0,10 W/m²K**

6.3 Dach Beton (ETR)



Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Stahlbeton	22,00	2,500	2400,0	0,09
2	Dampfbremse	0,03	0,220	300,0	0,00
3	Grunddämmung WLG 038	16,00	0,038	60,0	4,21
4	Gefälledämmung i.M. WLG 038	16,00	0,038	60,0	4,21
5	Bitumendachbahn (DIN 52128)	1,00	0,170	1200,0	0,06
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!		**$R_{zul.}$ = 1,20**		**R = 8,57**
	Bauteilfläche / spezif. Bauteilmasse / spezif. Transmissionswärmeverlust / wirksame Wärmespeicherfähigkeit				R_{si} = 0,10
					R_{se} = 0,04
	559,3 kg/m² / 18,52 W/K / 10cm-Regel : 3226 Wh/K / 3cm-Regel : 10754 Wh/K				**U - Wert 0,11 W/m²K**

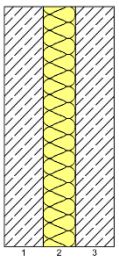
6.4 Außenwand Holztafel



Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Gipskartonplatten	1,50	0,250	900,0	0,06
2	OSB-Platten (DIN 12524)	2,00	0,130	650,0	0,15
3	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 0,1 cm; Zwischenraum (Füllung): 0,1 cm Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	20,00	0,130 0,035	500,0 60,0	1,54 5,71
4	OSB-Platten (DIN 12524)	2,00	0,130	650,0	0,15
5	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 0,1 cm; Zwischenraum (Füllung): 0,1 cm Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	10,00	0,130 0,035	500,0 60,0	0,77 2,86
6	Diffusionsoffene Fassadenbahn	0,025	2,300	708,0	0,00
	Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)				$R_{\lambda,A}$ = 2,68 $R_{\lambda,B}$ = 4,76 $R_{\lambda,C}$ = 8,94
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!		**$R_{m,zul.}$ = 1,0**		**R_m = 6,95**
	Bauteilfläche / spezif. Bauteilmasse / spezif. Transmissions-wärmeverlust / wirksame Wärme-speicherfähigkeit				R_{si} = 0,13 R_{se} = 0,04
	76,7 kg/m² / 169,65 W/K / 10cm-Regel : 15298 Wh/K / 3cm-Regel : 10093 Wh/K				**U - Wert 0,14 W/m²K**

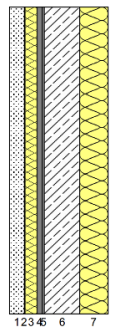
Der Bauteilaufbau ist bis zur Hinterlüftungsebene (Außenluft) der Fassade energetisch wirksam.

6.5 Außenwand Beton RSA



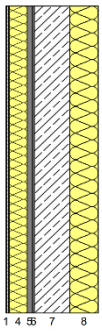
Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Stahlbeton	24,00	2,500	2400,0	0,10
2	Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	20,00	0,035	60,0	5,71
3	Stahlbeton	24,00	2,500	2400,0	0,10
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!		**$R_{zul.}$ = 1,20**		**R = 5,91**
	Bauteilfläche / spezif. Bauteilmasse / spezif. Transmissions-wärmeverlust / wirksame Wärme-speicherfähigkeit				R_{si} = 0,13 R_{se} = 0,04
	1164,0 kg/m² / 86,45 W/K / 10cm-Regel : 10506 Wh/K / 3cm-Regel : 35020 Wh/K				**U - Wert 0,16 W/m²K**

6.6 Bodenplatte



Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Zement-Estrich	8,50	1,400	2000,0	0,06
2	Polyethylenfolie 0,25 mm (DIN 12524)	0,025	0,330	960,0	0,00
3	EPS WLG 035	7,00	0,035	30,0	2,00
4	Trockene Schüttung	3,00	0,190	1000,0	0,16
5	Polymerbitumenschweißbahn	1,00	0,170	1200,0	0,06
6	Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	20,00	2,500	2400,0	0,08
7	Polystyrol PS -Extruderschaum (WLG 035)	16,00	0,035	25,0	4,57
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!		**$R_{zul.}$ = 0,90**		**R = 6,93**
	Bauteilfläche / spezif. Bauteilmasse / spezif. Transmissions-wärmeverlust / wirksame Wärme-speicherfähigkeit				R_{si} = 0,17 R_{se} = 0,00
	698,3 kg/m² / 406,03 W/K / 10cm-Regel : 136415 Wh/K / 3cm-Regel : 48045 Wh/K				**U - Wert 0,14 W/m²K**

6.7 Bodenplatte Sportboden



Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Linoleum (DIN 12524)	0,50	0,170	1200,0	0,03
2	Lastverteilerplatte Sperrholz	1,20	0,130	500,0	0,09
3	Stahlblech	0,50	50,000	7800,0	0,00
4	EPS WLG 035	10,00	0,035	30,0	2,86
5	Trockene Schüttung	3,00	0,190	1000,0	0,16
6	Polymerbitumenschweißbahn	1,00	0,170	1200,0	0,06
7	Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	20,00	2,500	2400,0	0,08
8	Polystyrol PS -Extruderschaum (WLG 035)	16,00	0,035	25,0	4,57
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!	**$R_{zul.}$ = 0,90**			**R = 7,85**

Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-wärmeverlust	wirksame Wärme-speicherfähigkeit		R_{si} = 0,17 / R_{se} = 0,00
	580,0 kg/m²	83,65 W/K	10cm-Regel :	6623 Wh/K	**U - Wert**
			3cm-Regel :	6623 Wh/K	**0,12 W/m²K**

6.8 Ergebnisse energetische Kennwerte der thermischen Gebäudehülle

Auf der Grundlage des Vorentwurfs und der vorbemessenen Bauteile wurden für die Gebäude ETR, RSA und SPH die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten ermittelt:

Tabelle 5: Ergebnisse U-Werte Bauteile

Bauteil	**Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten [W/(m²*K)]**			
	EGB40$_{erforderlich}$	**ETR**	**RSA**	**SPH**
Opake Außenbauteile $\bar{U}_{opak}$	≤ 0,18	0,110	0,110	0,100
Transparente Außenbauteile $\bar{U}_{transparent}$ und Vorhangfassade $\bar{U}_{Vorhang}$	≤ 1,00	1,00		

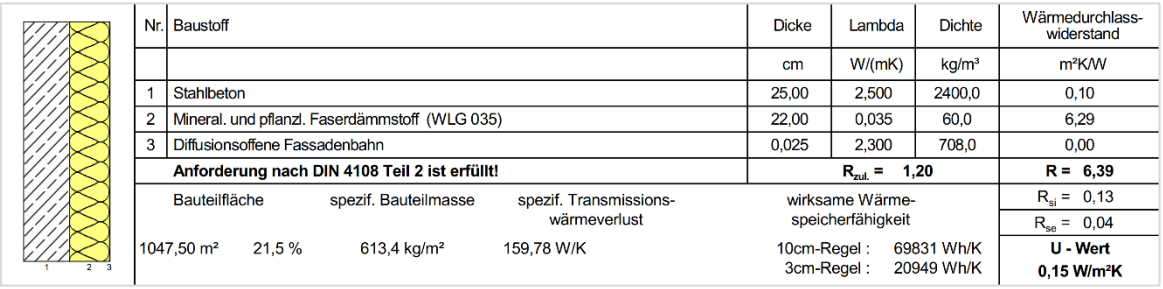
Die Anforderungen des EGB40 an die Bauteile der thermischen Gebäudehülle sind mit der vorliegenden Vorentwurfsplanung eingehalten.

7 Vorbemessung Regelbauteile der thermischen Gebäudehülle Massivbau-Variante

Parallel zum Musterprojekt wurde eine Massivbau-Variante dargestellt. Diese unterscheidet sich im Hinblick auf die thermische Gebäudehülle im Wesentlichen im Außenwandaufbau und der Ausführung der Dächer in Stahlbeton.

In Abschnitt 6.3 wurde bereits eine Vorbemessung eines Dachaufbaus mit Stahlbetondecke dargestellt, der zur Orientierung dienen kann.

Die Regel-Außenwand wurde wie folgt vorbemessen:



Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass-widerstand
		cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
1	Stahlbeton	25,00	2,500	2400,0	0,10
2	Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	22,00	0,035	60,0	6,29
3	Diffusionsoffene Fassadenbahn	0,025	2,300	708,0	0,00
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!	**$R_{zul.}$ = 1,20**			**R = 6,39**
	Bauteilfläche / spezif. Bauteilmasse / spezif. Transmissions-wärmeverlust / wirksame Wärme-speicherfähigkeit				R_{si} = 0,13
					R_{se} = 0,04
	1047,50 m² 21,5 % 613,4 kg/m² 159,78 W/K	10cm-Regel : 69831 Wh/K 3cm-Regel : 20949 Wh/K			**U - Wert 0,15 W/m²K**

Der Bauteilaufbau ist bis zur Hinterlüftungsebene (Außenluft) der Fassade energetisch wirksam.

Für die Massivbau-Variante wurden auf der Grundlage der dargestellten, geänderten Bauteile die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten für die Gebäude ETR, RSA und SPH ermittelt:

Tabelle 6: Ergebnisse U-Werte Bauteile

Bauteil	**Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten [W/(m²*K)]**			
	$EGB40_{erforderlich}$	**ETR**	**RSA**	**SPH**
Opake Außenbauteile $\bar{U}_{opak}$	≤ 0,18	0,120	0,110	0,100
Transparente Außenbauteile $\bar{U}_{transparent}$ und Vorhangfassade $\bar{U}_{Vorhang}$	≤ 1,00	1,00		

Die Anforderungen des EGB40 an die Bauteile der thermischen Gebäudehülle sind mit der vorliegenden Vorentwurfsplanung eingehalten.

Die thermischen Gebäudehüllen der drei Gebäude in der Massivbau-Variante entsprechen somit denen des Musterprojektes. In Bezug auf die Energiebedarfe zur Gebäudekonditionierung ergeben sich daher keine Unterschiede zum Musterprojekt.

Für den Sommerlichen Wärmeschutz hingegen wäre die Ausführung von Decken, Dächern und Außenwänden in Massivbauweise vorteilhaft, da dadurch die thermischen Speichermassen im Gebäude erhöht werden. Dieses hat zur Folge, dass Raumtemperaturspitzen an heißen Sommertagen verstärkt über die Bauteile des Gebäudes „gepuffert“ werden können.

8 Ergebnisse Energiebilanzierung Musterprojekt

Für die Abschätzung der Energiebedarfe der Gebäude wurden jeweils ein Berechnungsmodell erstellt. Auf dieser Grundlage wurden dann die Energiebilanzierungen nach DIN V 18599 – auf Vorentwurfsniveau – durchgeführt und Abschätzungen für die Energiebedarfe ermittelt.

8.1 Energiebilanzierung

Die Bilanzierung der Schießbahnen der RSA wurde mit dem Nutzungsprofil „Sonstige Aufenthaltsräume“ vorgenommen (vgl. 4.3).

Tabelle 7: Abschätzung Jahresprimärenergiebedarfe der Neubauten ohne Nutzerstrom

Jahresprimärenergiebedarf [kWh/m²a]				
	Anforderungswerte			
Gebäude	**GEG 2023**	**EGB40**	**Eff. plus**	**IST-Planung**
SPH	78,2	42,6	0	23,0
ETR	71,3	38,9	0	17,9
RSA	51,8	28,3	0	10,0

Festzuhalten ist:

- Der EGB40 Standard wird mit der Planung für alle drei Gebäude erreicht, wenn die RSA ohne Sondernutzung bilanziert wird.
- Die Energiebedarfe der IST-Planung liegen deutlich unter denen des energetischen Neubaustandard EG55 des ab 01.01.2023 geltenden GEG 2023.

8.2 Effizienzhaus plus

Zielsetzung im Projekt ist es – über die Erreichung des EGB40 für die Gebäude hinaus, den Effizienzhaus plus Standard zu erreichen. Daher wurde geprüft, ob die in Abschnitt 3.3 angegebenen Anforderungen aus dem Standard erfüllt sind.

Tabelle 8: Abschätzung Endenergiebedarfe für Gebäudekonditionierung der Neubauten

Endenergiebedarf Strom [kWh/a]					
Gebäude	**Endenergiebedarf aus GEG-Bilanzierung IST-Planung**	**Zusätzlich zu berücksichtigender Nutzerstrom**	**Abgeschätzter Endenergiebedarf Gebäude + Nutzerstrom**	**Abgeschätzter PV-Ertrag [kWh/a]**	**Bedingung Effizienzhaus plus erfüllt**
SPH	172.371	36.290	208.661	287.234	ja
ETR	67.705	20.200	87.905	136.961	ja
RSA	95.311	39.290	134.601	232.930	ja
Liegenschaft	**335.387**	**95.780**	**431.167**	**657.125**	**ja**

Für die Jahresbilanz kann ein Endenergieüberschuss von rund 226.000 kWh/a abgeschätzt werden. Somit ist die Bedingungen aus dem Effizienzhaus plus Standard – Endenergiebedarf kleiner Null – je Gebäude erfüllt.

Da der ausschließliche Energieträger auf der Liegenschaft Strom ist und demzufolge alle Endenergiebedarfe mit dem Primärenergiefaktor für Strom multipliziert werden, um die Jahresprimärenergiebedarfe zu erhalten, wird auch die Bedingung des Effizienzhaus plus Standards an einen negativen Jahresprimärenergiebedarf je Gebäude erfüllt.

Die geplanten PV-Anlagen über den PKW-Stellplätzen wurden in dieser Betrachtung noch nicht berücksichtigt, da die jeweilige Leistung und Lage standortspezifisch sind. Grundsätzlich führen die PV-Anlagen über den Stellplätzen zu einer weiteren Erhöhung des Energieüberschusses in dieser Betrachtung.

Für den Nutzerstrom wurden 10 kWh pro m² beheizter Nettogrundfläche und Jahr angesetzt. Dieser Ansatz wurde aus der Definition des Effizienzhaus plus aus dem Dokument „Wege zum Effizienzhaus Plus“[3] entnommen und wird dort als Ansatz für Bildungsbauten mit energieeffizienter Nutzerausstattung genannt. Die Ausstattung der drei Gebäude wird als vergleichbar angesehen, es gibt keine besonderen nutzerseitigen elektrischen Verbraucher in den Gebäuden.

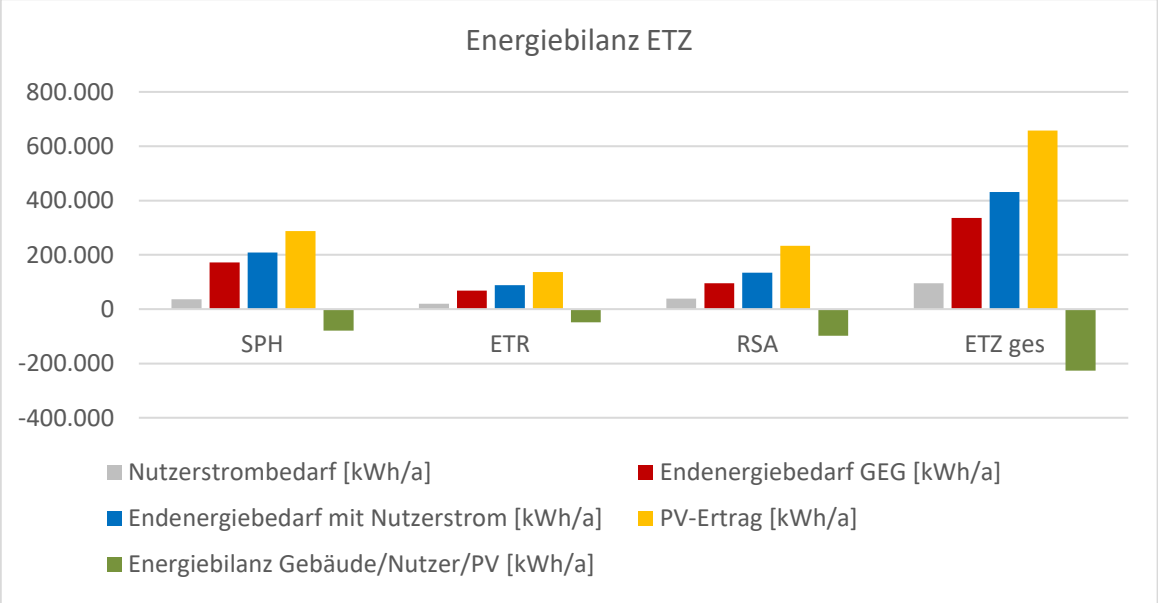


Abbildung 2: Energiebilanz Gebäude und ETZ gesamt ohne Bilanzierung Sondernutzung RSA

Die Verrechnung der PV-Erträge mit den Endenergiebedarfen zeigt auf, dass nach aktueller Energiekonzeption in der Jahresbilanz mehr Energie erzeugt wird, als für die Gebäudekonditionierung und den Nutzerstrom erforderlich ist.

[3] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, 6. Auflage, 2018

Diese positive Energiebilanz des Energiekonzeptes für die Gebäude führt zu entsprechenden negativen CO2-Emissionen in der Jahresbilanz:

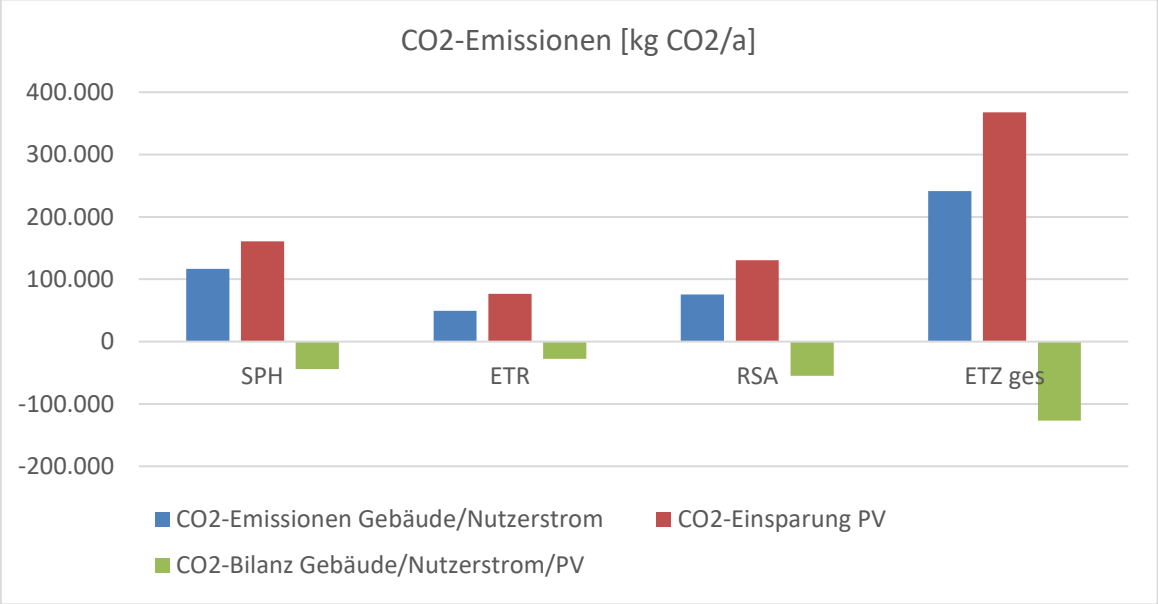


Abbildung 3: CO2-Bilanz nach GEG für die Neubauten und ETZ gesamt ohne Bilanzierung Sondernutzung RSA

Im Rahmen der GEG-konformen Energiebilanzierung[4] – also ohne Berücksichtigung der Sondernutzung Schießbahn – entsprechen die Gebäude sowohl dem EGB40 Standard als auch dem Effizienzhaus plus Standard.

8.3 Energiebilanzierung mit Berücksichtigung Sondernutzung RSA

Berücksichtigt man die realen Luftvolumenströme für die Konditionierung der Schießbahnen in der Energiebilanzierung, so erhält man folgende Ergebnisse:

Tabelle 9: Abschätzung Jahresprimärenergiebedarfe der Neubauten ohne Nutzerstrom mit Bilanzierung Sondernutzung RSA

Jahresprimärenergiebedarf [kWh/m²a]				
Gebäude	**Anforderungswerte**			**IST-Planung**
	GEG	**EGB40**	**Eff. plus**	
SPH	78,2	42,6	0	23,0
ETR	71,3	38,9	0	17,9
RSA	51,8	28,3	0	136,5

[4] Primärenergiefaktor für Strom gemäß GEG 2020: $f_{p,Strom} = 1,8$

Festzuhalten ist:

- Der EGB40 Standard wird mit der Planung für ETR und SPH erreicht.
- Die RSA mit Berücksichtigung der Sondernutzung Schießbahnen erfüllt weder den EGB40 Standard noch die Mindestanforderung aus dem GEG.

Für die Endenergiebedarfe ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 10: Abschätzung Endenergiebedarfe für Gebäudekonditionierung der Neubauten mit Bilanzierung Sondernutzung RSA

Endenergiebedarf Strom [kWh/a]				Abgeschätzter PV-Ertrag [kWh/a]	Bedingung Effizienzhaus plus erfüllt
Gebäude	Endenergiebedarf aus GEG-Bilanzierung IST-Planung	Zusätzlich zu berücksichtigender Nutzerstrom	Abgeschätzter Endenergiebedarf Gebäude + Nutzerstrom		
SPH	172.371	36.290	208.661	287.234	ja
ETR	67.705	20.200	87.905	136.961	ja
RSA	297.936	39.290	337.226	232.930	nein
Liegenschaft	**538.012**	**95.780**	**633.792**	**657.125**	**ja**

Die RSA erfüllt nicht mehr die Anforderungen aus dem Effizienzhaus plus Standard, da keine Energieüberschüsse bilanzierbar sind.

In der Betrachtung der Gesamtliegenschaft ETZ erfüllt diese immer noch den Effizienzhaus plus Standard, vgl. nachstehende Abbildung:

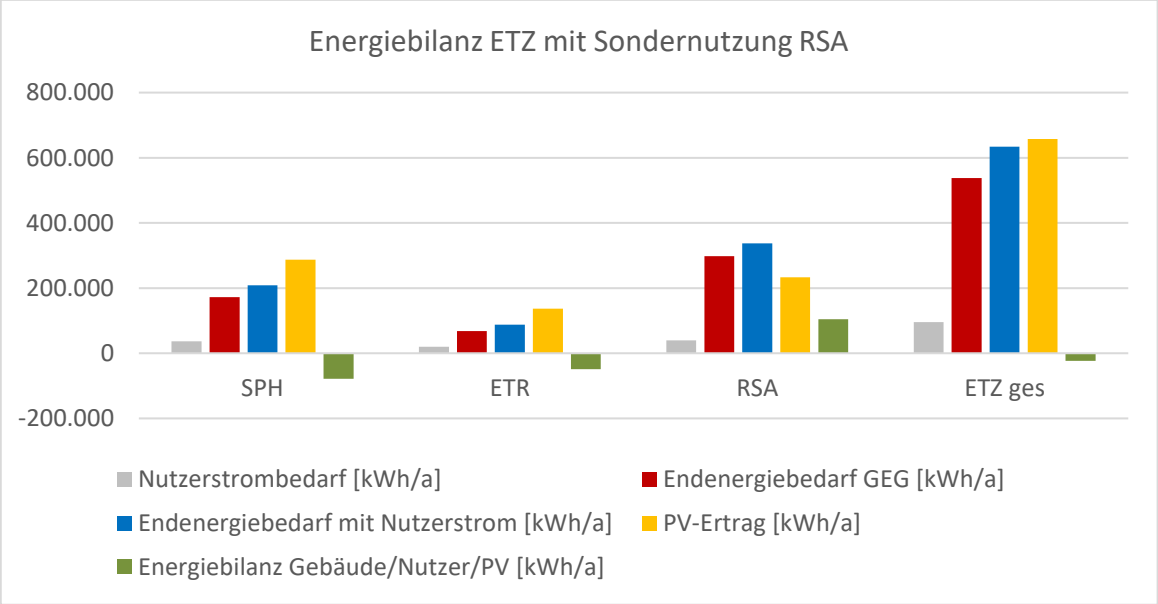


Abbildung 4: Endenergiebilanz der Neubauten und Liegenschaft mit Bilanzierung Sondernutzung RSA

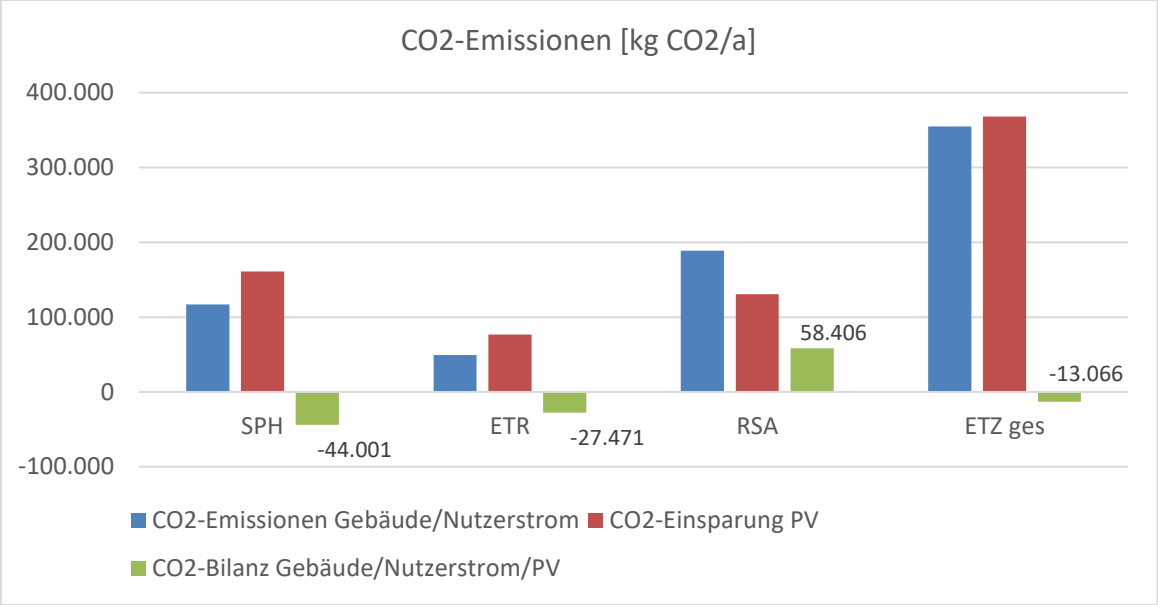


Abbildung 5: CO2-Bilanz nach GEG für die Neubauten und Liegenschaft mit Bilanzierung Sondernutzung RSA

Die RSA ist nicht mehr klimapositiv, wenn die Sondernutzung RSA bzw. die realen Luftvolumenströme der Schießbahnen mit den damit verbundenen Energiebedarfen für die Luftförderung in der Energiebilanzierung berücksichtig werden.

Die Gesamtliegenschaft ist in diesem Fall aber weiterhin klimapositiv, vgl. Tabelle 10.

Der Nachweis für die bilanzielle Erfüllung des Effizienzhaus plus Standards (und damit gleichzeitig des EGB40) für die RSA kann dadurch geführt werden, dass der verbleibenden Energieenergiebedarf als Summe aus Gebäudestrombedarf und Nutzerstrombedarf von rund 105.000 kWh/a Strom[5] über weitere PV-Leistung bzw. -anlagen gedeckt wird.

Die Stromerträge aus PV-Anlagen über Stellplätzen können dazu herangezogen werden. Für die entsprechend erforderliche PV-Leistung kann ein Wert von 110 kWp abgeschätzt werden.

[5] Vgl. Tabelle 10

9 Weitere Varianten Wärmeerzeugung am Standort Neumünster

Die Wärmeerzeugung im Musterprojekt erfolgt über Luft-Wasser-Wärmepumpen.

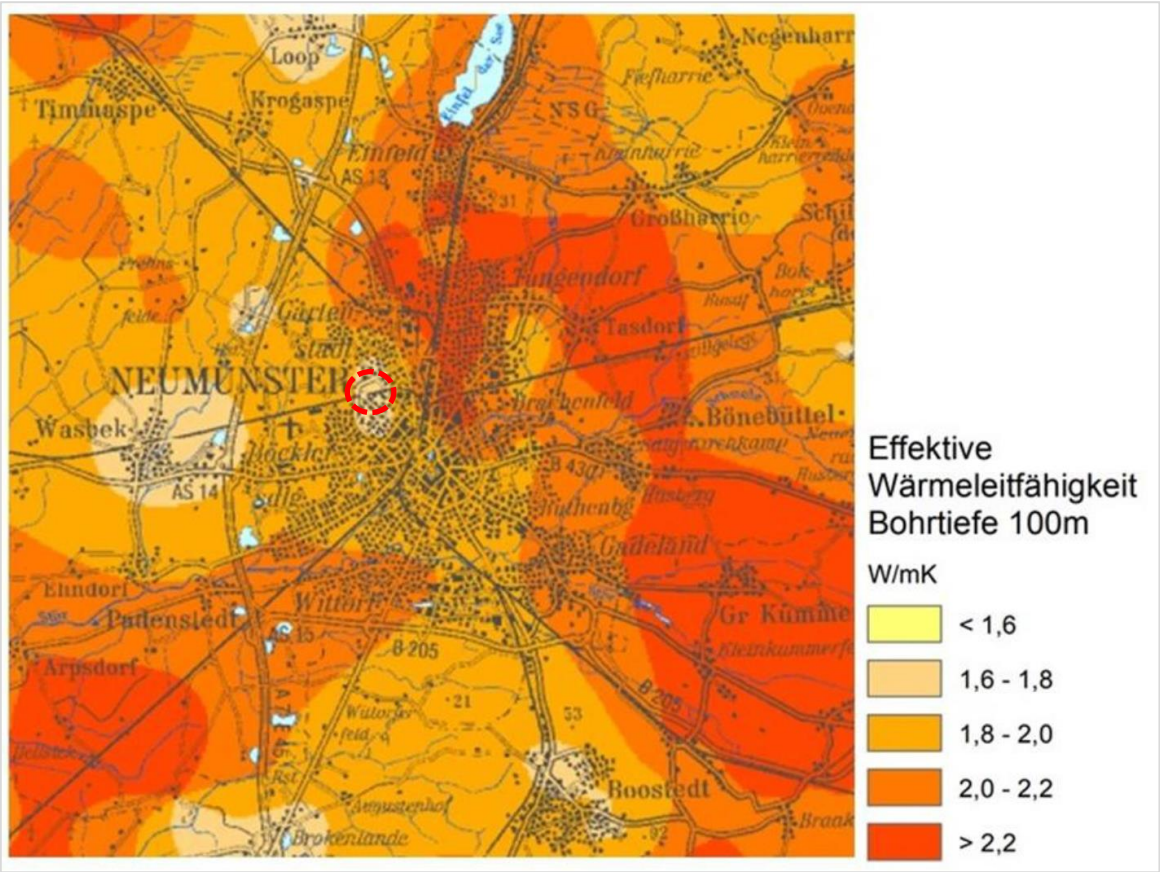
Als Alternativen kommen die Nutzung von Geothermie an entsprechend geeigneten Standorten oder Fernwärme bei verfügbarer Anschlussmöglichkeit infrage.

9.1 Geothermie

In dieser Variante erfolgt die Wärmeerzeugung mittels oberflächennaher Geothermie, d.h. über Erdsonden mit einer Bohrtiefe von im Allgemeinen bis 100m. Die Erdwärme wird über Sole-Wasser-Wärmepumpen nutzbar gemacht.

Hierfür muss der geologische Untergrund am Standort eine geeignete Entzugsleistung aufweisen, um Umgebungswärme im benötigten Maße bereitstellen zu können.

Für den ETZ Standort Neumünster sind mit 1,6 bis 1,8 W/mK für Bohrungen bis 100m durchschnittliche Werte für die Wärmeleitfähigkeiten der Bodenschichten im Umweltportal S-H sowie im Klimaplan 2035 der Stadt Neumünster (Abschnitt 4.4.4) zu finden (markierter Bereich):



Dieses deutet daraufhin, dass eine geothermische Nutzbarkeit des Untergrundes auf jeden Fall durch einen Geo-Response-Test im Vorwege einer Entwurfsplanung zu prüfen wäre.

Parallel dazu wäre auch zu prüfen, ob und in welcher Größenordnung Altlasten im Boden vorhanden sind, die sich kritisch auf eine Realisierung von Erdsonden auswirken könnten.

Für die Nutzung von Geothermie ist generell festzuhalten, dass sich die Endenergie- und Primärenergiebedarfen der Gebäude bei dieser Art der Wärmeerzeugung reduzieren. Die Aussagen bezüglich EGB40 und Effizienzhaus plus sind übertragbar aus der Betrachtung des Musterprojektes.

9.2 Fernwärme

Für die Versorgung der Gebäude über ein am Standort verfügbares Fernwärmenetz wurde im Rahmen der Betrachtung des Musterprojektes der erforderliche Primärenergiefaktor der Fernwärme fp abgeschätzt:

Tabelle 11: Abschätzung erforderlicher Primärenergiefaktor bei Fernwärmeversorgung

Gebäude	**Erforderlicher Primärenergiefaktor Fernwärme für EGB40**
SPH	0,4
ETR	0,5
RSA	0,52
Liegenschaft ETZ	**0,4**

Der abgeschätzte Primärenergiefaktor Fernwärme für die SPH legt den Faktor für die Liegenschaft fest: Der EGB40 kann eingehalten werden, wenn das Fernwärmeversorgungsnetz Wärme mit einem Primärenergiefaktor fp ≤ 0,4 bereitstellt.

Am Standort Neumünster ist nach Aussage der Stadtwerke Neumünster die Möglichkeit gegeben, dass die Liegenschaft an das vorhandene Fernwärmenetz der Stadtwerke angeschlossen wird.

Die verfügbare Leistung im Fernwärmenetz ist vorhanden, um die Leistungs- und Energiebedarfe der Gebäude des ETZ zu decken.

Der Primärenergiefaktor des Fernwärmenetzes hat einen Wert von fp=0,27. Damit liegt er unter dem maximal zulässigen Wert nach Tabelle 11. D.h. der EGB40 Standard wird bei einer Wärmeerzeugung mittels Fernwärme für alle drei Gebäude erfüllt:

Tabelle 12: Abschätzung Jahresprimärenergiebedarfe nach DIN V 18599 der Neubauten am Standort Neumünster mit Fernwärme

Jahresprimärenergiebedarf [kWh/m²a]				
	Anforderungswerte			
Gebäude	**GEG 2023**	**EGB40**	**Eff. plus**	**IST-Planung**
SPH	78,2	42,6	0	32,3
ETR	71,3	38,9	0	23,0
RSA	51,8	28,3	0	15,1

In Bezug auf die Anforderung des Effizienzhaus plus Standards sind zu prüfen:

- Mindestens ausgeglichene Jahresprimärenergiebedarfsbilanz
- Mindestens ausgeglichene Jahresendenergiebilanz

Für die Jahresprimärenergiebedarfsbilanz erhält man unter Berücksichtigung der Primärenergiefaktoren für Fernwärme (0,27) und Strom (1,8 nach GEG) folgende Ergebnisse:

Tabelle 13: Abschätzung Jahresprimärenergiebedarfsbilanz nach DIN V 18599 für Standort Neumünster mit Fernwärme

Gebäude	Endenergie [kWh/a]			Primärenergie [kWh/a]		
	Fernwärme	Strom	PV-Ertrag	Jahresbedarf	PV-Ertrag	Gesamt
SPH	231.575	168.225	287.234	365.330	517.021	-151.691
ETR	111.847	36.756	136.961	96.359	246.530	-150.170
RSA	167.514	49.071	232.930	133.557	419.274	-285.717
Liegenschaft	**343.422**	**204.981**	**657.125**	**461.690**	**763.551**	**-301.861**

Die Erzeugung von Primärenergie übersteigt den Primärenergiebedarf der Gebäude in der Jahresbilanz. Somit ist die Anforderung an den Jahresprimärenergiebedarf aus dem Effizienzhaus plus Standard erfüllt.

Tabelle 14: Prüfung Effizienzhausplus Erreichung mit Fernwärme

Endenergiebedarf [kWh/a]				Abgeschätzter PV-Ertrag [kWh/a]	Endenergie Differenz [kWh/a]
Gebäude	Endenergiebedarf aus GEG-Bilanzierung IST-Planung	Zusätzlich zu berücksichtigender Nutzerstrom	Abgeschätzter Endenergiebedarf Gebäude + Nutzerstrom		
SPH	399.800	36.290	436.090	287.234	148.856
ETR	148.603	20.200	168.803	136.961	31.842
RSA	216.585	39.290	255.875	232.930	22.945
Liegenschaft	**764.988**	**95.780**	**860.768**	**657.125**	**203.643**
				PV-Ertrag mit 232 kWp auf Stellplätzen	**203.696**
				Endenergiebilanz	**53**

Die Differenz zwischen dem abgeschätzten Endenergiebedarf der Gebäude und dem abgeschätztem PV-Ertrag der Anlagen auf den Dächern der Gebäude beträgt rund 204 MWh/a.

Um diesen (Differenz-) Endenergiebedarf zu decken und damit letztlich die Effizienzhaus plus Anforderung an den Jahresendenergiebedarf zu erfüllen, ist eine PV-Leistung von ca. 232 kWp auf den Stellplätzen zu realisieren.

9.3 Fazit Wärmeerzeugung

Die Varianten für die Wärmeerzeugung lassen sich wie folgt beurteilen:

Tabelle 15: Bewertung Varianten Wärmeerzeugung

	Luft-Wasser-Wärme-pumpe	**Geothermie**	**Fernwärme**
Technische Machbarkeit	Realisierbar	Entzugsleistung aus den Bodenschichten ist ggf. zu gering. Realisierbarkeit ist kritisch zu prüfen.	Fernwärmenetz mit ausreichender Leistung verfügbar. Primärenergiefaktor der Fernwärme ist für EGB40 geeignet.
Nachweis EGB40 möglich	ja	ja, wenn realisierbar	ja
Nachweis Eff. plus möglich	ja	ja, wenn realisierbar	232 kWp zusätzliche PV-Leistung erforderlich

Festzuhalten ist:

- Alle drei Varianten sind aus Nachweissicht in der Lage, die Anforderungen aus EGB40 und Effizienzhaus plus Standard zu erfüllen.
- Alle drei Varianten setzen auf – aus Sicht der Wärmewende – vorteilhafte Technologien, da sie auf die Wärmeerzeugung mittels Holzverbrennung bzw. Verbrennung von Erdgas in Brennwertkesseln verzichten.
- Die Dachflächen werden maximal für die Nutzung von Photovoltaik genutzt.

10 Sommerlicher Wärmeschutz

Das Konzept zur Sicherstellung des Sommerlichen Wärmeschutzes für das Musterprojekt sieht vor:

- Fenster mit ost-, süd- und westlichen Ausrichtungen werden mit einem außenliegenden Sonnenschutz ausgestattet. Dieser ist bei einer Ausführung der Neubauten in Holzbauweise – aufgrund der geringen Speichermassen des Gebäudes – zwingend erforderlich. Für eine alternative Bauweise, bspw. als Massivbau, wäre der (teilweise) Entfall der außenliegenden Sonnenschutzeinrichtungen zu prüfen.
- Der Gesamtenergiedurchlassgrad der Fensterverglasungen wird mit g = 0,4 angesetzt.
- Für die Minderung der solaren Einstrahlung durch die Verschattungswirkung der Holzlamellen kann ein Wert von rund 11% abgeschätzt werden.
- Es wird eine Nachtlüftung der Aufenthaltsräume über passive Maßnahmen realisiert, bspw. über entsprechende Lüftungselemente in der Fassade mit Anforderungen an Witterung und Sicherheit.

Unter diesen Annahmen wurden kritische Aufenthaltsräume bei einer Südausrichtung betrachtet.

Sowohl im Hinblick auf den Sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 als auch die Anforderungen aus den Energieeffizienzfestlegungen Bundesgebäude ist sichergestellt, dass die Aufenthaltsräume die Anforderungen erfüllen.

Der Nachweis des Sommerlichen Wärmeschutzes nach Energieeffizienzfestlegungen Bundesgebäude erfolgt standortspezifisch in Leistungsphase 2+ über **thermische Gebäudesimulationen entsprechend BNB Steckbrief 3.1.1 „Thermischer Komfort“**.

Die Nachweise wurden als Anlagen zu diesem Dokument erstellt.

11 Übersicht der verwendeten Normen und Verordnungen

Bezeichnung	
GEG	Gebäudeenergiegesetz
DIN 277 Teil 1	Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau Teil 1 – Begriffe, Ermittlungsgrundlagen
DIN EN 832	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
DIN V 4108-2	Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
DIN V 4108-3	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise
DIN V 4108-4	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
DIN V 4108 Bbl. 2	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden: Wärmebrücken, Planungs- und Ausführungsbeispiele
DIN EN ISO 6946	Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren
DIN EN ISO 10077-1	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen: Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Teil 1: Vereinfachtes Verfahren
DIN EN 12524	Baustoffe und -produkte – Eigenschaften, Tabellierte Bemessungswerte
DIN EN 13370	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden Wärmeübertragung über das Erdreich
DIN V 18599-1	Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
DIN V 18599-2	Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
DIN V 18599-3	Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
DIN V 18599-4	Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
DIN V 18599-5	Endenergiebedarf von Heizsystemen
DIN V 18599-6	Endenergiebedarf von Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau
DIN V 18599-7	Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau
DIN V 18599-8	Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
DIN V 18599-9	End- und Primärenergiebedarf von stromproduzierenden Anlagen
DIN V 18599-10	Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten

12 Anhang: Klimaschutzanforderungen Bundesländer

Bundesland	Anwendungs-gebiet	Anforderung Neubau	Anforderung Sanierung	PV-Anlagen-Pflicht	Sonstige	Gesetz / Verordnung / Erlass / Quelle
Baden-Württemberg		mind. 20% besser als EnEV	-	ja	PV-Anlagen auf Dachflächen beim Neubau von Nichtwohngebäuden 60% der Einzeldachfläche und Wohngebäuden im erweiterten Nachweis 75%; auf Parkplatzflächen ab 35 Stellplätzen 60% der Stellplatzflächen	Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg (KSG BW) §6 Photovoltaik-Pflicht-Verordnung - PVPf-VO (11.10.21) EWärmeG
Bayern		-	-	ja	**Aktuell**: PV-Anlagen auf geeigneten Dachflächen von im Eigentum des Freistaates Bayern stehenden Gebäuden: mindestens 1/3 der Dachfläche. **Ab 1.1.23**: Auf Dächern von Nichtwohngebäuden, die ausschließlich gewerblicher oder industrieller Nutzung dienen. **Ab 1.7.23**: Sonstige NWG	Bayerisches Klimaschutzprogramm 2022; Gesetz zur Änderung des Bayerischen Klimaschutzgesetzes und weiterer Rechtsvorschriften (30.06.22) „Art. 44a"
Brandenburg		-	-	nein		
Hessen		-	-		PV-Pflicht in Planung für landeseigene Bestands- & neue Gebäude, sowie Parkplätze	
Niedersachsen	NWG	-	-		Gebäude mit Dachflächen > 50m² sind mit mindestens 50% PV zu belegen Parkplätze ab 50 Stellplätzen sind mit PV zu überdachen	VORIS §32a NBauO
Nordrhein-Westfalen		-	-	ja	für offene Parkplätze mit mehr als 35 Stellplätzen, die einem Nicht-Wohngebäude dienen, ist eine PV-Anlage über der geeigneten Stellplatzfläche zu installieren	§8 BauO NRW 2018
Sachsen		-	-	nein	PV-Pflicht in Planung	
Schleswig-Holstein	NWG, Landesbauten	Neubau landeseigene Gebäude klimaneutral		ja	Pflicht zur Nutzung von PV-Anlagen auf Dächern von Nichtwohngebäuden, Größe zurzeit nicht festgelegt. Pflicht zur Überdachung von Pakplätzen mit PV-Anlagen ab 100 Stellplätzen, Größe PV nicht festgelegt.	Energie- und Klimawendegesetz EWKG S-H