



## Berufliches Gymnasium

### Fachrichtung Technik

### Schwerpunkt Bautechnik

## Leistungskurs

## Beispielaufgabe 3

- Auswahlverfahren: Von zwei Vorschlägen wählt die Prüfungsteilnehmerin / der Prüfungsteilnehmer einen zur Bearbeitung aus. Der nicht ausgewählte Vorschlag wird von der aufsichtsführenden Lehrkraft nach Beendigung der Einlese- und Auswahlzeit eingesammelt.
- Einlese- und Auswahlzeit: 30 Minuten
- Bearbeitungszeit: 240 Minuten
- Erlaubte Hilfsmittel: Tabellenbuch: Wessig u.a.: Bautechnik Tabellen, Westermann -Verlag, Nr. 225034, z.Zt. 11.Auflage;  
oder:  
Tabellenbuch Bautechnik, Europa-Verlag Nr. 42519, z.Zt. 7. Auflage  
Nicht programmierbarer Taschenrechner  
Zeichengeräte
- Sonstige Hinweise: keine

## 1. Thema und Aufgabenstellung

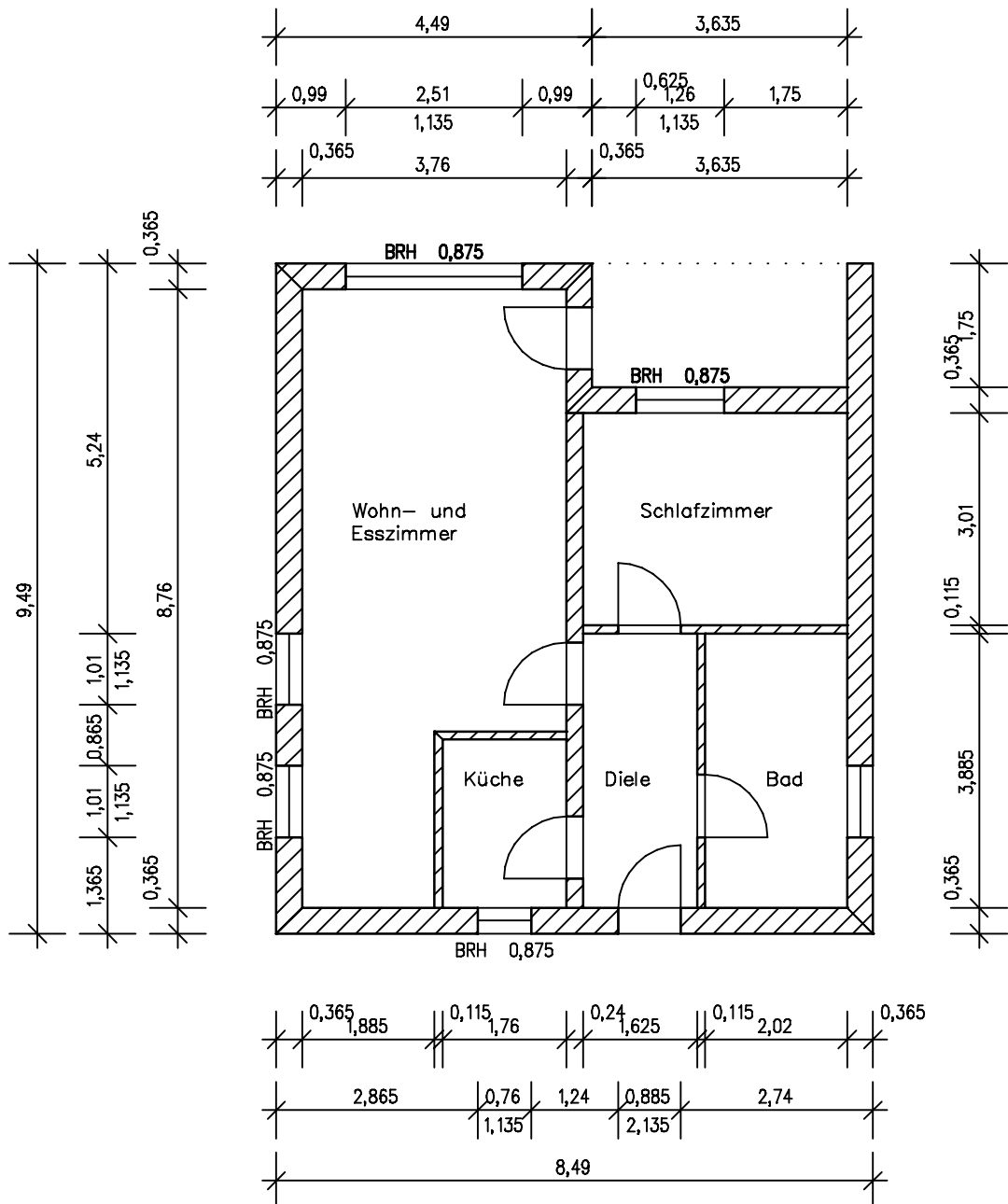
	<p><b><u>Projektaufgabe:</u></b> Einfamilienhaus mit Walmdachkonstruktion in Niedrigenergiebauweise                  dargestellt durch einen Grundriss (siehe Anlage)</p>
BE	Aufgaben
	<b>1. Konstruktion eines Walmdaches</b>
	<p>Für die rechteckige Gebäude-Grundfläche ist ein Walmdach vorgesehen, wo alle Dachflächen mit 35° Dachneigung gleich geneigt sind. Der waagerechte Dachüberstand beträgt allseitig 50 cm . Die Traufabschnitte der Sparren sollen rechtwinklig zur Sparrenoberseite abgelängt werden. Die Fußpfette auf der Stahlbetondecke ist 5 cm von der Außenkante Mauer nach innen angebracht. Die Firstpfette wird mit 3 Pfosten unterstützt, die auf der Stahlbetondecke stehen. Die Pfosten werden mit 5 cm Zapfenlänge in die Firstpfette eingebracht.</p> <p>Die weiteren Dimensionen von Fußpfette, Firstpfette, Sparren, Schifter und Gratsparren sind eigenständig nach den üblichen Angaben anzunehmen. (Beachten Sie hierzu die Abmessungen des Gebäudes!)                  Die jeweilige Obholzlänge bei den Kerven ist mit ca. <math>\frac{3}{4}</math> der Sparrenstärke zu versehen.                  Das Bundmaß bei den Sparren und die Anordnung von Mittelschiftern sind ebenfalls frei wählbar.</p>
14	<p><b>1.1 Planung</b>                  Ermitteln Sie nach den vorstehenden Angaben die Dimension und die jeweiligen Längen der folgenden Dachteile:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Normalsparren <math>N_s</math></li> <li>Mittelschifter <math>M_s</math></li> <li>Firstlänge <math>F_l</math></li> <li>Fußpfette <math>F_u</math></li> <li>Gratsparren <math>G</math></li> <li>Pfostenlänge <math>P_l</math></li> <li>Länge des Bundmaßes bei den Sparren bzw. bei den Schiftern</li> </ol>

14	<p><b>1.2 Entwurf</b>                  Erstellen Sie eine dazugehörige Draufsicht von dem zu entwerfenden Walmdach im Maßstab 1:10, wobei die jeweiligen Dachteile nur anzudeuten und mit Positionsnummern zu versehen sind!                  Die Zeichnung ist zu bemaßen!</p>
12	<p><b>1.3 Ausführung</b>                  Erstellen sie eine Holzliste von dem Materialbedarfes des gesamten Walmdaches auf dem beiliegenden Formblatt! Die einzelnen Dachteile sind mit den Positionsnummern aus Aufg. 1.2 zu bezeichnen!</p>
<p><b>2. Holzbalkendecke</b></p>	
<p>Über dem Wohn- und Esszimmerbereich ist eine Holzbalkendecke mit sichtbaren Holzbalken vorgesehen. Das darüber liegende Dachgeschoss soll ausgebaut werden. Hierfür sind zunächst die vorhandenen ständigen und veränderlichen Lasten zu ermitteln und anschließend sind die Balken zu bemessen.</p>	
10	<p><b>2.1 Ermittlung der vorhandenen Lasten</b>                  Ermitteln Sie den Bemessungswert <math>E_d</math> in kN/m<sup>2</sup> für die Decke unter einem Wohnraum!</p> <p><u>Aufbau der Holzbalkendecke:</u>                  13 mm Buche-Fertigparkett                  50 mm Zement-Estrich                  50 mm Mineralfaserdämmstoff                  22 mm Fichte-Hobeldielen                  20 kg/m<sup>2</sup> für die Holzbalken</p>
15	<p><b>2.2 Balkenbemessung</b>                  Führen Sie die Bemessung der Holzbalken (S10, <math>e = 62,5</math> cm) durch!                  Mit dem gewählten Balken ist die Biegespannung <math>S_d \leq R_d</math> nachzuweisen!                  Die Belastung <math>E_d</math> ist aus Aufg. 2.1 zu entnehmen; falls Sie die Aufg. 2.1 nicht lösen konnten, nehmen Sie folgenden Ersatzwerte an: <math>E_d = 3,5</math> kN/m.                  Die lichte Weite der Holzbalkendecke ist aus der Zeichnung zu entnehmen!                  Bei der Bemessung ist eine mittlere Lasteinwirkungsdauer anzunehmen.</p>

	<b>3. Niedrigenergie - Bauweise</b>
5	<b>3.1 Standards von Niedrigenergiehäusern</b> <b>3.1.1</b> Nennen Sie die wichtigsten Merkmale hinsichtlich der Planung eines Niedrigenergiehauses! Gliedern Sie die Reihenfolge der Maßnahmen bzw. Merkmale so, wie sie unter energiesparenden und wirtschaftlichen Gesichtspunkten geplant und umgesetzt werden sollten!
3	<b>3.1.2</b> Bei Niedrigenergiehäusern sollte auf Anlagen zur Wohnungslüftung nicht verzichtet werden. Begründen Sie weshalb!
4	<b>3.1.3</b> Beschreiben Sie das Verfahren, mit dem die Gebäudehülle des Niedrigenergiehauses geprüft werden kann, ob es ausreichend „dicht“ im Sinne der technischen Regeln und der gesetzlichen Anforderungen ist!
	<b>3.2 Planung und Ausführung</b> Folgende Daten liegen vor: Eingeschossiges Einfamilienhaus mit einem A/V – Verhältnis von 0,55; Raumhöhe ist 2,50 m; Dachgeschoss außerhalb der beheizten Gebäudehülle; zentrale Wassererwärmung mittels Gas – Brennwertgerät und innerhalb der beheizten Gebäudehülle; $Q_h = 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ .
10	<b>3.2.1</b> Bestimmen Sie für das vorliegende Haus den maximalen zulässigen Primärenergiebedarf $Q_{pmax}$ nach EnEV und vergleichen Sie diesen mit dem tatsächlichen Bedarf $Q_p$ ! Bei Nichteinhaltung der Vorgaben nach EnEV erläutern Sie kurz entsprechende Verbesserungs - Maßnahmen!
10	<b>3.2.2</b> Ermitteln Sie die für das Haus notwendige Summe der Zuluft- und Abluftmenge sowie die Gebäudeluftwechselrate.
3	<b>3.2.3</b> Bewerten Sie die Gebäudeluftwechselrate!
100	

Anlage 1 zur Aufgabenstellung

Grundriss des Einfamilienwohnhauses



Anlage 2: zur Aufgabe 1.3

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_

<b>Holzliste</b>
------------------

Bauvorhaben: Walmdach eines Einfamilienwohnhauses

Pos.	Benennung	Anzahl	Querschnitt in cm			Länge in m		Inhalt in m <sup>3</sup>
						einzeln	gesamt	
<b>Gesamt:</b>								

Anlage 3: zur Aufgabe 3.2

Ermittlung des Primärenergiebedarfes von Gebäuden nach EnEV:

1.1 Tabelle der Höchstwerte

Tabelle 1

Höchstwerte des auf die Gebäudenutzfläche und des auf das beheizte Gebäudevolumen bezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs und des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts in Abhängigkeit vom Verhältnis  $A/V_e$

Verhältnis $A/V_e$	Jahres-Primärenergiebedarf			Spezifischer, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust	
	$Q_p''$ in kWh/(m <sup>2</sup> · a) bezogen auf die Gebäudenutzfläche		$Q_p'$ in kWh/(m <sup>3</sup> · a) bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen	$H_T'$ in W/(m <sup>2</sup> · K)	
	Wohngebäude außer solchen nach Spalte 3	Wohngebäude mit überwiegender Warmwasserbereitung aus elektrischem Strom		Nichtwohngebäude mit einem Fensterflächenanteil ≤ 30 % und Wohngebäude	Nichtwohngebäude mit einem Fensterflächenanteil > 30 %
1	2	3	4	5	6
≤ 0,2	$66,00 + 2600/(100 + A_N)$	88,00	14,72	1,05	1,55
0,3	$73,53 + 2600/(100 + A_N)$	95,53	17,13	0,80	1,15
0,4	$81,06 + 2600/(100 + A_N)$	103,06	19,54	0,68	0,95
0,5	$88,58 + 2600/(100 + A_N)$	110,58	21,95	0,60	0,83
0,6	$96,11 + 2600/(100 + A_N)$	118,11	24,36	0,55	0,75
0,7	$103,64 + 2600/(100 + A_N)$	125,64	26,77	0,51	0,69
0,8	$111,17 + 2600/(100 + A_N)$	133,17	29,18	0,49	0,65
0,9	$118,70 + 2600/(100 + A_N)$	140,70	31,59	0,47	0,62
1	$126,23 + 2600/(100 + A_N)$	148,23	34,00	0,45	0,59
≥ 1,05	$130,00 + 2600/(100 + A_N)$	152,00	35,21	0,44	0,58

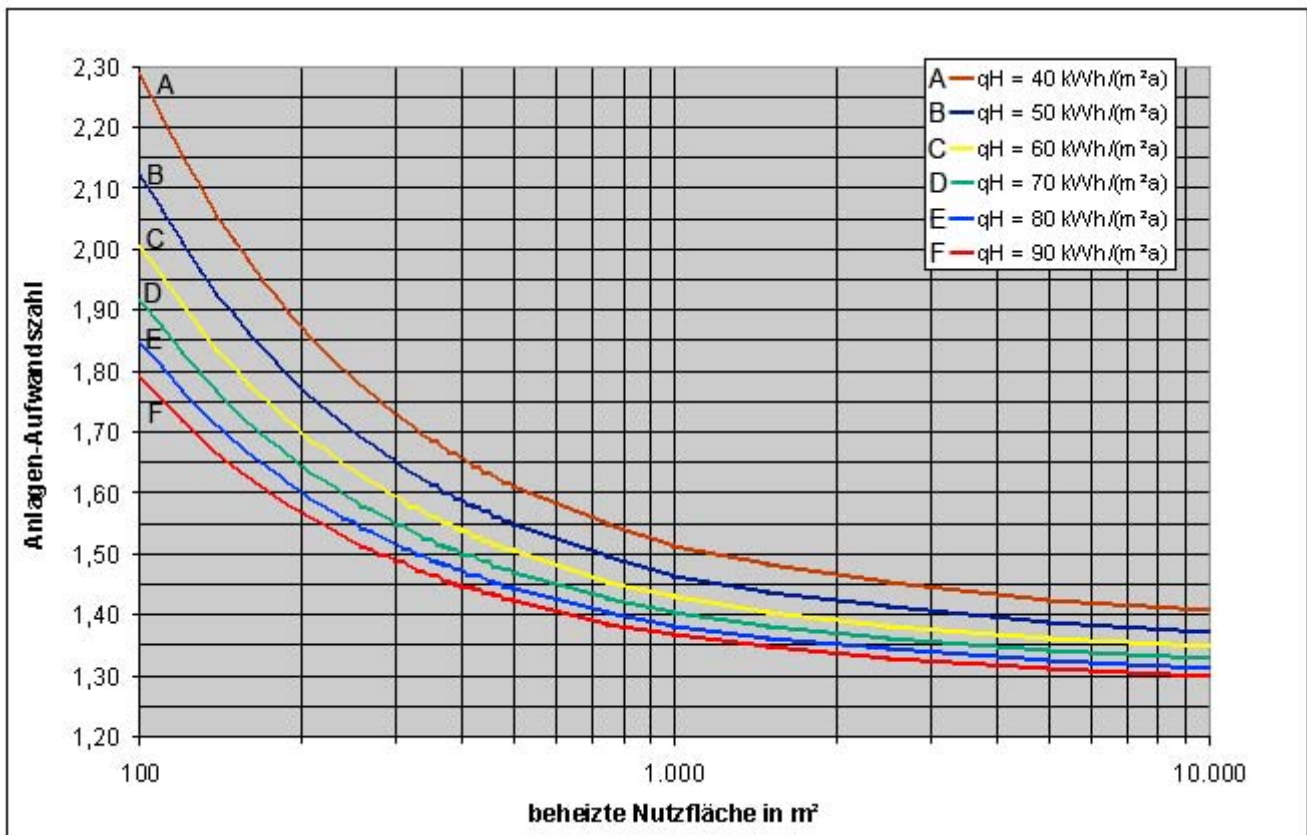
1.2 Zwischenwerte zu Tabelle 1

Zwischenwerte zu den in Tabelle 1 festgelegten Höchstwerten sind nach folgenden Gleichungen zu ermitteln:

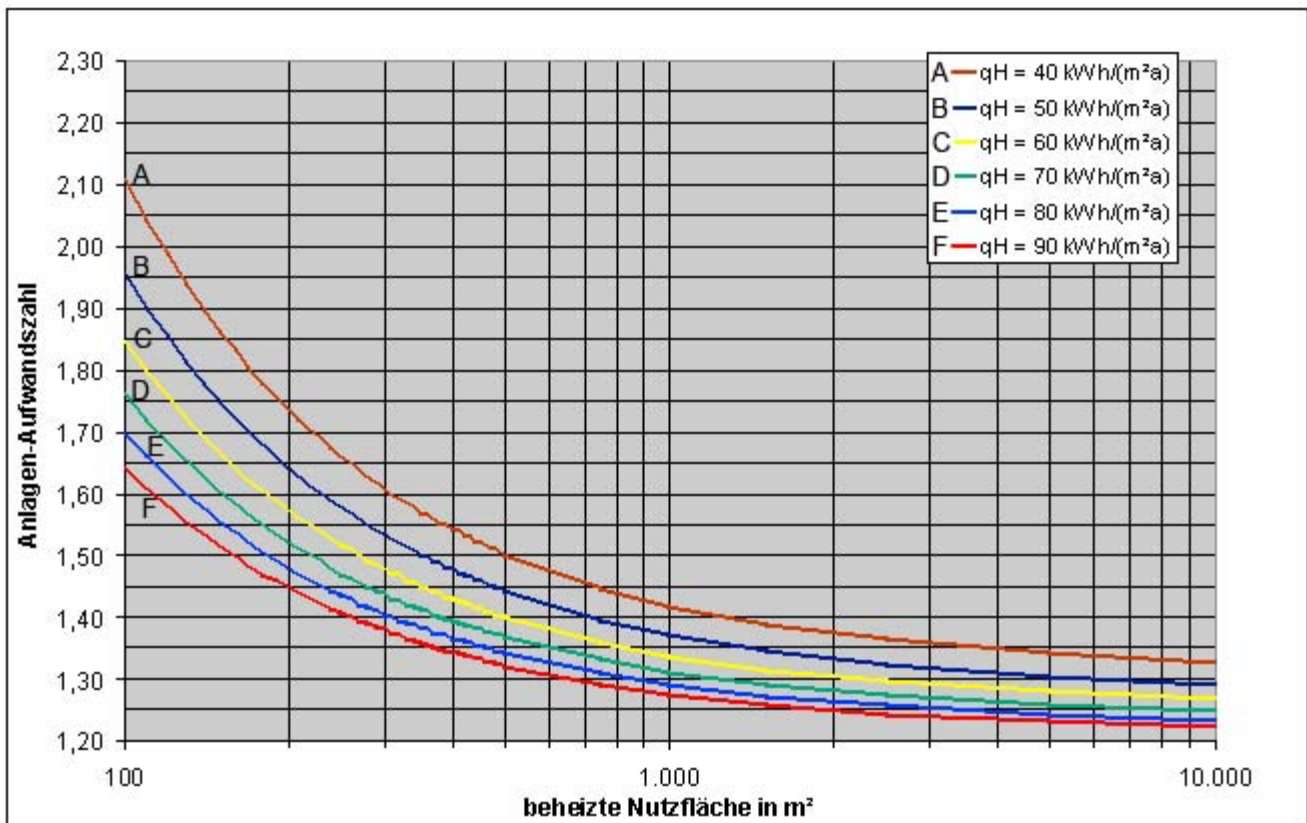
- Spalte 2**  $Q_p'' = 50,94 + 75,29 \cdot A/V_e + 2600/(100+A_N)$  in kWh/(m<sup>2</sup> · a)
- Spalte 3**  $Q_p'' = 72,94 + 75,29 \cdot A/V_e$  in kWh/(m<sup>2</sup> · a)
- Spalte 4**  $Q_p' = 9,9 + 24,1 \cdot A/V_e$  in kWh/(m<sup>3</sup> · a)
- Spalte 5**  $H_T' = 0,3 + 0,15/(A/V_e)$  in W/(m<sup>2</sup> · K)
- Spalte 6**  $H_T' = 0,35 + 0,24/(A/V_e)$  in W/(m<sup>2</sup> · K)

Anlage 4: zur Aufgabe 3.2

Niedertemperatur-Kessel mit zentraler Trinkwarmwasserbereitung



Brennwert-Kessel mit zentraler Trinkwarmwasserbereitung: Aufwandszahl  $e_p$



Anlage 5: zur Aufgabe 3.2

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_

Luftmengenermittlung:

1	2	3	4	5	6	7	8
Geschoss	Raum	Raum- fläche	Raum- höhe	Raum- volumen	Raum- art	Luft- wechsel	SOLL- Luftmenge
KG/EG/DG	Bezeichnung	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	Zu/ Ab/Üb	h <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> /h
	Summe Zuluft						Gebäudeluft- wechselrate
	Summe Abluft						

## 2. Korrektur- und Bewertungshinweise - nicht für die Prüfungsteilnehmerin/den Prüfungsteilnehmer bestimmt -

### 2.1 Erläuterungen

#### Aufgabenart:

Eine in sich geschlossene Projektaufgabe eines Einfamilienwohnhauses mit einer Walmdachkonstruktion und Aspekten zur Niedrigenergiebauweise liegt vor.  
Die einzelnen Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

#### Voraussetzungen gemäß Lehrplan:

Der Beispielaufgabe liegen folgende Kurse laut Lehrplan zugrunde:

Leistungskurs 12.1: Tragwerksysteme

Leistungskurs 12.2: Energiesparende Gebäudetechnik

Leistungskurs 13.1: Planung von Dachkonstruktionen

#### Lern- und Prüfungsbereiche:

- |  |   |
|--|---|
| 1. <i>Planungstechnik</i>                | 4. <i>Wärme- und Feuchteschutztechnik</i> |
| 2. <i>Holzbautechnik</i>                 | 5. <i>Baukonstruktionslehre</i>           |
| 3. <i>Baustatik und Festigkeitslehre</i> | 6. <i>Energietechnik</i>                  |

## 2.2 Lösungshinweise

Beschreibung der erwarteten Schülerleistung und Angaben der Bewertungskriterien

Aufg.	BE	Anforderungs-Bereich			Erwartete Schülerleistung	Begründung Anforderungsbereich III - Lern- und Prüfungsbereich
		I	II	III		
1.1	14	4	5	5	Anhand der Trauflängen des Daches und der Dachneigung werden Normalsparren, Firstlänge, Gratsparren und Pfostenlänge mit Hilfe der Winkelfunktionen bestimmt. Bei gl. Dachneigung $M_s = N_s$ . Bei der Ermittlung der Pfostenlänge ist zu beachten, dass die OK Decke nicht auf gleicher Höhe wie der Traufpunkt liegt. Für die Ermittlung des Bundmaßes ist zunächst ein Maß anzunehmen, was aber dann unter Berücksichtigung der Sparreneinteilung genau zu erfassen ist.	Die selbstständige Annahme der jeweiligen Hölzer und des Bundmaßes mit der anschließenden genauen Berechnung sowie die Herleitung der Pfostenlänge ist als AFB III einzustufen.  - Planungstechnik - Holzbautechnik - Baukonstruktionsl.
1.2	14	6	8		In einer maßstäbl. Draufsicht werden einzelne Sparren u. Gratsparren sowie Fuß- u. Firstpfette eingezeichnet, bemaßt u. mit Positionen bezeichnet. Es ist nicht notwendig, alle Dachteile komplett einzuzeichnen.	- Holzbautechnik - Planungstechnik
1.3	12	3	6	3	Mit Hilfe eines Formblattes werden alle Dachteile von dem Walmdach erfasst und mit Positionen bezeichnet. Der gesamte Holzbedarf wird in $m^3$ berechnet.	Die selbstständige Ermittlung der jeweiligen Schiffterlängen gebietet AFB III.  - Planungstechnik - Holzbautechnik
2.1	10		6	4	Die Größen für die ständige Last ( $g_k$ ) und die veränderliche Last ( $q_k$ ) (Wohnraumbelastung) werden aus den technischen Angaben und Tabellenbüchern ermittelt. Unter Beachtung der Teilsicherheitsbeiwerte wird aus den Angaben ( $g_k$ und $q_k$ ) der Bemessungswert „Ed“ berechnet.	Für die Ermittlung des Bemessungswertes „Ed“ sind die Einwirkungskombinationen des Sicherheitskonzeptes der neuen DIN 1055-100 zu bewerten und anzuwenden, deshalb teilweise AFB III.  - Baustatik und Festigkeitslehre

2.2	15	4	4	7	<p>Die Stützweite <math>l = L_w \times 1,05</math> wird berechnet. Max <math>M_{yd}</math> wird unter Berücksichtigung des Balkenabstandes <math>e = 62,5 \text{ cm}</math> mit <math>E_d \times l^2 / 8</math> berechnet.</p> <p>Für die Ermittlung der Beanspruchbarkeit <math>R_d</math> der Balken (S10) ist der charakteristische Festigkeitswert <math>f_{m,k}</math> dem Tabellenbuch zu entnehmen, die Nutzungsklasse zu bestimmen, die KLED zu berücksichtigen und der Sicherheitsbeiwert <math>\gamma_M</math> anzuwenden. Das erf <math>W_y</math> wird mit <math>M_{yd} / R_d</math> erfasst. Ein Balken mit einem <math>_{\text{vorh}}W_{yd} \geq \text{erf}W_{yd}</math> wird ausgewählt.</p> <p>Der Biegespannungsnachweis <math>S_d \leq R_d</math> wird mit dem gewählten Balkenquerschnitt durchgeführt.</p>	<p>Die Klassifizierung der Konstruktion in Nutzungsklassen, KLED, die Folgerung auf <math>k_{\text{mod}}</math> sowie die Anwendung des Sicherheitsbeiwertes <math>\gamma_M</math> bei der Ermittlung von <math>R_d</math> resultieren aus einer fachlichen Bewertung der Konstruktion und dem sicheren Umgang mit der Problematik, die teilweise den AFB III entsprechen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Baustatik und Festigkeitslehre</i></li> </ul>
3.1.1	5	3	2		<p>U.a. kompakte Hausform, Südausrichtung, sehr guter Wärmeschutz der Außenbauteile, Wärmeschutzverglasung, Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Warmwasserversorgung mit Kollektoranlage, transparente Wärmedämmung.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Planungstechnik</i></li> <li>- <i>Energietechnik</i></li> <li>- <i>Baukonstruktionsl.</i></li> </ul>
3.1.2	3		3		<p>Die sehr gute Wärmedämmung bewirkt, dass durch den baulich und hygienisch notwendigen Luftwechsel die Lüftungswärmeverluste im Vergleich zu den Transmissionswärmeverlusten stark ansteigen. Deshalb sollte die Lüftung mechanisch kontrolliert sein und darüber hinaus Wärme aus der Abluft zurückgewinnen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Energietechnik</i></li> <li>- <i>Baukonstruktionsl.</i></li> </ul>
3.1.3	4	2	2		<p>Die Prüfung der Luftdichtheit von Gebäuden oder Gebäudeteilen erfolgt üblicherweise mit dem „Blower-Door-Verfahren“, einem speziellen Gerät zur Luftförderung und Luftstrommessung. Die Feststellung der Luftwechselrate gibt den Nachweis der Luftdichtheit und gleichzeitig können Ausführungsfehler (Suche von Leckagen) überprüft werden. Eine kurze Beschreibung von dem Verfahren wird von den Schülern dargelegt.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Energietechnik</i></li> </ul>

3.2.1	10	8	2	<p>Mit dem angegebenen A/V-Verhältnis und den vorgeg. Daten wird der max. Primärenergiebedarf n. EnEV berechnet: <math>Q_{pmax} = 50,94 + 75,29 \times A/V + 2600/(100+A_N)</math>;                  Der tatsächliche Primärenergiebedarf wird wie folgt ermittelt: <math>Q_p = e_p (Q_h + Q_{tw})</math>, wobei <math>e_p</math> (Anlagenaufwandszahl) aus dem zugehörigen Diagramm entnommen wird und der Standardwert für Trinkwassererwärmung <math>Q_{tw}</math> von 12,5 kW/m<sup>2</sup>a zugrunde gelegt wird.                  Der max. zulässige Primärenergiebedarf wird mit dem tatsächlichen Bedarf verglichen und bewertet. Bei Nichteinhaltung sind entsprechende Maßnahmen (veränderte Anlagen-Aufwandszahl bzw. veränderten Heizwert) zu erläutern.</p>	<p>Der Vergleich und die Bewertung von <math>Q_p</math> und <math>Q_{pmax}</math> erlauben AFB III.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Energietechnik</i></li> <li>- <i>Planungstechnik</i></li> <li>- <i>Wärme- und Feuchteschutztechnik</i></li> </ul>
3.2.2	10	5	5	<p>Auf der Grundlage der Zeichnungsdaten sowie der Zu- und Abluftmengen nach DIN 1946-6 bzw. nach Erfahrungswerten wird der Luftmengenbedarf mit Hilfe der Tabelle „Luftmengenenermittlung“ (siehe Anlage 5) ermittelt.                  Die Gebäudeluftwechselrate wird wie folgt ermittelt: <math>L_w = (\Sigma \text{Zuluft}) / (\Sigma \text{Raumvolumen})</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Energietechnik</i></li> <li>- <i>Wärme- und Feuchteschutztechnik</i></li> </ul>
3.2.3	3	3		<p>Bei der Bewertung der Gebäudeluftwechselrate sollen die Grenzwerte (z.B. die Einhaltung eines 1,5 fachen Luftwechsels pro Stunde beim NEH) eingehalten werden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Energietechnik</i></li> </ul>
	100	27	52	21	

## 2.3 Bewertung und Beurteilung

### Taxierung der Anforderungsebenen:

Ebene 1 - Reproduktion:	27 %
Ebene 2 - Reorganisation / Transfer:	52 %
Ebene 3 - Problembezogenes Denken:	21 %

### Zuordnung der Bewertungseinheiten (BE)

Aufg. 1.1	14 BE
1.2	14 BE
1.3	12 BE
2.1	10 BE
2.2	15 BE
3.1	12 BE
3.2	23 BE
Summe:	100 BE