

nach Kosler, W.: Manuskript zur E DIN 4108-3:1998-10, NA Bauwesen (NABau) im DIN - Deutsches Institut für Normung vom 28.10.1998
 Hinweise: DIN 4108-1 muß im Juli 1999 aufgrund von DIN EN ISO 7345 und DIN EN ISO 9346 zurückgezogen werden.
 Änderungen in den Symbolen sind grau unterlegt.

Bisheriges Symbol	Bauphysikalische Größe	Genormtes Symbol	Geltende Norm
<i>s</i>	Dicke	<i>d</i>	DIN EN ISO 6946
<i>A</i>	Fläche	<i>A</i>	DIN EN ISO 7345
<i>V</i>	Volumen	<i>V</i>	– " –
<i>m</i>	Masse	<i>m</i>	– " –
<i>r</i>	(Roh-)Dichte	<i>r</i>	– " –
<i>t</i>	Zeit	<i>t</i>	– " –
<i>J</i>	Celsius-Temperatur	θ	– " –
<i>T</i>	thermodynamische Temperatur	<i>T</i>	– " –
<i>Q</i>	Wärmemenge	<i>Q</i>	– " –
\dot{Q}	Wärmestrom	<i>F</i>	– " –
<i>q</i>	Wärmestromdichte	<i>q</i>	– " –
<i>l</i>	Wärmeleitfähigkeit	<i>l</i>	– " –
<i>L</i>	Wärmedurchlaßkoeffizient	<i>L</i>	– " –
<i>l/L</i>	Wärmedurchlaßwiderstand	<i>R</i>	– " –
<i>a</i>	Wärmeübergangskoeffizient	<i>h</i>	– " –
<i>l/a_i</i>	Wärmeübergangswiderstand, innen	<i>R_{si}</i>	DIN EN ISO 6946
<i>l/a_a</i>	Wärmeübergangswiderstand, außen	<i>R_{se}</i>	– " –
<i>k</i>	Wärmedurchgangskoeffizient	<i>U</i>	DIN EN ISO 7345
<i>l/k</i>	Wärmedurchgangswiderstand	<i>R_T</i>	DIN EN ISO 6946
<i>z</i>	Reduktionsfaktor einer Sonnenschutzvorrichtung	<i>S</i>	EN 832
<i>p</i>	Wasserdampfdruck	<i>p</i>	DIN EN ISO 9346
<i>j</i>	relative Luftfeuchte	ϕ	– " –
<i>u_m</i>	massebezogener Feuchtegehalt	<i>u</i>	– " –
<i>u_v</i>	volumenbezogener Feuchtegehalt	<i>y</i>	– " –
<i>D</i>	Diffusionskoeffizient/Feuchtestrom	<i>D</i>	– " –
<i>I</i>	Wasserdampf-Diffusionsstrom	<i>G</i>	– " –
<i>i</i>	Wasserdampf-Diffusionsstromdichte	<i>g</i>	– " –
<i>D</i>	Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßkoeffizient	<i>W</i>	– " –
<i>l/D</i>	Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßwiderstand	<i>Z</i>	– " –
<i>d</i>	Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient	<i>d</i>	– " –
<i>m</i>	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	<i>m</i>	– " –
<i>w</i>	Wasseraufnahmekoeffizient	<i>w</i>	DIN 52617
<i>W_T</i>	flächenbezogene Tauwassermasse	<i>m_{W,T}</i>	E DIN 4108-3
<i>W_V</i>	verdunstende Wassermasse	<i>m_{W,V}</i>	– " –



s_d	(wasserdampf-)diffusionsäquivalente Luftschichtdicke	s_d	E DIN EN ISO 12572
-------	--	-------	--------------------

Bisherige Indizes	Indizes für bauphysikalische Größen	Genormte Indizes	Geltende Norm
<i>i</i>	innen	<i>i</i>	DIN EN ISO 7345
<i>a</i>	außen	<i>e</i>	– " –
<i>L</i>	Luft bzw. angrenzende Umgebung	<i>a</i>	
<i>o</i>	Oberfläche	<i>s</i>	– " –
<i>oi</i>	innere Bauteiloberfläche	<i>si</i>	– " –
<i>oa</i>	äußere Bauteiloberfläche	<i>se</i>	– " –
-	gas/ luftgefüllter Raum	<i>g</i>	– " –
<i>j</i>	Schichtnummer	<i>j</i>	– " –
-	Gesamtanzahl der Schichten	<i>n</i>	– " –
-	Abschnitte	<i>m</i>	– " –
-	absolut, Oberfläche zu Oberfläche	<i>t</i>	– " –
<i>L</i>	Wärmeleitung	<i>cd</i>	– " –
<i>K</i>	Konvektion	<i>cv</i>	– " –
<i>S</i>	Strahlung	<i>r</i>	– " –
-	Kontakt	<i>c</i>	– " –

Weitere Indizes sind den unten aufgeführten Normen zu entnehmen.



Hinweis: DIN 4108-1 muß im Juli 1999 aufgrund von DIN EN ISO 7345 und DIN EN ISO 9346 zurückgezogen werden.

DIN EN ISO 7345 : 1996-01: Wärmeschutz - Physikalische Größen und Definitionen

Ersatz für: Teile der DIN 4108-1 : 1981-08

Neuerungen: größere Anzahl von Begriffen und zugehörigen Definitionen
neue Symbole für Wärmestrom F , Wärmedurchlaßwiderstand R , Wärmeübergangs-
koeffizient h , Wärmedurchgangskoeffizient U , Celsius-Temperatur ϑ
Definition von Indizes für innen, außen, Oberfläche etc.
umfangreiche Erläuterung des Begriffes Wärmeleitfähigkeit

DIN EN ISO 9346 : 1996-08: Wärmeschutz - Stofftransport - Physikalische Größen und Definitionen

Ersatz für: Teile der DIN 4108-1 : 1981-08

Neuerungen: größere Anzahl von Begriffen und zugehörigen Definitionen
neue Symbole für relative Luftfeuchte φ , massebezogener Feuchtegehalt u , volumenbe-
zogener Feuchtegehalt y , Wasserdampf-Diffusionsstrom G , Wasserdampf-Diffusions-
stromdichte g , Wasserdampf-Diffusionsdurchlaßkoeffizient W , Wasserdampf-Diffusions-
durchlaßwiderstand Z
Definition von Indizes für Dampf, Wasser, Sättigung etc.

**DIN EN ISO 6946 : 1996-11: Bauteile - Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient -
Berechnungsverfahren**

Ersatz für: Teile der DIN 4108-5 : 1981-08, insbesondere für die Abschnitte 3, 4, 5 und 10

Neuerungen: Berechnung des Wärmedurchlaßwiderstandes von Luftschichten,
Berechnung des Wärmedurchgangswiderstandes mehrschichtiger Bauteilen
Berechnung des Wärmeübergangswiderstandes
Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten keilförmiger Schichten
Korrekturen des Wärmedurchgangskoeffizienten

**(Entwurf) prEN 832, Ausgabe:1998-02: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung
des Heizenergiebedarfs - Wohngebäude**

Neuerungen: Berechnung des Wärmeverlustes eines Gebäudes,
Berechnung der benötigten jährlichen Wärmemenge
Berechnung der erforderlichen jährlichen Heizenergie

weitere wichtige Normen siehe z.B.:

Wetzell O.W. (Hrsg.): Wendehorst R.: *Bautechnische Zahlentafeln*, 28. Aufl., Stuttgart, 1998, S. 118f.

Schneider K.-J. (Hrsg.): *Bautabellen für Ingenieure*, 13. Aufl., Düsseldorf, 1998, S. 15.25ff.

Hohmann R., Setzer M.J.: *Bauphysikalische Formeln und Tabellen*, 3. Aufl., Düsseldorf, 1997, S. 387ff.

nach Abschnitt

5.2 Wärmeübergangswiderstände

Tabelle 1: Wärmeübergangswiderstände, in m²K/W

	Richtung des Wärmestromes		
	Aufwärts	Horizontal	Abwärts
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

ANMERKUNG: Tabelle 1 enthält Bemessungswerte. Für die Angabe des Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen und anderen Fällen, in denen von der Richtung des Wärmestromes unabhängige Werte gefordert werden, wird empfohlen, die Werte für horizontalen Wärmestrom zu verwenden

nach Anhang

A.1 Ebene Oberflächen

**Der Wärmeübergangswiderstand ergibt sich
 (näherungsweise) nach:**

$$R_s = \frac{1}{h_c + h_r} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist:

h_c der Wärmeübergangskoeffizient durch Konvektion;

h_r der Wärmeübergangskoeffizient durch Strahlung;

und

$$h_r = e \cdot h_{r0} \quad (\text{A.2})$$

$$h_{r0} = 4 \cdot s \cdot T_m^3 \quad (\text{A.3})$$

Dabei ist:

e der Emissionsgrad der Oberfläche;

h_{r0} der Wärmeübergangskoeffizient durch Strahlung eines schwarzen Körpers (siehe Tabelle A.1);

s die Stefan-Boltzmann-Konstante
 [5,67 x 10⁻⁸ W/m²K⁴];

T_m die mittlere thermodynamische Temperatur der Oberfläche und ihrer Umgebung.

Tabelle A.1: Werte des Wärmeübergangskoeffizienten durch Strahlung h_{r0} eines schwarzen Körpers

Temperatur °C	h_{r0} W/m ² K
-10	4,1
0	4,6
10	5,1
20	5,7
30	6,3



Bei Innenoberflächen ist $h_c = h_{ci}$.

Dabei ist:

- für Wärmestrom aufwärts: $h_{ci} = 5,0 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- für Wärmestrom horizontal: $h_{ci} = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- für Wärmestrom abwärts: $h_{ci} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Bei Außenoberflächen ist $h_c = h_{ce}$. Dabei ist:

$$h_{ce} = 4 + 4 \cdot v \quad (\text{A.4})$$

und v ist die Windgeschwindigkeit über der Oberfläche in m/s.

In Tabelle A.2 sind verschiedene Werte des äußeren Wärmeübergangswiderstandes R_{se} für verschiedene Windgeschwindigkeiten angegeben.

Windgeschwindigkeit m/s	R_{se} m ² K/W
1	0,08
2	0,06
3	0,05
4	0,04
5	0,04
7	0,03
10	0,02

ANMERKUNG: Die in 5.2. angegebenen Werte für den inneren Wärmeübergangswiderstand werden für $e = 0,9$ und mit h_{r0} bei 20°C berechnet. Der in 5.2. angegebene Wert für den äußeren Wärmeübergangswiderstand wurde für $e = 0,9$ berechnet und h_{r0} bei 0°C und für $v = 4 \text{ m/s}$ ermittelt.

Tabelle A.2: Werte von R_{se} für unterschiedliche Windgeschwindigkeiten

nach Abschnitt

5.3 Wärmedurchlaßwiderstand von Luftschichten

Tabelle 2: Wärmedurchlaßwiderstand, in m²K/W, von ruhenden Luftschichten – Oberflächen mit hohem Emissionsgrad

Dicke der Luftschicht mm	Richtung des Wärmestromes		
	Aufwärts	Horizontal	Abwärts
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

ANMERKUNG: Zwischenwerte können mittels linearer Interpolation ermittelt werden.

nach Anhang

B.2 Unbelüftete Lufträume mit einer Länge und Breite von mehr als dem 10fachen der Dicke

Der Wärmedurchlaßwiderstand eines Luftraums ergibt sich nach:

$$R_g = \frac{1}{h_a + h_r} \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist:

R_g der Wärmedurchlaßwiderstand des Luftraums;

h_a der Wärmeübergangskoeffizient durch Leitung/Konvektion;

h_a ergibt sich wie folgt:

– Für Wärmestrom horizontal:

h_a ist der größere der Werte von $1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $0,025/d \text{ W/m}^2\text{K}$;

– für Wärmestrom aufwärts:

h_a ist der größere der Werte von $1,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $0,025/d \text{ W/m}^2\text{K}$;

– für Wärmestrom abwärts:

h_a ist der größere der Werte von $0,12 d^{-0,44} \text{ W/m}^2\text{K}$ und $0,025/d \text{ W/m}^2\text{K}$;

wobei d die Dicke des Luftraumes (in m in Wärmestromrichtung) ist.

h_r der Wärmeübergangskoeffizient durch Strahlung;

h_r ergibt sich nach:

$$h_r = E \cdot h_{r0} \quad (\text{B.2})$$

Dabei ist:

E der Strahlungsaustauschgrad

$$E = \frac{1}{1/e_1 + 1/e_2 - 1} \quad (\text{B.3})$$

mit den hemisphärischen Emissionsgraden der den Luftraum begrenzenden Flächen e_1 , e_2 (der Bemessungswert der Emissionsgrade sollte alle Einflüsse der Oberflächenalterung berücksichtigen)

und

h_{r0} der Wärmeübergangskoeffizient durch Strahlung für einen schwarzen Körper (siehe Tabelle A.1).

nach Abschnitt

5.1 Wärmedurchlaßwiderstand homogener Schichten

Der Wärmedurchlaßwiderstand R einer Schicht wird bestimmt nach:

$$R = \frac{d}{l} \quad (1)$$

Dabei ist:

d die Dicke einer Schicht im Bauteil;

l der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Stoffes.

nach Abschnitt

6.1 Wärmedurchgangswiderstand eines Bauteiles aus homogenen Schichten

Der Wärmedurchgangswiderstand R_T eines ebenen Bauteiles aus thermisch homogenen Schichten senkrecht zum Wärmestrom berechnet sich nach folgender Gleichung :

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (3)$$

Dabei ist:

R_{si} der innere Wärmeübergangswiderstand;

R_1, R_2, \dots, R_n Bemessungswerte des Wärmedurchlaßwiderstandes jeder Schicht (nach Abschnitt 5.1);

R_{se} der äußere Wärmeübergangswiderstand.

nach Abschnitt

6.2 Wärmedurchgangswiderstand eines Bauteiles aus homogenen und inhomogenen Schichten

Zur Berechnung des Wärmedurchgangswiderstandes eines Bauteiles aus thermisch homogenen und inhomogenen Schichten wird das Bauteil

senkrecht zu den Bauteiloberflächen in q *Abschnitte* mit den Indizes $m = a, b, c, \dots, q$ und

parallel zu den Bauteiloberflächen in n *Schichten* mit den Indizes $j = 1, 2, 3, \dots, n$

derart zerlegt, daß $n \cdot q$ *Teile* vorliegen, die jeweils thermisch homogen sind (siehe Bild 1). Der *Abschnitt* m hat die Teilfläche A_m und den Flächenanteil $f_m = A_m/A$, wobei $A = A_a + A_b + \dots + A_q$ die Gesamtfläche des Bauteils ist. Die *Schicht* j hat die Dicke d_j . Das *Teil* $m \cdot j$ befindet sich im *Abschnitt* m in der *Schicht* j . Es hat die Teilfläche A_m , den Flächenanteil f_m , die Dicke d_j , die Wärmeleitfähigkeit I_{mj} und den Wärmedurchlaßwiderstand $R_{mj} = d_j/I_{mj}$.

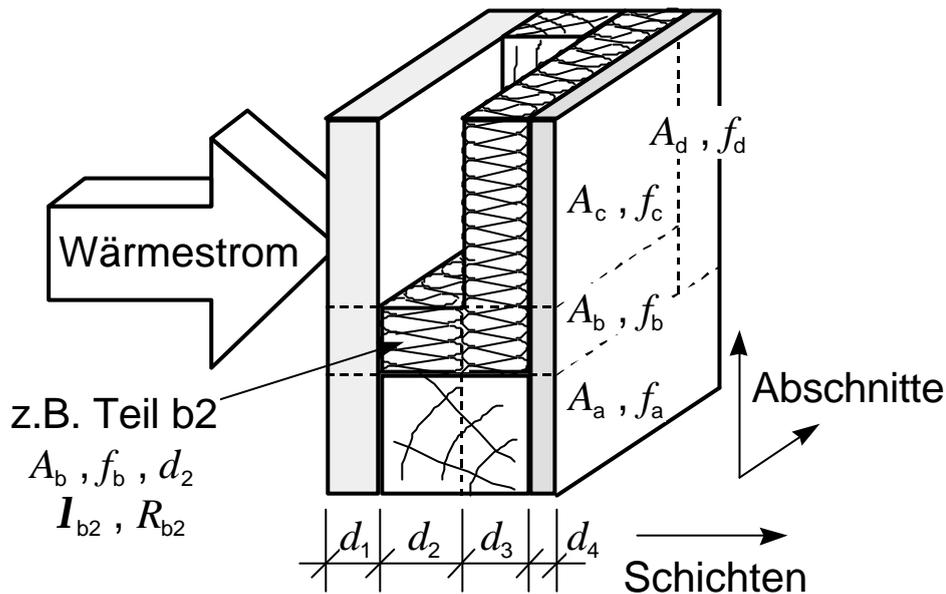


Bild 1: Abschnitte, Schichten und Teile eines thermisch inhomogenen Bauteils.

Der Wärmedurchgangswiderstand R_T eines Bauteiles aus thermisch homogenen und inhomogenen Schichten parallel zur Oberfläche wird als arithmetischer Mittelwert des oberen und unteren Grenzwertes des Wärmedurchgangswiderstandes berechnet:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad (4)$$

Dabei ist R'_T der *obere Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes* unter der Annahme eines eindimensionalen Wärmestromes senkrecht zu den Bauteiloberflächen. Er ergibt sich nach folgender Gleichung:

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}} \quad (5)$$

Hier sind

$R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tq}$ die Wärmedurchgangswiderstände der Abschnitte a, b, ..., q, berechnet nach Gleichung (3) und

f_a, f_b, \dots, f_q die Flächenanteile der Abschnitte a, b, ..., q.

HINWEIS: Dies entspricht der bisher üblichen Berechnung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten k_{mittel} für ein Bauteil mit nebeneinanderliegenden Bereichen nach DIN 4108-5 : 1981-08, Abschnitt 5.2. Mit den Beziehungen $k_m = 1/R_{Tm}$ und $f_m = A_m/A$ gilt

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}} = k_a \cdot \frac{A_a}{A} + k_b \cdot \frac{A_b}{A} + \dots + k_q \cdot \frac{A_q}{A} = k_{mittel}$$

Der Wert R''_T ist der *untere Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes* unter der Annahme, daß alle Ebenen parallel zu den Bauteiloberflächen isotherm sind. Hierzu wird zunächst der mittlere Wärmedurchlaßwiderstand R_j für jede thermisch inhomogene Schicht j berechnet:

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}} \quad (6)$$

HINWEIS: Dies entspricht einer Berechnung des mittleren Wärmedurchlaßwiderstandes der Schicht j unter Anwendung der mittleren Wärmeleitfähigkeit $I_{mittel,j}$ dieser Schicht. Mit der Beziehung $R_{mj} = d_j / I_{mj}$ gilt

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}} = \frac{I_{aj}}{d_j} \cdot \frac{A_a}{A} + \frac{I_{bj}}{d_j} \cdot \frac{A_b}{A} + \dots + \frac{I_{qj}}{d_j} \cdot \frac{A_q}{A} = \frac{1}{d_j} \cdot \left(I_{aj} \cdot \frac{A_a}{A} + I_{bj} \cdot \frac{A_b}{A} + \dots + I_{qj} \cdot \frac{A_q}{A} \right) = \frac{I_{mittel,j}}{d_j}$$

Anschließend wird hieraus der untere Grenzwert des Wärmedurchgangswiderstandes nach Gleichung (3) berechnet:

$$R''_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (7)$$

nach Abschnitt

7 Wärmedurchgangskoeffizient

Der Wärmedurchgangskoeffizient ergibt sich nach:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (8)$$

Der Wärmedurchgangskoeffizient ist gegebenenfalls nach Anhang D zu korrigieren.

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten zusammengesetzter Bauteile nach DIN EN ISO 6946 : 1996

Schicht <i>j</i>	Dicke <i>d_j / m</i>	Abschnitt Flächenanteil	<i>m</i> <i>f_m</i>	a		b		schichtweise gemittelt		
äußere Über- gangsschicht	1	$h_{e,m}$	W/m ² K	24,15		24,15		$h_e = \sum_m (f_m \cdot h_{e,m})$	W/m ² K	1)
		$R_{se,m} = 1/h_{e,m}$	m ² K/W					$R_{se} = 1/h_e$	m ² K/W	2)
1	0,02	λ_{m1}	W/mK	0,15		0,15		$\lambda_1 = \sum_m (f_m \cdot \lambda_{m1})$	W/mK	3)
		$R_{m1} = d_1/\lambda_{m1}$	m ² K/W					$R_1 = d_1/\lambda_1$	m ² K/W	4)
2	0,07	λ_{m2}	W/mK	0,20				$\lambda_2 = \sum_m (f_m \cdot \lambda_{m2})$	W/mK	3)
		$R_{m2} = d_2/\lambda_{m2}$	m ² K/W				0,162	$R_2 = d_2/\lambda_2$	m ² K/W	4)
3	0,07	λ_{m3}	W/mK	0,20		0,035		$\lambda_3 = \sum_m (f_m \cdot \lambda_{m3})$	W/mK	3)
		$R_{m3} = d_3/\lambda_{m3}$	m ² K/W					$R_3 = d_3/\lambda_3$	m ² K/W	4)
4	0,02	λ_{m4}	W/mK	0,21		0,21		$\lambda_4 = \sum_m (f_m \cdot \lambda_{m4})$	W/mK	3)
		$R_{m4} = d_4/\lambda_{m4}$	m ² K/W					$R_4 = d_4/\lambda_4$	m ² K/W	4)
innere Über- gangsschicht	1	$h_{i,m}$	W/m ² K	10,13		10,13		$h_i = \sum_m (f_m \cdot h_{i,m})$	W/m ² K	1)
		$R_{si,m} = 1/h_{i,m}$	m ² K/W					$R_{si} = 1/h_i$	m ² K/W	2)
abschnittsweise gemittelt		$R_{Tm}^{5)}$	m ² K/W					R''_T 6)	m ² K/W	
		f_m/R_{Tm}	W/m ² K					R'_T 7)	m ² K/W	

$$5) R_{Tm} = R_{si,m} + \sum_j R_{nj} + R_{se,m}$$

$$6) R''_T = R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}$$

$$7) R'_T = [\sum_m (f_m / R_{Tm})]^{-1}$$

1) bleibt leer, wenn $h_{x,a} = h_{x,b}$ ($x = e, i$)

2) enthält $R_{sx,a}$, wenn $R_{sx,a} = R_{sx,b}$ ($x = e, i$)

3) bleibt leer, wenn $\lambda_{aj} = \lambda_{bj}$ ($j = 1 \dots 4$)

4) enthält R_{aj} , wenn $R_{aj} = R_{bj}$ ($j = 1 \dots 4$)

$$R_T = (R'_T + R''_T) / 2$$

$$U = 1 / R_T$$