

# Klimatische Entwicklungen in Bremen am Beispiel von Langzeit-Lufttemperatur- veränderungen Teil I: Heizperiode (Oktober bis April)

Entstanden im Kontext des Verbundvorhabens  
Wärmewende Nordwest: Digitalisierung zur Umsetzung  
von Wärmewende- und Mehrwertanwendungen für  
Gebäude, Campus, Quartiere und Kommunen im  
Nordwesten (FKZ: 03SF0624H), Teilprojekt: Potentiale  
für eine stadtweite und quartiersbezogene  
Transformation der Wärmeversorgung

## Impressum

Klimatische Entwicklungen in Bremen am Beispiel von Langzeit-Lufttemperaturveränderungen  
Teil I: Heizperiode (Oktober bis April)

Entstanden im Kontext des Verbundvorhabens **Wärmewende Nordwest**: Digitalisierung zur Umsetzung von Wärmewende- und Mehrwertanwendungen für Gebäude, Campus, Quartiere und Kommunen im Nordwesten (FKZ: 03SF0624H), Teilprojekt: Potentiale für eine stadtweite und quartiersbezogene Transformation der Wärmeversorgung

### Zitiervorschlag:

Schwarz, T. (2023): Klimatische Entwicklungen in Bremen am Beispiel von Langzeit-Lufttemperaturveränderungen Teil I: Heizperiode (Oktober bis April), DOI: [10.26092/elib/2402](https://doi.org/10.26092/elib/2402)



GEFÖRDERT VOM



# Inhalt

1	Klimatische Veränderungen in Bremen (Lufttemperatur).....	4
2	Meteorologische Grundlagen, Daten und Methoden .....	5
3	Ergebnisse .....	7
4	Diskussion und Ausblick .....	12
5	Literatur .....	13
	Anhang .....	14

## Abbildungen

Abbildung 1: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Heizperioden in den Jahren 1900 bis 2022 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	7
Abbildung 2: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Heizperioden in den Jahren 1900 bis 1985 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	8
Abbildung 3: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Heizperioden in den Jahren 1983 bis 2022 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	8
Abbildung 4: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Heizperioden in den Jahren 1953 bis 1982 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	9
Abbildung 5: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Heizperioden in den Jahren 1993 bis 2022 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	9
Abbildung 6: Streuungsdiagramm (Boxplots) der 30-jährigen Vergleichsperioden 1953 bis 1982 und 1993 bis 2022; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	10

## Tabellen

Tabelle 1: Ergebnisse des t-Tests zum Vergleich der Mittelwerte der Heizperioden im Zeitraum 1953 bis 1982 und 1993 bis 2022; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	11
Tabelle 2: Zwei-Strichproben F-Test zur Prüfung der Voraussetzungen zur t-Test Durchführung; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	14
Tabelle 3: Daten (30-jährige Mittel der Heizperioden in Bremen) der Vergleichszeiträume für den t-Test; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	14
Tabelle 4: Bereits nach gewichtetem Wert der Einzelmonate errechnete Mittelwerte der jeweiligen Heizperioden (01. Oktober des genannten Jahres bis 30. April des Folgejahres) für Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	15

# Klimatische Entwicklungen in Bremen am Beispiel von Langzeit-Lufttemperaturveränderungen – Teil I: Heizperiode (Oktober bis April)

## 1 Klimatische Veränderungen in Bremen (Lufttemperatur)

Die nachfolgende Arbeit entstand im Kontext des Forschungsverbundvorhabens [Wärmewende Nordwest](#).

Wie in der Gesamtvorhabenbeschreibung des Forschungsprojektes aufgeführt, muss „für ein Projekt zur Wärmesanierung inklusive der Erneuerung von Wärmesystemen die Auslegung möglichst optimal bestimmt werden, [...] [um] klimafreundlichere Wärmelösungen realisieren zu können“ (OFFIS e.V., 2021, S. 24). Ökonomisch und ökologisch optimale Wärmeversorgungsmöglichkeiten hängen nicht nur von technischen Faktoren, sondern auch von den natürlichen Umgebungsbedingungen (der Umwelt) ab. Auf technischer Seite des Transformationsprozesses ist „im Rahmen der Aktivitäten zur Erreichung der Klimaziele mit Sanierung und Erhöhung der Dämmstandards zu rechnen [...]. Über die zu erwartende Betriebszeit einer Fernwärmeleitung von über 40 Jahren ist daher [...] von einem reduzierten Wärmebedarf gegen Ende der Betriebszeit zu rechnen“ (OFFIS e.V., 2021, S. 21). Vergleichbar könnten sich externe Faktoren wie z. B. klimatische Veränderungen (Veränderung der Durchschnittstemperaturen der Außenluft) auswirken. Anlagen zur Beheizung von Gebäuden könnten im Idealfall künftig auch zum Kühlen im Sommer verwendet und schon jetzt hierauf ausgelegt werden, um die Resilienz urbaner Räume zu erhöhen bzw. die Auswirkungen des Klimawandels zu mitigieren. Im Gegenzug ist evtl. im Winter mit durchschnittlich weniger starkem Heizbedarf zu rechnen, falls in Zukunft weniger Frosttage und allgemein Tiefsttemperaturen zu erwarten sind. Eine entsprechende Dimensionierung / Betriebsauslegung dürfte sinnvoll sein und erfordert Kenntnisse der klimatologisch zu erwartenden Randbedingungen.

Im durch die Hochschule Bremen zu bearbeitenden Teilprojekt wurde explizit die Stadt Bremen als Beispiel herausgegriffen. Deshalb wird zur Einordnung der grundsätzlichen klimatischen Rahmenbedingungen an dieser Stelle ein Exkurs in den klimatischen Istzustand vorgenommen und anhand der Entwicklungen der vergangenen Jahre ein Ausblick eines möglichen Trends der Temperaturen für Bremen (Stadt) gegeben. Im Fokus steht dabei die mögliche Veränderung der Durchschnittstemperaturen während der Heizperiode sowie der Sommermonate. Ein noch auszuarbeitender Teil II dieser Schrift wird die Sommerperiode näher untersuchen, während die vorliegende Arbeit sich der Betrachtung der Heizperiode widmet.

Hierzu beschreibt Kapitel 2 meteorologische Grundlagen sowie die verwendete Methodik und Daten. Kapitel 3 stellt die Ergebnisse vor. Diese werden abschließend in Kapitel 4 eingeordnet und diskutiert.

## 2 Meteorologische Grundlagen, Daten und Methoden

### Grundbegriffe und Einordnung

Der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) zufolge „beschreibt Klima die durchschnittlichen Wetterbedingungen für einen bestimmten Ort über einen längeren Zeitraum“ (WMO, 2022, eigene Übersetzung).

In Bremen (sowohl Stadtgemeinde Bremen als auch Bremerhaven) herrscht gemäß der „[t]hermoklimatische[n] Typisierung nach der Lufttemperatur-Jahresschwankung“ (Endlicher & Hendl, 2003, S. 33) sog. maritimes Klima (vgl. ebd. und DWD, 2018, S. 18).

Bremen und Bremerhaven verzeichneten von 1881 bis 2016 einen Anstieg des Jahresmittels der Lufttemperatur von 1,3 K (DWD, 2018, S. 16). Durch das Messnetz und die frei verfügbaren Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) lassen sich langjährige Zeitreihen klimatisch relevanter Parameter für Stationen in Deutschland untersuchen.

### Verwendete Daten und Datenaufbereitung

Für eine Betrachtung des Stadtgebiets Bremen wurden die Monatswerte der Station Bremen (ID=691) als historischer Datensatz mit Stand 10. Mai 2023 sowie die aktuellsten Daten mit Stand 09. Juli 2023 vom DWD (2023) bezogen.

Die vorhandenen, historischen Daten weisen unterschiedliche, mögliche Qualitätsniveaus auf. Gemäß der Datensatzbeschreibung des DWD, können „Daten vor und bis einschließlich 1980 [...] als höchstes Qualitätsniveau QN=5 erreichen. Für Daten nach 1980 ist das höchstmögliche Qualitätsniveau QN=10“ (DWD, 2022, S. 2).

Die nachfolgend verwendeten Daten weisen im Zeitraum von 1900 bis 1980 das Qualitätsniveau „QN = 5 : historische, subjektive Verfahren“ (ebd.) auf. Von 01.01.1981 bis 30.04.2021 entsprechen die Daten dem Niveau „QN = 10 : Qualitätsprüfung und Korrektur beendet“ (ebd.). Die aktuellsten Monatswerte ab 01.05.2021 entsprechen lediglich „QN = 3 : automatische Prüfung und Korrektur“ (ebd.) und ab 01.04.2023 „QN = 1 : nur formale Prüfung“ (ebd.).

Für eine exaktere wissenschaftliche Auswertung wären hier also ggf. aktuell geprüfte Datensätze des DWDs erneut heranzuziehen, nachdem entsprechende Qualitätsprüfungen durchgeführt worden sind und die Daten durchgängig auf QN = 10 vorliegen.

Die als Download erhaltenen Datensätze liegen als Textdokument (.txt) im CSV-Stil (comma-separated values) vor und können in Tabellenkalkulationsprogramme wie Microsoft Excel importiert werden.

Für die weitere Auswertung sind gemäß Datensatzbeschreibung die Temperaturdaten der Spalte „MO\_TT Monatsmittel der Lufttemperatur in 2 m Höhe Einheit °C Typ NUMBER“ (DWD, 2022, S. 2) relevant und werden entsprechend mit den zugehörigen Monats- und Jahresangaben verwendet. Die Werte müssen ggf. durch den Faktor 100 geteilt werden, um korrekte Angaben in °C zu erhalten, da die mit zwei Kommastellen vorhandenen Temperaturangaben im CSV-Stil nach dem Excel-Import (Punkt „.“ anstelle eines Kommas „,” im Datensatz) sonst evtl. falsch sind.

Im Hinblick auf die eingangs beschriebene Fragestellung werden für die weitere Betrachtung die monatlichen Temperaturwerte einer jeden Heizperiode ermittelt. Im Gegensatz zum meteorologischen Winter wurde die sog. Heizperiode ausgewählt, da dies zum Gesamtvorhaben (Wärmewende Nordwest) passt und die üblichen Gegebenheiten (Zeitraum mit kühleren Außentemperaturen, die i. d. R. Heizungsbetrieb notwendig machen) abbildet. Die Heizperiode ist allerdings nicht gesetzlich geregelt, sondern indirekt durch die Rechtsprechung und übliche Vertragsgestaltungen im Mietrecht festgelegt (vgl. Wrobel, 2023 und JuraForum.de, 2023). Sie beginnt am 01. Oktober und endet am 30. April des Folgejahres.

### Exkurs:

Für die Betrachtung evtl. steigender Sommertemperaturen werden in Teil II der Ausarbeitung die Monate Juni bis August ausgewählt, entsprechend der Definition des sog. meteorologischen Sommers. „Die Jahreszeiten beginnen für die Meteorologen immer am 01. desjenigen Monats, in welchem astronomisch deren Beginn liegt. Die Jahreszeiten dauern damit immer 3 komplette Monate. Dies wird gemacht, da für die klimatologische[n] Auswertungen nur Daten über die einzelnen Monate vorliegen (zum Beispiel Monatsmittel, Monatssummen, Monatsabweichungen, Extremwerte)“ (DWD, 2020).

In beiden Fällen werden aus den Monatswerten der jeweils zu betrachtenden Zeitreihen (Heizperiode bzw. Sommermonate) per Excel-Funktion gewichtete Mittelwerte gebildet. Dies hat den Hintergrund, Werte von Monaten mit weniger Tagen (bspw. Februar) gegenüber Monaten mit mehr Tagen (z. B. Dezember) nicht überrepräsentiert einfließen zu lassen. Hierbei werden über die Datumsfunktion von Excel auch Schaltjahre für die Gewichtungsfaktor-Zuweisung aller Monate korrekt berücksichtigt.

Die Ergebnisse werden wieder auf 2 Nachkommastellen gerundet, um keine Pseudogenauigkeiten zu erzeugen.

### Statistische Auswertung

Mit den entsprechend vorbereiteten Daten kann deren Analyse und statistische Auswertung erfolgen. Für einen ersten Überblick bietet es sich an, die Temperaturen als Liniendiagramme im zeitlichen Verlauf abzubilden (da reine Punktwolken schlecht lesbar sind). Die entsprechenden Zeitreihen sind zu Beginn von Kapitel 3 dargestellt. Für die weitere Untersuchung ist die Zeitreihenanalyse über Zeitreihenzerlegung, lineare Regression (zur Trendbestimmung) sowie ein Zeitscheibenvergleich (Mittelwerte, Variabilität) geeignet (vgl. CSC, 2012, S. 55–62 und Hennemuth et al., 2013, S. 36–37).

Hierüber können bereits bestimmte Auffälligkeiten dargestellt und unter den gewählten Zeitreihen sowie gegenüber dem Gesamtzeitraum verglichen werden.

Um die Aussagekraft der Erkenntnisse zu verstärken, wird für die gewählten Vergleichszeiträume der sog. Student's t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt (vgl. Mamun et al., 2015, S. 3–4 und Decremer et al., 2022, S. 9–10). Hiermit soll festgestellt werden, ob sich die Mittelwerte zweier unabhängiger Stichproben signifikant unterscheiden. Obwohl es sich um den gleichen Messstandort handelt, sind die Werte einer Stichprobe unabhängig (nicht gepaart) von der anderen Stichprobe zu sehen (bspw. haben die Werte der Lufttemperatur im Sommermonat Juni 1953 keinen erkennbaren Einfluss auf die Werte des Sommermonats Juni 1983). Als Signifikanztest ist der ungepaarte t-Test für die vorgesehene Bewertung grundsätzlich geeignet.

Die Fragestellung lautet: Gibt es einen zeitlichen Einfluss (z. B. über Effekte des stattfindenden Klimawandels) auf die ermittelten Durchschnittstemperaturen (durchschnittliche Lufttemperatur während der Heizperiode) 30-jähriger Untersuchungszeiträume?

**Nullhypothese  $H_0$ :** Die Mittelwerte (Lufttemperatur) der Zeiträume sind gleich.

**Alternativhypothese  $H_1$ :** Die Mittelwerte (Lufttemperatur) der Zeiträume unterscheiden sich signifikant.

Der ungepaarte t-Test wird mittels Datenanalyse-Funktion in Excel durchgeführt. Für den sog. Zweistichproben t-Test werden ungefähr gleiche Varianzen angenommen. Dies wird durch den Levene-Test bestätigt (die errechnete Teststatistik der Division beider Varianzen ist kleiner als der kritische Wert der F-Verteilung; Durchführung Zwei-Stichproben F-Test in Excel). Das Signifikanzniveau wird mit  $\alpha = 0,01$  festgelegt.

### 3 Ergebnisse

Nachfolgend sind die Ergebnisse der in Kapitel 2 beschriebenen Arbeitsschritte als in Excel erstellte Diagramme zu sehen. Die verwendeten Daten befinden sich auszugsweise als Tabellen im Anhang.

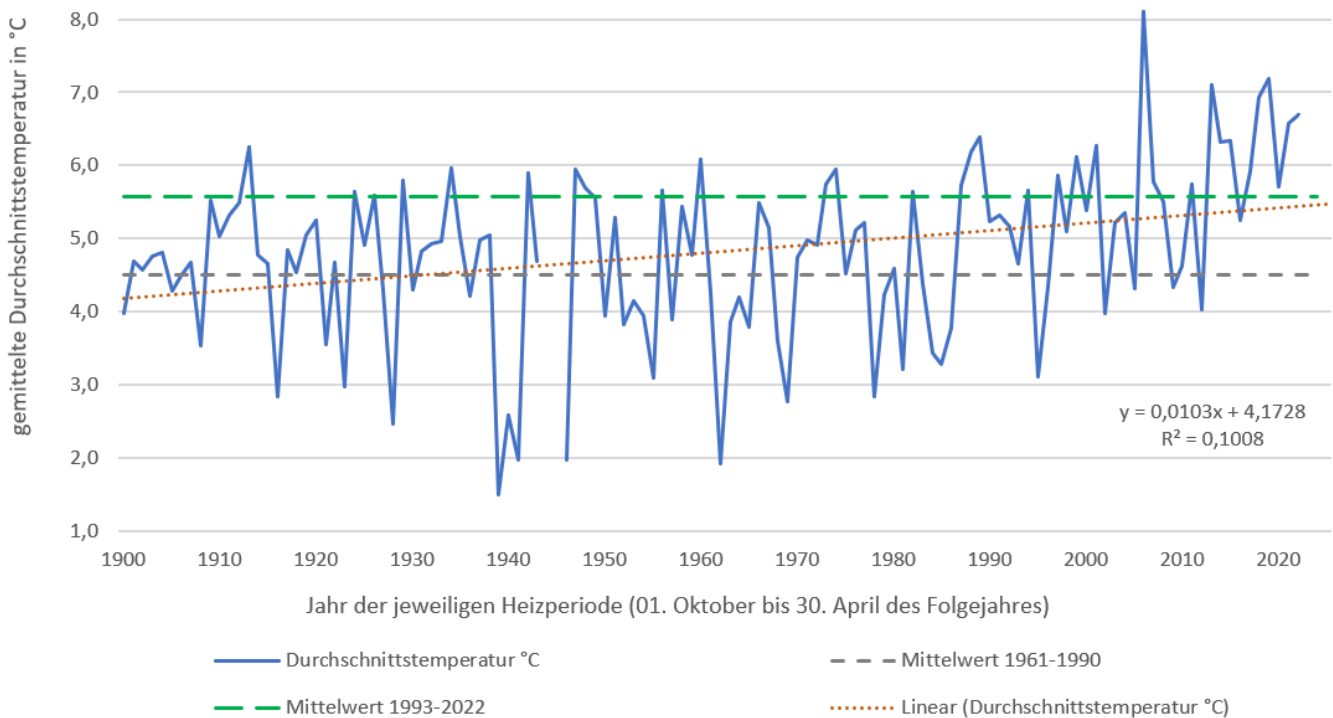


Abbildung 1: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Heizperioden in den Jahren 1900 bis 2022 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

Abbildung 1 zeigt die (zur besseren Lesbarkeit) durch eine blaue Linie verbundenen, gewichteten Mittelwerte der monatlichen Durchschnittstemperaturen für jedes Jahr im Zeitraum der Heizperioden (Oktober bis April des Folgejahres). 1944/1945 gibt es eine Datenlücke, da hier nicht durchgängig für alle Monate die Mittelwerte vorlagen.

Als einordnend und vergleichendes Element wurde mit einer grau-gestrichelten Linie der Mittelwert einer meteorologisch üblichen Referenzperiode eingefügt (1961-1990, Wert: 4,50 °C).

Des Weiteren wurde der Mittelwert des aktuellen, 30-jährigen Mittels (1993-2022, Wert: 5,58 °C) mit der grün-gestrichelten, ebenfalls horizontalen Linie eingetragen.

Beide Linien geben schon einen ersten Anhaltspunkt über die festgestellten Langzeit-Temperaturentwicklungen innerhalb der Heizperioden.

Mit der orange-gepunkteten Linie wurde noch der lineare Trend über den Gesamtzeitraum aufgetragen. Die Formel der Geraden ist im Diagramm abgebildet. Das Bestimmtheitsmaß beträgt  $R^2 = 0,1008$ , d. h. der Anteil der Gesamtstreuung, der durch die Regression erklärt wird, beträgt lediglich ca. 10 %. Der entsprechende Korrelationskoeffizient ( $r \approx 0,32$ ) zeigt einen schwach bis mittleren Zusammenhang, was sich auch optisch gut an den Werten (bzw. der blauen Linie) oberhalb und unterhalb der Regressionsgeraden erkennen lässt.

Es fällt ferner auf, dass die „Temperaturkurve“ bis etwa Mitte der 1980er-Jahre relativ gleichbleibend mit ebenso starken Abweichungen nach oben wie unten verläuft.

Für die weitere Betrachtung wurden daher einzelne Zeitabschnitte gezielt herausgegriffen.

Ein Ausschnitt von 1900 bis 1985 ist in Abbildung 2 dargestellt. Im Unterschied zur vorherigen Abbildung sind die eigentlichen Werte als Datenpunkte dargestellt. Die verbindende blaue Linie bleibt für die bessere Lesbarkeit erhalten. Es ist wieder die Datenlücke 1944/1945 erkennbar. Der aufgetragene Mittelwert (grau-gestrichelte Gerade, Wert: 4,49 °C) stimmt ungefähr mit der Regressionsgeraden (orange-gepunktete Trendlinie) überein. Es ist erneut eine große Schwankungsbreite der Werte um den Mittelwert und den linearen Trend erkennbar. Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  beträgt 0,011, der Korrelationskoeffizient ist mit  $r \approx -0,10$  schwach negativ.

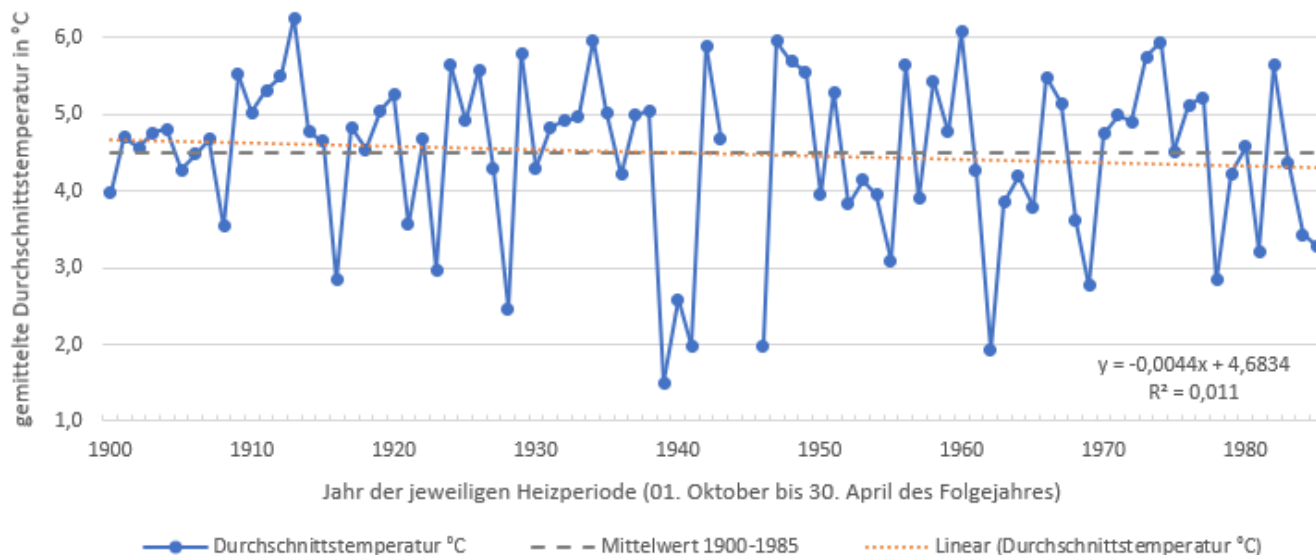


Abbildung 2: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Heizperioden in den Jahren 1900 bis 1985 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

Wie schon bei der Gesamtbetrachtung zu Abbildung 1 angesprochen, ist ab etwa Mitte der 1980er-Jahre ein positiver Trend zu vermuten. Für Abbildung 3 wurde daher der Zeitraum von 1983 bis 2022 (also die aktuellsten 40 Jahre) betrachtet. Schon an der gewählten Skaleneinteilung (ab +3 °C beginnend) erkennt man den bereits deutlich höher beginnenden Wertebereich.

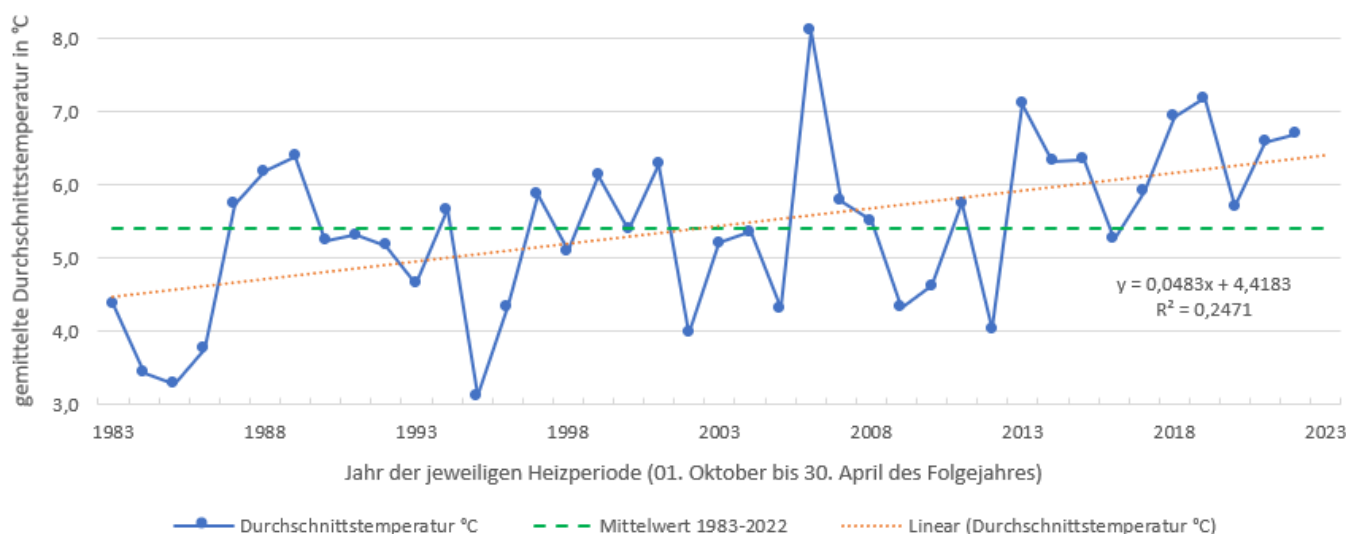


Abbildung 3: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Heizperioden in den Jahren 1983 bis 2022 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet



Weiterhin auffällig ist der offenbar besonders milde Winter 2006 (Oktober 2006 bis April 2007 durchschnittlich 8,10 °C). Die Trendlinie (orange-gepunktet) weist eine deutliche Steigung auf (Bestimmtheitsmaß  $R^2 = 0,2471$ ). Der Mittelwert (grün-gestrichelte Linie) ist mit einem Wert von 5,41 °C deutlich über dem Niveau des gesamten Zeitraums ab 1900 (vgl. Abbildung 1).

Für die weitere Betrachtung sollen zwei Zeiträume von jeweils 30-jähriger Dauer untersucht werden, wie in der Meteorologie/Klimatologie üblich (vgl. DWD, 2018, S. 9 und WMO, 2022).

Da auf alle Fälle der aktuellste Zeitraum betrachtet werden soll (demnach 1993 bis 2022), wurde ein weiterer Vergleichszeitraum ohne Überschneidung von 1953 bis 1982 ausgewählt. Abbildung 4 zeigt wie bereits gewohnt die entsprechenden Parameter der Heizperioden in diesem 30-jährigen Vergleichszeitraum. Der Mittelwert beträgt hier 4,46 °C.

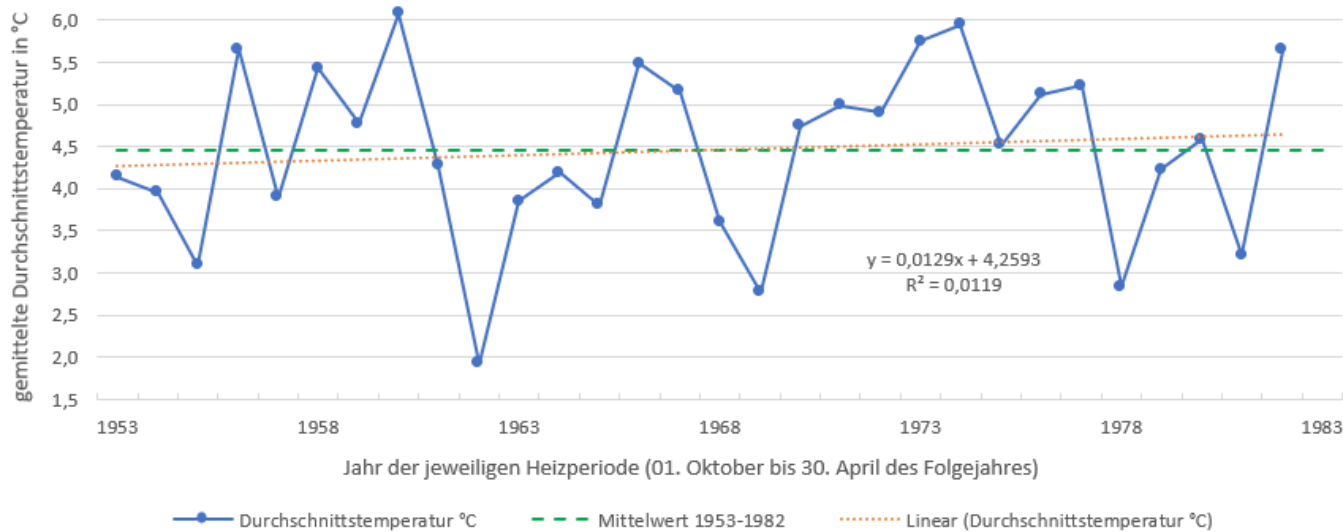


Abbildung 4: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Heizperioden in den Jahren 1953 bis 1982 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

Abbildung 5 zeigt schließlich den Zeitraum und die gemittelten, monatlich durchschnittlichen Lufttemperaturen der Heizperioden der letzten 30 Jahre (1993 bis 2022). Der Mittelwert beträgt in diesem Zeitraum 5,58 °C, der ansteigende Trend ist hier ebenso wie in Abbildung 3 erkennbar.

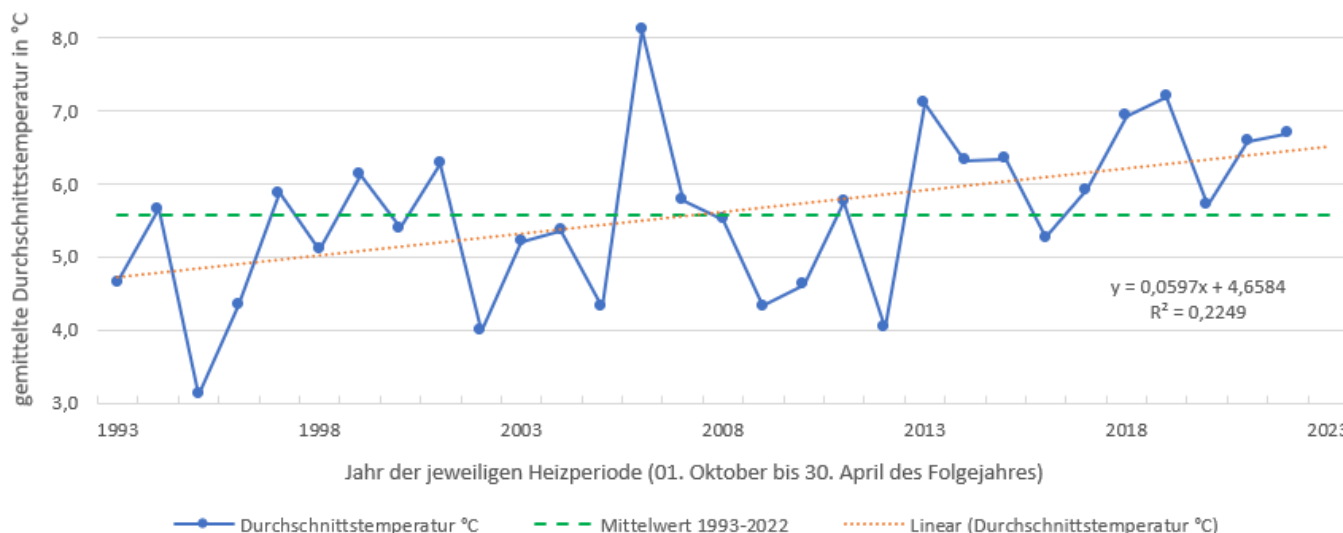


Abbildung 5: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Heizperioden in den Jahren 1993 bis 2022 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

An dieser Stelle endet die Datensatzbeschreibung mithilfe von Diagrammen für die Heizperioden. Die bisher genutzten bzw. ausgewählten Datenbereiche werden abschließend noch mit Microsoft Excel statistisch betrachtet.

### Statistische Auswertung

Zur Feststellung, ob es sich bei den Veränderungen der Durchschnittstemperatur der Heizperioden im zeitlichen Verlauf um einen signifikanten Anstieg handelt, wird (wie in Kapitel 3 beschrieben) der Student's t-Test (einseitig) durchgeführt.

Als zu vergleichende Zeiträume wurden die Heizperioden von 1953 bis 1982 und 1993 bis 2022 ausgewählt. Die Lage- und Streumaße sind in Abbildung 6 zusammengefasst. Im Kastendiagramm (Boxplot) sind die wesentlichen, beschreibenden Informationen dargestellt: Der horizontale Strich innerhalb eines Kastens zeigt den Medianwert an. Der Kasten selbst spannt den sog. Interquartilsabstand auf und repräsentiert somit die mittleren 50 % der Daten. Ausreißerwerte würden sich als Punkte ober- bzw. unterhalb der „Antennen“ (vertikale Striche mit horizontaler Begrenzung) wiederfinden lassen. Die Antennen begrenzen den Wertebereich, auf ihrer vertikalen Linie sind zum Überblick die übrigen Einzelwerte als Punkte aufgereiht. Der Mittelwert wird durch ein „x“ auf der Linie markiert.

Schon der optische Vergleich zeigt, dass es sich um relativ homogene und gut vergleichbare Datensätze handelt, was für die weiteren Schritte relevant ist.

Die Ergebnisse des durchgeführten t-Tests sind Tabelle 1 zu entnehmen. Die t-Statistik ist im Ergebnis größer 0, da der erste Mittelwert (der Heizperiode 1993 bis 2022) wie (durch den Klimawandel) erwartet größer als der zweite Mittelwert ist. Aufgrund der vorab formulierten Erwartungshaltung ist der „kritische T-Wert bei einseitigem t-Test“ relevant. Dieser ist kleiner als das Ergebnis der t-Statistik, somit gibt es einen Effekt, der mit einem Wert „P(T<=t) einseitig“ von unter 0,01 (dem gewählten Signifikanzniveau) zugleich **hochsignifikant** ist. Demzufolge ist die Nullhypothese abzulehnen und die Alternativhypothese anzunehmen.

Die in Kapitel 2 bereits formulierte **Nullhypothese H<sub>0</sub>** („die Mittelwerte (Lufttemperatur) der Zeiträume sind gleich“) wird verworfen.

**Alternativhypothese H<sub>1</sub>** („die Mittelwerte (Lufttemperatur) der Zeiträume unterscheiden sich signifikant“) wird angenommen.

Der Unterschied im Falle der mittleren Heizperioden-Lufttemperaturen zwischen den aktuellsten 30 Jahren (1993 bis 2022) und dem gewählten Vergleichszeitraum (1953 bis 1982) ist hochsignifikant.

Es ist davon auszugehen, dass sich die ansteigenden Mittelwerte (wie in den Abbildungen 1 bis 5 erkennbar) durch ein Voranschreiten auf der zeitlichen Achse erklären lassen.

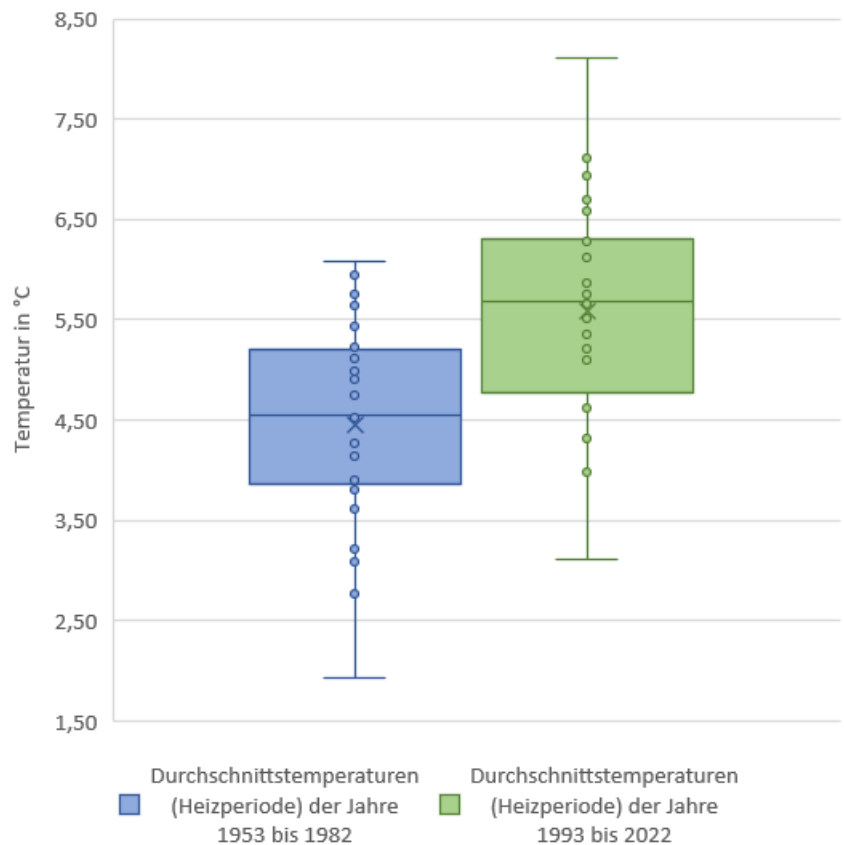


Abbildung 6: Streudiagramm (Boxplots) der 30-jährigen Vergleichsperioden 1953 bis 1982 und 1993 bis 2022; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

Tabelle 1: Ergebnisse des t-Tests zum Vergleich der Mittelwerte der Heizperioden im Zeitraum 1953 bis 1982 und 1993 bis 2022; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

Zweistichproben t-Test unter der Annahme gleicher Varianzen, Alpha = 0,01		
	Durchschnittstemperaturen (Heizperiode) der Jahre 1993 bis 2022	Durchschnittstemperaturen (Heizperiode) der Jahre 1953 bis 1982
Mittelwert	5,5834	4,4588
Varianz	1,2273	1,0747
Beobachtungen	30	30
Gepoolte Varianz	1,150981	
Hypothetische Differenz der Mittelwerte	0	
Freiheitsgrade (df)	58	
t-Statistik	4,059968	
P(T<=t) einseitig	0,000074	
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	2,392377	
P(T<=t) zweiseitig	0,000149	
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,663287	

### Fehlerdiskussion

Wie in Kapitel 2 beschrieben, weisen die verwendeten Daten grundsätzlich über die Zeit betrachtet unterschiedliche Qualitätsniveaus auf.

Auf die Datenlücke für die Jahre 1944 bis 1945 wurde bereits hingewiesen. Diese ergibt sich aus im letzten Kriegsjahr sowie unmittelbar nach dem 2. Weltkrieg fehlenden Messdaten (Zeitraum März 1945 bis Januar 1946). Somit konnten für die Heizperioden vom 01. Oktober 1944 bis 30. April 1945 sowie 01. Oktober 1945 bis 30. April 1946 keine korrekten Mittelwerte gebildet werden. Um hier die Zeitreihe nicht zu verfälschen, wurden die beiden Datenpunkte „1944“ und „1945“ freigelassen.

Um die Lücke zu schließen, bestünde die Möglichkeit, anhand vergleichender Temperaturentwicklungen umliegender Messstandorte die fehlenden Messwerte für Bremen (Station 691) zu schätzen bzw. zu interpolieren.

## 4 Diskussion und Ausblick

In der Klimatologie werden üblicherweise 30-jährige Referenzperioden betrachtet, um aktuelle Schwankungen (Temperatur, Niederschlag usw.) in Relation zu diesen Langzeit-Durchschnittswerten zu setzen (vgl. WMO, 2022). „Ist in Folge von Jahren oder Jahrzehnten verstärkt eine Veränderung z. B. zu häufigeren positiven Temperaturabweichungen festzustellen oder sind vermehrt bisher beobachtete Schwankungsbreiten betragsmäßig zunehmend überschritten worden, wird von einem Klimatrend gesprochen“ (DWD, 2018, S. 9).

Wie die Ergebnisse in Kapitel 3 zeigen, ist anhand der Messwerte der ausgewählten Wetterstation in Bremen klar eine Zunahme der Durchschnittstemperaturen in der Heizperiode zu verzeichnen.

Grundsätzlich ist auch „[e]in weiterer Anstieg der Temperatur im Bundesland Bremen [...] zu erwarten“ (DWD, 2018, S. 22).

„Das Klima einer Stadt unterscheidet sich merklich von dem des freien ländlichen Umfeldes. In diesem Zusammenhang ist u. a. die Bildung einer städtischen Wärmeinsel bekannt, die durch die dichte Bebauung und den gegenüber dem Umland geänderten Energieumsatz von Verkehr, Wirtschaft und Haushalten verursacht wird“ (DWD, 2018, S. 24), wobei sich die „Monatsmittelwerte der Lufttemperatur [...] zwischen Stadt und Umland häufig im Sommer stärker als im Winter [unterscheiden]“ (Helbig, 2003, S. 66). Eine abschließende Gesamtwürdigung folgt daher nach Erstellung von Teil II der Betrachtung der Langzeit-Lufttemperaturveränderungen in Bremen, beim Blick auf die Sommermonate Juni bis August.

Der hier jedoch für die Heizperiode bereits feststellbare Trend verdient bei der Konzeption neuer Wärmeversorgungssysteme durchaus Beachtung, um die Auslegung entsprechender Systeme korrekt zu dimensionieren. Die Auswertung der Sommermonate in Teil II der Ausarbeitung sollte dann noch Aufschluss darüber geben, ob aufgrund der beobachteten Temperaturentwicklung bei der Planung auch entsprechende Möglichkeiten der Gebäudekühlung mit berücksichtigt werden sollten. Dieser Aspekt ist ggf. als „weicher Faktor“ auch ein durchaus relevanter Ansatz im Bereich der Bürgerkommunikation. So könnte z. B. der Mehrwert von Wärmepumpensystemen, die beide Funktionen (Heizen und Kühlen) unterstützen, eine höhere Wechselbereitschaft hervorrufen. Dies würde zum Gelingen der Wärmewende insgesamt beitragen.

## 5 Literatur

- CSC (Hrsg.). (2012). *(Climate Service Center): Statistische Verfahren in der Auswertung von Klimamodell- und Impaktmodelldaten: eingesetzt in KLIMZUG und anderen Projekten sowie Institutionen, die sich mit Klimafolgen befassen*. [https://www.tuhh.de/t3resources/wb/Publikationen/MA-Veroeffentlichungen/dreier/2013\\_1\\_broschu\\_\\_re\\_statistische\\_verfahren\\_final.pdf](https://www.tuhh.de/t3resources/wb/Publikationen/MA-Veroeffentlichungen/dreier/2013_1_broschu__re_statistische_verfahren_final.pdf)
- Decremer, D., Chung, C. E., Ekman, A. M. L. & Brandefelt, J. (2022). Which significance test performs the best in climate simulations? *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 66(1), 23139. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v66.23139>
- DWD (Hrsg.). (2018). *(Deutscher Wetterdienst, Regionale Klima- und Umweltberatung Hamburg und Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr Bremen): Klimaanpassungsstrategie Bremen.Bremerhaven. Begleitstudie Wetter und Klima im Land Bremen*. [https://www.bauumwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/Wetter%20und%20Klima%20im%20Land%20Bremen\\_WEB.39120.pdf](https://www.bauumwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/Wetter%20und%20Klima%20im%20Land%20Bremen_WEB.39120.pdf)
- DWD (Hrsg.). (2020). *(Deutscher Wetterdienst): Wetter- und Klimalexikon: Jahreszeiten*. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=101304&lv3=101324>
- DWD (Hrsg.). (2022). *(Deutscher Wetterdienst): DATENSATZBESCHREIBUNG: Historische monatliche Stationsbeobachtungen (Temperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer, Wind und Bewölkung) für Deutschland Version v22.3*. [https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/observations\\_germany/climate/monthly/kl/historical/BESCHREIBUNG\\_obsgermany\\_climate\\_monthly\\_kl\\_historical\\_de.pdf](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/monthly/kl/historical/BESCHREIBUNG_obsgermany_climate_monthly_kl_historical_de.pdf)
- DWD (Hrsg.). (2023). *(Deutscher Wetterdienst): Index of /climate\_environment /CDC /observations\_germany /climate /monthly /kl/*. [https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/observations\\_germany/climate/monthly/kl/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/monthly/kl/)
- Endlicher, W. & Hendl, M. (2003). Klimaspektrum zwischen Zugspitze und Rügen. In Leibniz-Institut für Länderkunde (Hrsg.), *Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland: Klima, Pflanzen- und Tierwelt* (S. 32–33). Spektrum Akademischer Verlag.
- Helbig, A. (2003). Das Stadtklima zwischen Wärmeinsel und Smogbelastung. In Leibniz-Institut für Länderkunde (Hrsg.), *Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland: Klima, Pflanzen- und Tierwelt* (S. 66–67). Spektrum Akademischer Verlag.
- Hennemuth, B., Bender, S., Bülow, K., Dreier, N., Keup-Thiel, E., Krüger, O., Mudersbach, C., Rademacher, C. & Schoetter, R. (2013). *CSC Report 13: Statistische Verfahren zur Auswertung von Klimadaten aus Modell und Beobachtung: eingesetzt in Projekten und Institutionen, die sich mit Klimafolgen und Anpassung befassen*. <https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/projekte/csc-report13-deutsch-final-mit-umschlag.pdf>
- JuraForum.de (Hrsg.). (2023). *Welchen Zeitraum hat die Heizperiode in Deutschland?* [https://www.juraforum.de/news/welchen-zeitraum-hat-die-heizperiode-in-deutschland\\_247458](https://www.juraforum.de/news/welchen-zeitraum-hat-die-heizperiode-in-deutschland_247458)
- Mamun, A., Ghosh, B. & Islam, S. M. R. (2015). Climate Change and Rice Yield in Bangladesh: A Micro Regional Analysis of Time Series Data. *International Journal of Geology, Agriculture and Environmental Sciences*, 3(1).
- OFFIS e.V. (Hrsg.). (2021). *Gesamtvorhabenbeschreibung WärmewendeNordwest - Digitalisierung zur Umsetzung von Wärmewende- und Mehrwertanwendungen für Gebäude, Campus, Quartiere und Kommunen im Nordwesten: zur Bekanntmachung zur Förderung von Zuwendungen im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung „Innovationen für die Energiewende“, Bundesanzeiger vom 18.02.2019*.
- WMO. (2022). *(World Meteorological Organization): Climate*. <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate>
- Wrobel, L. (2023). *Heizperiode 2023: Ab wann muss ich heizen?* <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/heizung/heizperiode/>

## Anhang

Tabelle 2: Zwei-Stichproben F-Test zur Prüfung der Voraussetzungen zur t-Test Durchführung; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

Zwei-Stichproben F-Test		
	Variable 1	Variable 2
Mittelwert	5,5834	4,4588
Varianz	1,2273	1,0747
Beobachtungen	30	30
Freiheitsgrade (df)	29	29
Prüfgröße (F)	1,1419	
P(F<=f) einseitig	0,3616	
Kritischer F-Wert bei einseitigem Test	2,4234	

Tabelle 3: Daten (30-jährige Mittel der Heizperioden in Bremen) der Vergleichszeiträume für den t-Test; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

	Durchschnittstemperaturen (Heizperiode) der Jahre 1953 bis 1982	Durchschnittstemperaturen (Heizperiode) der Jahre 1993 bis 2022
	4,15	4,66
	3,95	5,66
	3,09	3,12
	5,66	4,34
	3,90	5,87
	5,43	5,10
	4,77	6,13
	6,08	5,39
	4,27	6,27
	1,93	3,98
	3,85	5,21
	4,19	5,36
	3,80	4,31
	5,49	8,10
	5,15	5,77
	3,61	5,51
	2,77	4,33
	4,75	4,61
	4,99	5,75
	4,91	4,03
	5,75	7,10
	5,94	6,32
	4,52	6,34
	5,12	5,26
	5,22	5,91
	2,84	6,93
	4,22	7,18
	4,58	5,70
	3,21	6,58
	5,64	6,69
Varianz	1,07	1,23
Mittelwert	4,46	5,58

*Tabelle 4: Bereits nach gewichtetem Wert der Einzelmonate errechnete Mittelwerte der jeweiligen Heizperioden (01. Oktober des genannten Jahres bis 30. April des Folgejahres) für Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet*

Winter (Jahr)	Durchschnittstemperatur °C
1900	3,98
1901	4,69
1902	4,57
1903	4,76
1904	4,81
1905	4,28
1906	4,49
1907	4,68
1908	3,54
1909	5,52
1910	5,03
1911	5,32
1912	5,50
1913	6,26
1914	4,77
1915	4,65
1916	2,83
1917	4,84
1918	4,54
1919	5,05
1920	5,26
1921	3,56
1922	4,67
1923	2,98
1924	5,64
1925	4,92
1926	5,59
1927	4,29
1928	2,47

1929	5,80
1930	4,30
1931	4,83
1932	4,92
1933	4,97
1934	5,96
1935	5,02
1936	4,22
1937	4,98
1938	5,05
1939	1,50
1940	2,59
1941	1,98
1942	5,89
1943	4,69
1944	
1945	
1946	1,98
1947	5,95
1948	5,70
1949	5,55
1950	3,95
1951	5,29
1952	3,83
1953	4,15
1954	3,95
1955	3,09
1956	5,66
1957	3,90
1958	5,43
1959	4,77
1960	6,08



1961	4,27
1962	1,93
1963	3,85
1964	4,19
1965	3,80
1966	5,49
1967	5,15
1968	3,61
1969	2,77
1970	4,75
1971	4,99
1972	4,91
1973	5,75
1974	5,94
1975	4,52
1976	5,12
1977	5,22
1978	2,84
1979	4,22
1980	4,58
1981	3,21
1982	5,64
1983	4,38
1984	3,43
1985	3,29
1986	3,77
1987	5,73
1988	6,18
1989	6,39
1990	5,24
1991	5,31
1992	5,17

1993	4,66
1994	5,66
1995	3,12
1996	4,34
1997	5,87
1998	5,10
1999	6,13
2000	5,39
2001	6,27
2002	3,98
2003	5,21
2004	5,36
2005	4,31
2006	8,10
2007	5,77
2008	5,51
2009	4,33
2010	4,61
2011	5,75
2012	4,03
2013	7,10
2014	6,32
2015	6,34
2016	5,26
2017	5,91
2018	6,93
2019	7,18
2020	5,70
2021	6,58
2022	6,69

*Excel-Datenmappe (vollständiger, verwendeter Datensatz mit allen Tabellenblättern):*



Klimadaten\_Bremen\_S  
tation\_691\_TS\_2023.xls

**Hochschule Bremen**  
**City University of Applied Sciences**



**✕ KONTAKT**

Hochschule Bremen  
Neustadtswall 30  
28199 Bremen

Timmy Schwarz, M.Sc., M.Eng.

[timmy.schwarz@hs-bremen.de](mailto:timmy.schwarz@hs-bremen.de)