

Titel: Kalibrierung mit Verifizierung von Temperatur- und Klimaprüfeinrichtungen

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
- 2 Anwendungsbereich
- 3 Begriffe/Literaturhinweise
- 4 Beschreibung
- 5 Anhang

1 Einleitung

Diese Richtlinie legt die Mindestanforderungen an die Kalibrierung, statische Verifizierung und Zwischenprüfung von Temperatur- und Klimaprüfeinrichtungen (nachfolgend Prüfschrank genannt) bei Laboren in der Anwendung der Normenreihe DIN EN 60068-2-x fest. Er orientiert sich hierbei auch an den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025.

Die Verifizierung der Eignung von Prüfvorschriften bezüglich Prüfständen wird in der Richtlinie Nr.: 004 behandelt.

Die Bestätigung des Leistungsvermögens von Prüfständen wird in den Normen DIN EN 60068-3-5/6 beschrieben.

2 Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich dieser Richtlinie betrifft Labore im Bereich der Umweltsimulation und der Produktqualifikation an technischen Produkten.

Diese Richtlinie gilt in Verbindung mit GUS-Richtlinie Nr.: 001

3 Begriffe/Literaturhinweise

3.1 Begriffe

- Anzeige-korrektur:** ist das, was auf den Anzeigewert dazugerechnet ($\pm$) werden muss, um den richtigen Wert zu erhalten.
- Anzeige-abweichung:** ist die Differenz zwischen dem Anzeigewert des Kalibriergegenstandes und der Anzeige des Referenzsystems. Die Beträge von Anzeige-abweichung und Anzeige-korrektur sind gleich.
- Kalibrierung:** Ist der messtechnische Vergleich eines Kalibriergegenstands mit einem rückgeführten Normal.
(kein Eingriff in das Gerät)
- In Rahmen dieser Richtlinie beschreibt die Kalibrierung eines Temperatur- bzw. Klimaschranks den messtechnischen Vergleich des Anzeigewertes des Schrankes mit einem rückgeführten Gebrauchsnorm (Normal).
- Justierung:** Erfordert den Eingriff in den Kalibriergegenstand, um die Anzeige-abweichung zu minimieren.
Die Abfolge ist im Allgemeinen wie folgt: Kalibrierung – Justage – Rekalibrierung
- Rückführbarkeit:** Bei einer metrologisch rückführbaren Kalibrierung wird ein Normal eingesetzt, dessen Wert ebenfalls rückführbar bestimmt ist: Solch ein Normal besitzt selbst eine Kalibrierung, die durch eine ununterbrochene Kette von Kalibrierungen eine Beziehung zu den Definitionen der SI-Einheiten hat. Diese Beziehung wird ausgedrückt durch die beiden Parameter Abweichung und Messunsicherheit.
- Verifizierung:** Erbringung eines objektiven Nachweises, dass eine Betrachtungseinheit die spezifizierten Anforderungen erfüllt.
- Im Rahmen dieser Richtlinie werden zwei Arten der Verifizierung unterschieden.
[Vs] - statische Verifizierung der räumlichen und zeitlichen Instabilität nach IEC 60068-3-5, sowie ggf. Strahlungseinfluss z. B. nach DKD-R 5-7;
[Vd] - dynamische Verifizierung der Prüfspezifikationen.
- Nutzraum:** Das Nutzvolumen eines Prüfschranks ist das von den Messorten der zur Kalibrierung bzw. Verifizierung eingesetzten Sensoren aufgespannte Teilvolumen des Prüfschranks. Dieses kann je nach Anordnung der Messorte deutlich vom Gesamtvolumen des Schrankes abweichen.
- Referenzmessort:** Der Referenzmessort ist diejenige Position im Nutzvolumen, für die die Abweichung zwischen Lufttemperatur und -feuchte von den Anzeigewerten angegeben wird. Meist wird die geometrische Mitte des Nutzvolumens als Referenzmessort ausgewählt.

Prüfschrank: Bezeichnet alle Einrichtungen für Temperatur- und/oder Klimaprüfungen im Rahmen der Normenreihe DIN EN 60068-2-x, unabhängig von deren Bauform.

3.2 Literaturhinweise:

DIN EN 60068-1
DIN EN 60068-3-1
DIN EN 60068-3-5
DIN EN 60068-3-6
DIN EN 60068-3-11
DKD-R 5-1
DKD-R 5-3
DKD-R 5-7
DKD-R 5-8

4 Anwendung

4.1 Allgemeines

In vielen Fällen müssen Prüfmittel kalibriert (metrologisch rückgeführt) und ihre Eignung für den beabsichtigten Zweck verifiziert werden. Dies gilt auch für Prüfschränke. Um diese Anforderungen zu erfüllen, gibt es mehrere Wege. Kalibrierung und Verifizierung (Überprüfung des Prüfschranks) können dabei (weitgehend) gemeinsam oder auch getrennt erfolgen. Bei der Wahl der Vorgehensweise ist jedoch zu beachten, dass manche Optionen mit einem nicht zu unterschätzenden Eigenaufwand verbunden sind, während bei anderen Optionen wichtige Daten automatisch mitgeliefert werden.

Zusätzlich zu den unten aufgelisteten Optionen (statisches Verhalten) ist in jedem Fall initial auch zu überprüfen, ob der Prüfschrank die damit durchzuführenden Prüfverfahren konform nachbilden kann (dynamisches Verhalten z. B. Temperaturrampen).

4.1.1 Mögliche Optionen der Kalibrierung und Verifizierung von Prüfschränken

Die Kalibrierung muss nach einem anerkannten und validierten Verfahren erfolgen. Der AK hat sich bei seiner Arbeit an dem in Deutschland gebräuchlichen Kalibrierverfahren z. B. DKD-R 5-7 orientiert. Grundsätzlich wäre auch die Verwendung von in anderen Ländern üblichen (validierten) Verfahren möglich (siehe Anhang D). Da sich diese teils deutlich von der z. B. DKD-R 5-7 unterscheiden, müssten die folgenden Optionen ggf. entsprechend angepasst werden.

Option 1-R003:

Kalibrierung nach z. B. Methode A/B der DKD-R 5-7 inkl. der räumlichen und zeitlichen Verifizierung sowie den Strahlungseinfluss.

Hinweis: Diese Ergebnisse sind in der Messunsicherheit und auch einzeln als Absolutwerte in den Charakterisierungsergebnissen enthalten.

Option 2-R003:

Kalibrierung nach z. B. Methode C der DKD-R 5-7, zusätzlich ist eine räumliche Verifizierung für den Nutzraum nach DIN EN 60068-3-5/-3-6 erforderlich.

Hinweis: Die zeitliche Instabilität und Strahlungseinfluss sind einzeln als Absolutwerte in den Charakterisierungsergebnissen im Kalibrierschein nach Methode C enthalten.

Empfehlung für die Kalibrierung sehr kleiner und sehr großer Prüfkammern:

Bei sehr kleinen und sehr großen Prüfschränken/-kammern stößt die DKD-R 5-7 Methode A mit den starren Forderungen nach mind. 9 Messorten im Raum und einer maximalen Gitterkonstante von 1 m an ihre Grenzen. Für kleine Prüfkammern wird auf die neue „Methode D“ in der anstehenden Neuausgabe der DKD-R 5-7 verwiesen (für Prüfraumvolumina 15 l – 30 l). Für große Prüfschränke (>2.000 l Nutzvolumen) kann Option 2-R003 eine ökonomischere Variante als Option 1-R003 sein.

4.1.2 Mögliche Optionen zur Sicherstellung der Prüfbedingungen ohne Kalibrierung der Prüfschränke

Option 3-R003:

Permanente Datenüberwachung der Prüfung mit rückgeführten Messequipment an einem zentralen Messort, idealerweise das Schrankzentrum (dieser liefert u. a. die zeitliche Instabilität). Zusätzlich ist eine räumliche Verifizierung für den Nutzraum nach DIN EN 60068-3-5/3-6 und eine Messung des Strahlungseinflusses nach z. B. DKD-R 5-7 erforderlich.

Hinweis: Im Zentrum des Prüfschranks befindet sich in der Regel der Prüfling. In diesem Fall ist ein geeigneter Referenzort in der Nähe des Prüflings zu wählen (jedoch nicht zu nahe, um eine direkte Beeinflussung z. B. durch thermische Strahlung zu vermeiden).

Option 4-R003:

Permanente Datenüberwachung der Prüfung mit rückgeführtem Messequipment mit einer Anzahl von Messorten gemäß DIN EN 60068-3-5/-3-6 (räumliche Erfassung aller Prüflinge), zusätzlich ist eine Messung des Strahlungseinflusses nach z. B. DKD-R 5-7 erforderlich.

Hinweis: Im Zentrum des Prüfschranks befindet sich in der Regel der Prüfling. In diesem Fall ist ein geeigneter Referenzort in der Nähe des Prüflings zu wählen (jedoch nicht zu nahe, um eine direkte Beeinflussung z. B. durch thermische Strahlung zu vermeiden).

4.2 Konformitätsbewertung und Eignung von Prüfschränken/Prüfbedingungen

4.2.1 Allgemeines

Für jede Konformitätsbewertung werden zugehörige Kriterien benötigt. Diese Konformitätskriterien für die hier behandelten Prüfschränke aus den Normen der IEC 60068er Reihe für alle Einzelnormen, insbesondere was die relative Luftfeuchte betrifft, einheitlich, eindeutig und widerspruchsfrei herauszuarbeiten, erweist sich leider als unmöglich. Die Normenreihe ist bezüglich ihrer Anforderungen an die zulässige Grenzabweichung und der Beiträge, die bei deren Bewertung berücksichtigt werden müssen, nicht konsistent.

Die weiter unten angegebenen Kriterien für die Konformitätsbewertung sind Empfehlungen des GUS AK Richtlinien. Sie versuchen so weit wie möglich und sinnvoll erscheinend der IEC60068er Normenreihe Rechnung zu tragen, ohne dass dies jedoch vollumfänglich gelingen könnte.

Im Folgenden einige Beispiele aus der Normenreihe (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

1. In allen zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Leitfadens (2022/23) gültigen Feuchtenormen (IEC 60068-2-30 (2005)/-38 (2021)/-66 (1994)/-67 (1995)/-78 (2012)) findet sich

(so oder so ähnlich) der Hinweis: „The total temperature tolerance of [...] is intended to take account of absolute errors in the measurement, slow changes of temperature, and temperature variations of the working space.“ D. h. die angegebene Grenzabweichung für die Temperatur berücksichtigt Anzeigeabweichung (bzw. -Korrektion) des Prüfschranks, zeitliche Temperaturschwankungen sowie die räumliche Inhomogenität.

Anmerkung: die normalerweise bei einer Konformitätsbewertung zu berücksichtigende Messunsicherheit (der Referenzmittel bei einer Kalibrierung oder Verifizierung) bleiben unerwähnt.

Zu allem Überfluss streut die DIN EN IEC 60068-2-38 (2022) noch einen Übersetzungsfehler ein, indem sie: „errors in the measurement“ mit „Messunsicherheit“ übersetzt, anstatt mit „Messabweichung“, wie in allen anderen erwähnten Normen.

2. Die IEC 60068-3-5/3-6 (2018) legt fest: „For tolerance, the specification of the temperature/ humidity chamber or, as necessary, tolerance specified in IEC 60068-2 (all parts), is required to maintain at the center of the working space“. Die einzig sinnvolle Interpretation des letzten Halbsatzes ist, dass im Widerspruch zu 1) die räumliche Inhomogenität unberücksichtigt bleibt.
3. Die IEC 60068-3-11 (2007) fordert wiederum: „In deciding whether a tolerance is met, the uncertainty in the measured chamber performance shall be taken into account“. D. h. die Unsicherheit in dem Prüfschrank muss berücksichtigt werden, wobei nicht klar wird, welche Beiträge zur Unsicherheit hier genau gemeint sind.
4. Die IEC 60068-2-30 (2005) (und nur diese) legt fest: „The tolerances stated in this standard do not take measurement uncertainty into consideration (3)“. Die Messunsicherheit soll/darf also bei der Bewertung der Grenzabweichung unberücksichtigt bleiben.
5. Bei niedrigen Temperaturen und hohen relativen Feuchten (z. B. 25 °C, 95 %, IEC 60068-2-30 (2005)) ist die Feuchtesensitivität (also die Änderung der relativen Feuchte in Abhängigkeit von Temperaturänderungen) sehr hoch (ca. 6 %/K). D. h. schon kleine Schwankungen von ca. >0,5 K führen zu einer Verletzung der ± 3 % Forderung. Die von der Normenreihe oft geforderte Grenzabweichung der Feuchte von ± 3 % ist realistisch betrachtet auch mit modernen Prüfschränken nur schwer einzuhalten.
6. Die IEC 60068-3-11 (2007) erkennt die eben genannte Problematik und weist mit einem lapidaren Satz darauf hin, dass es für die Feuchte selten möglich sein würde eine Erklärung abzugeben, dass die Prüfung innerhalb der erforderlichen Grenzabweichung mit einem Vertrauensniveau von 95 % war (11.2).

Die Einhaltung der Grenzabweichungen für die relative Luftfeuchte in den Normen der IEC 60068er Reihe stellt besonders bei hohen relativen Luftfeuchten und hier insbesondere bei niedrigeren Temperaturen eine Herausforderung dar. Die Abhängigkeit der relativen Luftfeuchte von der Temperatur ist dort sehr groß (siehe Anhang A). Um diese Problematik zu entschärfen, wird hier auf zwei Möglichkeiten verwiesen, um die in den Normen geforderten Grenzabweichungen für die relative Luftfeuchte bestätigen zu können.

1. Die Verkleinerung des Nutzraumes, die in der Regel zu einer kleineren räumlichen Temperaturinhomogenität führt.

Diese Möglichkeit kann bei Option 1 -R003 bis Option 4-R003 angewendet werden.

2. Die Vergrößerung des ‚Risikos einer falschen Akzeptanz‘ durch Wahl eines Erweiterungsfaktors k für die kombinierte Messunsicherheit kleiner als 2. Durch Wahl dieser Möglichkeit wird das Sicherheitsband $w = U = k \cdot u < 2 \cdot u$.

w = Sicherheitsband

U = erweiterte Messunsicherheit

u = kombinierte Standardmessunsicherheit

k = Erweiterungsfaktor

Um jedoch das Risiko in einem sinnvoll vertretbaren Rahmen zu begrenzen, wird dringend empfohlen, den Erweiterungsfaktor nur im Bereich $1 \leq k < 2$ zu wählen und diese Möglichkeit nur anzuwenden, wenn bei einem zu bewertenden Klimapunkt die Sensitivität der Luftfeuchtigkeit bezüglich der Temperaturänderung $\leq -4 \text{ \% r. F./K}$ ist. Dies ist dann der Fall, wenn der zu bewertende Klimapunkt in dem Bereich angesiedelt ist, der sich oberhalb des roten Graphen des Klimatogramms von Kapitel 4.5 befindet.

Hinweis: Mit der Wahl eines Erweiterungsfaktors von beispielsweise $k = 1$ steigt das Risiko einer falschen Akzeptanz (PFA, Probability of False Accept one sided) auf 15,9 %. Damit liegt die Messgröße immer noch mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 68,3 % im zugeordneten Grenzabweichungsbereich.

Diese Möglichkeit ist nur bei Option 1-R003 direkt anwendbar.

4.2.2 Bewertung der Prüfschränke auf Basis der Kalibrierung und Verifizierung

Die prinzipielle Vorgehensweise bei der Bewertung der Eignung von Prüfschränken aufgrund von Ergebnissen aus der Kalibrierung und Verifizierung (Option 1-R003 und Option 2-R003) bzw. bei der Bewertung der Eignung der Prüfbedingungen (Option 3-R003 und Option 4-R003) ist grundsätzlich unabhängig von der gewählten Option. Allerdings müssen die verschiedenen Beiträge bei den Optionen 2-R003 – 4-R003 ganz oder teilweise erst selbst ermittelt und berechnet werden.

Alle vier nachfolgend dargestellten Optionen zur Bewertung der Prüfschränke sind allgemein gehalten und gelten gleichermaßen sowohl für die Temperatur- als auch Feuchtebewertung. Weiterhin gelten die Formeln für die Betrachtung von symmetrischen Grenzabweichungen. Bei unsymmetrischen Grenzabweichungen (z.B. 90 ± 5) ist die Formel entsprechend zu erweitern. Weitere Informationen hierzu befinden sich im Anhang.

Die einfachste Möglichkeit der Konformitätsbewertung ist die Betrachtung der Anzeigeabweichung inkl. der gesamten Messunsicherheit z. B. gemäß DKD-R 5-7 Methode A/B nach Formel [1].

Die Summe der Absolutwerte von Anzeigekorrektur oder Anzeigeabweichung und Messunsicherheit sind kleiner gleich der zulässigen Grenzabweichung der angewendeten Prüfverfahren.

Für Option 1-R003:

$$|\Delta X| + X_{\text{MU}} \leq X_{\text{Gabw}} \quad [1]$$

Mit:

X	Temperatur oder rel. Feuchte
ΔX	Abweichung/Anzeigekorrektur
X_{MU}	erweiterte Messunsicherheit ($k \cdot u$)
X_{Gabw}	Grenzabweichung

Da die Normenreihe DIN EN 60068-2-x (zumindest teilweise) so interpretiert werden kann, dass die Messunsicherheit, der zur Kalibrierung und Verifizierung verwendeten Gebrauchsnorm unberücksichtigt bleiben darf, kann (insbesondere, wenn es bei der einfachen Möglichkeit oben „eng“ wird) auch wie folgt vorgegangen werden:

Die Summe der Absolutwerte aus Anzeigekorrektur oder Anzeigeabweichung und der Wurzel der Quadratsumme aus den Charakterisierungsergebnissen von Instabilität, Inhomogenität und Strahlungseinfluss sind kleiner gleich der Grenzabweichungen (Prüftoleranzen) der angewendeten Norm (siehe auch Berechnung der Messunsicherheit z. B. in der DKD-R 5-7).

Für Option 1-R003 (alternativ) und Option 2-R003:

$$|\Delta X| + \sqrt{\delta X_{\text{Inhom}}^2 + \delta X_{\text{InStab}}^2 + (\nu \cdot \delta X_{\text{Strahl}})^2} \leq X_{\text{Gabw}} \quad [2]$$

Mit:

δX_{ν}	Beiträge der zeitlichen Instabilität, räumlichen Inhomogenität und des Strahlungseinflusses
ν	Faktor abhängig vom gewählten Verfahren zur Bestimmung des Einflusses gemäß DKD-R 5-7
	Verfahren 1: $\nu = 0,2$
	Verfahren 2: $\nu = 1,0$

Hinweis: Bei der Betrachtung der Feuchte entfällt der Einfluss der Strahlung.

4.2.3 Bewertung der Prüfschränke/Eignung auf Basis der Prüfbedingungen

Für Option 3 (für statische Verifizierung):

$$|X_{\text{Soll}} - X_{\text{Anzeige}}| + \sqrt{\delta X_{\text{Inhom}}^2 + \delta X_{\text{InStab}}^2 + (\nu \cdot \delta X_{\text{Strahl}})^2} \leq X_{\text{Gabw}} \quad [3]$$

Mit:

X_{Soll}	Sollwert-Prüfeinrichtung
X_{Anzeige}	Anzeige kalibriertes Messsystem

zusätzliches Kriterium für die In-situ-Messung bei Option 3 während der Prüfung:

Die folgenden Bedingungen sind während der Prüfung laufend zu überwachen und einzuhalten. Durch diese Vorgehensweise ist die Einhaltung der zeitlichen Stabilität sichergestellt. Es ist eine Messrate von mindestens 1/min zu verwenden.

$$|X_{\text{Soll}} - X_{\text{Anzeige}}| \leq X_{\text{Gabw}} \quad [4]$$

Für Option 4-R003 (In-situ-Messung während der Prüfung):

Die folgenden Bedingungen sind während der Prüfung laufend zu überwachen und einzuhalten. Durch diese Vorgehensweise ist die Einhaltung der zeitlichen Stabilität sichergestellt. Es ist eine Messrate von mindestens 1/min zu verwenden.

$$|X_{\text{Soll}} - X_{\text{Anzeige } i}| \leq X_{\text{Gabw}} \quad [5]$$

Mit:

$X_{\text{Anzeige } i}$ Anzeige kalibriertes Messsystem für Messort i ($i = 1 \dots n$)

Anmerkung:

Der Beladungseinfluss bleibt bei den Optionen 1-R003 und 2-R003 unberücksichtigt, da er (zumindest bei nicht wärmeabgebenden Prüflingen) nur eine sehr untergeordnete Rolle bei der Messunsicherheitsbetrachtung spielt. Bei den Optionen 3-R003 und 4-R003 ist der Beladungseinfluss automatisch teilweise oder ganz enthalten. In der Richtlinie DKD-R 5-7 wird der Unsicherheitsbetrag des Beladungszustandes mit 20 % berücksichtigt.

4.3 Kalibrier- und Verifizierungsintervalle

Kalibrier- und Verifizierungsintervalle können getrennt gehandhabt werden, übersichtlicher ist jedoch sicher eine gemeinsame Vorgehensweise. Wenn Kalibrierungen und Verifizierungen getrennt durchgeführt werden, sollten trotzdem die Verifizierungen anfänglich mindestens zweimal mit den Kalibrierungen erfolgen. Grundsätzlich gilt für Kalibrierung und Verifizierung gleichermaßen, dass sie spätestens dann (zumindest teilweise) wiederholt werden muss, wenn ein Ereignis eintritt, dass ihre Gültigkeit in Frage stellt.

Die Verifizierung beinhaltet sowohl die Punkte, die bei einer Kalibrierung nach Methode A/B implizit mit abgedeckt sind (räumliche Inhomogenität, zeitliche Stabilität, Strahlungseinfluss) als auch die Überprüfung ob in dem Prüfschrank das geplante Prüfverfahren korrekt durchgeführt werden kann (Temperatur- und Feuchterampen, Feuchtestabilität bei Temperaturänderung, etc.). Nachdem der letztere Teil der Verifizierung implizit bei jeder einzelnen durchgeführten Prüfung wiederholt wird (ist die Prüfung korrekt gelaufen?), muss die dynamische Verifizierung nur initial durchgeführt (und dokumentiert) werden. Später ist eine Wiederholung nur notwendig, wenn z. B. ein Anlagenfehler oder eine inkorrekt gelaufene Prüfung hierzu Anlass gibt.

Das Kalibrierintervall orientiert sich im Allgemeinen zunächst an den Herstellerangaben (12 Monate). Das Kalibrier- und Verifizierungsintervall kann bis maximal auf 36 Monate erweitert werden. Für Intervalle größer als 12 Monate müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein:

- An dem Prüfschrank wurden keine Veränderungen vorgenommen, die die Gültigkeit der letzten Kalibrierung/Verifizierung in Frage stellen. In dieser Hinsicht kritische Veränderungen können unter anderem sein: Modifizierungen, die die Luftströmung im Prüfraum, die Konditionierung der Luft oder die Messung von Temperatur und Feuchte verändern können [z. B. durch Austausch der Fühler, neue Verdampfer, Lüfter, Kabeldurchführungen, Austausch der Sensorik im Prüfraum zur Erfassung der Regelgrößen, u. U. auch durch neue Software/Firmware (im Wesentlichen betreffend Regelung, Messung, Justage, Umrechnung Temperatur in rel. Feuchte)].
Hinweis: Zur Beurteilung/Einschätzung einer Maßnahme kann die Klärung mit dem Hersteller hilfreich sein (ggf. auch in schriftlicher Form).
- Die zurückliegenden Kalibrierungen/Verifizierungen weisen eine ausreichende Stabilität des Prüfschranks über die Zeitdauer der geplanten Verlängerung des Intervalls nach. Für eine Verlängerung des Intervalls auf 24 Monate sind mindestens drei vorhergehende Kalibrierungen/Verifizierungen im Abstand von jeweils 12 Monaten erforderlich. Für eine

Verlängerung des Intervalls auf 36 Monate sind mindestens vier vorhergehende Kalibrierungen/Verifizierungen im Abstand von jeweils 12 Monaten erforderlich. Eine Kombination von 12 auf 24 Monate und dann auf 36 Monate ist ebenfalls möglich (siehe Tabelle).

- Es wird mindestens alle 12 Monate eine Zwischenprüfung durchgeführt und dokumentiert, die die verlängerten Intervalle unterstützt und ebenfalls eine ausreichende Stabilität des Prüfschranks ergibt.

Sind o.g. Voraussetzungen nicht mehr gegeben (gab es also z. B. Modifikationen), muss je nach Änderung/Ursache das Intervall wieder verkürzt werden oder der Prozess gänzlich wieder initial beginnen, wenn nicht gesichert ist, dass der Prüfschrank stabil genug für ein verlängertes Intervall läuft.

Die Bedingungen für „ausreichende Stabilität“, sowie für Art und Umfang der Zwischenprüfung muss das Labor unter Berücksichtigung der Risiken aus den Anforderungen festlegen, die dieses an das Vertrauen in die korrekte Funktion des Prüfschranks hat (z. B. erforderliche räumliche Homogenität und zeitliche Konstanz der Prüfbedingungen).

Beispiel für mögliche Vorgehensweisen:

	0	1				2				3				4				5				6				7				Jahre		
		Initial	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	Quartale Monate	
		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84			
Option 1	$K_A V_0$				K_A				K_A				K_A				K_A				K_A				K_A					K_A	jährliche Kalibrierung/Verifizierung	
Option 2	$K_C V_0 V_0$				$K_C V_0$				$K_C V_0$				$K_C V_0$				$K_C V_0$				$K_C V_0$				$K_C V_0$					$K_C V_0$		
Option 3	$V_0 V_0$				V_0				V_0				V_0				V_0				V_0				V_0					V_0		
Option 1	$K_A V_0$				K_A				K_A			Z		K_A			Z				K_A				Z				K_A		Verlängerung auf 18 Monate	
Option 2	$K_C V_0 V_0$				$K_C V_0$				$K_C V_0$			Z		$K_C V_0$			Z				$K_C V_0$				Z				$K_C V_0$			
Option 3	$V_0 V_0$				V_0				V_0				V_0				Z				V_0								V_0			
Option 1	$K_A V_0$				K_A				K_A			Z				K_A				Z					K_A					Z	Verlängerung auf 24 Monate	
Option 2	$K_C V_0 V_0$				$K_C V_0$				$K_C V_0$			Z				$K_C V_0$				Z					$K_C V_0$					$K_C V_0$		
Option 3	$V_0 V_0$				V_0				V_0				V_0				V_0				Z					V_0				V_0		
Option 1	$K_A V_0$				K_A				K_A				K_A				Z				Z				Z					K_A	Verlängerung auf 24 dann 36 Monate	
Option 2	$K_C V_0 V_0$				$K_C V_0$				$K_C V_0$			Z				$K_C V_0$				Z				Z						$K_C V_0$		
Option 3	$V_0 V_0$				V_0				V_0				V_0				V_0								Z					V_0		
Option 1	$K_A V_0$				K_A				K_A			Z				K_A				Z				Z						K_A	Verlängerung auf 18, 24, 36 Monate	
Option 2	$K_C V_0 V_0$				$K_C V_0$				$K_C V_0$			Z				$K_C V_0$				Z				Z						$K_C V_0$		
Option 3	$V_0 V_0$				V_0				V_0				V_0				V_0								Z					V_0		
Option 4	$V_0 V_r$												V_r																V_r			

K_A : Kalibrierung nach DKD-R 5-7 Methode A
 K_C : Kalibrierung nach DKD-R 5-7 Methode C
Z : Zwischenprüfung (interne Überprüfung, Werkskalibrierung oder DKD-R 5-7 Methode C)
 V_0 : statische Verifizierung der räumlichen und zeitlichen Instabilität nach 60068-3-5/-6, sowie ggf. Strahlungseinfluss nach DKD-R 5-7
 V_D : dynamische Verifizierung der Prüfspezifikationen
 V_E : Verifizierung des Strahlungseinflusses - nur für Option 4 -

12 Monate
18 Monate
24 Monate
36 Monate

Hinweis:

Bei kritischen Veränderungen/Maßnahmen an dem Prüfschrank (Software und/oder Hardware) ist das Intervall auf Initial zurückzusetzen.

4.4 Anforderung an die Zwischenprüfung

Die Zwischenprüfung kann z. B. durch eine „interne Kalibrierung“ (auch wenn diese nicht so bezeichnet werden sollte, um formelle Missverständnisse zu vermeiden) oder durch eine Werkskalibrierung oder durch eine Kalibrierung mit verringerter Zahl von Messorten erfolgen. Das dafür verwendete Messsystem (siehe Anhang) muss rückführbar kalibriert sein. Die Zwischenprüfung kann auch durch einen externen Dienstleister erfolgen.

Die Messergebnisse aus der Zwischenprüfung sind zu bewerten und in geeigneter Form (z. B. Prüfbericht) zu dokumentieren. Hierbei liegt es in der Verantwortung des Labors die Bewertungskriterien (z. B. Anzeigeabweichung, Langzeitstabilität) festzulegen. Die Validität der Prüfergebnisse zwischen den Kalibrierungen/Verifizierungen muss immer sichergestellt werden.

4.5 Kalibrier- und Verifizierungspunkte

Generell richten sich die Kalibrierpunkte nach der Leistungsfähigkeit (gewünschter Temperatur- und Feuchtebereich) des Prüflabors.

Für die Temperatur-Kalibrierung werden mindestens 3 Kalibrierpunkte, die kleinste, die größte und eine dazwischenliegende Temperatur gefordert (z. B. DKD-R 5-7). Bei einem Bereich von >200 K wird empfohlen mindestens einen weiteren Zwischenpunkt hinzuzufügen, um die Linearität des Messsystems nachzuweisen.

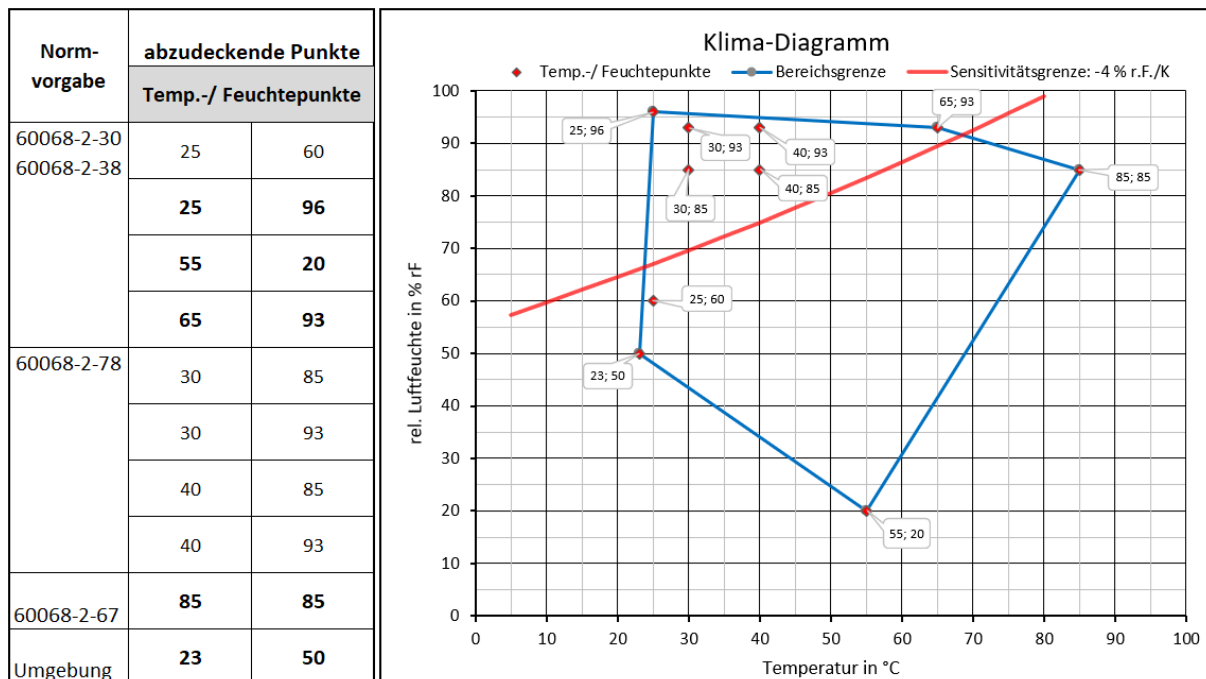
Eine Kalibrierung für nur einen Temperatur- bzw. Feuchtepunkt aus dem Arbeitsbereich des Prüfschranks ist zulässig, schränkt jedoch das Kalibrierergebnis auf diesen Arbeitspunkt ein.

Bei der Feuchte-Kalibrierung sind die Kalibrierkombinationen entsprechend den Optionen anzupassen.

Option 1-R003 und Option 2-R003:

Aufspannung eines kalibrierten Temperatur-/Feuchtebereiches durch häufig in tatsächlichen Prüfungen verwendete Wertepaare.

Zum Beispiel:



Hinweis: Es kann sinnvoll sein, einen weiteren Messpunkt in der Mitte des Klima-Diagramms (hier: 50/60) zusätzlich zu kalibrieren, um ein besseres Bild bezüglich der Linearitäten des Prüfschranks zu erhalten.

Option 3-R003 und Option 4-R003:

Bei der Verwendung von externen Messsystemen muss dieses in dem gewünschten Temperatur-/Feuchtebereich rückführbar kalibriert sein.

Bei der Auswahl der Temperatur-/Feuchtepunkte ist entsprechend der Option 1-R003 und Option 2-R003 zu verfahren.

Hinweis: Für die DIN EN 60068-2-67 kann es sinnvoll sein, einen eigenen Feuchte-Messfühler zu verwenden, der speziell für das Klima 85/85 kalibriert wurde.

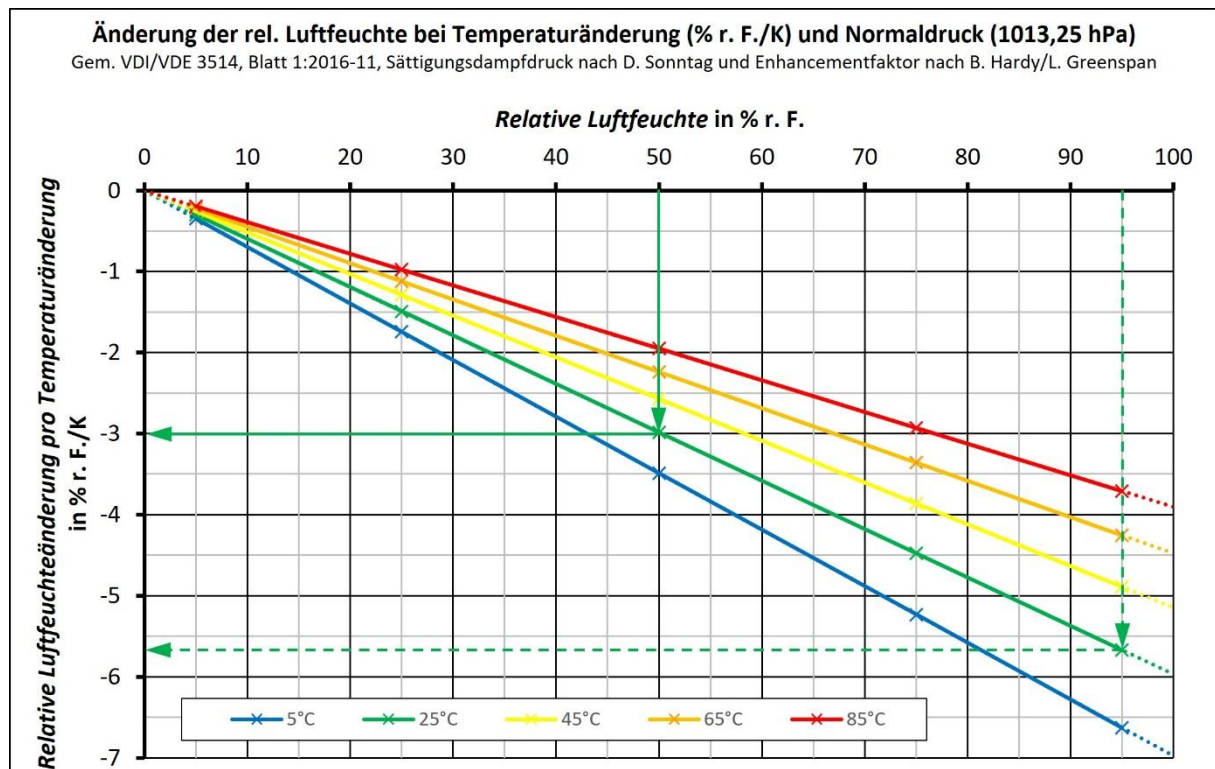
Siehe auch Anhang B. „Mindestanforderung an das Messequipment zur Zwischenprüfung und Verifizierung (für alle Optionen)“

5 Anhänge

Anhang A (informativ)

Thermodynamische Zusammenhänge

Die Grenzabweichungen der Normenreihe DIN EN 60068-2-x harmonisieren je nach gewählten Klimapunkten nicht gut miteinander, da Temperatur und Feuchte stark miteinander korrelieren. Die Grafik stellt das für eine Temperatur von 25 °C, 45 °C, 65 °C und 85 °C bei einer Temperaturänderung von 1 K über den ganzen Feuchtebereich beispielhaft dar.



Bei einem Klima von 25 °C/50 % r. F. würde sich bei Änderung der Temperatur um +1 K die Feuchte bereits um ca. -3 % r. F. ändern (grüne Pfeile).

Es gilt:

je niedriger die Temperatur und je höher die Feuchte → desto größer die Auswirkung

je höher die Temperatur und je niedriger die Feuchte → desto kleiner die Auswirkung.

Bei dem Prüfpunkt 25 °C/95 % r. F. wäre nach der Norm tolerierten Temperaturunterschied von +1 K bereits ein Feuchteunterschied von ca. -5,7 % r. F. (gestrichelte grüne Pfeile) zu erwarten.

In den Normen der Normenreihe DIN EN 60068-2-x wird sehr häufig die Grenzabweichung von ± 2 K und ± 3 % r. F. angegeben. Eigentlich steht diese Angabe im Widerspruch, da eine Grenzabweichung von 2 K eine sehr viel höhere Feuchteabweichung bedingt als ± 3 % r. F. Gemeint ist hier aber auch (da es sich um eine Klimaprüfung handelt und somit die Zielgröße die Feuchte ist), dass sich die Temperatur innerhalb der Grenzabweichung von ± 2 K stationär befinden darf, aber die Temperaturschwankung kleiner 0,5 K sein muss, um eine Feuchte von ± 3 % r. F. zu garantieren.

Anhang B (obligatorisch)

Mindestanforderung an das Messequipment zur Zwischenprüfung und Verifizierung (für alle Optionen)

Das Mess-Equipment muss geeignet sein, sowie regelmäßig kalibriert und zwischengeprüft werden. Die Validität der Messergebnisse müssen durch das Labor sichergestellt werden. Mindestvoraussetzungen an geeignetes Equipment sind:

Temperatursensoren für Lufttemperatur:

Geeignet sind z. B. Widerstandsthermometer (idealerweise Vierleiter-Messtechnik) gekapselt im Edelstahlrohr mit mindestens 4 mm im Durchmesser (siehe auch z. B. DKD-R 5-7).

Die Reaktionszeit der Sensorik steigt mit zunehmender Kapselung des Sensors. Um schnelle Änderungsgeschwindigkeiten im dynamischen Bereich nachzuweisen, eignen sich eher wenig gekapselte Sensoren. Allerdings reagieren diese zu sensitiv, um Stabilitätsauswertungen im statischen Bereich nachzuweisen.

Temperaturkalibrierung nach z. B. DKD-R 5-1(Widerstand) bzw. z. B. DKD-R 5-3 (Thermoelement):

Bei der reinen Temperaturmessung im Prüfschrank:

Die Summe aus Anzeigeabweichung und Messunsicherheit darf über den Einsatz- /Kalibrierbereich bis 100 °C 0,7 K nicht überschreiten. Bei Anwendungen über 100 °C darf dieser Wert 1 % vom Messwert [°C] nicht überschreiten.

Bei Einsatz von Temperatursensoren zur Bestimmung der Luft-Feuchte:

Die Summe aus Anzeigeabweichung und Messunsicherheit darf über den gesamten Einsatz-/Kalibrierbereich 0,4 K (im Bereich bis 95 °C) nicht überschreiten.

Feuchtekalibrierung der Sensoriken nach validierten Verfahren (z. B. DKD-R 5-8):

Die Summe aus Anzeigeabweichung und Messunsicherheit darf über den gesamten Einsatz-/Kalibrierbereich 3 % r. F. nicht überschreiten.

Achtung: Die Lang- und Kurzzeitstabilitäten (Drift und Hysterese) von kap. Feuchtesensoren sind oft in Kalibrierungen nicht berücksichtigt. Es ist zu beachten, dass Drift und Hysterese das Messergebnis bis zu jeweils 2 % r. F. beeinflussen können (Drift 2 % r. F./a und Hysterese 2 % r. F.).

Bei Feuchtefühlern ist generell darauf zu achten, dass sie für den gedachten Anwendungsfall bezüglich Messunsicherheit, Drift und ggf. Hysterese geeignet (qualitativ hochwertig) sind.

Anhang C (obligatorisch)

Erweiterte Gleichungen zu Kapitel 4.2

Für Option 1-R003:

$$T_{\text{Gabw unten}} + T_{\text{MU}} \leq -\Delta T_{\text{AK}} \leq T_{\text{Gabw oben}} - T_{\text{MU}} \quad [6]$$

$$h_{\text{Gabw unten}} + h_{\text{MU}} \leq -\Delta h_{\text{AK}} \leq h_{\text{Gabw oben}} - h_{\text{MU}} \quad [7]$$

Mit:

ΔT_{AK}	Anzeigekorrektur der Temperatur
Δh_{AK}	Anzeigekorrektur der rel. Feuchte
T_{MU}	erweiterte Messunsicherheit der Temperatur ($k \cdot u$)
h_{MU}	erweiterte Messunsicherheit der rel. Feuchte ($k \cdot u$)
$T_{\text{Gabw unten}}$	Untere Grenzabweichung der Temperatur
$T_{\text{Gabw oben}}$	Obere Grenzabweichung der Temperatur
$h_{\text{Gabw unten}}$	Untere Grenzabweichung der rel. Feuchte
$h_{\text{Gabw oben}}$	Obere Grenzabweichung der rel. Feuchte

Für Option 1 (alternativ) und Option 2-R003:

$$T_{\text{Gabw unten}} + \sqrt{\delta T_{\text{Inhom}}^2 + \delta T_{\text{Instab}}^2 + (v \cdot \delta T_{\text{Strahl}})^2} \leq -\Delta T_{\text{AK}} \leq T_{\text{Gabw oben}} - \sqrt{\delta T_{\text{Inhom}}^2 + \delta T_{\text{Instab}}^2 + (v \cdot \delta T_{\text{Strahl}})^2} \quad [8]$$

$$h_{\text{Gabw unten}} + \sqrt{\delta h_{\text{Inhom}}^2 + \delta h_{\text{Instab}}^2} \leq -\Delta h_{\text{AK}} \leq h_{\text{Gabw oben}} - \sqrt{\delta h_{\text{Inhom}}^2 + \delta h_{\text{Instab}}^2} \quad [9]$$

Mit:

δT_{Y}	Temperaturbeiträge der zeitlichen Instabilität, räumlichen Inhomogenität und des Strahlungseinflusses
v	Faktor abhängig vom gewählten Verfahren zur Bestimmung des Einflusses gemäß DKD-R 5-7 Verfahren 1: $v = 0,2$ Verfahren 2: $v = 1,0$
δh_{Y}	Feuchtebeiträge der zeitlichen Instabilität und räumlichen Inhomogenität

Für Option 3-R003 (für statische Verifizierung):

$$T_{\text{Gabw unten}} + \sqrt{\delta T_{\text{Inhom}}^2 + \delta T_{\text{InStab}}^2 + (v \cdot \delta T_{\text{Strahl}})^2} \leq T_{\text{Anzeige}} - T_{\text{Soll}} \leq T_{\text{Gabw oben}} - \sqrt{\delta T_{\text{Inhom}}^2 + \delta T_{\text{InStab}}^2 + (v \cdot \delta T_{\text{Strahl}})^2} \quad [10]$$

bzw.

$$h_{\text{Gabw unten}} + \sqrt{\delta h_{\text{Inhom}}^2 + \delta h_{\text{InStab}}^2} \leq h_{\text{Anzeige}} - h_{\text{Soll}} \leq h_{\text{Gabw oben}} - \sqrt{\delta h_{\text{Inhom}}^2 + \delta h_{\text{InStab}}^2} \quad [11]$$

Mit:

T_{Soll}	<i>Sollwert-Temperatur Prüfeinrichtung</i>
T_{Anzeige}	<i>Temperaturanzeige kalibriertes Messsystem</i>
h_{Soll}	<i>Sollwert-rel. Feuchte Prüfeinrichtung</i>
h_{Anzeige}	<i>Rel. Feuchteanzeige kalibriertes Messsystem</i>

zusätzliches Kriterium für die In-situ-Messung bei Option 3-R003 während der Prüfung:

Die folgenden Bedingungen sind während der Prüfung laufend zu überwachen und einzuhalten. Durch diese Vorgehensweise ist die Einhaltung der zeitlichen Stabilität sichergestellt. Es ist eine Messrate von mindestens 1/min zu verwenden.

$$T_{\text{Soll}} + T_{\text{Gabw unten}} \leq T_{\text{Anzeige}} \leq T_{\text{Soll}} + T_{\text{Gabw oben}} \quad [12]$$

bzw.

$$h_{\text{Soll}} + h_{\text{Gabw unten}} \leq h_{\text{Anzeige}} \leq h_{\text{Soll}} + h_{\text{Gabw oben}} \quad [13]$$

Für Option 4-R003 (In-situ-Messung während der Prüfung):

Die folgenden Bedingungen sind während der Prüfung laufend zu überwachen und einzuhalten. Durch diese Vorgehensweise ist die Einhaltung der zeitlichen Stabilität sichergestellt. Es ist eine Messrate von mindestens 1/min zu verwenden.

$$T_{\text{Soll}} + T_{\text{Gabw unten}} \leq T_{\text{Anzeige } i} \leq T_{\text{Soll}} + T_{\text{Gabw oben}} \quad [14]$$

bzw.

$$h_{\text{Soll}} + h_{\text{Gabw unten}} \leq h_{\text{Anzeige } i} \leq h_{\text{Soll}} + h_{\text{Gabw oben}} \quad [15]$$

Mit:

$T_{\text{Anzeige } i}$	<i>Temperaturanzeige kalibriertes Messsystem für Messort i (i = 1 ... n)</i>
$h_{\text{Anzeige } i}$	<i>Rel. Feuchteanzeige kalibriertes Messsystem für Messort i (i = 1 ... n)</i>

Anhang D (informativ)

Internationale Normen und Richtlinien zur Kalibrierung und/oder Charakterisierung von Temperatur und Klimaprüfschränken:

Norm/Richtlinien	Land	Art
IEC 60068-3-5	International	Verifizierung/Charakterisierung statisch Temperatur
JTM K-07	Japan	Verifizierung/Charakterisierung statisch Temperatur
IEC 60068-3-6	International	Verifizierung/Charakterisierung statisch Feuchte
JTM K-09	Japan	Verifizierung/Charakterisierung statisch Feuchte
GBT 5170.1	China	Verifizierung/Charakterisierung statisch Temperatur & Feuchte
FD X15-140	Frankreich	Verifizierung/Charakterisierung statisch Temperatur & Feuchte
GUS-Richtlinie 003	Deutschland	Verifizierung/Charakterisierung statisch Temperatur & Feuchte
GUS-Richtlinie 004	Deutschland	Verifizierung/Charakterisierung dynamisch Temperatur & Feuchte
IEC 60068-3-11	International	Messunsicherheitsbetrachtung Temperatur & Feuchte
JTM K-08	Japan	Messunsicherheitsbetrachtung Temperatur
JTM K-10	Japan	Messunsicherheitsbetrachtung Feuchte
DKD-R 5-7	Deutschland	Kalibrierrichtlinie (teils mit statischer Verifizierung)
EURAMET cg-20	Europa	Kalibrierrichtlinie (mit Verweis auf DKD-R 5-7/IEC 60068-3-x)
JTM K-12	Japan	Kalibrierrichtlinie
JCT-21301S01	Japan	Kalibrierrichtlinie
JJF1101	China	Kalibrierrichtlinie
A2LA	USA	Kalibrierung und Verifizierung/Charakterisierung

Anhang E (informativ)

Hinweise für die Praxis

Falls sich aus der Kalibrierung/Verifizierung systematische Abweichungen ergeben, so empfiehlt sich eine Justage vorzunehmen.

Falls sich aus der Kalibrierung/Verifizierung eine zu hohe räumliche Inhomogenität ergibt, so kann es sinnvoll sein, das Nutzraumvolumen zu verkleinern.

Bei der Kalibrierung/Verifizierung sollte die Lüfterdrehzahl (falls verstellbar) auf 100 % eingestellt sein. Andernfalls ist diese zu dokumentieren.

Die Befestigung der Messfühler im Nutzraum sollte möglichst thermisch isoliert sein, um Beeinträchtigung durch Wärmeleitung zu vermeiden.

Um Beeinträchtigung durch Wärmeleitung unter -50 °C und über 100 °C zu vermeiden, sollte sich mindestens 1 m der Anschlussleitung der Messfühler im Nutzraum befinden.

Bei der statischen Verifizierung ist darauf zu achten, dass dem Prüfschrank ausreichend Zeit zur Stabilisierung seiner Bedingungen gegeben wird, damit die zeitlichen und räumlichen Schwankungen sich einstellen können. Diese Stabilisierungsphase kann mehrere Stunden betragen, abhängig von Kammergröße, Luftgeschwindigkeit, Regelgüte, eingestellten Klimaten...

Herausgeber:

GUS-Arbeitskreis Richtlinien
Gesellschaft für Umweltsimulation e.V.
-Sekretariat GUS-
c/o Fraunhofer Institut für Chemische Technologie
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7
D-76327 Pfinztal-Berghausen

Änderungshistorie

Version	Datum	Beschreibung
1.0	01.02.2024	Erstellung
1.1	01.03.2025	Redaktionelle Änderungen/Anpassungen von DKD-R 5-7/2025

Copyright

2025 Gesellschaft für Umweltsimulation GUS e.V.

Disclaimer

Herausgeber und Autoren haben diese Richtlinie nach bestem Wissen und Gewissen und mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Gleichwohl können inhaltliche oder technische Fehler nicht ausgeschlossen werden. Die Herausgabe der Richtlinie erfolgt daher ohne Gewähr und die Sorgfaltspflicht bei der Anwendung obliegt dem Nutzer.

Jegliche Veröffentlichung, auch von Auszügen, unter eigenem Namen oder die entgeltliche Weitergabe der angezeigten Informationen, insbesondere der Richtlinie, ist nur mit ausdrücklicher, schriftlicher Genehmigung der GUS e. V. unter Nennung der Quelle gestattet. Das gilt insbesondere für die Speicherung und Verarbeitung in digitalen Systemen.