

Wie Sie häufige Fehler beim Betrieb von Trockenblöcken vermeiden können

Ellab White Paper - 09/19



Die Durchführung von Temperaturkalibrierungen durch den Vergleich von Sensoren mit genauen Referenzsensoren mag zunächst relativ einfach erscheinen, bei genauerer Betrachtung kann jedoch vieles schief gehen. Falsche Ergebnisse können Ihre Kalibrierungen oder, schlimmer noch, Ihre Produktion beeinträchtigen.

Dieses Dokument bietet Ihnen den Einblick, den Sie benötigen, um die grundlegendsten Probleme zu vermeiden und die meisten Herausforderungen zu bewältigen, die mit der Verwendung von Trockenblöcken zur Temperaturkalibrierung verbunden sind. Mit ihrer aktuellen Technologie sind Trockenblöcke heute so fortschrittlich, dass sie die meisten Alternativen übertreffen können, vorausgesetzt, sie werden nach Best-Practice-Prinzipien betrieben.

Schauen Sie sich weitere White Paper, Application Notes und Produkt-Highlights auf unserer Website ellab.de an.

Inhaltsverzeichnis

Was ist ein Trockenblock?	4
Zuverlässige Temperaturquelle	4
Kalibrierung kurzer Sensoren	5
Verwendung von Inserts	5
Verwenden Sie immer die richtigen Inserts.....	5
Was bei der Benutzung von Inserts vermieden werden sollte	
Verwendung von Inserts, die für andere Trockenblöcke konzipiert wurden.....	6
Verwendung von zu kleinen Inserts	6
Verwendung von Inserts aus ungeeignetem Material.....	7
Verwendung von Inserts mit zu kurzen Bohrungen.....	7
Verwendung von Inserts ohne Isolierstopfen	7
Gründe für Messunsicherheiten bei Verwendung eines Trockenblocks	8
Design der Trockenblöcke	
Kalibrierung mit einem internen Referenzsensors	8
Kalibrierung mit einem externen Referenzsensors	8
Beladung von Trockenblöcken	9
Temperaturhomogenität	9
Temperaturverteilung	9
Temperaturstabilität	9
Fazit	10
Wie kann Ellab Ihnen helfen?	10

Was ist ein Trockenblock?

Ein Trockenblock ist ein elektronisches Gerät, das über einen längeren Zeitraum eine konstante und stabile Temperatur erzeugt. Das Design umfasst eine elektronische Steuerung, einen beheizten/gekühlten Messschacht, der als Kalibrierzone fungiert und ein herausnehmbares Insert mit Bohrungen zum Einführen der zu prüfenden Sensoren.

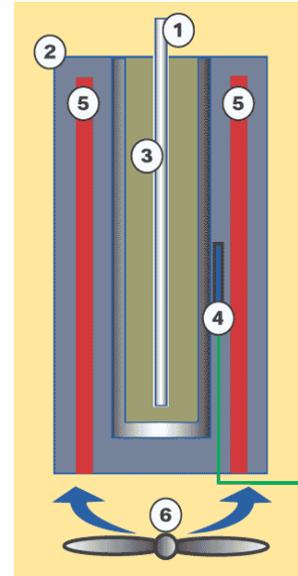
Trockenblöcke werden mit einem internen Messkreis geliefert, der im kalibrierten Zustand als Bezugseinheit verwendet werden kann. Alternativ kann ein externer Referenzsensor in eine der Bohrungen eingeführt werden, um den Trockenblock nur noch als stabile Temperaturquelle zu verwenden. Da die Toleranzen sehr gering sein müssen ($\pm 0,1$ mm bei der Messung des Sensor-/Einsatzdurchmessers), um einen geringen thermischen Widerstand und einen guten Kontakt zwischen Sensor und Insert zu gewährleisten, werden unterschiedliche Inserts benötigt. Diese Einsätze sollten mit Bohrungen in den entsprechenden Größen hergestellt werden, um die Sensoren und das Referenzinstrument perfekt anpassen zu können. Aufgrund der Wärmeleitung der Sensoren selbst, erreichen diese die gewünschte Temperatur nur sehr langsam oder gar nicht, wenn der Bohrungsdurchmesser nicht passt.

Vorteile bei der Verwendung von Trockenblöcken:

- einfach zu tragen & zu transportieren
- keine Flüssigkeit, die auslaufen kann
- keine Verunreinigung der zu kalibrierenden Temperatursensoren
- schnelle Temperaturänderung – schneller Betrieb
- ideales Design für lange/gerade Sensoren

Nachteile bei der Verwendung von Trockenblöcken:

- geringere Genauigkeit/Stabilität im Vergleich zum Flüssigkeitsbad
- Schwierigkeiten, kurze oder unförmige Sensoren zu kalibrieren



Die Abbildung zeigt den grundlegenden Aufbau eines Trockenblocks
1. zu prüfender Sensor | 2. solider Metallblock (Trockenblock) | 3. wechselbare Inserts für den zu prüfenden Sensor | 4. interner RTD-Referenzsensor | 5. Heizelemente | 6. Kühlgebläse

Zuverlässige Temperaturquelle

Eine gute Temperaturhomogenität und -stabilität sind für Trockenblöcke unerlässlich, da die zu prüfenden Sensoren unterschiedliche Messzonen haben können. Dieser wichtige Faktor muss auch bei großen Beladungen wie Mehrfach- oder „schweren“ Sensoren erhalten bleiben.

Um die oben genannten thermischen Probleme zu lösen, wäre ein Zwei-Zonen-Heizblock die beste Möglichkeit, die sonst notwendige Isolierung der Sensoren zu vermeiden

Die Konstruktion besteht aus zwei getrennten Zonen mit jeweils aktiver Temperaturregelung:

- dem unteren Teil des Blockes, der ein Homogenitätsniveau nahe dem von Laborbädern erreicht und die Kalibriertemperatur steuert.
- dem oberen Teil des Blockes, der eine gute Homogenität gewährleistet und unabhängig von der Last ist, da er den Wärmeverlust zwischen der Oberseite des Blockes und den zu prüfenden Sensoren kompensiert.

Kalibrierung kurzer Sensoren

Verschiedene Arten von Sensoren, die auf die Bedürfnisse einzelner Anwendungen zugeschnitten sind, sind in Verarbeitungsbetrieben weit verbreitet, vor allem in der Life-Science- und der Lebensmittel-/Getränkeindustrie. Diese Sensoren können kurz und ungewöhnlich geformt sein, was die Kalibrierung schwierig machen kann. Als Faustregel gilt, dass mindestens das 15-fache des Sensor-Durchmessers vollständig in ein Kalibriermedium eingetaucht werden muss, um als genau zu gelten. Aus diesem Grund muss sich der aktive Teil eines Sensors in einer Zone mit homogener Temperatur befinden. Mit der Verwendung von Flüssigkeitsbädern kann dieses Problem umgangen werden, da die Sensoren vollständig in die Flüssigkeit eingetaucht werden. Die Flüssigkeit wird umgewälzt, um eine Temperatur-Homogenität sicherzustellen.

Für „reine“ Kalibrierungen, die die Sensoren nicht mit Ölrückständen verunreinigen, sind Trockenblöcke mit Zwei-Zonen-Technologie eine gute Lösung. In einigen Fällen können spezielle Inserts verwendet werden, um die Temperaturableitung zu reduzieren oder zu verhindern.

Der Temperaturgradient, der durch die Beladung in Trockenblöcken entsteht, wird durch die Zwei-Zonen-Technologie kompensiert. Das bedeutet, dass der Kalibrator in der Lage ist, die Wärmeableitung zu erfassen und zu steuern, sodass kurze Sensoren durch einfaches Anheben der Referenzsonde auf die entsprechende horizontale Ebene kalibriert werden können.

Verwendung von Inserts

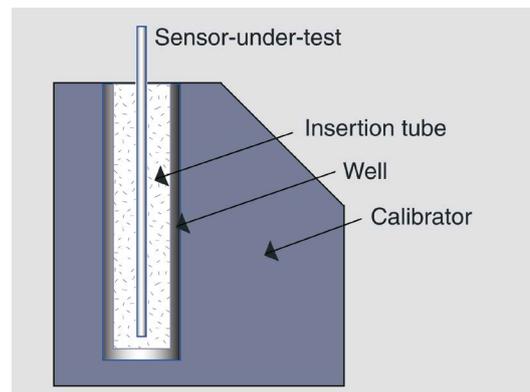
Ein häufiger Grund für Probleme beim Arbeiten mit Trockenblöcken ist, dass die Temperaturspezifikationen nicht eingehalten werden können. Dies wird meistens durch die Verwendung falscher Inserts verursacht, was zu großen Zeitverlusten führen kann. Daher ist es unerlässlich, die Anweisungen in den Benutzerhandbüchern und anderen Dokumentationen zu befolgen.

Was bei der Verwendung von Inserts zu beachten ist:

- Entnehmen Sie die Inserts nur mit dem entsprechenden Werkzeug.
- Stellen Sie sicher, dass die Inserts nach Abschluss der Kalibrierung entfernt werden.
- Treffen Sie angemessene Vorsichtsmaßnahmen und verwenden Sie eine geeignete Schutzausrüstung, um heiße oder kalte Inserts zu entfernen.
- Stellen Sie vor dem Einsetzen sicher, dass die Inserts und Sensoren sauber und frei von Schmutz und Partikeln sind. Andernfalls kann es zum Verklemmen der Inserts kommen, da diese passgenau gefertigt sind.

Verwenden Sie immer die richtigen Inserts

Es wird empfohlen, die vom Hersteller des Trockenblocks gelieferten Einsätze zu verwenden, da diese die erforderlichen Spezifikationen aufweisen, die zu einer optimalen Leistung führen. Probleme, die zu Zeitverlusten führen, können auf diese Weise vermieden werden.

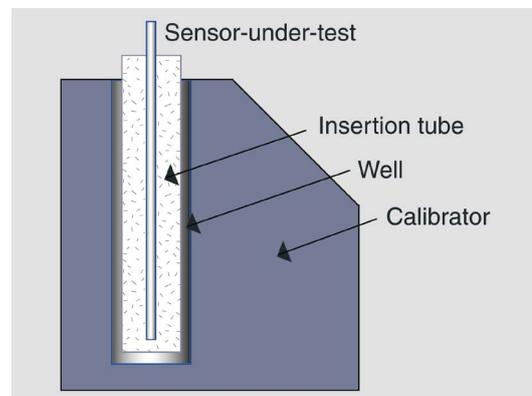


Was bei der Verwendung von Inserts zu beachten ist:

- Führen Sie Inserts oder Geräte niemals mit Gewalt ein.
- Lassen Sie keine Fremdkörper in den Messschacht gelangen.
- Versuchen Sie niemals, die Leistung durch Verwendung von Flüssigkeiten zu optimieren (kann zu Leckagen und Beschädigungen führen).
- Verwenden Sie niemals Inserts aus Metallen, die nicht denen des Blockes entsprechen, da der Ausdehnungs- und der Kontraktionsgrad variieren können, es sei denn, der Hersteller gibt etwas anderes an.

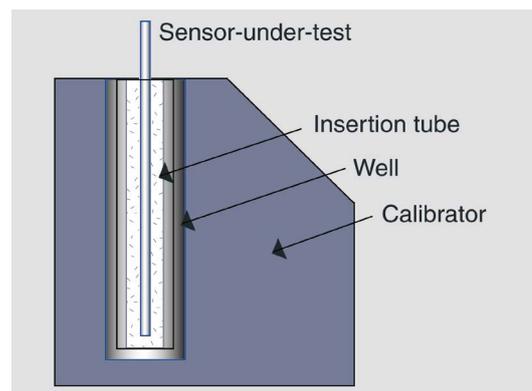
Verwendung von Inserts, die für andere Trockenblöcke konzipiert wurden

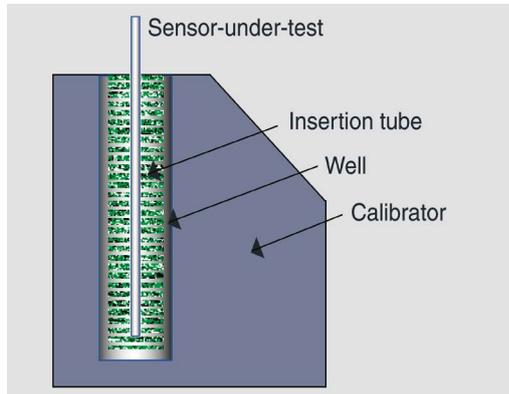
Selbst wenn einige Inserts aus anderen Trockenblöcken den richtigen Durchmesser haben sollten, haben sie möglicherweise nicht die richtige Länge. Das hier gezeigte Beispiel veranschaulicht, dass eine zu hohe Hülse die Gleichmäßigkeit der Temperaturverteilung drastisch verändern würde, da Wärme am oberen Ende des Messschachtes entweichen würde.



Verwendung von zu kleinen Inserts

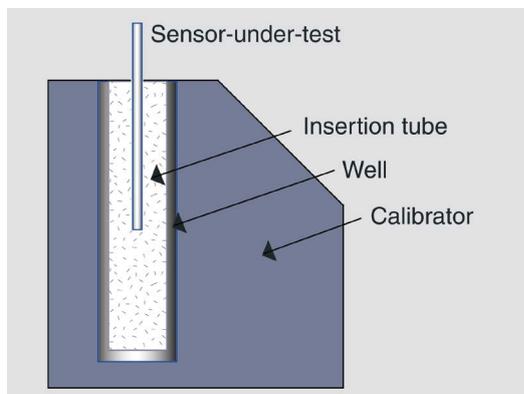
Inserts mit zu kleinem Durchmesser führen zu einer unzureichenden Wärmeübertragung zwischen Messschacht und Hülse, da die die Hülse umgebende Luft isolierend wirkt. Dadurch ist die Temperatur instabil, sodass der Sollwert nicht erreicht werden kann.





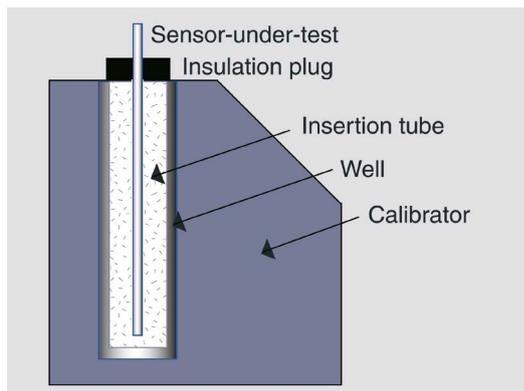
Verwendung von Inserts aus ungeeignetem Material

Selbst wenn fremde Inserts die richtige Länge und Größe haben, können sich ihre Materialien, kritisch auf den Prozess auswirken. Wenn beispielsweise angegeben ist, dass ein Aluminiumeinsatz erforderlich ist, kann die Verwendung von Einsätzen aus Messing oder anderen Materialien aufgrund der unterschiedlichen Leitfähigkeit fehlerhafte Ergebnisse verursachen.



Verwendung von Inserts mit zu kurzen Bohrungen

Ein häufiger Fehler bei der Herstellung individueller Inserts besteht darin, dass die Bohrungen zu kurz sind. Bei Verwendung solcher Inserts könnte der Temperaturgradient beeinflusst werden, da am Boden des Messschachtes kalibriert worden sein könnten.



Verwendung von Inserts ohne Isolierstopfen

Mit aktiven Kühlvorrichtungen ausgestattete Trockenblöcke werden mit einem Isolierstopfen versehen, der zum Verschließen des Messschachtes verwendet werden sollte. Mit Isolierstopfen gelieferte Trockenblöcke benötigen diese für die einwandfreie Funktion, da sie standardmäßig unter Verwendung dieser Stopfen kalibriert wurden. Wenn die Stopfen nicht verwendet werden, entweicht ein großer Wärmefluss aus dem Messschacht und das Erreichen der Solltemperatur wird zu einer Herausforderung.

Gründe für Messunsicherheiten bei Verwendung eines Trockenblocks

Es ist relativ einfach, Temperaturkalibrierungen durchzuführen, wenn man Trockenblöcke verwendet. Um die erforderliche Genauigkeit zu erreichen, müssen jedoch einige Quellen für Messunsicherheiten und mögliche Fehler berücksichtigt werden. Diese Unsicherheiten sind oft eher in der Vorgehensweise als in der Leistung der Trockenblockkomponenten zu finden.



Design der Trockenblöcke

Grundsätzlich gibt es zwei Methoden, um die Trockenblocktemperatur korrekt zu messen:

- einen eingebauten Steuerungssensor, der als interner Referenzsensor verwendet wird und den Trockenblock in sein eigenes Referenzinstrument verwandelt
- einen externen Referenzsensor (z. B. den ETS - Ellab Temperaturstandard), der durch den Einsatz eingeführt wird und so den Trockenblock in die Temperaturquelle verwandelt

Beide Methoden haben jeweils andere Auswirkungen auf die Messunsicherheit.

Kalibrierung mit einem internen Referenzsensor

Ein interner Referenzsensor ist standardmäßig in jedem Trockenblock vorhanden. Die Messvorrichtung wird normalerweise nahe dem Boden des Messschachtes positioniert und umgibt das Insert. Aufgrund seiner Positionierung misst der interne Referenzsensor nicht die Temperatur im Inneren des Inserts, in dem sich die zu prüfenden Sensoren befinden, sondern den Bereich um sie herum. Die Temperaturmessungen sind wegen des thermischen Widerstandes zwischen Insert und Trockenblock nicht besonders genau. Dies wird durch Temperaturänderungen nur noch verschlimmert, da sich die Temperaturen des Inserts in der Regel langsamer ändern als die Temperaturen im restlichen Trockenblock. Dies kann zu einem Fehler führen, wenn die Kalibrierung zu schnell und ohne die angemessene Stabilisierungszeit abzuwarten, durchgeführt wird. Darüber hinaus ist die Rekalibrierung interner Referenzsensoren umständlich, da nur der Trockenblockhersteller in der Lage ist, diese Art der Kalibrierung durchzuführen.

Kalibrierung mit einem externen Referenzsensor

Im Gegensatz zum internen Referenzsensor wird der externe Referenzsensor zusammen mit den zu prüfenden Sensoren direkt im Insert platziert. Daher sind die Temperaturmessungen genauer. Um die gleichen thermischen Eigenschaften wie die zu kalibrierenden Sensoren zu haben, sollte der Referenzsensor idealerweise die gleiche Größe und Wärmeleitfähigkeit aufweisen, um den Temperaturänderungen genau folgen zu können. Dies ist jedoch selten der Fall, sodass längere Haltezeiten berücksichtigt werden müssen. Einer der wichtigsten Gründe für die Verwendung externer Referenzsensoren wie dem ETS sind die genaueren und weniger unsicheren Ergebnisse verglichen mit einem internen Referenzsensor. Neben der höheren Genauigkeit bietet die externe Option auch Zuverlässigkeit und Unabhängigkeit im Fehlerfall – denn der externe Referenzsensor kann überprüft werden, ohne die gesamte Trockenblockeinheit untersuchen zu müssen.

Beladung von Trockenblöcken

Solange die Umgebungstemperatur von der des Trockenblocks abweicht, ist es nahezu unmöglich zu vermeiden, dass Wärme entlang der Sensoren abgeleitet wird – ein Phänomen, das als „Wärmeableitfehler“ bekannt ist. Je mehr Sensoren sich im selben Insert befinden, desto mehr „leckt“ die Temperatur – dies gilt auch für dickere Sensoren. Darüber hinaus entweicht umso mehr Wärme, je größer der Temperaturunterschied zwischen der Umgebung und dem Insert ist. In der Praxis würde dies bedeuten, dass ein Trockenblock umso mehr „leckt“, je höher die Betriebstemperatur ist. Dies führt dazu, dass das Insert in der Nähe der Oberseite abkühlt und zwar stärker als es das an der Unterseite tun würde, wodurch anschließend ein Temperaturgradient erzeugt wird. Um dies zu vermeiden, kann der sogenannte Ladeeffekt durch Verwendung von zwei oder mehr Heiz-/Kühlzonen, wie bereits früher in diesem Dokument beschrieben, reduziert oder nahezu eliminiert werden. Bei internen Referenzsensoren ist der Ladeeffekt in der Regel stärker, da der Referenzsensor bodennah platziert wird und die Temperatur um den Block herum statt im Insert misst, was dazu führt, dass der Ladeeffekt nicht erkannt und somit nicht kompensiert wird. Aus diesem Grund ist der durch den Ladeeffekt verursachte Fehler bei Verwendung eines externen Referenzsensors viel kleiner und die Unsicherheit daher viel geringer.

Temperaturhomogenität

Der Temperaturunterschied entlang der Vertikalen (Länge) des Inserts wird als axiale Homogenität oder in einigen Fällen als axiale Gleichförmigkeit bezeichnet. Es ist durchaus üblich, dass sich die Temperatur im unteren Teil des Trockenblocks von der im oberen Teil unterscheidet. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die Temperatur im oberen Teil an die Umgebung abgegeben wird. Die eigentlichen Messelemente in Sensoren, die Pt100- oder Pt1000-Elemente von RTDs oder die Schweißpunkte von Thermoelementen sein können, können an verschiedenen Stellen entlang der Längen positioniert werden, da einige

Elemente näher an der Spitze angeordnet sind als andere. Daher ist es äußerst wichtig sicherzustellen, dass die verschiedenen Sensoren der gleichen Temperatur ausgesetzt sind. Um dies zu erreichen, muss die homogene Zone am Boden des Messschachtes tief genug sein. Daher sollten die Sensoren in dieser Zone gehalten werden, deren Tiefe in der Regel zwischen 40 mm und 60 mm liegt, um Messunsicherheiten zu beseitigen oder zu reduzieren – oder zumindest in der gleichen Tiefe eingesetzt und ausgerichtet werden.

Temperaturverteilung

Unabhängig davon, ob die Inserts über eine gute Wärmeleitfähigkeit verfügen, kann es immer einen Temperaturunterschied zwischen den Messschächten geben. Dies kann durch folgende Faktoren verursacht werden:

- ein Insert berührt den Block stärker als das andere
- eine ungleiche Beladung der Inserts, z. B. kann ein Insert im Vergleich mit dem anderen dickere oder zusätzliche Sensoren enthalten
- eine Beeinträchtigung der Toleranzen der Heiz- und Kühlgeräte auf einer der Seiten

Glücklicherweise sind die Temperaturunterschiede zwischen den Messschächten in der Regel eher unbedeutend. Sie sollten jedoch trotzdem berücksichtigt und durch Studien zur Wärmeverteilung identifiziert werden.

Temperaturstabilität

Während des Betriebes muss die Temperatur unbedingt stabil sein, da verschiedene Sensoren häufig unterschiedliche thermische Eigenschaften besitzen und daher unterschiedliche Stabilisierungszeiten benötigen. Bei einer ständigen Temperaturänderung können verschiedene Sensoren unterschiedliche Werte anzeigen. Dies könnte der Fall sein, wenn z. B. Kalibriergeräte in „unkontrollierten“ Bereichen platziert werden, in denen externe Referenzsensoren unter Umständen genauere Ergebnisse liefern würde. Die Langzeitstabilitätsspezifikation ist in der Regel Bestandteil der Dokumentation des Herstellers.

Fazit:

Langsam und stetig gewinnt das Rennen – Lassen Sie Ihre Kalibrierung vollautomatisch ablaufen

Es ist allgemein bekannt, dass sich die Temperatur üblicherweise nur langsam ändert und es aufgrund der passiven Natur des Systems einige Zeit dauert, bis sich alle Teile bei der gleichen Temperatur stabilisieren und dadurch ihr Gleichgewicht erreichen. Die Kalibrierung nimmt Zeit in Anspruch und sollte nicht überstürzt werden. Eine übereilte Temperaturkalibrierung mit Trockenblöcken kann die Ursache für Messunsicherheiten darstellen. Es ist daher wichtig, sich mit Ihrem System vertraut zu machen, um z. B. durch Tests herauszufinden, wie viel Zeit die verschiedenen Schritte einer Kalibrieroutine in Anspruch nehmen. Dies ist besonders wichtig für interne Referenzsensoren, da diese die erforderliche Temperatur wesentlich schneller erreichen als die zu prüfenden Sensoren. Aus einem vorzeitigen Akzeptieren der Ergebnisse resultiert daher ein schwerwiegender Fehler. Eine verfrühte Akzeptanz ist bei externen Temperatursensoren nicht so gravierend, da diese selbst dann weitaus genauer sind, wenn sie vor dem Erreichen des Gleichgewichtes übereilt ein Ergebnis liefern sollen.



Wie kann Ellab Ihnen helfen?

Mit der ValSuite® Validierungs- und Kalibrier-Software von Ellab können Sie Ihre Sensoren selbständig und effizient kalibrieren sowie Offsets speichern. Sie können zwischen manueller, halbautomatischer oder vollautomatischer Kalibrierung wählen und Vorlagen nutzen, um möglichst effizient zu arbeiten. Ermittelte Offsets werden direkt mit der ID-Nummer der Sensoren verknüpft und bei zukünftigen Messungen mit dem Sensor berücksichtigt.

Mit einem Ellab Temperaturstandard und einem an den PC angeschlossenen Trockenblock kann eine vollautomatische Kalibrierung durchgeführt werden – eine sehr sichere und zeitsparende Funktion. Die Software generiert automatisch einen ausführlichen Kalibrierreport, in dem alle Ergebnisse übersichtlich aufgeführt sind.