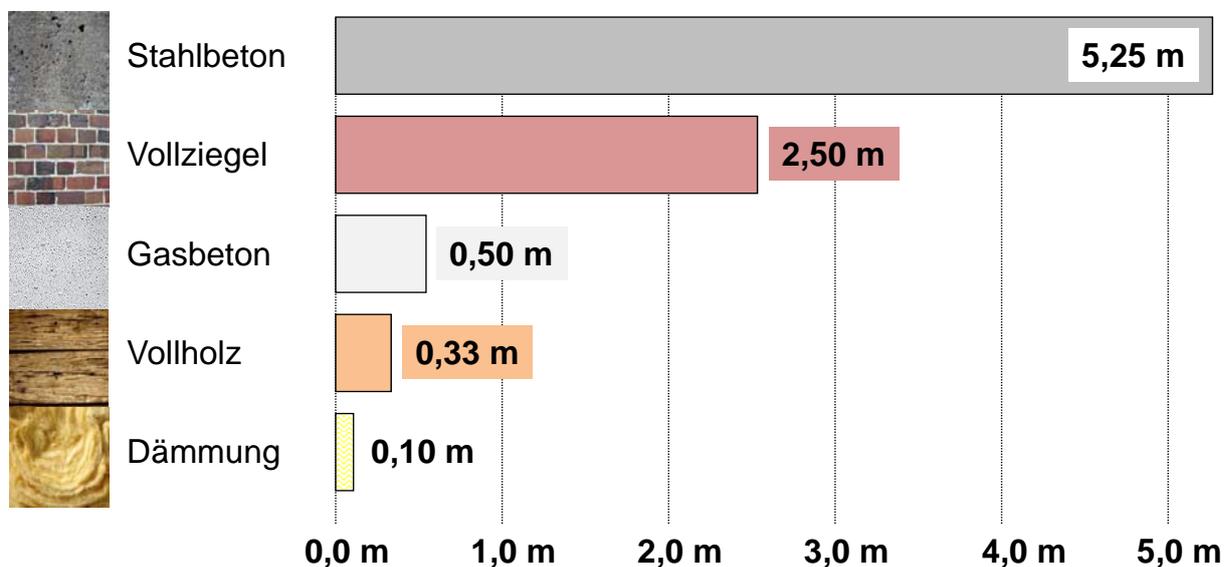


# energetische Beurteilung der Gebäudehülle

## Erforderliche Bauteilstärken für 10 cm Standard-Dämmstoff? (WLG 040)



## Typische U-Werte der Konstruktionen (Betonbauten von 1970 bis 1980)

### Außenwände:

- Kerndämmung/Innendämmung 5 bis 6 cm →  $U = 0,7$  bis  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

### Dach:

- Flachdachdämmung 5 bis 10 cm →  $U = 0,7$  bis  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

### Fenster:

- Doppelverglasung →  $U = 2,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  Glas 2,9  
Rahmen 1,4

### Fußböden zu unbeheizten Kellerräumen:

- Trittschalldämmung 2 bis 3 cm →  $U = 1,2$  bis  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## EnEV-Anforderungen

- Außenwand:  $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  vorhanden:  $U = 0,70$  bis  $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Fenster:  $U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  vorhanden:  $U = 2,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- geneigtes Dach:  $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  vorhanden:  $U = 0,70$  bis  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Flachdach:  $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  vorhanden:  $U = 0,70$  bis  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Kellerdecke:  $U = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  vorhanden:  $U = 1,20$  bis  $0,90 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- **Keine Anforderungen bei Einstufung des Gebäudes als Baudenkmal oder als besonders erhaltenswerte Bausubstanz**

## EnEV-Anforderungen

### § 24 EnEV, Ausnahmen:

- (1) Soweit bei Baudenkmälern oder sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz die Erfüllung der Anforderungen dieser Verordnung die Substanz oder das Erscheinungsbild beeinträchtigen oder andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen, kann von den Anforderungen dieser Verordnung abgewichen werden.

### § 7 AVen, Ausnahmen (zu § 24 Abs. 2 EnEV):

Das Vorliegen der Voraussetzungen für eine Ausnahme nach § 24 Abs. 2 EnEV muss von einem Sachverständigen im Sinn des § 2 Abs. 1 bescheinigt werden.

→ Die Ausnahme muss in Bayern nicht eigens beantragt werden

## Außenwanddämmung:

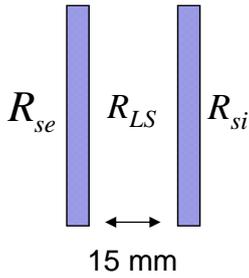
**U-Wert = 0,24 W/(m²K)**

Außenwand  $U_{\text{unsan.}} = 0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

| Dämmmaterial      | Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [W/(mK)] | notwendige Dämmstärke d [cm] |
|-------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Dämmstoff WLG 022 | 0,022                                 | 6                            |
| Dämmstoff WLG 032 | 0,032                                 | 9                            |
| Dämmstoff WLG 035 | 0,035                                 | 10                           |
| Dämmstoff WLG 040 | 0,040                                 | 11                           |
| Dämmstoff WLG 045 | 0,045                                 | 12                           |
| Dämmstoff WLG 050 | 0,050                                 | 14                           |

**Innendämmung: keine Anforderung! (seit EnEV 2009)**

**Doppelverglasung**



$$U_g = \frac{1}{0,13 + 0,17 + 0,04} = 2,9 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

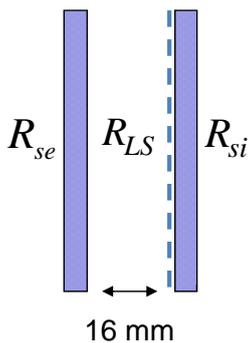
Energietransport im Scheibenzwischenraum (ZR):  
 2/3: Wärmestrahlung  
 1/3: Konvektion

Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten mit  $\epsilon = 0,9$  (EN ISO 6946):

| 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.

**2-fach Isolierverglasung**

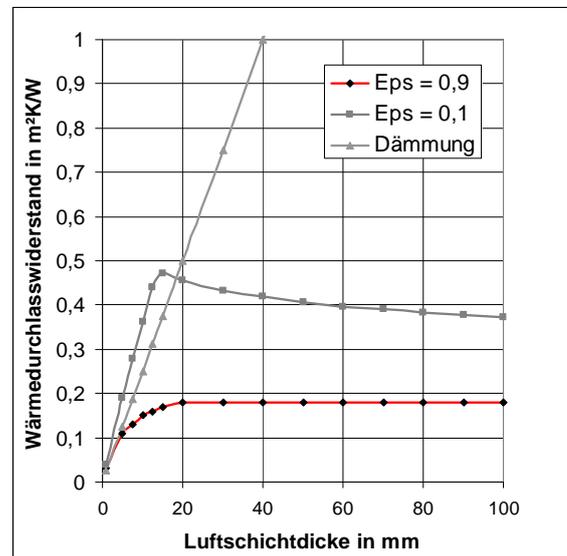


zusätzliche **Edelmetallbeschichtung** (ca. 10 nm Ag) auf Außenseite der Innenscheibe

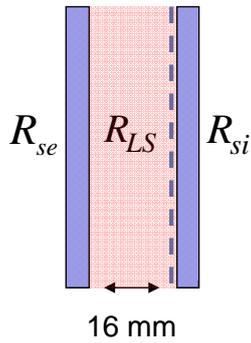
- Starke Reduktion der Wärmestrahlung
- Erhöhung des Wärmedurchlasswiderstandes

$$U_g = \frac{1}{0,13 + 0,47 + 0,04} = 1,6 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

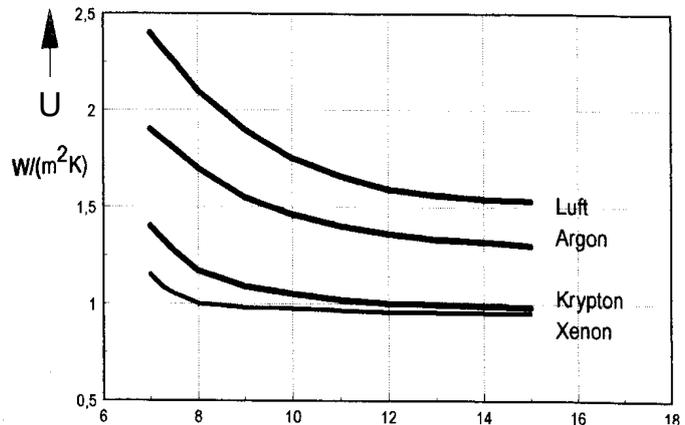
Wärmedurchlasswiderstand von vertikalen Luftschichten mit  $\epsilon = 0,9$  und  $\epsilon = 0,1$  im Vergleich zu Dämmschicht ( $\lambda = 0,04$ ) (siehe auch DIN EN 10077)



### 2-fach Wärmeschutzverglasung



zusätzliche **Edelgasfüllung**  
(Argon/Krypton/Xenon)



- Starke Reduktion der Wärmeleitung
- Starke Reduktion der Konvektion

$$U_g = 0,9 - 1,3 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$



$U_g = 0,5 \text{ bis } 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
für 3-fach WS-Verglasung

### Flachdachdämmung:

**U-Wert = 0,20 W/(m²K)**

Dach  $U_{\text{unsan.}} = 0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

| Dämmmaterial      | Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [W/(mK)] | notwendige Dämmstärke d [cm] |
|-------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Dämmstoff WLK 025 | 0,025                                 | 9                            |
| Dämmstoff WLK 032 | 0,032                                 | 11                           |
| Dämmstoff WLK 035 | 0,035                                 | 13                           |
| Dämmstoff WLK 040 | 0,040                                 | 14                           |
| Dämmstoff WLK 045 | 0,045                                 | 16                           |
| Dämmstoff WLK 050 | 0,050                                 | 18                           |

**Kellerdeckendämmung:****U-Wert = 0,30 W/(m<sup>2</sup>K)** Kellerdecke  $U_{\text{unsan.}} = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ 

| Dämmmaterial      | Wärmeleitfähigkeit<br>$\lambda$ [W/(mK)] | notwendige Dämmstärke<br>d [cm] |
|-------------------|------------------------------------------|---------------------------------|
| Dämmstoff WLG 025 | 0,025                                    | 6                               |
| Dämmstoff WLG 032 | 0,032                                    | 8                               |
| Dämmstoff WLG 035 | 0,035                                    | 9                               |
| Dämmstoff WLG 040 | 0,040                                    | 10                              |
| Dämmstoff WLG 045 | 0,045                                    | 11                              |
| Dämmstoff WLG 050 | 0,050                                    | 13                              |

**Maßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung nach DIN 4108-2**

Es liegen folgende Randbedingungen zu Grunde:

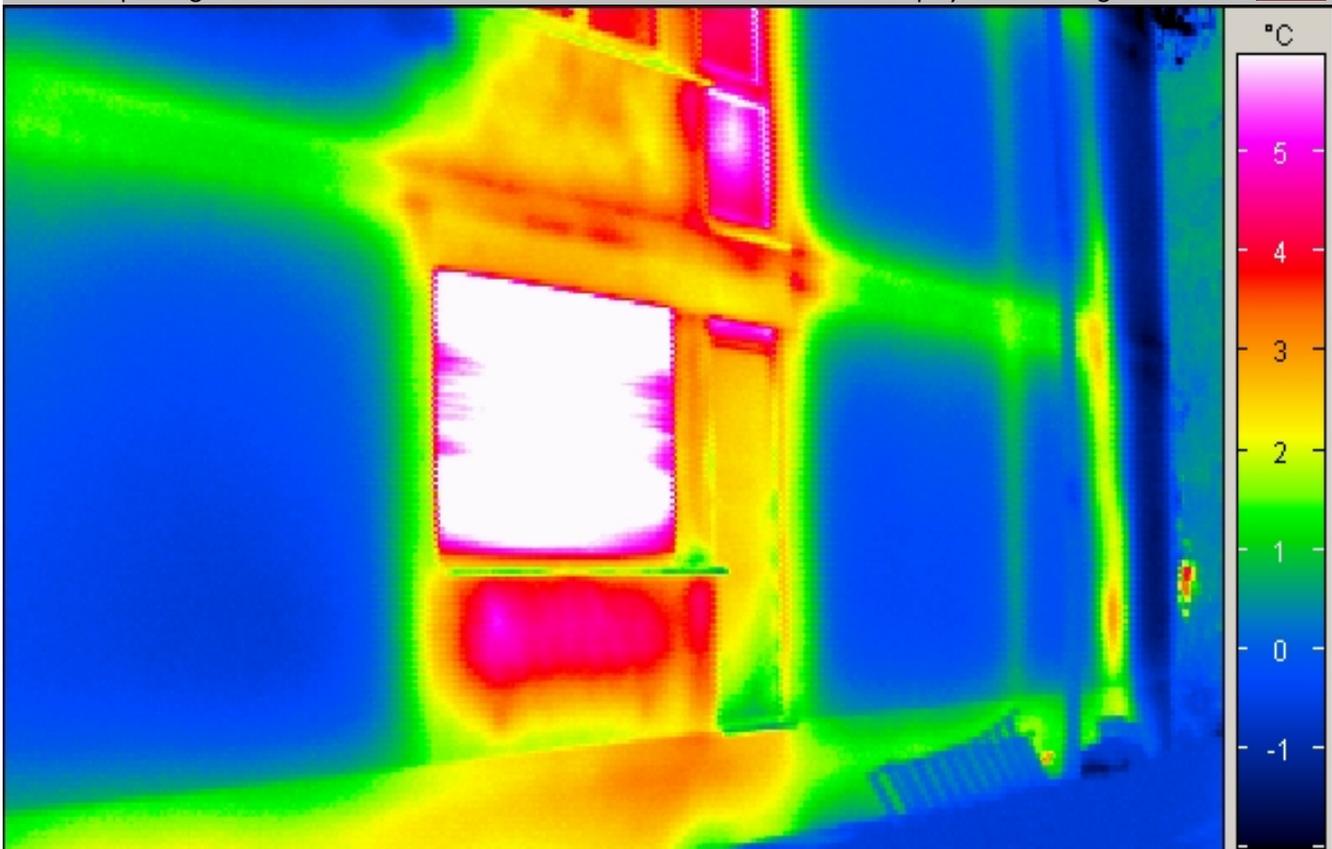
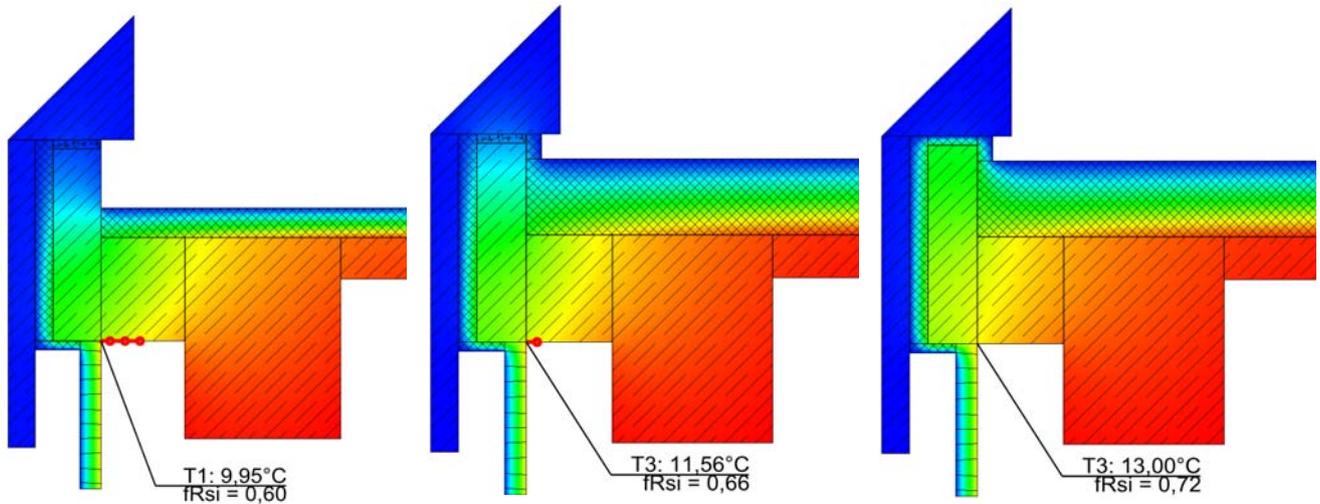
- Innenlufttemperatur  $\theta_i = 20 \text{ °C}$ ;
- relative Luftfeuchte innen  $\varphi_i = 50 \text{ %}$ ;
- auf der sicheren Seite liegende kritische zugrunde gelegte Luftfeuchte nach DIN EN ISO 13788 für Schimmelpilzbildung auf der Bauteiloberfläche  $\varphi_{si} = 80 \text{ %}$ ;
- Außenlufttemperatur  $\theta_e = -5 \text{ °C}$ ;
- Wärmeübergangswiderstand, innen;  
 $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (beheizte Räume);  
 $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (unbeheizte Räume);
- Wärmeübergangswiderstand, außen  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

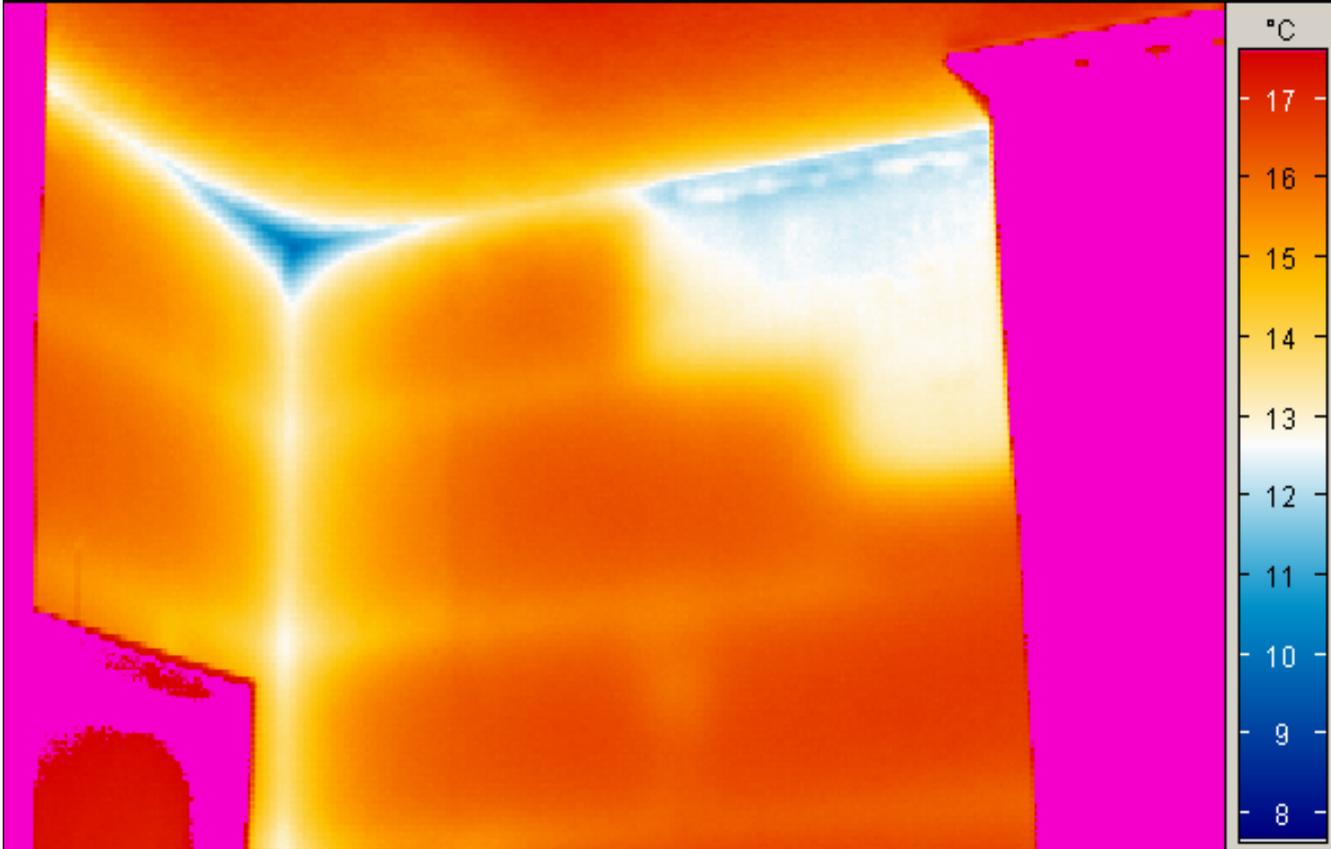
**Oberflächentemperaturen  $\geq 12,6 \text{ °C}$  bzw.  $f_{Rsi} \geq 0,7$**

Ausgangssituation

Dachdämmung + Attika seitr.

... + Dämmung Attika oben





### Mindestoberflächentemperaturen bei abweichenden Randbedingungen

|                      |     | Raumtemperatur [°C] |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|-----|---------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                      |     | 10                  | 11  | 12  | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |      |
| Außentemperatur [°C] | 10  |                     |     |     |      |      |      |      |      |      |      | 17,0 | 17,7 | 18,4 | 19,2 | 19,9 |      |
|                      | 9   |                     |     |     |      |      |      |      |      |      |      | 16,0 | 16,7 | 17,4 | 18,2 | 18,9 | 19,6 |
|                      | 8   |                     |     |     |      |      |      |      |      |      | 15,0 | 15,7 | 16,4 | 17,2 | 17,9 | 18,6 | 19,3 |
|                      | 7   |                     |     |     |      |      |      |      | 14,0 | 14,7 | 15,4 | 16,2 | 16,9 | 17,6 | 18,3 | 19,0 |      |
|                      | 6   |                     |     |     |      |      |      | 13,0 | 13,7 | 14,4 | 15,2 | 15,9 | 16,6 | 17,3 | 18,0 | 18,7 |      |
|                      | 5   |                     |     |     |      |      | 12,0 | 12,7 | 13,4 | 14,2 | 14,9 | 15,6 | 16,3 | 17,0 | 17,7 | 18,4 |      |
|                      | 4   |                     |     |     |      | 11,0 | 11,7 | 12,4 | 13,2 | 13,9 | 14,6 | 15,3 | 16,0 | 16,7 | 17,4 | 18,1 |      |
|                      | 3   |                     |     |     | 10,0 | 10,7 | 11,4 | 12,2 | 12,9 | 13,6 | 14,3 | 15,0 | 15,7 | 16,4 | 17,1 | 17,8 |      |
|                      | 2   |                     |     | 9,0 | 9,7  | 10,4 | 11,2 | 11,9 | 12,6 | 13,3 | 14,0 | 14,7 | 15,4 | 16,1 | 16,8 | 17,5 |      |
|                      | 1   |                     | 8,0 | 8,7 | 9,4  | 10,2 | 10,9 | 11,6 | 12,3 | 13,0 | 13,7 | 14,4 | 15,1 | 15,8 | 16,5 | 17,2 |      |
|                      | 0   | 7,0                 | 7,7 | 8,4 | 9,2  | 9,9  | 10,6 | 11,3 | 12,0 | 12,7 | 13,4 | 14,1 | 14,8 | 15,5 | 16,2 | 16,9 |      |
|                      | -1  | 6,7                 | 7,4 | 8,2 | 8,9  | 9,6  | 10,3 | 11,0 | 11,7 | 12,4 | 13,1 | 13,8 | 14,5 | 15,2 | 15,9 | 16,6 |      |
|                      | -2  | 6,4                 | 7,2 | 7,9 | 8,6  | 9,3  | 10,0 | 10,7 | 11,4 | 12,1 | 12,8 | 13,5 | 14,2 | 14,9 | 15,6 | 16,3 |      |
|                      | -3  | 6,2                 | 6,9 | 7,6 | 8,3  | 9,0  | 9,7  | 10,4 | 11,1 | 11,8 | 12,5 | 13,2 | 13,9 | 14,6 | 15,3 | 16,0 |      |
|                      | -4  | 5,9                 | 6,6 | 7,3 | 8,0  | 8,7  | 9,4  | 10,1 | 10,8 | 11,5 | 12,2 | 12,9 | 13,6 | 14,3 | 15,0 | 15,7 |      |
|                      | -5  | 5,6                 | 6,3 | 7,0 | 7,7  | 8,4  | 9,1  | 9,8  | 10,5 | 11,2 | 11,9 | 12,6 | 13,3 | 14,0 | 14,7 | 15,4 |      |
|                      | -6  | 5,3                 | 6,0 | 6,7 | 7,4  | 8,1  | 8,8  | 9,5  | 10,2 | 10,9 | 11,6 | 12,3 | 13,0 | 13,7 | 14,4 | 15,1 |      |
| -7                   | 5,0 | 5,7                 | 6,4 | 7,1 | 7,8  | 8,5  | 9,2  | 9,9  | 10,6 | 11,3 | 12,0 | 12,7 | 13,4 | 14,1 | 14,8 |      |      |
| -8                   | 4,7 | 5,4                 | 6,1 | 6,8 | 7,5  | 8,2  | 8,9  | 9,6  | 10,3 | 11,0 | 11,7 | 12,4 | 13,1 | 13,8 | 14,5 |      |      |
| -9                   | 4,4 | 5,1                 | 5,8 | 6,5 | 7,2  | 7,9  | 8,6  | 9,3  | 10,0 | 10,7 | 11,4 | 12,1 | 12,8 | 13,5 | 14,2 |      |      |
| -10                  | 4,1 | 4,8                 | 5,5 | 6,2 | 6,9  | 7,6  | 8,3  | 9,0  | 9,7  | 10,4 | 11,1 | 11,8 | 12,5 | 13,2 | 13,9 |      |      |