

# Physikalisch- Technische Bundesanstalt



**DKD**

---

## **Expertenbericht DKD-E 5-2**


Kalibrierung von Taupunktspiegel-  
Hygrometern mit  
Gastemperaturmessung auf relative  
Feuchte

---

Ausgabe 01/2025

<https://doi.org/10.7795/550.20250123>



	Kalibrierung von Taupunktspiegel- Hygrometern mit Gastemperaturmessung auf relative Feuchte  <a href="https://doi.org/10.7795/550.20250123">https://doi.org/10.7795/550.20250123</a>	DKD-E 5-2	
		Ausgabe:	01/2025
		Revision:	0
		Seite:	2 / 11

## Deutscher Kalibrierdienst (DKD)

Im DKD sind Kalibrierlaboratorien von Industrieunternehmen, Forschungsinstituten, technischen Behörden, Überwachungs- und Prüfinstitutionen seit der Gründung 1977 zusammengeschlossen. Am 03. Mai 2011 erfolgte die Neugründung des DKD als *technisches Gremium* der PTB und der akkreditierten Laboratorien.

Dieses Gremium trägt die Bezeichnung Deutscher Kalibrierdienst (DKD) und steht unter der Leitung der PTB. Die vom DKD erarbeiteten Richtlinien und Leitfäden stellen den Stand der Technik auf dem jeweiligen technischen Fachgebiet dar und stehen der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) für die Akkreditierung von Kalibrierlaboratorien zur Verfügung.

Die akkreditierten Kalibrierlaboratorien werden von der DAkkS als Rechtsnachfolgerin des DKD akkreditiert und überwacht. Sie führen Kalibrierungen von Messgeräten und Maßverkörperungen für die bei der Akkreditierung festgelegten Messgrößen und Messbereiche durch. Die von ihnen ausgestellten Kalibrierscheine sind ein Nachweis für die Rückführung auf nationale Normale, wie sie von der Normenfamilie DIN EN ISO 9000 und der DIN EN ISO/IEC 17025 gefordert wird.

### Kontakt:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)


DKD-Geschäftsstelle

Bundesallee 100      38116 Braunschweig

Postfach 33 45      38023 Braunschweig

Telefon Sekretariat: 0531 592-8021

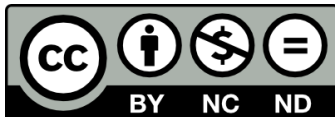
Internet: [www.dkd.eu](http://www.dkd.eu)

	Kalibrierung von Taupunktspiegel- Hygrometern mit Gastemperaturmessung auf relative Feuchte  <a href="https://doi.org/10.7795/550.20250123">https://doi.org/10.7795/550.20250123</a>	DKD-E 5-2	
		Ausgabe:	01/2025
		Revision:	0
		Seite:	3 / 11

*Zitiervorschlag für die Quellenangabe:*

*Expertenbericht DKD-E 5-2 Kalibrierung von Taupunktspiegel-Hygrometern mit Gastemperaturmessung auf relative Feuchte, Ausgabe 01/2025, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin. DOI: 10.7795/550.20250123*

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt und unterliegt der Creative Commons Nutzerlizenz CC by-nc-nd 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>). In diesem Zusammenhang bedeutet „nicht-kommerziell“ (NC), dass das Werk nicht zum Zwecke der Einnahmenerzielung verbreitet oder öffentlich zugänglich gemacht werden darf. Eine Nutzung seiner Inhalte für die gewerbliche Verwendung in Laboratorien ist ausdrücklich erlaubt.



Autoren:


Deschermeier, Regina; Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig

Hager, Helmut; Techmetrics GmbH, Winnenden

Rohm, Mathias; Zivilingenieur, Maishofen, Österreich

Trageser, Peter; externer DAkkS-Begutachter, Hasselroth


Herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) für den Deutschen Kalibrierdienst (DKD) als Ergebnis der Zusammenarbeit der PTB mit dem Fachausschuss *Temperatur und Feuchte* des DKD.

	<p style="text-align: center;">Kalibrierung von Taupunktspiegel- Hygrometern mit Gastemperaturmessung auf relative Feuchte</p> <p style="text-align: center;"><a href="https://doi.org/10.7795/550.20250123">https://doi.org/10.7795/550.20250123</a></p>	DKD-E 5-2	
		Ausgabe:	01/2025
		Revision:	0
		Seite:	4 / 11

## Vorwort


DKD-Expertenberichte verfolgen das Ziel, Hintergrundinformationen und Hinweise zu geben, die im Zusammenhang mit anderen DKD-Dokumenten stehen, wie z. B. den DKD-Richtlinien, jedoch z. T. weit darüber hinausgehen. Sie ersetzen die originären DKD-Dokumente nicht, geben jedoch zahlreiche wissenswerte Zusatzinformationen. In den Expertenberichten wird nicht notwendigerweise in allen Details die Sichtweise des Vorstands oder der Fachausschüsse des DKD wiedergegeben.

Die DKD-Expertenberichte sollen wesentliche Aspekte aus dem Bereich des Kalibrierwesens darstellen und durch die Publikation im Rahmen des DKD der großen Gemeinschaft der Kalibrierlaboratorien national und international zugänglich gemacht werden.

	<b>Kalibrierung von Taupunktspiegel- Hygrometern mit Gastemperaturmessung auf relative Feuchte</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20250123">https://doi.org/10.7795/550.20250123</a>	DKD-E 5-2	
		Ausgabe:	01/2025
		Revision:	0
		Seite:	5 / 11

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	6
2	Kalibrierung von Taupunktspiegel-Hygrometern mit angeschlossenen Temperatursensoren auf die Messgröße relative Feuchte.....	6
2.1	Voraussetzungen bzgl. der KBS.....	6
2.2	Bezugsnormale .....	6
2.3	Kalibrierverfahren.....	7
2.4	Kalibriergegenstand .....	7
2.5	Anwendung der Kalibrierung .....	8
2.6	Kalibrierschein.....	8
2.7	Begutachtung.....	8
2.8	Darstellung in der Anlage zur Akkreditierungsurkunde .....	9
2.9	Verifizierungsnachweise.....	9
3	Literaturverzeichnis.....	10

	<b>Kalibrierung von Taupunktspiegel-Hygrometern mit Gastemperaturmessung auf relative Feuchte</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20250123">https://doi.org/10.7795/550.20250123</a>	DKD-E 5-2	
		Ausgabe:	01/2025
		Revision:	0
		Seite:	6 / 11

## 1 Einleitung

Ziel des vorliegenden Expertenberichtes ist es, die fachlichen Randbedingungen für die Kalibrierung von Taupunktspiegel-Hygrometern mit angeschlossenen Temperatursensoren auf die Messgröße relative Feuchte zu erläutern und so eine einheitliche Sichtweise unter den Kalibrierlaboratorien, Fachbegutachtenden und Anwendenden zu schaffen. Alle Symbole und Formelzeichen werden analog zur Definition in der DKD-R 5-8:2019 [1] verwendet. Dieser Expertenbericht bezieht sich auf akkreditierte oder im Akkreditierungsverfahren befindliche Kalibrierlaboratorien. Er kann auch von anderen Kalibrierlaboratorien verwendet werden.

## 2 Kalibrierung von Taupunktspiegel-Hygrometern mit angeschlossenen Temperatursensoren auf die Messgröße relative Feuchte

Die Richtlinie DKD-R 5-8 deckt in ihrer Fassung die Kalibrierung von Hygrometern mit direkter Erfassung der relativen Gasfeuchte mit resistiven, kapazitiven, resistiv-elektrolytischen, sowie mechanischen Sensorelementen ab [1]. Taupunktspiegel-Hygrometer sind explizit nicht als Kalibriergegenstand aufgeführt. Diese Messgeräte weisen aber zum Teil Anzeigen für die relative Feuchte auf, deren Anzeigewert in der Regel aus der gemessenen Frost-/Taupunkttemperatur und einer Bezugstemperatur ermittelt wird. Dabei kann die Bezugstemperatur ein vorgegebener Wert sein, oder ihr Wert wird über die Messung mittels eines externen Temperatursensors ermittelt, der an das Anzeigegerät des Taupunktspiegel-Hygrometers angeschlossen ist. In beiden Fällen sind diese Geräte nach DKD-R 5-8:2019 [1] nicht als Kalibriergegenstand zugelassen und können daher auch nicht nach dieser Richtlinie kalibriert werden.

Unter bestimmten Voraussetzungen können Taupunktspiegel-Hygrometer mit angeschlossenem Temperatursensor, dessen Messwert zur Bestimmung der relativen Gasfeuchte genutzt wird, nach einem separaten Verfahren kalibriert werden.

Ein wichtiger Aspekt dabei ist, dass bei diesen Geräten die Sensoren für Frost-/Taupunkttemperatur und Gastemperatur getrennt ausgeführt sind, d. h. der Messort beider Größen vom Anwendenden getrennt bestimmt werden kann, aber aus den Größen ein Wert für die Anzeige berechnet wird.


Wie ein solches Verfahren nach dem Stand der Technik formal und technisch umgesetzt werden kann, wird in den nachfolgenden Abschnitten näher erläutert.

### 2.1 Voraussetzungen bzgl. der KBS

Es wird vorausgesetzt, dass die KBS (Konformitätsbewertungsstelle, hier im Text ist damit ein Kalibrierlaboratorium gemeint), für absolute Feuchte (Frost-/Taupunkttemperatur mit Taupunktspiegel-Hygrometern als Kalibriergegenstand) und (Gas-)Temperatur (für die vorliegende Art des Temperatursensors) akkreditiert ist.

### 2.2 Bezugsnormale

Es gelten dieselben Anforderungen an die Bezugsnormale wie in den Richtlinien DKD-R 5-1 und DKD-R 5-8 festgelegt.

	Kalibrierung von Taupunktspiegel-Hygrometern mit Gastemperaturmessung auf relative Feuchte <a href="https://doi.org/10.7795/550.20250123">https://doi.org/10.7795/550.20250123</a>	DKD-E 5-2	
		Ausgabe:	01/2025
		Revision:	0
		Seite:	7 / 11


### 2.3 Kalibrierverfahren

Die Kalibrierung von Taupunktspiegel-Hygrometern auf relative Feuchte kann nicht nach DKD-R 5-8:2019 [1] erfolgen. Daher muss ein gesondertes Verfahren, sog. Hausverfahren, vom Laboratorium erarbeitet und validiert werden (s. DIN EN ISO/IEC 17025:2018 [2]). Dieses Verfahren, v. a. Positionierung und Auswertung inkl. Messunsicherheitsbestimmung, ist im Rahmen des Hausverfahrens zur Kalibrierung von Taupunktspiegel-Hygrometern oder einem separaten Hausverfahren zu beschreiben. Es werden dabei folgende Anforderungen an das Verfahren gestellt:

- Hinsichtlich der angewendeten Verfahren zur Ermittlung der Frost-/ Taupunkttemperatur und (Gas-)Temperatur ist auf die jeweiligen (im Akkreditierungsumfang enthaltenen) Verfahren zu verweisen, oder diese sind im Hausverfahren selbst entsprechend zu beschreiben.
- Bei der Kalibrierung von Taupunktspiegel-Hygrometern mit einem externen Messkopf, der in einer Temperaturkammer temperiert wird, muss die Temperaturkammer auf die Gastemperatur eingestellt werden, auch wenn z. B. der Gastemperatursensor parallel in ein Kalibrierbad getaucht wird.
- Bei der Positionierung eines externen Taupunkt-Messkopfes und Gastemperatursensors in einer Temperaturkammer, ist darauf zu achten, dass die Abwärme des Messkopfes die Temperaturkalibrierung nicht beeinflusst.
- Der Wert der relativen Feuchte ist aus den primären Messgrößen Frost-/Taupunkttemperatur und der (Gas-)Temperatur zu bestimmen (s. DKD-R 5-8:2019 [1]). Die Berechnung der relativen Feuchte ist zu beschreiben (Bezugszustand der relativen Feuchte als Sättigung über Wasser  $U_w$  und/oder Sättigung über Eis  $U_i$  und/oder hypothetischer Zustand (hypothetischer Systemdruck), Enhancement-Faktor, verwendete Sättigungsdampfdruckgleichung, ...). Unsicherheiten der Gleichungen sind in der Messunsicherheitsberechnung zu berücksichtigen.
- Da sehr kleine Messunsicherheiten erreicht werden können, sind die Messunsicherheiten über die kompletten Feuchte- und Temperaturbereiche zu ermitteln und im Akkreditierungsumfang zu berücksichtigen. Bei Temperaturen und/oder Frost-/Taupunkttemperaturen kleiner  $0\text{ °C}$  steigen die Messunsicherheiten deutlich an. Dies ist bei der Darstellung des Scopes zu berücksichtigen.
- In der Messunsicherheitsbilanz sind alle relevanten Einflussgrößen (u.a. die der Bezugsnormale, Temperatur, Frost-/Taupunkttemperatur, Kalibriereinrichtung, Kalibriergegenstand, Berechnungsgleichungen, Absolutdruck) zu berücksichtigen.

### 2.4 Kalibriergegenstand

Der Kalibriergegenstand muss eine separate Anzeige oder einen Signalausgang für relative Feuchte besitzen, die bzw. der sich aus den beiden gemessenen Größen Gastemperatur und Frost-/Taupunkttemperatur ergibt (kein fester Bezugswert). Zudem muss ersichtlich sein, welche relative Feuchte kalibriert wird. Das bedeutet, dass der Bezugspunkt angegeben werden muss, z. B. bei Gastemperaturen unter  $0\text{ °C}$  Sättigung über Eis  $U_i$  oder Sättigung über Wasser  $U_w$  oder hypothetischer Zustand (hypothetischer Systemdruck) bei über  $100\text{ °C}$ .

	Kalibrierung von Taupunktspiegel- Hygrometern mit Gastemperaturmessung auf relative Feuchte  <a href="https://doi.org/10.7795/550.20250123">https://doi.org/10.7795/550.20250123</a>	DKD-E 5-2	
		Ausgabe:	01/2025
		Revision:	0
		Seite:	8 / 11

## 2.5 Anwendung der Kalibrierung

Die Kalibrierung gilt nur für die kalibrierten Punkte. Eine direkte Interpolation der kalibrierten relativen Feuchtwerte ist möglich, wenn zwischen den relativen Feuchtepunkten bei den zutreffenden Gastemperaturen interpoliert wird. Alternativ kann eine Interpolation unter Berücksichtigung der primären Messgrößen (Gastemperatur und Frost-/Taupunkttemperatur) erfolgen. Besonderes Augenmerk muss bei Frost-/Taupunkttemperaturen und/oder Gastemperaturen unter 0 °C darauf gelegt werden, welche Sättigungszustände (Eis/Wasser) für die Dampfdruckgleichungen zur Berechnung der Feuchte angenommen werden.

In der Messunsicherheitsbilanz sind zusätzliche Abweichungen, die durch die Interpolation zwischen den Kalibrierpunkten vorhanden sein können, zu berücksichtigen.

Eine metrologische Rückführbarkeit des Kalibrierergebnisses ist nur dann gegeben, wenn der Messpunkt innerhalb der kalibrierten Bereiche der Gastemperatur, Frost-/Taupunkttemperatur **und** relativen Feuchte liegt.

## 2.6 Kalibrierschein


Folgende Anforderungen werden an den Kalibrierschein zur eindeutigen Beschreibung des Verfahrens und der Messergebnisse gestellt:

- Im Kalibrierschein müssen (Gas-)Temperatur und Frost-/Taupunkttemperatur der angestrebten Kalibrierpunkte für die relative Feuchte mit Messunsicherheit angegeben sein.
- Die relative Feuchte wird als weitere Größe mit Messunsicherheit angegeben. Es muss gekennzeichnet sein, dass diese eine berechnete Größe ist. Die Grundlage der Bestimmung des Referenzwertes (z. B. Berechnungsgleichung oder Literaturangabe sowie eingehende Größen, die zur Berechnung der relativen Feuchte herangezogen werden) muss eindeutig angegeben werden.
- Im Kalibrierschein sind die Position des Temperatursensors und des Messkopfes für die Frost-/Taupunkttemperatur (v. a. Umgebungsbedingungen, Messkopftemperatur, Eintauchtiefen, ggf. örtliche Trennung beider Sensoren) sowie die jeweils verwendete Kalibriereinrichtung eindeutig zu beschreiben. Bei Kalibrierung beider Sensoren (Gastemperatur und Frost-/Taupunkttemperatur) in örtlicher Nähe in derselben Kalibriereinrichtung ist eine Beeinflussung beider Sensoren in der Messung respektive Messunsicherheit zu berücksichtigen.
- Es müssen alle Bestandteile des Kalibriergegenstandes (für die Messgrößen Temperatur und Frost-/Taupunkttemperatur) eindeutig identifizierbar und im Kalibrierschein angegeben werden. Die Kalibrierung gilt nur für diese Kombination.
- Die Kalibrierung gilt nur für die kalibrierten Punkte, eine Interpolation ist nur unter den in Abschnitt 2.5 beschriebenen Bedingungen möglich. Dies ist im Kalibrierschein anzugeben.

## 2.7 Begutachtung

Der Fokus der Begutachtung sollte im Rahmen der Fachbegutachtung neben der korrekten Umsetzung der Abschnitte 2.1 bis 2.6 vor allem auch auf der Kompetenz der KBS in der Umrechnung Frost-/Taupunkttemperatur und Gastemperatur (und Absolutdruck) in relative



	Kalibrierung von Taupunktspiegel-Hygrometern mit Gastemperaturmessung auf relative Feuchte <a href="https://doi.org/10.7795/550.20250123">https://doi.org/10.7795/550.20250123</a>	DKD-E 5-2	
		Ausgabe:	01/2025
		Revision:	0
		Seite:	9 / 11

Feuchte  $U_i$  bzw.  $U_w$  und hypothetischer Zustand, sowie auf der Einordnung des angezeigten Messwertes des Taupunktspiegel-Hygrometers ( $U_i$ ,  $U_w$ ,  $U_{w,hyp}$  hypothetischer Zustand, Frost-/Taupunkttemperatur  $T_f$  bzw.  $T_d$ , Absolutdruck  $p_{abs}$ ) liegen.

## 2.8 Darstellung in der Anlage zur Akkreditierungsurkunde

Da das Verfahren nicht durch die DKD-R 5-8:2019 abgedeckt wird, sollte es als gesondertes Verfahren in der Anlage zur Akkreditierungsurkunde aufgeführt werden. Ein Beispiel zur Gestaltung ist in Tabelle 1 gegeben.


Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Relative Feuchte  Taupunktspiegel-Hygrometer mit Gastemperaturmessung	5 % bis 80 %	Frost-/Taupunkttemperatur: -25 °C bis +55 °C  Bezugstemperatur der relativen Feuchte: +10 °C bis <+20 °C +20 °C bis +60 °C  Verfahren 1234, V1	1,5 % 1,0 %	Vergleichsverfahren mit Referenztaupunktspiegel-Hygrometer und Referenzthermometer  Messunsicherheit ausgedrückt als Absolutwert der relativen Feuchte

**Tabelle 1:** Beispiel zur Gestaltung der Anlage der Akkreditierungsurkunde für die Kalibrierung von Taupunktspiegel-Hygrometer mit angeschlossenen Temperatursensoren auf die Messgröße relative Feuchte

## 2.9 Verifizierungsnachweise

Es ist keine gesonderte Vergleichsmessung zur Verifizierung erforderlich. Es muss jedoch anhand der Dokumentation die Berechnung des relativen Feuchtwertes aus den einzelnen Messungen der Frost-/Taupunkttemperatur und der Gastemperatur die Berechnung sowie die zugehörige Messunsicherheitsberechnung nachgewiesen werden. Außerdem müssen für die beiden Verfahren zur Bestimmung der Gastemperatur und der Frost-/Taupunkttemperatur, aus den in Abschnitt 2.1 vorausgesetzten Akkreditierungen die entsprechenden Nachweise für die Verifizierung und ggf. Validierung der einzelnen Verfahren vorliegen.

Die Messunsicherheit muss über den kompletten Akkreditierungsbereich exemplarisch berechnet werden. Die akkreditierte Messunsicherheit darf nie die berechnete Messunsicherheit unterschreiten. Dies ist besonders an den Randbereichen zu beachten, wenn z. B. die Messunsicherheit der Frost-/Taupunkttemperatur größer wird, oder die Sensitivitätskoeffizienten steigen (Frostpunkttemperatur und Temperatur kleiner 0 °C).

	<p style="text-align: center;">Kalibrierung von Taupunktspiegel- Hygrometern mit Gastemperaturmessung auf relative Feuchte</p> <p style="text-align: center;"><a href="https://doi.org/10.7795/550.20250123">https://doi.org/10.7795/550.20250123</a></p>	DKD-E 5-2	
		Ausgabe:	01/2025
		Revision:	0
		Seite:	10 / 11

### 3 Literaturverzeichnis

- [1] Richtlinie DKD-R 5-8, Ausgabe 02/2019, Revision 0, Kalibrierung von Hygrometern zur direkten Erfassung der relativen Feuchte, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin. DOI: 10.7795/550.20190214
- [2] DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2017



Herausgeber:

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**  
Deutscher Kalibrierdienst  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig

[www.dkd.eu](http://www.dkd.eu)  
[www.ptb.de](http://www.ptb.de)