



Private digitale Temperaturmessung im Meteo-Gelände der Sternwarte St. Margarethen 4102 Binningen/BL

Teil 1

Robert Nufer

8. April 2018

Seit zehn Jahren darf ich die Lufttemperatur auf zwei Metern Höhe im Gelände der Sternwarte St. Margarethen digital messen. Die Kollegen des Meteorologischen Vereins der Region Basel [1] (im folgenden Meteo-Verein genannt) haben mir damals die Erlaubnis gegeben, einen kleinen batteriebetriebenen Temperatursensor in einem der beiden Wetterhäuschen zu platzieren. Mit diesem Sensor wird die Temperatur seit dem 12. Januar 2008 alle zwanzig Minuten automatisch gemessen und abgespeichert. Bis zum 31. Dezember 2017 sind so über 270'000 Messpunkte registriert worden.

Als Dankeschön will ich eine Zusammenfassung dieser Messungen Interessierten vorstellen.

Wo und wie wird gemessen?

Das meteorologische Messfeld im Gelände des ehemaligen Astronomischen Instituts Basel ist eine der dem Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz) angeschlossenen Beobachtungsstationen, in welcher meteorologische und weitere Daten erfasst werden. Bis 2009 wurden hier vor allem manuelle und visuelle Ablesungen gemacht. Die seit 1755 in Basel und später in Binningen erhobenen Messungen bilden eine der längsten klimatologischen Messreihen Europas [2].

Nach Möglichkeit werden meteorologische Daten mehr und mehr elektronisch erfasst, aber viele Parameter können nur von geschulten und erfahrenen Beobachtern gemacht werden, um die bodennahe Wettersituation möglichst aussagekräftig zu beschreiben. Dazu gehören unter anderem die Abschätzung des Bewölkungsgrades und der Fernsicht.

Nach der Auflösung des Astronomischen Instituts Basel im Jahr 2007 wurden die automatischen Messgeräte vom Dach des Institutsgebäudes ins sogenannte Messgelände verlegt und von MeteoSchweiz durch zusätzliche Apparaturen ergänzt.

Daneben steht im Gelände auch eine von der EMPA unterhaltene Messstation des Bundesamtes für Umwelt für das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) [3]. Hier werden Feinstaub-, Stickoxid- und Ozonbelastungen sowie Einträge an Schwermetallen gemessen.

So ist aus der Sternwarte ein wissenschaftliches Messfeld geworden. Ein Besuch dieses Feldes kann interessierten Gruppen und Schulen wärmstens empfohlen werden.

Der von mir eingesetzte Temperatursensor befindet sich im nördlicheren der zwei Wetterhäuschen. Selbstverständlich dürfen dadurch die offiziellen Messungen des Meteo-Vereins nicht beeinträchtigt oder gar verfälscht werden.



Bild 1

Teilansicht des Messfeldes in der Sternwarte. Der von mir eingesetzte Temperatursensor befindet sich im Wetterhäuschen rechts der Bildmitte.

Beim Sensor (Bild 2) handelt es sich um einen sogenannten Daten-Logger der Firma Testo Schweiz AG. Das Gerät vom Typ TestoStor 171 kann in regelmässigen Abständen die Temperatur mit einer Auflösung von 0.1 °C sowie die relative Luftfeuchtigkeit messen und intern abspeichern.

Das Aluminium-Gehäuse des Instruments misst 11 x 5.5 x 2 cm. Der runde Aufsatz für die Messfühler hat einen Durchmesser von 2 cm. Das Gerät kann im Prinzip auch die relative Luftfeuchtigkeit messen, aber dazu müsste es regelmässig kalibriert werden, was sehr teuer ist. Deshalb verzichte ich auf jegliche Auswertung der Feuchtigkeitsdaten.

Zu Beginn eines Jahres wird in einem „frischen“ Logger die Batterie ersetzt. Angeschlossen an einen PC wird die Uhr im Logger mit der Mitteleuropäischen Zeit MEZ synchronisiert. Dann wird das Gerät so programmiert, dass alle zwanzig Minuten die Temperatur gemessen wird. Die Speicherkapazität und die Lebensdauer der Batterie würden sogar für fünfzehn Monate reichen. Das so programmierte Gerät wird an seinen Messort im Wetterhäuschen gebracht. Das „alte“ Gerät mit den gespeicherten Daten des ganzen letzten Jahres wird dann herausgenommen und zuhause am PC ausgelesen. Pro Jahr stehen somit $365 \times 72 = 26'280$ Temperatur-Werte zur Verfügung.

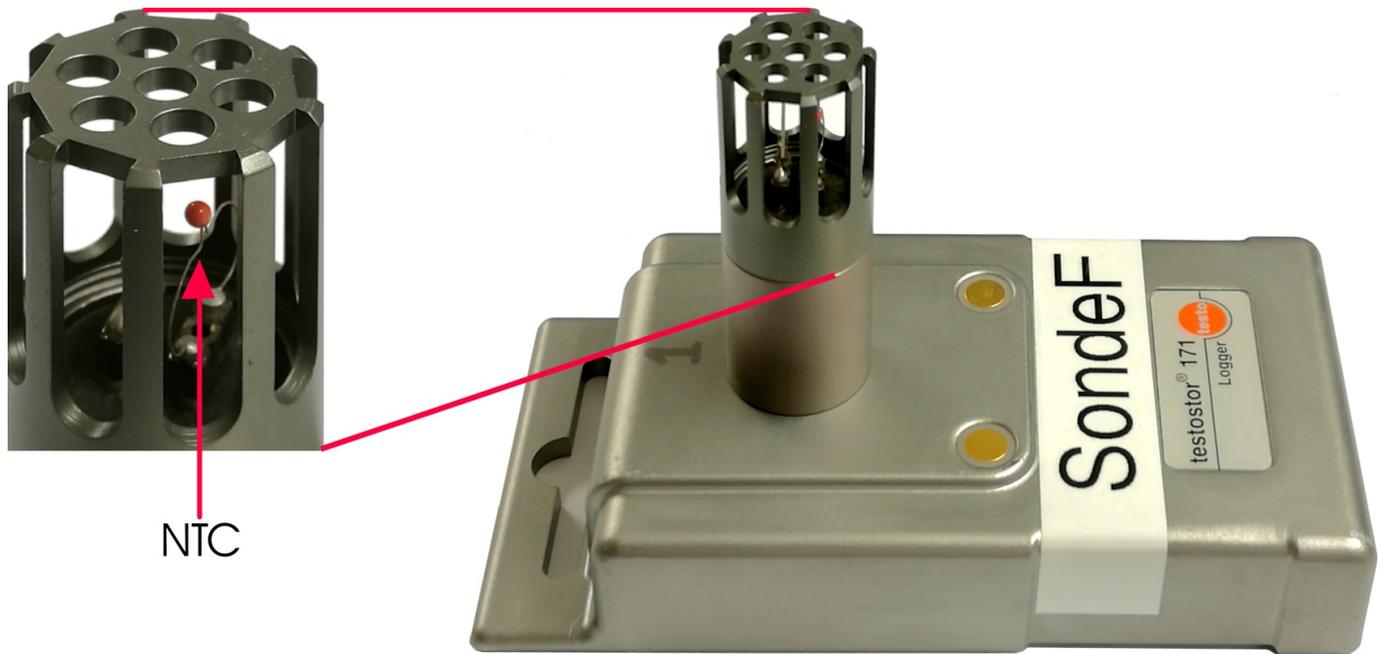


Bild 2

Rechts: Der Daten-Logger TestoStor 171 etwa in Originalgrösse: Die Temperatur wird über einen sogenannten NTC-Widerstand (roter „Knopf“; links) gemessen. Dieses Messprinzip ist praktisch wartungsfrei und braucht über Jahre hinweg keine Kalibrierung. Durch die Kleinheit des Sensors könnten sogar extrem schnelle Temperaturänderungen von 10 °C/Sekunde gemessen werden.

Vergleich der digitalen Temperatur-Messungen mit den Messungen des Meteo-Vereins

Die langjährigen manuellen Temperatur-Ablesungen für die Basler Klimareihe werden nominell um 06:30 Uhr, 12:30 Uhr und 18:30 Uhr MEZ von Mitgliedern des Meteo-Vereins weitergeführt. Aus solchen Werten wird seit über zwei Jahrhunderten mit einer einfachen Formel die [Tagesmittel-Temperatur](#) berechnet:

Tagesmittel (°C) = (Morgenablesung + Mittagablesung + 2*Abendablesung) / 4.

Zusätzlich wird für die Messreihe täglich die Minimal- und Maximaltemperatur abgelesen. Die Lufttemperatur auf zwei Metern Höhe wird von MeteoSchweiz seit einigen Jahren automatisch jede Stunde gemessen, aber diese Daten stehen nicht frei zur Verfügung. Daraus wird seit 1971 das 24-Stunden Tagesmittel errechnet. Um die Temperaturdaten der langen Basler Klimareihe in Zukunft automatisch weiterführen zu können, muss noch über einen gewissen Zeitraum manuell abgelesen werden. Nur so kann ein möglichst nahtloser Übergang (Homogenität) von der alten zur modernen Messmethode erreicht werden.

Die schwarze Messkurve in Bild 3 zeigt für den 30. August 2015 die 72 Punkte meiner digitalen Messreihe. Die drei charakteristischen Werte Minimal-, Maximal- und mittlere Temperatur können selbstverständlich einfach aus den Datenpunkten ermittelt werden.

In diesem Beispiel ist das aus allen 72 digital gemessenen Punkten errechnete Tagesmittel mit 25.9 °C (schwarze horizontale Linie) etwas höher als die vom Meteo-Verein angegebene Temperatur von 25.7 °C. Deshalb will ich hier einige Bemerkungen anbringen, die meteorologisch geschulten Menschen trivial erscheinen mögen, aber aussenstehenden Personen erklärt werden müssen: Beim Interpretieren und Vergleichen von meteorologischen Daten ist gesunder Menschenverstand gefragt. Messwerte dürfen nicht auf die Goldwaage gelegt werden. Wetter ist ein chaotisches Naturphänomen. Unterscheiden sich verschiedene erfasste Messwerte leicht voneinander ist nicht eine Messung richtig und die andere falsch, denn selbst die eine Messung würde anders ausfallen, wenn sie nur hundert Meter weiter entfernt auf einer in weiss blühenden Wiese anstatt in einem gelben Raps- oder Löwenzahnfeld gemacht worden wäre.

Temperaturdaten sind deshalb eher als Anhaltspunkt zu verstehen. Über längere Zeiträume verlieren sich Messunterschiede in der Bedeutungslosigkeit.

Lufttemperatur am 30. August 2015

Sternwarte, 4102 Binningen

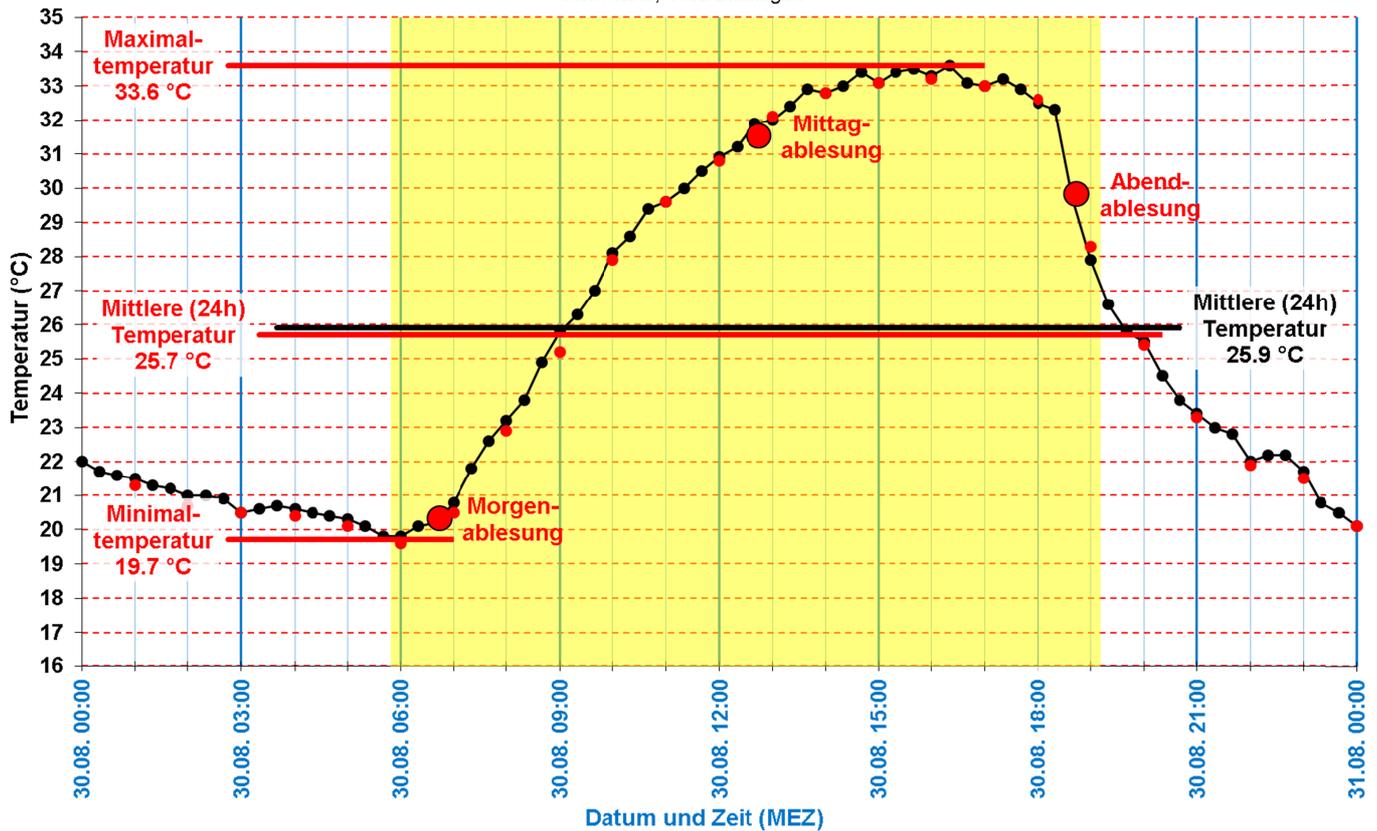


Bild 3

Der 2-Meter Temperaturverlauf am 30. August 2015 als Beispiel. Die Daten der grossen roten Punkte wurden vom Meteo-Verein abgelesen, ebenso die Maximal- und Minimaltemperatur. Sie schwarzen Punkte sind meine 72 digital erfassten 20-Minuten-Werte. Die kleinen roten Punkte sind die automatisch erfassten 1-Stunden-Werte des Meteo-Vereins, die ich freundlicherweise zum Vergleich hier benutzen darf. Während der gelb unterlegten Zeit steht die Sonne über dem Horizont.

Wie gut die vom Meteo-Verein errechneten Tagesmittelwerte aus den 1-Stunden-Werten mit meinen 20-Minuten Werten über einen Monat übereinstimmen, zeigt beispielsweise folgende Liste der Monatsmittel im Monat April der letzten zehn Jahre:

Jahr	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Meteo-Verein	9.2	12.9	11.2	13.4	9.7	10.2	12.2	11.3	9.8	9.9 °C
Nufer	9.1	12.8	11.1	13.4	9.6	10.2	12.2	11.4	9.8	9.9 °C

Vergleich der vom Meteo-Verein gemessenen 1-Stunden-Temperaturen (Monatsmittel) mit meinen digitalen Daten in den Aprilen von 2008 bis 2017.

Die Daten somit als gleichwertig zu betrachten. Als Vorteil der digitalen Messung mit 72 Punkten pro Tag ist natürlich die Möglichkeit, darin schnelle Wetterwechsel (z. B. eine Kaltfront) innerhalb weniger Stunden zu erkennen.

Wird es wärmer?

Wir Menschen neigen dazu, in zeitlichen Abläufen sofort einen Trend zu sehen oder suchen zu wollen. Gerade in der heutigen Zeit, wo das banalste Ereignis irgendwo auf der Welt von allen möglichen Medien breitgeschlagen und ausgeschlachtet werden muss, um überhaupt noch wahrgenommen zu werden, werden wir mit Rekordmeldungen überflutet. Da sind „Wetterrekorde“ keine Ausnahme – ganz im Gegenteil – leider.

Beim Interpretieren von wahrgenommenen zeitlichen Abläufen sofort einen Trend zu erkennen ist natürlich nicht a priori schlecht, sondern eine wunderbare Leistung unseres Gehirns. Ohne diese Fähigkeit ist ein Überleben gar nicht denkbar. Wem es gelungen ist, eine vielbefahrene

Strassenkreuzung schadlos zu überqueren, hat unzählige Sinneseindrücke fehlerfrei interpretiert und erfolgreich die nötigen Schritte – im wahrsten Sinn des Wortes - in die unmittelbare Zukunft extrapoliert, selbst wenn er sich dessen gar nicht bewusst geworden ist. Aber selbst mit jahrelanger Erfahrung und Kenntnis der Alltagssituation an dieser Kreuzung käme es niemandem in den Sinn vorauszusagen, zu welchem Zeitpunkt morgen mit verbundenen Augen die Strasse sicher überquert werden könnte.

Trotz dieser Erkenntnis können wir nicht verhindern, dass uns das Unterbewusstsein je nach Situation in Sekundenbruchteilen eine plausible Extrapolation „unterjubelt“. Man wird mit mir einig sein, dass nach Betrachtung der schwarzen Punkte links die extrapolierte Lage des roten Punktes ganz vernünftig zu sein scheint, selbst wenn man nicht die geringste Kenntnis hat, worum es sich bei den Daten überhaupt handelt. Schon ein kurzer Blick hat genügt, um darin einen linearen Zusammenhang zu errahnen, der dann etwa

zur Position des roten Punktes extrapoliert werden darf. Leider funktioniert das bei Wetterdaten nicht, denn Wetter ist kein linearer, sondern ein chaotischer Prozess, der allenfalls da und dort linear zu sein scheint. Dies soll das folgende Bild erläutern.

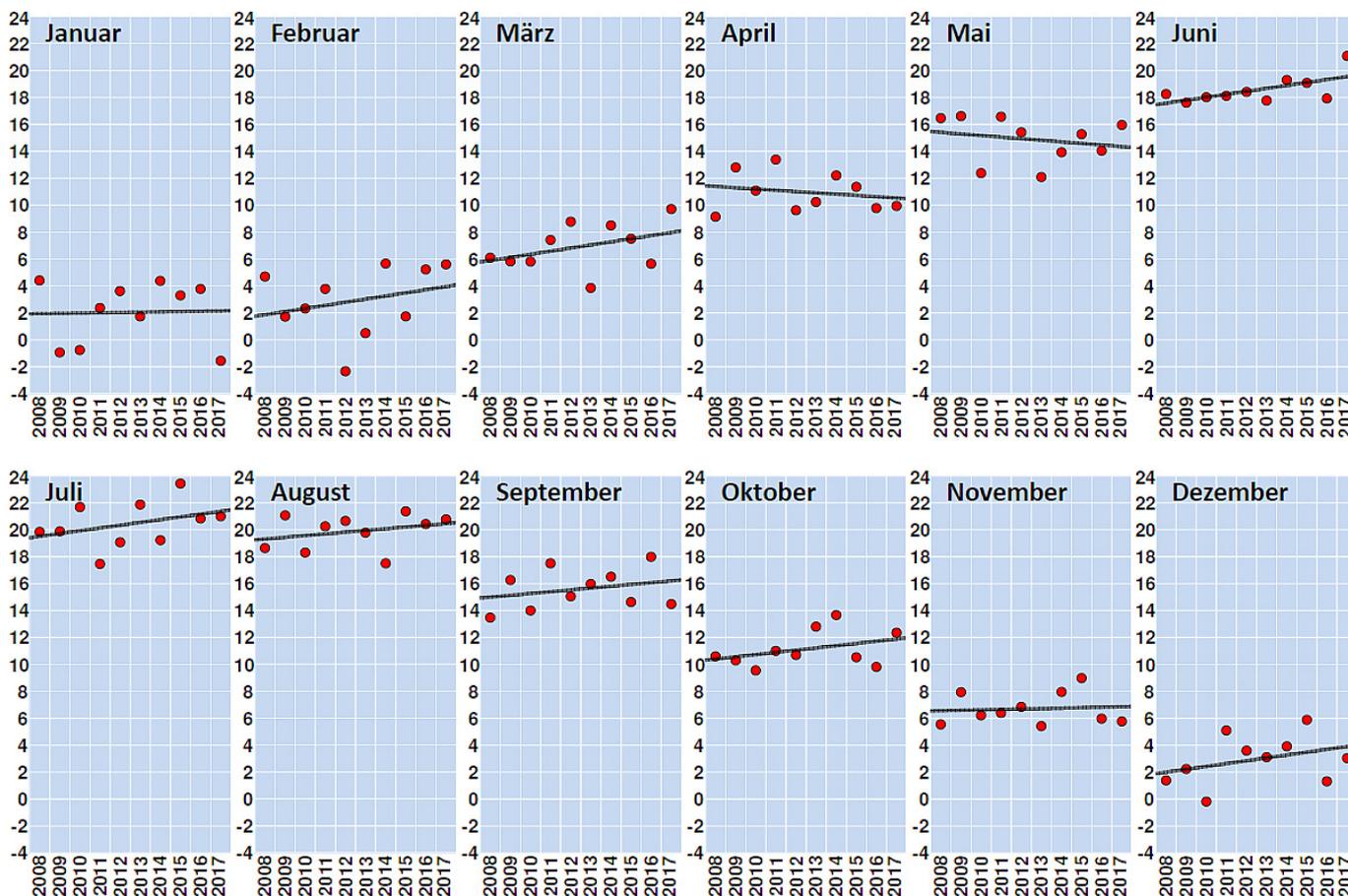


Bild 4
 Aus den digital gemessenen 20-Minuten-Werten berechneten mittlere Monatstemperaturen der Jahre 2008 bis 2017.

Die Monate April und Mai in Bild 4 sind die einzigen, die keinen ansteigenden Trend zeigen. Aber wie wenig von diesen Trendlinien zu halten ist, sei am Monat Januar gezeigt. Hätten die Messungen ein Jahr später begonnen und ein Jahr früher geendet, so würde der Januar den grössten Temperaturanstieg aller Monate zeigen. Dazu verdecke man mit den Fingern einfach den ersten und den letzten Januar-Punkt in Bild 4.

Um es deutlich zu sagen: Zwischen den Begriffen Wetter und Klima besteht ein gewaltiger Unterschied und man darf nicht der Versuchung erliegen, aus einer zehnjährigen Messreihe mit Wetterdaten irgendeinen „klimatischen Trend“ herauslesen zu wollen. Ich bin sicher, dass die

Fachleute bei dieser Aussage mit mir einig sind. Es gibt das englische Sprichwort „Weather is what you get, climate is what you expect“.

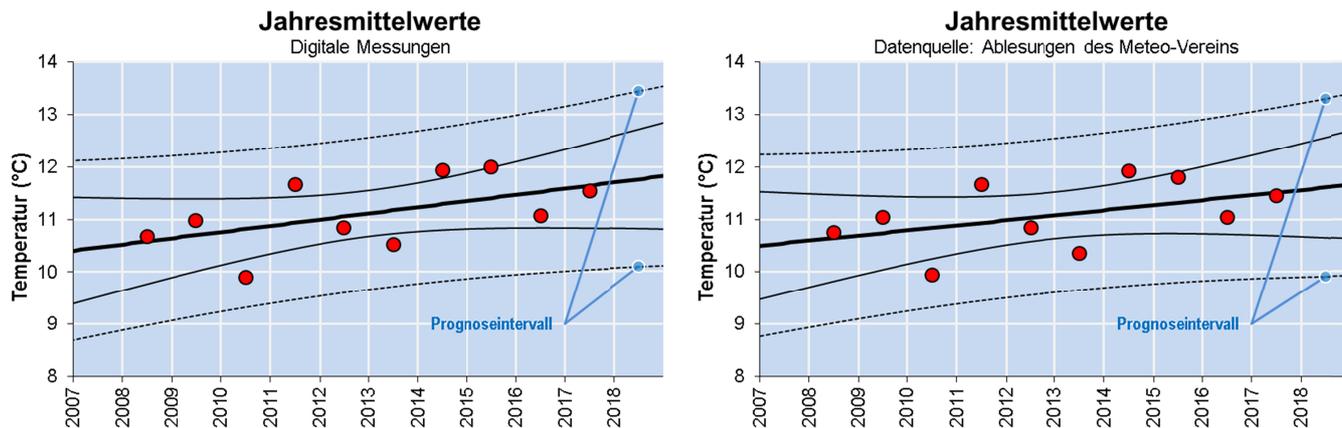


Bild 5

Vergleich der Jahresmittelwerte der Lufttemperatur der Jahre 2008 bis 2017.

Links: Aus meinen 20-Minuten-Werten ermittelt; Rechts: Aus den 1-Stunden-Werten des Meteo-Vereins ermittelt. Wie zu erwarten ist, zeigt sich in diesen Statistiken kein nennenswerter Unterschied.

Insgesamt ist es im Verlauf der letzten zehn Jahre in Binningen etwas wärmer den - könnte man annehmen. Selbst wenn sich das Wetter an einfache ausreisserfreie Statistiken halten würde, könnte aus diesen Daten allenfalls eine Prognose für das Jahresmittel für 2018 zwischen den beiden blauen Punkten gemacht werden.

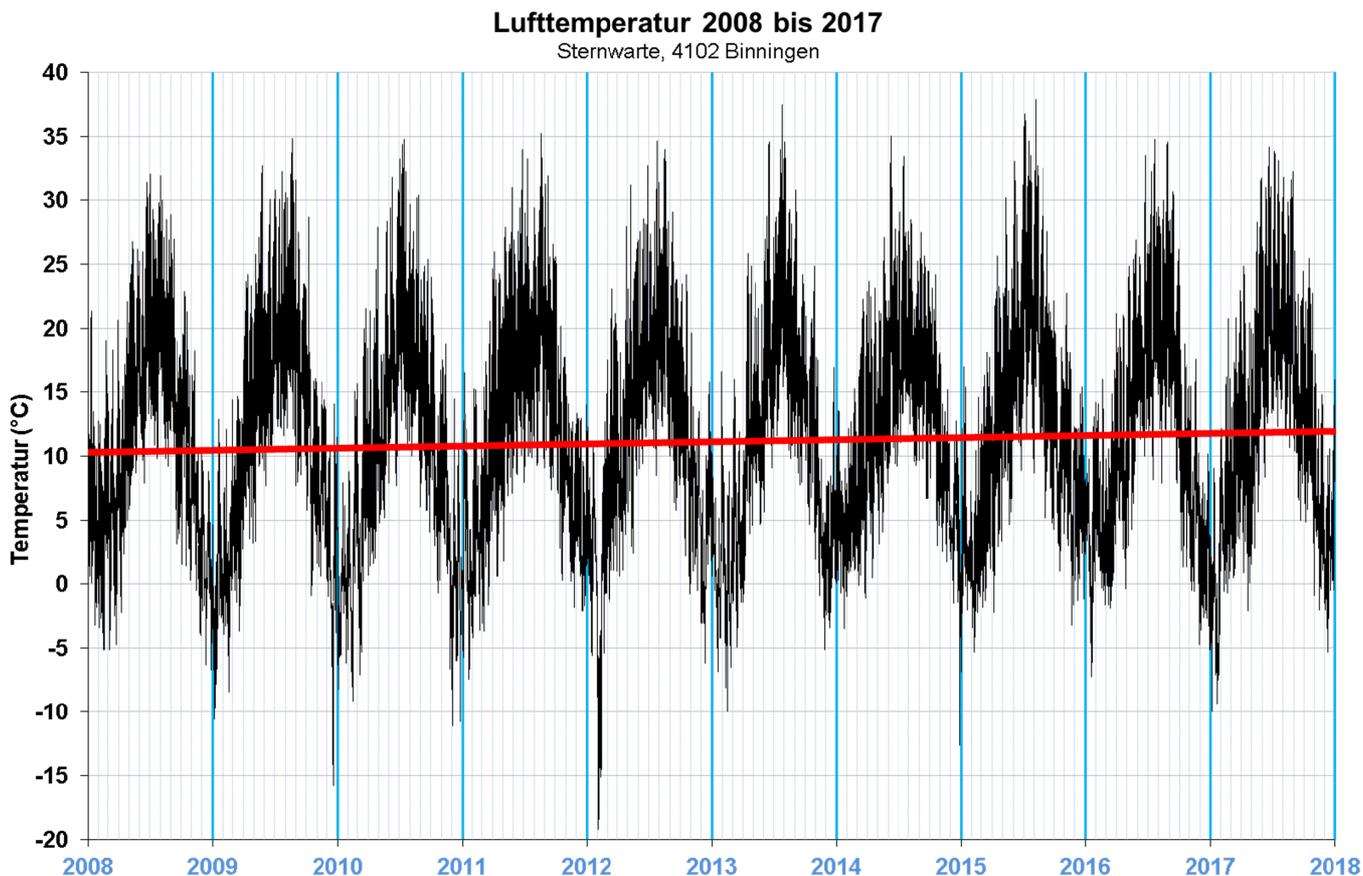


Bild 6

Temperaturverlauf (Spannbreite aller 72 Messpunkte/Tag) auf 2 Meter Höhe während der Jahre 2008 bis 2017.

Bild 6 zeigt für jeden Tag zwischen dem 1. Januar 2008 und dem 31. Dezember 2017 meine digital gemessenen Temperaturen. Die rote Linie ist eine lineare Trendlinie. Nach diesem Trend

hat die mittlere Temperatur in Binningen in diesen zehn Jahren von 10.5 auf 11.7 °C zugenommen. Wie unsicher (oder sogar sinnlos) diese Aussage ist, kann in den kleinen Grafiken in Bild 5 abgelesen werden. Ein einziges kühleres Jahr könnte sogar wieder zu einer „trendmässigen“ Abkühlung führen. Das Jahr 2009 war etwa gleich warm wie das Jahr 2016, und das Jahr 2011 war wärmer als die beiden letzten Jahre 2016 und 2017.

In diesem Teil 1 wurde gezeigt, wie die digitalen Messungen durchgeführt wurden und dass sich diese Messungen nicht signifikant von den manuellen Messungen des Meteo-Vereins unterscheiden. Die Monats- und Jahresmittelwerte wurden dargestellt und die Schwankungen in den Trends erläutert.

In Teil 2 werden unter anderem die Temperaturen innerhalb der einzelnen Tage und deren Schwankungsbreite über Monate und über die zehn Jahre von 2008 bis 2017 diskutiert.

Danksagung

Ich bedanke mich bei den Mitarbeitenden des Meteo-Vereins für die Erlaubnis zur Benutzung von Daten zu Vergleichszwecken. Herrn Max Baumann danke ich für die Temperaturdaten vom 30. August 2015 (Bild 3).

Quellenangaben

- [1] Meteorologischer Verein der Region Basel
Internet: <https://klimabasel.ch>
- [2] Moser Hans-Rudolf; Jahrbuch z'Rieche, 1961 bis heute
Internet: <http://www.riehener-jahrbuch.ch/de/archiv/2000er/2000/zrieche/basler-klimareihe.html>
- [3] Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL)
Internet: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/nationales-beobachtungsnetz-fuer-luftfremdstoffe--nabel-.html>

Der Autor



Robert Nufer, Jahrgang 1957, pensioniert seit 1. Juni 2017, ist Biologie-Laborant und arbeitete während seiner beruflichen Laufbahn bei Wander AG, Sandoz AG und Novartis AG. Sein Arbeitsfeld waren Metabolismus-Studien von Medikamenten in der Entwicklungsphase. Zu den Aufgaben an diesen Studien gehörten nebst der Durchführung von in-vivo und in-vitro-Experimenten die Probenaufarbeitung und Analysen mit verschiedensten Methoden wie Chromatographie (Dünnschicht, HPLC, UPLC) und Spektroskopie (UV, VIS, IR, NMR und MS) sowie die entsprechenden Datenauswertungen. Im Laufe seiner Karriere hat er sich „nebenbei“ Programmierkenntnisse in mehreren Sprachen (BASIC, 6502 Assembler, FORTRAN, Visual-Basic, PASCAL, Excel...) angeeignet und viele Programme geschrieben, die beruflich oder privat eingesetzt werden konnten und immer noch können. Diese Programmier-Kenntnisse setzt er vielseitig in seinem Hobby, der Astronomie, ein. Wer Interesse an **Sonnen-** und **Mondfinsternissen** hat, wird an seinen Windows-Programmen [Flnspektor](#) (Sonnenfinsternisse) und [Llnspektor](#) (Mondfinsternisse) Gefallen finden, die gratis von seiner [Webseite](#) heruntergeladen werden können.