



Übungsaufgaben zur LPE 13: Wohnklima und Gebäudehülle

Themenbereiche

- **Raumklima / Behaglichkeit**
- **h,x-Diagramm**
- **Wärmeschutz**
- **Feuchteschutz**

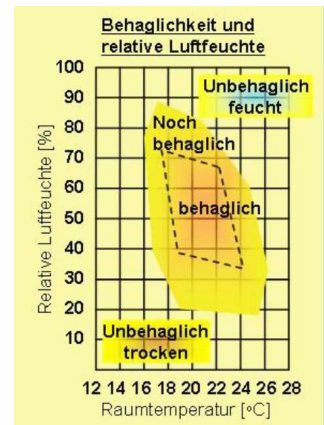
Inhaltsverzeichnis

2 Übungsaufgaben: Wohnklima, h,x-Diagramm, KWL.....	2
3 Übungsaufgaben: bauliche Vorüberlegungen, Wärmeschutz.....	3
4 Abriss oder Sanierung (Wärme- und Feuchteschutz).....	6
5 Altbausanierung (KWL, h,x-Diagramm, Wärme- und Feuchteschutz).....	8

1 Übungsaufgaben: Wohnklima, h,x-Diagramm, KWL

1. Wohnklima

- Erklären Sie die im Diagramm abgebildeten Größen und deren Einfluss auf die Behaglichkeit in Wohnräumen.
- Erläutern Sie den Einfluss der Außen- bzw. der Innendämmung auf das Wohnklima.
- Erläutern Sie den Einfluss der Außen- bzw. Innendämmung auf der Wohnklima



2. h-x-Diagramm und Feuchtigkeit

- Nach den Randbedingungen für das Glaser-Verfahren werden gemäß DIN 4108 raumseitig eine Lufttemperatur von 20°C sowie eine relative Luftfeuchtigkeit von 60% angenommen. Tragen Sie den Zustand (mit der Bezeichnung „1“) dieser Luft in ein h-x-Diagramm ein und bestimmen Sie die absolute Luftfeuchtigkeit x (in g/kg trockener Luft).
- Bestimmen Sie für die Luft im Zustand „1“ zeichnerisch die Taupunkttemperatur im h-x-Diagramm. Kennzeichnen Sie den entsprechenden Zustand der Luft am Taupunkt mit „2“.
- Die Luft im Zustand „1“ wird durch eine Klimaanlage auf 5°C abgekühlt. Zeichnen Sie den Prozessverlauf im h-x-Diagramm (Kennzeichnung „3“ für Endpunkt) und berechnen Sie die Masse an Wasser, die dabei je kg trockener Luft abgegeben wird.
- Die Luft im Zustand „1“ wird durch Lüftung mit kalter Außenluft (relative Luftfeuchtigkeit = 100%, Temp. = -10°C) vermischt. Begründen Sie mit Hilfe des h-x-Diagramms, dass es dabei zur Bildung von Nebel kommen kann (Kennzeichnung „4“).
- Auf welche Temperatur müsste die Luft im Zustand „1“ mindestens erwärmt werden, damit es bei der Vermischung mit der kalten Außenluft (relative Luftfeuchtigkeit = 100%, Temp. = -10°C) nicht mehr zur Nebelbildung kommt (Kennzeichnung „5“)?

3. Eine Klimaanlage entzieht der Luft Wärme und Feuchtigkeit.

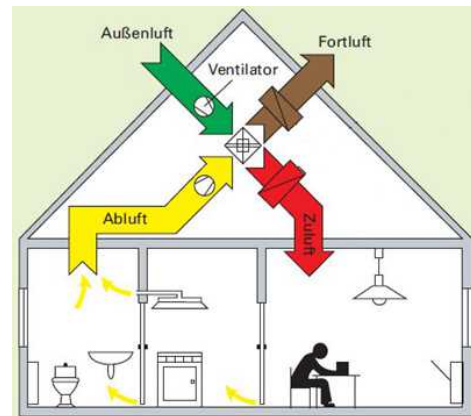
- Wie verändert sich die relative Luftfeuchtigkeit, wenn Luft mit der Temperatur $\vartheta = 30^\circ\text{C}$ und der relativen Feuchte $\varphi = 60\%$ auf 20 °C abgekühlt wird? Markieren Sie den Verlauf der Änderung im h-x-Diagramm.
- Wie viel Wasser muss 1 kg Luft nach dem oben beschriebenen Abkühlvorgang zugeführt bzw. entzogen werden, um die relative Feuchte bei 60% zu halten. Kennzeichnen Sie die Herleitung im h-x Diagramm.

4. Kontrollierte Wohnraumlüftung

§ 6 (EnEV) Dichtigkeit, Mindestluftwechsel

(1) Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet ist.

- Begründen Sie die Notwendigkeit einer dauerhaften Luftdichtheit der Gebäudehülle.
- Erläutern Sie die Vorteile einer kontrollierten Wohnraumlüftung gegenüber einer freien (unkontrollierten) Lüftung
- Erläutern Sie die Funktionsweise einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Hilfe der Abbildung.
- Begründen Sie, welche Räume mit Frischluft versorgt werden, und aus welchen die Abluft abgeführt werden muss.
- Ermitteln Sie überschlägig den Frischluftbedarf einer dreiköpfigen Familie.



2 Übungsaufgaben: bauliche Vorüberlegungen, Wärmeschutz

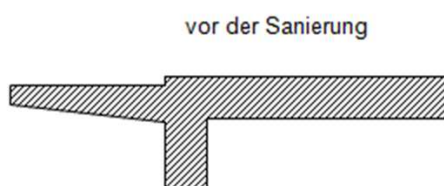
1. Die Gebäudekonstruktion hat einen großen Einfluss auf den Energiebedarf des Gebäudes.

- Erklären Sie bauliche Vorüberlegungen, die den Energiebedarf von Gebäuden minimieren.
- Kompakte Gebäude haben prinzipiell weniger Transmissionswärmeverluste. Erklären Sie diese Aussage ausführlich – auch mit Hilfe eines konkreten Beispiels.
- Gilt dies auch für die Lüftungswärmeverluste? Begründen Sie.
- Geben Sie ein Beispiel, wie mit einer baulichen Maßnahme die Sonnenenergie im Winter zur Raumerwärmung genutzt werden kann, dies im Sommer jedoch vermieden werden kann.

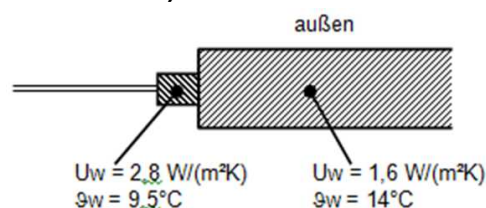
2. Wärmebrücken

- Begründen Sie, warum Wärmebrücken in Wohngebäuden zu vermeiden sind.
- Erstellen Sie eine Skizze einer Gebäudeaußenecke, zeichnen Sie den Verlauf von Isothermen in den Wintermonaten im Bauteilquerschnitt ein und erklären Sie, warum es sich hierbei um eine Wärmebrücke handelt.
- Welche Faktoren begünstigen die Schimmelbildung auf der Innenwand eines Wohngebäudes?
- Begründen Sie, warum bei den folgenden Konstruktionselementen Wärmebrücken vorliegen.

I) frei auskragender Balkon



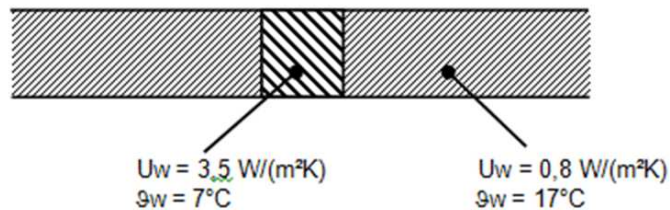
II) Fenster -Wand



3. Temperaturverlauf an der Innenwand

Skizzieren Sie in das folgende Konstruktionselement die Verläufe der 7°C - und der 17°C Isotherme. Begründen Sie Ihre Lösung. Die angegebenen Temperaturen sind Oberflächentemperaturen innen.

Stahlbetonskelett



4. Wärmeübertragung zwischen zwei Doppelhaushälften

Familie Mayer bewohnt die westliche Hälfte eines Doppelhauses, Familie Schmied bewohnt die östliche. Die Mayers sind etwas sparsamer im Umgang mit der Heizenergie – so z.B. beträgt in ihrer Haushälfte die Durchschnittstemperatur $19,5^{\circ}\text{C}$ statt $21,5^{\circ}\text{C}$ wie bei Familie Schmied.

- a) Berechnen Sie wie viel (Wärme)Energie während einer sechsmonatigen Heizperiode (180 Tage) von den Schmieds durch die unten angegebene Trennwand zu den Mayers „wandert“. Der Wärmeübergangswiderstand darf beidseitig mit jeweils $0,125 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ angesetzt werden.

Wandfläche: 77 m^2

Wandaufbau:

24 cm dickes unverputztes Mauerwerk aus Kalksandstein ($\lambda = 1,3 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$)

40 mm dicke Dämmung aus Mineralwolle WLG 045

24 cm dickes unverputztes Mauerwerk aus Kalksandstein ($\lambda = 1,3 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$)

- b) Wie hoch sind die eingesparten Energiekosten, wenn man von einem Gas- bzw. Ölpreis von $0,10 \text{ €/kWh}$ ausgeht.

5. Vermeidung von Wärmebrücken

Eine Außenhauswand wird aus Betonpfeilern und ausgemauerten Zwischenräumen ($d = 24 \text{ cm}$) gebaut (s. Abbildung). Um den gleichen U-Wert bei den Betonpfeilern zu erhalten wie in der Ausmauerung, werden die Betonpfeiler 6 cm schmaler gegossen als die Dicke der Ausmauerung. Berechnen Sie die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs, der eingebaut werden muss, um überall den gleichen U-Wert zu erhalten.



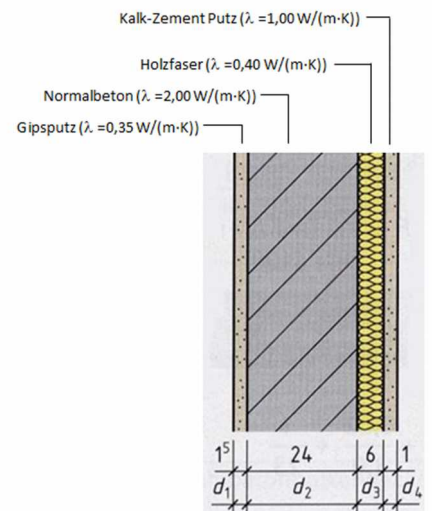
6. Gegeben ist der folgende Wandaufbau:

- Bestimmen Sie den Wärmedurchgangswiderstand R_T und den Wärmedurchgangskoeffizient U des Wandquerschnitts.
(Wert zum Weiterrechnen: $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$.)
- Bestimmen Sie den Wärmestrom, der für ein Wandteil der Fläche $2,7 \text{ m} \times 3,6 \text{ m}$ übertragen wird. (Angaben: $\vartheta_i = 20^\circ\text{C}$, $\vartheta_e = -10^\circ\text{C}$.)
- Berechnen Sie die Oberflächentemperatur der Innenwand.
- Unter den gegebenen Bedingungen kommt es auf der Oberfläche der Innenwand zur Bildung von Tauwasser. Durch eine zusätzliche Außendämmung (Material wieder ROOFMATE SL-A) soll die Oberflächentemperatur der Innenwand auf einen Wert von $18,7^\circ\text{C}$ angehoben werden. Berechnen Sie die Dicke der zusätzlichen Außendämmung.
- Berechnen Sie für die zusätzlich gedämmte Wand die Oberflächentemperaturen aller im Wandquerschnitt verwendeten Baustoffe.

#	Material	λ [W/mK]
	Wärmeübergangswiderstand	
1	2 cm Kalkgipsputz	0,700
2	3 cm ROOFMATE SL-A 30-60mm	0,035
3	20 cm Beton	2,000
4	2 cm Kalkzementputz	1,000
	Wärmeübergangswiderstand	

7. Wärmetransport

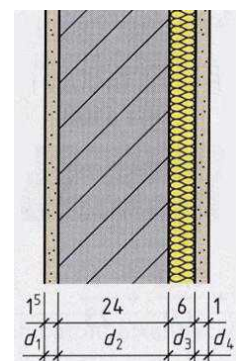
- Bestimmen Sie den Wärmedurchgangswiderstand R_T und den Wärmedurchgangskoeffizient U der rechts abgebildeten **außengedämmten** Wand.
- Bestimmen Sie den Wärmestrom, der während der Tauperiode je 1 m^2 des Wandquerschnitts übertragen wird.
- Berechnen Sie den Temperaturverlauf während der Tauperiode über den abgebildeten Wandquerschnitt und skizzieren Sie diesen in den Wandquerschnitt.
- Bestimmen Sie die Dicke des Dämmstoffs, wenn bei ansonsten gleichen Werkstoffen und Schichtdicken ein Wärmedurchgangswiderstand R_T von $3,7 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ erzielt werden soll.
- Beschreiben und begründen Sie die Veränderung der Oberflächentemperaturen innen und außen.



8. Temperaturverlauf über Bauteilquerschnitt

Skizzieren Sie den Wandquerschnitt der rechts abgebildeten Außenwand und zeichnen Sie den Temperaturverlauf mit Skalierung ein. Es handelt sich um eine **Innendämmung** mit $\vartheta_i = 20^\circ\text{C}$ und $\vartheta_e = -10^\circ\text{C}$

- d_1 : Zement-Putz
- d_2 : Leichtbeton, 1400
- d_3 : Mineralwolle WLG 040
- d_4 : Gipsputz





3 Abriss oder Sanierung (Wärme- und Feuchteschutz)

Familie Müller hat in einem Wohngebiet der 50er Jahre ein Einfamilienhaus gekauft. Nun muss entschieden werden, ob das bestehende Gebäude saniert wird oder ob ein neues Gebäude nach aktuellen Baustandards erstellt wird.

Wandquerschnitt alt:

Innenputz: Gipsputz	d = 1,5 cm
Mauerwerk: Hohlblocksteine 1200	d = 24 cm
Außenputz: Kalk-Zementputz	d = 2cm

Wandquerschnitt neues Gebäude:

Innenputz: Gipsputz	d = 1,5 cm
Leichtlochziegel	d = 24 cm
Holzfaserdämmplatten	d = 12 cm
Außenputz: Kalk Zement Putz	d = 2 cm

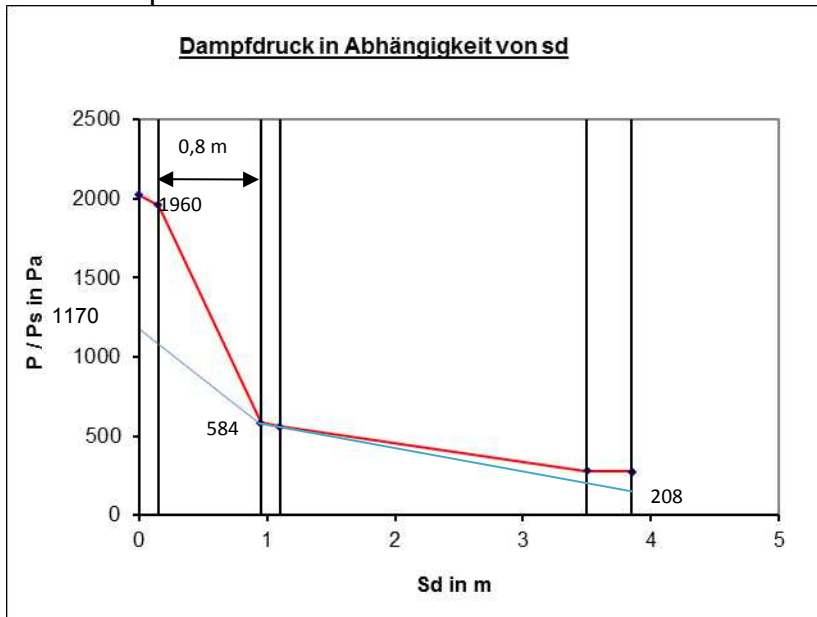
Aufgaben

1. Der neue Wandquerschnitt hat einen U-Wert von $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Im Falle einer Sanierung des bestehenden Gebäudes soll der U-Wert des neuen Gebäudes (s.o.) erreicht werden. Berechnen Sie die Dicke der Polystyrolämmplatten WLG 040, die hierfür erforderlich ist. Bewerten Sie das Ergebnis, wenn eine Innendämmung vorgesehen ist. Hinweis: Die EPS-Platten werden auf vorhandene Putzflächen aufgeklebt.
2. Der Energieberater behauptet, dass die Anordnung der Dämmung bei der Sanierung (Innen-/Außendämmung) weder für den Wärmeschutz noch für den Feuchteschutz von Relevanz ist, da die eingesetzten Baustoffe dieselben sind. Nehmen Sie hierzu begründet Stellung.

Der Energieberater schlägt vor, den alten Wandquerschnitt zu sanieren: Aufkleben einer Innendämmung aus Polystyrolämmplatten expandiert (EPS) mit einer Gipsputzschicht von $d = 15 \text{ mm}$, so dass sich ein U-Wert von $U = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ergibt.

3. a. Berechnen Sie die Wärmestromdichte in W/m^2 durch die sanierte Wand mit Innendämmung während der Tauperiode.
Vergleichen Sie diese Wärmestromdichte mit der des Neubaus.
b. Wie viel Prozent wird durch den Neubau gegenüber dem sanierten Wandquerschnitt eingespart? Berechnen Sie!
4. a. Schätzen Sie den Heizenergiebedarf während der Tauperiode für das sanierte Haus durch geeignete Berechnungen ab. Gehen Sie von einer homogenen Außenfläche von $A=200\text{m}^2$ und einem mittleren U-Wert von $U = 0,55 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ aus.
b. Die vorhandene Öl-Zentralheizung (Anlagen-Wirkungsgrad $\eta=80\%$) soll weiterhin genutzt werden. Berechnen Sie den Heizölbedarf und die Heizkosten innerhalb der Tauperiode, wenn der Preis von Heizöl $0,60 \text{ €/L}$ beträgt.

5. Der sanierte Wandquerschnitt soll feuchtetechnisch untersucht werden. Das abgebildete Diagramm liegt zur feuchtetechnischen Untersuchung des sanierten Wandquerschnittes vor.



- Kennzeichnen Sie die Sättigungsdampfdruckkurve und die Partialdampfdruckkurve im Diagramm.
- Ermitteln Sie den Temperaturabfall über der Dämmschicht und berechnen Sie die Dicke der Dämmschicht.
- Überprüfen Sie, ob sich im Wandquerschnitt Tauwasser bildet und markieren Sie den tauwassergefährdeten Bereich im Glaserdiagramm.

Vorschlag zur Entwicklung zukünftiger Aufgaben:

Bestimmen Sie die Wasserdampfdiffusionsstromdichte aus der Wand heraus.

Hinweise:

$$\frac{\dot{m}}{A} = \frac{\delta_a}{s_d} \cdot \Delta p$$

δ_a : Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient für Luft

$$\delta_a = 6,67 \cdot 10^{-7} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$$

Der Wasserdampfdiffusionsleitkoeffizient δ (delta) gibt an, wieviel kg Wasserdampf pro Stunde durch 1 m eines Stoffes hindurch geleitet wird, bei einer Dampfdruckdifferenz von 1 Pa (zweier gegenüberliegender Oberflächen).

Analogie zum Wärmestrom und zum elektrischen Strom!

- Zeichnen Sie das Glaserdiagramm der Verdunstungsperiode für den gegebenen sanierten Wandquerschnitt.
 - Berechnen Sie die Wassermasse, die pro Tag und pro m^2 während der Verdunstungsperiode in den Innenraum diffundiert.
 - Prüfen Sie ohne Rechnung, ob der Wasserdampf-Diffusionsstrom nach außen größer ist als nach innen.

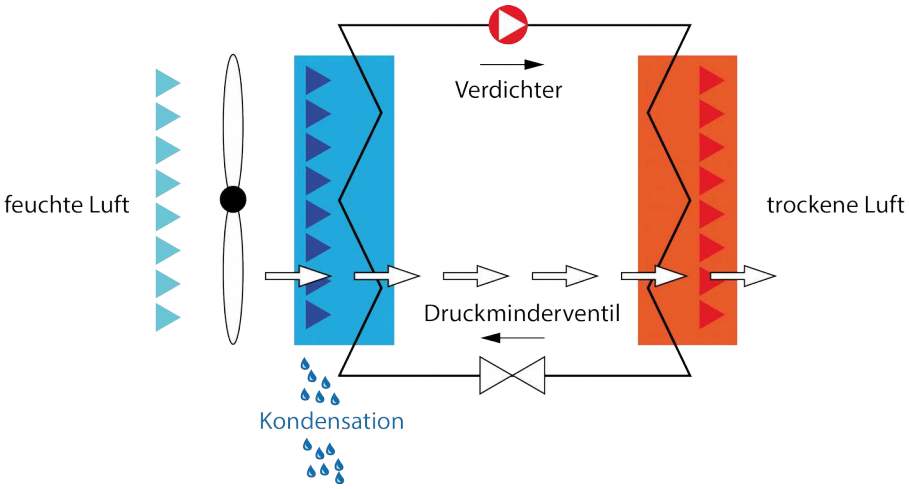
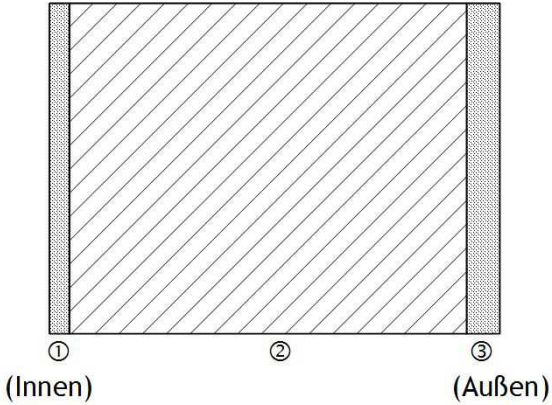
4 Altbausanierung (KWL, h,x-Diagramm, Wärme- und Feuchteschutz)

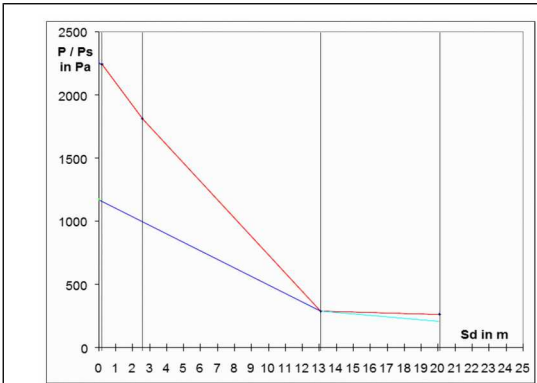
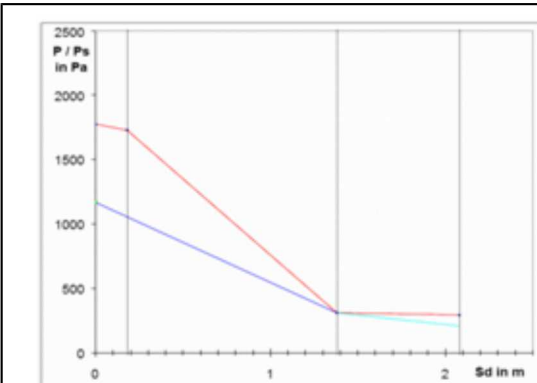
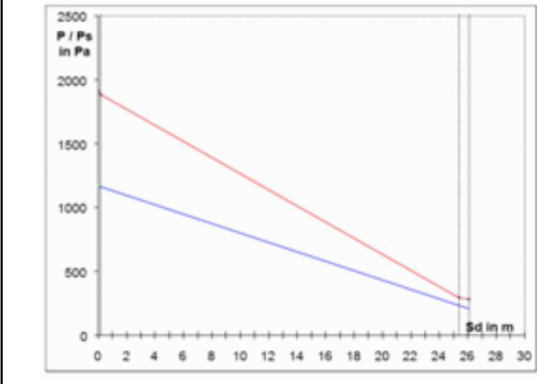
Sie haben sich entschlossen ein 1960 gebautes Haus zu kaufen. Das Haus ist noch im Originalzustand (siehe Bild, aufgenommen zur Mittagszeit an einem Sommertag).



Sie wollen das Haus entsprechend den gültigen Vorschriften sanieren.

	Anforderungsbereich	I	II	III
1.	Sie wollen in die auf dem Bild sichtbare Dachfläche (Dachneigung 60°) zwei großflächige Dachfenster einbauen (Maße der Glasfläche jeweils: 1,2m x 2,5m).			
1.1	Mit welchem Wärmegewinn kann man rechnen, wenn die Heizperiode von Oktober bis Februar dauert? (Hinweis: Rechnen Sie mit 30 Tagen/Monat). Das Fensterglas lässt 60% der auftreffenden Sonnenenergie durch.			4
1.2	Nennen Sie zwei weitere energetische Gesichtspunkte, die bei dieser Umbaumaßnahme von Bedeutung sind und bewerten Sie diese.	1		2
2.	Um die Luftqualität zu erhöhen, ist angedacht im Bad und in der Küche einen Einzelraumlüfter mit Wärmerückgewinnung durch einen Kreuzwärmetauscher einzubauen.			
2.1	Skizzieren Sie den prinzipiellen Aufbau eines Kreuzwärmetauschers und kennzeichnen Sie die Luftarten und Strömungsrichtungen.		2	
2.2	Bestimmen Sie den Wärmerückgewinnungsgrad, wenn die Abluft 23 °C, die Zuluft 16° C, die Außenluft -8° C und die Fortluft 3 ° C beträgt.	1		
2.3	Begründen Sie, warum der Wärmerückgewinnungsgrad kein konstanter Wert ist.		1	

<p>3.</p>	<p>Zur Trocknung des feuchten Kellers soll ein Kondensations-Bautrockner aufgestellt werden.</p> 			
<p>3.1 3.2 3.3</p>	<p>Erklären Sie anhand des oben stehenden Bildes die Funktionsweise des Luftentfeuchters. Nennen Sie ein weiteres technisches System, das nach demselben Prinzip funktioniert. Ermitteln Sie die anfallende Wassermenge in g bei einem Kellervolumen von 180 m³, wenn die Kellerluft vor dem Trocknen eine Temperatur von 10° und eine relative Luftfeuchte von 80% und nach dem Trocknen 25°C und 20% hat. (Die in den Wänden gespeicherte Feuchtigkeit bleibt bei dieser Bestimmung unberücksichtigt)</p>	<p>2 1 2</p>	<p>1</p>	
<p>4.1 4.2 4.3</p>	<p>Nennen Sie jeweils zwei Vorteile der Innen- bzw. Außendämmung. Erläutern Sie zwei verschiedenartige Probleme, die bei einer Raumtemperatur von 23°C und einer rel. Luftfeuchte von 65% auftreten, wenn die Innenwandoberflächentemperatur 15°C beträgt. Die Außenwand halt folgenden Querschnitt:</p>  <p>① 1,2 cm Kalkputz ② 24 cm Hohlblocksteine 800 kg/m³ ③ 2 cm Kalkzementputz</p> <p>Dimensionieren Sie die erforderliche Dicke der Dämmung WLG 035, wenn bei einer Außenlufttemperatur von -15°C und einer Innenlufttemperatur von 22°C die Wandoberflächentemperatur innen 20°C betragen soll.</p>	<p>2 2</p>	<p>2</p>	<p>2</p>

<p>5.</p> <p>5.1</p> <p>5.2</p>	<p>In der Abbildung sehen Sie die Glaserdiagramme von 3 verschiedenen Außenwandquerschnitten.</p>  <p>Diagramm 1</p>	 <p>Diagramm 2</p>  <p>Diagramm 3</p>	<p>1</p> <p>2</p>
<p>6.</p> <p>6.1</p> <p>6.2</p>	<p>Die Decke zwischen Keller und Erdgeschoss ist aus 20 cm starkem Stahlbeton 2400, belegt mit 2 cm dicken Buchenholzdielen (Hartholz)</p> <p>Bestimmen Sie den U-Wert der Kellerdecke.</p> <p>Berechnen Sie, nach wie vielen Jahren sich eine Dämmung der Unterseite der 80 m² großen Kellerdecke amortisiert, wenn folgende Bedingungen gelten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6 cm starke Dämmung aus EPS WLG040 zu einem Preis von 25,- €/m² • bei 10 °C Kellerraumlufthtemperatur und 20 °C Wohnraumlufthtemperatur bei einer durchschnittlichen Heizperiode von 150 Tagen und 0,10 Euro/kWh Heizenergiekosten (Annahme: Es wird in der Heizperiode 24 h am Tag geheizt). 	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>	
<p>Gesamtpunkte: 33</p>		<p>6</p> <p>14</p> <p>13</p>	