

1	Allgemeines Ing. - Wissen	3
1.1	HOAI	3
1.2	VOB.....	3
1.3	Planung wonach?.....	3
1.3.1	Gesetze, Verordnungen, Richtlinien.....	3
1.3.2	aaRdT	3
1.3.3	DIN 820.....	4
2	Besonderes Ing.-Wissen	4
2.1	TZWL	4
2.2	EnEV	4
2.3	NEH.....	4
2.4	PH.....	4
3	Wärmelehre.....	5
3.1	Normen	5
3.2	Leitung	5
3.3	Wärmeübergang.....	5
3.4	Strahlung	6
4	Strömungslehre	7
4.1	Normen	7
4.2	Strömung ohne Reibung	7
4.2.1	Kontinuitätsgleichung	7
4.2.2	Energiesatz = Bernoullische Gleichung.....	7
4.3	Strömung mit Reibung.....	7
4.3.1	Druckverlust	7
4.3.2	Lineare/turbulente Strömung.....	7
4.3.3	Reibungszahl λ	7
4.3.4	Einzelwiderstände Z.....	8
5	Akustik.....	8
5.1	Normen	8
5.2	Hörschwelle p_0	8
5.3	Schmerzschwelle	8
5.4	Schallpegel.....	8
5.4.1	Schallpegeladdition	9
5.4.2	A-Bewertung	9
5.5	Bestimmung der Schalleistung	10
5.5.1	Im Freien	10
5.5.2	Im echolosen Raum	10
5.5.3	Im Hallraum.....	10
5.5.4	Hüllflächenverfahren	10
5.5.5	Im Normalraum	10
5.6	Schallausbreitung im Freien.....	10
5.7	Schallausbreitung im Raum	11
5.7.1	Nachhallzeit T [sek].....	11
5.7.2	Absorptionsfläche α [m ² Sabine].....	11
5.7.3	Direktes/Diffuses Schallfeld	11
5.7.4	Beispiel mit Bezug auf die DIN 4109.....	12
5.8	Schalldämpfer	13
5.8.1	Einfügungsdämpfung	13
5.8.2	Durchgangsdämpfung.....	13

6	Heizung	13
6.1	Normen	13
6.2	Grundlagen	13
6.2.1	Wärmeträger/-Verteilung	13
6.2.2	Wärmeerzeuger	14
6.2.3	Heizflächen	14
6.3	Brennstoffe	14
6.4	Wärmebedarf	14
6.5	Systeme/Komponenten	16
6.5.1	Offene Heizungssysteme	16
6.5.2	Geschlossene Heizungssysteme	16
6.5.3	Regelung.....	16
6.5.4	Pumpe.....	17
7	Lüftung	17
7.1	Normen	17
7.2	Eigenschaften der Luft	17
7.3	h- x-Diagramm.....	18
7.4	Lüftungssysteme	18
7.5	Komponenten	18
7.5.1	Ventilator	18
7.5.2	Wärmerück-Gewinner	18
7.6	Symbole	19
8	Klimatechnik	19
8.1	Normen	20
8.2	Befeuchtung	20
8.3	Entfeuchtung	20
8.4	Kühlen	20
8.5	Reinraumtechnik	20
9	Beispiele.....	20
9.1	Passivhaus aus Beton mit PS-Wärmedämmung	20
9.2	Passivhaus aus Stein (EG) und Holz	22
10	Referate	23
10.1	Optimierung einer Heizungs-/Lüftungsanlage mit Blockheizkraftwerk und Gasheizung am Beispiel „Abenteuerhalle Köln“	23
10.2	Wäschetrockners als Heizung für eine Passiv-Wohn-Einheit.....	23
10.3	Energetische Variantenberechnung durch Verwendung unterschiedlicher Fenstern / Gläser mit dem PHPP am Beispiel BV-Mück.....	23
10.3.1	Zentrale Wohnungslüftung im Passivhaus/Berechnungen im PHPP	23
10.3.2	Ist ein PH aus Glas möglich?	24
10.3.3	Verglasungs- und Ausrichtungsmöglichkeiten am PH der Familie Mück	24
10.3.4	Heizlast mittels PHPP	24
10.3.5	Bonabi.....	25
10.4	Das Passivhaus = eine lustige Broschüre für Architekten; Begriffe, Erläuterungen, Berechnung, Wärmedämmung, lineare Wärmebrücken, Luftdichtigkeit, Lüftung, Technik.	25
10.5	Vergleich von Öl-/Gas-Niedertemperatur und – brennwertkessel, Nachtspeicherheizung, Festbrennstoffkessel, -in Hinblick auf Investkosten, WUI-Kosten, Energieverbrauchskosten.....	25

1 Allgemeines Ing. - Wissen

1.1 HOAI

Die HOAI = Honorarordnung für Architekten und Ingenieure beinhaltet eine mögliche Honorarermittlungsbasis bei Abschluss von Planungsverträgen. Sie ist nicht zwingend bindend, wird jedoch oft als Basis gewählt. Grobe Verstöße gegen diese Ordnung können bei den jeweiligen Kammern als solche gemeldet werden; - unterpreisiger Wettbewerb soll somit theoretisch verhindert werden, praktisch gibt es dies nicht. Hier gilt wieder: Angebot und Nachfrage regeln und bilden den Preis, und natürlich kann ich mich in der Angebotsverhandlung als den „König der Planer“ verkaufen, - Vorsicht: So manch ein König ist von seinem Königsstuhl geschmissen worden.

www.hoai.de

1.2 VOB

Die VOB = Verdingungsordnung für Bauleistungen wird gerne als Vertragsregelwerk zwischen Handwerkern und Bauherr vereinbart. Ihre drei Teile A, B und C gliedern das Werk in:

- A. Ausschreibung
- B. Bauausführung
- C. Fachhandwerksgerechte Normen

1.3 Planung wonach?

1.3.1 Gesetze, Verordnungen, Richtlinien

Gesetze sind von Land zu Land unterschiedlich definiert. Auch ist das Europarecht, ausgehend vom Europaparlament anders. So ist in der BRD eine Richtlinie eine INTERNE Dienstanweisung der staatlichen Verwaltung, im Europarecht jedoch gleichzusetzen mit einem deutschen Gesetz. Eine Verordnung ist in der BRD ähnlich einer Richtlinie, - jedoch umfangreicher.

Gesetze und Verordnungen sind für den Planer verpflichtend, - also ein MUSS. Verordnungen sind Ausführungsbestimmungen zu Gesetzen, - somit Bestandteil von Gesetzen. Richtlinien ebenfalls.

1.3.2 aaRdT

Die aaRdT = allgemein anerkannten Regeln der Technik bieten die Rechtsgrundlage zur Planung von Baugewerken. Weder Normen noch Richtlinien werden vor Gericht standhalten, wenn die aaRdT etwas anderes sagen. Nun, was sind denn diese aaRdT. Gemeint sind die Regeln der Technik, die in der Theorie richtig, in der Praxis bewährt und einer Vielzahl der Fachöffentlichkeit bekannt sind. Dieses sind in der Regel die Normenwerke, - müssen es aber nicht zwingend immer sein. Bitte beachten: Falls SIE abweichen von den Normen, so sollten die aaRdT, die Sie naturgemäß erst einmal für sich selber definieren, hieb und stichfest sein, als nicht mal ebenso behaupten, sondern anhand möglichst vieler Fakten belegt werden.

Prototyp: ist nicht zu kaufen, keine Preislisten, keine Prospekte, Neuentwicklung jedoch schon im Markt. Also, nicht alles Neue ist ein Prototyp.

1.3.3 DIN 820

Diese Ur-Norm aller Normen liefert sozusagen die juristische Übersetzung der Normen, denn es gibt juristisch drei völlig verschiedene Bedingungs-Wörter. Dies sind:

- A. das MUSS
- B. das SOLL
- C. das KANN

Wer A. liest muss dies auch einhalten,... da führt kein (oder fasst kein) Weg dran vorbei. B lässt dem Planer Spielräume, diese müssen jedoch immer mit dem Bauherrn vereinbart werden. C hingegen liegt im Ermessensspielraum des Planenden

2 Besonderes Ing.-Wissen

2.1 TZWL

Das TZWL= Europäische Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte e. V. führt als An-Institut der FH-Dortmund thermodynamische, strömungstechnische und akustische Messungen an Lüftungsgeräte durch. In einem Bulletin vom TZWL werden sowohl die eigenen als auch von weiteren Messinstituten Messergebnisse veröffentlicht. Diese bilden die Grundlage für die DiBt – Zulassung und somit auch die Grundlage für die PH-Berechnungen.

2.2 EnEV

Die EnEV= EnergieEinsparVerordnung, welche die WSchV = Wärmeschutzverordnung ablöste, sollte den Energieverbrauch von Neubauten auf den Stand von NEH = Niedrigenergiehäusern erwirken. Jedoch wird einerseits die rechnerisch zugrunde gelegte Raum-Soll-Temperatur von 20 °C auf 19 °C reduziert, und andererseits die Heizgrenztemperatur von 15 auf 10 °C herabgesetzt. Die sich theoretisch dadurch errechnende Einsparung liegt bei ca. 20 %, in der Praxis wird jedoch genau so viel Heizenergie benötigt, da ja nicht durch Einführung einer neuen Verordnung automatisch die Raumtemperatur gesenkt und erst unter 10 °C Außentemperatur geheizt wird. Im Gegensatz zur alten WSchV werden nunmehr sinnvoller Weise auch die heizungstechnischen Anlagen mit bewertet und auf Ihren Primärenergieverbrauch bezogen.

2.3 NEH

Ein NEH sollte die EnEV um 20 bis 30 % unterschreiten (s. Vorlesung von Prof. Dr. Hahn)

2.4 PH

PH=Passivhäuser sind die konsequente Weiterentwicklung vom NEH bis hin zur Grenze, ab dieser kein konservatives Heizungssystem mehr notwendig ist. Der Rest-Heizenergiebedarf kann über den notwendigen Luftmengenbedarf transportiert werden. Kennzeichnende Merkmale sind:

- 15 kWh/(m²*a) (Jahresheizwärmebedarf)
- U-Wert $\leq 0,15$ W/(m²*K) (opake Außenbauteile)
- U_w-Wert $\leq 0,80$ W/(m²*K) (Scheibe und Rahmen)
- n₅₀ $\leq 0,60$ h⁻¹ (Luftdichtigkeit)
- $\eta'_{WRG} \geq 90$ % (Wärmebereitstellungsgrad)
- Wärmebrückenfreie Ausführung
- Solareinstrahlung wird bei der Planung berücksichtigt

3 Wärmelehre

3.1 Normen

DIN 4108, DIN 4107, DIN EN 6946, DIN EN ISO 13370, DIN EN 12831, VDI-Wärmeatlas

3.2 Leitung

Wärmeleitung entsteht durch Bewegung von Molekülen. Sie ist im Wesentlichen abhängig von der Dichte, dem Porenanteil, sowie der Temperatur (= bei festen Stoffen vernachlässigbar). Grob unterschieden werden die spez. Wärmeleitfähigkeiten in:

- Metalle 20...400 W/mK
- Mineralien 0,1...2 W/mK
- Flüssigkeiten 0,09...0,7 W/mK
- organische Stoffe 0,02...0,2 W/mK
- Gase 0,005...0,58 W/mK

Wärmeleit-Wärmefluss = spez. Wärmeleitfähigkeit x Fläche/Schichtdicke x Oberflächentemperaturdifferenz

$$Q^* = \lambda * \frac{A}{\delta} * \Delta \vartheta \left[\frac{[W]}{[mK]} * \frac{[m^2]}{[m]} * [K] \right] \quad [W]$$

Durch mehrere feste Schichten errechnet sich der Wärmeleit-Wärmefluss indem erst einmal die Wärmeleitfähigkeit der gesamten Schicht ermittelt wird. Dies geschieht in Analogie zur Elektrotechnik, in dem die jeweils einzelnen Schicht-Widerstände (=Reziprok) addiert werden.

$$\frac{A}{Q^*} * \Delta \vartheta = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \dots \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Durch erneute Reziprokisierung errechnete sich dann der Gesamt-Wärmeleit-Wärmefluss. Dieser wird dann nur noch mit der Fläche und der Oberflächentemperaturdifferenz multipliziert.

3.3 Wärmeübergang

Um den Wärmedurchgang zu errechnen fehlen jetzt nur noch die Wärmeübergänge der Grenzschichten. Der Wärmeübergang ist auch nichts anderes als eine spez. Wärmeleitfähigkeit der Luft in der Grenzschicht bezogen auf die Grenzschichtdicke

$$\alpha = \frac{\lambda_{Umgebung}}{\delta'} \left[\frac{\left[\frac{W}{mK} \right]}{[m]} \right] \quad \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

Der Wärmedurchgang errechnet sich somit (am Bsp. einer dreischichtigen Aussenwand) zu

$$\phi = A * U * \Delta \vartheta \quad [W]$$

wobei die einzelnen Schichten nach nachfolgender Formel addiert werden:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_{innen}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{aussen}} \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Somit errechnet sich der Gesamtwärmedurchgang am Bsp. einer dreischichtigen Wand zu:

$$\phi = A * U * \Delta \vartheta \quad [\text{W}]$$

Anmerkung: Ob δ oder d oder s für Schichtdicke ist mir ganz egal. Es steht auch überall anders!!!

Zur Ermittlung des α - Wertes werden verschiedene Kennzahlen aus den „Ähnlichkeitsbeziehungen“ herangezogen.

Der gute alte Reynolds sagt:

$$\text{Re} = \frac{c * d}{\nu} \text{ bei Flüssigkeiten und } \text{Re} = \frac{c * d}{\eta * R_i * T} \text{ bei Gasen}$$

ν = kinematische Viskosität in [m²/s]

η = dynamische Viskosität in [kg/ms]

R_i = Gaskonstante in [J/kg K]

d = Durchmesser in [m]

c = Geschwindigkeit in [m/s]

Tipp: Reynolds hat auch Einfluss auf die Strömungswiderstände, - logisch (s.u.)

Der Einfachheit halber, - bitte für immer folgende α - Werte merken:

Luft

ruhend 5 (genau: 3-20) strömend 50 (genau: 10-100)

Wasser

freie Konvektion 500 (genau: 200-800) erzwungene Strömung 5.000 (genau: 600-10.000)

Dampf

kondensationsfrei 5000 (genau: 1500-20.000) kondensierend 50.000 (genau: 6000-60.000)

3.4 Strahlung

Strahlung findet zwischen zwei sich gegenüber stehenden Körpern unterschiedlicher Temperatur statt, jedoch nur, wenn zwischen Ihnen ein strahlungsdurchlässiges Medium ist. Die Leistung, die von 1 m² des absolut schwarzen Körpers abgestrahlt wird, errechnet sich nach Stefan-Boltzmann zu

$$E_s = C_s \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

$$\frac{Q}{A} = \dot{q} = E \approx T^4$$

C_s eines absolut Schwarzen Körpers ist 5,77 W/m²K⁴

Das Absorptionsverhältnis stellt die Menge Energie dar, die im Verhältnis zum Schwarzen Körper aufgenommen wird

$$\varepsilon = \frac{C}{C_s}$$

4 Strömungslehre

Tipp: Versuchen Sie strömend zu denken!

4.1 Normen

4.2 Strömung ohne Reibung

4.2.1 Kontinuitätsgleichung

Der Volumenstrom ist das Produkt aus der Strömungsfläche und der Geschwindigkeit

$$\dot{V} = A * c$$

4.2.2 Energiesatz = Bernoullische Gleichung

$$p_{ges} = p_{stat} + p_{dyn} = konst$$

$$p_{dyn} = \frac{\rho}{2} c^2$$

4.3 Strömung mit Reibung

4.3.1 Druckverlust

Der Gesamt-Druckverlust in Rohrleitungen setzt sich zusammen aus:
Druckverlust in geraden Rohrstrecken und den Einzelwiderständen [Z].

$$\Delta p = R * l + Z \quad [Pa]$$

4.3.2 Lineare/turbulente Strömung

Die turbulente Strömung in geraden Röhren definiert sich bei Reynolds über 2320 (praktisch Re über 3000). Hiervon ist die Größe der Reibungszahl λ abhängig.

4.3.3 Reibungszahl λ

Die Reibungszahl λ ist bei laminarer Strömung unabhängig von der Rohrrauigkeit.

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$$R = 32 * \nu * \rho * \frac{c}{d^2}$$

Oder bezogen auf den Mengendurchsatz \dot{m} in kg/h:

$$R = 0,0114 * \nu * \frac{\dot{m}}{d^4}$$

Bsp.: Wie groß ist bei 15 °C der Rohrreibungswiderstand „R“ in einer Kupfer-Heizölleitung 8x1 mm bei einer Geschwindigkeit $c = 0,1$ m/s.

$$Re = \frac{c * d}{\nu} = \frac{0,1 * 0,006}{6 * 10^{-6}} = 10 \Rightarrow \text{lamiar}$$

$$\rho = 860 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \Rightarrow \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$R = 0,0114 * \nu * \frac{\dot{m}}{d^4} = 0,0114 * 6 * 10^{-6} * \frac{8,75}{0,006^2} = 460 \left[\frac{Pa}{m} \right]$$

Bei **turbulenter** Strömung und **glatten** Rohren gilt nach Blasius (das war nicht der Spender des Blasius-Segens) bei $Re \leq 20000$

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}$$

Tipp: Bei turbulenter Strömung wird der Reibungswiderstand schon deshalb so groß, weil Reynolds mit der vierten Wurzel total klein gemacht wird, - respektive der Quotient groß wird.

Bei **rauen** Rohren hängt λ zusätzlich noch vom Verhältnis der absoluten Rauigkeit zum Durchmesser ab

$$\lambda = f \left[\frac{\varepsilon}{d} \right]$$

Die Ergebnisse sind in dem berühmten Prandtl-Kármán-Colebrooke Diagramm dargestellt.

4.3.4 Einzelwiderstände Z

Die Einzelwiderstände sind alle empirisch ermittelt. Vereinfacht lassen sich diese errechnet nach der Formel:

$$Z = \sum \zeta * \frac{\rho}{2} * c^2$$

ζ ist hierbei der empirisch ermittelte Widerstandsbeiwert.

Tipp: Die Geschwindigkeit wirkt sich quadratisch auf den Widerstand aus.

Zusammenfassung:

$$\Delta p = R * l + Z = \frac{\lambda}{d} * \frac{\rho}{2} * c^2 * l + \sum \zeta * \frac{\rho}{2} * c^2$$

Tipp: Zur Berechnung s. Excel-Anlage „Rohrnetzberechnung“

5 Akustik

5.1 Normen

DIN 4109, VDI 4100, VDI 2081, VDI 2714, VDI 2567 „Schalldämpfer“

5.2 Hörschwelle p_0

Die Hörschwelle ist 2×10^{-5} Pa

5.3 Schmerzschwelle

Die Schmerzschwelle ist 20 Pa

5.4 Schallpegel

Wichtig bei allen akustischen Betrachtungen sind zwei Punkte:

- Wir Menschen hören logarithmisch
- Bei allen Werten handelt es sich um Pegel, d.h. Bezugswerte ausgehend von einem Grundwert oder anders ausgedrückt: Der Pegel ist ein Quotient dessen Nenner ein festgelegter Grundwert ist.

Ausgehend von der Hörgrenze als Bezugswert $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa ermittelt sich der Schalldruckpegel L_p dabei aus dem Quotienten des gemessene Schalldruck bezogen auf die Hörgrenze

$$L_p = \frac{P_n}{P_0}$$

Ableitung:

es gilt. $\lg a^{\frac{b}{c}} = \frac{1}{c} \lg a^b$

$$\frac{P_n}{P_0} = \frac{2 * 10^{-5} * \sqrt{10^{\frac{n}{10}}}}{2 * 10^{-5} * \sqrt{10^{\frac{0}{10}}}} = \sqrt{10^{\frac{n}{10}}} = 10^{\frac{1}{2} * \frac{n}{10}} = 10^{\frac{n}{20}}$$

$$\Rightarrow \frac{P_n}{P_0} = 10^{\frac{n}{20}} \Rightarrow \lg \frac{P_n}{P_0} = \lg 10^{\frac{n}{20}} = \frac{1}{20} \lg 10^n \Rightarrow 20 * \lg \frac{P_n}{P_0} = \lg 10^n = n = L_p$$

Bsp. Schmerzschwelle:

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{P_0} = 20 \lg \frac{2 * 10}{2 * 10^{-5}} = 20 \lg 10^6 = 120 [dB]$$

Tipp: Also, bei 2 x 10 = 20 Pa ist die Schmerzschwelle = 120 dB erreicht

Schalldruckpegel L_p = der Schalldruckpegel gemessen mit einem Mikrofon an einer Stelle „n“ (unser Ohr ist auch eine Art Mikrofon nur „selten“ gibt es jedoch Messwerte)

Schalleistungspegel L_w = das was die Schallquelle aussendet, - kann also nicht gemessen werden (ich kann ja auch kein Messinstrument zwischen die Stimmbänder schieben, - dann tut sich da nix mehr).

$$L_w = L_p + \Delta L$$

$$L_w = 20 \lg \frac{P_n}{P_0} + 10 \lg \frac{s_n}{s_0}$$

s_n = Schallfläche an der gemessen/gehört wird

s_0 = Bezugs-Schallfläche = 1 m²

Anmerkung: Da nun jedem klar sein sollte, dass Index „n“ der Messort ist, kann „n“ ab jetzt weggelassen werden.

$$L_w = 20 \lg \frac{P}{P_0} + 10 \lg \frac{s}{s_0}$$

5.4.1 Schallpegeladdition

Gleich große Schallquellen addieren sich logarithmisch

$$\Delta L_p = 10 \lg \text{Anzahl}$$

Bsp.: Zwei Lautsprecherboxen haben jeweils 50 dB. Wie laut sind beide zusammen?

$$\Delta L_p = 10 \lg 2 = 3 \Rightarrow \sum L_p = 50 + 3 = 53 [dB]$$

Bei verschiedenen lauten Einzelschallquellen errechnet sich der Summenpegel so:

$$\sum L_p = 10 * \lg(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots)$$

5.4.2 A-Bewertung

oder wer A-sagt muß auch B-werten

Die A-Bewertung ist eine Angleichung des Geräusches auf das menschliche Ohr. So hören wir beispielsweise niedrige Frequenzen viel leiser als sie eigentlich sind,... Vorsicht Gehörschaden.

Folgende Vorgehensweise:

Die hörbaren (wichtigsten) Frequenzen werden in 8 Bereiche aufgeteilt, - die Oktavbänder. Jedem dieser 8 Bereiche wird die Mittenfrequenz zugeordnet. Dies sind:

Mittenfrequenz in [Hz] Oktavband	Bsp. Messwert:	A-Bewertungsabzug	A-bewertet	1. Addition	2. Addition	3. Addition
63	70	-26,2	43,8	46,9		
125	60	-16,1	43,9		49,9	
250	45	-8,61	36,4			
500	50	-3,2	46,8			53,8
1000	48	0	48	51,2		
2000	47	1,2	48,2			
4000	35	1,0	36	unwichtig		
8000	38	-1,1	36,9	unwichtig		

Ich habe versucht, durch Farbgebung die „schnelle“ log. Addition sichtbar zu machen. Bei annähernd gleichen dB-Werten erhöht sich der größere Wert um ca. 3 dB (s. oben). So habe ich alles addiert, - nur bei dem letzten Wert sind die Werte 49,9 und 51,2 nicht so nah bei einander, - daher nur + 2,6 dB auf den höheren Wert. Wer Spaß hat, kann die ganzen Zahlen mal in die Formel eingeben,

$$\sum L_p = 10 * \lg(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots)$$

Das Ergebnis müsste fast gleich sein.

5.5 Bestimmung der Schalleistung

5.5.1 Im Freien

5.5.2 Im echolosen Raum

5.5.3 Im Hallraum

5.5.4 Hüllflächenverfahren

5.5.5 Im Normalraum

5.6 Schallausbreitung im Freien

Diese wird nach VDI 2714 ermittelt. Die Abschirmung wird nach VDI 2720 ermittelt.

Die gesamte Pegelabnahme von der Schallquelle bis zum Mikro setzt sich aus den Einzelkomponenten

- $\Delta L_s = D_s = 20 \lg s_m + 11 =$ Schalldruckpegelabnahme durch die Entfernung $s_m [m]$
- $\Delta L_L = D_L = \alpha * s_m =$ Luftabsorptionsmaß, wobei $\alpha \left[\frac{dB}{m} \right] = f(\vartheta, \varphi)$

- $\Delta L_B = D_B = \text{Formel.s.VDI2714} = \text{Bodendämpfungsmaß}$ wird i.d.R. durch Reflexion wird die theoretische Dämpfung negativ d.h. -2 dB sein. Nach VDI 2714 ist dieser Wert NULL zu setzen.
- $\Delta L_D = D_D = \alpha_D * s_D \cong 0,075 \left[\frac{dB_{500Hz}}{m} \right] * s_D = \text{Bewuchsd.}$, wobei $\Delta L_{D_{max}} \leq 10 [dB]_{\text{praxis}}$ ist.
- $\Delta L_G = D_G = 0,01 \dots 0,1 \left[\frac{dB}{m} \right] * s_G [m - \text{Geb.} - \text{Länge}] = \text{Bebauungsdämpfung}$, wobei $\Delta L_{G_{max}} \leq 15 [dB]_{\text{praxis}}$ ist.
- $\Delta L_z = D_e = 10 \lg(3 + 0,12 * f * z [dB]) = \text{Abschirmung}$, wobei $z = \alpha_A + \alpha_Q - (d_A + d_Q)$
- $\Delta L_M = \text{Witterungsdämpfung}$, diese wurde von der VDI mit der Bodendämpfung zusammengefasst zu $\Delta D_{BM} = \left[4,8 - \frac{2h_m}{s_m} \left(17 + \frac{300}{s_m} \right) \right] [dB]$. Da meistens negative Rechenwerte entstehen und diese zu null gesetzt werden, ...spielt dieser Term in erster Näherung keine Rolle

Jetzt kommt noch was hinzu: Durch das Richtungsmaß $K_\Omega = D_I + K_0$ kann sich die Schallleistung noch erhöhen, so dass sich der Schalldruckpegel am Messpunkt = L_s errechnet zu:

$$L_s = L_w + D_I + K_0 - D_s - D_L - D_{BM} - D_D - D_G - D_e$$

Diese Formel ist i.d.R. auf Oktavbänder anzuwenden, näheres siehe VDI 2714

5.7 Schallausbreitung im Raum

DIN 52210 (Nachhallzeit),

5.7.1 Nachhallzeit T [sek]

Die Nachhallzeit ist die Zeit die bei Abschalten der Schallquelle verstreicht, bis von dem Geräusch nicht mehr messbar ist (=Schalldruckpegel = 0 dB). Ganz grob kann durch Klatschen in die Hände und einer Stoppuhr diese Zeit geschätzt werden. In Kirchen ist diese besonders groß, da diese kaum Absorptionsfläche besitzen. Korrekt gemessen wird die Nachhallzeit „T“ [sek] in Terzen unter Zuhilfenahme eines Kugellautsprechers. Um herauszufinden, wie viel Schall von einem Sender noch beim Empfänger ankommt, ist die Senderfläche und Absorptionsfläche wichtig.

5.7.2 Absorptionsfläche α [m²Sabine]

Diese hat ein schlauer Physiker Namens „Sabine“ vor vielen Jahrzehnten definiert, als die gesamte Raumbofläche bewertet mit Ihren jeweiligen akustischen Absorptionseigenschaften. Hierfür hat er verschiedenen Stoffen Absorptionzahlen = α -Werte zuordnen können, welche dann, mit den zugehörigen Flächen multipliziert die Absorptionfläche in m²Sabine ergeben.

$$A = \sum \alpha_i * S_i = 0,163 * \frac{V}{T} \left[\frac{m^3}{sek} \right] = [m^2 \text{Sabine}]$$

5.7.3 Direktes/Diffuses Schallfeld

Im Direktfeld unterliegt die Schallausbreitung einer kugelförmigen Ausbreitung.

$$L_w = L_p + 10 \lg \frac{S}{S_0} = L_p + 10 \lg \frac{4\pi r^2}{1} \left[\frac{m^2}{m^2} dB \right]$$

$$L_p - L_w = 10 \lg \frac{1}{4\pi r^2} \left[\frac{m^2}{m^2} dB \right]$$

Aus der Mündung eines Luftdurchlasses (z.B. Mund) tritt der Schall nicht als Kugelwelle in den Raum, sondern strahlt bevorzugt in eine Richtung senkrecht zum Öffnungsquerschnitt. Dieser Richtungsfaktor Q ist das Verhältnis des Schalldrucks am Mikro zum theoretischen Schalldruck bei kugelförmiger Ausbreitung.

Bei Einzeltönen ist Q zwischen 1 und 50

Bei breitbandigem Geräusch ist Q zwischen 1 und 8

Q = f(Anordnung im Raum, Frequenz, Austrittsfläche). Werte sind in der VDI 2081 zu finden.

$$L_p - L_w = 10 \lg \frac{Q}{4\pi r^2} [dB] \text{ Direktfeld}$$

$$L_p - L_w = 10 \lg \frac{4}{A} [dB] \text{ Diffusfeld}$$

Die Addition beider Felder ergibt dann:

$$L_p = L_w + 10 \lg \frac{Q}{4\pi r^2} + 10 \lg \frac{4}{A} [dB]$$

5.7.4 Beispiel mit Bezug auf die DIN 4109

Ein großer Raum ist durch eine Mauer getrennt, das der Sohn immer laute Musik hört, und der Vater in Ruhe ein Buch lesen möchte. Bekannt ist die Schalleistung des Musikanlage und das Bauschalldämmmaß R'w der Wand, sowie deren Fläche S in m² und die Nachhallzeit T=0,5 sek Jetzt sind wir mal gespannt, was da noch so im Lesezimmer ankommt: Da kann ja mal zuerst die Pegelabnahme im Raum aus der Nachhallzeit errechnet werden:

Frequenz	Hz	125	250	500	1000	2000	Bemerkung
Sender LW	dB	65	68	65	70	72	gegeben
dLSenderaum	dB	7	7	7	7	7	gegeben
Bauschalldämmmaß R'w	dB	58	61	58	63	65	errechnet
dLEmpfangsraum	dB	3	3	3	3	3	errechnet dLEmpf= 10lgS/A
Lp2	dB	37	43	33	32	28	
A-Bewertung	dB	-16	-9	-3	0	1	
Lp2	dB(A)	21	34	30	32	29	

33
37
37,3

Da noch Frequenzen fehlen, wird Lp2 auf 38 dB(A) aufgerundet.

5.8 Schalldämpfer

5.8.1 Einfügungsdämpfung

Immer wenn ein Bauteil, insbesondere Schalldämpfer, in ein geräuschübertragendes System (z.B. Luftkanalnetz) eingefügt werden, wird der Schall gedämpft, - durch Einfügungsdämpfung

5.8.2 Durchgangsdämpfung

Nun ist was eingefügt worden, jedoch hat dieses Bauteil auch die Eigenschaft den Schall von innen nach außen zu lassen, trotz der Wandung = des Dammes, - der Dämpfung, - der Durchgangsdämpfung.

Interessant ist jetzt das Zusammenspiel der beiden, - denn immer wenn das **Eine** groß ist wird das **Andere** klein. Logisch, - denn wenn die Schallenergie die Wandung durchdringt, also bei schlechter Durchgangsdämpfung, ist der Schall ja nicht mehr im Fluid sondern im Raum, somit wird dann die Einfügungsdämpfung groß.

6 Heizung

Primäre Aufgabe der Heizung ist es dem Menschen einen angenehm warmen Lebensraum zu erzeugen. Es gibt auch div. andere Einsatzgebiete in denen geheizt wird, - wie z. B. Trocknung und Prozesswärme (=Kochen etc.). Wären die Menschen in der Lage, Ihre Körpertemperatur auf die jeweilige Umgebungstemperatur anzupassen, wie z.B. diverse Reptilien, so könnten wir an dieser Stelle mit der Vorlesung aufhören. Pech gehabt!

6.1 Normen

- DIN 4702 „Kessel“
- DIN 4752
- DIN 12831 „Heizlastberechnung“
- DIN EN 625 „Gasheizkessel“
- DIN 4701 „Regeln für den Wärmebedarf“
- DIN EN 673 „Verglasung“
- DIN EN 10077 „Fenster“

6.2 Grundlagen

Tipp: Bei allen nachfolgenden Betrachtungen ist Nachfolgendes im Hinterkopf zu behalten:

- 100 % Gesamtwärmeleistung wird ca. 2 % der Heizperiode benötigt
- 80 % Gesamtwärmeleistung wird ca. 8 % der Heizperiode benötigt
- 60 % Gesamtwärmeleistung wird ca. 35 % der Heizperiode benötigt
- 40 % Gesamtwärmeleistung wird ca. 39 % der Heizperiode benötigt
- 20 % Gesamtwärmeleistung wird ca. 16 % der Heizperiode benötigt

6.2.1 Wärmeträger/-Verteilung

Wasser stellt die Nr. 1 der Wärmeträger dar, und das liegt einfach daran, dass große Energiemengen mit kleinen Leitungsquerschnitten transportiert werden können. Die **Dampfheizung** verschwindet zunehmend, obwohl sie noch mehr Wärme zu transportieren in der Lage ist. Dank der immer besseren Energiesparstandards, ist auch **Luft** als Wärmeträger zunehmend eingesetzt. Das **Passivhaus** macht's möglich.

Die so genannten **Direktheizungen** verfügen nicht noch über ein zusätzliches Wärmeträgermedium, sondern erwärmt die Menschen, Luft und Oberflächen direkt. Dies sind Gas- und Elektrostrahler, direktbefeuerte Warmluft erzeuger, Kaminöfen

6.2.2 Wärmeerzeuger

Kaminöfen (Öl, Kohle, Holz), zentrale Heizkessel (Öl, Gas, Kohle, Holz), Strahler (Gas), Kraft-Wärme-Kopplung Wärme (Gas, Öl, Holzgas). Größere Kesselleistungen (>10 MW) werden auch gerne durch Wander-Rostfeuerung (Braun-/Steinkohle), Wirbelschichtfeuerung (fast alles was wirbelt), Gasturbinenanlagen, Hochofen, etc. erzeugt.

6.2.3 Heizflächen

Flächenheizung: Hierzu gehören Fußbodenheizung, Wandheizung und Deckenstrahler-Heizung

Vorteile: Große Oberfläche, respektive geringe Heizmitteltemperatur

Nachteile: Hohe Kosten, ggf. problematisch (bei einer Wandheizung kann nicht einfach ein Nagel in die Wand geschlagen werden)

Heizkörper (der „Klassiker“): Hierzu gehören Konvektoren, Radiatoren, Gladiatoren (...in gewisser Weise heizten die sogar große Menschenmengen)

6.3 Brennstoffe

Nach wie vor stellen die **unter** der Erdoberfläche sich befindenden Rohstoffe Kohle, Erd-Öl, Gas, Uran den „Löwenanteil“. Die **über** der Erdoberfläche sich befindenden = regenerierbaren Brennstoffe Holz, Pflanzen-Öl, sind alle mehr oder weniger von der Sonne „angetrieben“. Wasserstoff als zukünftiger Energieträger stark publik gemacht, kann sowohl von unterirdischen als auch von oberirdischen Energieträgern erzeugt werden. Interessant wird dieser Brennstoff unter Zuhilfenahme von Brennstoffzellen und Nanofaserspeichern. Diese Kombinationstechnologie wird jedoch vorrangig in der Automobilindustrie vorangetrieben.

www.hycar.de

www.hydrogeit.de

6.4 Wärmebedarf

Der Wärmebedarf, auch Heizlast genannt, gibt die notwendige Heizenergie an, die zur ausreichenden Beheizung notwendig ist. Welche Raumtemperatur notwendig ist, wird unterschiedlich gesehen. So sagt die EnEV, 19°C sind ausreichend, hingegen wird dem Mieter eine Temp. von ca. 20 bis 23 °C versprochen. Die DIN 12831 spricht überwiegend von 20 °C. Für die Klimazonen stehen recht übersichtlich in der alten DIN 4701, T.1 die Aussentemperatur von -10 bis -24 °C. Diese sind in der neuen EN 12831, welche die DIN 4701 Teil 1 bis 3 ersetzt, nicht wieder zu finden, - jedoch gibt es da ja auch wieder eine Norm die uns weiter hilft/verwirrt, die prEN ISO15927-5. Noch anders sieht es das Passivhausprojektierungspaket, - dort werden zwei Wetter definiert. Das PHPP geht davon aus, dass bei klirrender Kälte immer die Sonne schein (Solargewinne decken z.T. Heizlast) oder eben bei bedecktem Himmel nicht so kalt ist (fast ohne Solargewinne). Ob so gerechnet werden kann, und welche Risiken damit einhergehen, wird im Referat erläutert. Zur näheren Betrachtung habe ich einen Auszug aus der EN 12831 betrachtet:

Gliederungspunkt Nr. 8 Norm-Heizlast:

Die Norm-Heizlast kann für einen beheizten Raum, eine Gebäudeeinheit oder für das gesamte Gebäude berechnet werden, um Wärmeabgabeflächen (Radiatoren), Wärmeaustauscher und Wärmeerzeuger usw. auszulegen.

8.1 Norm-Heizlast eines beheizten Raumes

Die Heizlast $\Phi_{HL,i}$ eines beheizten Raumes (i) wird wie folgt berechnet:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} [W] \quad (21)$$

Dabei ist

- $\Phi_{T,i}$ der Transmissionswärmeverlust des beheizten Raumes (i) in Watt (W);
- $\Phi_{V,i}$ der Lüftungswärmeverlust des beheizten Raumes (i) in Watt (W);
- $\Phi_{RH,i}$ die zusätzliche Aufheizleistung des beheizten Raumes (i) zum Ausgleich der Auswirkung durch unterbrochenes Heizen in Watt (W).

8.2 Norm-Heizlast einer Gebäudeeinheit bzw. eines Gebäudes

Bei der Bestimmung der Norm-Heizlast einer Gebäudeeinheit bzw. eines Gebäudes wird der Wärmefluss innerhalb der Gebäudeeinheit durch Transmission und Lüftung nicht berücksichtigt, z. B. Wärmeverluste von Apartments untereinander.

Die Heizlast Φ_{HL} für eine Gebäudeeinheit oder ein Gebäude wird wie folgt berechnet:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} [W] \quad (22)$$

Dabei ist

- $\sum \Phi_{T,i}$ die Summe der Transmissionswärmeverluste aller beheizten Räume, ohne Berücksichtigung des Wärmeflusses zwischen den Gebäudeeinheiten bzw. innerhalb des Gebäudes in Watt (W);
- $\sum \Phi_{V,i}$ die Lüftungswärmeverluste aller beheizten Räume ohne Berücksichtigung des Wärmeflusses zwischen den Gebäudeeinheiten bzw. des Gebäudes, in Watt (W). Gleichung (22) impliziert einen Luftvolumenstrom für das gesamte Gebäude. Da die zonenweise Berechnung des Luftvolumenstromes immer auf dem ungünstigsten Fall beruht, ist eine Summierung der jeweiligen Zonenwerte nicht geeignet, weil dieser ungünstigste Fall nur in Teilen dieser Zonen gleichzeitig auftritt. Aus diesem Grund wird der Luftvolumenstrom $\sum \dot{V}_i$ für das gesamte Gebäude wie folgt berechnet:

ohne raumluftechnische Anlagen (natürliche Belüftung):

$$\sum \dot{V}_i = \max(0,5 \sum \dot{V}_{inf,i}, \sum \dot{V}_{min,i})$$

mit raumluftechnischen Anlagen (mechanische Belüftung):

$$\sum \dot{V}_i = (0,5 \sum \dot{V}_{inf,i} + (1 - \eta_v) * \sum \dot{V}_{su,i} + \sum \dot{V}_{mech,inf,i})$$

wobei η_v der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnungsanlage für die Abluft ist.

Ist keine Wärmerückgewinnungsanlage vorhanden, ist $\eta_v = 0$.

Zur Auslegung des Wärmeerzeugers wird ein 24-Stunden-Mittelwert verwendet. Wenn die Zuluft über ein verbundenes System beheizt wird, ist die Heizlast bei dem verbundenen System anzurechnen.

- $\sum \Phi_{RH,i}$ die Summe der zusätzlich benötigten Aufheizleistungen zum Ausgleich der Auswirkungen durch unterbrochene Beheizung, in Watt (W).

A: Luft	h: Höhe	o: betrieblich, operativ
A: Gebäudeeinheit	inf: Zuluft, Infiltration	r: durchschnittliche Strahlung
bdg, B: Gebäude	int: innen	RH: Wiederaufheizen
bf: Kellerfußboden	i, j: beheizter Raum	su: Zufuhr
bw: Kellerwand	k: Bauteil	T: Transmission
e: außen	l: Wärmebrücke	tb: Gebäudetyp
env: Gebäudehülle	m: Jahresmittel	u: unbeheizter Raum
equiv: Äquivalent, gleichwertig	mech: mechanisch	V: Lüftung
ex: Abluft, Fortluft	min: Minimum	___: höhere Innentemperatur
g: Erdreich	nat: natürlich	W: Wasser, Fenster/Mauer

Schlußbetrachtung: EN 12831 ist ein ganz gutes Instrument zur Ermittlung der Heizlast. Sicherlich kann bei Passivhäusern, ob ihrer sehr guten Phasenverschiebung und Amplitudendämpfung das $\Delta\vartheta$ um einige K gesenkt werden, - Respektive die Heizlast.

6.5 Systeme/Komponenten

6.5.1 Offene Heizungssysteme

Hierunter verstehen wir die mit der Luft in Verbindung stehenden Rohrnetze. Diese sind veraltet, da es mittlerweile gut funktionierende Ausdehnungsgefäße gibt, die dann den Überdruck bei Erwärmung ausgleichen.

6.5.2 Geschlossene Heizungssysteme

Das Ausdehnungsgefäß ist das kennzeichnende Merkmal solcher Systeme.

Funktionsbeschreibung:

Ein Wärmeerzeuger erwärmt das Heizungswasser; eine Umwälzpumpe wälzt das Wasser um; in Heizflächen wird die Wärme abgegeben. So einfach geht's. Doch wann springt der Kessel an, und wann die Pumpe und was passiert, wenn es nicht warm wird, und wenn einer Baden will?

6.5.3 Regelung

Ein Außentemperaturfühler und ein Raumtemperaturfühler regeln Wärmeerzeuger und Pumpe wie folgt: Je nach Außentemperatur wird eine bestimmte Vorlauftemperatur gewählt (=Heizkurve). Je kälter desto höher die Vorlauftemperatur, - logo. Kessel und Pumpe springen jetzt aber noch nicht unbedingt an, sondern erst, wenn der Raumthermostat dies vorgibt, d.h. „eingestellte Solltemperatur“ nicht erreicht, - GO! Jetzt bringt erst der Kessel sein Wasser auf Temperatur und dann springt die Pumpe in Folge an, und fördert das Wasser zur Heizfläche. Gute Kessel können Ihre Leistung regeln und gute Pumpen versuchen da mitzuregeln. Wenn das Wasser heiß ist, dehnt es sich aus. Nun sollte ohnehin das System unter Druck stehen, zumindest der geodätische Druck plus ein kleiner Überdruck. Das gesamte Heizungswasservolumen dehnt sich nun aus, und das Gaspolster im Ausdehnungsgefäß drückt sich zusammen. Nun steigt der Anlagendruck, da das Gaspolster im AG zunehmend unter Druck gerät. Die Einzelräume müssen bei wassergeführten Heizungssystemen einzeln regelbar sein (§ 12 EnEV), - dies geschieht durch Raumthermostate.

6.5.4 Pumpe

Die Umwälzpumpe muss die gesamten Widerstände des Rohrnetzes überbrücken $\Delta p = R * l + Z[Pa]$. Wenn die Pumpe den ungünstigsten Strang (den mit dem größten Widerstand) schafft, dann schafft sie auch die anderen Stränge, die dann ja weniger Druckverlust aufweisen. Diese müssen dann gedrosselt (=abgeglichen) werden, - sonst strömt zu viel Wasser. Die notwendige Antriebsleistung errechnet sich zu:

$$P = \frac{\dot{m} * \Delta p}{\eta} \left[\frac{m^3 * N}{s * m^2} = W \right]$$

wobei η der Gesamtwirkungsgrad der Pumpe ist. Dieser setzt sich aus den Einzelwirkungsgraden elektrisch, Pumpenlaufrad, Schlupf zusammen. Mit kommutierten Gleichstrommotoren sind die schlechten Wirkungsgrade aus grauer Vorzeit (=vor 2004) von 20 bis 40 % Vergangenheit. Jetzt sind Wirkungsgrade von 60 bis 90 % realisierbar.

Tichelmann macht's möglich: Der gute alte Tichelmann hat sich bei der Verlegung von Rohrnetzen überlegt, wie er diese ohne Abgleichung (=Drosselung der untergeordneten Stränge) bauen kann, und kam zu der Idee doch den 1. Vorlauf mit dem letzten Rücklauf und den 1. Rücklauf mit dem letzten Vorlauf zu verschrauben. So sind alle Strömungswege gleich, - echt clever Mr. Tichelmann. Wird heute so gut wie nie mehr eingebaut, da Drosselungen problemlos möglich und die Netze einfach sind, - ohne Tichelmann.

Tipp: Beim Füllen und Entleeren, - Vorsicht Falle: In Senken (z.B. Verlegung unter einem anderen Rohr) bleibt das Wasser stehen; hier Entwässerungsmöglichkeit vorsehen. Luft steigt immer nach oben; oberster Punkt Entlüfter vorsehen.

7 Lüftung

7.1 Normen

- DIN 1946 „RLT-Anlagen“
- DIN 18017-3 „Lüftung v. Bädern u. Toilettenräumen ohne Außenfenster...“
- VDI 6022 „Hygienische Anforderungen“
- DIN 18379 „VOB, Teil C: Raumluftechnische Anlagen“
- VDI 2081 „Geräuscherzeugung und Lärminderung“
- DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“
- VDI 4100 „Schallschutz von Wohnungen“
- DIN 24163 „Ventilatoren; Leistungsmessung, Normkennlinien“
- VDI 2076 „Leistungsnachweis für Wärmetauscher...“
- DIN EN 779 „Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik-...“
- DIN 24145 „Raumluftechnik-Luftleitungen-Wickelfalzrohre“
- DIN 24147-1 „Raumluftechnik-Formstücke für runde Luftleitungen...“
- LÜRA „Brandschutztechn. Anforderungen an Lüftungsanlagen“
- ASR 5 „Arbeitsstättenrichtlinie Lüftung“
- VDI 2071 „WRG in RLT-Anlagen“
- DIN EN 12599 „Einregulierung von Lüftungsströmen“

7.2 Eigenschaften der Luft

Unser Haupt-Lebens-Mittel Luft benötigen wir jede Minute. Ohne Essen können wir einige Monate auskommen, ohne Wasser einige Tage aber ohne Luft nur einige Minuten. Der Sauerstoffanteil sollte 21 % sein, - ist aber um fast 1 % in den letzten Jahren gesunken.

Bei 13 % Sauerstoff gehen die Kerzen aus und mit Ihnen unser Lebenslicht. Dies vor Augen gehalten sollten wir Lüftungstechnik planen.

7.3 h- x-Diagramm

In diesem Diagramm sind die Beziehungen von absoluter und relativer Feuchte, Temperatureinfluß, Partialdruck, Dichte und Energieinhalt = h dargestellt.

7.4 Lüftungssysteme

7.5 Komponenten

7.5.1 Ventilator

Der Ventilator ist eine Fluid-Transport-Maschine; - sozusagen der große Bruder der Pumpen. Für ihn gelten die gleichen (na ja, sagen wir fast die gleichen) Strömungsgleichungen wie bei den Pumpen (Luft ist kompressibel, - Wasser fast nicht)

Je nachdem wie die Schaufeln oder Flügelräder gebaut sind, unterscheiden wir Ventilatoren in:

- Axialventilatoren (z.B. PC-Lüfter)
- Radialventilatoren
- Querstromventilator

Die notwendige Antriebsleistung ermittelt sich somit nach folgender Formel:

$$P = \frac{\dot{V} * \Delta p_{ges}}{\eta} \left[\frac{m^3 * N}{s * m^2} = W \right]$$

Affinitätsgesetze: Auch Proportionalitätsgesetz genannt stellen die Beziehungen von

- Volumenstrom zur Drehzahl
- Druckverlust zur Drehzahl
- Leistungsbedarf zur Drehzahl

dar, - es gilt:

$$\begin{aligned} V &\approx n \\ \Delta p &\approx n^2 \\ P &\approx n^3 \end{aligned}$$

7.5.2 Wärmerück-Gewinner

Wärmerückgewinner sind:

- Plattentauscher (Bauformen: Gleich-, Kreuz- und Gegenstrom)
- Rotationstauscher = Wärmeräder
- Kreislaufverbundsysteme (hier dient ein Wärmeträgermittel als Transportmittel)

Leider von vielen „Fachleuten“ immer wieder durcheinander geschmissen sind folgende Wirkungsgrade:

Rückwärmzahl (AU-Betrachtung)

$$\Phi = \frac{\Delta \mathcal{G}_{IST}}{\Delta \mathcal{G}_{MAX}} = \frac{\mathcal{G}_{ZU} - \mathcal{G}_{AU}}{\mathcal{G}_{AB} - \mathcal{G}_{AU}}$$

Wärmerückgewinnung

$$\eta = \frac{\Delta h_{IST}}{\Delta h_{MAX}} = \frac{h_{ZU} - h_{AU}}{h_{AB} - h_{AU}}$$

Wärmebereitstellungsgrad

$$\eta'_{WRG} = \frac{\Delta h'_{IST}}{\Delta h'_{MAX}} = \frac{h_{ZU} - h_{AU}}{h'_{ZU} - h_{AU}}$$

effektiver Wärmebereitstellungsgrad

$$\eta'_{WRGeff} = \frac{\Delta h'_{IST}}{\Delta h'_{MAX}} - \text{Verluste}$$

Zur Vereinfachung wird der trockene Wärmebereitstellungsgrad ermittelt:

$$\eta'_{WRG,t,eff} = \frac{(\varrho_{Ab} - \varrho_{Fo}) + \frac{P_{el}}{\dot{m} * c_p}}{(\varrho_{Ab} - \varrho_{Au})}$$

7.6 Symbole

8 Klimatechnik

Die Klimatechnik grenzt sich von der Lüftungstechnik durch die Anzahl der Luftbehandlungsstufen ab. Sobald zu dem üblichen Heizen noch das Kühlen, bzw. Be- und Entfeuchten hinzukommt, handelt es sich um eine Klimaanlage.

8.1 Normen

8.2 Befeuchtung

8.3 Entfeuchtung

8.4 Kühlen

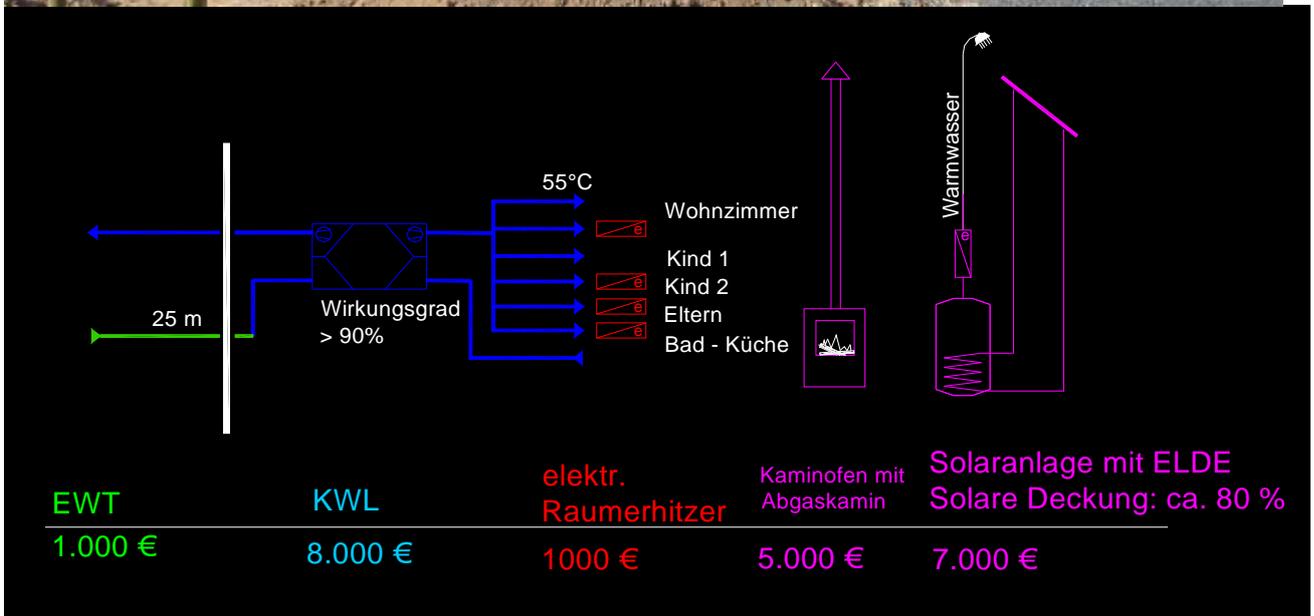
8.5 Reinraumtechnik

9 Beispiele

9.1 Passivhaus aus Beton mit PS-Wärmedämmung



Abb. Passivhaus der Fam. Reiser in Bonn



9.2 Passivhaus aus Stein (EG) und Holz



Abb. Passivhaus der Fam. Mück in Bergisch Gladbach

10 Referate

THEMEN der Vortragsreihe am 13-1-2005, 12°Uhr bis 16°

10.1 Optimierung einer Heizungs-/Lüftungsanlage mit Blockheizkraftwerk und Gasheizung am Beispiel „Abenteuerhalle Köln“

Darstellung des IST-Zustandes, Aufzeigen von Optimierungsmöglichkeiten Ziele: Minimierung des Energieverbrauchs, Verbesserung der Nutzungsqualität durch Optimierung der Haustechnik-Regelung (Abstimmung BHKW auf den Brennwertkessel; Lüftungsgerätschaltungen in f(traum, taussen,...). Dieses Thema ist umfangreich und kann ggf. auch noch als Dipl.-Arbeit erweitert werden.

Referenten: Hinse und Heffe

1.0 Begrüßung

1.1 Vorstellung der Referenten

2.0 Einführung

2.1 Erklärung der Vortragsüberschrift und der örtlichen Situation

2.2 Verdeutlichung der Anlage mit Hilfe von Fotos → A. Nordhoff

3.0 „Ist“-Zustand

3.1 Schematische Darstellung der Anlage und Zusammenhänge der einzelnen technischen Geräten (Blockheizkraftwerk, Gasheizung etc.) anhand technischer Zeichnungen → A. Nordhoff

3.2 Evtl. Darstellung verschiedener Betriebszustände → Tätigkeit für ingenieurmäßiges Arbeiten

4.0 Analyse/Ziele

4.1 Allgemeine Ziele der Optimierung (Betriebskostensenkung, Ressourcen schonen etc.)

4.2 Aufzeigen möglicher Ansatzpunkte zur Optimierung der Anlage → Tätigkeit für ingenieurmäßiges Arbeiten

4.3 Evtl. Darstellung einer optimierten Anlage → Tätigkeit für ingenieurmäßiges Arbeiten

5.0 Zukunftsvisionen

5.1 Zusammenschaltung mehrerer kleiner Blockheizkraftwerke zu einem Verbund

5.2 Objekt optimierte Energieversorgung

6.0 Ende des Vortrags

6.1 Quellenverzeichnis

6.2 Fragen / Diskussion / Ansprechpartner

10.2 Wäschetrockners als Heizung für eine Passiv-Wohn-Einheit.

Darstellung der Funktion und der daraus folgenden Problematik

Regelungstechnische Einbindung eines WT

Krajczyczek, Heise

10.3 Energetische Variantenberechnung durch Verwendung unterschiedlicher Fenstern/Gläser mit dem PHPP am Beispiel BV-Mück.

10.3.1 Zentrale Wohnungslüftung im Passivhaus/Berechnungen im PHPP

Referent: Andreas Heyn

1. Aufgaben der Lüftung
2. Volumenstromauslegung
3. Infiltrationsluftwechsel nach DIN EN 832
4. effektiver Wärmebereitstellungsgrad
5. Hinweis zur Planung (z.B. Luftgeschwindigkeiten, Schallschutz...).
6. Normen und Verordnungen zum Thema
7. Erdwärmetauscher)
8. Quellen

10.3.2 Ist ein PH aus Glas möglich?

Referent: Mathias Mergemann,

1. Vorstellung des Bauobjektes (Standort, Größe, Bausubstanz, Energiekennwerte etc)
2. Vorgenommene Änderungen (Wände, Dach, Fassade)
3. Daraus resultierende Begebenheiten (Solare Gewinne, Transmissionswärme verluste etc)
4. Diskussion der Lebensumstände in einem solchen Haus (Überhitzung, schnelle Abkühlung, Sichtverhältnisse)
5. Möglichkeiten zur "Entschärfung von Problempunkten" (Verschattung, Sichtschutz, Wärmeabtransport, ggf. Dach weiterhin konventionell???)

10.3.3 Verglasungs- und Ausrichtungsmöglichkeiten am Passivhaus der Familie Mück

Referent: Christian Körkemeier

1. Einführung
 - 1.1 Allgemeine Einführung zur Bedeutung der Fenster in Gebäuden
 - 1.2 Typische U-Werte für Gläser und Rahmen
 - 1.3 Wärmebrücken und g-Wert
2. Vorstellung des PH Mück im PHPP (genaue Beschreibung des Gebäudes anhand des Fenster-Arbeitsblattes im PHPP-Excel)
3. Beispiele (Auswirkung der unterschiedlichen Verglasungs- und Ausrichtungsmöglichkeiten des PH Mück auf den Jahresheizwärmebedarf) ca. 6 Beispiele

10.3.4 Heizlast mittels PHPP

Referent: Manuel Pampuch

1. Vorstellung der Daten mit denen im PHPP gerechnet wird.
 - Wetter 1: Kalt und hohe Solare Einstrahlung
 - Wetter 2: Nicht so kalt und niedrige Einstrahlung
2. Sind die Annahmen der Wetterdaten überhaupt richtig?
 - Aufzeigen anhand von gemessenen Wetterdaten das auch andere Wetterszenarien möglich und üblich sind (Niedrigere Temperaturen)
 - Beispielrechnung mit anderen Wetterdaten
 - o Gewinne durch externe Einstrahlung
 - o Gewinne durch interne Strahlung
 - o Verluste
3. Zusammenfassung
 - alles bezogen auf Beispiel Mück
 - Andere Passivhäuser, andere Erträge

10.3.5 , Bonabi

10.4 Das Passivhaus = eine Info-Broschüre für Architekten; Begriffe, Erläuterungen, Berechnung, Wärmedämmung, lineare Wärmebrücken, Luftdichtigkeit, Lüftung, Technik (soll richtig lustig werden).

Buhbe, Kulakov, Ben, Kwiaton

10.5 Vergleich von Öl-/Gas-Niedertemperatur und – brennwertkessel, Nachtspeicherheizung, Festbrennstoffkessel, -in Hinblick auf Investkosten, WUI-Kosten, Energieverbrauchskosten

Haberer, Feldmann