



## Dokumentation von MeteoSchweiz Datenprodukten

# Schweizer Temperaturmittel

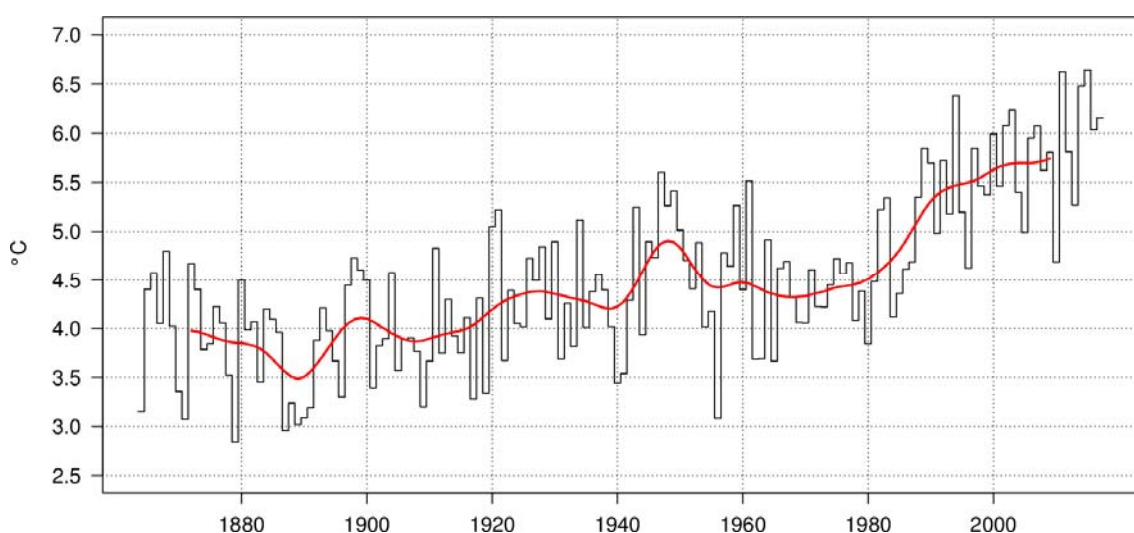


Abbildung 1: Jahreswerte des Schweizer Temperaturmittels von 1864 bis 2017. Eingezeichnet sind die einzelnen Jahreswerte (schwarz) und die mit einem 20-Jahre Tiefpassfilter geglättete Entwicklung (rot).

**Messgrösse** Mittelwert über die gesamte Schweiz des Monatsmittels der Temperatur (in Grad Celsius gemessen auf 2 m über Boden). Aus den Monatswerten werden Mittelwerte verschiedener Perioden (Saisons, Halbjahre, Jahre) gebildet.

**Anwendung** Klimamonitoring, Einordnung von Einzelwerten in die langjährige Entwicklung.

**Überblick** Das Schweizer Temperaturmittel beschreibt die im Mittel über die gesamte Fläche und die verschiedenen Höhenlagen der Schweiz gemessene Temperatur. Die Daten verschiedener Messstationen werden dazu entsprechend ihrer Repräsentativität kombiniert. Das Schweizer Temperaturmittel wird zur Analyse und Kommunikation der langjährigen Temperaturentwicklung in der Schweiz verwendet.

**Daten-  
grundlage** Zur Berechnung des Schweizer Temperaturmittels werden Daten von Messstationen des SwissMetNet verwendet. Das [SwissMetNet](#) umfasst aktuell rund 160 automatische Bodenmessstationen von MeteoSchweiz. Für klimatologische Anwendungen wurden daraus 29 Stationen mit langjährigen Messreihen zurück bis 1864 ausgewählt und im Swiss National Basic Climatological Network (Swiss NBCN; Begert et al., 2007) zusammengefasst. Bei der Auswahl der NBCN-Stationen waren Kriterien wie Länge der Messreihen, räumlich repräsentative Verteilung über der Schweiz und langjährige Verfügbarkeit verschiedener Messgrössen, aber auch Zukunftsaussichten des Standortes und Datenqualität massgebend. Aufgrund von Kompromissen, die bei der Auswahl eingegangen werden mussten, stehen nur von 19 NBCN-Stationen Temperaturmessungen lückenlos seit 1864 zur Verfügung. Aus den homogenen Messreihen dieser 19 Stationen wird das Schweizer Temperaturmittel gebildet. Die Verwendung von homogenen Daten ist im Zusammenhang

mit langjährigen Entwicklungen und Klimamonitoring wichtig. Homogene Messreihen sind von Effekten aus Stationsverschiebungen, Wechsel von Messinstrumenten und anderen Veränderungen in den Messbedingungen bereinigt. Die an der MeteoSchweiz verwendete Methodik der Homogenisierung ist in Begert et al. (2003, 2005) dokumentiert.

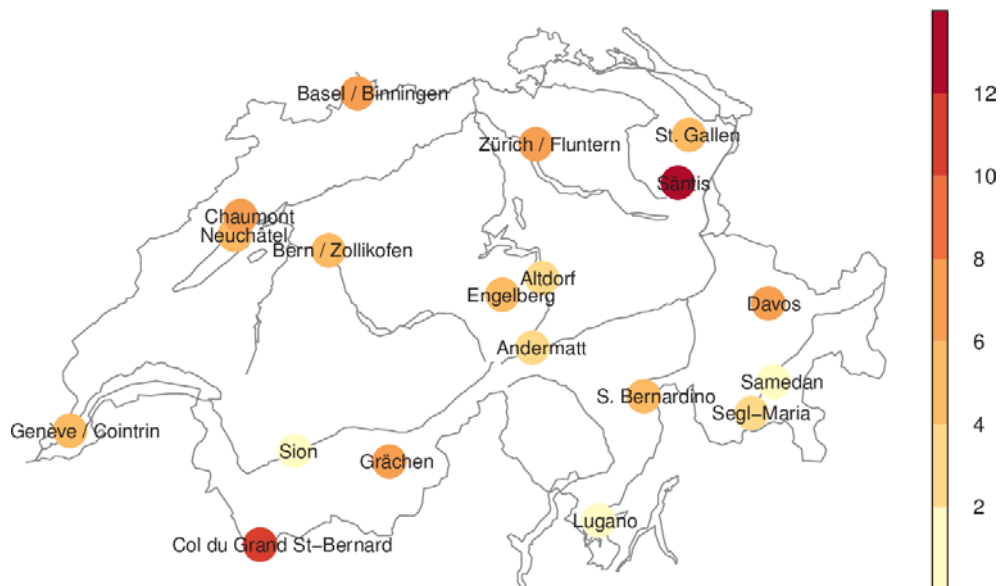


Abbildung 2: Messstationen des Schweizer Klimamessnetzes mit lückenlosen Temperaturmessungen seit 1864 und ihre Gewichtung (in %) im Schweizer Temperaturmittel.

MeteoSchweiz berechnet, auf der Basis der SwissMetNet-Messungen, räumliche Analysen der Temperatur über der Schweiz auf einem Gitter mit 2 km Auflösung. Ab 1981 weisen diese Gitterdaten, aufgrund konstanter und relativ hoher Anzahl von Stationen, eine gleichbleibende und hohe Genauigkeit auf. Die Gitterdaten der monatlichen Mitteltemperatur von 1981-2014 wurden als Referenz zur Kalibrierung einer statistischen Methode verwendet, welche aus den Daten der vorhandenen Messstationen ein räumliches Mittel für die Schweiz schätzt. Die Gitterdaten und die Methodik der Gitterung sind im entsprechenden Produktebeschrieb auf der MeteoSchweiz Website ([www.meteoschweiz.ch](http://www.meteoschweiz.ch)) und in Frei (2014) beschrieben.

## Methode

Das Schweizer Temperaturmittel eines Monats wird mittels einer Linearkombination (gewichtete Mittelung) der Temperaturmessungen an 19 NBCN Stationen geschätzt. Die verwendeten Stationen sowie die Koeffizienten (Gewichte) sind unabhängig von der Zeit. Die Koeffizienten wurden mit den statistischen Methoden der Hauptkomponentenanalyse und der multiplen, linearen Regression ermittelt, wobei die räumlichen Mittelwerte der Temperaturgitter in der Periode 1985 bis 2004 als Referenz (Zielgrösse der linearen Regression) dienten. Um den Einfluss des Jahresgangs zu eliminieren wurde das lineare Modell für die Abweichungen der Temperatur zum Mittelwert der Periode 1981-2010 modelliert.

Mit der Hauptkomponentenanalyse konnte die Kollinearität der erklärenden Variablen (Stationsmessreihen) entfernt und damit die Anzahl der erklärenden Variablen im Regressionsmodell beschränkt werden. Mit der multiplen Regression wurde der lineare Zusammenhang zwischen den zurückbehaltenen Hauptkomponenten und dem Gittermittel bestimmt. Aus den Koeffizienten des Regressionsmodells und den Ladungen der Hauptkomponentenanalyse liessen sich die Gewichte der einzelnen Stationen herleiten. Das Schweizer Temperaturmittel ist ein gewichtetes Mittel von Stationsmessungen, welches dem Gittermittel möglichst nahe kommt.

Die Schweiz gliedert sich in unterschiedliche Klimaregionen. Bezüglich langjähriger

Temperaturentwicklung sind Unterschiede zwischen der Alpennord- und Alpensüdseite sowie in den verschiedenen Höhenlagen interessant. Mit der gleichen Methodik wie für die gesamte Schweiz wurde deshalb auch ein Temperaturmittel für folgende drei Unterregionen gerechnet: Alpennordseite unter 1000 m, Alpennordseite über 1000 m, Alpensüdseite. Die Alpensüdseite schliesst neben dem Kanton Tessin auch die Simplonregion und die Bündner Südtäler mit ein. Für die Unterregionen werden ebenfalls jeweils alle vorhandenen 19 Stationen einbezogen. Bei geringem Einfluss auf eine Unterregion werden die entsprechenden Gewichte sehr klein. Negative Gewichte aufgrund von inversen räumlichen Mustern bei der Temperaturverteilung in der Schweiz sind möglich. Eine detaillierte Beschreibung der Methodik zur Berechnung der Schweizer Temperaturmittels ist in Begert & Frei (2018) veröffentlicht.

**Zielpublikum** Vgl. Anwendung

**Genauigkeit und Interpretation**

Aus der Periode mit verfügbaren, hochaufgelösten Gitterdaten von 1981 bis 2014 wurden nur 20 Jahre dazu verwendet, die Gewichte der Messstationen zu bestimmen. Die restlichen 14 Jahre standen zur Verfügung, um die Genauigkeit des aus den Stationen geschätzten Schweizer Temperaturmittels mit dem räumlichen Mittel aus den Gitterdaten zu vergleichen. Es zeigt sich, dass die Monatswerte des bereitgestellten Schweizer Temperaturmittels um rund  $\pm 0.1$  Grad vom „wahren“ Gittermittel abweichen können (root mean squared error). Im Sommer und bei den Aggregaten (Saison, Halbjahr, Jahr) ist der Fehler tendenziell sogar kleiner.

Die Unsicherheit bei den Mittelwerten der Unterregionen liegt mit einer Ausnahme im gleichen Bereich wie für das Mittel der gesamten Landesfläche. Für den Süden ergeben sich leicht grössere Fehler von rund  $\pm 0.2$  Grad. Auch in den Unterregionen sind die Fehler im Sommer tendenziell kleiner als im Winter.

Die Unterregion Südschweiz beinhaltet hohe Bergregionen (Alpenhauptkamm) und ist deshalb im Mittel kälter als die Nordschweiz unterhalb 1000m. Diese Tatsache gilt es bei der Interpretation des Regionenmittels im Vergleich mit anderen Regionen zu berücksichtigen.

Aufgrund ihrer begrenzten räumlichen Auflösung (2 km) werden in den Gitterdaten kleinräumige Strukturen der Schweizer Topographie wie Berggipfel und kleinere Kaltluftseegebiete nicht erfasst. Dadurch, sowie durch Unsicherheiten der räumlichen Interpolation, können die aus den Gitterdaten ermittelten Temperaturmittel vom tatsächlichen Mittel abweichen. Für die betrachteten, grossen Gebiete (ganze Schweiz und Unterregionen) sind diese Unterschiede vermutlich klein, letztlich aber unklar. Die oben angegebenen Fehler dürften deshalb die tatsächlichen Unsicherheiten leicht unterschätzen.

**Verwandte Produkte**

Auf der MeteoSchweiz Website werden auch Grafiken des Schweizer Niederschlagsmittels gezeigt. Dabei handelt es sich im Moment noch um das ungewichtete Mittel von Stationsdaten auf der Basis von Anomalien zu einer Referenzperiode. Es ist vorgesehen, die Methodik beim Niederschlag analog zu derjenigen der Temperatur zu verfeinern.

Auf der Basis von Gitterdaten ab 1981 und langjährigen Messreihen werden an der MeteoSchweiz hochaufgelöste und langzeit-konsistente Gitterdatensätze der Schweiz zurück bis 1864 rekonstruiert. Die Methodik der verwendeten *reduced space optimal interpolation* ist in Schmidli et al. (2001) und Schiemann et al. (2010) beschreiben. Als Alternative zum vorliegenden Stationsmittel wäre eine Zeitreihe von Gittermitteln dieser Datensätze denkbar. Unsere Vergleiche zeigen, dass die Unterschiede zum hier beschriebenen gewichteten Stationsmittel sehr klein sind.

Der mittlere Unterschied (root mean squared error) liegt für alle Jahreszeiten unter  $\pm 0.1$  Grad.

**Versionen** <http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/schweizer-temperaturmittel/daten-schweizer-temperaturmittel.html>

**Verfügbarkeit** Das Schweizer Temperaturmittel wird in einem Textfile auf der Webseite der MeteoSchweiz publiziert. Der Datensatz ist durch einen DOI (Digital Object Identifier) eindeutig identifiziert. Die Datenreihe wird zu Beginn jedes Monats mit dem Wert des vergangenen Monats ergänzt. Die historischen Werte bleiben dabei grundsätzlich unverändert. Zu Beginn eines neuen Jahres werden bei MeteoSchweiz jedoch die Resultate der Homogenisierungsarbeit offiziellisiert. Dabei ist es möglich, dass historische Werte einer Messstation aufgrund von Anpassungen an neue Messbedingungen verändert werden. Solche Veränderungen manifestieren sich unter Umständen auch im Schweizer Temperaturmittel. In einem solchen Fall erhält der Datensatz einen neuen DOI. Ältere Versionen des Datensatzes sind auf der Website von MeteoSchweiz nach wie vor verfügbar.

**Referenzen**

Begert M, Seiz G, Schlegel T, Musa M, Baudraz G, Moesch M. 2003. Homogenisierung von Klimamessreihen der Schweiz und Bestimmung der Normwerte 1961-1990. Schlussbericht des Projekts NORM90. Veröffentlichung der MeteoSchweiz, 67, 170 p.

Begert M, Schlegel T, Kirchhofer W. 2005. Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. International Journal of Climatology, 25: 65-80. <https://doi.org/10.1002/joc.1118>

Begert M, Seiz G, Foppa N, Schlegel T, Appenzeller C, Müller G. 2007. Die Überführung der klimatologischen Referenzstationen der Schweiz in das Swiss National Basic Climatological Network (Swiss NBCN). Arbeitsberichte der MeteoSchweiz, 215, 43 p.

Begert M, Frei C. 2018. Long-term area-mean temperature series for Switzerland - Combining homogenized station data and high resolution grid data. International Journal of Climatology, 38: 2792-2807. <https://doi.org/10.1002/joc.5460>

Frei C. 2014. Interpolation of temperature in a mountainous region using nonlinear profiles and non-Euclidean distances. International Journal of Climatology, 34: 1585-1605. <https://doi.org/10.1002/joc.3786>

Schiemann R, Liniger MA, Frei C. 2010. Reduced space optimal interpolation of daily rain gauge precipitation in Switzerland. J. Geophys. Res. 115: D14109. <https://doi.org/10.1029/2009JD013047>

Schmidli J, Frei C, Schär C. 2001. Reconstruction of mesoscale precipitation fields from sparse observations in complex terrain. J. Clim. 14: 3289-3306.

September 2018