

Physikalisch- Technische Bundesanstalt



DKD

**Directriz
DKD-R 5-4**

**Calibración de bloques secos de
temperatura**

Edición 09/2018

<https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES>



	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	2/17

Deutscher Kalibrierdienst (DKD) - Servicio Alemán de Calibración

Constituido en 1977, el DKD reúne a laboratorios de calibración de empresas industriales, de institutos de investigación, de autoridades técnicas, así como de instituciones de inspección y ensayo. El 3 mayo de 2011, se realizó la constitución del nuevo DKD como *Organismo Técnico* del PTB y de los laboratorios acreditados.

Este organismo técnico se denomina *Deutscher Kalibrierdienst* (DKD – Servicio Alemán de Calibración) y está bajo la dirección del PTB. Las directrices y guías elaboradas por el DKD representan el estado de la técnica en los respectivos campos técnicos y están a la disposición del organismo de acreditación alemán (Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkKS)) para la acreditación de laboratorios de calibración.

Los laboratorios de calibración acreditados son acreditados y supervisados por la DAkKS como sucesora legal del organismo de acreditación del DKD. Realizan calibraciones de dispositivos de medición y de medidas materializadas para las magnitudes y rangos de medida establecidos durante la acreditación. Los certificados de calibración emitidos por estos laboratorios sirven como prueba de la trazabilidad a los patrones nacionales, tal como lo exige la familia de normas DIN EN ISO 9000 y la norma DIN EN ISO/IEC 17025.

Contacto:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)
 Oficina del DKD
 Bundesallee 100 D-38116 Braunschweig
 Apartado de correos 33 45 D-38023 Braunschweig
 Teléfono Oficina DKD: 0049-531-592 8021
 Internet: www.dkd.eu

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	3/17

Sugerencia para citar la fuente:

*Directriz DKD-R 5-4, Calibración de bloques secos de temperatura, Edición 09/2018, Revisión 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig y Berlín.
DOI: 10.7795/550.20180828AEES*

Esta obra, incluyendo cada una de sus partes, está protegida por derechos del autor y está sujeta a la licencia de usuario Creative Commons CC by-nc-nd 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>). En este contexto, la expresión “no comercial” (NC) significa que la obra no debe ser distribuida o puesta a disposición del público con el fin de generar ingresos. La explotación de los contenidos para el uso comercial en laboratorios de calibración está expresamente permitida.



Autores:

Miembros del Comité Técnico *Temperatura y Humedad* del DKD, 2001 a 2009.

Publicado por el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) para el Servicio Alemán de Calibración (DKD) como resultado de la colaboración del PTB con el Comité Técnico *Temperatura y Humedad* del DKD.

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	4/17

Índice

Prefacio	5
1 Ámbito de aplicación	5
2 Aptitud para ser calibrado	6
3 Calibración	6
3.1 Uniformidad axial de la temperatura a lo largo del agujero en la zona de medición	7
3.2 Diferencias de temperatura entre los agujeros	7
3.3 Influencia sobre la temperatura en la zona de medición por diferentes cargas	8
3.4 Estabilidad en el tiempo	8
3.5 Desviaciones de temperatura debidas a la disipación de calor	8
3.6 Determinación de la desviación entre la indicación del termómetro del calibrador y la temperatura en la zona de medición	8
4 Incertidumbre de medida	9
4.1 La desviación entre la indicación del termómetro patrón y la temperatura en la zona de medición	9
4.2 La distribución de la temperatura en el bloque	9
4.3 Las desviaciones de temperatura debidas a la disipación de calor	10
5 Certificado de calibración	10
6 Ejemplo de un análisis de la incertidumbre de medida	10
7 Normas citadas y otros documentos	13
Apéndice A Método para determinar la influencia de la distribución axial de la temperatura	14
Apéndice B Notas del Comité Técnico del DKD “Temperatura y Humedad” sobre el uso de los calibradores de temperatura de bloque seco des DKD	15

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	5/17

Prefacio

Las Directrices del DKD son documentos de uso o aplicación en conformidad con los requisitos de la norma DIN EN ISO/IEC 17025. Las Directrices describen procesos técnicos, de procedimiento y de organización que sirven a los laboratorios de calibración acreditados como modelo para el establecimiento de procedimientos y reglamentos internos. Las Directrices del DKD pueden formar parte de los manuales de gestión de la calidad de los laboratorios de calibración. La implementación de las directrices garantiza que los dispositivos que han de ser calibrados se traten de forma igual en los distintos laboratorios de calibración y ayuda a mejorar la continuidad y la verificabilidad del trabajo de los laboratorios de calibración.

Las Directrices del DKD no deben impedir la continuidad del desarrollo de los métodos y de los procesos de calibración. Cuando existen motivos técnicos que lo justifiquen y de acuerdo con el organismo de acreditación, se permiten desviaciones respecto de las Directrices, así como la aplicación de métodos nuevos.

La presente Directriz ya fue elaborada en 2001 por el Comité Técnico *Temperatura y Humedad* en cooperación con el PTB y los laboratorios de calibración acreditados.

Esta nueva edición revisada sólo contiene un pie de imprenta actualizado.

Este documento es idéntico en contenido al documento DAkkS-DKD-R 5-4 (edición 2010). La DAkkS retirará el documento DAkkS-DKD-R 5-4 a más tardar el 01.01.2021.

Edición: 02/2001, publicado por el DKD

1. Nueva edición: 2010, por la DAkkS
2. Nueva edición: 2018, por el DKD, idéntica en contenido con la primera nueva edición

1 Ámbito de aplicación

Esta Directriz se aplica a los calibradores de temperatura de bloque secoⁱ. En este tipo de instrumento, se genera una temperatura ajustable dentro de un bloque sólido con el objetivo de calibrar termómetros en sus agujeros. Un calibrador de temperatura de tipo bloque seco está compuesto como mínimo por un bloque sólido, un dispositivo de control de temperatura del bloque y un termómetro para determinar la temperatura del bloque con su respectivo indicador. Los componentes mencionados forman una unidad compacta (es decir, están integrados juntos en un solo instrumento) - de no ser así, debe ser posible asignarlos claramente unos a otros.

La Directriz es válida para un rango de temperatura de -80 °C a $+1300\text{ °C}$; sin embargo, los rangos de temperatura especificados por el fabricante no deben ser superados.

ⁱ Literalmente traducido, el término alemán "Temperatur-Blockkalibrator" que figura en el título alemán de la directriz sería "calibrador de bloque de temperatura". Cabe mencionar que en los documentos correspondientes (hojas de datos, instrucciones, etc.) o en los sitios web de las diversas empresas o de algunos institutos se usan también otros términos para referirse a este tipo de instrumento (p. ej. horno de tipo bloque seco, calibrador de temperatura de bloque seco, bloque seco de temperatura, calibrador de temperatura de pozo seco, calibrador de horno seco, calibrador bloque seco de temperatura, horno termostático para calibración de temperatura, etc.).

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	6/17

Nota: En lo adelante, para facilitar la redacción se utiliza el término “calibradores” en lugar de calibrador de temperatura de bloque seco.

Reglas complementarias:

La escala de temperatura legal en su versión respectiva vigente

Las directrices DKD-R 5-1 y DKD-R 5-3 y futuras directrices DKD relativas a la temperatura.

2 Aptitud para ser calibrado

De conformidad con la presente Directriz, solamente es posible la calibración de aquellos calibradores que cumplan las siguientes condiciones:

- 2.1 Para medir la temperatura del bloque, se debe utilizar un termómetro del calibrador apto para ser calibrado. La calibración separada de este termómetro no forma parte de la calibración del calibrador.
- 2.2 Los agujeros que se utilizan para la calibración deberán disponer de una zona con una determinada uniformidad (homogeneidad) de temperatura de al menos 40 mm de longitud (denominada en adelante zona de medición). Por regla general, esta zona se encontrará en el extremo inferior del pozo. Si esta zona se encuentra en un punto diferente, deberá indicarse claramente.
- 2.3 Hay que asegurarse de que la calibración se realice bajo las siguientes condiciones:
 - 2.3.1 En el rango de temperaturas de -80 °C a 660 °C , el diámetro interior del agujero o del casquillo (inserto) utilizado no debe exceder el diámetro exterior del termómetro utilizado en más de 0,5 mm y en el rango de temperaturas de 660 °C a 1300 °C , no debe excederlo en más de 1,0 mm. Alternativamente, es posible lograr un contacto térmico igualmente bueno o incluso mejor utilizando medios de transmisión de calor adecuados.
 - 2.3.2 La profundidad de inmersión del termómetro debe ser al menos 15 veces el diámetro del termómetro.

3 Calibración

Si se requiere un ajuste del calibrador, debe efectuarse antes de comenzar la calibración.

Al calibrar un calibrador de temperatura de tipo bloque seco, además de determinar la desviación entre la temperatura en la zona de medición y la indicación del termómetro del calibrador, deberán investigarse y documentarse las características específicas de la distribución de la temperatura en el bloque del calibrador enumeradas en las secciones 3.1 a 3.5. En el caso de que se utilicen estudios o pruebas anteriores con calibradores del mismo tipo para determinar las características o las incertidumbres de medida, el certificado de calibración deberá hacer referencia a estos.

Todas las pruebas han de realizarse bajo las condiciones de medición especificadas en la sección 2.3.

Si se requiere la utilización de elementos de adaptación para cumplir con el requisito de la sección 2.3.1, éstos deberán ser fabricados con el material propuesto por el fabricante.

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	7/17

Si el calibrador tiene uno o más agujeros en los que se utiliza un inserto, debe ponerse de acuerdo con el cliente sobre el inserto (o los insertos) que se va (se van) a utilizar. Si el inserto tiene varios agujeros, los agujeros del inserto deben ser examinados de la misma manera que los diversos agujeros en el calibrador. Los insertos deben estar claramente identificados.

El termómetro utilizado para las pruebas de las secciones 3.1 a 3.4 no tiene que estar calibrado dado que en estas pruebas se realizan mediciones de diferencias de temperatura (excepto las mediciones del punto 4 del Apéndice A). En cualquier caso, debe comprobarse la estabilidad de los termómetros utilizados y conocerse la sensibilidad a la temperatura de medición con una incertidumbre de medida lo suficientemente baja. Por regla general, la sensibilidad puede tomarse de la norma pertinente; ésta debe comprobarse mediante una medición de control (eventualmente a una temperatura diferente).

A menos que se haya acordado otra cosa con el cliente, deben observarse las siguientes condiciones de medición:

- Todas las mediciones han de realizarse utilizando termómetros con un diámetro exterior de $d \leq 6$ mm.
- Todas las mediciones, excepto las enumeradas en la sección 3.1, se realizarán de forma que el termómetro toca el fondo del agujero.

Concretamente, habrá que realizar las siguientes investigaciones:

3.1 Uniformidad axial de la temperatura a lo largo del agujero en la zona de medición

La influencia de la distribución de la temperatura en la zona de medición a lo largo del agujero (distribución axial de la temperatura) sobre la calibración de los termómetros debe determinarse de manera que pueda tenerse en cuenta en la incertidumbre de medida de la calibración. Los posibles métodos para esta determinación se presentan en el Apéndice A. Los estudios previos con calibradores del mismo tipo pueden utilizarse para determinar la contribución a la incertidumbre. Tras haberlo consultado con el cliente, es posible limitar esta prueba a ciertos tipos de termómetros.

Las mediciones deben realizarse en el agujero central o en un agujero especialmente marcado.

Esta prueba se llevará a cabo a la temperatura de funcionamiento que tenga la mayor diferencia de temperatura con respecto a la temperatura ambiente. En el caso de los calibradores de bloque de temperatura cuya zona de medición puede calentarse y enfriarse, las mediciones se llevarán a cabo tanto a la temperatura de funcionamiento más alta como a la más baja. La influencia de la distribución de la temperatura con otras temperaturas de funcionamiento puede estimarse mediante la interpolación lineal (véase el ejemplo de la sección 4.2).

3.2 Diferencias de temperatura entre los agujeros

Hay que determinar la mayor diferencia de temperatura que se produce entre los agujeros. Para eliminar la influencia de las fluctuaciones de temperatura a lo largo del tiempo, se determinan las diferencias de temperatura comparándolas con un termómetro de referencia adicional. La medición de la diferencia de temperatura entre dos agujeros que estén lo más lejos posible el uno del otro (opuestos) es de particular importancia.

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	8/17

3.3 Influencia sobre la temperatura en la zona de medición por diferentes cargas

En el caso de incertidumbres de medida particularmente pequeñas, es necesario realizar pruebas adicionales para determinar cómo la temperatura en la zona de medida se ve afectada por la presencia de diferentes cargas. Para ello, las cargas pueden simularse con termómetros - con varillas de metal o cerámica.

3.4 Estabilidad en el tiempo

Con una temperatura de prueba ajustada fijamente en el calibrador, se ha de determinar la diferencia máxima de temperatura que resulta en la zona de medición durante un período de 30 minutos.

Las calibraciones deben realizarse a tres temperaturas diferentes – a la temperatura de funcionamiento máxima y mínima deseada y a temperatura ambiente. Si la temperatura de funcionamiento máxima o mínima es la temperatura ambiente, la tercera temperatura para la calibración se seleccionará en el punto medio del rango de funcionamiento de la temperatura.

3.5 Desviaciones de temperatura debidas a la disipación de calor

En acuerdo con el cliente, se determinará la desviación de temperatura causada por la disipación de calor para aquellos termómetros que deban ser calibrados en las instalaciones del cliente. Esta desviación no se considera en la incertidumbre de medida indicada en el certificado de calibración del calibrador, pero tiene que ser considerada separadamente al utilizar el calibrador de bloque de temperatura. Las desviaciones de temperatura por disipación de calor para termómetros con un diámetro exterior de $d \leq 6$ mm pueden ser ignoradas.

3.6 Determinación de la desviación entre la indicación del termómetro del calibrador y la temperatura en la zona de medición

La temperatura en la zona de medición del calibrador se determinará con un termómetro patrón cuya trazabilidad a los patrones nacionales ha de ser demostrada.

3.6.1 Mediciones a realizar

La determinación de la desviación entre la indicación del termómetro del calibrador y la temperatura en la zona de medición se realiza en el agujero central o en un agujero especialmente marcado. Para ello, las mediciones deben realizarse al menos a tres temperaturas diferentes (puntos de calibración). Dentro de lo posible, éstas deben estar distribuidas de manera uniforme en el rango de aplicación deseado. Los puntos de calibración se recorrerán en dos series de mediciones. En cada una de estas series se determinará - durante un período de al menos 10 minutos - el valor medio de la desviación entre la indicación del termómetro del calibrador y la temperatura en la zona de medición. La temperatura en los puntos de calibración se establece para una serie de mediciones ascendente (incremento de la temperatura) y otra descendente (disminución de la temperatura). Los resultados obtenidos de la medición de la estabilidad pueden utilizarse sin necesidad de repetir la medición, siempre que se haya utilizado un termómetro calibrado. Para las calibraciones realizadas a la temperatura más alta o, respectivamente, a la más baja, no será necesario ajustar la temperatura con temperatura ascendente o descendente si ésta coincide con la temperatura de funcionamiento máxima o mínima especificada por el fabricante. No obstante, debe registrarse al menos dos series de mediciones entre las cuales se haya cambiado la temperatura de funcionamiento del calibrado.

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	9/17

3.6.2 Evaluación

Para cada punto de calibración, se determinará el promedio de los valores medidos de las series ascendentes y descendentes. El resultado de la calibración (desviación entre la temperatura medida con el termómetro patrón y la visualización del calibrador) se documentará de forma matemática, gráfica o tabular.

4 Incertidumbre de medida

La incertidumbre de medida para la calibración del calibrador de bloque de temperatura será la incertidumbre que puede asignarse a la temperatura dentro de un agujero del calibrador. Si la desviación de la temperatura debida a la disipación de calor puede ser ignorada, la incertidumbre de medida es igual a la incertidumbre que un usuario puede esperar al calibrar un termómetro con el calibrador, siempre y cuando se sigan cuidadosamente el manual de instrucciones y la presente directriz de calibración.

Un ejemplo para el cálculo de la incertidumbre se muestra en la sección 6.

Hay que tener en cuenta las siguientes contribuciones a la incertidumbre:

4.1 La desviación entre la indicación del termómetro patrón y la temperatura en la zona de medición

Las contribuciones se deben principalmente a la calibración del termómetro patrón, la medición con el termómetro patrón, la deriva del termómetro patrón, la resolución de la indicación y las diferencias en las mediciones durante la medición en ascenso y en descenso (histéresis). La determinación de las incertidumbres de medición se realiza de manera análoga al procedimiento utilizado en la calibración de un termómetro.

4.2 La distribución de la temperatura en el bloque

Las desviaciones adicionales entre la indicación del termómetro calibrador y la temperatura de la zona de medición realmente utilizada por el usuario (que no tiene que ser idéntica a la zona utilizada para las mediciones descritas en 3.6) se producen debido a la distribución de la temperatura en el bloque sólido que no se conoce con exactitud, a los efectos de la carga del bloque y a su estabilidad a lo largo del tiempo. Estas desviaciones adicionales pueden considerarse como independientes entre sí. Estas contribuciones a la incertidumbre pueden ser estimadas sobre la base de las mediciones realizadas de acuerdo con los puntos 3.1 a 3.4. La contribución a la incertidumbre u_i se desprende de la mayor diferencia de temperatura medida ($t_{\max} - t_{\min}$):

$u_i^2(t) = (t_{\max} - t_{\min})^2/12$, si se han realizado al menos tres mediciones individuales. Si la contribución de u_i a la incertidumbre se determina a partir de sólo dos mediciones individuales, debe adoptarse el siguiente planteamiento: $u_i^2(t) = (t_1 - t_2)^2/3$.

Las contribuciones a la incertidumbre determinadas de acuerdo con las secciones 3.1 a 3.4 tendrán que interpolarse linealmente entre los puntos de calibración. A diferencia de lo anterior, puede suponerse que la contribución a la incertidumbre de medida es constante cerca de la temperatura ambiente, en una gama de temperaturas que se extiende simétricamente alrededor de la temperatura ambiente.

Ejemplo: En una primera calibración de un calibrador de bloque de temperatura en el rango de temperatura de $-30\text{ °C} < t < +200\text{ °C}$, realizada a una temperatura ambiente de 20 °C , las mayores diferencias de temperatura encontradas en la zona de medición son: $0,3\text{ K}$ con $t = -30\text{ °C}$ y $0,6\text{ K}$ con $t = 200\text{ °C}$. En el rango de temperatura de $20\text{ °C} + 50\text{ K}$, es decir de 30 °C a 70 °C , se puede suponer que la mayor diferencia

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	10/17

de temperatura que se produce es de 0,3 K, en el rango de temperatura de 70 °C a 200 °C ha de realizarse una interpolación lineal.

4.3 Las desviaciones de temperatura debidas a la disipación de calor

Las contribuciones a la incertidumbre a causa de las desviaciones de temperatura por disipación de calor de los termómetros con un diámetro exterior $d \leq 6$ mm pueden ser ignoradas. En el caso de los termómetros con $d > 6$ mm, esta contribución a la incertidumbre debe considerarse por separado.

5 Certificado de calibración

La emisión del certificado de calibración debe efectuarse de acuerdo con DAkKS-DKD-5 “Instrucciones para la emisión de un certificado de calibración”. Se recomienda adjuntar a cada certificado de calibración las Instrucciones del Comité Técnico del DKD “Temperatura y Humedad” para el uso de los calibradores de bloque de temperatura en su respectiva versión válida (véase el Apéndice B).

En el certificado de calibración o como anexo al certificado de calibración, deben documentarse también los resultados de las pruebas descritas en los puntos 3.1 a 3.5.

6 Ejemplo de un análisis de la incertidumbre de medida

Calibración de un calibrador de bloque de temperatura a una temperatura de 180 °C

Lo que se determina es la temperatura atribuible al rango de detección de temperatura de un termómetro durante su calibración en un agujero del bloque calibrador (con termómetro del calibrador permanentemente instalado) por medio de la comparación con un termómetro de resistencia calibrado (termómetro patrón) en el punto de calibración de 180 °C. La temperatura del termómetro de resistencia se determina midiendo su resistencia eléctrica mediante un multímetro. La temperatura que debe ser asignada al valor indicado por el termómetro del calibrador como temperatura en el agujero viene dada por la siguiente ecuación

$$t_X = t_N + \delta t_N + \delta t_D - \delta t_{iX} + \delta t_H + \delta t_B + \delta t_R + \delta t_L + \delta t_V$$

con

- t_N - Temperatura del termómetro de resistencia
- δt_N - Corrección de la temperatura basada en la medición de la resistencia
- δt_D - Corrección de la temperatura debida a la deriva causada por el envejecimiento del termómetro de resistencia desde la última calibración
- δt_{iX} - Corrección de la temperatura debida a la resolución en el indicador del termómetro del calibrador
- δt_H - Corrección de la temperatura por histéresis
- δt_B - Corrección de la temperatura debida a la homogeneidad axial insuficiente (falta de uniformidad axial) de la distribución de la temperatura a lo largo del agujero en la zona de medición (DKD-R 5-4: 3.1)
- δt_R - Corrección de la temperatura a causa de las diferencias de temperatura entre los agujeros de medición individuales (DKD-R 5-4: 3.2)
- δt_L - Corrección de la temperatura debida a la carga del bloque de calibración con varios termómetro (DKD-R 5-4: 3.3)

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	11/17

δt_V - Corrección de la temperatura debida a las variaciones de la temperatura dentro del tiempo de medición (DKD-R 5-4: 3.4).

No se considera ninguna desviación de la temperatura por conducción del calor, ya que el termómetro de resistencia tiene un diámetro exterior de $d \leq 6$ mm (DKD-R 5-4: 3.5).

Termómetro de resistencia (termómetro patrón) (t_N): El certificado de calibración para el termómetro de resistencia utilizado como termómetro patrón indica la relación entre la resistencia y la temperatura. El valor de resistencia medido corresponde a una temperatura de 180,10 °C, con una incertidumbre expandida asignada de 30 mK (factor de cobertura $k = 2$).

Determinación de la temperatura mediante la medición de la resistencia (δt_N): El termómetro de resistencia utilizado como patrón de trabajo tiene una temperatura de 180,10 °C. Convirtiendo la incertidumbre estándar que resulta de la medición de la resistencia en temperatura, ésta corresponde a $u(\delta t_N) = 10$ mK.

Deriva del valor de resistencia del termómetro de resistencia (δt_D): Partiendo del comportamiento general de los termómetros de resistencia del tipo utilizado y teniendo en cuenta el envejecimiento del termómetro de resistencia utilizado desde la última calibración, se estima que la desviación de su valor de la resistencia se encuentra dentro de los límites de ± 40 mK.

Resolución de la indicación del termómetro del calibrador (δt_X): La indicación del termómetro del calibrador es capaz de presentar los valores de temperatura en pasos de 0,1 K. La desviación de la temperatura que se debe a la resolución finita de la indicación queda, por tanto, dentro de los límites de ± 50 mK.

Histéresis para el ciclo de medición ascendente y descendente (δt_H): Los valores medidos muestran que la desviación de la temperatura debida a la histéresis que se produce en los ciclos de mediciones ascendentes y descendentes está en el rango de ± 50 mK.

Homogeneidad axial (δt_B): A partir de los valores de temperatura máxima y mínima medidos en la zona de medición del agujero, la desviación de la temperatura debido a la falta de homogeneidad axial se estima en los límites ± 250 mK.

Diferencias de temperatura entre los agujeros (δt_R): El instrumento a calibrar tiene 6 agujeros. La mayor diferencia de temperatura medida fue de 140 mK. Por lo tanto, se estiman límites de ± 70 mK para la distribución de la temperatura entre los agujeros.

Desviación de la temperatura debida a la carga térmica (δt_L): Basándose en las diferencias de temperatura medidas, se estima que una posible desviación debida a la carga de los agujeros individuales es de ± 50 mK.

Estabilidad a lo largo del tiempo (δt_V): Las desviaciones de temperatura durante el tiempo de medición de 30 minutos son estimadas dentro de los límites de ± 30 mK.

Correlaciones: Las correlaciones entre los valores de las variables de entrada se consideran irrelevantes.

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	12/17

Presupuesto de incertidumbre:

Magnitud X_i	Valor estimado x_i	Incertidumbre estándar $u(x_i)$	Distribución	Coefficiente de sensibilidad c_i	Contribución a la incertidumbre $u_i(y)$
t_N	180,10 °C	15 mK	normal	1,0	15 mK
δt_N	0,00 K	10 mK	normal	1,0	10 mK
δt_D	0,00 K	23 mK	rectangular	1,0	23 mK
δt_{iX}	0,00 K	29 mK	rectangular	-1,0	-29 mK
δt_H	0,00 K	29 mK	rectangular	1,0	29 mK
δt_B	0,00 K	144 mK	rectangular	1,0	144 mK
δt_R	0,00 K	40 mK	rectangular	1,0	40 mK
δt_L	0,00 K	29 mK	rectangular	1,0	29 mK
δt_V	0,00 K	17 mK	rectangular	1,0	17 mK
t_X	180,10 °C				161 mK

Incertidumbre expandida:

La incertidumbre estándar que se atribuye al resultado de la medición está dominada por el efecto de la corrección de la temperatura desconocida en relación con la falta de uniformidad axial de la temperatura en el agujero de medición y la diferencia de temperatura radial entre los agujeros de medición. La distribución resultante no es una distribución normal, sino es esencialmente trapezoidal. Para una explicación más detallada, véase DAkKS-DKD-3-E2, Sección S10.13. En el ejemplo anterior, el parámetro de borde es $\beta = 0,563$. Con una probabilidad de cobertura del 95 %, esto conduce a un factor de cobertura de $k = 1,74$.

$$U = ku(t_X) = 1,74 \cdot 0,161 \text{ K} \cong 0,3 \text{ K}$$

Resultado completo de medición:

La temperatura asignada a la indicación de 180,0 °C del termómetro instalado en el calibrador es:

$$180,1 \text{ °C} \pm 0,3 \text{ K}$$

La incertidumbre expandida especificada es el producto de la incertidumbre estándar y el factor de cobertura $k = 1,74$. Partiendo de una distribución de probabilidad trapezoidal, corresponde a una probabilidad de cobertura del 95 %. La incertidumbre estándar se determinó de acuerdo con DAkKS-DKD-3 (traducción autorizada de EA-4/02).

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	13/17

7 Normas citadas y otros documentos

DIN EN ISO/IEC 17 025	Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (Traducción del título al español: Requisitos generales en cuanto a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración)
DIN 43 762	Messen, Steuern, Regeln; Elektrische Temperaturlaufnehmer; Messeinsätze für Widerstandsthermometer (Traducción del título al español: Medición, control, regulación; Captadores eléctricos de temperatura; insertos de medición para termómetros de resistencia)
DIN 43 735	Messen, Steuern, Regeln; Elektrische Temperaturlaufnehmer; Messeinsätze für Thermoelemente (Traducción del título al español: Medición, control, regulación; Captadores eléctricos de temperatura; insertos de medición para termopares)
DKD-R 5-1	Kalibrierung von Widerstandsthermometern (Traducción del título al español: Calibración de los termómetros de resistencia)
DKD-R 5-3	Kalibrierung von Thermoelementen (Traducción del título al español: Calibración de termopares)
DAkKS-DKD-5	Anleitung zum Erstellen eines DAkKS-Kalibrierscheines (Traducción del título al español: Instrucciones para la emisión de un certificado de calibración)
DAkKS-DKD-3	Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen (Deutsche Übersetzung von EA-4/02 "Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration") (Traducción del título al español: Especificación de la incertidumbre de medida en las calibraciones)
DAkKS-DKD-3-E2	Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen: Zusätzliche Beispiele (Deutsche Übersetzung von EA-4/02 "Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration", Supplement 2) (Traducción del título al español: Especificación de la incertidumbre de medida en las calibraciones: Ejemplos adicionales)

Apéndice A

Método para determinar la influencia de la distribución axial de la temperatura

Normalmente, los calibradores de bloque de temperatura se utilizan para calibrar termómetros en diferentes configuraciones, es decir los sensores de diferentes longitudes están situados en diferentes áreas de la zona de medición. Por consiguiente, la distribución axial de la temperatura a lo largo del agujero en la zona de medición contribuye a la incertidumbre de la calibración. A menudo, esta contribución domina todas las demás contribuciones. La determinación de la distribución axial de la temperatura es difícil, ya que el propio termómetro de prueba influye en esta distribución de la temperatura. Esta influencia puede ser compleja. Las diferentes profundidades de inmersión del termómetro, por ejemplo, provocan diferentes disipaciones de calor, lo que a su vez puede influir en el comportamiento de control del calibrador de bloque.

Por lo tanto, deberá seleccionarse un método para determinar la influencia de la distribución axial de la temperatura que se ajuste en la medida de lo posible a las necesidades del cliente. Esos métodos podrían ser, por ejemplo:

1 Determinación de la temperatura en 3 puntos con un sensor de corta longitud de construcción

Para este propósito, un termómetro cuyo sensor tiene una longitud máxima de 5 mm se utiliza para determinar la temperatura en el extremo inferior, medio y superior de la zona de medición. El termómetro puede contar con un tubo de protección cuyo diámetro exterior es inferior a 6 mm ($d < 6$ mm). En el rango de temperaturas de -80 °C a 250 °C, se utilizarán preferentemente termómetros de resistencia Pt; en el rango de 250 °C a 1300 °C, se utilizarán termopares (también termopares Pt-Pd).

Ejemplo: Para un calibrador de bloque de temperatura con una zona de medición de 40 mm en el extremo inferior del agujero, las mediciones han de realizarse bajo las siguientes condiciones:

- 1) el termómetro está tocando el suelo,
- 2) el termómetro ha sido extraído 20 mm,
- 3) el termómetro ha sido extraído 40 mm,
- 4) el termómetro está tocando el suelo.

2 Determinación directa de las diferencias de temperatura mediante un termoelemento diferencial

Aquí, la diferencia de temperatura respecto al punto más profundo del agujero (tocando el suelo) se mide directamente en uno o más puntos del agujero utilizando un termopar diferencial.

Para este fin puede utilizarse, por ejemplo, un termopar prefabricado en el cual los dos puntos de medición tienen una distancia de aproximadamente 25 mm. Deberá comprobarse con regularidad - por ejemplo, en un baño o en un tubo de calor - si la diferencia de temperatura de 0 K se mide correctamente.

Además, se pueden insertar dos termopares revestidos con un diámetro exterior pequeño en el agujero. Mientras el primer termopar sigue tocando el suelo, se determinan las diferencias de temperatura con respecto al segundo termopar, el cual se encuentra a una distancia conocida del primer termopar (por ejemplo, 20 mm y 40 mm). Si ambos termopares se sumergen a la misma profundidad, un ajuste para la diferencia de temperatura 0 K es posible.

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	15/17

3 Determinación de la temperatura en dos puntos

Si la distribución de la temperatura se determina utilizando un termómetro con un sensor relativamente largo, el desplazamiento del termómetro en 40 mm (la longitud habitual de la zona homogénea del calibrador de bloque seco) no hace sentido. Se ha comprobado que, en el caso de algunos calibradores, una medición a dos profundidades de inmersión diferentes (por ejemplo, con el termómetro tocando el suelo y sacándolo en 20 mm) puede proporcionar información suficiente sobre la influencia de la distribución de la temperatura en la contribución a la incertidumbre.

Hay que tener en cuenta que en este caso – conforme a la sección 4.2 – la contribución a la incertidumbre se determina de acuerdo con $u_i^2(t) = (t_1 - t_2)^2/3$.

4 Determinación de la temperatura mediante termómetros calibrados con diferentes longitudes de sensor

Disponiendo de informaciones acerca de los tipos de termómetros que se calibran en calibrador de bloque, es posible determinar directamente la influencia de la distribución axial de la temperatura en un determinado tipo de termómetro. Esto requiere mediciones con los respectivos tipos de termómetro. Si no se dispone de informaciones sobre los termómetros que se van a calibrar, la medición debería llevarse a cabo utilizando dos termómetros de diseño diferente.

Debe tenerse en cuenta que para las mediciones mencionadas en el punto 4, todos los termómetros utilizados deben estar calibrados.

Apéndice B

Notas del Comité Técnico del DKD “Temperatura y Humedad” sobre el uso de los calibradores de temperatura de bloque seco

Mediante un certificado de calibración emitido por un laboratorio de calibración acreditado por la DAkkS se confirma que el calibrador de temperatura de bloque seco cumple con las altas exigencias requeridas para la calibración (calibrabilidad) de tal dispositivo, tal y como están definidas en la directriz DKD-R 5-4. No obstante, deben observarse los siguientes puntos al utilizar el calibrador:

La calibración de los calibradores de temperatura de tipo bloque se refiere principalmente a la temperatura del bloque sólido. La temperatura del termómetro que se va a calibrar dentro del bloque puede ser distinta. Al utilizar un termómetro del mismo tipo bajo las mismas condiciones de medición, es decir en las condiciones vigentes durante la calibración, puede suponerse que las desviaciones de medición durante la calibración de los termómetros ideales no son mayores que las incertidumbres de medición indicadas en el certificado de calibración. A menos que se indique algo distinto en el certificado de calibración, debe garantizarse que

- el elemento de medición esté situado en la zona de medición (zona de temperatura homogénea),
- el diámetro interior del agujero (o, dado el caso, del casquillo) utilizado en el calibrador cumple las siguientes condiciones: en el rango de temperaturas de -80 °C a 660 °C , el diámetro interior no debe ser superior a $0,5\text{ mm}$, y en el rango de temperaturas de 660 °C

	Calibración de bloques secos de temperatura https://doi.org/10.7795/550.20180828AEES	DKD-R 5-4	
		Edición:	09/2018
		Revisión:	0
		Página:	16/17

a 1300 °C, no debe ser superior a 1,0 mm del diámetro exterior del termómetro que se va a calibrar

- la profundidad de inmersión del termómetro a calibrar sea al menos 15 veces el diámetro exterior del termómetro a calibrar
- el diámetro exterior del termómetro a calibrar sea inferior a 6 mm ($d \leq 6$).

En particular, tendrá que comprobar si se ha utilizado un medio de transmisión de calor en la calibración de su calibrador de bloque de temperatura. De ser así, la calibración sólo es válida para los casos en que el calibrador se utiliza con un medio de transferencia térmica adecuado.

Al calibrar los termómetros con un diámetro exterior superior a 6 mm ($d > 6$ mm), debe tenerse en cuenta una desviación adicional debida a la disipación de calor. Si está previsto efectuar tales mediciones, el laboratorio de calibración acreditado podrá determinar la disipación de calor adicional para el tipo de termómetro que se calibra. Para comprobar las posibles desviaciones de temperatura debidas a la disipación de calor, se recomienda comprobar que la indicación del termómetro a calibrar cambia al ser elevado 20 mm. Las contribuciones a la incertidumbre causadas por el termómetro que ha de ser calibrado por usted (por ejemplo, la falta de homogeneidad de los termopares) tampoco están incluidas en la incertidumbre de medida del calibrador.

Si el calibrador se utiliza en condiciones de carga que no corresponden a la condición de carga durante la calibración, la influencia de la carga puede determinarse in situ, quitando o añadiendo termómetros.

Los criterios decisivos para la calibración son las especificaciones que figuran en el certificado de calibración, no las del fabricante. Antes de la calibración, es preciso ponerse en contacto con su laboratorio de calibración DakkS para concretar las condiciones de uso y calibración.

A menos que se indique algo distinto en el certificado de calibración, debe garantizarse (independientemente de las especificaciones del fabricante) lo siguiente:

- el calibrador debe ser utilizado en posición vertical
- no se utiliza ningún aislamiento térmico adicional
- la temperatura ambiente es de (23 ± 5) °C.

Para comprobar la calibración de los calibradores de bloque de temperatura, se recomienda realizar mediciones regulares con un termómetro calibrado. Sin dichas mediciones de control con un termómetro calibrado, se recomienda la recalibración anual del calibrador de bloque de temperatura.



Editor:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Deutscher Kalibrierdienst
Bundesallee 100
38116 Braunschweig

www.dkd.eu
www.ptb.de