

**Bioklimatische Beurteilung
zur Bestätigung des Prädikates „Ort mit Peloidkurbetrieb“
für Bad Sülze
(Landkreis Vorpommern-Rügen)**

Auftraggeber: Amt Recknitz-Trebeltal

DEUTSCHER WETTERDIENST
Abteilung Klima- und Umweltberatung

AMTLICHES GUTACHTEN

**Bioklimatische Beurteilung
zur Bestätigung des Prädikates
„Ort mit Peloidkurbetrieb“
für Bad Sülze**

Auftraggeber: Amt Recknitz-Trebeltal
Karl-Marx-Straße 18
18465 Tribsees

Seiten (gesamt) : 22
Tabellen : 10
Abbildungen : 9

Hamburg, den 11.05.2020

.....
Dipl.-Met. Elke Isokeit
Leiterin des Regionalen Klimabüros Hamburg

.....
Dipl.-Met. Kirsten Heinrich
Gutachterin

Dieses Gutachten ist urheberrechtlich geschützt, außerhalb der mit dem Auftraggeber vertraglich vereinbarten Nutzungsrechte ist eine Vervielfältigung oder Weitergabe dieses Gutachtens an Dritte sowie die Mitteilung seines Inhaltes, auch auszugsweise, nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Deutschen Wetterdienstes gestattet.

Inhalt

1	EINLEITUNG	3
2	BIOKLIMATISCHE BEURTEILUNG	4
2.1	TEMPERATURVERHÄLTNISSE IM RAUM BAD SÜLZE	4
2.2	THERMISCHER WIRKUNGSKOMPLEX	7
2.3	NIEDERSCHLAGSVERHÄLTNISSE IM RAUM BAD SÜLZE	16
2.4	SONNENSCHENVERHÄLTNISSE IM RAUM BAD SÜLZE	18
3	ZUSAMMENFASSUNG UND GESAMTBEURTEILUNG	20
4	LITERATURVERZEICHNIS	21
5	ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	22

1 Einleitung

Bad Sülze ist staatlich anerkannter Ort mit Peloidkurbetrieb und beauftragte den Deutschen Wetterdienst, Regionale Klima- und Umweltberatung Hamburg, für Bad Sülze eine Überprüfung der bioklimatisch relevanten Einflussfaktoren zur Bestätigung des Prädikates „Ort mit Peloidkurbetrieb“ zu erstellen.

Um während eines Erholungs- und Kuraufenthaltes eine Entlastung gegenüber den täglich erlebten Umwelteinflüssen zu erreichen, sind an die Luftqualität in einem Kurort erhöhte Ansprüche zu stellen. Die Qualitätsmerkmale sind in den „Begriffsbestimmungen – Qualitätsstandards für Heilbäder und Kurorte, Luftkurorte, Erholungsorte - einschließlich der Prädikatisierungsvoraussetzungen - sowie für Heilbrunnen und Heilquellen“ mit Stand vom 21.10.2016 sowie 23019 angegeben.

Der Deutsche Wetterdienst hatte im November 2000 eine "Klimaanalyse zur Anerkennung als Moorheilbad" angefertigt. Die nunmehr erforderliche Überprüfung ist durch das Gesetz über die Anerkennung als Kur- und Erholungsort in Mecklenburg-Vorpommern (Kurortgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 29. August 2000, letzte berücksichtigte Änderung: § 5 geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 23. Februar 2010 (GVOB. M-V S.101, 113) vorgeschrieben.

Durch Änderungen der Flächennutzung, Ausdehnung und Verdichtung der Bebauung u. ä. mit Auswirkungen auf die Durchlüftung können sich die örtlichen bioklimatischen Verhältnisse ändern. Aus diesem Grunde ist in Abständen von längstens 10 Jahren zu prüfen, ob die Voraussetzungen der vorliegenden Klimagutachten weiterhin gegeben sind. Dies geschieht in Form einer Bioklimatischen Beurteilung. Dazu ist eine Ortsbegehung erforderlich. Eine eingehende Ortsbegehung wurde am 22.04.2020 durch Diplom- Meteorologin Kirsten Heinrich vom Deutschen Wetterdienst durchgeführt.

2 Bioklimatische Beurteilung

Bei der Ortsbegehung wurde festgestellt, dass die Voraussetzungen für die Ausprägung der örtlichen klimatischen Verhältnisse, wie sie in der Klimaanalyse von 2000 dargestellt wurden, im Wesentlichen unverändert geblieben sind.

Die Klimaanalyse von 2000 stützte sich vorwiegend auf 2-jährigen Messungen der örtlichen Kurortklimastation in Bad Sülze, die, soweit möglich, mit Daten der benachbarten, langjährigen Stationen Tribsees bzw. Teterow auf den 30jährigen Bezugszeitraum 1961/90 reduziert wurden. Von diesen Stationen liegen keine Messwerte vor, die eine Verlängerung der Reihe auf 2010 ermöglichen. Die folgenden Auswertungen basieren deshalb auf 1 x 1 km großen Rasterwerten, denen punktuelle Bodenmessungen zugrunde liegen. Ausgehend vom Zeitraum 1981/2010 ergeben sich als Folge des Klimawandels vor allem etwas höhere Lufttemperaturen sowie Veränderungen der daraus abgeleiteten Größen.

2.1 Temperaturverhältnisse im Raum Bad Sülze

In Tab. 1 sind Parameter der Lufttemperatur für die Zeiträume 1951/1980, 1961/1990, 1971/2000 und 1981/2010 aufgeführt.

Tab. 1: Angaben zur Lufttemperatur in 2 m Höhe, Bad Sülze
 Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 987, GK3 Koordinaten

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur (°C)													
1951/1980	-0,4	-0,2	2,5	6,5	11,4	15,5	16,8	16,6	13,5	9,2	4,7	1,5	8,1
1961/1990	-0,4	0,2	2,8	6,6	11,7	15,3	16,8	16,6	13,4	9,3	4,7	1,3	8,2
1971/2000	0,3	0,8	3,4	6,9	11,8	15,0	17,1	17,0	13,3	9,0	4,4	1,8	8,4
1981/2010	0,6	1,0	3,6	7,6	12,2	15,1	17,7	17,4	13,7	9,2	4,6	1,4	8,7

Beim Vergleich der Werte in Tab. 1 zeigt sich übers Jahr eine eindeutige Zunahme der Monatsmittel der Lufttemperatur, die in den einzelnen Monaten allerdings recht unterschiedlich ausfällt. Die größten Zunahmen sind in den Monaten Januar bis April zu verzeichnen, aber auch die Monate Mai, Juli und August sind deutlich wärmer geworden. Kaum Änderungen weisen der September bis Dezember auf.

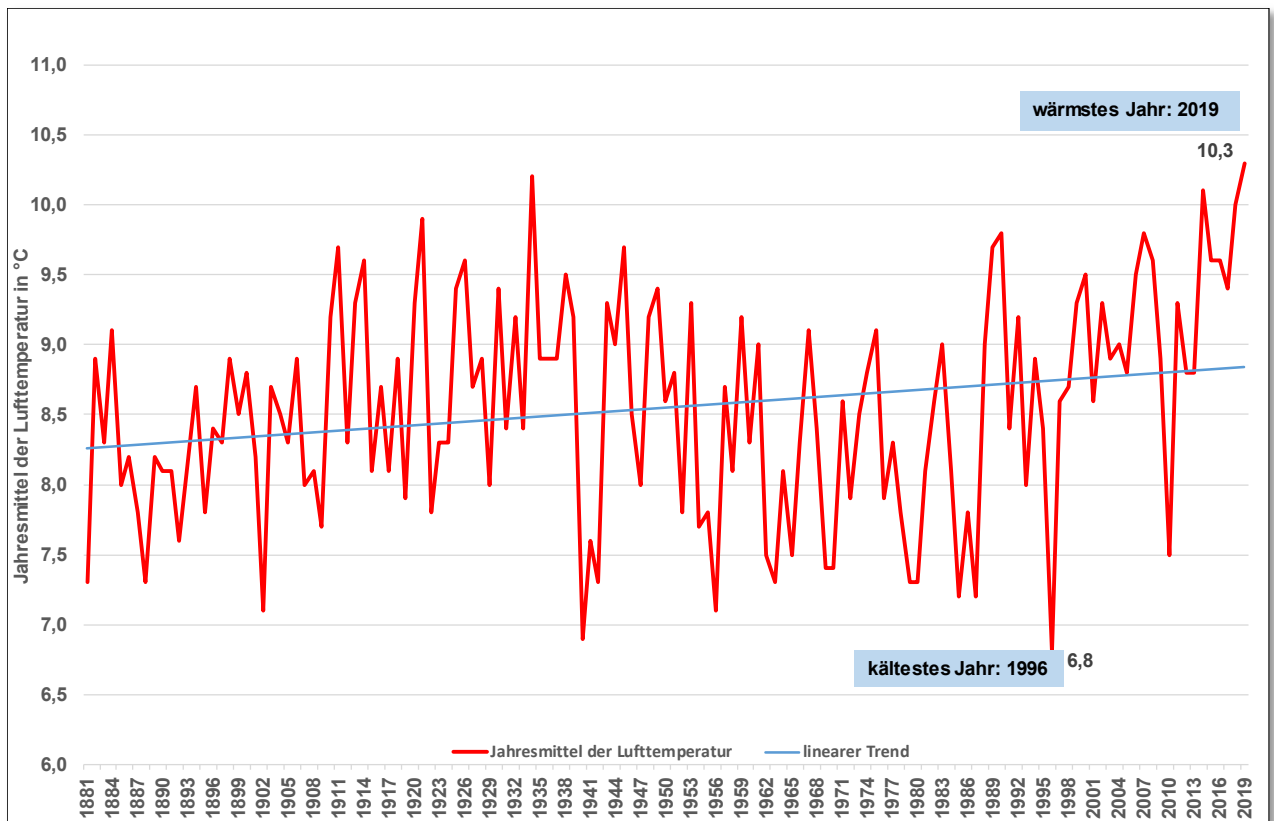


Abb. 1: Jahresmittel der Lufttemperatur, Bad Sülze, 1881 bis 2019,
Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 987, GK3 Koordinaten

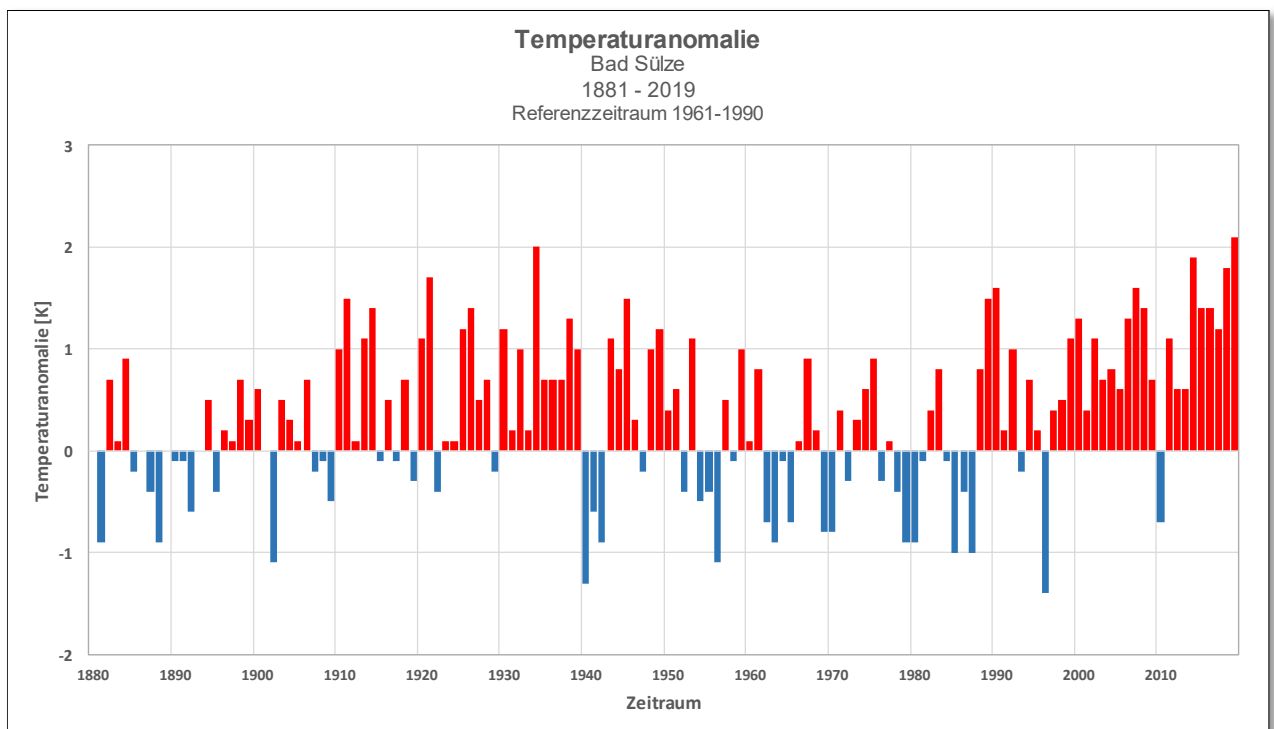


Abb. 2: Temperaturanomalie, Bad Sülze, 1881 bis 2019
Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 987, GK3 Koordinaten

Die Abb. 1 zeigt deutlich, dass es im Raum Bad Sülze wärmer wird. Von 1881 bis 2019 ist das Jahresmittel der Lufttemperatur um ca. + 0,6 K angestiegen. Temperaturdifferenzen werden in Kelvin (K) angegeben. Dabei schwanken die Jahresmittel der Temperatur von Jahr zu Jahr zum Teil kräftig. Mit hoher Sicherheit ist festzustellen, dass sich die Temperaturzunahme insgesamt manifestiert hat und zukünftig mit einem weiteren Anstieg zu rechnen ist. Dieses geht auch aus Abb. 2 hervor, in der die Abweichungen der Jahresmittel der Lufttemperatur gegenüber dem Jahresmittel des Referenzzeitraums 1961 – 1990 von 8,2 °C dargestellt sind. Aus Tab. 2 gehen auch deutliche Zunahmen der Sommertage sowie eine Abnahme bei den Frosttagen hervor, wobei die Abnahme der Frosttage schwankt und nicht so merklich ausfällt.

Tab. 2: Angaben zu Sommer- und Frosttagen, Bad Sülze
 Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 987, GK3 Koordinaten

Bezugszeitraum	mittlere jährliche Anzahl der Sommertage (Tagesmaximum ≥ 25 °C)	mittlere jährliche Anzahl der Frosttage (Tagesminimum $< 0,0$ °C)
Mittel 1951/1980	15,9	79,7
Mittel 1961/1990	17,8	76,3
Mittel 1971/2000	20,9	73,5
Mittel 1981/2010	24,8	75,3

Ein Vergleich der Bezugszeiträume 1951/1980 und 1981/2010 zeigt, dass die mittlere jährliche Anzahl der Sommertage von 16 auf 25 gestiegen und bei den Frosttagen von 80 auf 75 gesunken ist (s. a. Abb. 3 und Tab. 2). Dabei zeigte der Zeitraum 1971/2000 mit durchschnittlich 74 Frosttagen im Jahr noch eine geringere Häufigkeit als der Zeitraum 1981/2000.

Aus Abb. 1 ist ersichtlich, dass im Raum Bad Sülze das vergangene Jahr 2019 das wärmste Jahr seit Beobachtungsbeginn war, dicht gefolgt von 1934, 2014 und 2018. Mit insgesamt 54 Sommertagen gab es dagegen im Jahr 2018 die bisher höchste Anzahl von Tagen mit einem Maximum der Lufttemperatur ≥ 25 °C im Raum Bad Sülze. Mehr als 50 Sommertage traten seit 1951 kein weiteres Mal auf. Die bisherigen Höchstwerte lagen mit 40 bis 42 Tagen in den Jahren 1992, 2003, 2006 und 2016.

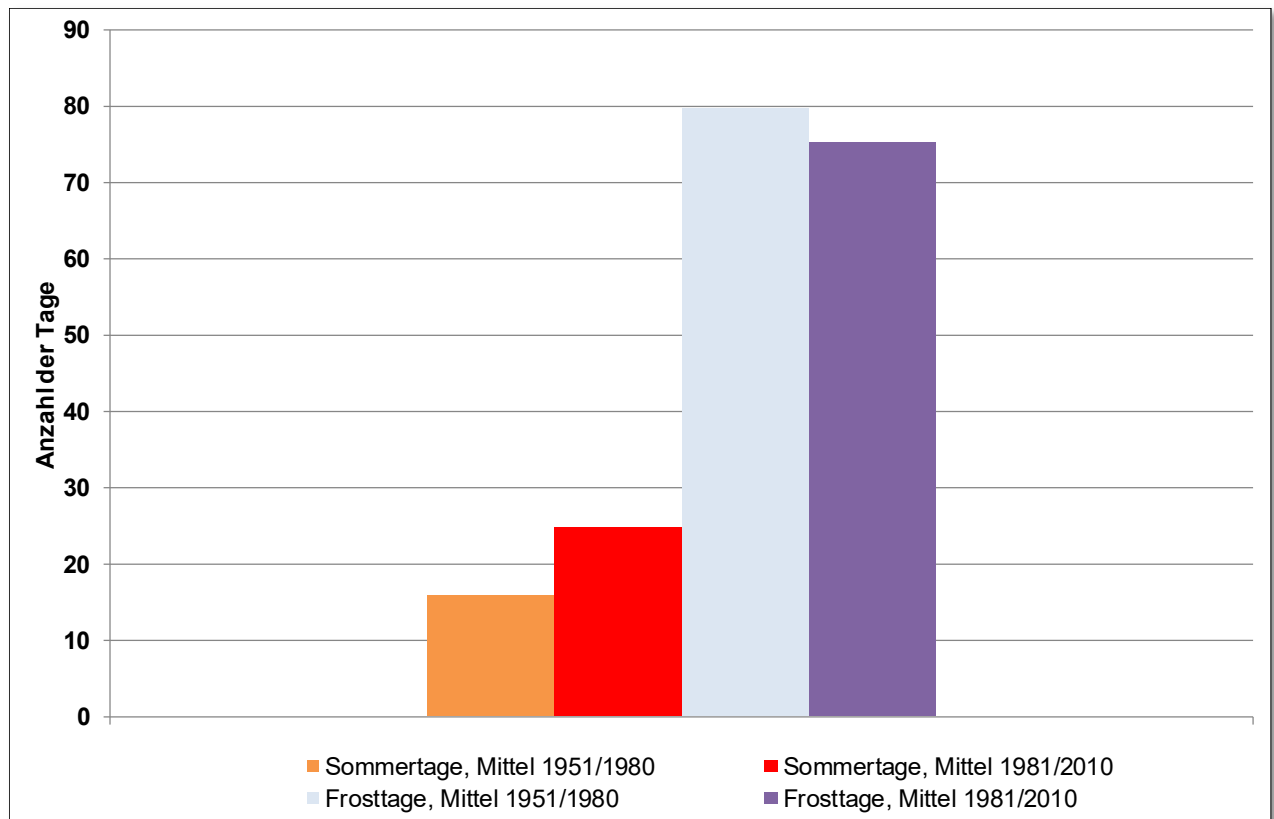


Abb. 3: Mittlere jährliche Anzahl der Sommer- und Frosttage, Bad Sülze, Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 997, GK3 Koordinaten

2.2 Thermischer Wirkungskomplex

Auf Grund der engen Kopplung zwischen der Wärmeregulation und dem Herz-Kreislaufsystem des Menschen ist die Wirkung der thermischen Bedingungen auf den Menschen von großer Bedeutung (VDI, 2008).

In einem geeigneten Klima sollten neben einer möglichst geringen Wärmebelastung auch ausreichende Möglichkeiten zur Nutzung von Kältereizen gegeben sein, da durch ein gewisses Maß dieser Reize ein Trainingseffekt für das menschliche Wärmeregulationssystem erzielt werden kann. Allerdings müssen die Kältereize gut dosierbar sein, um das ganze Jahr über Aufenthalte im Freien zu ermöglichen (VDI, 2008; Jendritzky et al., 1990; Koppe et al., 2005). Dabei ist zwischen kurzzeitigen intensiven und langanhaltenden Beeinflussungen zu unterscheiden. Während die letztgenannten (dauerhafte Belastungen) eher am Wohnort des Kurgastes eine größere Rolle spielen, können kurzzeitige intensive Spitzen der Wärmebelastung den Erfolg einer Klimakur nachhaltig in Frage stellen (Jendritzky et al., 1990).

Der Mensch hält seine Körperkerntemperatur unabhängig von wechselnden Umgebungsbedingungen und variabler Stoffwechselleistung näherungsweise konstant (ca. 37 °C). Er bedient sich dabei eines Thermoregulationssystems, das über physikalische (z. B. Durchblutungsänderung) und chemische (Energieumsatz) Regulationsmechanismen für eine Anpassung von Wärmeabgabe und Wärmebildung sorgt. Zusätzlich werden – im Wesentlichen durch Unbehaglichkeitsempfindungen – bestimmte Verhaltensweisen ausgelöst wie zum Beispiel Bekleidungswechsel, Änderung der Aktivität, Aufsuchen von Schatten oder Windschutz etc. (VDI, 2008; Jendritzky et al., 1990; Höppe, 1993).

In Abhängigkeit vom Grad der Abweichung von einem optimalen Komfort-Grundzustand des menschlichen Wärmehaushaltes belasten die essentiellen Regulationsleistungen jedoch den Organismus bei gleichzeitig zunehmendem Unbehaglichkeitsempfinden. Während ein gesunder Mensch die normalen Wetter- und Klimaänderungen im Allgemeinen weitgehend problemlos verkraftet, ist die Regulationsfähigkeit älterer Menschen und vorgeschädigter Personen häufig limitiert (VDI, 2008).

Zur Charakterisierung der thermischen Komponente des Bioklimas kommen Wärme- (bzw. Energie-) haushaltsmodelle des Menschen, wie das in den Begriffsbestimmungen (DHV, 2016) implementierte Klima-Michel-Modell (KMM), zur Anwendung (VDI, 2008; Jendritzky et al., 1990). Dieses beschreibt den Energiehaushalt (bzw. Wärmehaushalt) des Menschen und berechnet die thermische Reizstärke (Wärmebelastung und Kältereiz) auf Basis der Gefühlten Temperatur für den zu prädikatisierenden Ort (Jendritzky et al., 1990).

Gefühlte Temperatur

Das thermische Empfinden des Menschen hängt nicht nur von der Lufttemperatur ab, denn der Mensch fühlt nicht allein die Temperatur der Luft, sondern die Wärmemenge, die er über die Haut an die Umgebung abgibt. Aus diesem Grund sind die Windgeschwindigkeit, die Luftfeuchtigkeit, die Sonnenstrahlung und die Wärmestrahlung der Atmosphäre und von Oberflächen genauso wichtig. Daneben sind auch der Aktivitätsgrad und der Wärmeisolationwert der getragenen Bekleidung ganz entscheidend. Alle genannten Größen werden bei der Berechnung der gefühlten Temperatur, die der DWD zur Beschreibung des Wärmeempfindens des Menschen verwendet, berücksichtigt.

Die Gefühlte Temperatur steigt unter warm-sonnigen, feuchten und windschwachen sommerlichen Bedingungen viel schneller an als die Lufttemperatur. Bei milden und trockenen Bedingungen mit mäßigem Wind kann sie aber auch unter die Lufttemperatur absinken. Unter kalter, insbesondere windstarker äußerer Umwelt kann die Gefühlte Temperatur um 15 K (Temperaturdifferenzen werden in Kelvin [K] angegeben) und mehr unter der Lufttemperatur liegen. Sonne und Windstille können die Gefühlte Temperatur bis ca. 10 K über die Lufttemperatur klettern lassen (VDI, 2008).

Die Gefühlte Temperatur ist nach der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2 (VDI, 2008) entsprechend der Tab. 3 in eine thermophysiologisch gerechte Bewertung des thermischen Empfindens umzusetzen.

Tab. 3: Gefühlte Temperatur und thermische Beanspruchung (VDI, 2008)

Gefühlte Temperatur (GT) [°C]	Thermisches Empfinden	Thermophysiologische Beanspruchung
$GT \leq -39$	sehr kalt	extremer Kältestress
$-39 < GT \leq -26$	kalt	starker Kältestress
$-26 < GT \leq -13$	kühl	mäßiger Kältestress
$-13 < GT \leq 0$	leicht kühl	schwacher Kältestress
$0 < GT < +20$	behaglich	Komfort möglich
$+20 \leq GT < +26$	leicht warm	schwache Wärmebelastung
$+26 \leq GT < +32$	warm	mäßige Wärmebelastung
$+32 \leq GT < +38$	heiß	starke Wärmebelastung
$GT \geq +38$	sehr heiß	extreme Wärmebelastung

Wärmebelastung und Kältestress stellen bei zunehmender Abweichung vom thermischen Komfort eine Belastung für Herz, Kreislauf und den peripheren Gefäßen dar. Für den Menschen stellen sich wärmebelastende Situationen vor allem bei Strahlungswetterlagen mit hohen Lufttemperaturen und bei gleichzeitiger Windstille oder sehr schwachen Winden ein (Matzarakis und Ender, 2010; Matzarakis, 2013); dabei muss das Herz eine höhere Leistung erbringen. Es muss viel durch Schweißverdunstung auf der Haut abgekühltes Blut umgewälzt werden, damit der Körperkern bei der für alle Organfunktionen optimalen Temperatur von ca. 37 °C gehalten werden kann. Da der Mensch ein Individuum ist, kommt es individuell auch zu abweichenden Beurteilungen vom thermischen Komfort oder Diskomfort (Höppe, 1993). Diese Abweichungen vom Durchschnitt lassen sich nach Fanger (1972) mit einer Wahrscheinlichkeit des Empfindens von Diskomfort ausdrücken. Im Winter, wenn häufig sehr niedrige Lufttemperaturen verbunden mit hohen Windgeschwindigkeiten auftreten, nimmt die Gefahr rapide zu, dass es an bloßen Hautstellen, z.B. im Gesicht, zu Erfrierungen kommen kann. Das hängt mit dem dann besonders starken Wärmeentzug der dem Wind ungeschützt ausgesetzten Haut zusammen (Fanger, 1972; 1993; Staiger et al., 2018).

Ein Tag mit Wärmebelastung im Bezugszeitraum 1971-2000 ist definiert als ein Tag an dem zu mindestens einem Termin zwischen 10 und 16 MEZ eine Gefühlte Temperatur von ca. 29 °C überschritten wird. Dabei entspricht MEZ (Mittleuropäische Zeit) der Mittleuropäischen Sommerzeit (MESZ) minus 1 Stunde. Ein Tag mit Kältereiz ist definiert als ein Tag an dem der Tagesmittelwert der Gefühlten Temperatur zwischen 7 bis 19 MEZ ca. -9 °C unterschreitet.

Klima-Michel-Modell

Mit dem Klima-Michel-Modell (KMM) des DWD wird die Gefühlte Temperatur berechnet. Im KMM wird davon ausgegangen, dass der Modellmensch (Klima-Michel) sich durch Wahl der Bekleidung seinen thermischen Umgebungsbedingungen anpassen kann. Die Gefühlte Temperatur bewertet dann in Grad Celsius (°C) das thermische Empfinden des Modellmenschen. Außerdem ermöglicht die im KMM eingeführte Feuchtekorrektur die Angabe einer Wahrscheinlichkeit, mit der eine an mitteleuropäische Wetterbedingungen akklimatisierte Person Schwüle empfindet.

Schwüle

Schwüle ist ein thermophysiologisch schwierig zu definierender Begriff. Im deutschen Sprachraum ist dieser jedoch für die Beschreibung von ungünstigem Empfinden während feucht-warmer Bedingungen weit verbreitet. Gegenüber trockenen, sonst aber gleichen Bedingungen sind die Verdunstungsraten von Schweiß auf der Haut und der Fluss von Wasserdampf in die umgebende Luft verringert. Um pro Zeiteinheit die erforderliche Schweißmenge verdunsten zu können, ist folglich ein größerer mit Schweiß bedeckter Flächenanteil der Haut erforderlich. Das erhöht die Beanspruchung des körpereigenen Thermoregulationssystems.

Bewertung der thermischen Beanspruchung auf Basis des Bezugszeitraum 1971-2000

Nach den Begriffsbestimmungen ist der zulässige Richtwert von maximal 20 Tagen pro Jahr mit Wärmebelastung einzuhalten bzw. sollte der Wert unterhalb der zulässigen Toleranzmarge von 23 Tagen liegen, die in den Fällen Anwendung findet, in denen von ausreichenden lokalen Ausgleichssystemen ausgegangen werden kann, die zu einer zusätzlichen abendlichen und nächtlichen Abkühlung führen.

In der Abb. 4 ist die Verteilung von Wärmebelastung und Kältereiz im Jahresverlauf für den Beurteilungsort in einer Höhe von 10 m über NN dargestellt. Wie die Abb. 4 zeigt, ist im Gebiet von Bad Sülze im langjährigen Mittel in einem Jahr an etwa 11,1 Tagen mit einer Wärmebelastung zu rechnen. In den beiden wärmsten Monaten Juli und August sind im Mittel jeweils rund 4 Tage mit Wärmebelastung gegeben. Der Richtwert von 20 Tagen wird im Untersuchungsgebiet unterschritten und somit eingehalten.

Abweichend von den im Mittel zu erwartenden Verhältnissen kann es in einzelnen Jahren im Sommer allerdings zu vermehrter Wärmebelastung kommen. Kompakte Bebauung in Siedlungsbereichen kann aufgrund des vergleichsweise hohen Wärmespeichervermögens der Gebäude die Wärmebelastung entsprechend erheblich verstärken. Diese Erscheinung spielt jedoch nur örtlich eine Rolle; wegen der relativ geringen Ortsgröße und nur örtlicher kleinstädtisch-dichter Bebauung und ansonsten durchgrünter Siedlungsstruktur, sind nur unbedeutende Auswirkungen auf die Wärmebelastung zu erwarten. Ebenfalls kann es innerhalb von Bad Sülze auf Grund unterschiedlicher kleinräumigerer topographischer Gegebenheiten zu unterschiedlicher Wärmebelastung kommen.

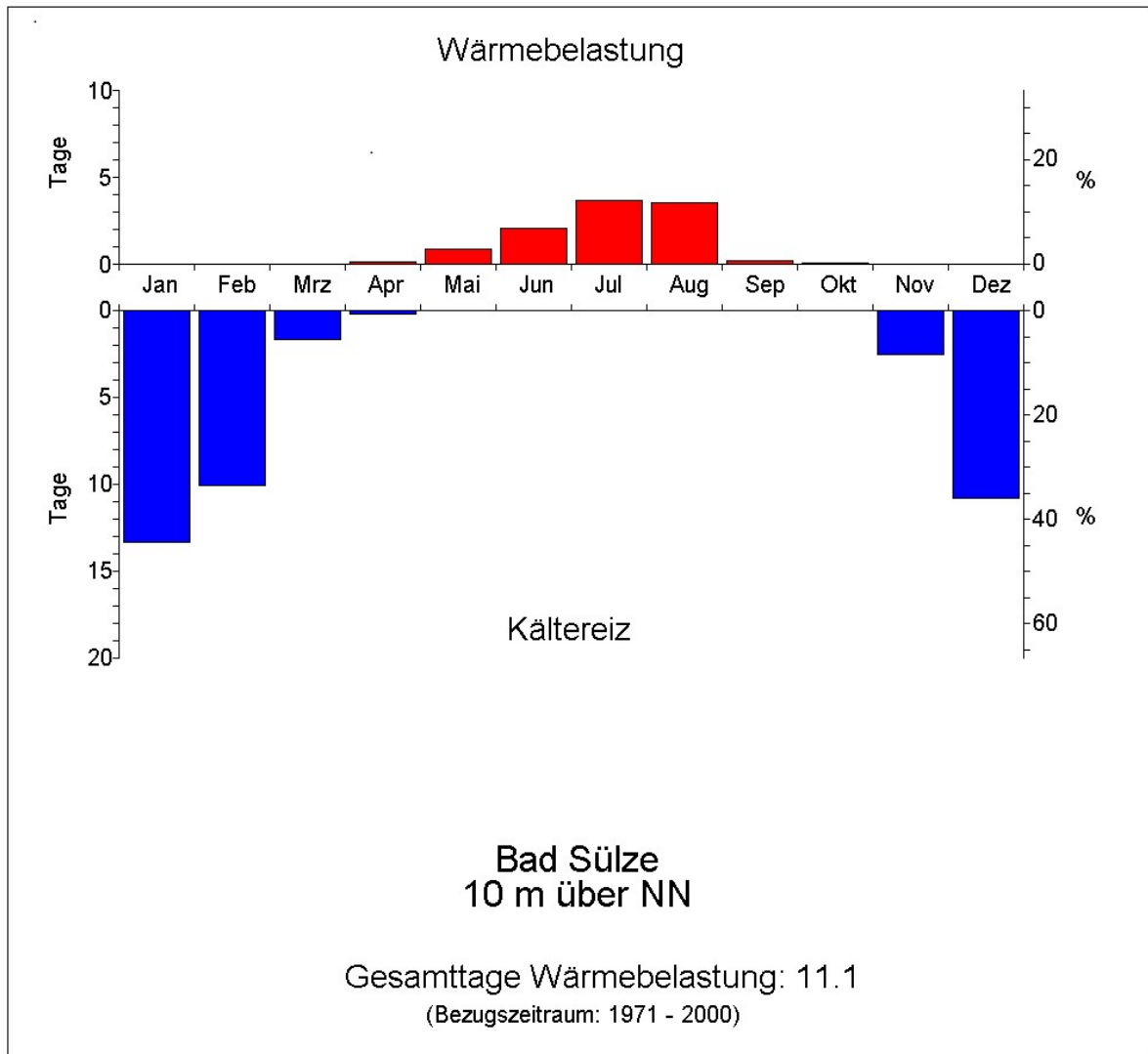


Abb. 4: Anzahl der Tage mit Wärmebelastung und Kältereizen

Um sich bei höheren Lufttemperaturen vor intensiver Sonnenstrahlung zu schützen, wird meist das schützende Kronendach des Waldes bewusst aufgesucht. Dem Wald kommt als Klimaregulator im Aufenthaltsbereich des Menschen eine Schlüsselrolle zu. Die Abschattung durch den Kronenraum bewirkt tagsüber eine geringere Einstrahlung und dämpft die nächtliche Wärmeausstrahlung. Im Gegensatz zu Freiflächen treten deshalb im Waldesinnern weder Überhitzung noch starke Abkühlung auf (Matzarakis und Endler, 2010; Matzarakis, 2013).

Im Unterschied zur Wärmebelastung ist ein gewisses Maß an Kältereizen erwünscht. Kältereize lassen sich durch entsprechendes Verhalten des Menschen, wie dem Wechsel der Bekleidung, unterschiedliche körperliche Aktivität, die Variation der Aufenthaltsdauer im Freien und die Wahl der Wanderwege gut dosieren. Im Sinne der Kältetherapie sind sie zur Stärkung des Immunsystems, zur Rehabilitation und Abhärtung nutzbar. Auch die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Organismus an Wetterwechsel und Umweltreize kann wohldosiert neu erlernt oder trainiert werden.

Die Zahl der Tage pro Jahreszeit mit Kältereizen (Tab. 4) wird im Vergleich zu den Verhältnissen in Frankfurt am Main angegeben. Ein Kältereiz von 0 Tagen bedeutet thermisch indifferente Bedingungen zu diesem Bezugsort.

Die Möglichkeiten einer Kältetherapie im Sinne einer Rehabilitation und Abhärtung lassen sich über die folgende, in Tab. 5 aufgeführte, 6-stufige Skala jahreszeitlich einstufen. Bei dieser Bewertung wird berücksichtigt, ob die gezielte Anwendung von Kältereizen bei entsprechender Wahl der Bekleidung im Freien möglich ist.

Tab. 4: Bewertungsschlüssel der Kältereize

Bewertung Kältereiz	Definition Zahl der Tage pro Jahreszeit
Selten	vermehrter Kältereiz gegenüber Frankfurt an 0 Tagen Wärmebelastung vor Ort an mehr als 11 Tagen
Hinreichend	vermehrter Kältereiz gegenüber Frankfurt an 0 Tagen Wärmebelastung vor Ort an maximal 11 Tagen
Ver mehrt	vermehrter Kältereiz gegenüber Frankfurt an 0 bis 5 Tagen
Häufig	vermehrter Kältereiz gegenüber Frankfurt an 6 bis 12 Tagen
Überwiegend	vermehrter Kältereiz gegenüber Frankfurt an 13 bis 25 Tagen
Dauernd	vermehrter Kältereiz gegenüber Frankfurt an mehr als 25 Tagen

Danach ergeben sich auf der Basis des Bezugszeitraumes 1971-2000 für Beurteilungsort in den einzelnen Jahreszeiten folgende in aufgeführte Möglichkeiten der klimatherapeutischen Nutzung der Kältereize.

Tab. 5: Einstufung der Kältereize in Bad Sülze

Jahreszeit	Monate	Häufigkeit von Kältereizen
Frühjahr	März bis Mai	ver mehrt
Sommer	Juni bis August	hinreichend
Herbst	September bis November	ver mehrt
Winter	Dezember bis Februar	überwiegend

Im Raum Bad Sülze werden nach den Berechnungen trotz angepasster Kleidung im Januar ca. 13, im Februar ca. 10 und im Dezember etwa 11 Tage im Mittel als „zu kalt“ empfunden. Für die Kältetherapie ergeben sich daher im Januar die besten Möglichkeiten (Abb. 4).

In Bad Sülze sind jedoch grundsätzlich während des gesamten Jahres Möglichkeiten einer therapeutischen Nutzung des Klimas gegeben. Kältereize lassen sich oftmals auf ein erträgliches Maß reduzieren – bei Wärmebelastung sind die Anpassungsmöglichkeiten dagegen begrenzt.

Bewertung der thermischen Beanspruchung auf Basis des Bezugszeitraum 1981-2010

Die Bewertung der thermischen Beanspruchung auf Basis des Bezugszeitraums 1981-2010 wird noch nicht für das Beurteilungsverfahren in Kurorten eingesetzt, soll an dieser Stelle aber als zusätzliche Information dienen. Grundlage ist ebenfalls das beschriebene KMM und die Gefühlte Temperatur. Im Unterschied zum Bezugszeitraum 1971-2000 wurde aber das Beurteilungsverfahren zur Erstellung der Bioklimakarte für 1981-2010 weiterentwickelt, indem zum einen der hohen gesundheitlichen Bedeutung der Schwüle ein stärkeres Gewicht verliehen wurde und zum anderen, eine mögliche Anpassung des Menschen an wärmere Bedingungen, aufgrund der bereits eingetretenen und der erwarteten, weiter fortschreitenden Klimaerwärmung, berücksichtigt wurde. Für die Anpassung bzw. Akklimatisation, welche als Reihe von thermophysiologischen Anpassungen definiert ist, die sich nach mehreren Tagen der Exposition in einer veränderten thermischen Umgebung einstellen (Fanger, 1972; Yousef et al., 1986), wurde das in Anlehnung an das Verfahren des Hitzewarnsystems des DWD verwendete Verfahren HeRATE verwendet (Koppe, 2005). Für den Menschen tritt für den Bezugszeitraum 1971-2000 eine Wärmebelastung auf, wenn trotz Sommerkleidung ein bestimmter Schwellenwert (ca. 29 °C Gefühlte Temperatur) überschritten wird. Beim Verfahren für den Bezugszeitraum 1981-2010 wird durch die beiden Neuerungen ein Tag mit Wärmebelastung bzw. Kältereiz nun wie folgt definiert:

Ein Tag mit Wärmebelastung tritt auf, wenn zu ~13 MEZ der variable Schwellenwert zu „starker Wärmebelastung“ (d.h. $GT \geq 32 \text{ °C}$ bis max. 34 °C) überschritten wird oder wenn zu ~13 MEZ der variable Schwellenwert zu „mäßiger Wärmebelastung“ (d.h. $GT \geq 26 \text{ °C}$) überschritten wird und schwüle Bedingungen bestehen.

Ein Tag mit Kältereiz tritt auf, wenn der Tagesmittelwert der Gefühlten Temperatur zwischen 7 bis 19 MEZ den variablen Schwellenwert von -6,5 °C bis max. -4 °C unterschreitet.

Durch die Weiterentwicklung des Beurteilungsverfahrens einschließlich der beschriebenen Änderungen der Definitionen der Ereignistage, ist ein unmittelbarer Vergleich der Wärmebelastungs- bzw. Kältereiztage der beiden Bezugszeiträume nicht möglich. Die Änderungen bewirken, dass sich insgesamt weniger Belastungstage ergeben. Somit muss insbesondere auch der für die Prädikatisierung bedeutsame Richtwert von 20 bzw. 23 Tagen mit Wärmebelastung (DHV, 2005) neu festgelegt werden. Die Festlegung erfolgt über eine Nachanalyse des Zeitraums 1971-2000 mit dem weiterentwickelten Verfahren. Daraus ergibt sich ein Richtwert von 11 Tagen (örtlich in Deutschland abweichend; für den Beurteilungsort beträgt er jedoch 11 Tage), wobei eine Überschreitung um 2,5 Tage bei ausreichender abendlicher Abkühlung möglich ist. Mit diesem Richtwert für 1981-2010 kann weitestgehend konsistent zu 1971-2000 die Anzahl der Tage mit Überschreitung des Richtwertes berechnet und somit auch mit dem vorherigen Zeitraum verglichen werden.

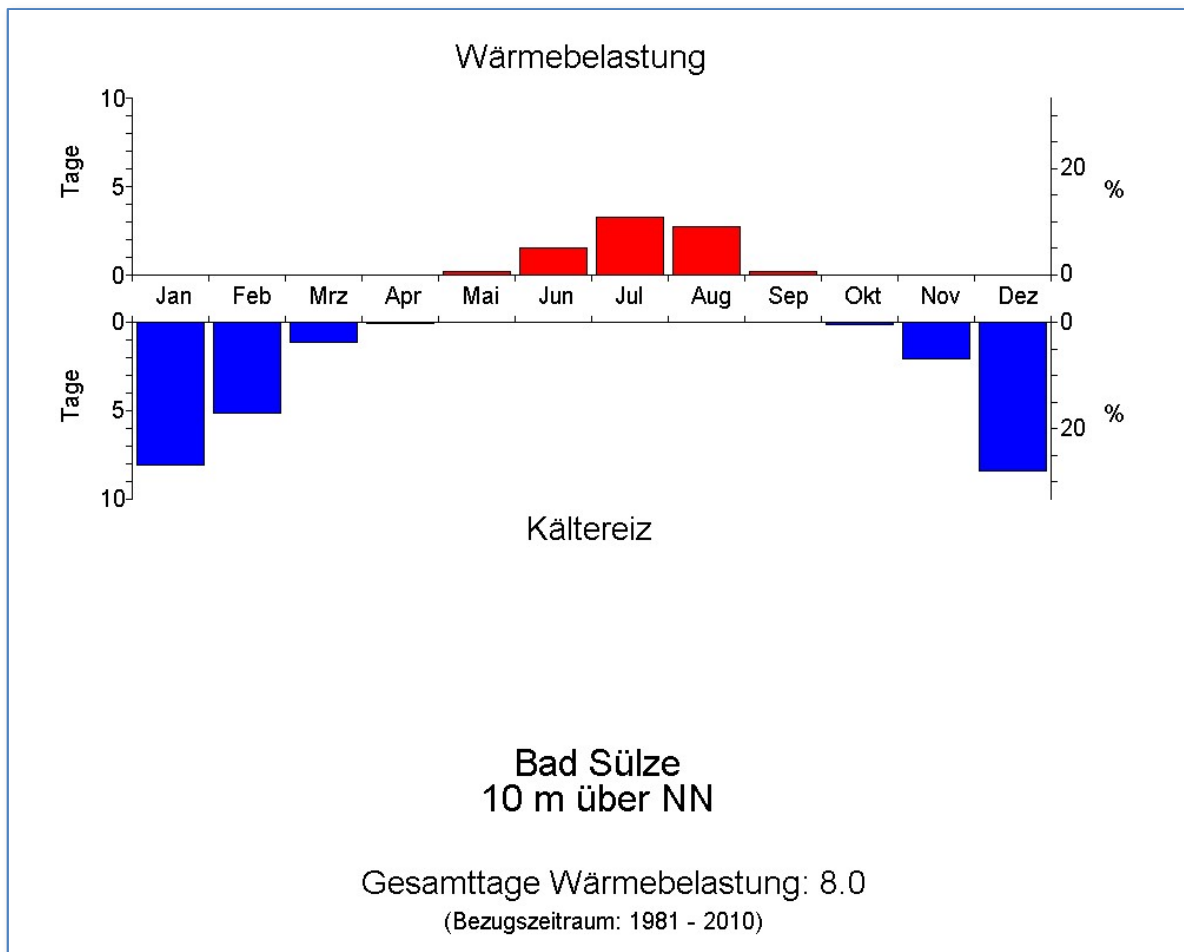


Abb. 5: Anzahl der Tage mit Wärmebelastung und Kältereizen

Auch der Bewertungsschlüssel für die Kältereize lässt sich analog zusammen mit den aktuellen Auswertungen der Wetterstation Frankfurt/ Flughafen anpassen (Tab. 4).

Tab. 6: Bewertungsschlüssel der Kältereize

Bewertung Kältereiz	Zahl der Tage pro Jahreszeit mit vermehrtem Kältereiz gegenüber Frankfurt/Main
Selten	0 Tage, d.h. thermisch indifferente Bedingungen gegenüber Frankfurt Wärmebelastung vor Ort an mehr als 5 Tagen
Hinreichend	0 Tage, Wärmebelastung vor Ort an maximal 5 Tagen
Vermehrt	0 bis 3 Tage
Häufig	4 bis 8 Tage
Überwiegend	9 bis 18 Tage
Dauernd	mehr als 18 Tage

Tab. 7: Einstufung der Kältereize in Bad Sülze

Jahreszeit	Monate	Häufigkeit von Kältereizen
Frühjahr	März bis Mai	vermehrt
Sommer	Juni bis August	hinreichend
Herbst	September bis November	vermehrt
Winter	Dezember bis Februar	häufig

Wie die Abb. 5 zeigt, ist im Gebiet von Bad Sülze im langjährigen Mittel in einem Jahr an etwa 8 Tagen mit einer Wärmebelastung zu rechnen. In den beiden wärmsten Monaten Juli und August sind im Mittel jeweils rund 3 Tage mit Wärmebelastung gegeben. Der Richtwert von 11 Tagen für den Bezugszeitraum 1981-2010 wird im Untersuchungsgebiet unterschritten und somit ebenfalls eingehalten.

Ein Vergleich der Anzahl der Tage mit Kältereizen aus den Bezugszeiträumen 1971-2000 und 1981-2010 ergibt für die Jahreszeiten Frühjahr, Sommer und Herbst keine relevanten Veränderungen. In beiden Zeiträumen treten Kältereize im Frühjahr vermehrt, im Sommer hinreichend und im Herbst vermehrt auf. Die Anzahl der Tage mit Kältereizen im Winter hat sich jedoch wegen der globalen Erwärmung, die auch in Norddeutschland spürbar ist, verringert. Kältereize treten im Winter des Bezugszeitraumes 1971-2000 überwiegend, im Bezugszeitraum 1981-2010 nur noch häufig auf (vgl. Tab. 5 und Tab. 7).

Eine Dosierung der thermischen Eigenschaften, die eine Grundvoraussetzung für eine Erholung darstellt, ist im Schatten des Baumbestandes des Kurparks sowie in der weiteren bewaldeten Umgebung von Bad Sülze möglich. Waldgebiete erlauben dem Erholungsuchenden bzw. dem Kurgast an heißen Tagen schattige Plätze aufzusuchen und bieten zudem Windschutz, so dass dort auch Kältereize vermindert werden können.

2.3 Niederschlagsverhältnisse im Raum Bad Sülze

Der mittlere jährliche Niederschlag hat sich von 1881 bis 2019 insgesamt leicht erhöht (Abb. 6), wobei die Unterschiede in den dreißigjährigen Vergleichszeiträumen zwischen 1951 und 2010 nur sehr gering ausfallen und keine eindeutige Tendenz zu erkennen ist. Auch die Veränderungen in den einzelnen Monaten fallen sehr unterschiedlich (Tab. 8).

Tab. 8: Angaben zum Niederschlag, Bad Sülze
 Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 997, GK3 Koordinaten

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Monats- und Jahresmittel der Niederschlagshöhe													
1951/1980	50	33	39	44	51	64	77	65	57	51	56	59	647
1961/1990	50	33	44	43	51	64	71	62	57	48	57	58	636
1971/2000	52	34	44	35	53	66	65	60	58	50	51	61	629
1981/2010	53	41	46	35	55	68	62	64	59	50	55	57	645

Im Vergleich der Zeitreihen 1951/1980 und 1981/2010 sind im Februar und März die höchsten Zunahmen der mittleren Niederschlagshöhen zu verzeichnen, merkliche Abnahmen weisen dagegen die Monate April und Juli auf.

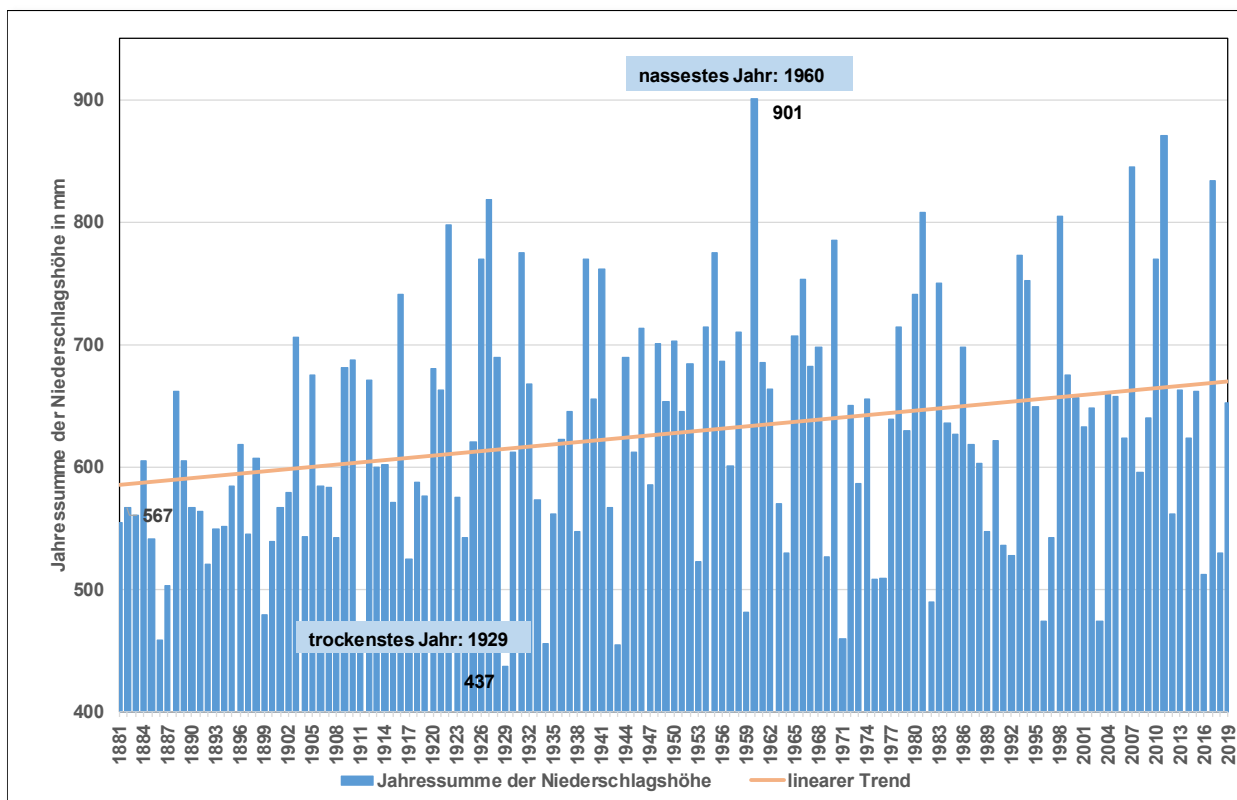


Abb. 6: Jahressummen der Niederschlagshöhen, Bad Sülze, 1881 bis 2019
 Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 997, GK3 Koordinaten

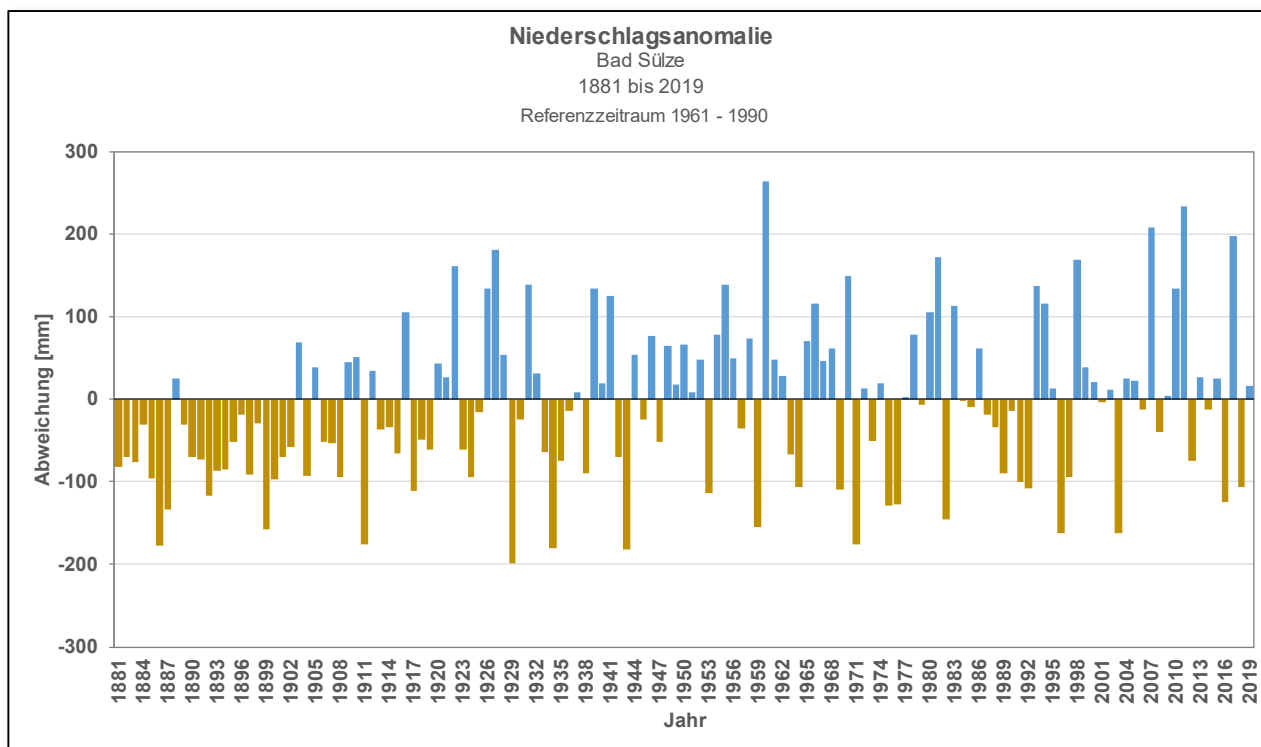


Abb. 7: Niederschlagsanomalie, Bad Sülze, 1881 bis 2019
 Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 997, GK3 Koordinaten

Aus Abb. 6 und Abb. 7 wird deutlich, dass in den Einzeljahren die Niederschlagshöhen deutlich schwanken. In regenreichen Jahren können demnach durchaus jährliche Niederschlagshöhen von über 900 mm erreicht werden, während in trockenen Jahren auch 450 mm Niederschlag unterschritten werden können. Nach 1929 war das Jahr 1943 mit 455 mm das zweittrockenste Jahr seit 1881. 2015 und 2018 belegen mit 512 bzw. 520 mm in der Rangfolge der trockensten Jahre den 15. bzw. 18. Platz. 2003 war gemeinsam mit 1996 mit 474 mm das siebentrockenste Jahr seit 1881.

Der allgemeine Anstieg der Lufttemperatur wirkt sich zwangsläufig auf die Schneebedeckung aus. Einerseits fallen die Niederschläge in der kalten Jahreszeit öfter in flüssiger Form, andererseits treten Tauprozesse zwischenzeitlich häufiger und zum Ende des Winters oft früher auf. Die mittlere Anzahl der Tage mit Schneebedeckung hat im Vergleich der Zeiträume 1951/1980 und 1981/2010 um 13 Tage abgenommen (Tab. 9).

Tab. 9: Angaben zu Tagen mit Schneebedeckung, Bad Sülze
 Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 997, GK3 Koordinaten

Bezugszeitraum	Zahl der Tage mit Schneedecke ≥ 1 cm
1951/1980	41
1961/1990	39
1971/2000	28
1981/2010	28

2.4 Sonnenscheinverhältnisse im Raum Bad Sülze

Der Tab. 10 sind die mittleren Jahressummen der Sonnenscheindauer für die Zeiträume 1951/1980, 1961/1990, 1971/2000 und 1981/2010 zu entnehmen. Insgesamt ist keine spürbare Veränderung bei der mittleren jährlichen Sonnenscheindauer ersichtlich, wobei der Bezugszeitraum 1961/1990 der sonnenscheinärmste Zeitabschnitt war.

Tab. 10: Angaben zur Sonnenscheindauer, Bad Sülze
 Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 997, GK3 Koordinaten

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
langjährige mittlere Monats- und Jahressumme (Stunden)													
Mittel 1951/1980	42	64	123	173	238	254	225	213	166	105	48	35	1686
Mittel 1961/1990	39	66	112	168	238	237	221	216	152	104	52	37	1644
Mittel 1971/2000	45	65	114	172	248	220	230	220	147	106	52	36	1654
Mittel 1981/2010	46	66	117	185	245	220	240	212	153	110	52	36	1683

In der Abb. 8 sind die Jahressummen der Sonnenscheindauer für den Zeitraum 1951 bis 2019 grafisch dargestellt. Auch der lineare Trend lässt für den angegebenen Zeitraum nur eine sehr geringe Erhöhung der Sonnenscheindauer erkennen. Das sonnenscheinreichste Jahr war 2018 mit 2067, gefolgt von 1959 und 2003 mit 2018 bzw. 2007 Sonnenscheinstunden. Das sonnenscheinärmste Jahr war 1977 mit nur 1414 Stunden Sonnenschein. Der Abb. 9 ist die Abweichung der durchschnittlichen Sonnenscheindauer von 1644 Stunden pro Jahr (ermittelt aus dem Referenzzeitraum 1961-1990) zu entnehmen. Klar zu erkennen sind auch hier die sonnenscheinreichsten Jahre 2018 und 1959.

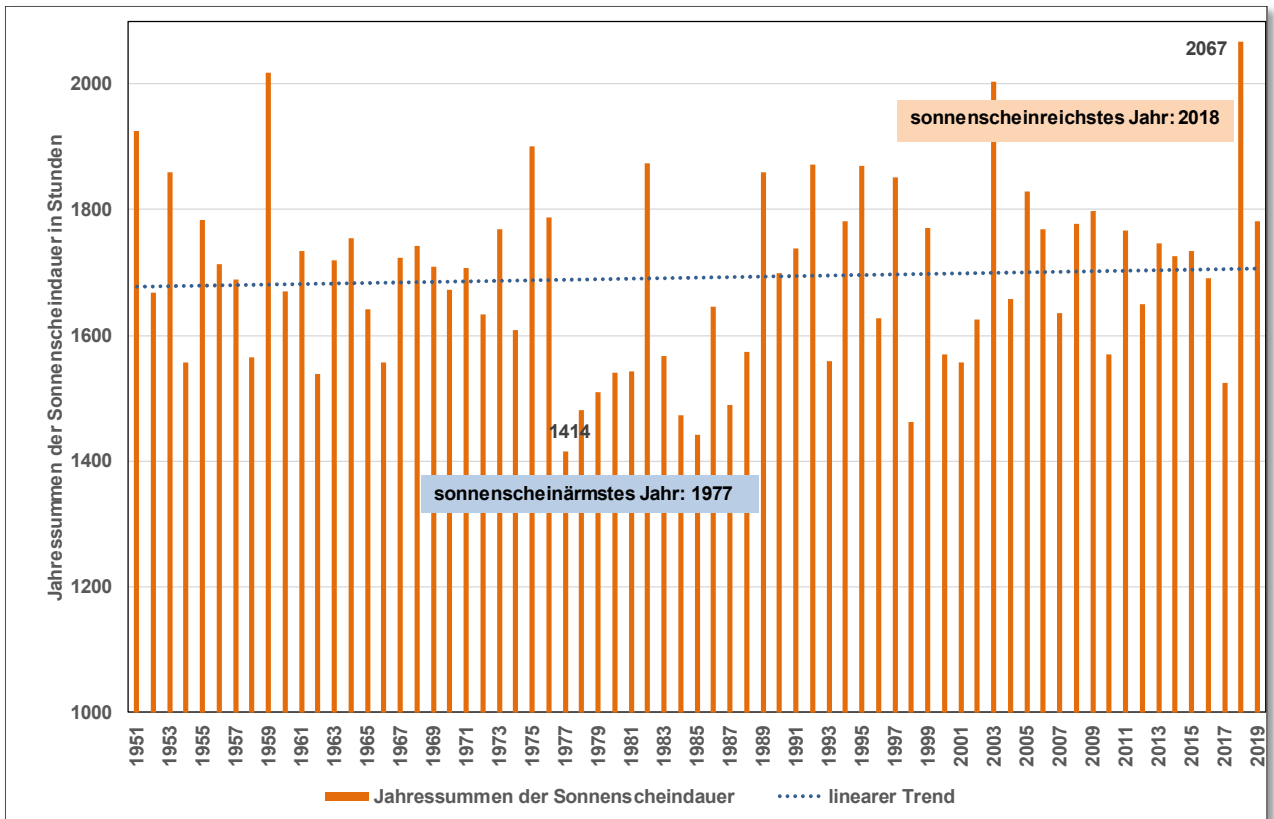


Abb. 8: Jahressummen der Sonnenscheindauer, Bad Sülze, 1951 bis 2019
 Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 997, GK3 Koordinaten

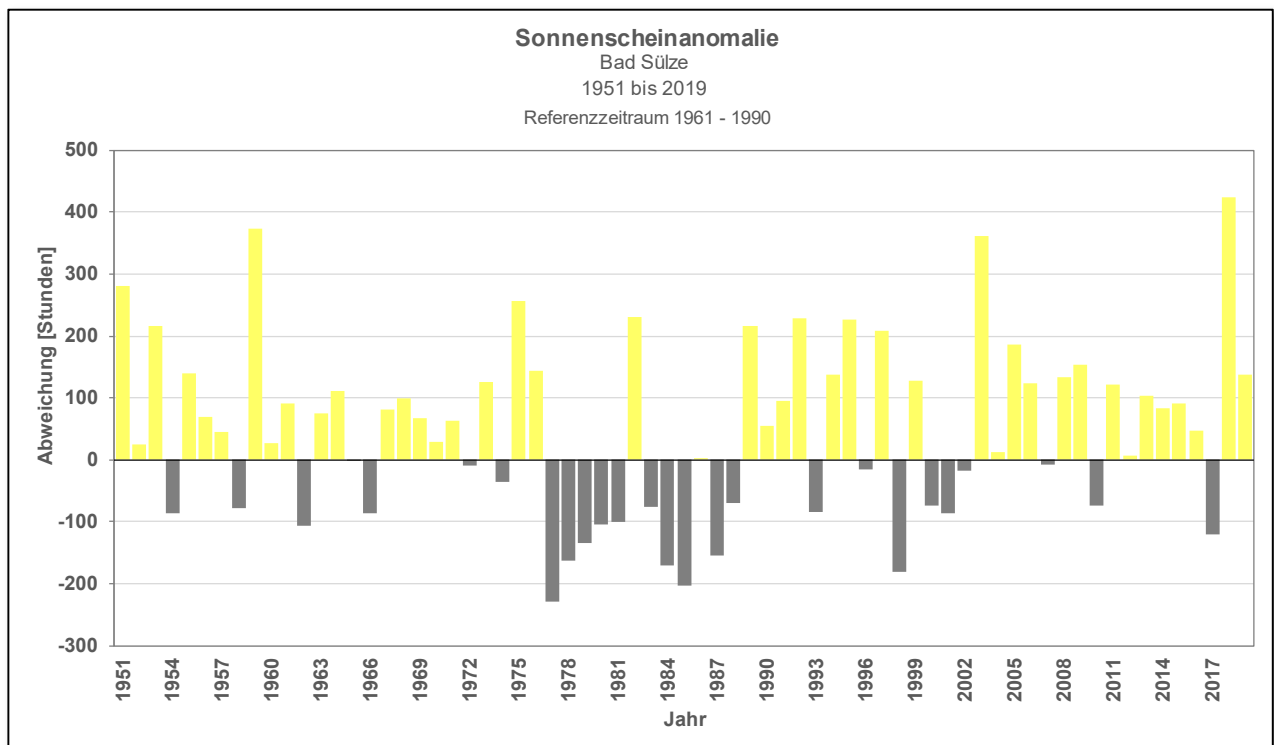


Abb. 9: Sonnenscheinanomalie, Bad Sülze, 1951 bis 2019
 Rasterwert, Rechtswert: 37 39 122, Hochwert: 60 03 997, GK3 Koordinaten

3 Zusammenfassung und Gesamtbeurteilung

Die allgemeine globale Erwärmung ist auch im Raum Bad Sülze spürbar. So ist es im Raum Bad Sülze wärmer geworden. Von 1881 bis 2019 ist das Jahresmittel der Lufttemperatur um ca. 0,6 Grad angestiegen. Die Zunahme der Lufttemperatur tritt ganzjährig hervor, wobei die Differenzen in den einzelnen Monaten unterschiedlich ausfallen.

Über ein Rechenmodell, dem sog. "Klima-Michel", das den Wärmehaushalt des Menschen beschreibt, wurde die thermische Reizstärke sowie die Wärmebelastung der Bezugszeiträume 1971-2000 und 1981-2010 für den Raum Bad Sülze berechnet.

Ein Vergleich der Anzahl der Tage mit Kältereizen aus den Bezugszeiträumen 1971-2000 und 1981-2010 ergibt für die Jahreszeiten Frühjahr, Sommer und Herbst keine relevanten Veränderungen. In beiden Zeiträumen treten Kältereize im Frühjahr vermehrt, im Sommer hinreichend und im Herbst vermehrt auf. Die Anzahl der Tage mit Kältereizen im Winter hat sich jedoch wegen der globalen Erwärmung, die auch in Norddeutschland spürbar ist, verringert. Kältereize treten im Winter des Bezugszeitraumes 1971-2000 überwiegend, im Bezugszeitraum 1981-2010 nur noch häufig auf.

Der Richtwert für die Anzahl der Tage mit Wärmebelastung wird in beiden Bezugszeiträumen erfreulicherweise deutlich unterschritten. Für Orte mit Peloidkurbetrieb ist die Einhaltung dieses Richtwertes zwar nicht bindend, jedoch im Hinblick auf die bioklimatischen Vorzüge des Untersuchungsgebietes und eine eventuell in Zukunft angestrebte Höherprädikatisierung bedeutsam.

Der allgemeine Lufttemperaturanstieg zieht eine Abnahme der Frosttage und der Anzahl der Tage mit einer Schneedecke, jedoch eine Zunahme der Sommertage nach sich.

Die Jahressumme der Niederschlagshöhe hat sich seit 1818 etwas erhöht. In den dreißigjährigen Vergleichszeiträumen seit 1951 ist keine eindeutige Tendenz zu erkennen. Die Veränderungen in den einzelnen Monaten sind teils sehr unterschiedlich.

Die klimatischen Gegebenheiten können im Jahresdurchschnitt, bezogen auf den Strahlungsgenuss als mild eingestuft werden. Dabei ist für den Raum Bad Sülze ein langjähriges Tagesmittel der Globalstrahlung von rund 2,8 kWh/m² (1981/2010) anzunehmen.

Aufgrund der Überprüfung der bioklimatisch relevanten Einflussfaktoren wird hiermit bestätigt, dass zurzeit im Beurteilungsgebiet von Bad Sülze die bioklimatischen Voraussetzungen für die Bestätigung des Prädikates "Ort mit Peloidkurbetrieb" erfüllt sind. Eine Bestätigung dieses Prädikates kann daher aus bioklimatischer Sicht befürwortet werden.

4 Literaturverzeichnis

Deutscher Heilbäderverband e.V., 2016: Begriffsbestimmungen - Qualitätsstandards für Heilbäder und Kurorte, Luftkurorte, Erholungsorte - einschließlich der Prädikatisierungsvoraussetzungen - sowie für Heilbrunnen und Heilquellen

Deutscher Wetterdienst, 2000: Klimaanalyse zur Anerkennung als „Moorheilbad“ für Bad Sülze

Christoffer und Ulbricht-Eissing, 1989: Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland, 2. Aufl. Offenbach am Main, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

Fanger, P.O.: Thermal comfort, analysis and application in environment Engineering. New York: McCraw Hill 1972.

Gesetz über die Anerkennung als Kur- und Erholungsort in Mecklenburg-Vorpommern (Kurortgesetz)

Höppe, P.: Heat balance modelling *Experientia* (1993) Nr. 49, S. /741-746

Jendritzky, G., 1982: Zum thermischen Wirkungskomplex des Menschen. *Promet* 3/4, 82, 33 – 42.

Jendritzky, G., 1984: Die Bewertung der thermischen Reizstärke in heilklimatischen Kurorten. *Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim* 13, 304 – 314.

Jendritzky, G., 1987: Heilklimatische Kurorte – Angaben über den Klimatyp und Charakteristik des Bioklimas. *Dtsch. Bäderkalender*, 1987.

Jendritzky, G.; Menz, G.; Schmidt-Kessen, W.; Schirmer, H.: Methode zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell) (1990). Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Hannover, Beiträge 114.

Koppe, C.: Gesundheitsrelevante Bewertung von thermischer Belastung unter Berücksichtigung der kurzfristigen Anpassung der Bevölkerung an die lokalen Witterungsverhältnisse. Dissertation (2005). <https://freidok.uni-freiburg.de/fedora/objects/freidok:1802/datastreams/FILE1/content>.

Liljequist/Cehak, 1984: Allgemeine Meteorologie, Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig

Matzarakis, A.; Endler, C.: Adaptaion of thermal bioclimate under climate Change conditions – The example of physiologically equivalent temperature in Freiburg, Germany. *Int. J. Biometeorol.* (2010) Nr. 54, S. 479-483

Matzarakis, A.: Stadtklima vor dem Hintergrund des Klimawandels. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 73 (2013) Nr. 3 S. 115-118

Staiger, H.; Laschewski, G.; Matzarakis, A.: Selection of appropriate thermal Indices für applications in human biometeorological studies. *Atmoshere* 10, 18 (2019), DOI: 10.3390/ atmos10010018

VDI 3787 Blatt 2: Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Bioklima und Luftqualität für die Stadt- und Regionalplanung; Teil 1: Klima. Kapitel 4. Berlin: Beuth 2008.

Yousef, M. K.; Sagawa S.; Shiraki, K.: Heat stress: A threat to health and Safety. *J. Uoeh* (1986) Nr. 8, S. 355-364.

5 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1:	Jahresmittel der Lufttemperatur, Bad Sülze, 1881 bis 2018,	5
Abb. 2:	Temperaturanomalie, Bad Sülze, 1881 bis 2019	5
Abb. 3:	Mittlere jährliche Anzahl der Sommer- und Frosttage, Bad Sülze,	7
Abb. 4:	Anzahl der Tage mit Wärmebelastung und Kältereizen	11
Abb. 5:	Anzahl der Tage mit Wärmebelastung und Kältereizen	14
Abb. 6:	Jahressummen der Niederschlagshöhen, Bad Sülze, 1881 bis 2019	16
Abb. 7:	Niederschlagsanomalie, Bad Sülze, 1881 bis 2019	17
Abb. 8:	Jahressummen der Sonnenscheindauer, Bad Sülze, 1951 bis 2019.....	19
Abb. 9:	Sonnenscheinanomalie, Bad Sülze, 1951 bis 2019	19
Tab. 1:	Angaben zur Lufttemperatur in 2 m Höhe, Bad Sülze	4
Tab. 2:	Angaben zu Sommer- und Frosttagen, Bad Sülze	6
Tab. 3:	Gefühlte Temperatur und thermische Beanspruchung (VDI, 2008).....	9
Tab. 4:	Bewertungsschlüssel der Kältereize	12
Tab. 5:	Einstufung der Kältereize in Bad Sülze	12
Tab. 6:	Bewertungsschlüssel der Kältereize	14
Tab. 7:	Einstufung der Kältereize in Bad Sülze.....	15
Tab. 8:	Angaben zum Niederschlag, Bad Sülze.....	16
Tab. 9:	Angaben zu Tagen mit Schneebedeckung, Bad Sülze	17
Tab. 10:	Angaben zur Sonnenscheindauer, Bad Sülze	18