



Strahlungsschutz-Einhausung (SE) nach Paetz – Prof. Miegel®

Dokumentation

Inhaltsverzeichnis

- 1. Einleitung**
- 2. Innovation der neuartigen Strahlungsschutz-Einhausung im Bezug zum Stand der Technik**
- 3. Ausführliche Beschreibung des Lösungsansatzes, der Zielparameter und der erforderlichen Arbeitsschritte**
- 4. Messtechnischer Nachweis der Wirksamkeit der Strahlungsschutz-Einhausung (SE)**
- 5. Zusammenfassung**



1. Einleitung

Die Gründe für die fehlerbehafteten Temperaturaufzeichnungen in Messstationen sind nicht nur in der Sensorik oder der Standortwahl der Messstationen zu suchen, sondern auch in einem mangelhaften Strahlungsschutz und der Positionierung und Handhabung der Temperatursensoren. Es ist davon auszugehen, dass sowohl in Deutschland als auch international die gleichen Ursachen für den erhöhten Messfehler bei der Temperaturermittlung vorliegen.

Mit der Entwicklung einer neuen Strahlungsschutz-Einhausung (SE) stellen wir den Klimaforschern eine Einrichtung zur Verfügung, die es ermöglicht, die Klimaerwärmung auf unserem Planeten nachzuweisen. Mit der SE stellt Ihnen die Anemometerbau GmbH, die seit 1875 innovative Produkte für die Meteorologie produziert, ein weiteres kreatives Erzeugnis vor, mit dessen Hilfe wir den Strahlungseinfluss auf die Temperatursensoren in bodennahen Messstationen eliminieren.

2. Innovation der neuartigen Strahlungsschutz-Einhausung im Bezug zum Stand der Technik

Die Temperatur hat auf den Ablauf meteorologischer Vorgänge einen erheblichen Einfluss, so dass die Messung der Lufttemperatur, des Bodens und des Wassers, eine wesentliche Voraussetzung für die Analyse des meteorologischen Geschehens ist. Gleichzeitig bestehen eine ganze Reihe von Wechselbeziehungen mit anderen Messgrößen wie z. B. Feuchte und Druck.

Neben der „Englischen Wetterhütte“, die seit 150 Jahren die meistverbreitete Strahlungsschutzhütte in Messstationen war, hat sich seit 30 Jahren international in autonom betriebenen Klimastationen die zylindrische Lamelleneinhausung mit aktiver Belüftung durchgesetzt.

Bei der Untersuchung von aktuellen Einhausungstypen sind 3 wesentliche Messfehlerquellen bei der Ermittlung der Temperatur zu identifizieren.

1. Direkte Strahlungseinflüsse auf die Sensoren
 - a. Globalstrahlung (kurzwellig)
 - b. Reflexionsstrahlung (kurzwellig)
 - c. Wärmestrahlung (langwellig)
2. Konvektiver Wärmeübergang zwischen Messmedium und Gehäusekomponenten
3. Ohm'scher Verlust bei kontinuierlich elektrischem Betrieb des Sensormoduls

Strahlungseinflüsse auf die Sensoren

Während fast alle untersuchten Wetterhütten und Lamelleneinhausungen einen guten Schutz vor der Globalstrahlung bei mittleren bis hohen Sonnenständen aufwiesen, konnte eine Temperaturabweichung von bis zu 5° während des Sonnenaufgangs und -untergangs im Verhältnis zu beschatteten Sensoren ermittelt werden.

Ein weiterer häufig vernachlässigter Aspekt ist der Anteil der Globalstrahlung, welcher von der Erdoberfläche diffus reflektiert wird, von unten in die Schutzeinhausung eindringt und so direkt auf den Sensor wirkt. Dies ist besonders relevant bei Messstandorten, deren umgebene Oberflächen ein starkes Reflektionsverhalten aufweisen. Dazu gehören vorrangig Oberflächen mit hohen Albedo Werten wie z.B. Schnee bzw. Gletscher (0,45-0,9) oder Wüste (0,3). Dies ist nicht nur für Messstandorte in den polaren, subpolaren und subtropischen Klimazonen relevant, sondern auch jahreszeitenbedingt in der gemäßigten Klimazone. Es wurden bei einem Großteil der untersuchten am Markt erhältlichen Wetterhütten und Lamelleneinhausungen erhebliche Defizite beim Schutz der Sensoren vor Reflexionsstrahlung festgestellt, mitunter aufgrund fehlender Schutzelemente auf der Unterseite.

Die im Boden oder umliegenden Objekten vorhandene thermische Energie wird als langwellige Wärmestrahlung emittiert. Wie bereits zuvor geschildert, gibt es am Markt keine Produktlösungen, welche die Sensoren vor einem Strahlungseinfall von unten und von der Seite ausreichend schützen. Je nach Temperatur, Wärmekapazität und Emissionsgrad des Bodens und anderer umliegender Objekte, geht ein erheblicher Messfehler in die Temperaturermittlung ein. Es gibt bisher keine Strahlungsschutzausrüstung am Markt, die die Temperatursensoren vor Strahlungseinflüssen ausreichend schützt.

Konvektiver Wärmeübergang auf das Messmedium

Trotz hoher reflektierender Eigenschaften kommt es durch die Globalstrahlung zwangsläufig zu einer Erwärmung der Strahlenschutzelemente über die Umgebungstemperatur hinaus. Um die Umgebungstemperatur trotzdem messen zu können, werden Anlagen nach dem derzeitigen Stand der Technik mit einer Zwangsbelüftung versehen, welche die Umgebungsluft zum Sensor führt. Solche Strahlungsschutzhütten und Lamelleneinhausungen mit Zwangsbelüftung können Messfehler verringern, aber nicht beseitigen, weil der Luftstrom entlang der erwärmten Strahlenschutzelemente zum Sensor geführt wird. Der dabei auftretende konvektive Wärmeübergang von den Schutzelementen auf den Luftstrom ist mitunter signifikant.

Ohm'sche Verluste am Sensormodul

Durch den kontinuierlichen elektrischen Betrieb des Sensors kommt es im Sensor und der anliegenden Verkabelung zu einer Erwärmung durch ohmsche Verluste. Diese gehen durch die hohen Wärmeleiteigenschaften der elektrischen Komponenten vollständig mit in die Messung ein.

Eine Marktrecherche ergab, dass die meisten Datenlogger und Sensorsysteme selbst bei periodischen Messungen den Sensor kontinuierlich bestromen und so zu dessen Erwärmung führen.

Alle uns bekannten Neuentwicklungen sind bautechnisch mit der „Englischen Wetterhütte“ (EWH) zu vergleichen. Dies spiegelt sich auch in den Messergebnissen wider (siehe Abbildung 1-1).

3. Ausführliche Beschreibung des Lösungsansatzes, der Zielparameter und der erforderlichen Arbeitsschritte

Die von uns entwickelte SE besitzt ein konsequentes Strahlungsschutz-Konzept und entkoppelt die einströmende Messluft von ggf. Strahlungs-beaufschlagten Elementen und entsprechendem Wärmeübertrag. Damit ist die neuartige Konstruktion nicht mit der EWH und Lamelleneinhausung vergleichbar und stellt eine Lösung dar, die die Welt Meteorologische Organisation - Anforderungen um ein Vielfaches übertreffen.

Die hier vorgestellte Entwicklung sieht die Umsetzung eines autonomen Messsystems vor, welches Wetter- und Klimadaten auch unter widrigen Umgebungsbedingungen erfassen kann. Um dies zu gewährleisten, mussten folgende Voraussetzungen erfüllt sein.

1. SE, die den Temperatursensor vor direkter und indirekter Strahlung schützt
2. Vermeidung der Erwärmung des Messmediums durch konvektiven Wärmeübergang
3. Vermeidung der Erwärmung durch Ohm'schen Verluste am Sensor hohe Ausfallsicherheit und Wartungsfreiheit

4. Messtechnischer Nachweis der Wirksamkeit der Strahlungsschutz-Einhausung (SE)

Um den hohen Ansprüchen an die Sensorik vor Erstellung der Dokumentation gerecht zu werden, wurden die Sensoren vom Leibnitz-Institut für Ostseeforschung Rostock/ Warnmünde geprüft (Protokoll s. Anlage 2). Um den Nachweis führen zu können, dass die SE die Lufttemperatur - ohne Strahlungsbeeinflussung - bis zu einer Genauigkeit von $\leq 10^{-3}$ K messen kann, sind drei unterschiedlichen Messmethoden zum Einsatz gekommen.

(a) Es wurde die kaskadierte Temperaturabnahme zwischen den einzelnen Strahlungsschutzelementen einschließlich der Messkammer geprüft.

(b) Die Temperaturänderung des zu messenden Luftstroms vor Eintritt in die SE und nach Austritt aus der Messkammer wurde geprüft.

(c) Der Anstieg und Rückgang der Enthalpie der SE sowie die Abweichung des Umgebungstemperaturverlaufs wurden nachgewiesen.

(a) Kaskadierte Abnahme der Strahlungsbeeinflussung

Um den Temperaturverlauf dokumentieren zu können, wurden an den nach außen gerichteten Flächen Durchmesser 150 Pos. 6 [S17] ein Pt100-Sensor montiert.

Der zweite wurde am Durchmesser 100 und Pos. 5 [S1] und der dritte Pos. 4 [T7] am Durchmesser 75 montiert. Der vierte Sensor Pos. 1 [S9] wurde in der Messkammer befestigt.

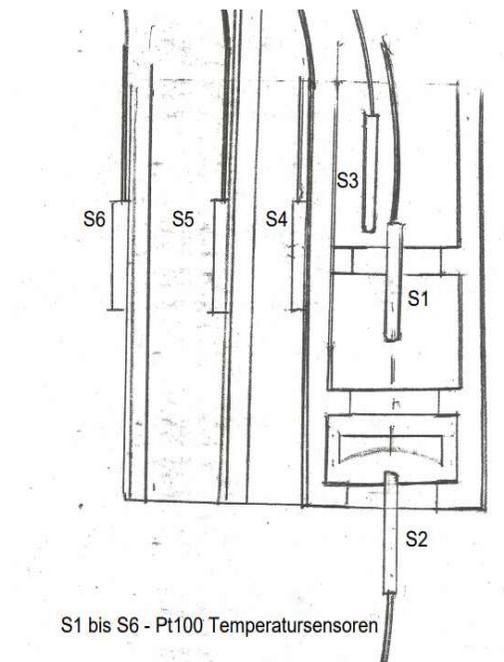


Abbildung 1: Anordnung der Temperatursensoren für die kaskadierte Abnahme

Temperaturverlauf:

Sensor	Pos 6 [S 17] Strömung	Pos 5 [S 1] Strömungs- zylinder	Pos 4 [T7] Strömungs- zylinder	Pos 1 [S9] Messkammer	Pos / [U21] Nicht dargestellt
Position	Außen- durchmesser 150 mm	Außen- durchmesser 100 mm	Außen- durchmesser 75 mm	Innenraum	Lufttemperatur Lamellen- einhausung
Kalibration	15,0366	14,9267	15,0241	15,0007	15,0334
Abweichung von Kennlinie					
09.08.2020 10:17:53	-	-	25,013	25,171	-
17.09.2020 09:07:40	40,6720 C	16,3348	15,5553	15,0093	15,1575

Tabelle 1: Kaskadierte Abnahme, alle Temperaturen in °C

b) Minimierung des konvektiven Wärmeübergangs

Um den messtechnischen Nachweis führen zu können, dass die SE den Messfehler durch konvektiven Wärmeübergang soweit eliminieren kann, dass dieser für die meteorologische Messung bedeutungslos ist, musste die SE operativ geändert werden. Vor Eintritt des Luftstromes in die

Lichtschleuse mit Messkammer ist der Sensor Pos 3 [S16] angebaut worden, unmittelbar hinter der Messkammer und vor Beginn des Strömungskanal ist ein weiterer Sensor Pos 2 [X2] montiert worden. Bei gleichen Messwerten der Sensoren Pos 3 [S16] u. Pos. 2 [X2] ist zu erkennen, dass die strömende Luft durch die SE nicht beeinflusst wurde. Zur Fehleranalyse kann der Sensor Pos 1 [S9] mit ausgewertet werden (siehe Tabelle 2).

1	Sensor	Pos 1 [S9] Messkammer	Pos 3 [S16] Eintritt Messkammer	Pos 2 [X2] Austritt Messkammer
2	Einheit	Grad	Grad	Grad
3	Kalibrierwert	25,0029	25,0029	25,0029
4	Gemessene Temperatur 01.08.2020	25,0010	25,0890	24,9270 Ströme
5	Δ Sensor kalibriert – gemessene Temperatur Zeile 4	+0,0019	-0,0861	+0,0759

Zeile 4: Durchschnittstemperatur über 10 Minuten, alle 20s

Tabelle 2: Strahlungsbeeinflussung

Die in den Tabellen 1 und 2 präsentierten Messwerte sind ab der dritten Stelle hinter dem Komma zur Beweisführung mit dokumentiert worden, dass die Lufttemperatur hochgenau ermittelt werden kann und dass das strömende Gas nach Eintritt in die SE und nach Austritt aus der Messkammer nicht durch Strahlung beeinflusst wurde. Der Strahlungsfehler wahr $\leq 10^{-6}$ in der SE und somit für meteorologische Aufzeichnungen unbedeutend ist.

Es ist allgemein bekannt, dass sich die Erderwärmung in verschiedenen Gebieten schneller aber in anderen auch langsamer vollzieht. Dieser Tatsache folgend, muss mit einer höheren Präzision die Lufttemperatur gemessen werden. Um zu belastbaren Messergebnissen der Erderwärmung zu kommen, müssen mehrere Pt 100 Sensoren mit hoher Qualität in eine SE montiert und mit Reverenzmarken flankiert, eingebaut werden.

5. Zusammenfassung

Übliche Strahlungsschutz-Einhausung wie die EWH oder die Klimastationen mit zylindrischer Lamelleneinhausung beinhalten Fehlereinflüsse durch Strahlungseffekte, wodurch die gemessenen Temperaturen beeinflusst werden. Durch die hier vorgestellte Strahlungsschutz-Einhausung nach Pätz - Prof. Miegel® werden diese systematischen Fehler vermieden bzw. weitgehend minimiert, so dass die gemessenen Temperaturen sehr nah an den realen Temperaturen sind und damit eine realistischere Langfristigen Erfassung der globalen Klimaänderung unabhängig von lokalen bzw. temporären Strahlungseffekten möglich ist.

Bestellnummer:

3.001.01

Preis:

auf Anfrage