

# Klimatische Entwicklungen in Bremen am Beispiel von Langzeit-Lufttemperatur- veränderungen Teil II: Sommermonate (Juni bis August)

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 II: Sommermonate (Juni bis August)

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



### Zitervorschlag:

Schwarz, T. (2023): Klimatische Entwicklungen in Bremen am Beispiel von Langzeit-Lufttemperaturveränderungen Teil II: Sommermonate (Juni bis August), DOI: [10.26092/elib/2526](https://doi.org/10.26092/elib/2526)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Klimatische Veränderungen in Bremen (Lufttemperatur)</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Daten und Methoden</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion und Ausblick</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>12</b>
	<b>Anhang</b> .....	<b>13</b>

## Abbildungen

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

## Tabellen

Tabelle 1: Ergebnisse des t-Tests zum Vergleich der Mittelwerte der Sommermonate im Zeitraum 1953 bis 1982 und 1993 bis 2022; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	10
Tabelle 2: Zwei-Strichproben F-Test zur Prüfung der Voraussetzungen zur t-Test Durchführung; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet .....	13
Tabelle 3: Daten (30-jährige Mittel der Heizperioden in Bremen) der Vergleichszeiträume für den t-Test; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet.....	13
Tabelle 4: Bereits nach gewichtetem Wert der Einzelmonate errechnete Mittelwerte der jeweiligen Sommer (01. Juni bis 31. August des Jahres) für Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet.....	14

# Klimatische Entwicklungen in Bremen am Beispiel von Langzeit-Lufttemperaturveränderungen – Teil II: Sommermonate (Juni bis August)

## 1 Klimatische Veränderungen in Bremen (Lufttemperatur)

Wie schon Teil I, entstand auch die nachfolgende Arbeit im Kontext des Forschungsverbundvorhabens [Wärmewende Nordwest](#).

Für eine Transformation des Wärmesektors erscheint es sinnvoll, beim Blick auf die klimatischen Rahmenbedingungen nicht nur die Wintermonate (bzw. den Zeitraum der Heizperiode) zu betrachten. Vergleichbar bedeutend kann das andere Jahresextrem sein: „Im Sommerhalbjahr werden vermutlich Hitzebelastung, Trockenperioden und mögliche lokale Gewitterereignisse [...] für die Bremerinnen und Bremer relevanter werden“ (DWD, 2018, S. 4–5). Die Resilienz von Städten gegenüber Extremwetterlagen zu erhöhen ist im „Sinne der Risikoprävention und Daseinsvorsorge“ (ebd., S. 4) geboten. „Grundsätzlich erlaubt das technische Prinzip von Wärmepumpen auch das Kühlen. Gebäude können bei entsprechender Auslegung [...] mit Kälte versorgt werden, was den Einsatz zusätzlicher Klimaanlage überflüssig macht“ (Pujianto et al., 2023, S. 6). Dies kann z. B. bei Anlagen unter Nutzung der oberflächennahen Geothermie auch für das System an sich einen zusätzlichen Nutzen bringen: Es „lassen sich über die oberflächennahen Systeme [...] auch Gebäudeklimatisierungen realisieren. Die so im Sommer eingelagerte Energie kann im Winter teilweise wiedergewonnen werden, so dass sich die Effektivität der Anlage steigert“ (Panteleit et al., 2022, S. 4).

Wie der langjährige Istzustand bzw. der über die Betrachtung und den Vergleich verschiedener Zeitreihen abzuleitende Trend der Sommertemperaturen in Bremen aussieht, wird in der vorliegenden Arbeit beleuchtet. Hierzu beschreibt Kapitel 2 die verwendeten Daten und Methoden. In Kapitel 3 werden die Ergebnisse vorgestellt. Abschließend werden diese in Kapitel 4 eingeordnet und diskutiert.

## 2 Daten und Methoden

### Verwendete Daten und Datenaufbereitung

Für die Lufttemperatur-Betrachtung der Stadt Bremen wurde die gleiche Datengrundlage (DWD, 2023) wie aus Teil I der Ausarbeitung verwendet (vgl. Schwarz, 2023, S. 5). Für die Beschreibung der Qualitätsniveaus wie auch für die Datensatzbeschreibung und den Import sei ebenfalls auf die vorherige Arbeit (ebd.) bzw. auf die als Anhang bereitgestellte Excel-Datei verwiesen.

Die Auswertung der Sommertemperaturen erfolgt anhand der Monate Juni bis August. Dies folgt 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).

Aus den Monatswerten werden per Excel-Funktion wie bei den Monaten der Heizperiode gewichtete Mittelwerte gebildet, sodass die Juni-Monate 30/31, Juli und August je mit 31/31 in die Mittelwertbildung einer jeweiligen Sommerperiode einfließen.

## Statistische Auswertung

Die vorbereiteten Daten werden analog zum Vorgehen im Falle der Betrachtung der Heizperiode analysiert und statistisch ausgewertet:

Einen ersten Überblick liefern Liniendiagramme für den zeitlichen Verlauf (zur besseren Lesbarkeit verbundene Punkte der Einzelwerte für die Durchschnittstemperaturen (jährlich) im Sommer). Die jeweils ausgewählten Zeitreihen werden nacheinander in Kapitel 3 dargestellt und erläutert.

Des Weiteren erfolgt die Zeitreihenanalyse über Zeitreihenzerlegung, lineare Regression (Trendbestimmung) und den Vergleich der Zeitscheiben (vgl. CSC, 2012, S. 55–62 und Hennemuth et al., 2013, S. 36–37).

Dadurch lassen sich Auffälligkeiten darstellen und die ausgewählten Zeitreihen miteinander vergleichen bzw. dem Gesamtzeitraum gegenüberstellen.

An den ausgewählten Vergleichszeiträumen wird der Student's t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt (vgl. Mamun et al., 2015, S. 3–4 und Decremer et al., 2022, S. 9–10). Mit diesem soll festgestellt werden, ob sich die Mittelwerte zweier unabhängiger Stichproben signifikant unterscheiden. Es handelt sich zwar um den gleichen Messstandort, dennoch müssen die Werte einer Stichprobe unabhängig (nicht gepaart) von der anderen Stichprobe angesehen werden. Die Werte der Lufttemperatur im Sommermonat Juni 1953 können beispielsweise keinen Einfluss auf die Werte des Sommermonats Juni 1983 haben. Der ungepaarte t-Test ist damit für die vorgesehene Bewertung grundsätzlich als Signifikanztest geeignet.

Die Fragestellung lautet: Gibt es einen zeitlichen Einfluss (z. B. über grundsätzliche klimatische Veränderungen) auf die ermittelten Durchschnittstemperaturen (durchschnittliche Lufttemperatur während der Sommermonate) 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

#### Zeitreihenanalyse

Es folgen die mittels MS-Excel erzeugten Ergebnisse der in Kapitel 2 beschriebenen Arbeitsschritte. Im Anhang befinden sich auszugswise die verwendeten Daten als Tabellen.

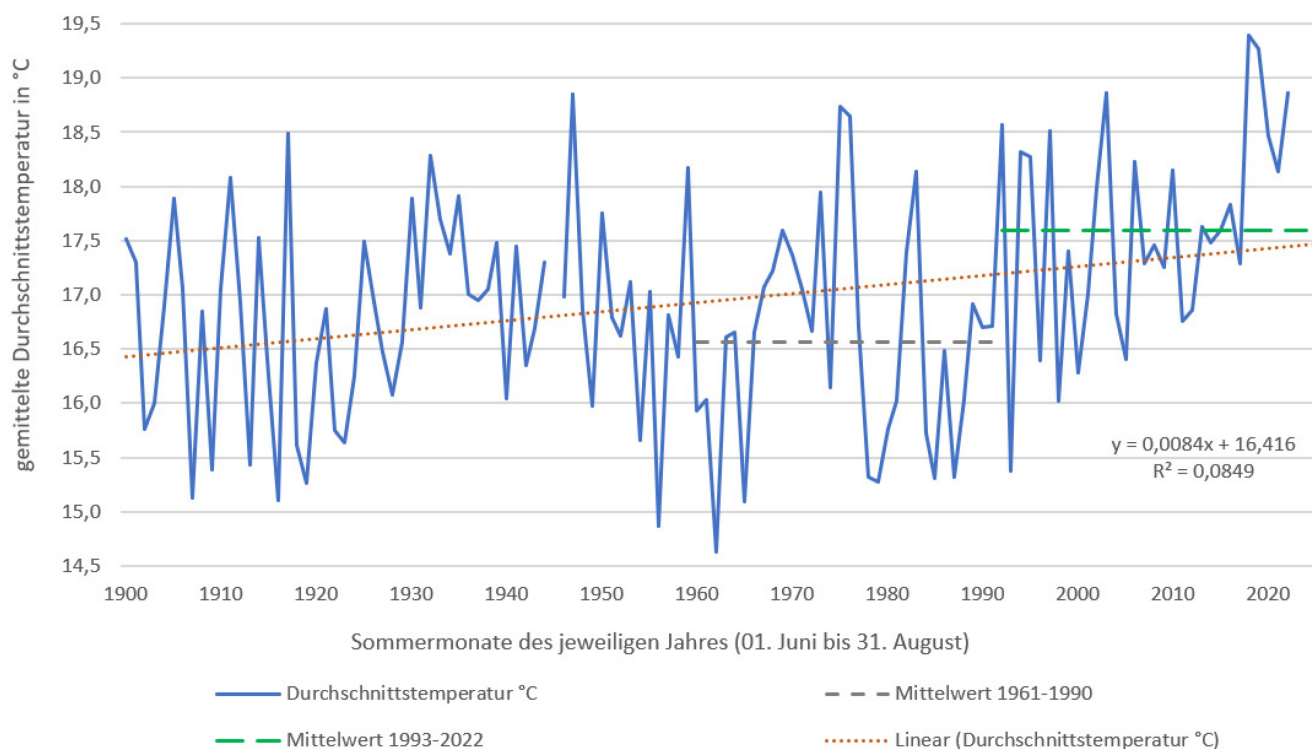


Abbildung 1: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Sommermonate in den Jahren 1900 bis 2022 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

Abbildung 1 zeigt die gewichteten Mittelwerte der monatlichen Durchschnittstemperaturen (Sommermonate Juni bis August) für jedes Jahr. Zur besseren Lesbarkeit wurden die Datenpunkte durch eine blaue Linie verbunden.

Für das Jahr 1945 gibt es eine Datenlücke, da hier keine Werte vorlagen.

Die grau-gestrichelte Linie zeigt den Mittelwert der meteorologisch üblichen Referenzperiode (1961-1990, Wert: 16,57 °C).

Der Mittelwert des aktuellen 30-jährigen Mittels (1993-2022, Wert: 17,59 °C) wurde mit der grün-gestrichelten Linie zum Vergleich eingefügt.

Beide Linien geben damit schon einen ersten Anhaltspunkt über mögliche Langzeit-Temperaturentwicklungen der Sommermonate.

Die orange-gepunktete Linie zeigt den linearen Trend über den Gesamtzeitraum. Die Formel der Geraden ist im Diagramm abgebildet. Das Bestimmtheitsmaß beträgt  $R^2 = 0,0849$ , d. h. der Anteil der Gesamtstreuung, der durch die Regression erklärt wird, beträgt lediglich ca. 8 %. Der entsprechende Korrelationskoeffizient ( $r \approx 0,29$ ) 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.

Die Amplitude der „Temperaturkurve“ unterliegt starken Schwankungen und scheint z. B. von 1920 bis 1944 kleiner auszufallen. Ein höheres Niveau scheint sich etwa ab dem Jahr 2000 abzuzeichnen, mit einem Einsetzen dieses Trends ab den 1990er Jahren.

Im Weiteren wurden folglich einzelne Zeitabschnitte gezielt herausgegriffen. Abbildung 2 zeigt die Zeitreihe von 1900 bis 1985. Die eigentlichen Werte sind hier als Datenpunkte dargestellt, aber die verbindende blaue Linie bleibt als Unterstützung der Lesbarkeit erhalten. Die Datenlücke 1945 ist als Unterbrechung der Linie erkennbar. Wie schon bei der Betrachtung der Heizperiode im gleichen Zeitraum (vgl. Schwarz, 2023, S. 8), so stimmt auch für die Sommermonate die Regressionsgerade (orange-gepunktete Trendlinie) ziemlich gut mit dem Mittelwert (grün-gestrichelte Gerade, Wert: 16,73 °C) überein. Es gibt keinen Auf- oder Abwärtstrend für diesen Zeitraum.

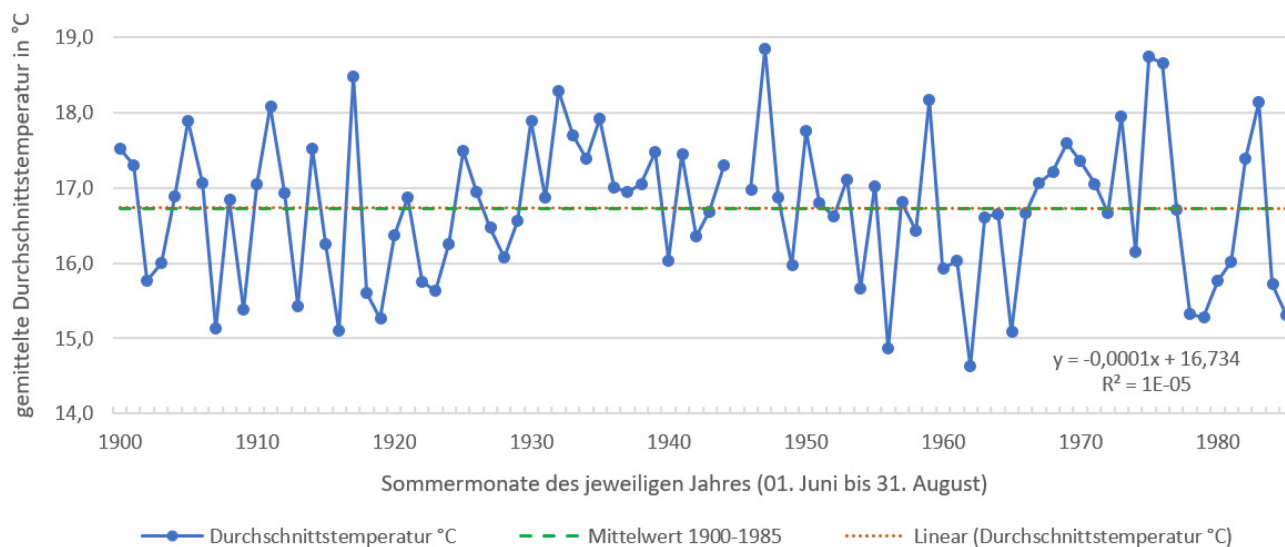


Abbildung 2: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Sommermonate in den Jahren 1900 bis 1985 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

Analog zur Zeitreihenauswahl der Heizperioden wurde als nächstes in Abbildung 3 der Zeitraum von 1983 bis 2022 (somit die aktuellsten 40 Jahre) betrachtet. Nach 1993 gibt es erkennbar keine Durchschnittswerte mehr von unter 16 °C. Auffällig warm stehen der Hitzerekordsommer 2003 sowie die letzten heißen Sommer ab 2018 heraus.

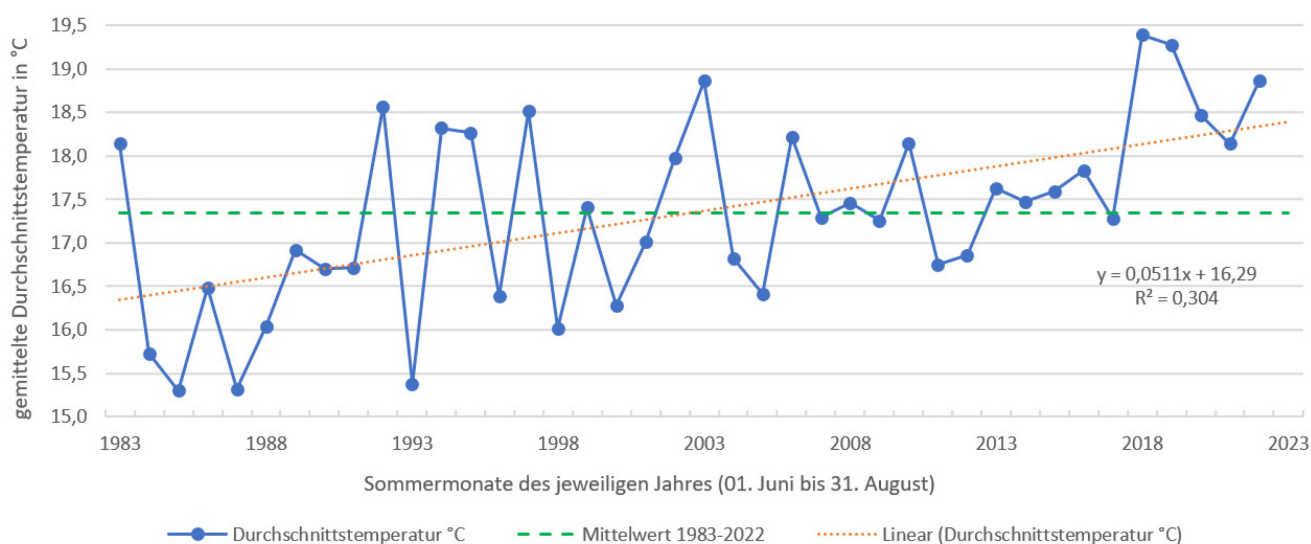


Abbildung 3: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Sommermonate in den Jahren 1983 bis 2022 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

Die Trendlinie (orange-gepunktete) weist eine deutliche Steigung auf (Bestimmtheitsmaß  $R^2 = 0,304$ ). Der Mittelwert (grün-gestrichelte Linie) liegt mit einem Wert von 17,34 °C über dem Niveau des gesamten Zeitraums ab 1900 (16,94 °C).

Wie in der Meteorologie/Klimatologie üblich, sollen für die weitere Betrachtung zwei 30-jährige Zeiträume untersucht werden (vgl. DWD, 2018, S. 9 und WMO, 2022).

Analog zur Untersuchung für die Heizperioden soll der aktuellste Zeitraum (1993 bis 2022) betrachtet werden. Als Vergleichszeitraum ohne Überschneidung wurde die Spanne von 1953 bis 1982 ausgewählt. Abbildung 4 zeigt wie bereits gewohnt die entsprechenden Parameter der Sommertemperaturen in diesem 30-jährigen Vergleichszeitraum. Der Mittelwert beträgt hier 16,62 °C. Es gibt kaum eine Steigung der zugehörigen Trendlinie.

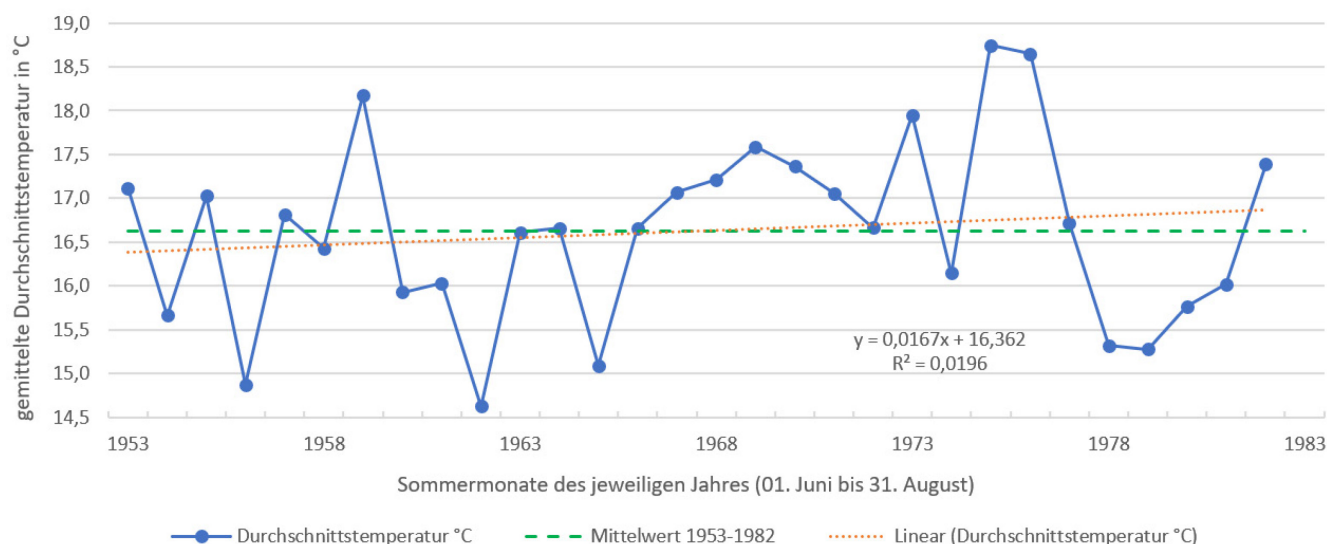


Abbildung 4: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Sommermonate in den Jahren 1953 bis 1982 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

Abbildung 5 zeigt schließlich den Zeitraum und die gemittelten, monatlich durchschnittlichen Lufttemperaturen der Sommermonate der letzten 30 Jahre (1993 bis 2022). Der Mittelwert beträgt in diesem Zeitraum 17,59 °C, der ansteigende Trend ist hier ebenso wie in Abbildung 3 erkennbar.

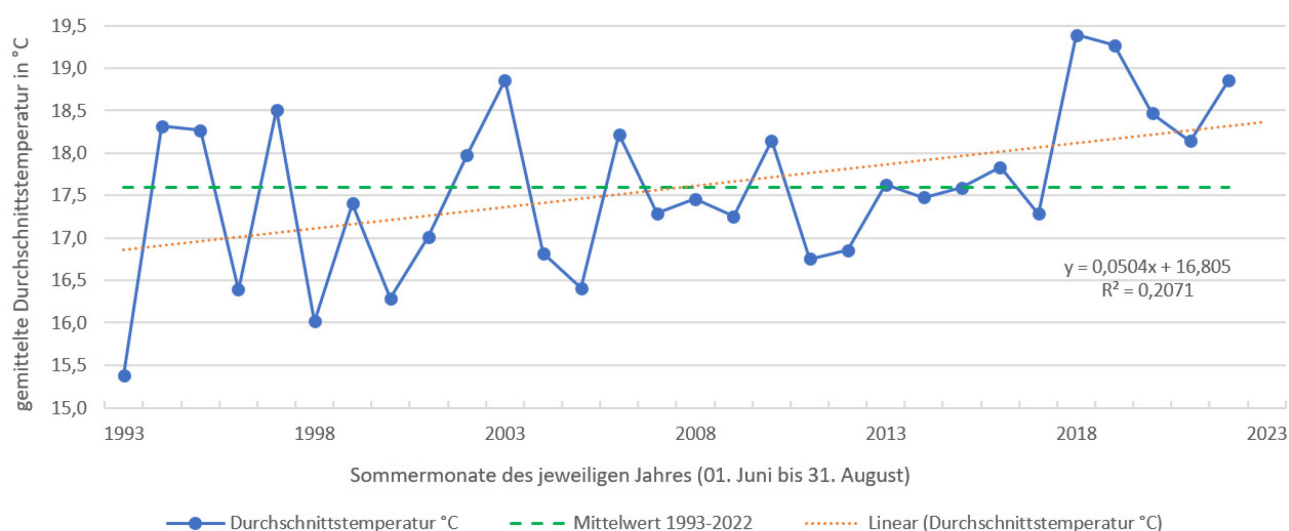


Abbildung 5: Gewichtete Mittelwerte der Monatsdurchschnittstemperaturen der Sommermonate in den Jahren 1993 bis 2022 der Stadt Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

An dieser Stelle endet die Datensatzbeschreibung für die Sommermonate mithilfe von Diagrammen. Die verglichenen Zeiträume (1953-1982 und 1993-2022) werden abschließend noch mit Microsoft Excel statistisch ausgewertet.



## Statistische Auswertung

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

Die Sommer der Jahre 1953 bis 1982 sowie 1993 bis 2022 wurden als zu vergleichende Zeiträume ausgewählt. In Abbildung 6 sind die Lage- und Streumaße zusammengefasst. Das Kastendiagramm (Boxplot) beschreibt die wesentlichen Informationen: Der Medianwert wird durch den horizontalen Strich innerhalb der Kästen angezeigt. Durch die Kästen wird der Interquartilsabstand aufgespannt, was die mittleren 50 % der Daten repräsentiert. Der gesamte Wertebereich wird durch die „Antennen“ (vertikale Striche mit horizontaler Begrenzung) angezeigt. Auf deren vertikalen Linien sind die Einzelwerte als Punkte aufgereiht. Punkte ober- bzw. unterhalb der „Antennen“ wären Ausreißerwerte. Der Mittelwert wird durch ein „x“ auf der Linie markiert.

Bereits der optische Vergleich veranschaulicht die Homogenität und gute Vergleichbarkeit beider Datensätze.

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse des durchgeführten t-Tests. Die t-Statistik ist im Ergebnis größer 0, da der erste Mittelwert (Zeitraum 1993 bis 2022) größer als der zweite Mittelwert (Zeitraum 1953 bis 1982) 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 „ $P(T \leq t)$  einseitig“ von unter 0,01 (dem gewählten Signifikanzniveau) zugleich **hochsignifikant** ist. Demzufolge ist die Nullhypothese abzulehnen und die Alternativhypothese anzunehmen.

Die in Kapitel 2 formulierte **Nullhypothese  $H_0$**  („die Mittelwerte (Lufttemperatur) der Zeiträume sind gleich“) wird verworfen.

**Alternativhypothese  $H_1$**  („die Mittelwerte (Lufttemperatur) der Zeiträume unterscheiden sich signifikant“) wird angenommen.

Der Unterschied im Falle der mittleren Sommer-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.

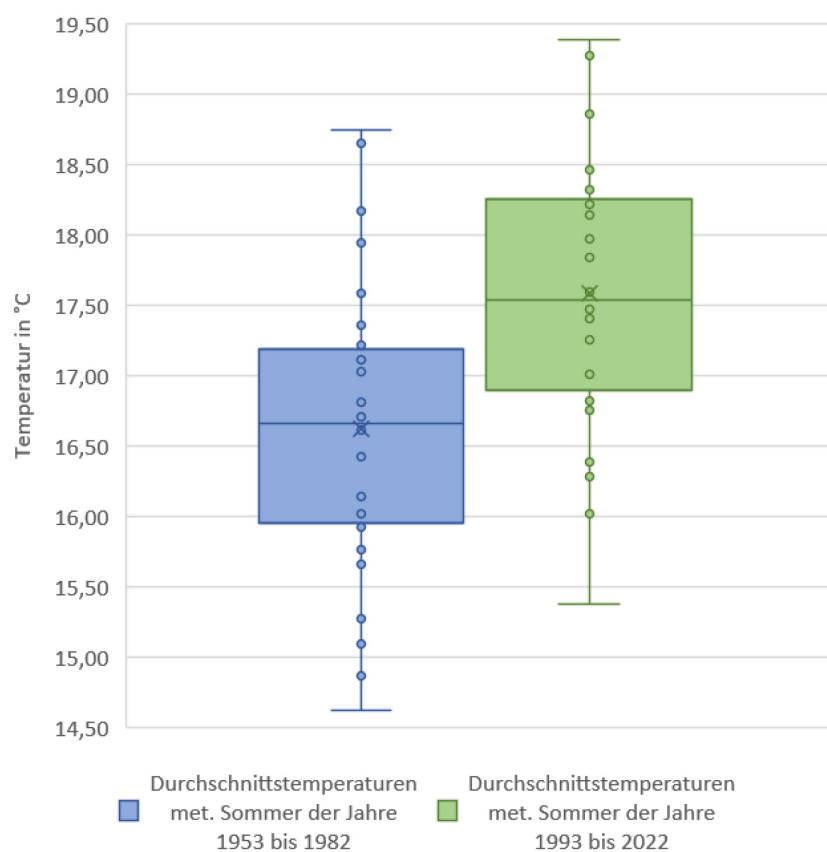


Abbildung 6: Streuungsdiagramm (Boxplots) der 30-jährigen Vergleichsperioden 1953 bis 1982 und 1993 bis 2022; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet

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

Zweistichproben t-Test unter der Annahme gleicher Varianzen		
	<i>Durchschnittstemperaturen met. Sommer der Jahre 1993 bis 2022</i>	<i>Durchschnittstemperaturen met. Sommer der Jahre 1953 bis 1982</i>
Mittelwert	17,5863	16,6213
Varianz	0,9516	1,1046
Beobachtungen	30	30
Gepoolte Varianz	1,028115979	
Hypothetische Differenz der Mittelwerte	0	
Freiheitsgrade (df)	58	
t-Statistik	3,685887747	
P(T<=t) einseitig	0,000251655	
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	2,392377475	
P(T<=t) zweiseitig	0,000503309	
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,663286954	

### Fehlerdiskussion

Wie im ersten Teil (Schwarz, 2023) beschrieben, weisen die verwendeten Daten grundsätzlich über die Zeit betrachtet unterschiedliche Qualitätsniveaus auf.

Auf die Datenlücke im Jahr 1945 wurde bereits hingewiesen. Diese ergibt sich aus unmittelbar nach dem 2. Weltkrieg fehlenden Messdaten (Zeitraum März 1945 bis Januar 1946). Somit konnte für den Sommer 1945 kein Mittelwert gebildet werden. Um die Zeitreihe nicht zu verfälschen, wurde der Datenpunkt „1945“ freigelassen.

Anhand vergleichender Temperaturentwicklungen umliegender Messstandorte bestünde theoretisch die Möglichkeit, die fehlenden Messwerte für Bremen (Station 691) zu schätzen bzw. zu interpolieren, um die Lücke zu schließen. Hierauf wurde in dieser Arbeit, wie in der Ausarbeitung für die Zeiträume der Heizperioden, verzichtet.

## 4 Diskussion und Ausblick

Wie schon bei der Analyse der Lufttemperaturentwicklungen mit Blick auf die Heizperiode (vgl. Schwarz, 2023), ist für Bremen auch für die Zeiträume des meteorologischen Sommers festzustellen, dass es eine Zunahme der Durchschnittstemperaturen gibt.

Es handelt sich nicht nur um jährliche Schwankungen, sondern einen erkennbaren Trend, der beim Vergleich 30-jähriger Zeiträume sichtbar und statistisch nachweisbar wird.

Städte der Zukunft müssen auf verschiedenen Gebieten resilient geplant bzw. umgebaut werden. Für den Wärmesektor bedeutet dies, Kühlungsmöglichkeiten im öffentlichen Raum aber auch in Gebäuden für die Bewohner:innen zu schaffen und nicht nur einseitig den Heizbetrieb im Winter im Auge zu behalten.

Mit Durchschnittswerten werden nicht die Extreme sichtbar. So mag der Mittelwert aller Sommertemperaturen von 1983 bis 2022 „nur“ bei 17,34 °C liegen und selbst die Durchschnittstemperatur im sehr heißen Sommer 2018 betrug „nur“ 19,39 °C. In Mittelwerten können jedoch Phasen mehrerer aufeinander folgender „Sommertage“ (Temperaturen  $\geq 25$  °C) bzw. sog. heißer Tage (Temperaturen  $\geq 30$  °C) (vgl. DWD, 2018, S. 18) verdeckt bleiben, wobei sogar „ein deutlicher Anstieg der heißen Tage für Bremen [...] zu verzeichnen ist“ (ebd., S. 20). „Bleibt eine erfrischende Abkühlung am Abend aus und sinkt das Minimum der Lufttemperatur auch in der Nacht nicht unter 20 °C [...], dann liegt eine Tropennacht vor. [...] Mehrtägige Hitzeperioden können erhebliche negative Folgen für die Gesundheit haben“ (ebd., S. 21), weshalb die Möglichkeit, Gebäuden Wärme zu entziehen, künftig eine höhere Bedeutung haben dürfte.

Hierbei ist auch zu beachten, dass die weltweit auf den Klimawandel zurückzuführenden Temperaturveränderungen speziell in Nordamerika und Europa noch durch Effekte der sog. globalen Aufhellung verstärkt werden (vgl. Wild, 2012, S. 29). Die Begriffe „global dimming“ und „global brightening“ beziehen sich dabei nicht auf die globale Ausdehnung der Effekte, sondern sind ihrer Bedeutung nach ursprünglich an die für sie maßgebende Globalstrahlung angelehnt (ebd., S. 28). Während die anthropogene Luftverschmutzung (insbesondere Feinstaub aus Kohlenstoff-Ruß und Schwefel) von den 1950er bis in die 1980er Jahre zunahm, kam es seitdem zu einem Rückgang (ebd., S. 30). „Dieser Rückgang ist auf die Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in den Industrieländern sowie auf größere Wirtschaftskrisen zurückzuführen (z. B. der Niedergang des kommunistischen Systems in Osteuropa [...])“ (eigene Übersetzung, ebd.). Ein Teil der Umweltschutzmaßnahmen kann paradoxerweise dazu führen, dass Temperaturanstiege regional sogar noch verstärkt zutage treten.

Die in Teil I und dem vorliegenden Teil II festgestellten Trends sowohl für die Durchschnittstemperaturen der Heizperioden als auch der Sommermonate zeigen einen vergleichbaren Anstieg der Lufttemperaturen. Für die gleichen Zeiträume (1953-1982 und 1993-2022) beträgt die Zunahme für den Mittelwert bei der Heizperiode 1,12 K. Für die Sommermonate ergibt sich eine Erhöhung um 0,96 K. Es handelt sich hierbei um keine jahreszeitlich vergleichende Betrachtung, da für den Winter der Zeitraum der Heizperiode untersucht wurde (Oktober bis April). Für den Sommer wurde dagegen nur ein dreimonatiger Abschnitt (Juni bis August) ausgewertet. Ziel war von Anfang an explizit nicht der Vergleich untereinander, sondern vielmehr der Blick auf die jeweiligen (Außen-)Lufttemperatur-Rahmenbedingungen in den Zeiträumen des Heiz- bzw. Kühlbedarfs. Auch wenn aktives Kühlen vereinzelt vor dem Juni und nach dem August tageweise nötig sein kann, ist bisher zumindest durchschnittlich davon auszugehen, dass sich nachts die Lufttemperaturen in Bremen außerhalb des meteorologischen Sommers deutlich abkühlen und somit für einen natürlichen Ausgleich sorgen (vgl. DWD, 2018).

Zum Abschluss soll noch einmal ein schon im Fazit des ersten Teils erwähnter Aspekt aufgegriffen werden: Für eine erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende kommt es nicht allein auf die technische Machbarkeit an. Teil der Überlegungen beim Ausbau von Wärmenetzen oder der Unterstützung anderer Lösungen auf individueller Quartiersebene sollte auch die Betrachtung der dort jeweils befindlichen Einwohnerstruktur sein (vgl. Schwarz et al., 2023, S. 10–11). Hier ist neben der Auswahl einer technisch und wirtschaftlich sinnvollen Umsetzung auch insbesondere die richtige Bürgerkommunikation gefragt (vgl. ebd., S. 11-17). Je nach Milieu macht es ggf. Sinn, Vorteile von Wärmepumpensystemen im Hinblick auf das Potenzial zur Klimatisierung im Sommer miteinzubeziehen.

Auch hierzu soll die vorliegende Arbeit als Informationsgrundlage in Kombination der anderen wissenschaftlichen Tätigkeiten im Projekt Wärmewende Nordwest beitragen, um zu einer erfolgreichen Umsetzung der Wärmewende zu führen.

## 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/Publicationen/MA-Veroeffentlichungen/dreier/2013\\_1\\_broschu\\_\\_re\\_statistische\\_verfahren\\_final.pdf](https://www.tuhh.de/t3resources/wb/Publicationen/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.). (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/)
- 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>
- 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).
- Panteleit, B., Ortmann, S. & Langer, S. (2022). *Leitfaden oberflächennahe Geothermie im Land Bremen. Bremer geowissenschaftliche Berichte des GDfB - Geologischer Dienst für Bremen -: Bd. 3*. <https://www.gdfb.de/wp-content/uploads/2022/10/Leitfaden-Geothermie-Bremen.pdf>
- Pujianto, N., Kruse, M., Scheuermann, P., Jütting, M., Karantinakis, G., Schwarz, T. & Knies, J. (2023). *Potentialermittlung erneuerbarer Energien in der Vorderen Neustadt (Bremen) und Ansätze zur Integration in ein zukünftiges Wärmenetz*. <https://doi.org/10.26092/ELIB/2406>
- Schwarz, T. (2023). *Klimatische Entwicklungen in Bremen am Beispiel von Langzeit-Lufttemperaturveränderungen Teil I: Heizperiode (Oktober bis April)*. <https://doi.org/10.26092/ELIB/2402>
- Schwarz, T., Kötterheinrich, K. & Knies, J. (2023). *Das Konzept der Sinus-Milieus für eine zielgruppen-spezifische Strategieentwicklung in der kommunalen Wärmeplanung am Beispiel Bremens*. <https://doi.org/10.26092/ELIB/2409>
- Wild, M. (2012). Enlightening Global Dimming and Brightening. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(1), 27–37. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00074.1>
- WMO. (2022). (*World Meteorological Organization*): *Climate*. <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate>

## Anhang

Tabelle 2: Zwei-Strichproben 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	16,6213	17,5863
Varianz	1,1046	0,9516
Beobachtungen	30	30
Freiheitsgrade (df)	29	29
Prüfgröße (F)	1,1607	
P(F<=f) einseitig	0,3454	
Kritischer F-Wert bei einseitigem Test	1,8608	

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

	Durchschnittstemperaturen met. Sommer der Jahre 1953 bis 1982	Durchschnittstemperaturen met. Sommer der Jahre 1993 bis 2022
	17,12	15,38
	15,66	18,32
	17,03	18,27
	14,87	16,39
	16,82	18,51
	16,43	16,02
	18,17	17,40
	15,93	16,28
	16,03	17,01
	14,63	17,98
	16,61	18,86
	16,66	16,82
	15,09	16,41
	16,66	18,22
	17,07	17,29
	17,22	17,46
	17,59	17,25
	17,36	18,14
	17,06	16,75
	16,66	16,86
	17,95	17,63
	16,15	17,48
	18,74	17,59
	18,65	17,84
	16,71	17,28
	15,32	19,39
	15,28	19,27
	15,77	18,47
	16,02	18,14
	17,39	18,86
Varianz	1,10	0,95
Mittelwert	16,62	17,59

*Tabelle 4: Bereits nach gewichtetem Wert der Einzelmonate errechnete Mittelwerte der jeweiligen Sommer (01. Juni bis 31. August des Jahres) für Bremen; Datenbasis: Deutscher Wetterdienst, Originalwerte weiterverarbeitet und gerundet*

Sommer (Jahr)	Durchschnittstemperatur °C
1900	17,52
1901	17,30
1902	15,76
1903	16,00
1904	16,89
1905	17,89
1906	17,06
1907	15,13
1908	16,85
1909	15,38
1910	17,05
1911	18,08
1912	16,94
1913	15,43
1914	17,53
1915	16,26
1916	15,10
1917	18,49
1918	15,61
1919	15,27
1920	16,37
1921	16,87
1922	15,75
1923	15,64
1924	16,25
1925	17,49
1926	16,94
1927	16,47
1928	16,08
1929	16,57
1930	17,89
1931	16,88
1932	18,29
1933	17,70
1934	17,38
1935	17,91
1936	17,01
1937	16,95
1938	17,06
1939	17,48
1940	16,04

1941	17,45
1942	16,35
1943	16,69
1944	17,30
1945	
1946	16,98
1947	18,86
1948	16,87
1949	15,98
1950	17,75
1951	16,79
1952	16,62
1953	17,12
1954	15,66
1955	17,03
1956	14,87
1957	16,82
1958	16,43
1959	18,17
1960	15,93
1961	16,03
1962	14,63
1963	16,61
1964	16,66
1965	15,09
1966	16,66
1967	17,07
1968	17,22
1969	17,59
1970	17,36
1971	17,06
1972	16,66
1973	17,95
1974	16,15
1975	18,74
1976	18,65
1977	16,71
1978	15,32
1979	15,28
1980	15,77
1981	16,02
1982	17,39
1983	18,14
1984	15,73
1985	15,30

1986	16,48
1987	15,32
1988	16,04
1989	16,92
1990	16,70
1991	16,71
1992	18,57
1993	15,38
1994	18,32
1995	18,27
1996	16,39
1997	18,51
1998	16,02
1999	17,40
2000	16,28
2001	17,01
2002	17,98
2003	18,86
2004	16,82
2005	16,41
2006	18,22
2007	17,29
2008	17,46
2009	17,25
2010	18,14
2011	16,75
2012	16,86
2013	17,63
2014	17,48
2015	17,59
2016	17,84
2017	17,28
2018	19,39
2019	19,27
2020	18,47
2021	18,14
2022	18,86

Excel-Datenmappe (vollständiger, verwendeter Datensatz mit allen Tabellenblättern) als Bestandteil dieser Ausarbeitung zum Download über <https://doi.org/10.26092/elib/2526>.



**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)