

Auf diesen Seiten wird die Berechnung der Längenänderung durch Erwärmung oder Abkühlung vorgestellt. Alle Rechenschritte werden sehr ausführlich erläutert, daher ist diese Einführung für Schüler mit schwachen Mathematikkenntnissen gut geeignet. **Bis Seite 7 sollte jeder (jede) alle Aufgaben nachvollziehen (Basis-Wissen). Die Seiten 8 bis 11 sind für fortgeschrittene leistungsstärkere Schüler vorgesehen.**

Ich empfehle vor dem Weiterlesen auf dieser Seite sich zuerst das Tafelbild auf Seite 2 an zu sehen!

Die Längenänderung wird mit folgender Formel berechnet:

$$\Delta l = l_0 * \alpha * \Delta \vartheta$$

$$\Delta l = L_{\text{Null}} * \text{Alpha} * \Delta \text{Theta}$$

Der Längen-Unterschied ist gleich der Ausgangs-Länge (l_0 (l-Null)) mal Alfa (α) mal dem Temperatur-Unterschied ($\Delta \vartheta$)

l_0 Die Ausgangslänge ist die Länge, die das Rohr vor der Erwärmung hatte.

Das Alfa (**α**) ist der spezifische Ausdehnungs-Koeffizient.

spezifisch = betrifft einen einzigen Stoff, entweder Kupfer, oder Eisen oder Kunststoff (zB. PE (Polyethylen)).

Koeffizient = Beizahl (eigentlich keine Bedeutung, man könnte auch einfach "Zahl" sagen, aber Koeffizient hört sich gebildeter an.

Der "spezifische Ausdehnungs-Koeffizient" ist ein Zahlenwert, welcher angibt, um das wievielfache sich ein Stoff ausdehnt, wenn er um 1K (Kelvin) oder 1°C (Grad Celsius) erwärmt wird.

$$\text{ZB. } \alpha_{Cu} = 0,0000165 \frac{1}{K}$$

Der Ausdehnungs-Koeffizient von Kupfer beträgt: 0,0000165 Eins durch Kelvin

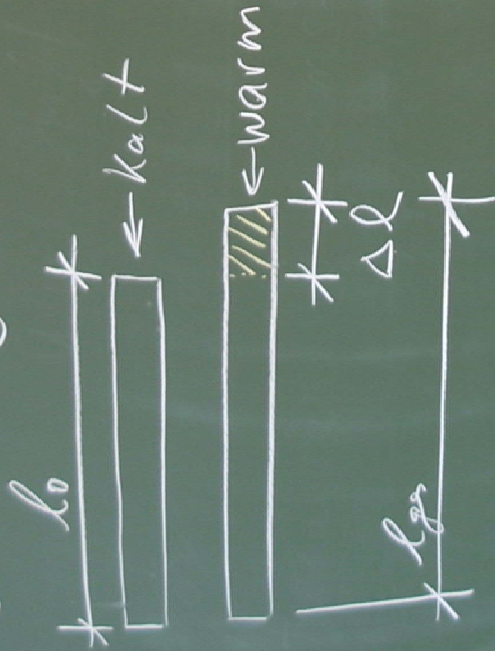
Das bedeutet, dass sich ein Kupferrohr bei einer Erwärmung um 1 K um das "0,0000165-fache" ausdehnt. Wenn ein Kupferrohr mit der Länge von 1 m = 1000 mm um 1 K oder 1 °C erwärmt wird, dann würde es sich um: 1000 mm mal 0,0000165 $\frac{1}{K}$ = 0,165 mm ausdehnen. Das ist nicht viel, aber wäre das Rohr 10 m lang, würde es sich schon um 0,165 mm ausdehnen. Das ist natürlich immer noch nicht sehr viel, aber das Rohr hat dabei eine sehr große Kraft. Diese Kraft reicht aus um Putz an Wänden zu zerdrücken oder Wandschellen ab zu brechen. Diese Wandschellen brechen dann nicht bei einer einzigen Belastung ab, aber vielleicht bei der Tausendsten. Wenn die Schelle ein Tausendmal hin und her gebogen wurde, bricht sie eventuell.

Die Temperatur-Differenz wird mit folgender Formel berechnet:

$$\Delta \vartheta = T_{\text{Nachher}} - T_{\text{Vorher}}$$

Delta Theta ist gleich der Temperatur Nachher (nach dem Erwärmen) minus der Temperatur vorher (Vor der Erwärmung).

Längenänderung bei Erwärmung



$$\Delta l = l_{ges} - l_0$$

$$\Delta \vartheta = T_{nachher} - T_{vorher} \quad (K)$$

l_0 = Ausgangslänge

l_{ges} = Gesamtlänge

Δl = Längenänderung

Δ = "Änderung (Delta)

$\Delta \vartheta$ = Temperatur-
Änderung in K

2010.04.30

Beispiel 1 : Ein 22,5 m langes Kupferrohr ist bei einer Temperatur von 4 °C montiert worden. Im Betrieb hat das Rohr eine Temperatur von 60 °C. Welche Länge hat das Rohr im Betriebszustand?

1) Die wichtigen Angaben im Text markieren:

Ein 22,5 m langes Kupferrohr ist bei einer Temperatur von 4 °C montiert worden. Im Betrieb hat das Rohr eine Temperatur von 60 °C. Welche Länge hat das Rohr im Betriebszustand?

2) Die wichtigen Werte herausschreiben:

Gegeben: $l_0 = 22,5 \text{ m}$, $T_{\text{Vorher}} = 4 \text{ °C}$, $T_{\text{Nachher}} = 60 \text{ °C}$, Material: Kupfer

Gesucht: $l_{\text{ges}} = ? \text{ m}$

$$\Delta\vartheta = T_{\text{Nachher}} - T_{\text{Vorher}}$$

$$\Delta\vartheta = 60 \text{ °C} - 4 \text{ °C}$$

$$\underline{\Delta\vartheta = 56 \text{ K}}$$

Hier kommt die Einheit K (Kelvin) ins Spiel. Eigentlich ist es egal, ob wir eine Temperatur-Differenz in °C oder K angeben, physikalisch ist das genau gleich. Während der weiteren Rechnung soll sich aber die Temperatur-Einheit weg kürzen und der spezifische Ausdehnungskoeffizient ist immer in K angegeben, also benutzen wir von dieser Stelle an das K.

$$\Delta l = l_0 * \alpha_{cu} * \Delta\vartheta$$

$$\Delta l = 22,5 \text{ m} * 0,0000165 \frac{1}{\text{K}} * 56 \text{ K}$$

$$\Delta l = 22,5 * 0,0000165 * 56 * \frac{\text{m} * \text{K}}{\text{K}}$$

$$\Delta l = 22,5 * 0,0000165 * 56 * \frac{\text{m} * \cancel{\text{K}}}{\cancel{\text{K}}}$$

$$\underline{\Delta l = 0,02079 \text{ m}}$$

Die Gesamtlänge wird mit folgender Formel berechnet:

$$l_{\text{ges}} = l_0 + \Delta l$$

$$l_{\text{ges}} = 22,5 + 0,02079 \text{ m}$$

$$l_{\text{ges}} = 22,52079 \text{ m}$$

$$l_{\text{ges}} \sim 22,521 \text{ m}$$

Beispiel 2 : Ein 13,5 m langes Kupferrohr ist bei einer Temperatur von 2 °C montiert worden. Im Betrieb hat das Rohr eine Temperatur von 68 °C. Welche Länge hat das Rohr im Betriebszustand?

1) Die wichtigen Angaben im Text markieren:

Ein 13,5 m langes Kupferrohr ist bei einer Temperatur von 2 °C montiert worden. Im Betrieb hat das Rohr eine Temperatur von 68 °C. Welche Länge hat das Rohr im Betriebszustand?

2) Die wichtigen Werte herausschreiben:

Gegeben: $l_0 = 13,5 \text{ m}$, $T_{\text{Vorher}} = 2 \text{ °C}$, $T_{\text{Nachher}} = 68 \text{ °C}$, , Material: Kupfer

Gesucht: $l_{\text{ges}} = ? \text{ m}$

$$\Delta\vartheta = T_{\text{Nachher}} - T_{\text{Vorher}}$$

$$\Delta\vartheta = 68 \text{ °C} - 2 \text{ °C}$$

$$\underline{\Delta\vartheta = 66 \text{ K}}$$

$$\Delta l = l_0 * \alpha_{\text{Cu}} * \Delta\vartheta$$

$$\Delta l = 13,5 \text{ m} * 0,0000165 \frac{1}{\text{K}} * 66 \text{ K}$$

$$\Delta l = 13,5 * 0,0000165 * 66 * \frac{\text{m} * \text{K}}{\text{K}}$$

$$\Delta l = 13,5 * 0,0000165 * 66 * \frac{\text{m} * \cancel{\text{K}}}{\cancel{\text{K}}}$$

$$\underline{\Delta l = 0,0147 \text{ m}}$$

$$l_{\text{ges}} = l_0 + \Delta l$$

$$l_{\text{ges}} = 13,5 \text{ m} + 0,0147 \text{ m}$$

$$l_{\text{ges}} = 13,5147 \text{ m}$$

$$\underline{l_{\text{ges}} \sim 13,515 \text{ m}}$$

Beispiel 3 : Ein 13,5 m langes Kunststoffrohr (PE-X) ist bei einer Temperatur von 2 °C montiert worden. Im Betrieb hat das Rohr eine Temperatur von 68 °C. Welche Länge hat das Rohr im Betriebszustand?

1) Die wichtigen Angaben im Text markieren:

Ein 13,5 m langes Kunststoffrohr (PE-X) ist bei einer Temperatur von 2 °C montiert worden. Im Betrieb hat das Rohr eine Temperatur von 68 °C. Welche Länge hat das Rohr im Betriebszustand?

2) Die wichtigen Werte herausschreiben:

Gegeben: $l_0 = 13,5 \text{ m}$, $T_{\text{Vorher}} = 2 \text{ °C}$, $T_{\text{Nachher}} = 68 \text{ °C}$, , Material: Kunststoff (PE-X)

Gesucht: $l_{\text{ges}} = ? \text{ m}$

$$\Delta\vartheta = T_{\text{Nachher}} - T_{\text{Vorher}}$$

$$\Delta\vartheta = 68 \text{ °C} - 2 \text{ °C}$$

$$\underline{\Delta\vartheta = 66 \text{ K}}$$

$$\Delta l = l_0 * \alpha_{\text{PE-X}} * \Delta\vartheta$$

$$\Delta l = 13,5 \text{ m} * 0,00018 \frac{1}{\text{K}} * 66 \text{ K}$$

$$\Delta l = 13,5 * 0,00018 * 66 * \frac{\text{m} * \text{K}}{\text{K}}$$

$$\Delta l = 13,5 * 0,00018 * 66 * \frac{\text{m} * \text{K}}{\text{K}}$$

$$\underline{\Delta l = 0,16038 \text{ m}}$$

Vergleiche diese Ausdehnung mit der vom Kupfer: Welches Material dehnt sich wie viel Mal mehr aus?

$$l_{\text{ges}} = l_0 + \Delta l$$

$$l_{\text{ges}} = 13,5 \text{ m} + 0,16038 \text{ m}$$

$$l_{\text{ges}} = 13,66038 \text{ m}$$

$$l_{\text{ges}} \sim 13,66 \text{ m}$$

Beispiel 4 : Ein 23,5 m langes Stahlrohr (Stahl, unlegiert) ist bei einer Temperatur von $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (minus $4\text{ }^{\circ}\text{C}$) montiert worden. Im Betrieb hat das Rohr eine Temperatur von $64\text{ }^{\circ}\text{C}$. Welche Länge hat das Rohr im Betriebszustand?

1) Die wichtigen Angaben im Text markieren:

Ein **23,5 m** langes Stahlrohr (**Stahl, unlegiert**) ist bei einer Temperatur von **$-4\text{ }^{\circ}\text{C}$** montiert worden. Im Betrieb hat das Rohr eine Temperatur von **$64\text{ }^{\circ}\text{C}$** . Welche Länge hat das Rohr im Betriebszustand?

2) Die wichtigen Werte herausschreiben:

Gegeben: $l_0 = 23,5\text{ m}$, $T_{\text{Vorher}} = -4\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{Nachher}} = 64\text{ }^{\circ}\text{C}$, , Material: Stahl, unlegiert

Gesucht: $l_{\text{ges}} = ?\text{ m}$

$$\Delta\vartheta = T_{\text{Nachher}} - T_{\text{Vorher}}$$

$$\Delta\vartheta = 64\text{ }^{\circ}\text{C} - (-4\text{ }^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta\vartheta = 64\text{ }^{\circ}\text{C} + 4\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\underline{\Delta\vartheta = 68\text{ K}}$$

$$\Delta l = l_0 * \alpha_{\text{Stahl}} * \Delta\vartheta$$

$$\Delta l = 23,5\text{ m} * 0,0000115 \frac{1}{\text{K}} * 68\text{ K}$$

$$\Delta l = 23,5 * 0,0000115 * 68 * \frac{\text{m} * \text{K}}{\text{K}}$$

$$\Delta l = 23,5 * 0,0000115 * 68 * \frac{\text{m} * \text{K}}{\text{K}}$$

$$\underline{\Delta l = 0,018377\text{ m}}$$

$$l_{\text{ges}} = l_0 + \Delta l$$

$$l_{\text{ges}} = 23,5\text{ m} + 0,018377\text{ m}$$

$$l_{\text{ges}} = 23,518377\text{ m}$$

$$l_{\text{ges}} \sim 23,52\text{ m}$$

Beispiel 5 : Ein 33,5 m langes Polybuten (PB) DN 32 ist bei einer Temperatur von $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (minus $1\text{ }^{\circ}\text{C}$) montiert worden. Im Betrieb hat das Rohr eine Temperatur von $34\text{ }^{\circ}\text{C}$. Welche Länge hat das Rohr im Betriebszustand, wenn es im 3.Stock montiert wurde?(Stockwerkshöhe beträgt 2,5 m)

: Ein **33,5 m** langes **Polybuten (PB)** DN 32 ist bei einer Temperatur von **$-1\text{ }^{\circ}\text{C}$** (minus $1\text{ }^{\circ}\text{C}$) montiert worden. Im Betrieb hat das Rohr eine Temperatur von **$34\text{ }^{\circ}\text{C}$** . Welche Länge hat das Rohr im Betriebszustand, wenn es im 3.Stock montiert wurde?(Stockwerkshöhe beträgt 2,5 m)

1) Die wichtigen Angaben im Text markieren:

2) Die wichtigen Werte herausschreiben:

Gegeben: $l_0 = 33,5\text{ m}$, $T_{\text{Vorher}} = -1\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{Nachher}} = 34\text{ }^{\circ}\text{C}$, , Material: Polybuten (PB)

Gesucht: $l_{\text{ges}} = ?\text{ m}$

$$\Delta\vartheta = T_{\text{Nachher}} - T_{\text{Vorher}}$$

$$\Delta\vartheta = 34\text{ }^{\circ}\text{C} - (-1\text{ }^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta\vartheta = 34\text{ }^{\circ}\text{C} + 1\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\underline{\Delta\vartheta = 35\text{ K}}$$

$$\Delta l = l_0 * \alpha_{PB} * \Delta\vartheta$$

$$\Delta l = 33,5\text{ m} * 0,00015 \frac{1}{\text{K}} * 35\text{ K}$$

$$\Delta l = 33,5 * 0,00015 * 35 * \frac{\text{m} * \text{K}}{\text{K}}$$

$$\Delta l = 33,5 * 0,00015 * 35 * \frac{\text{m} * \text{K}}{\text{K}}$$

$$\underline{\Delta l = 0,175875\text{ m}}$$

$$l_{\text{ges}} = l_0 + \Delta l$$

$$l_{\text{ges}} = 33,5\text{ m} + 0,175875\text{ m}$$

$$l_{\text{ges}} = 33,675875\text{ m}$$

$$l_{\text{ges}} \sim 33,68\text{ m}$$

Beispiel 6 : Im Betrieb (34 °C) beträgt die Länge eines Polybuten-Rohres 24,345 m (PB) DN 32 Es ist bei einer Temperatur von -7 °C (minus 7 °C) montiert worden. Welche Länge hat das Rohr bei der Montage, wenn es im 3.Stock montiert wurde? (Stockwerkshöhe beträgt 2,5 m)

1) Die wichtigen Angaben im Text markieren:

: Im Betrieb (34 °C) beträgt die Länge eines Polybuten-Rohres 24,345 m (PB) DN 32 Es ist bei einer Temperatur von -7 °C (minus 7 °C) montiert worden. Welche Länge hat das Rohr bei der Montage, wenn es im 3.Stock montiert wurde?(Stockwerkshöhe beträgt 2,5 m)

2) Die wichtigen Werte herausschreiben:

Gegeben: $l_{ges} = 24,345 \text{ m}$, $T_{Nachher} = 34^\circ\text{C}$, $T_{Vorher} = -7^\circ\text{C}$, Material: Polybuten (PB)

Gesucht: $l_0 = ? \text{ m}$

Lösungsstrategie: Die Aufgabe wird umgebaut: Wir tun so, als werde das Rohr der Länge 24,345 m von der Temperatur 34 °C (T_{Vorher}) auf die Temperatur -7 °C ($T_{Nachher}$) abgekühlt. Die errechnete Schrumpfung (das Rohr wird kürzer) ist genau die selbe Länge, um die es bei der Erwärmung länger geworden ist. Diese Länge wird dann von den 24,345 m abgezogen und wir haben dann die Länge l_0 .

$$\Delta\vartheta = T_{Nachher} - T_{Vorher}$$

$$\Delta\vartheta = -7^\circ\text{C} - 34^\circ\text{C}$$

$$\underline{\Delta\vartheta = -41 \text{ K}}$$

$$\Delta l = l_0 * \alpha_{PB} * \Delta\vartheta$$

$$\Delta l = 24,345 \text{ m} * 0,00015 \frac{1}{\text{K}} * (-41) \text{ K}$$

$$\Delta l = 24,345 * 0,00015 * (-41) * \frac{\text{m} * \text{K}}{\text{K}}$$

$$\underline{\Delta l = -0,14972 \text{ m}}$$

Dieses Ergebnis bedeutet, dass das Rohr kürzer geworden ist.

($l_{ges} = l_0 + \Delta l$) Das l_0 soll allein stehen, deshalb wird von der ganzen Formel Δl subtrahiert (abgezogen), beide Seiten!!!)

$l_{ges} - \Delta l = l_0 + \Delta l - \Delta l$. + Δl minus Δl ist gleich Null, also sieht die neue Formel so aus:

$l_{ges} - \Delta l = l_0$ Die Formel wird gedreht:

$$l_0 = l_{ges} - \Delta l$$

$$l_0 = 24,345 \text{ m} - 0,14972 \text{ m} \quad \text{Werte eingesetzt}$$

$$l_0 = 24,1952 \text{ m}$$

$$l_0 \sim 24,12 \text{ m}$$

Wen diese Formelumstellerei verwirrt, findet hier vielleicht Hilfe: [Formeln umstellen lernen](#)

Beispiel 6A : Im Betrieb (34 °C) beträgt die Länge eines Polybuten-Rohres 24,345 m (PB) DN 32. Bei der Montage betrug die Länge 24,33 m Welche Temperatur hatte das Rohr bei der Montage, wenn es im 3.Stock montiert wurde? (Stockwerkshöhe beträgt 2,5 m)

1) Die wichtigen Angaben im Text markieren:

Im Betrieb (34 °C) beträgt die Länge eines Polybuten-Rohres 24,345 m (PB) DN 32. Bei der Montage betrug die Länge 24,33 m Welche Temperatur hatte das Rohr bei der Montage, wenn es im 3.Stock montiert wurde?(Stockwerkshöhe beträgt 2,5 m)

2) Die wichtigen Werte herausschreiben:

Gegeben: $l_0 = 24,33 \text{ m}$, $T_{\text{Nachher}} = 34^\circ\text{C}$, , Material: Polybuten (PB), $l_{\text{ges}} = 24,345 \text{ m}$

Gesucht: $T_{\text{vorher}} = ?^\circ\text{C}$, und $T_{\text{vorher}} = ? \text{ K}$

Lösungsstrategie: Ich stelle zuerst die Formel $\Delta l = l_0 * \alpha_{PB} * \Delta\vartheta$ nach $\Delta\vartheta$ um. Zum Einsetzen aller Werte fehlt mir dann noch das Δl , das errechne ich mir mit der Formel $l_{\text{ges}} = l_0 + \Delta l$, diese muss ich nach Δl umstellen. Zuletzt ermittle ich die Montagetemperatur, indem ich die Formel $\Delta\vartheta = T_{\text{Nachher}} - T_{\text{Vorher}}$ nach T_{Vorher} umstelle.

$(\Delta l = l_0 * \alpha_{PB} * \Delta\vartheta)$: α_{PB} Die ganze Gleichung wird durch α_{PB} dividiert (beide Seiten!!!)

$$\frac{\Delta l}{\alpha_{PB}} = \frac{l_0 * \alpha_{PB} * \Delta\vartheta}{\alpha_{PB}}$$

$$\frac{\Delta l}{\alpha_{PB}} = \frac{l_0 * \alpha_{PB} * \Delta\vartheta}{\alpha_{PB}}$$

Das α_{PB} wird auf der rechten Seite im Zähler und im Nenner gekürzt

$$\frac{\Delta l}{\alpha_{PB}} = l_0 * \Delta\vartheta$$

$(\frac{\Delta l}{\alpha_{PB}} = l_0 * \Delta\vartheta)$: l_0 Die ganze Gleichung wird durch l_0 dividiert (beide Seiten!!!)

$$\frac{\Delta l}{\alpha_{PB} * l_0} = \frac{l_0 * \Delta\vartheta}{l_0}$$

Das l_0 wird auf der rechten Seite im Zähler und im Nenner gekürzt

$$\frac{\Delta l}{\alpha_{PB} * l_0} = \Delta\vartheta$$

Die neue Gleichung ist fertig und man darf sie um drehen.

$$\Delta\vartheta = \frac{\Delta l}{\alpha_{PB} * l_0}$$

Zum Einsetzen der Werte fehlt noch das Δl . Ich stelle die Formel $l_{\text{ges}} = l_0 + \Delta l$ nach Δl um.

$(l_{ges} = l_0 + \Delta l)$ Von der ganzen Formel wird durch l_0 subtrahiert (abgezogen), beide Seiten!!!

$$l_{ges} - l_0 = l_0 + \Delta l - l_0 \quad \text{Ich stelle die rechte Seite um.}$$

$$l_{ges} - l_0 = \Delta l + l_0 - l_0 \quad l_0 \text{ minus } l_0 \text{ ist gleich Null, also sieht die neue Formel so aus:}$$

$$l_{ges} - l_0 = \Delta l$$

$$\Delta l = l_{ges} - l_0$$

Werte einsetzen:

$$\Delta l = 24,345 \text{ m} - 24,33 \text{ m}$$

$$\Delta l = 0,015 \text{ m}$$

Jetzt sind alle Werte für die folgende Formel vorhanden:

$$\Delta \vartheta = \frac{\Delta l}{\alpha_{PB} * l_0}$$

$$\Delta \vartheta = \frac{0,015 \text{ m}}{0,00015 \frac{1}{K} * 24,33 \text{ m}}$$

Sortieren: Alle Zahlen nach links, alle Einheiten nach rechts:

$$\Delta \vartheta = \frac{0,015}{0,00015 * 24,33} * \frac{m}{\frac{1}{K} * m} \quad \text{Das K aus dem Nenner unter dem Nenner (aus dem Keller vom}$$

Nenner kann man einfach nach ganz oben in den Zähler nach oben holen.

$$\Delta \vartheta = \frac{0,015}{0,00015 * 24,33} * \frac{m * K}{1 * m}$$

$$\Delta \vartheta = \frac{0,015}{0,00015 * 24,33} * \frac{\cancel{m} * K}{\cancel{m}} \quad \text{Das m im Zähler wird mit dem m im Nenner gekürzt.}$$

$$\Delta \vartheta = 4,110 \text{ K}$$

Die Temperatur ist also um 4,11 K gestiegen.

Jetzt wird berechnet wie groß die Temperatur bei der Montage war:

$$\Delta \vartheta = T_{Nachher} - T_{Vorher}$$

$(\Delta \vartheta = T_{Nachher} - T_{Vorher})$ Von der ganzen Formel wird durch $T_{Nachher}$ subtrahiert (abgezogen),
beide Seiten!!!

$$\Delta \vartheta - T_{Nachher} = T_{Nachher} - T_{Vorher} - T_{Nachher} \quad \text{Ich stelle die rechte Seite um:}$$

$$\Delta \vartheta - T_{Nachher} = -T_{Vorher} + T_{Nachher} - T_{Nachher}$$

+ $T_{Nachher} - T_{Nachher}$ ist gleich Null, also sieht die neue Formel so aus:

$$\Delta \vartheta - T_{Nachher} = -T_{Vorher} \quad \text{Das Minus vor dem } T_{Vorher} \text{ (auf der rechten Seite) muss noch weg:}$$

$$(\Delta \vartheta - T_{Nachher} = -T_{Vorher}) * (-1) \quad \text{Die ganze Gleichung wird mit Minus Eins multipliziert.}$$

Beide Seiten!!!

$$(\Delta\vartheta - T_{Nachher}) * -1 = -T_{Vorher} * -1$$

$$-\Delta\vartheta - (-T_{Nachher}) = +T_{Vorher}$$

$$-\Delta\vartheta + T_{Nachher} = +T_{Vorher}$$

$$+T_{Nachher} - \Delta\vartheta = +T_{Vorher}$$

Das + vor $T_{Nachher}$ und T_{Vorher} kann man weglassen.

$$T_{Nachher} - \Delta\vartheta = T_{Vorher}$$

Die Gleichung wird gedreht.

$$T_{Vorher} = T_{Nachher} - \Delta\vartheta$$

Werte einsetzen:

$$T_{Vorher} = 34\text{ }^{\circ}\text{C} - 4,11\text{ K}$$

$$\underline{\underline{T_{Vorher} = 29,89\text{ }^{\circ}\text{C}}}$$