

# Ansätze zur Homogenisierung der Globalstrahlung in Österreich

Vanessa Seitner<sup>a</sup>, Barbara Chimani<sup>a</sup>, Leopold Haimberger<sup>b</sup>

a) GeoSphere Austria – Department Klima-Folgen-Forschung, Wien  
b) Universität Wien – Institut für Meteorologie und Geophysik, Wien



## 1. Motivation

Im Vergleich zu anderen meteorologischen Parametern wie Temperatur oder Niederschlag wurde der **Homogenisierung der Globalstrahlung** noch **wenig Aufmerksamkeit** geschenkt. Die Globalstrahlung ist als der Teil des Sonnenlichts, welcher auf die Erdoberfläche trifft, eine **wichtige Energiequelle** für das Klimasystem. Strahlungsprozesse sind von großem Interesse, sowohl für den natürlichen, als auch für den anthropogenen Beitrag zum Klimasystem und dessen Veränderungen. Der Strahlungshaushalt der Erde ist ein wichtiger Beitrag für den thermischen Zustand der Landoberfläche, der Ozeane und der Atmosphäre.

Um **Klimaänderungen zu erkennen**, ist es wichtig, **homogenisierte Zeitreihen** zu verwenden.

Gründe für mögliche Inhomogenitäten in Zeitreihen sind zum Beispiel:

- Verlegungen von Stationen
- undokumentierte Kalibrierungsänderungen
- Änderungen im Qualitätskontrollverfahren
- operationelle Messunsicherheiten (geneigte oder verschmutzte Pyranometer)

Damit eine klare Aussage über den aktuellen Zustand und Trends getroffen werden kann, ist es wichtig, Inhomogenitäten, welche nicht den tatsächlichen Zustand widerspiegeln, zu detektieren und bestmöglich zu korrigieren.

## 2. Globalstrahlung

Die Globalstrahlung ist die gesamte kurzwellige Strahlung, die auf eine horizontale Fläche trifft und setzt sich als Summe aus diffuser und direkter Strahlung zusammen. Sie ist abhängig vom Breitengrad, der Tages- und Jahreszeit, der Bewölkung und Trübung der Atmosphäre.

Die Messung der Globalstrahlung erfolgt mit einem Pyranometer. In Österreich wird an 284 Stationen die Globalstrahlung gemessen. An 56 Stationen sind Messreihen von über 30 Jahren vorhanden.

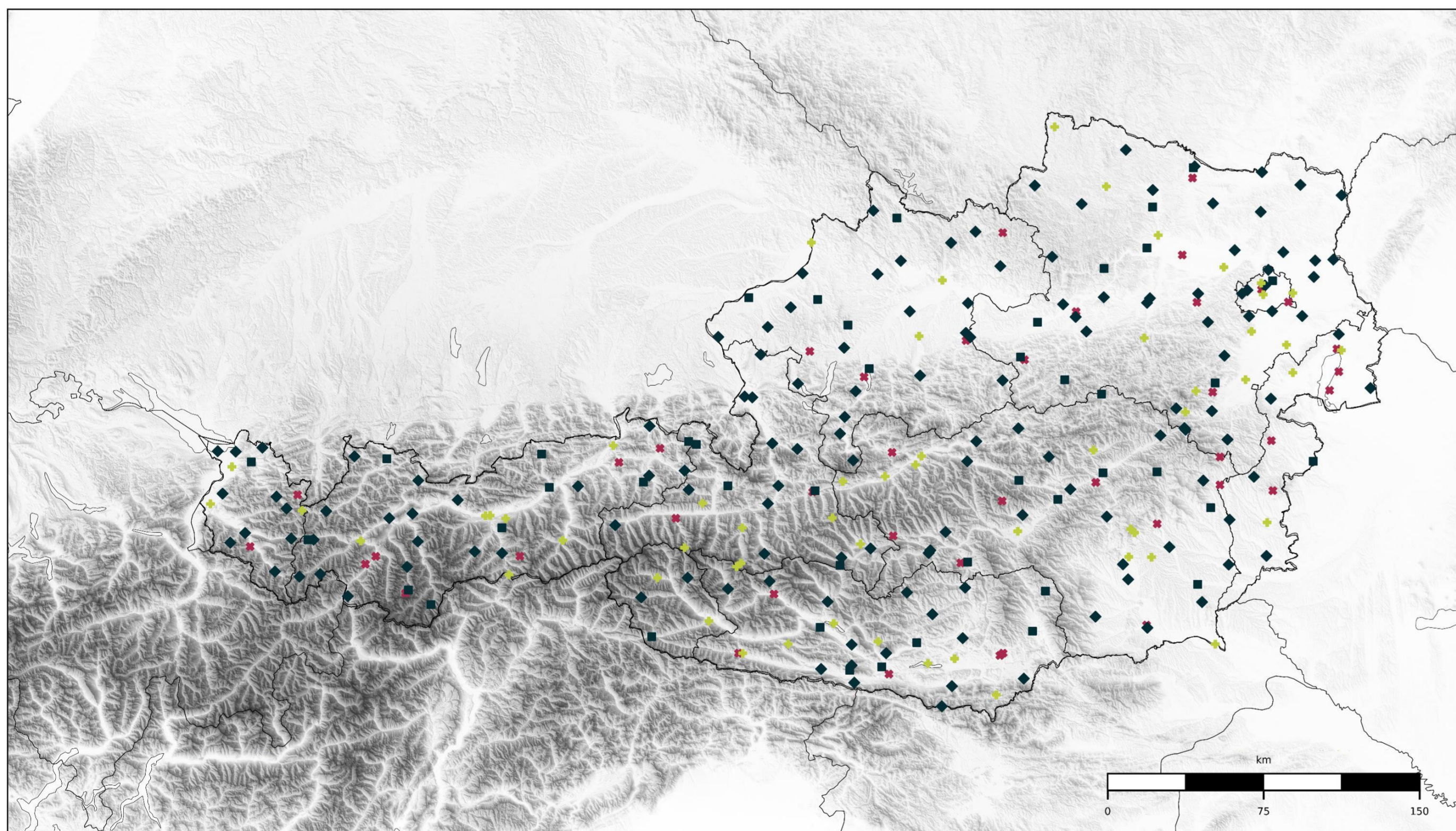


Abb.1: Verteilung der TAWES – Globalstrahlungsmessungen in Österreich. 42 Stationen haben Messreihen von unter 10 Jahren, 141 Stationen weisen eine Messlänge zwischen 10 und 20 Jahren auf, 44 Stationen zwischen 20 und 30 Jahren und 56 Stationen messen die Globalstrahlung seit über 30 Jahren. (Hinweis: Das bedeutet nicht, dass es sich um durchgängige Zeitreihen handelt.)

## 3. Homogenisierung

Datenverfügbarkeit

- Welche Stationen?
- Länge der Zeitreihen?
- Metadaten

Testen auf Homogenität

- Welche Referenzstation(en)?  
hoch korrelierte Nachbarstation, Mittel aus hoch korrelierten Nachbarstationen, Reanalysen (z.B. ERA5-Land)
- Welche Testmethode(n)?  
Standard Normal Homogeneity Test (SNHT), Pettitt's Test, python ruptures, Machine Learning Methoden, ...

Korrektur von Inhomogenitäten

- Welche Korrekturmethode?  
tägliche Anpassungen abgeleitet aus Monatskorrekturen, von Messdaten abhängige Korrekturen
- Überprüfen der Korrektur  
Zeitreihe homogen? Trends richtig wiedergegeben?

## 4. Beispiel - Station Fischbach

Eine an der GeoSphere Austria häufig verwendete Methode zur Homogenisierung ist die Software ACMANT. Hierbei übergibt man ein Netzwerk aus mindestens vier Messstationen und erhält als Ergebnis fertig homogenisierte Zeitreihen. Ein Vorteil dieser Methode ist, dass die Homogenisierung schnell abgeschlossen ist. Der größte Nachteil ist, dass in die Prozedur nicht eingegriffen werden kann („Blackbox“). Zudem stellte sich beim Testen dieser Methode für die Globalstrahlung heraus, dass bei Zeitreihen, welche eindeutig Bruchstellen enthalten, ACMANT diese nicht detektiert und somit auch nicht korrigiert. In Abbildung 2 ist die Monatszeitreihe der Station Fischbach dargestellt. Für diese Station konnte ACMANT keine Bruchstelle identifizieren, wobei hier aber eindeutig zwei Bruchstellen (senkrechte rote Linien) vorhanden sind, denn die Stationen im Umkreis verzeichnen in diesem Bereich keine Inhomogenität.

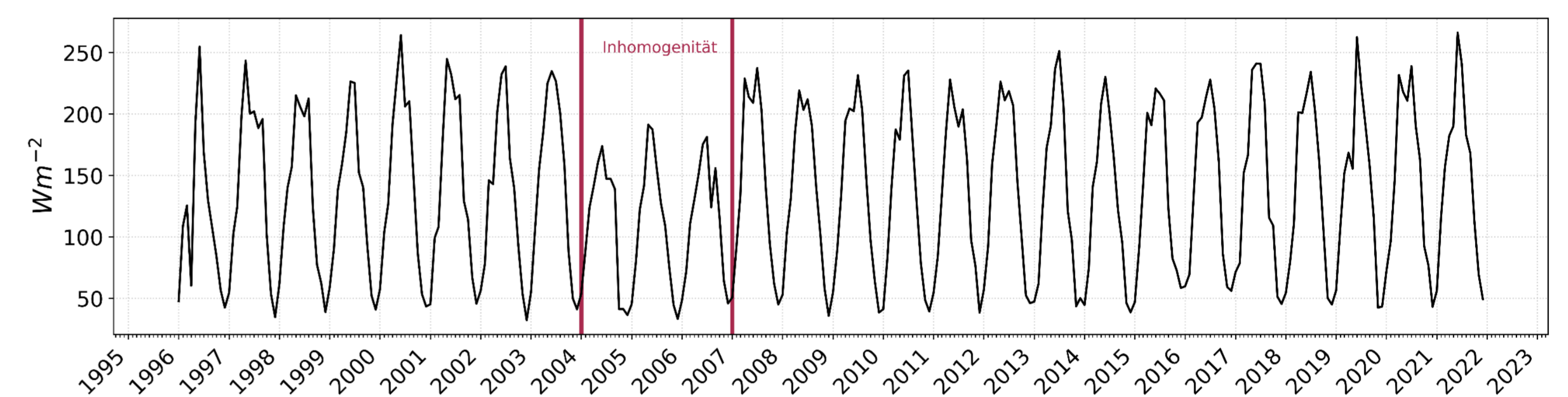


Abb.2: Monatsmittel der Globalstrahlung für die Station Fischbach. Die roten senkrechten Linien stellen Bruchpunkte dar, der Bereich zwischen den Bruchpunkten wird als Inhomogenität bezeichnet.

Eine Methode wie Bruchpunkte detektiert werden können ist der sogenannte Standard Normal Homogeneity Test (SNHT). Dieser Test kann sprunghafte Änderungen des Mittelwertes einer Zeitreihe erkennen. Dazu werden die Anomaliezeitreihe von benachbarten Stationen gebildet. Von den Zeitreihen wird die Differenz gebildet und diese dann auf Homogenität getestet. In Abbildung 3 ist die Anomaliedifferenzzeitreihe von Fischbach und der dazu höchst korrelierten Referenzstation Semmering dargestellt. In grün ist das Ergebnis des SNHT für ein gleitendes Zeitfenster von 24 Monaten eingezeichnet. Hierbei zeigen die Maxima der Statistik die Punkte an, an denen sich das Verhalten der Zeitreihe ändert.



Abb.3: Differenz der Anomaliezeitreihen der Station Fischbach und Semmering. Dort wo die Bruchpunkte liegen sind auch die Maxima der Teststatistik zu verzeichnen, was auf Bruchstellen schließen lässt.

Es gibt verschiedene Methoden um Bruchpunkte zu detektieren. Der SNHT angewandt auf ein gleitendes Zeitfenster ist eine Methode, die sehr gut funktioniert. Es wurden auch andere Methoden wie der Pettitt Test oder das python package ruptures getestet. In Zukunft wird auch an einer Methode mit Machine Learning Ansätzen gearbeitet.

Hat man die Bruchstellen gefunden, ist der nächste Schritt das Testen unterschiedlicher Methoden um die Inhomogenitäten zu korrigieren. Wurde auf die Zeitreihe eine Korrektur angewandt, wird diese erneut überprüft um zu sehen, ob die Korrektur der Bruchpunkte zu einer homogenen Zeitreihe geführt hat. Hierbei wird darauf geachtet, dass die langfristige Entwicklung (wie Trends) korrekt wiedergegeben wird.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Der Zuge dieses Posters werden Informationen zur Globalstrahlungsmessung in Österreich gezeigt und auf die Bruchdetektion in Zeitreihen eingegangen. Die Schwierigkeit liegt darin, eine Methode zu finden, die für alle Stationen mit Inhomogenitäten gut funktioniert. In Zukunft wird eine klassische Methode angewandt und eine Machine Learning Methode zur Bruchdetektion ebenfalls getestet. Zusätzlich wird der Fokus auf die Korrektur der Inhomogenitäten gelegt. Die homogenisierten Globalstrahlungsdaten werden nach der Fertigstellung über das GeoSphere Austria Datenportal frei zugänglich sein.

### Quellen

- Alexanderson (1986): A homogeneity test applied on precipitation data
- Domonkos (2021): ACMANT v4 – Scientific content and operation of the software
- IPCC (2021): [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf)
- Kulesza and Bojanowski (2021): Homogenization of incoming solar radiation measurements over Poland with satellite and climate reanalysis data
- Mestre et al. (2011): A method for Homogenization of daily temperature observations. Journal of Applied Meteorology and Climatology
- Ribeiro et al. (2016): Review and discussion of homogenization methods for climate data
- Vincent et al. (2002): Homogenization of daily temperatures over Canada
- WMO (online 2020): Climate data homogenization. <https://community.wmo.int/climate-data-homogenization>