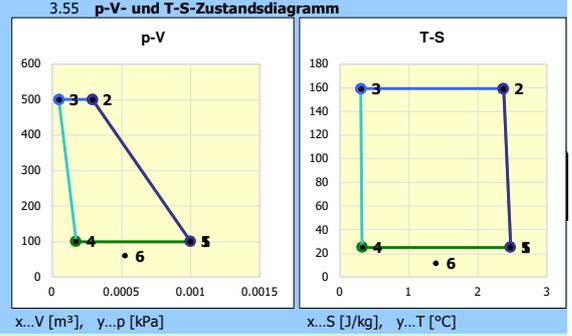


| | | | | | | |
|------|---|----|----------|----------|----------|--|
| 3.19 | Spezifische Wärmekapazität (konstanter Druck) | cp | 1006.314 | 1006.314 | [J/kg/K] | |
| 3.20 | Spezifische Wärmekapazität (konstantes Volumen) | cv | 719.2713 | 719.2713 | [J/kg/K] | |
| 3.21 | Poisson-Konstante | k | 1.399074 | 1.399074 | [~] | |
| 3.22 | Stoffmenge | N | 1 | | [kmol] | |
| 3.23 | Masse | m | 28.96595 | | [kg] | |

| | | | | |
|------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| 3.24 | Zustandsgleichung des idealen Gases | Werte (Punkt 1) | Werte (Punkt 2) | Werte (Punkt 3) |
| 3.25 | Polytroper Exponent | n | 1.3 | 1.3 |
| 3.26 | Spezifische Wärmekapazität (polytrop) / Zustand | cn12 | -237.5376 | 719.2713 |
| 3.27 | Masse | m1 | 0.001168 | 0.001168 |
| 3.28 | Absoluter Druck | p1 | 100 | 100 |
| 3.29 | Volumen | V1 | 0.001 | 0.001 |
| 3.30 | Temperatur | T1 | 25 | 25 |
| 3.31 | Dichte, Stoffmenge | Rho,N | 1.168473 | 4.03E-05 |

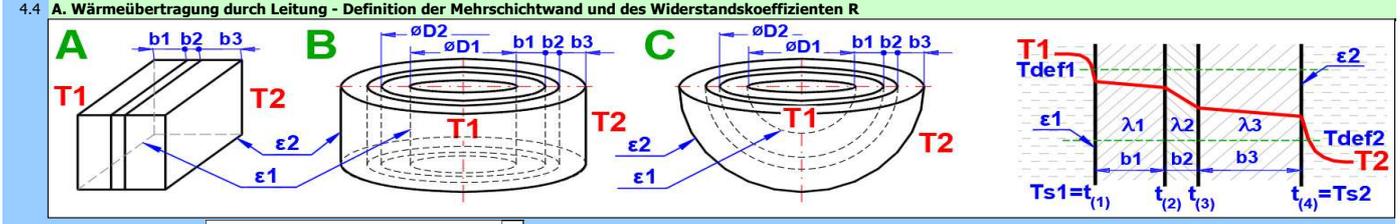
| | | | | |
|------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| 3.32 | Zustandsgleichung des idealen Gases | Werte (Punkt 4) | Werte (Punkt 5) | Werte (Punkt 6) |
| 3.33 | Polytroper Exponent | n | 1.3 | 1.3 |
| 3.34 | Spezifische Wärmekapazität (polytrop) / Zustand | cn34 | -237.5376 | 719.2713 |
| 3.35 | Masse | m4 | 0.000201 | 0.000201 |
| 3.36 | Volumen | p4 | 100 | 100 |
| 3.37 | Volumen | V4 | 0.000172 | 0.000172 |
| 3.38 | Temperatur | T4 | 25 | 25 |
| 3.39 | Dichte, Stoffmenge | Rho,N | 1.168473 | 6.96E-06 |

| | | | | | | | | |
|------|--------------------------|-----|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
| 3.40 | Zustand am Punkt | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 3.41 | Masse | m | 0.001168 | 0.001168 | 0.000201 | 0.000201 | 0.001168 | 0.001168 |
| 3.42 | Dichte | Rho | 1.168473 | 4.029841 | 4.029841 | 1.168473 | 1.168473 | 1.168473 |
| 3.43 | Absoluter Druck | p | 100 | 500 | 500 | 100 | 100 | 100 |
| 3.44 | Volumen | V | 0.001 | 0.00029 | 0.00005 | 0.000172 | 0.001 | 0.001 |
| 3.45 | Temperatur | T | 25 | 159.1006 | 159.1006 | 25 | 25 | 25 |
| 3.46 | Entropie des Systems | S | 2.471668 | 2.368581 | 0.306779 | 0.324556 | 2.471668 | 2.471668 |
| 3.47 | Zustandsänderung von-bis | | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | |
| 3.48 | Polytroper Exponent | n | 1.300 | ±∞ | 1.300 | ±∞ | ? | Sum |
| 3.49 | Entropieänderung | ΔS | -0.103087 | -0.589537 | 0.017776 | 0.10166 | 0 | -0.573187 |
| 3.50 | Änderung der inneren E | ΔU | 0.112705 | 0 | -0.019435 | 0 | 0 | 0.09327 |
| 3.51 | Enthalpieänderung | ΔH | 0.157682 | 0 | -0.027191 | 0 | 0 | 0.130491 |
| 3.52 | Polytrope Wärme | Q | -0.03722 | 0 | 0.006418 | 0 | 0 | -0.030802 |
| 3.53 | Volumenarbeit | W | -0.149925 | 0 | 0.025853 | 0 | 0 | -0.124072 |
| 3.54 | Druckarbeit | Wt | -0.194903 | 0 | 0.033609 | 0 | 0 | -0.161294 |



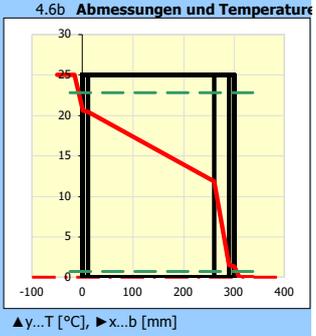
4.0 Wärmeübertragung durch eine Mehrschichtwand (Strahlung + Konvektion => Wärmeleitung => Konvektion + Strahlung) [4.0]

| | | | |
|-----|--|----|-----------|
| 4.1 | Randbedingungen | | |
| 4.2 | Temperatur des Mediums auf der inneren (linken) Seite | T1 | 25 [°C] |
| 4.3 | Druck | p1 | 101 [kPa] |
| | Temperatur des Mediums auf der äußeren (rechten) Seite | T2 | 0 [°C] |
| | Druck | p2 | 101 [kPa] |

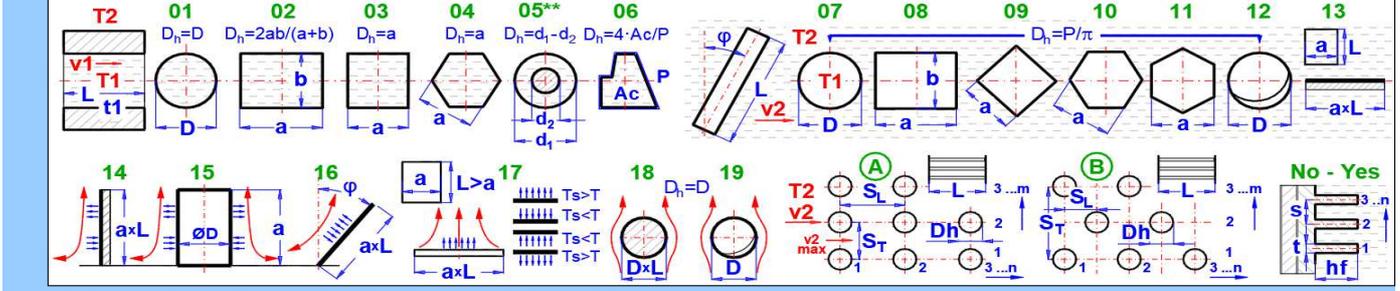


| | | |
|-----|----------------|--|
| 4.5 | Wandtyp | A. Ebenerige Wand |
| 4.6 | Materialgruppe | 2. Baumaterialien (B) |
| 4.7 | Material | 010-B. Zement, Kalkputz (ρ=1600; λ=0.7; Cp=1100) |

| | | | | | | | | | | |
|-----|---|----------------|--------------|------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------|
| 4.8 | Beschreibung und Definition der Schichtp. | Durchm. D [mm] | Dicke b [mm] | Dichte ρ [kg/m³] | eitfähigkeit λ [W/mK] | Kapazität Cp [J/kgK] | Widerstand R [m²K/W] | temperatur t [°C] | Gewicht m [kg/m²] | |
| 1 | Cement, lime plaster | 6998 | 10 | 1600 | 0.7 | 1100 | 0.014286 | 20.62374 | 16 | |
| 2 | Hollow brick | 7018 | 250 | 975 | 0.32 | 1000 | 0.78125 | 20.46673 | 243.75 | |
| 3 | Glass wool | 7518 | 30 | 35 | 0.032 | 1030 | 0.9375 | 11.8804 | 1.05 | |
| 4 | Cement, lime plaster | 7578 | 10 | 1600 | 0.7 | 1100 | 0.014286 | 1.576801 | 16 | |
| 5 | | 7598 | | | | | | 1.419794 | | |
| 6 | | 7598 | | | | | | | | |
| 7 | | 7598 | | | | | | | | |
| 8 | | 7598 | | | | | | | | |
| 9 | | 7598 | | | | | | | | |
| 10 | | 7598 | | | | | | | | |
| | | Σb(i) = | 300 | | | | ΣR(i) = | 1.747321 | Σm(i) = | 276.8 |



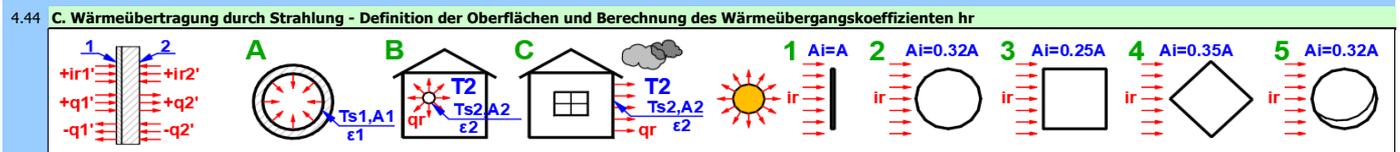
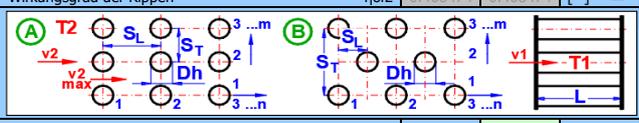
4.9 B. Wärmeübergang durch Konvektion - Definition von Flüssigkeiten und Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten hc



4.10 Häufig verwendete Kombinationen der Wärmeübertragung durch Konvektion

| | | |
|------|---|--|
| 4.11 | 12. Vertikale Platte - Freie Konvektion (14) <==> Plattenströmung - Forcierte Konvektion (13) | |
| 4.12 | 1. Medium - innere (linke) Seite | 2. Medium - äußere (rechte) Seite |
| 4.13 | Flüssigkeit / Gas | 17-G. Luft [250..1050K] |
| 4.14 | Temperatur der inneren (linken) Wandseite | Temperatur der äußeren (rechten) Wandseite |
| 4.15 | Definitionstemperatur | Definitionstemperatur |
| 4.16 | Dichte | Dichte |
| 4.17 | Dynamische Viskosität | Dynamische Viskosität |
| 4.18 | Spezifische Wärmekapazität | Spezifische Wärmekapazität |
| 4.19 | Wärmeleitfähigkeit | Wärmeleitfähigkeit |

| | | | | | | | | | | |
|------|---|------------------|----------|----------------------|---|--|------------------|----------------------|----------|------------------------|
| 4.20 | Volumenausdehnungskoeffizient | β | 3.38E-03 | [1/K] | Volumenausdehnungskoeffizient | β | 3.65E-03 | [1/K] | | |
| 4.21 | Kinematische Viskosität | ν | 15.42656 | [mm ² /s] | Kinematische Viskosität | ν | 13.44042 | [mm ² /s] | | |
| 4.22 | Strömungstyp, A-Erzwangene Konvektion, B-Freie Konvektion | | | | Strömungstyp, A-Erzwangene Konvektion, B-Freie Konvektion | | | | | |
| 4.23 | B - 14. Vertikale Platte (Heat Transfer Appl. for the PE) [1e3<Ra<1e13] | | | | A - 13. Platteumströmung (Heat Transfer Appl. for the PE) [Re<1e7, 0.1<Pr<1e3 (Turb.0.6<Pr<60)] | | | | | |
| 4.24 | Strömungsgeschwindigkeit, Durchfluss | v_1, m_1' | 0.001 | 0.014861 | [m/s, kg/s] | Strömungsgeschwindigkeit, Durchfluss | v_2, m_2' | 2 | 32.12061 | [m/s, kg/s] |
| 4.25 | Abmessung gemäß Abbildung | a | 2500 | 1000 | [mm] | Abmessung gemäß Abbildung | a | 2500 | 2500 | [mm] |
| 4.26 | Abmessung gemäß Abbildung | L | 5000 | 1000 | [mm] | Abmessung gemäß Abbildung | L | 5000 | 5000 | [mm] |
| 4.27 | Abmessung gemäß Abbildung | | 0 | 0 | | Abmessung gemäß Abbildung | | 0 | 0 | |
| 4.28 | Abmessung gemäß Abbildung | | 0 | 0 | | Abmessung gemäß Abbildung | | 0 | 0 | |
| 4.29 | Berippte Oberfläche | | | | Berippte Oberfläche | | | | | |
| 4.30 | Fläche der Rippen | At1 | 12.905 | | [m ²] | Fläche der Rippen | At2 | 114.29 | | [m ²] |
| 4.31 | Wirkungsgrad der Rippen | η_{of1} | 0.978347 | 0.978347 | [~] | Wirkungsgrad der Rippen | η_{of2} | 0.408474 | 0.408474 | [~] |
| 4.32 | Rohrbündel | | | | Rohrbündel | | | | | |
| 4.33 | Abstand zwischen den Rohren | ST, SL | 3183.099 | 3183.099 | [mm] | Abstand zwischen den Rohren | ST, SL | | | [mm] |
| 4.34 | Anzahl der Reihen / Anzahl der Spalten | m, n | 5 | 5 | [~] | Anzahl der Reihen / Anzahl der Spalten | m, n | | | [~] |
| 4.35 | Anzahl der Rohre im Bündel | N | 1 | 1 | [~] | Anzahl der Rohre im Bündel | N | | | [~] |
| 4.36 | Strömungsgeschwindigkeit zwischen den Rohrer | v_{2max} | 9.319585 | 9.319585 | [m/s] | Strömungsgeschwindigkeit zwischen den Rohrer | v_{2max} | | | [m/s] |
| 4.37 | Wärmeübertragende Fläche innen (links) | A1 | 12.5 | 12.5 | [m ²] | Wärmeübertragende Fläche außen (rechts) | A2 | 12.5 | 12.5 | [m ²] |
| 4.38 | Prandtl-Zahl | Pr, Prs | 0.716095 | 0.71202 | [~] | Prandtl-Zahl | Pr, Prs | 0.71968 | 0.72114 | [~] |
| 4.39 | Reynolds-Zahl, Re kritisch | Re, Recri | 0 | 1E+09 | [~] | Reynolds-Zahl, Re kritisch | Re, Recri | 372012.1 | 500000 | [~] |
| 4.40 | Grashof-Zahl, Rayleigh-Zahl | Gr, Ra | 9.52E+09 | 6.82E+09 | [~] | Grashof-Zahl, Rayleigh-Zahl | Gr, Ra | 4.4E+09 | 3.17E+09 | [~] |
| 4.41 | Nusselt-Zahl, Charakteristische Länge | Nu, a | 243.6238 | 2500 | [~], [mm] | Nusselt-Zahl, Charakteristische Länge | Nu, a | 362.9727 | 2500 | [~], [mm] |
| 4.42 | Wärmeübergangskoeffizient durch Konvektion | hc1 | 2.511393 | 2.51128 | [W/m ² /K] | Wärmeübergangskoeffizient durch Konvektion | hc2 | 3.501548 | 3.501548 | [W/m ² /K] |
| 4.43 | Wärmestrom - Konvektion (spezifisch, gesamt) | q_{c1}, Q_{c1} | 10.99051 | 137.3813 | [W/m ² , W] | Wärmestrom - Konvektion (spezifisch, gesamt) | q_{c2}, Q_{c2} | 4.971476 | 62.14345 | [W/m ² , W] |



4.45 **1. Oberfläche - Innere (linke) Seite**

4.46 Materialgruppe: 1. Metalle und Metalllegierungen (M)

4.47 Wandmaterial: 032-B. Granit: rau ($\epsilon = 0.9$)

4.48 Emissionsgrad: ϵ_1 0.900 0.900 [~]

4.49 **1. Abstrahlung - Innere (linke) Seite**

4.50 Abstrahlung von Wärme in den Raum: A. Nicht verwendet (geschlossener Raum...)

4.51 Abstrahlende Fläche innen (links): Ar1 12.5 12.5 [m²]

4.52 Wärmeübergangskoeffizient durch Strahlung: hr1 0 [W/m²/K]

4.53 Wärmestrom - Strahlung (spezifisch, gesamt): q_{r1}, Q_{r1} 0 0 [W/m², W]

4.54 **1. Bestrahlung - Innere (linke) Seite**

4.55 Intensität der einfallenden Strahlung: ir1 0 [W/m²]

4.56 Größe der bestrahlten Fläche: Ai1 1.25E+01 1=A [m²]

4.57 Wärmeübergangskoeffizient durch Strahlung: hi1 0 [W/m²/K]

4.58 Wärmestrom - Bestrahlung (\emptyset spezifisch, gesamt): q_{i1}, Q_{i1} 0 0 [W/m², W]

4.45 **2. Oberfläche - Äußere (rechte) Seite**

4.46 Materialgruppe: 7. Mineralien, Glas (N)

4.47 Wandmaterial: 045-B. Putz: rau ($\epsilon = 0.91$)

4.48 Emissionsgrad: ϵ_2 0.910 0.910 [~]

4.49 **2. Abstrahlung - Äußere (rechte) Seite**

4.50 Abstrahlung von Wärme in den Raum: B. Allgemeine Weltraumstrahlung

4.51 Abstrahlende Fläche außen (rechts): Ar2 12.5 12.5 [m²]

4.52 Wärmeübergangskoeffizient durch Strahlung: hr2 4.23937 [W/m²/K]

4.53 Wärmestrom - Strahlung (spezifisch, gesamt): q_{r2}, Q_{r2} 6.019031 75.23788 [W/m², W]

4.54 **2. Bestrahlung - Äußere (rechte) Seite**

4.55 Intensität der einfallenden Strahlung: ir2 0 [W/m²]

4.56 Größe der bestrahlten Fläche: Ai2 12.5 1=A [m²]

4.57 Wärmeübergangskoeffizient durch Strahlung: hi2 0 [W/m²/K]

4.58 Wärmestrom - Bestrahlung (\emptyset spezifisch, gesamt): q_{i2}, Q_{i2} 0 0 [W/m², W]

4.59 **Ergebnisse der Wärmeübertragung**

4.60 **Konvektion + Abstrahlung + Bestrahlung**

4.61 Wärmeübergangskoeffizient: hcrl 2.511393 [W/m²/K]

4.62 Wärmestrom - gesamt (spezifisch, gesamt): q_{cr1}, Q_{cr1} 10.99051 137.3813 [W/m², W]

4.63 **Gesamtwärmedurchgangskoeffizient U, Gesamtwärmeübergangswiderstand R**

4.64 Innere (linke) Fläche: U1, R1 0.43962 2.274691 [W/m²/K, m²/K/W]

4.65 Zylindrische Wand: Ucy1, Rcy1 1.099051 0.909876 [W/m²/K, m²/K/W]

4.66 Kugelförmige Wand: Ushp1, Rshp1 5.495253 0.181975 [W/K, K/W]

4.67 Wärmewiderstand der Wand (nur die Wand): Rwall 1.747321 [m²/K/W]

4.68 **Erwärmung / Abkühlung des Arbeitsmediums**

4.69 Durchflussquerschnitt: Af1 1.25E+01 12.5 [m²]

4.70 Dichte: Rho 1.180158 1.180158 [kg/m³]

4.71 Spezifische Wärmekapazität: Cp 1006.314 1006.314 [J/kg/K]

4.72 Durchfluss: m' 0.014752 [kg/s]

4.73 Eingangs- / Ausgangstemperatur: Tin1, Tout1 25 17.266 [°C]

4.74 Wärmestrom - Mittel (spezifisch, gesamt): q_{s1}, Q_{s1} 9.184974 114.8122 [W/m², W]

4.60 **Konvektion + Abstrahlung + Bestrahlung**

4.61 Wärmeübergangskoeffizient: hcrl 2.511393 [W/m²/K]

4.62 Wärmestrom - gesamt (spezifisch, gesamt): q_{cr2}, Q_{cr2} 10.99051 137.3813 [W/m², W]

4.63 **Gesamtwärmedurchgangskoeffizient U, Gesamtwärmeübergangswiderstand R**

4.64 Äußere (rechte) Fläche: U2, R2 0.43962 2.274691 [W/m²/K, m²/K/W]

4.65 Zylindrische Wand: Ucy2, Rcy2 1.099051 0.909876 [W/m²/K, m²/K/W]

4.66 Kugelförmige Wand: Ushp2, Rshp2 5.495253 0.181975 [W/K, K/W]

4.68 **Erwärmung / Abkühlung des Arbeitsmediums**

4.69 Durchflussquerschnitt: Af2 1.25E+01 12.5 [m²]

4.70 Dichte: Rho 1.288172 1.288172 [kg/m³]

4.71 Spezifische Wärmekapazität: Cp 1005.064 1005.064 [J/kg/K]

4.72 Durchfluss: m' 90000 [m³/h]

4.73 Eingangs- / Ausgangstemperatur: Tin2, Tout2 0 0.003547 [°C]

4.74 Wärmestrom - Mittel (spezifisch, gesamt): q_{s2}, Q_{s2} 9.184974 114.8122 [W/m², W]

4.75 **Speicherung der Lösung der Wärmeübertragung durch die Wand**

4.76 Name der Lösung: Structural wall (brick)

4.77 Structural wall (brick)

4.78 T1=25 (Luft) => |300mm| => T2=0 (Luft); U1=0.44; q1=11; q2=11

4.79 Structural wall: Plaster, brick, insulation, plaster

4.80 **Laden der Lösung der Wärmeübertragung durch die Wand**

4.81 Auswahl der Lösung: 16 Datum: 20250808 - 17:04:31

4.82 Structural wall (brick) [T1=25 (Air) => |300mm| => T2=0 (Air); U1=0.44; q1=11; q2=11]

4.83 T1=25 (Air) => |300mm| => T2=0 (Air); U1=0.44; q1=11; q2=11

4.84 Structural wall: Plaster, brick, insulation, plaster

4a.0 **Definition und Berechnung der Rippenwand**

4a.1 **1. Rippenstyp - Innenseite (links)**

4a.2 Wärmeleitfähigkeit des Rippenmaterials: λ 0.7 [W/(m.K)]

4a.3 Wärmeübergangskoeffizient: hc1 2.511393 [W/m²/K]

4a.4 Wandtemperatur, Medientemperatur: Ts1, T1 20.62374 25 [°C]

4a.5 Breite des Rippenfeldes: a 50 5000 [mm]

4a.6 Rippenprofil: A. Rechteck

4a.7 Rippendicke: t 38 38 [mm]

4a.8 Rippenhöhe: hf 100 100 [mm]

4a.1 **2. Rippenstyp - Außenseite (rechts)**

4a.2 Wärmeleitfähigkeit des Rippenmaterials: λ 0.7 [W/(m.K)]

4a.3 Wärmeübergangskoeffizient: hc2 3.501548 [W/m²/K]

4a.4 Wandtemperatur, Medientemperatur: Ts2, T2 1.419794 0 [°C]

4a.5 Breite des Rippenfeldes: a 5000 5000 [mm]

4a.6 Rippenprofil: A. Rechteck

4a.7 Rippendicke: t 3 38 [mm]

4a.8 Rippenhöhe: hf 45 100 [mm]

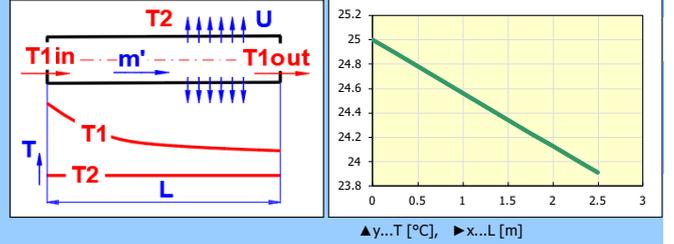
| | | | | | | | | | |
|--|---------|----------|----------|------------------------|--|---------|---------|----------|------------------------|
| 4a.9 Rippenabstand | s | 86 | 86 | [mm] | Rippenabstand | s | 10.7 | 100 | [mm] |
| 4a.10 Anzahl der Rippen im Rippenfeld | n | 1 | =< 1 | [~] | Anzahl der Rippen im Rippenfeld | n | 468 | =< 468 | [~] |
| 4a.11 Fläche einer Rippe / Gesamtfläche | Af, At | 0.595 | 12.905 | [m ²] | Fläche einer Rippe / Gesamtfläche | Af, At | 0.2325 | 114.29 | [m ²] |
| 4a.12 Parameter x, Rippenwirkungsgrad | x, ηf | 1.2614 | 0.5304 | [~] | Parameter x, Rippenwirkungsgrad | x, ηf | 1.9302 | 0.3787 | [~] |
| 4a.13 Gesamtwirkungsgrad der berippten Fläche | ηof | 0.9783 | | [~] | Gesamtwirkungsgrad der berippten Fläche | ηof | 0.4085 | | [~] |
| 4a.14 Wärmestrom - gesamt (spezifisch, gesamt) | q1', Q1 | 10.75253 | 138.7614 | [W/m ² , W] | Wärmestrom - gesamt (spezifisch, gesamt) | q2', Q2 | 2.03072 | 232.0909 | [W/m ² , W] |

5.0 Longitudinale Temperaturänderung in der Rohrleitung, Temperaturänderung und Abkühlzeit im Speicher (ISO 12241)

| | | |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 5.1 Arbeitsmedium | 01-L. Wasser [0...350C] | |
| 5.2 Definitionstemperatur | Tdef | 25 25 [°C] |
| 5.3 Spezifische Wärmekapazität | Cp | 4187.655 4187.655 [J/kg/K] |

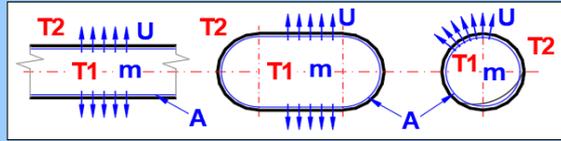
5.4 Berechnung der longitudinalen Temperaturänderung in der Rohrleitung

| | | | | |
|---|-------|--------------|----------|-----------------------|
| 5.5 Temperatur des Mediums am Rohreingang | T1in | 25 | 25 | [°C] |
| 5.6 Umgebungstemperatur | T2 | 0 | 0 | [°C] |
| 5.7 Massenstrom durch die Rohrleitung | m' | 0.014752 | 0.014752 | [kg/s] |
| 5.8 Wärmedurchgangskoeffizient (Zylinder) | Ucyl | 1.099051 | 1.099051 | [W/m ² /K] |
| 5.9 Abstand vom Rohrfang | L | 2.5 | 2.5 | [m] |
| 5.10 Temperatur des Mediums am Punkt L | T1out | 23.9124 | | [°C] |
| 5.11 Leistung Verlust (-) / Gewinn (+) | Pw | -0.067185479 | | [kW] |

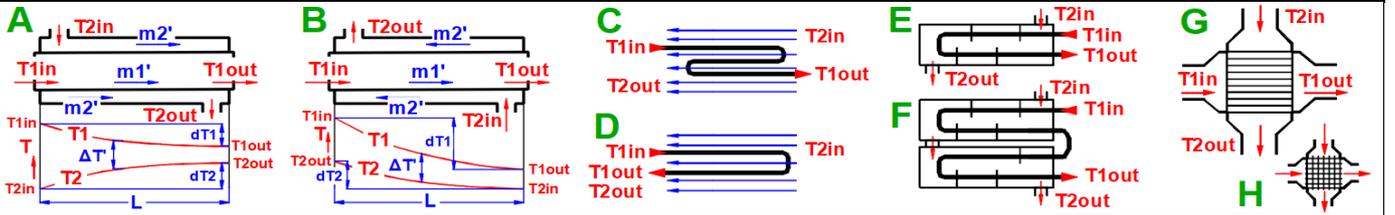


5.12 Temperaturänderung und Abkühlzeit in Rohrleitungen und Speichern

| | | | | |
|---|------|--------------|---------|-----------------------|
| 5.13 Anfangstemperatur des Mediums | T1s | 25 | 25 | [°C] |
| 5.14 Endtemperatur des Mediums | T1e | 20 | 0~25 | [°C] |
| 5.15 Umgebungstemperatur | T2 | 0 | 0 | [°C] |
| 5.16 Masse des Mediums im Speicher | m | 0.85 | | [kg] |
| 5.17 Wärmedurchgangskoeffizient (Fläche) | U | 0.43962 | 0.43962 | [W/m ² /K] |
| 5.18 Innenfläche des Speichers oder der Rohrleitung | A | 12.5 | 12.5 | [m ²] |
| 5.19 Zeit für Abkühlung / Erwärmung | Time | 144.54 | | [s] |
| 5.20 Zeit für Abkühlung / Erwärmung | Time | 0-0:2:24.54 | | [d-h:m:s] |
| 5.21 Energie Verlust (-) / Gewinn (+) | E | -0.004943763 | | [kWh] |



6.0 Wärmeübertrager



| | |
|--|---|
| 6.1 Wärmeübertrager-Typ | A. Parallelstrom-Wärmetauscher (Rohr-in-Rohr) |
| 6.2 Parameter laden (Auswahl aus gespeicherten Wanddefinitionen / aktuelle Definition) | |
| 6.3 Liste der definierten Wände | 8 Example 16: Oil/water heat exchanger calculation of heat transfer coefficient U [T1=20 (Water) => >1.5mm] => T2=98 (SAE 10W); U1=41.421; q1=-3231 |
| 6.4 Aktuelle Parameter aus Abschnitt 4.0 (Wanddefinition) laden | |

| | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|
| 6.5 Arbeitsmedium 1 | 01-L. Wasser [0...350C] | | | |
| 6.6 Definitionstemperatur | Tdef1 | 25.4981 | 25.4981 | [°C] |
| 6.7 Spezifische Wärmekapazität | Cp1 | 4187.919 | 4187.919 | [J/kg/K] |

| | | | | |
|--|----------|----------|----------|--------|
| 6.8 Berechnung und Parameter des Arbeitsmediums | | | | |
| 6.9 Massenstrom | m1' | 0.25 | 0.25 | [kg/s] |
| 6.10 Eintrittstemperatur | T1in | 20 | 20 | [°C] |
| 6.11 Austrittstemperatur | T1out | 30.9962 | 30.9962 | [°C] |
| 6.12 Temperaturdifferenz | dT1, ΔT1 | 10.9962 | 25.4981 | [°C] |
| 6.13 Wärmestrom | Q1 | 11.513 | | [kW] |
| 6.14 Berechnung der mittleren logarithmischen Temperaturdifferenz (LMTD) | | | | |
| 6.15 Wärmekapazitätsstrom | C1, C2 | 1046.98 | 319.8 | [W/K] |
| 6.16 Koeffizienten R, P | R, P | 0.30545 | 0.461538 | [~] |
| 6.17 LMTD-Korrekturfaktor | ε | 1 | 1 | [~] |
| 6.18 Mittlere logarithmische Temperaturdifferenz (LM) | ΔT' | -50.9389 | | [°C] |

| | | | | |
|----------------------------|--------------------------|------|------|----------|
| Arbeitsmedium 2 | 13-L. SAE 10W [0...100C] | | | |
| Definitionstemperatur | Tdef2 | 80 | 80 | [°C] |
| Spezifische Wärmekapazität | Cp2 | 2132 | 2132 | [J/kg/K] |

| | | | | |
|---|----------|---------|------|--------|
| Ersetzen | | | | |
| Berechnung und Parameter des Arbeitsmediums | | | | |
| Massenstrom | m2' | 0.15 | 0.15 | [kg/s] |
| Eintrittstemperatur | T2in | 98 | 98 | [°C] |
| Austrittstemperatur | T2out | 62 | 62 | [°C] |
| Temperaturdifferenz | dT2, ΔT2 | -36 | 80 | [°C] |
| Wärmestrom | Q2 | -11.513 | | [kW] |

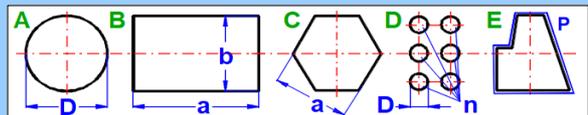
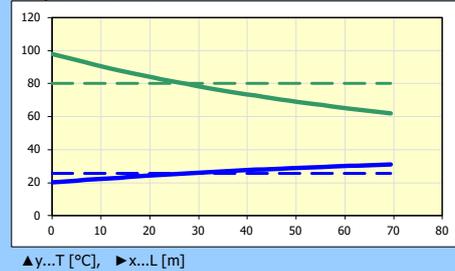
6.19 Wahl und Berechnung der Wärmeübertrager-Parameter

| | | | | |
|---|---------------------|-------------|----------|-----------------------|
| 6.20 Erforderliche Rohrlänge des Wärmetauschers | B. Rohr (Rohrlänge) | | | |
| 6.21 Wärmeübergangskoeffizient (Zylinder) | Ucyl | 3.253179 | 3.253179 | [W/m ² /K] |
| 6.22 Rohrlänge | L | 69.47414526 | | [m] |
| 6.23 Berechnung der Austrittstemperatur in Abhängigkeit von der Rohrlänge | | | | |
| 6.24 Rohrlänge | L | 0.5 | | [m] |
| 6.25 Austrittstemperatur | T1out, T2out | 20.12078 | 97.60459 | [°C] |

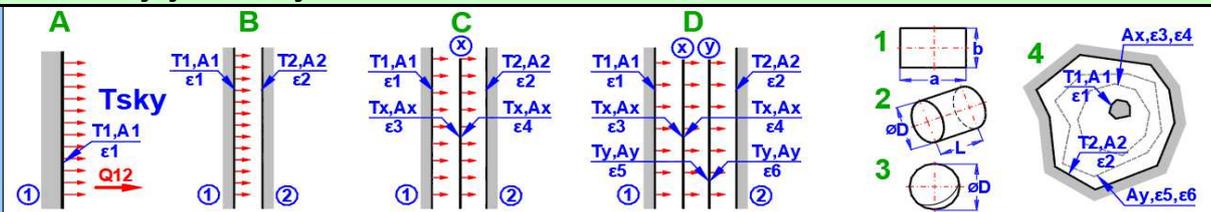
6.27 Umrechnung von Rohrlänge in Fläche

| | | | | |
|---|------------------------------|-------------|----------|-----------------------|
| 6.28 Rohrquerschnitt | D. Rohrquerschnitt ... Kreis | | | |
| 6.29 Rohrlänge | L | 69.47415 | 69.47415 | [m] |
| 6.30 Innendurchmesser des Rohrs | D | 0.3 | 0.3 | [mm] |
| 6.31 Anzahl der Rohre | n | 1 | 1 | [~] |
| 6.32 Wärmeübertragungsfläche | A | 0.065477839 | | [m ²] |
| 6.33 Bestimmung des Gesamtwärmedurchgangskoeffizienten bei Betriebsverzug | | | | |
| 6.34 U - saubere Oberfläche | Uc | 41.42077 | 41.42077 | [W/m ² /K] |
| 6.35 Verschmutzungsfaktor | Rf | 1 | | [m ² K/W] |
| 6.36 U - verschmutzte Oberfläche | Ud | 0.976427 | Δ=-98% | [W/m ² /K] |

6.15a Temperaturverläufe



7.0 Wärmeübertragung durch Strahlung

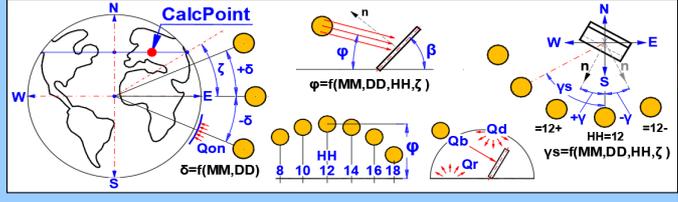
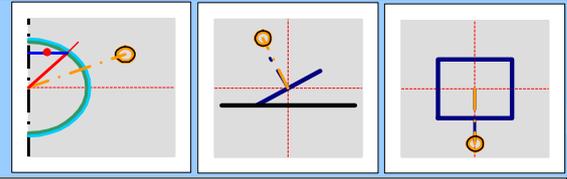


| | | | | | | |
|------|--|--|----------|----------|---|------|
| 7.1 | Aufgabentypen | B. Zwei parallele Flächen | | | | |
| 7.2 | Oberfläche Nummer 1 | = > = | | | | |
| 7.3 | Materialgruppe | 1. Metalle und Metalllegierungen (M) | | | | |
| 7.4 | Wandmaterial | 199-M. Edelstahl: Typ 18-8, poliert ($\epsilon = 0.10 - 0.19$) | | | | |
| 7.5 | Emissionsgrad der Wand | $\epsilon 1$ | 0.93 | 0.15 | [~] <input type="checkbox"/> | |
| 7.6 | Wandtemperatur | T1 | 200 | 27 | [°C] | |
| 7.7 | Flächenberechnung | 2. Zylindrische Fläche ($\pi \cdot D \cdot L$) | D1,L1 | 200 | 1000 | [mm] |
| 7.8 | Wandfläche | A1 | 0.628319 | 0.628319 | [m ²] <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 7.9 | Abschirmfolie X | | | | | |
| 7.10 | Emissionsgrad der Abschirmung | $\epsilon 3, \epsilon 4$ | 0.05 | 0.05 | [~] | |
| 7.11 | Flächenberechnung | D_x, L_x | 1900 | 1000 | [mm] | |
| 7.12 | Folienfläche | A_x | 5.969026 | 5.969026 | [m ²] <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 7.13 | Folientemperatur | T_x | ~ | ~ | [°C] | |
| 7.14 | Wärmestrom (spezifisch, gesamt) | q12',Q12 | 2180.757 | 1370.21 | [W/m ² ,W] | |
| 7.15 | Wärmeübertragungskoeffizient durch Str: | hr12 | 12.11532 | | [W/m ² /K] | |

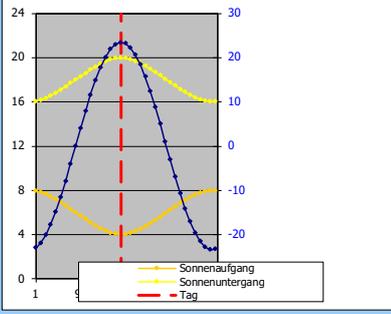
| | | | | |
|--|--|-----------|----------|---|
| Materialgruppe | 1. Metalle und Metalllegierungen (M) | | | |
| Wandmaterial | 199-M. Edelstahl: Typ 18-8, poliert ($\epsilon = 0.10 - 0.19$) | | | |
| Emissionsgrad der Wand | $\epsilon 2$ | 0.736 | 0.15 | [~] <input type="checkbox"/> |
| Wandtemperatur | T2 | 20 | | [°C] |
| Flächenberechnung | D2,L2 | 2000 | 1000 | [mm] |
| Wandfläche | A2 | 6.283185 | 6.283185 | [m ²] <input checked="" type="checkbox"/> |
| Abschirmfolie Y | | | | |
| Emissionsgrad der Abschirmung | $\epsilon 5, \epsilon 6$ | 0.33 | 0.6 | [~] |
| Flächenberechnung | D_y, L_y | 1000 | 1000 | [mm] |
| Folienfläche | A_y | 3.141593 | 3.141593 | [m ²] <input checked="" type="checkbox"/> |
| Folientemperatur | T_y | ~ | ~ | [°C] |
| Wärmestrom (spezifisch, gesamt) | q21',Q21 | -218.0757 | -1370.21 | [W/m ² ,W] |
| Wärmeübertragungskoeffizient durch Str: | hr21 | 1.211532 | | [W/m ² /K] |

8.0 Sonneneinstrahlung [8.0]

| | | | | | | | |
|------|---|--------------------|----------|----------|-------|-------|---|
| 8.1 | Sonneneinstrahlung | MM:8 | DD:21 | HH:18.98 | | | |
| 8.2 | Monat (1-12), Tag (1-31) | MM,DD | 6 | 21 | 5 | [m,d] | |
| 8.3 | Stunde (0-24), Breitengrad (± 90) | HH, ζ | 12 | 1 | 48.9 | 5 | [h],[°] |
| 8.4 | Flächeneigung (0-90), Flächenazimut (± 180) | β, γ | 30 | 5 | 0 | 5 | [°],[°] |
| 8.5 | Sonnenaufgang, Sonnenuntergang, Beleuchtung | h_1, h_2, h_3 | 4:0 | 19:59 | 15:58 | | [h:m] |
| 8.6 | Sonnenelevation (Winkel über dem Horizont), Di | ϕ, δ | 64.54978 | 23.44978 | | | [°] |
| 8.7 | Strahlungsleistung der Sonne (Solarkonstante) | Qon | 1322.624 | 1322.624 | | | [W/m ²] <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8.8 | Höhe über dem Meeresspiegel | Alt | 35 | 0 | | | [m] |
| 8.9 | Luftverschmutzungskoeffizient (1.5-6) | Z | 5 | 5 | | | [~] |
| 8.10 | Azimut der Sonne, Winkel der Sonne zur Fläche | γ_s, θ | 0 | 4.549783 | | | [°] |
| 8.11 | Strahlungsleistung auf definierter / senkrechter Fl | QbT,Qbn | 775.0822 | 777.5324 | | | [W/m ²] |
| 8.12 | Diffuse Strahlung auf definierter / horizontaler Fl | QdT,Qd | 151.5441 | 162.4244 | | | [W/m ²] |
| 8.13 | Reflexionsvermögen des Geländes (Albedo) | Rhog | 0.2 | 0.2 | | | [~] <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8.14 | Reflektierte Sonneneinstrahlung auf eine gegebte | QrT | 11.58216 | | | | [W/m ²] |
| 8.15 | Flächengröße | As | 1 | | | | [m ²] |
| 8.16 | Gesamte Sonneneinstrahlung (QbT+QdT+QrT) | QT,QTs | 938.2084 | 938.2084 | | | [W/m ² ,W] |
| 8.17 | Wirkungsgrad der Energieumwandlung | Eff | 100 | 100 % | | | [%] |
| 8.18 | Flächenleistung | Q,Qs | 938.2084 | 938.2084 | | | [W/m ² ,W] |
| 8.19 | Tägliche Flächenleistung | Pw,Pws | 8.019433 | 8.019433 | | | [kWh/m ² ,kWh] |

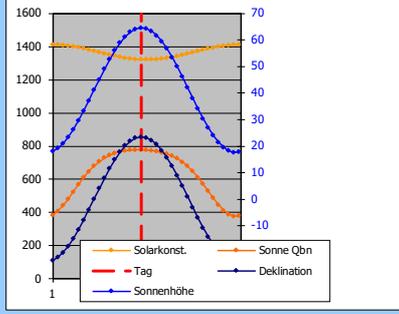


8.20 Sonnenaufgang, Sonnenuntergang, Deklination (Jah)



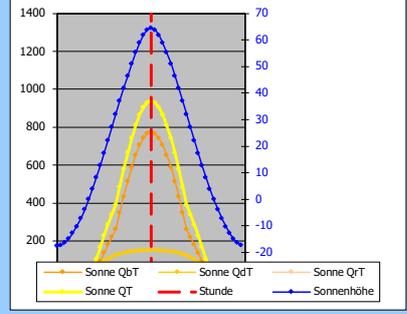
X:Tag, yL:Stunde, yR:Winkel

8.21 Elevation und Sonneneinstrahlung (Jahr)



X:Tag, yL:Leistung, yR:Winkel

8.22 Tageswerte



X:Stunde, yL:Leistung, yR:Winkel