

Ein Vergleich von Temperaturdatenloggern und Messsensoren unterschiedlicher Preisniveaus und Bauarten, hinsichtlich ihrer Reaktionszeit, ihrer Genauigkeit und ihrem Handling in der Höhlenklimatologie

David Böckler¹, Andreas Pflitsch², Michael Killing-Heinze²

Zusammenfassung: Günstige Temperaturdatenlogger können in ihrer Genauigkeit, Reaktionszeit und Handling genauso gut und teilweise sogar besser sein als teure Exemplare. Absolute Spitzentechnik mit höchster Genauigkeit und schnellster Reaktionszeit kostet aber ihren Preis. Mehrere Messungen führten zu einer hohen Anzahl von Daten und Vergleichswerten, die diese Aussage bestätigen. Deshalb ist es lohnenswert sich auch nach günstigen Temperaturdatenloggern umzuschauen, die auch in anderen Bereichen (Lebensmittelüberwachung, industrielle Produktion) eingesetzt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Bauarten und Widerstandsfähigkeit der Temperaturdatenloggertypen muss der Anwender jedoch sehr individuell entscheiden bei welchen Messvorhaben welcher Temperaturdatenloggertyp am sinnvollsten ist. Auch Gesichtspunkte wie die Haltbarkeit des Gehäuses, Wasserdichtigkeit oder Anfälligkeit gegen Tierfraß sollten Berücksichtigung finden, diese wurden hier jedoch nicht getestet. Ebenfalls können keine Aussagen über die Langlebigkeit des Loggers und die Langzeitstabilität eines Sensors gemacht werden. Hier kann ich nur aus eigenen Erfahrungen sagen, dass Billiggeräte erheblich eher ausfallen als teurere Produkte.

Einleitung

Im Rahmen von höhlenklimatischen Untersuchungen ist es notwendig die verschiedenen Messgrößen wie z. B. Luft und Felstemperatur, Luftfeuchte und Luftströmung zu erfassen wobei zahlreiche unterschiedliche Messsensoren, gekoppelt mit verschiedensten Datenloggern zum Einsatz kommen. Sowohl Messsensoren wie Datenlogger unterscheiden sich in ihren vom Hersteller angegebenen aber insbesondere den tatsächlichen Spezifikationen. Bei den Messsensoren spielen die Messgenauigkeit, die Auflösung und die Reaktionsgeschwindigkeit, die so genannte t99-Zeit (Zeit bis der Fühler 99% des Temperatursprunges anzeigt) eine entscheidende Rolle. Die Datenlogger sind für die Steuerung des Sensors und die Datenaufzeichnung verantwortlich. Möglichst viele Optionen für die Datenaufzeichnung (wie z.B. mögliche Messintervalle oder eine versetzte Messaufzeichnung) aber auch ein großer Datenspeicher sind hier wünschenswert. Die Auswahl an Messgeräteherstellern und somit auch an Produkten hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen, so dass eine Übersicht kaum mehr möglich ist. Ebenso kann die Güte bzw. die Leistung der Produkte kaum mehr beurteilt werden, da oftmals die Datenblätter mehr versprechen als die Messgeräte später halten. Für eine erste Untersuchung haben wir uns eine Messgröße herausgegriffen, so dass der vorliegende Beitrag sich ausschließlich mit Temperatursensoren bzw. -loggern

auseinandersetzt. Aber selbst hier ist das Angebot mittlerweile so umfangreich, dass wir keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, sondern nur exemplarisch arbeiten konnten. Die Untersuchung kann nur einen Hinweis für die eigene Auswahl von Datenloggern geben, kann aber, ob der zahlreichen unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten, keine allgemeingültigen Empfehlungen aussprechen. Da i.d.R. Messsensor und Datenlogger eine Einheit bilden wird im Folgenden einfachheitshalber von „Logger“ gesprochen.

Ziel der Untersuchung

Ziel dieser Untersuchungen war ein qualitativer Vergleich von Temperaturdatenloggern in den Punkten Genauigkeit, Reaktionszeit und Handling. Da nahezu jedes kleinere wie auch größere Messprojekt finanziell nicht ausreichend ausgestattet ist, bilden vielfach der Anschaffungspreis wie auch die Betriebskosten ein Auswahlkriterium für den Kauf eines Messsystems. Dabei wird oft davon ausgegangen, dass ein höherpreisiges Gerät besser ist als eine Billigvariante aber eine „schlechtere“ Messung besser ist als gar keine Messung. Somit wurde natürlich auch der Fragestellung nachgegangen, ob günstige Temperaturdatenlogger und Sensoren wirklich schlechter sind als teure Logger. Weitere Unterscheidungsmerkmale bildeten die Bauart der Sensoren (extern vs. Intern) so wie deren Verkapselung.

Insgesamt wurden 12 verschiedene Logger mit teilweise unterschiedlichen Bauarten des Sensors getestet (siehe Tabelle 1).

¹ Ruhr-University Bochum, Department of Geography, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum, Germany

² Workgroup Cave & Subway Climatology, Department of Geography, Ruhr-University Bochum, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum, Germany

Logger	Sensortyp	Bauart des Sensors	Genauigkeit	Auflösung	Preiskategorie
GeoPrecision M-Log5 **	PT1000	Unverkapselt	± 0,1 °C	0,01 °C	~ 200 €
GeoPrecision M-Log4	PT1000	Metallummantelung (Stab)	± 0,1 °C	0,01 °C	~ 200 €
GeoPrecision M-Log	PT1000	Unverkapselt	± 0,1 °C	0,01 °C	~ 200 €
GeoPrecision M-Log	PT1000	Metallummantelung (nur Spitze)	± 0,1 °C	0,01 °C	~ 200 €
GeoPrecision M-Log	PT1000	Direkt am Gerät	± 0,1 °C	0,01 °C	~ 200 €
LogTag TREX-8	NTC-Thermistor	Unverkapselt	± 0,5 °C	0,1 °C	~ 60 €
LogTag TRIX-8	NTC-Thermistor	Direkt am Gerät	± 0,5 °C	0,1 °C	~ 20 €
MicroLite USB	NTC-Thermistor	Kunststoffummantelt (zu***)	± 0,3 °C	0,01 °C	~ 70 €
EL-USB-2+ *	PTC-Thermistor	Kunststoffummantelt (offen)	± 0,3 °C	0,5 °C	~ 90 €
HOBO-Pendant *	NTC-Thermistor	Kunststoffummantelt (zu***)	± 0,53 °C	0,14 °C	~ 40 €
IButtons DS1921G (2x)	PTC-Thermistor	Eindraht- Bus	± 1 °C	0,5 °C	~ 10 €

* Kombigeräte (EL-USB für die Messung von Temperatur und Feuchte, HOBO für Temperatur und Licht)

** Referenzgerät für diese Arbeit

*** komplett geschlossen, kann aber zum Batteriewechsel geöffnet werden.

Tab. 1: Übersicht über die verwendeten Datenlogger.

Bei 5 der 12 Sensoren handelte es sich um Platin Widerstände, bei zwei Sensoren um einen PTC-Thermistor und bei vier Sensoren um einen NTC-Thermistor. Drei Sensoren waren unverkapselt, zwei hatten eine Metallkappe über dem Sensor, zwei Sensoren waren direkt an der Außenhülle des Loggers angebracht, drei Geräte hatten eine Kunststoffummantelung (teils offen) und bei zwei Geräten handelte es sich um einen Eindraht-Bus (IButton) mit Temperatursensor (siehe Abbildung 1). Das Gehäuse der Logger bestand bei den teuren Varianten aus Metall und Kunststoff und bei den günstigeren Varianten aus Kunststoff. Der GeoPrecision M-Log5 wurde aufgrund der Bauart seines Sensors (Pt1000) und der Neuwertigkeit des Gerätes als Referenzgerät ausgewählt. Die Genauigkeit lag hier bei ±0,1 °C, und die Auflösung bei 0,01 °C.

Um möglichst viele verschiedene Messbedingungen zu simulieren, wurden zahlreiche Messungen mit wechselnden Messintervallen und in verschiedenen Messumgebungen unterschiedlicher Temperaturbereiche durchgeführt. Da die Sensoren im Rahmen der Tests eine einheitliche Messumgebung haben müssen, wurden, außer bei den Messungen in der Dechenhöhle (Iserlohn), alle Logger in eine Box (Maße 35 cm x 24 cm x 19 cm) positioniert, wobei keiner der Logger Kontakt zu den Wänden der Box hatte. Zudem war der Boden der Box mit Schaumstoff ausgelegt um den Wärmefluss von der Auflage zu minimieren. Die Sensoren der Logger wurden in die Mitte der Box gerichtet, dabei hatte kein Sensor Kontakt zu einem anderen Medium außer Luft. Die Sensorspitzen hatten mindestens 2 cm Abstand zueinander.

Es wurden 7 verschiedene Bedingungen simuliert, die mit verschiedenen Messintervallen durchgeführt wurden. Vier Messkampagnen fanden in einer Klimakammer mit einem Intervall von 1 Min. (3) und 5 Min. (1) bei 3 bis 5 °C statt. Zwei Kampagnen fanden mit einem Intervall von 1 Min. in einer Klimakammer bei 20 °C statt. Jeweils eine Messung wurde in einem Raum bei Zimmertemperatur

(18 bis 20 °C), in einem Kühlschrank (3 bis 7 °C) und in einem Tiefkühlschrank (-10 bis -20 °C) mit einem Intervall von einer Minute durchgeführt. Um den Anwendungsbereich der Höhlenklimatologie in den Mittelpunkt der Untersuchung zu stellen wurden zwei Kampagnen über jeweils eine Woche mit einem Messtakt von 5 Min. in der Dechenhöhle durchgeführt.

Nach den kollektiven Messungen wurde darüber hinaus gezielt das Zeitverhalten der einzelnen Logger getestet. Die Tests des Zeitverhaltens der Logger wurden nach den in der VDI/VDE - Richtlinie für das Zeitverhalten von Berührungsthermometern (VDI/VDE 3522) geforderten Versuchsbedingungen (Punkt 4.1.2.2 und 4.1.2.3) durchgeführt.

Da die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind, können hier erst erste Ergebnisse zusammenfassend dargestellt werden.

Zusammenfassung der Messergebnisse

Nach der Auswertung der Messungen war festzustellen, dass die Logger bei den unterschiedlichen Messbedingungen und Temperaturen unterschiedlich starke Abweichungen zum Referenzgerät (GeoPrecision M-Log5) hatten. Bedingt durch die von der Bauart verschiedenen Eigenschaften des Gerätes, waren größere Abweichungen zu erkennen. Dabei spielte vor allem die Auflösung der Geräte eine übergeordnete Rolle. Die teuren Geräte besitzen eine Auflösung von 0,05 - 0,1 K, während die meisten günstigeren Geräte nur eine Auflösung von 0,5 bis 1 K besitzen. Dadurch wird gerade bei Messungen mit sehr geringen Temperaturschwankungen von etwa 1 K der Temperaturverlauf nur sehr schlecht erfasst. Bei Messungen mit größeren Temperaturschwankungen von mehreren Kelvin fällt die geringe Auflösung jedoch zunehmend weniger ins Gewicht.

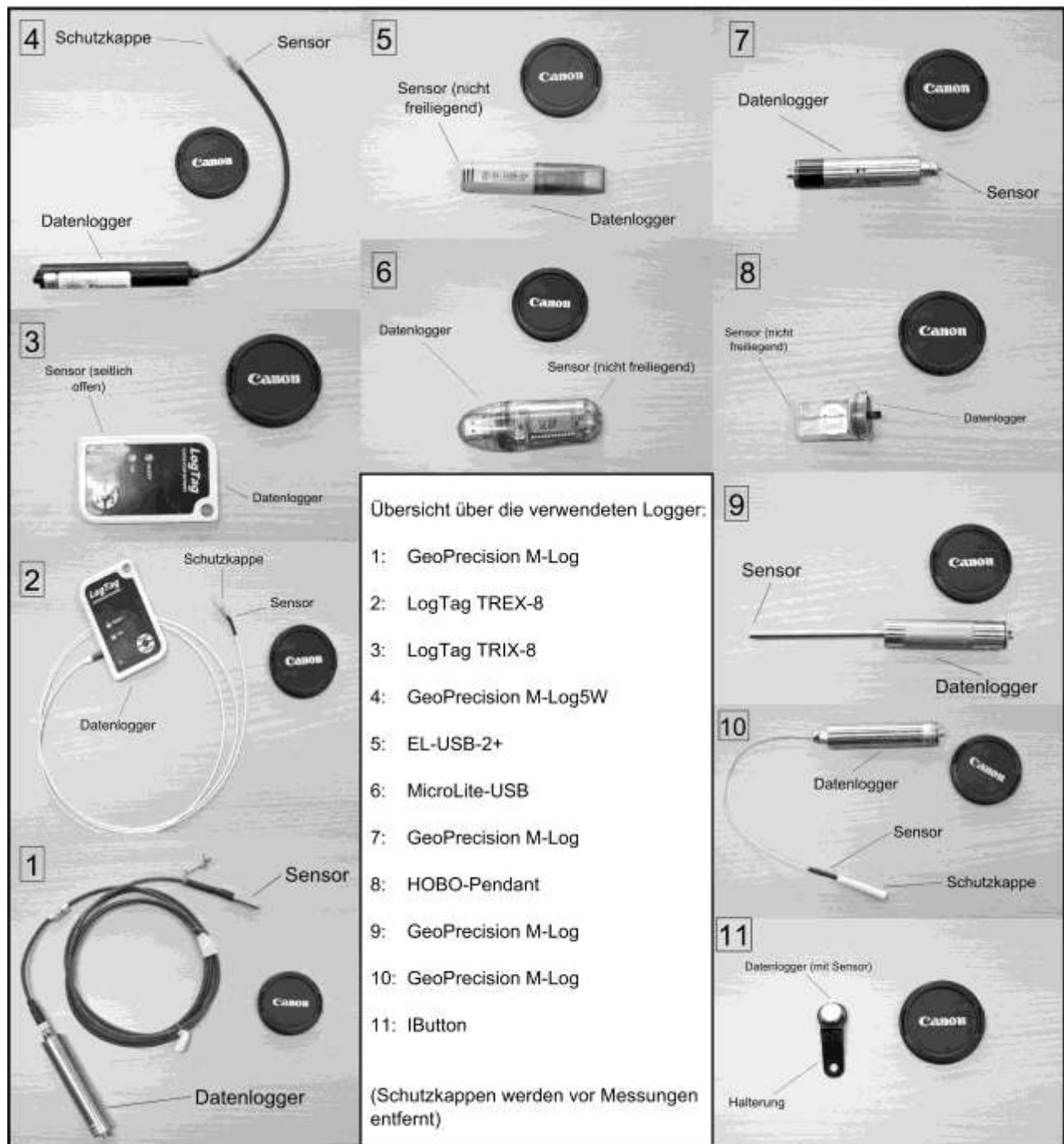


Abb. 1: Übersicht über die verschiedenen Bauarten der Sensoren
 2: unverkapselt,
 3: Sensor direkt am Gerät,
 5: Kunststoffummantelung offen,
 9: Metallummantelung (Stab)
 11: Eindraht-Bus.

Einige günstige Logger haben aber auch eine sehr hohe Auflösung, die mit der Auflösung der teuren Logger vergleichbar ist und ebenfalls im Bereich von 0,1 bis 0,2 K liegt. Bei diesen Loggern war der Temperaturverlauf auch bei geringen Temperaturunterschieden weitaus definierter und Abweichungen waren nur noch von der Reaktionszeit und Genauigkeit der Geräte abhängig.

Es wurde festgestellt, dass das Verhalten der Logger stark von dem erfassten Temperaturbereich abhängig ist. Im Bereich von 4 bis 20 °C lag bei den meisten Geräten das beste Verhalten vor. Mit sinkenden Temperaturen nahmen auch die die Abweichungen zu dem Referenzgerät zu. Bedingt ist dieser Zusammenhang, von der Bauart des Loggers (besonders die des Sensors) und dessen Reaktionszeit. Hierbei spielt besonders die Art

des verwendeten Widerstandes (NTC, Pt, PTC etc.) und die Bauart des Sensors (verkapselt oder unverkapselt, Metall oder Kunststoff) eine Rolle. Gerade bei den Messungen im Kühlschrank und im Tiefkühlschrank wurde dies besonders deutlich. Die Funktionsweise dieser beiden Geräte mit ihren ständigen Temperaturschwankungen, bot die ideale Umgebung um sowohl Genauigkeit und Reaktionszeit zu messen.

Hervorzuheben ist, dass im Tiefkühlbereich kein Logger (teuer und günstig) die tiefen Temperaturspitzen messen konnte, die der Referenzlogger gemessen hat. Bevor die Logger die tieferen Spitzen messen konnten, war der Tiefkühlschrank bereits wieder in einer Aufwärmphase, so dass die Geräte nur noch die Zunahme der Temperatur erfassten ohne das Minimum exakt zu erfassen. Dies wurde auch bei den Messungen in der Klimakammer (3 bis 5 °C) festgestellt. Zu beachten ist aber, dass die Anzahl der Logger, die eine hohe Abweichung in den einzelnen Temperaturspitzen hatten, bei ansteigender Temperatur erwartungsgemäß geringer wird. Bei den Loggern mit unverkapseltem Sensor war eine annähernde Deckung der Temperaturverläufe zum Referenzgerät zu beobachten. Es wurde deutlich, dass ein Teil der Geräte eine sehr niedrige Reaktionszeit hatte. Die Logger mit unverkapseltem Sensor hatten erwartungsgemäß eine deutlich bessere Reaktionszeit, als die verkapselten Logger. Unter den verkapselten Loggern waren aber ebenfalls Unterschiede zu erkennen. Ausschlaggebend sind hier das Material und die Art der Verkapselung.

Zusammenfassend lässt sich bisher sagen, dass es durchaus günstige Logger gibt, die genauso exakt messen und reagieren, wie teure Geräte. Allerdings bekommt man absolute Spitzentechnik leider immer noch nicht umsonst.

Ein weiterer Punkt der Untersuchungen war das Handling der Geräte. Hier galt es zwei Faktoren zu bewerten (die Bewertung ist jedoch subjektiv aufgrund unterschiedlicher Anforderungen seitens der Anwender). Der erste Faktor war das Verhalten der Logger in der praktischen

Anwendung. Da alle Logger den gleichen äußeren Bedingungen ausgesetzt waren, ließen sich hier direkte Vergleiche ziehen. Gerade bei den Geräten ohne oder mit geringer IP-Zertifizierung (ISO 20653) bestand die Befürchtung eines Ausfalls aufgrund der unterschiedlichen Bedingungen bei den Messungen (hohe Luftfeuchtigkeit in der Dechenhöhle, teils tiefe Temperaturen bis zu -20 °C im Tiefkühlschrank). Fast alle Logger (nicht der IButton 6B00, möglicherweise leere Batterie) haben die Messungen überstanden. Da die Bauart (Röhrenform, Kartenform, etc.) und die Widerstandsfähigkeit (Wasserdicht, Staubdicht etc.) der Logger unterschiedlich ist, muss der Anwender für sich entscheiden, an welcher Messstelle welcher Logger auszulegen ist.

Der zweite Faktor waren die Auslese-Programme und -Geräte der Logger. Der Großteil der Logger brauchte ein extra Interface zum Auslesen. Zwei der Logger (EL-USB und MicroLite) konnten direkt per USB-Anschluss an den Computer angeschlossen werden. Die anderen Logger mussten an Auslesegeräte mit unterschiedlichen Übertragungsfunktionen (Funk, Optisch, Kontakt) angeschlossen werden. Die Programme unterscheiden sich in ihrer Benutzerfreundlichkeit nur leicht, die einzige Ausnahme ist hier der OneWireViewer der IButtons umständliche Installation, unübersichtliches Layout, fehlende Einstellungsfunktionen). Das Speichern der Daten erfolgt primär in dem Dateiformat, das von dem Programm voreingestellt ist. Bei allen Softwares konnte man die Daten in ein anderes Format (txt, csv) exportieren. Fast alle Programme (außer OneWireViewer) haben eine sehr intuitive Bedienung, so dass ein schnelles Vorbereiten und Auswerten der Messungen gegeben war.

Danksagung

Ich möchte den Mitarbeitern der Dechenhöhle, die mir ermöglicht haben in der Höhle meine Messungen durchzuführen, meinen Dank aussprechen.