

3 Ergebnisse

3.1 Witterung und Klima im Untersuchungsraum

(Jörg Hoffmann, Udo Wittchen)

3.1.1 Jahresmitteltemperaturen von 1991 bis 2020

Die Jahresmitteltemperaturen lagen von 1991 bis 2020 im Bereich von minimal 6,6 °C (1996) bis maximal 10,9 °C (2019) (Abb. 3.1.1.1). Der Schwankungsbereich der Jahresmitteltemperaturen ΔT beträgt 4,3 K. Das langjährige Mittel der Temperaturen (30 Jahre: 1991-2020) weist den Wert von 9,4 °C auf.

Gegenüber den eingangs (Abschnitt 2.1.2.4) charakterisierten meteorologischen Bedingungen des 30jährigen Mittels der Temperatur (1951-1980) von 8,2 °C, hat sich die Jahresmitteltemperatur, bezogen auf das 30jährige Mittel von 1991-2020, um 1,2 K erhöht.

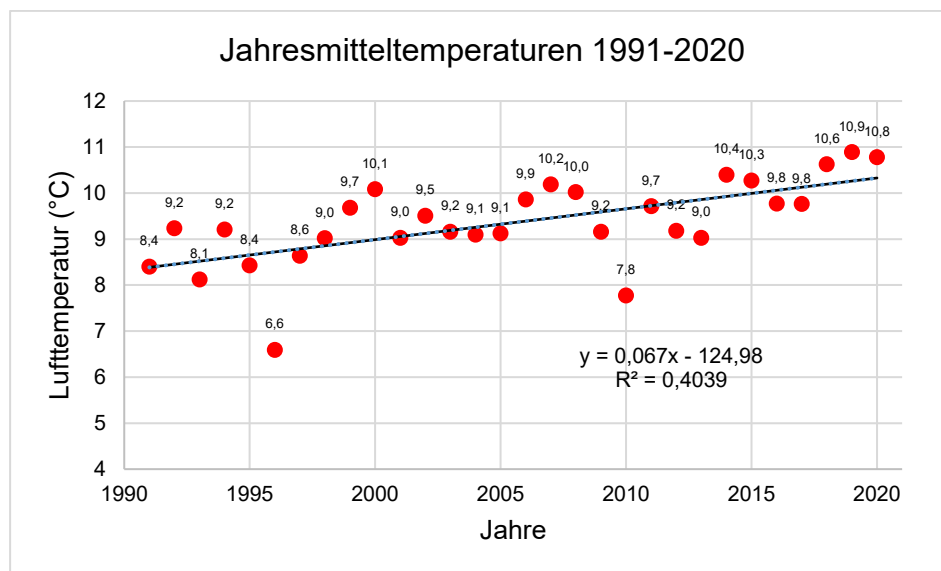


Abb. 3.1.1.1: Jahresmitteltemperaturen der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte) in 2 m über Flur von 1991 bis 2020 und Trend des Verlaufs der Temperaturen über die 30 Jahre.

In den Untersuchungsjahren 1991 bis 1993 lagen die Jahresmitteltemperaturen 1991 bei 8,4 °C, 1992 bei 9,2 °C und 1993 bei 8,1 °C. Das Mittel der drei Jahre betrug 8,6 °C.

Die Jahresmitteltemperaturen erreichten in der Erhebungsperiode 2018-2020 deutlich höhere Werte. Sie lagen 2018 bei 10,6 °C, 2019 bei 10,9 °C und 2020 bei 10,8 °C, im Mittel der drei Jahre bei 10,8 °C. Im Vergleich zu allen anderen Jahren (1991 bis 2020) waren dies die wärmsten Jahre und bezogen auf die Jahre 1991-1993 ergaben sich mit 2,2 K erheblich wärmere Jahresmitteltemperaturen.

Folgt man bei der Datenanalyse dem Verlauf der Temperaturwerte (Abb. 3.1.1), so haben sich im Zeitfenster der letzten 30 Jahre (1991-2020) die Jahresmitteltemperaturen bei Annahme eines linearen Trends um +1,8 Grad erhöht, d.h., das Klima wurde deutlich wärmer (HOFFMANN et al. 2021a).

3.1.2 Jahresmittel der Niederschlagshöhen von 1991 bis 2020

Die Niederschlagshöhen wiesen von Jahr zu Jahr große Unterschiede auf. Sie zeigten eine beinahe „achterbahnartige“ Auf- und Abwärtsbewegung mit hohen Schwankungen über die Jahre (Abb. 3.1.2.1).

Sie lagen von 1991 bis 2020 im Bereich von minimal 363,1 mm (2006) bis maximal 793,4 mm (2002). Der Schwankungsbereich der Jahresniederschlagshöhen ΔP beträgt 430,3 mm. Damit war der Unterschied zwischen den Jahren größer als die minimale Niederschlagshöhe eines Jahres.

Das langjährige Mittel der Niederschlagshöhe (30 Jahre) beträgt 542,8 mm bezogen auf das Jahr. Die Jahresniederschlagshöhe hatte sich gegenüber den in der Gebietsbeschreibung (Abschnitt 2.1.2.4) charakterisierten meteorologischen Bedingungen des 30jährigen Mittels von 1951 bis 1980 um -19,2 mm im Jahr leicht verringert.

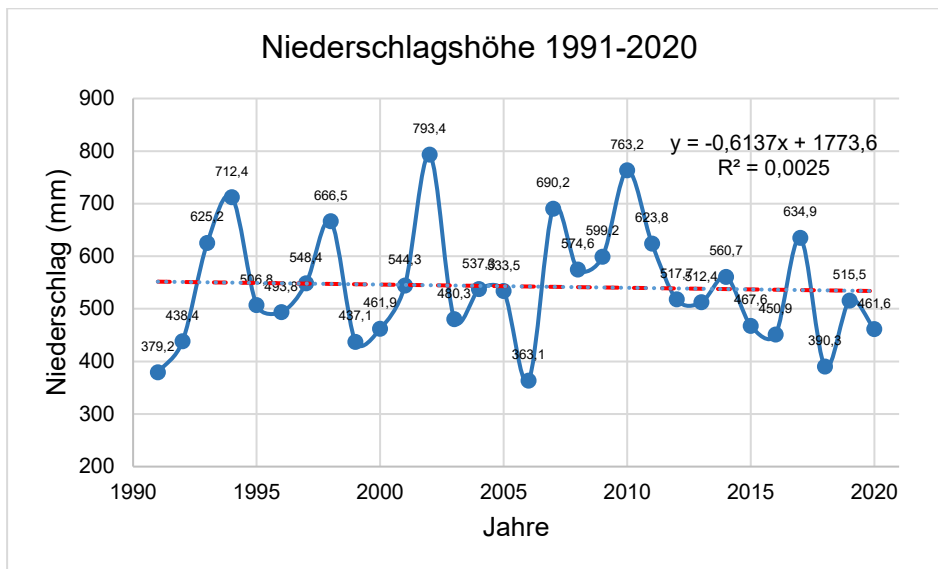


Abb. 3.1.2.1: Niederschlagshöhen der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte) in 1 m über Flur von 1991 bis 2020 und Trend des Verlaufs der Niederschläge über die 30 Jahre.

In den früheren Untersuchungsjahren lagen die Niederschlagshöhen 1991 bei 379,2 mm; 1992 438,4 mm und 1993 bei 625,2 mm; im Mittel der drei Jahre bei 480,9 mm. Sie war im Vergleich zum langjährigen Mittel relativ deutlich, um 61,9 mm geringer.

Die Niederschlagshöhe war in der aktuellen Erhebungsperiode im Vergleich zu 1991 bis 1993 etwas niedriger. Die Werte lagen 2018 bei 390,3 mm; 2019 bei 515,5 mm und 2020 bei 461,6 mm. Im Mittel der drei Jahre betrug die Niederschlagshöhe 455,8 mm. Sie war im Vergleich zum Mittel der früheren drei Jahren um 25,1 mm sowie zum langjährigen Mittel (1991-2020) um 87 mm geringer.

Folgt man bei der Datenanalyse dem Verlauf der Niederschlagshöhe im linearen Trend (Abb. 2), so haben sich in dem Zeitfenster von 30 Jahren die Niederschläge nicht bzw. tendenziell sehr gering vermindert. Der Wert verringerte sich von 551,7 auf 533,9 um -17,8 mm.

3.1.2 Monatsmittel der Lufttemperaturen und der Niederschlagshöhen der Jahre 1991, 1992, 1993 sowie der Jahre 2018, 2019 und 2020

Für alle Untersuchungsjahre wurden der Verlauf der monatlichen Lufttemperaturen (Monatsmittel) und der Niederschlagshöhen (Niederschlagssumme der Monate) ermittelt und die erhaltenen Daten

in Temperatur-Niederschlags-Grafiken, mit zugehörigen Datentabellen, dargestellt (Abb. 3.1.2.1 bis 3.1.2.6).

Diese Werte ermöglichen es, die monatlich aufgetretenen Temperaturen und Niederschläge mit denen der monatlichen Werte des 30jährigen Mittels (vgl. Abschnitt 3.1.3) zu vergleichen. Damit besteht die Option zu ermitteln, ob die Jahreswerte im monatlichen Verlauf denen der langjährigen Werte entsprechen, oder sie von diesen abweichen.

Für die Vegetationsentwicklung sind z.B. die Monate der Hauptwachstumszeit (Mai, Juni) und deren Temperaturen und Niederschläge von besonderer Bedeutung. Im langjährigen Mittel betrug in dieser Zeitspanne die Niederschlagssumme 105,6 mm. Dieser Wert trat näherungsweise auch 1991 auf, wurde jedoch in den Jahren 1992, 2018, 2019 und 2020 teils deutlich unterschritten, während das Jahr 1993 einen Wert von mm 140,5 mm erreichte.

Die Sommermonate Juni, Juli und August waren z.B. 1993 kühl und die Niederschläge im Juni und Juli überdurchschnittlich hoch. Diese Wettersituation kann beispielsweise Auswirkungen hinsichtlich des Auftretens von Tagfaltern, die eher warme Temperaturperioden mit nicht zu hohen Niederschlägen bevorzugen, haben.

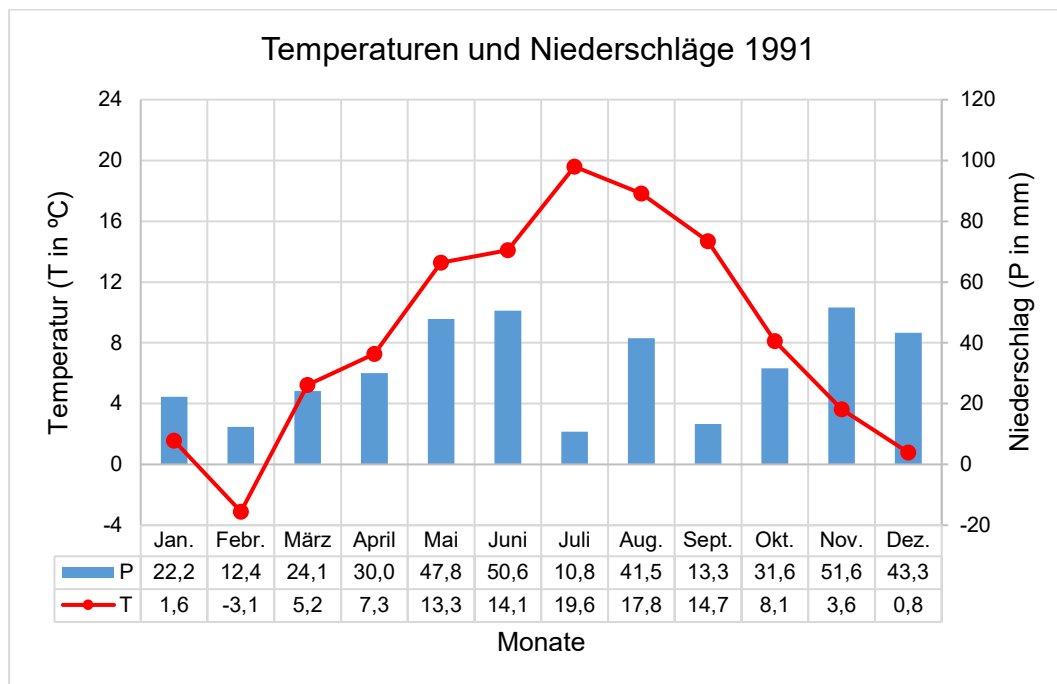


Abb. 3.1.2.1: Monatsmitteltemperaturen und Niederschlagshöhen der Monate Januar bis Dezember 1991, Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte).

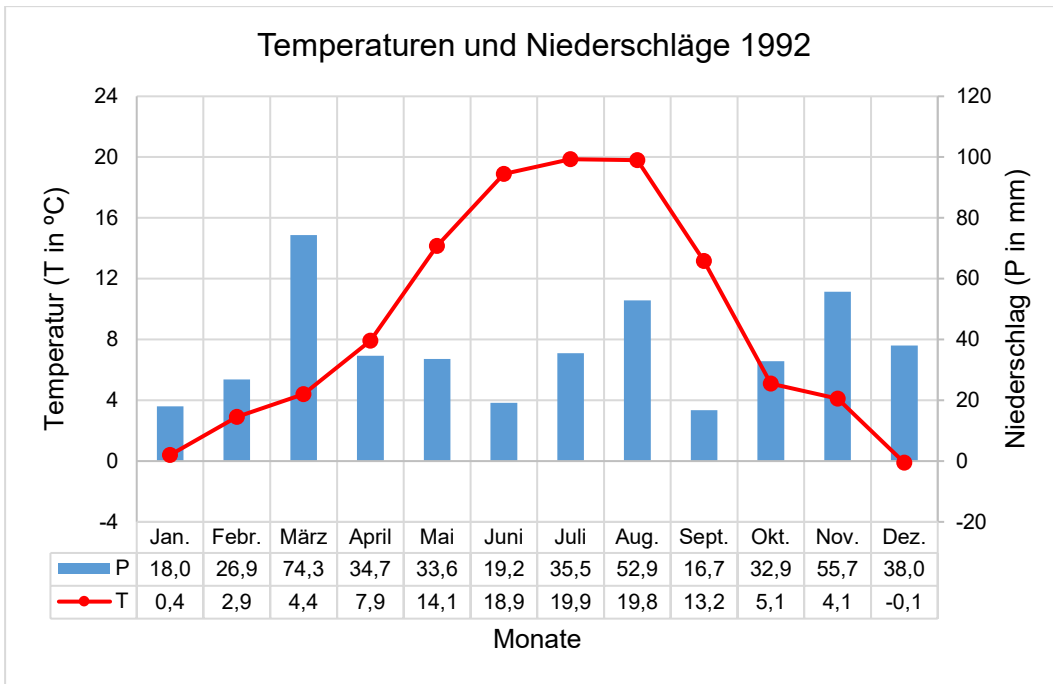


Abb. 3.1.2.2: Monatsmitteltemperaturen und Niederschlagshöhen der Monate Januar bis Dezember 1992, Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte).

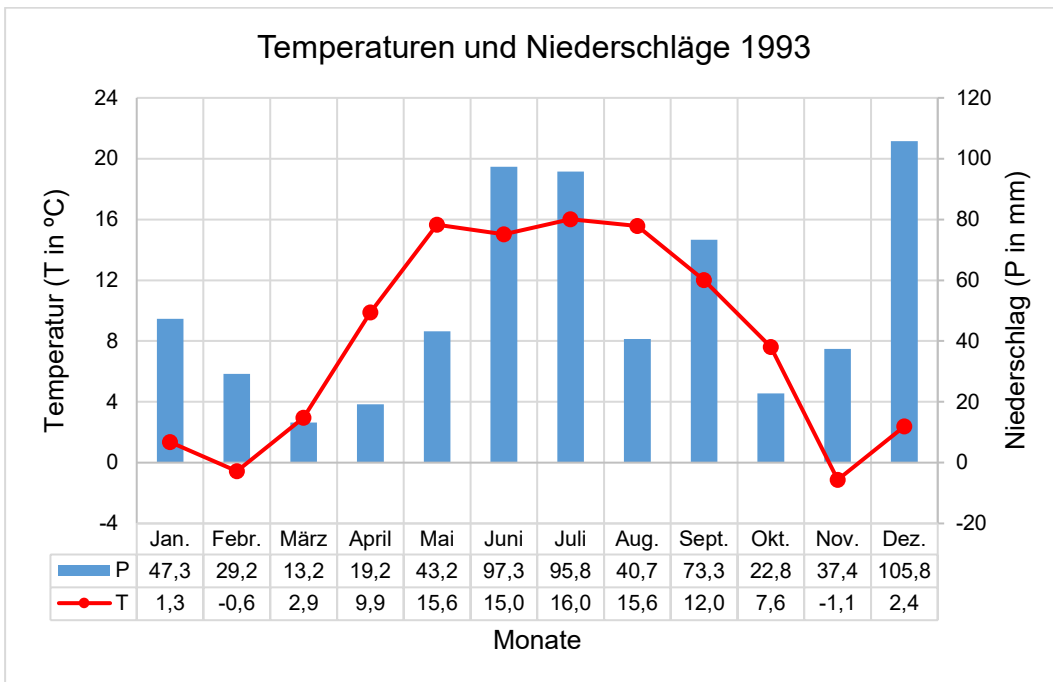


Abb. 3.1.2.3: Monatsmitteltemperaturen und Niederschlagshöhen der Monate Januar bis Dezember 1993, Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte).

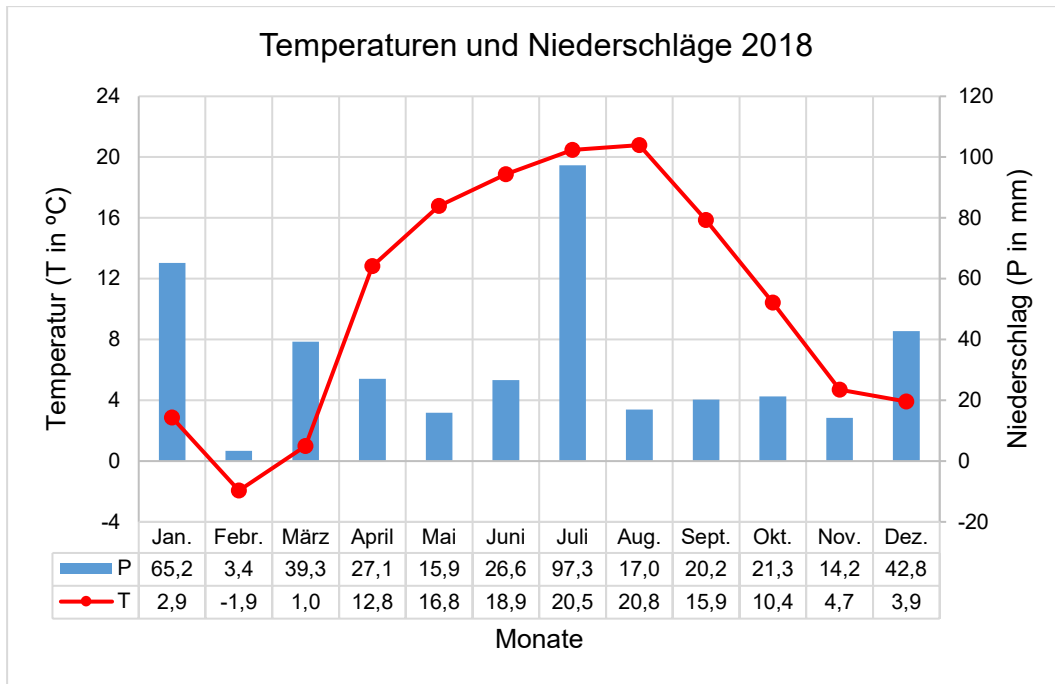


Abb. 3.1.2.4: Monatsmitteltemperaturen und Niederschlagshöhen der Monate Januar bis Dezember 2018, Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte).

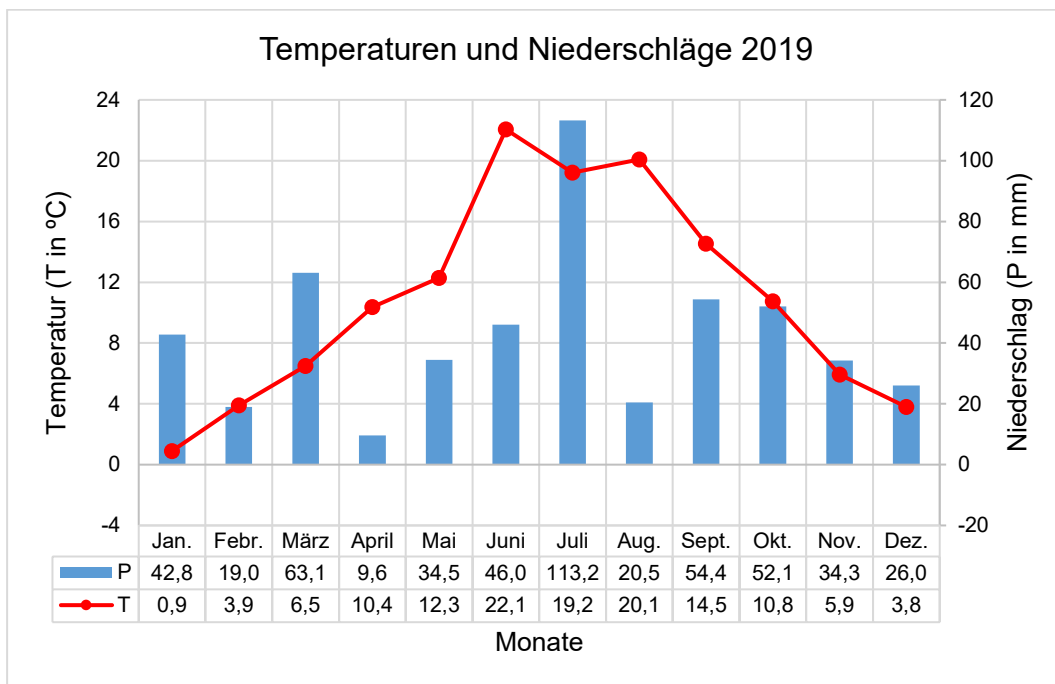


Abb. 3.1.2.5: Monatsmitteltemperaturen und Niederschlagshöhen der Monate Januar bis Dezember 2019, Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte).

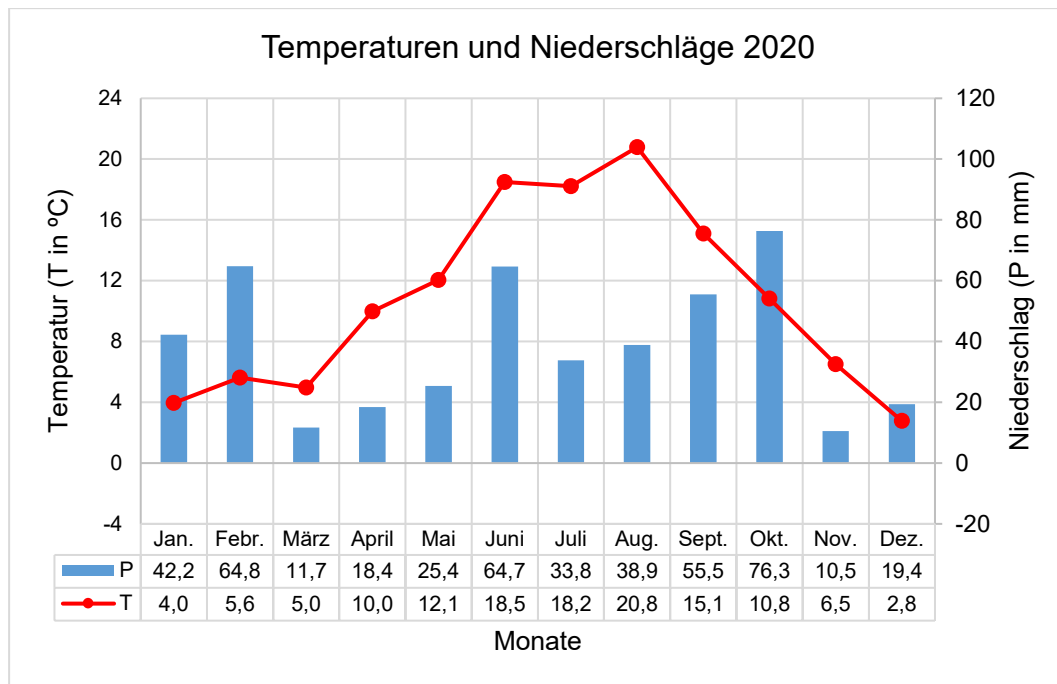


Abb. 3.1.2.6: Monatsmitteltemperaturen und Niederschlagshöhen 2020 der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte) in 2 m über Flur.

3.1.3 Klimadiagramme früherer (1971-2000) und aktueller (1991-2020) Witterungsperiode

Die Klimadiagramme (Abb. 3.1.3.1, 3.1.3.2) zeigen den jahreszeitlichen Verlauf der Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen und der Niederschlagshöhen in Beziehung zueinander. Die Werte der Messreihe von 1971 bis 2000 weisen gegenüber denen der aktuellen von 1991 bis 2020 für alle Monate des Jahres höhere Monatsmittel der Lufttemperaturen auf (Abb. 3.1.3.3). Die deutlichste Erwärmung war im April mit einer Temperaturzunahme von 1,3 K zu verzeichnen. Wärmster Monat war der Juli mit 18,2 °C 1971-2000 und Zunahme um 0,8 K auf 19,0 °C 1991-2000. Während im früheren Klimazeitfenster Werte > 18 °C nur im Juli auftraten, lagen jetzt auch im August die Werte über 18 °C.

Ein Monat mit Monatsmitteltemperaturen von < 0 °C, 1971-2000 der Januar, war im aktuellen Klimafenster von 1991-2020 nicht mehr zu verzeichnen, da die Werte aller Monate im Plusbereich lagen.

Die Mittelwerte der Monats-Niederschläge zeigten im aktuellen Klimafenster für die Monate Frühjahrsmonate April, Mai und Juni sowie für die Herbst- und Wintermonate November und Dezember eine Abnahme der Werte. Zunahmen lagen in den Wintermonaten Januar und Februar, im zeitigen Frühjahr (März) sowie in den Sommer- und Herbstmonaten Juli bis Oktober.

Die errechneten Differenzen der Temperaturen und der Niederschläge der früheren und der aktuellen Witterungsperiode enthält Abb. 3.1.3.3.

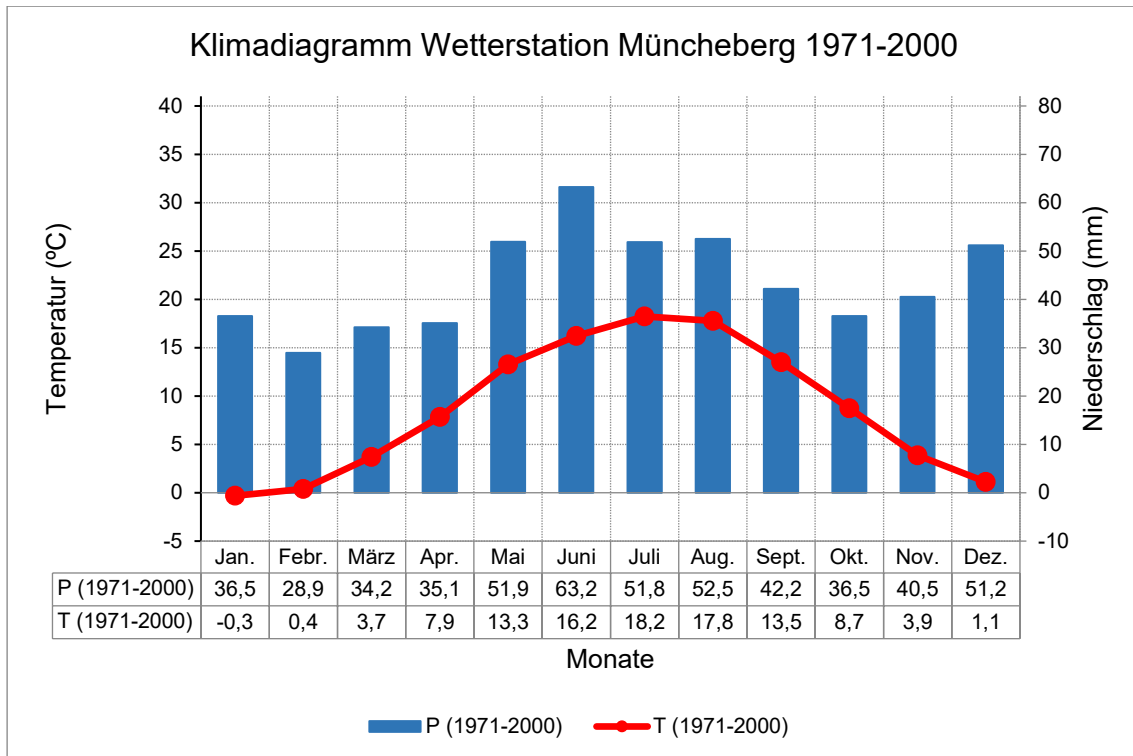


Abb. 3.1.3.1: Klimadiagramm der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte) für den Zeitbereich 1971 bis 2000 mit Temperaturen (T) und Niederschlägen (P) im Monatsverlauf.

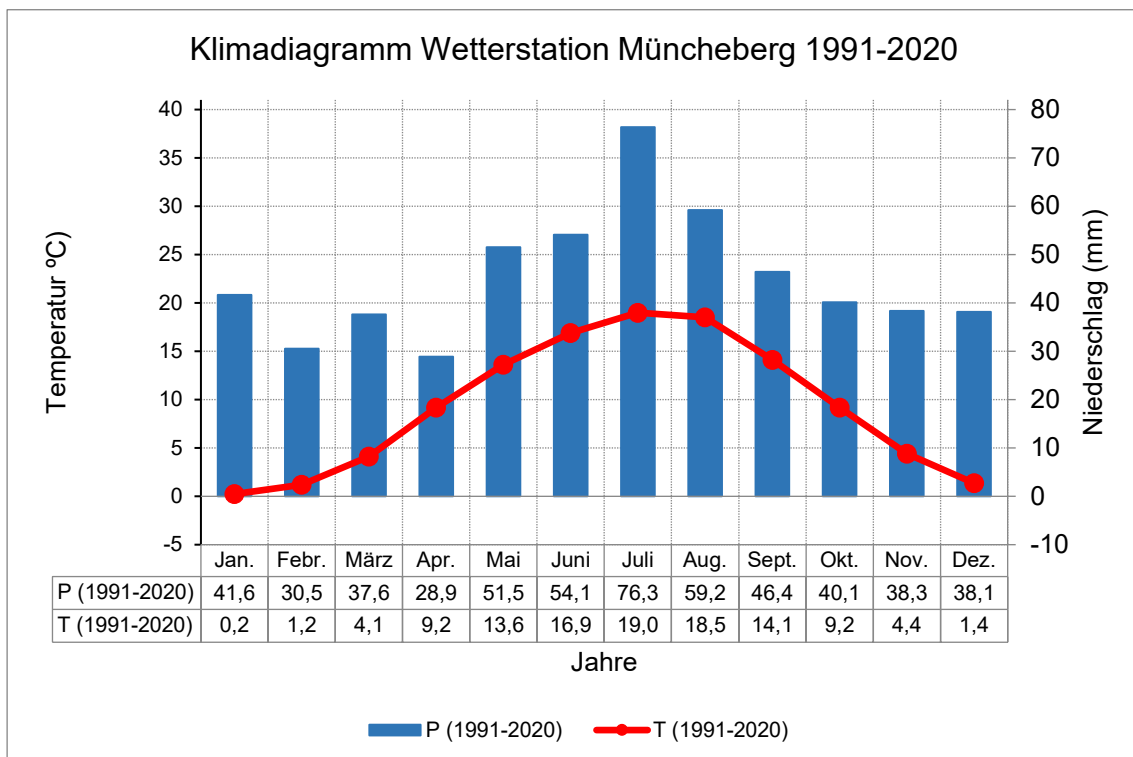


Abb. 3.1.3.2: Klimadiagramm der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte) für den Zeitbereich 1991 bis 2020 mit Temperaturen (T) und Niederschlägen (P) im Monatsverlauf.

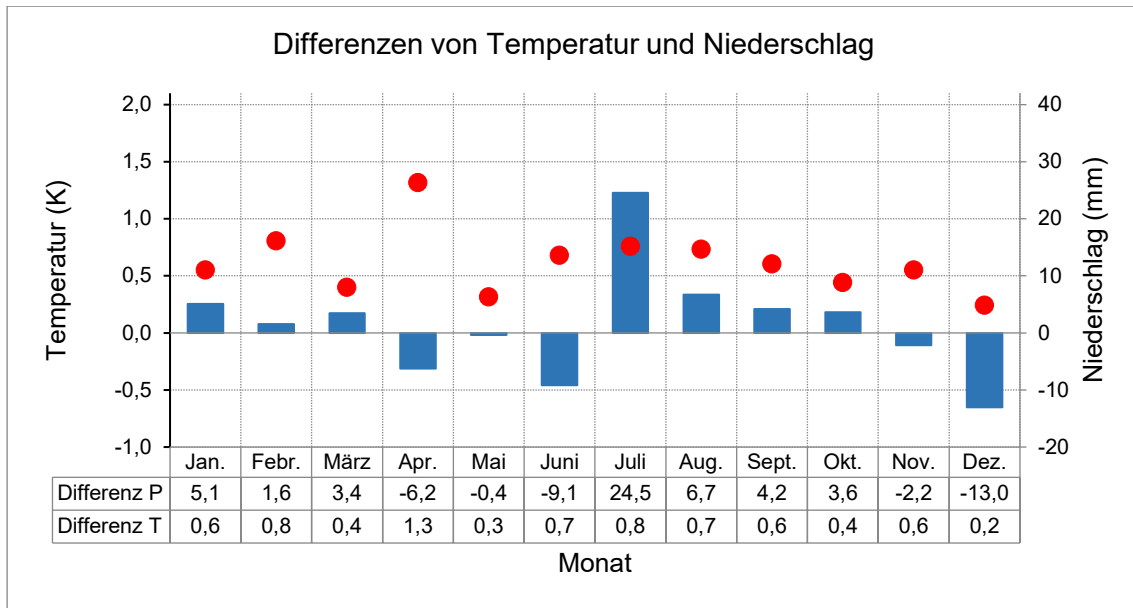


Abb. 3.1.3.3: Differenzen der Temperaturen (T) und der Niederschläge (P) der Klimadiagramme für die Jahre 1971-2000 und 1991-2020, Wetterstation Müncheberg, Ostbrandenburger Platte.

3.1.4 Meteorologische Indikator-Ereignisse

Beide meteorologische Indikator-Ereignisse, die Zahl der Eistage sowie die Zahl der Frosttage der kühlen Jahreszeiten zeigten im langjährigen Verlauf von 1991 bis 2020 negativ gerichtete Trends (Abb. 3.1.4.1 und 3.1.4.2). Demnach hat sich die Zahl der Eistage, bei Annahme eines linearen Trends mit der Funktion $y = -0,7913x + 1611,8$, von 1991 36,3 auf 2020 13,4, um 63,1 Prozent verringert und die Zahl der Forsttage, bei Annahme eines linearen Trends mit der Funktion $y = -1,4276x + 2950,6$, von 1991 108,3 auf 2020 66,8, um 38,3 Prozent. Die „kühlen Kompartimente“ des Klimas haben sich demnach deutlich in Richtung einer jahreszeitlichen Erwärmung verringert. 2020 wurde erstmals nur ein Eistag aufgezeichnet und nur 58 Frosttage.

Beide meteorologische Indikator-Ereignisse, die Zahl der Sommertage sowie die Zahl der Hitzetage (der warmen Jahreszeiten) zeigen im langjährigen Verlauf von 1991 bis 2020 positiv gerichtete Trends (Abb. 3.1.4.3 und 3.1.4.4).

Demnach hat sich die Zahl der Sommertage, bei Annahme eines linearen Trends mit der Funktion $y = 0,2061x - 373,82$, von 36,5 auf 42,5 um 16,4 Prozent vergrößert und haben sich die Hitzetage, bei Annahme eines linearen Trends mit der Funktion $y = 0,0948x - 181,57$, von 7,2 auf 9,9 um 2,7 Tage erhöht.

Die Erhöhung der Zahl der Sommertage und der Hitzetage weisen auf eine Klimaerwärmung hin. 2019 wurde erstmals ein deutlich herausragender Spitzenwert der 30-jährigen Messreihe mit 25 Hitzetagen festgestellt. 2019 wurde der Rekord der Anzahl der Sommertage mit 59 beobachtet.

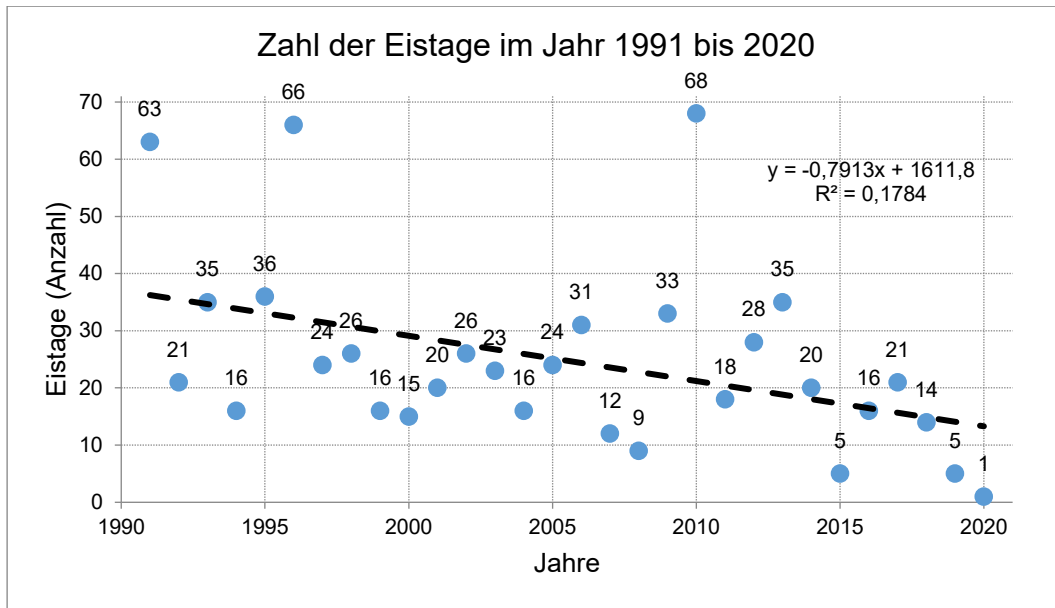


Abb. 3.1.4.1: Anzahl der Eistage (Zahlwerte an den Punkten) der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte) in 2 m über Flur von 1991 bis 2020 und Trend des Verlaufs der Eistage über die 30 Jahre.

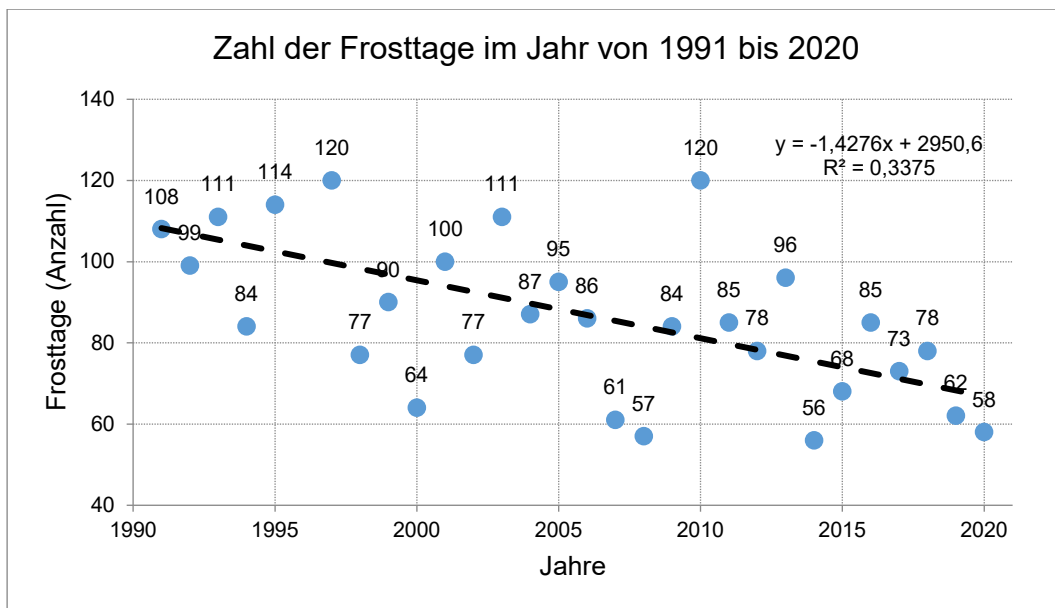


Abb. 3.1.4.2: Anzahl der Frosttage (Zahlwerte an den Punkten) der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte) in 2 m über Flur von 1991 bis 2020 und Trend des Verlaufs der Eistage über die 30 Jahre.

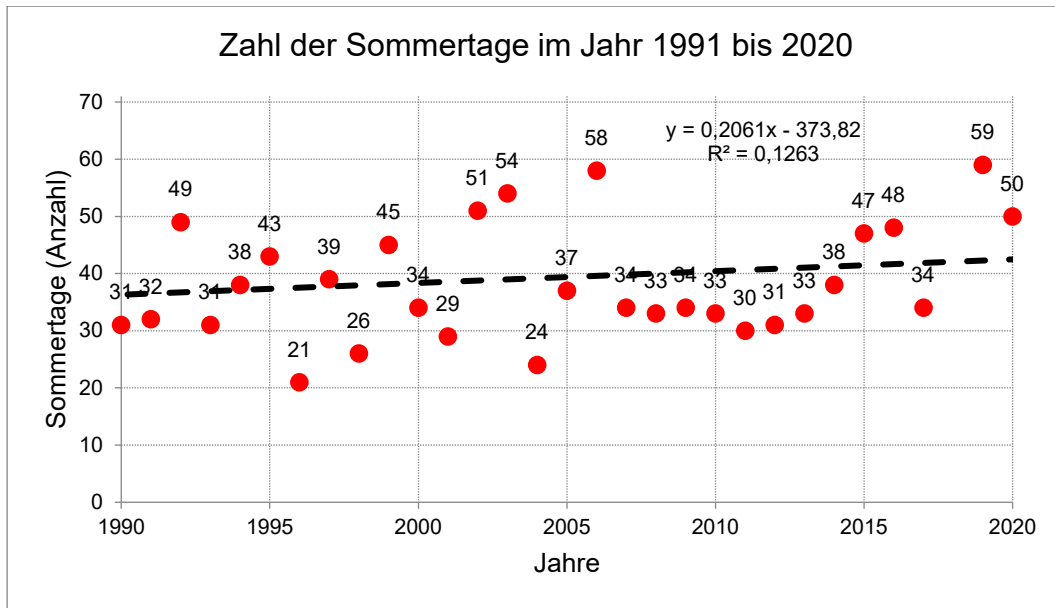


Abb. 3.1.4.3: Anzahl der Sommertage (Zahlwerte an den Punkten) der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte) in 2 m über Flur von 1991 bis 2020 und Trend des Verlaufs der Eistage über die 30 Jahre.

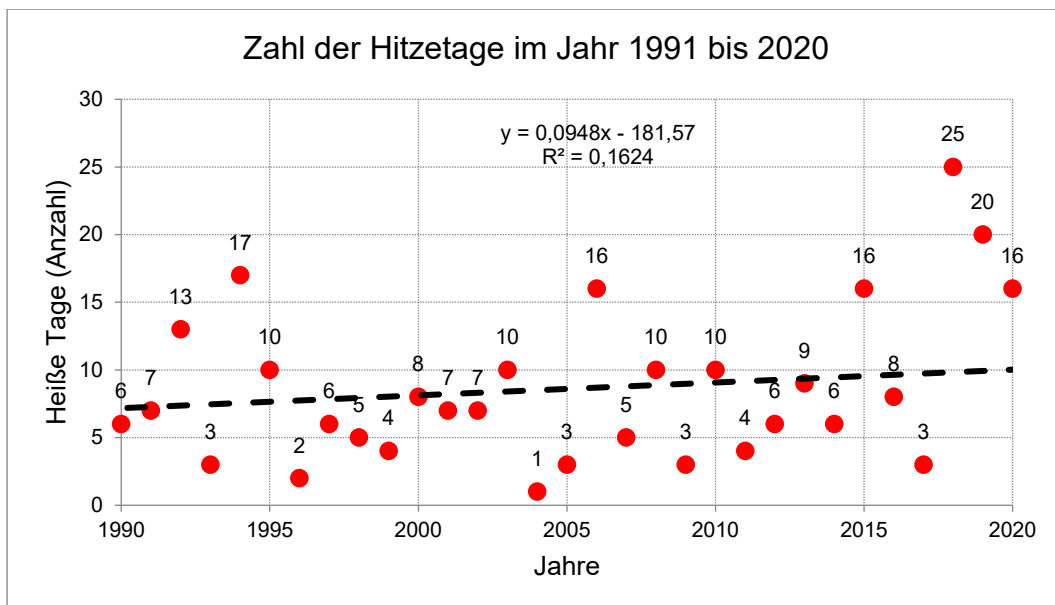


Abb. 3.1.4.4: Anzahl der Hitzetage (Zahlwerte an den Punkten) der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte) in 2 m über Flur von 1991 bis 2020 und Trend des Verlaufs der Eistage über die 30 Jahre.

3.1.5 Klimatische Wasserbilanz

3.1.5.1 Klimatische Wasserbilanz 1991 bis 2020

Die klimatische Wasserbilanz (KWB), auf der Basis der potenziellen Evapotranspiration (vgl. Gl. 2.2.2.1 und 2.2.2.2), war über die 30 Jahre von 1991 bis 2020 stark negativ gerichtet. Sie lag im Mittel der Jahre bei -188 mm. Nur drei Jahre (1994, 2002, 2010) wiesen positive, alle weiteren Jahre deutlich negative KWB auf.

Im Trend, bei Annahme einer linearen Funktion mit $y = -5,2442x - 106,68$; ergab sich eine Abnahme der KWB zwischen Anfangs- (1991: -105,5 mm) und Endpunkt (2020: -257,6 mm) der errechneten linearen Funktion um -152,1 mm (Abb. 3.1.5.1.1).

Die kumulative KWB über die 30 Jahre ergab einen Wert von -5639 mm (Abb. 3.1.5.1.2). Dies entspräche etwa dem 10fachen Werte des mittleren Jahresniederschlags der Region. Bezogen auf das langjährige Mittel der Niederschlagshöhe (30 Jahre) von 542,8 mm (vgl. Abschnitt 3.1.2), würde somit für eine ausgeglichene KWB im Mittel der Jahre, wenn man dem Defizit aus dem linearen Trend folgt, etwa um 130 mm höhere mittlere Jahresniederschläge erforderlich sein.

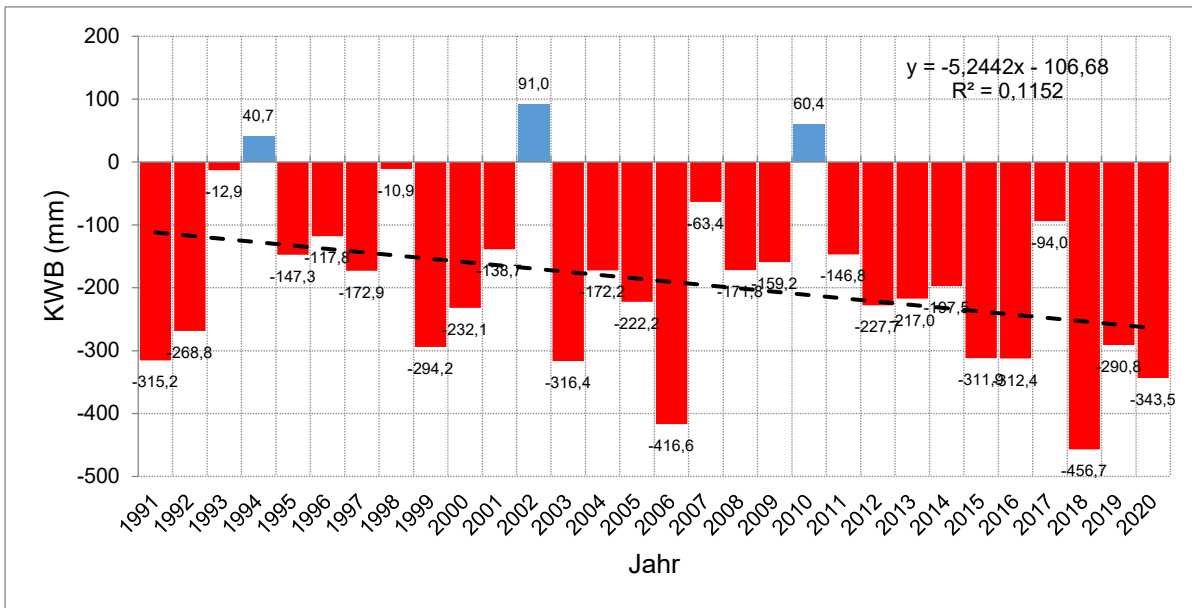


Abb. 3.1.5.1.1: Klimatische Wasserbilanz (in mm und Trend linear) der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte) 1991 bis 2020.

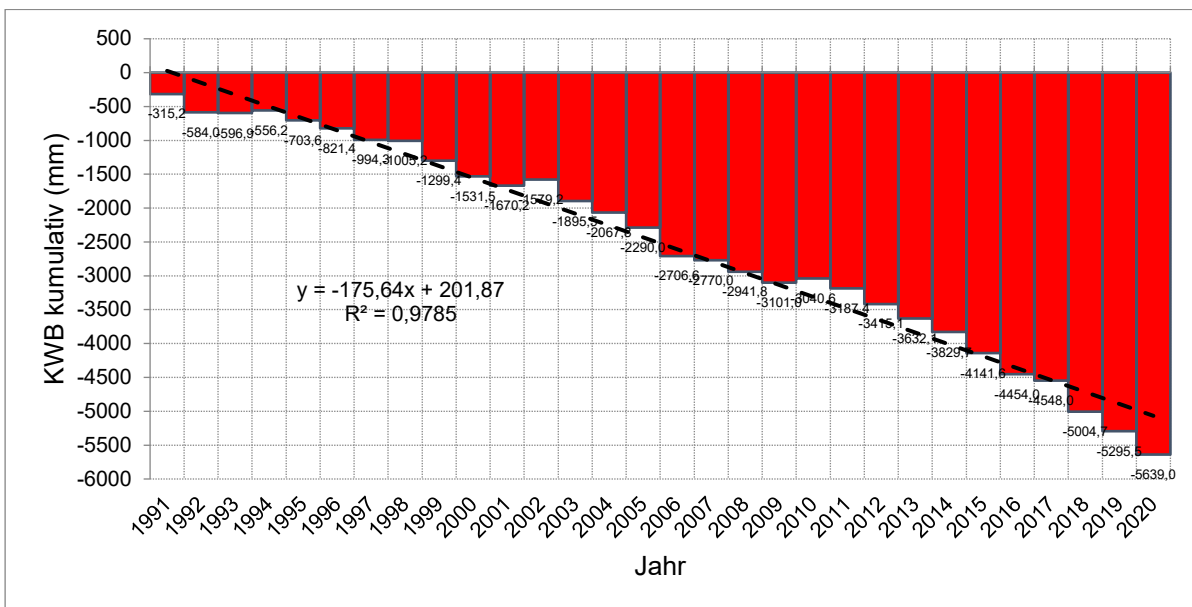


Abb. 3.1.5.1.2: Kumulative klimatische Wasserbilanz (in mm) der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte) 1991 bis 2020.

3.1.5.2 Wasserbilanz-Grafiken der Untersuchungsjahre

Mit Hilfe der Beziehung von Niederschlag (Niederschlagshöhe P), potenzieller Evapotranspiration (PET) und der abgeleiteten klimatischen Wasserbilanz (KWB) wurden zur Visualisierung Wasserbilanz-Grafiken für jedes der Untersuchungsjahre erstellt (Abb. 3.1.5.2.1 bis 3.1.5.2.6). Diese informieren, auch in Bezug zu weiterführenden landwirtschaftlichen und ökologischen Fragestellungen, zur der bestandenen Relation in den Monaten von Januar bis Dezember in den einzelnen Untersuchungsjahren von Niederschlag, potenzielle Evapotranspiration und KWB.

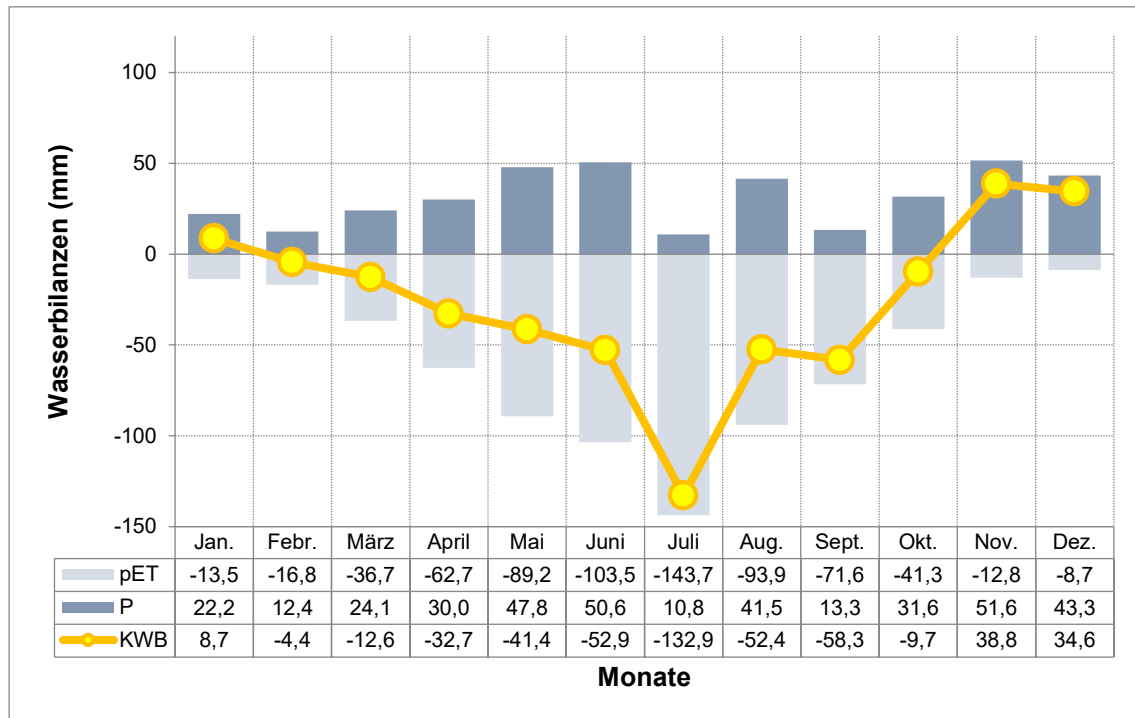


Abb. 3.1.5.2.1: Niederschlag (P), potenzielle Evapotranspiration (PET) und klimatische Wasserbilanz (KWB) 1991 auf der Basis der meteorologischen Daten der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte).

3.1.6 Langfristiger Temperaturverlauf in der Untersuchungsregion

Im langfristigen Verlauf von 1949 bis 2020 lagen das Jahresmittel der Lufttemperaturen der Station Müncheberg in 2 m über Flur bei minimal 6,9 °C (1956) und maximal 10,9 °C (2019). Jahresmittel der Lufttemperatur ≥ 10 °C wurden in dieser Zeitreihe erstmalig im Jahr 1989 ermittelt.

Ab 1989 kam es zu einer deutlichen Häufung der Jahre mit Lufttemperatur ≥ 10 °C. Dies waren ab 1989 in der Spanne von 32 Jahren für 31 Prozent der Jahre der Fall. Höchste Jahresmittel der Temperaturen wurden in den letzten drei Erhebungsjahren, mit dem Extremwert 10,9 °C (2019), verzeichnet.

Der ermittelte Trendverlauf zeigt einen deutlichen Anstieg des Jahresmittels der Lufttemperaturen ab 1985. In den Jahren zuvor ist kein Anstieg der Lufttemperaturen erkennbar (Abb. 3.1.6). Demnach setzte eine, bezogen auf den hier analysierten Zeitbereich von 72 Jahren, Klimaerwärmung ab etwa 1985 ein. Der durch eine polynomische Funktion zweiten Grades ermittelte Temperaturanstieg deutet auf einen in den letzten 30 Jahren steiler werdenden Anstieg der Lufttemperaturen hin.

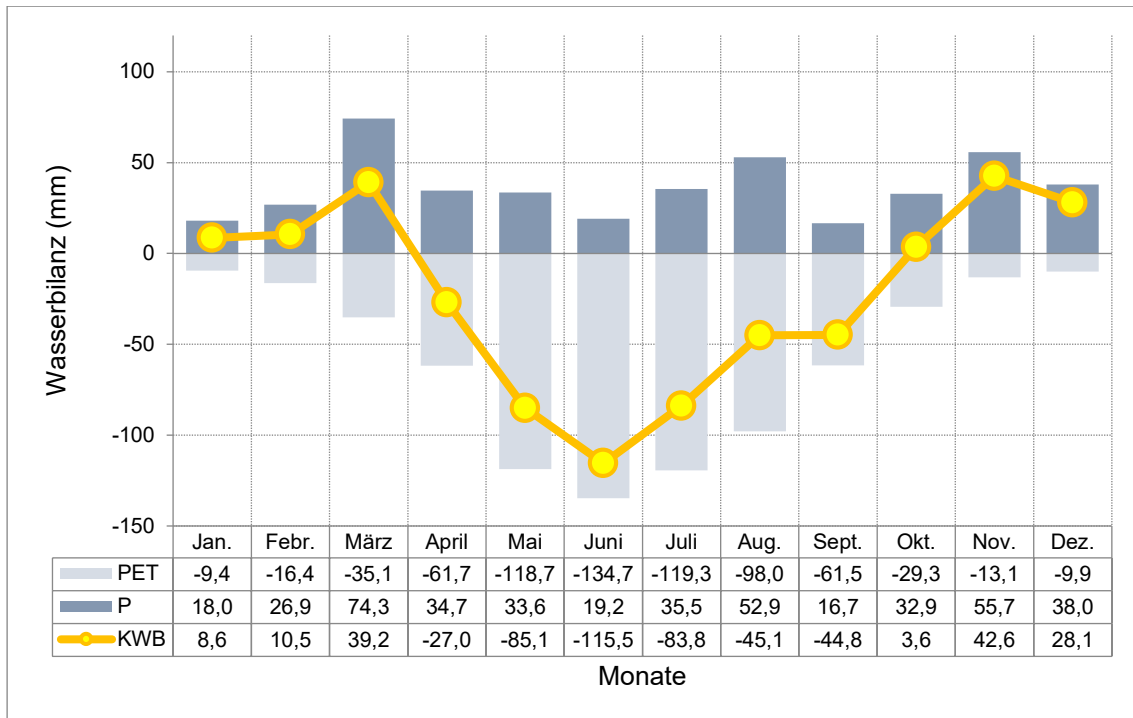


Abb. 3.1.5.2.2: Niederschlag (P), potenzielle Evapotranspiration (PET) und klimatische Wasserbilanz (KWB) 1992 auf der Basis der meteorologischen Daten der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte).

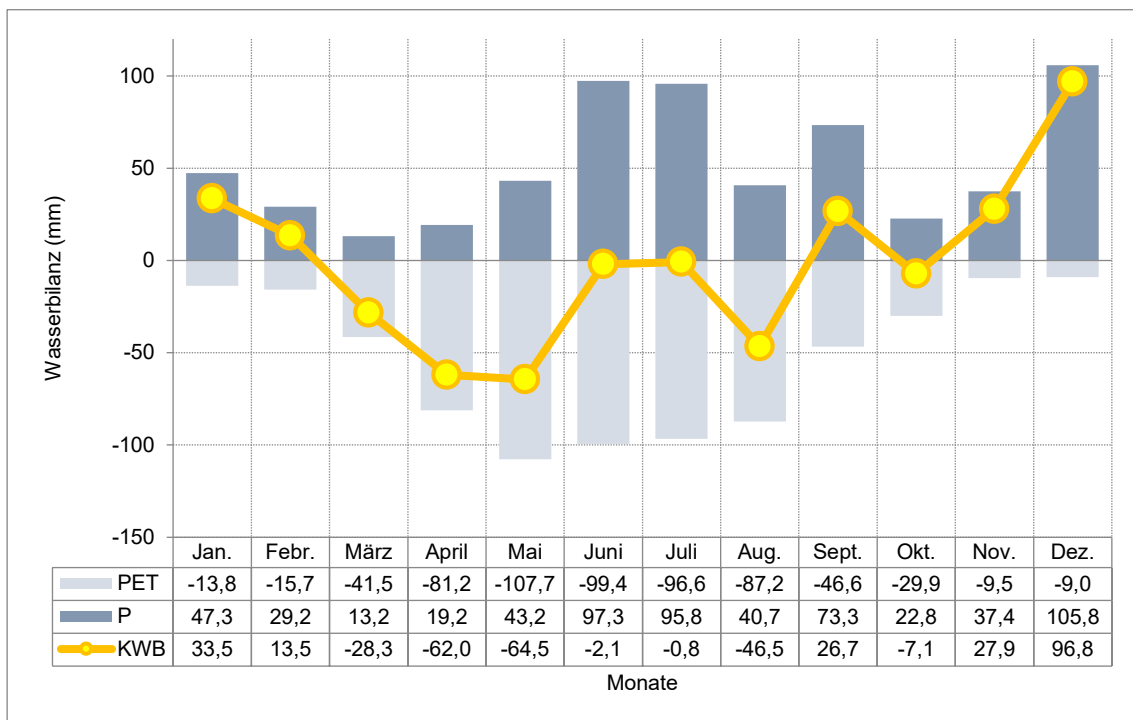


Abb. 3.1.5.2.3: Niederschlag (P), potenzielle Evapotranspiration (PET) und klimatische Wasserbilanz (KWB) 1993 auf der Basis der meteorologischen Daten der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte).

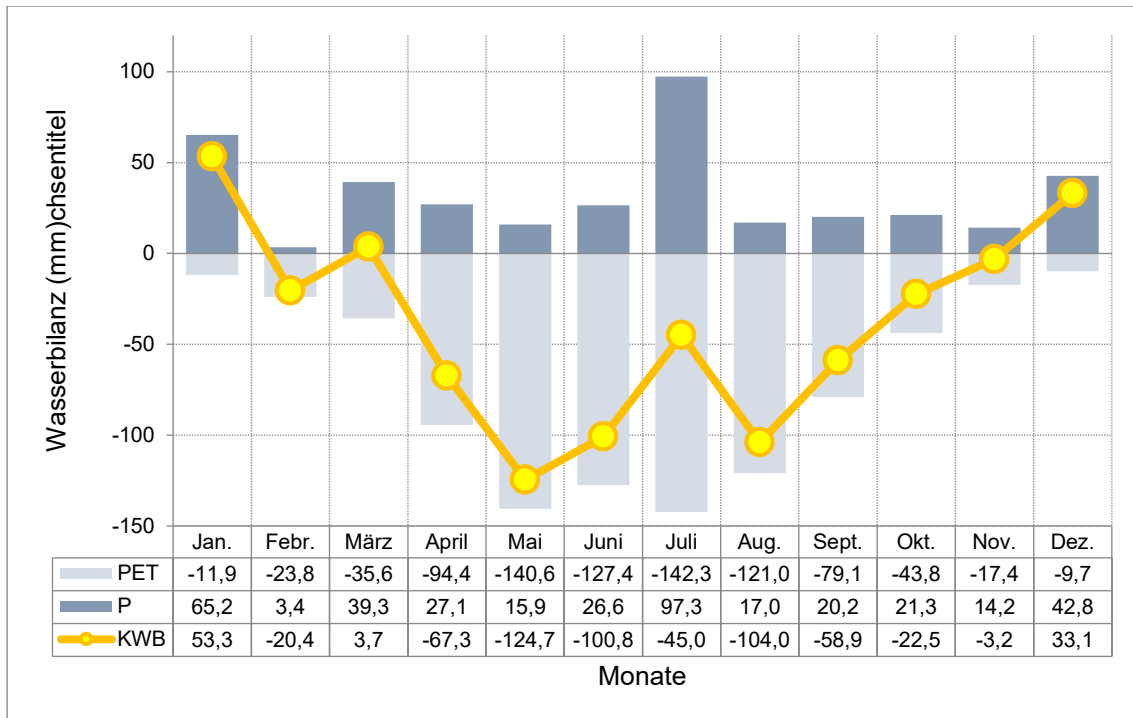


Abb. 3.1.5.2.4: Niederschlag (P), potenzielle Evapotranspiration (PET) und klimatische Wasserbilanz (KWB) 2018 auf der Basis der meteorologischen Daten der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte).

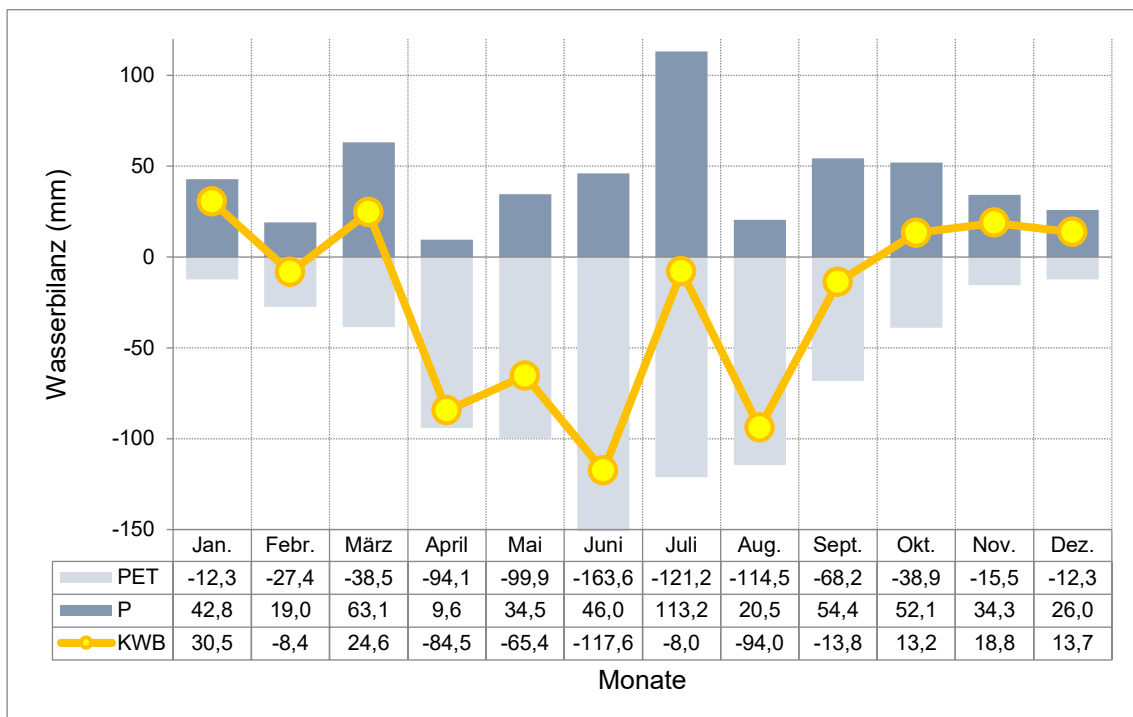


Abb. 3.1.5.2.5: Niederschlag (P), potenzielle Evapotranspiration (PET) und klimatische Wasserbilanz (KWB) 2019 auf der Basis der meteorologischen Daten der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte).

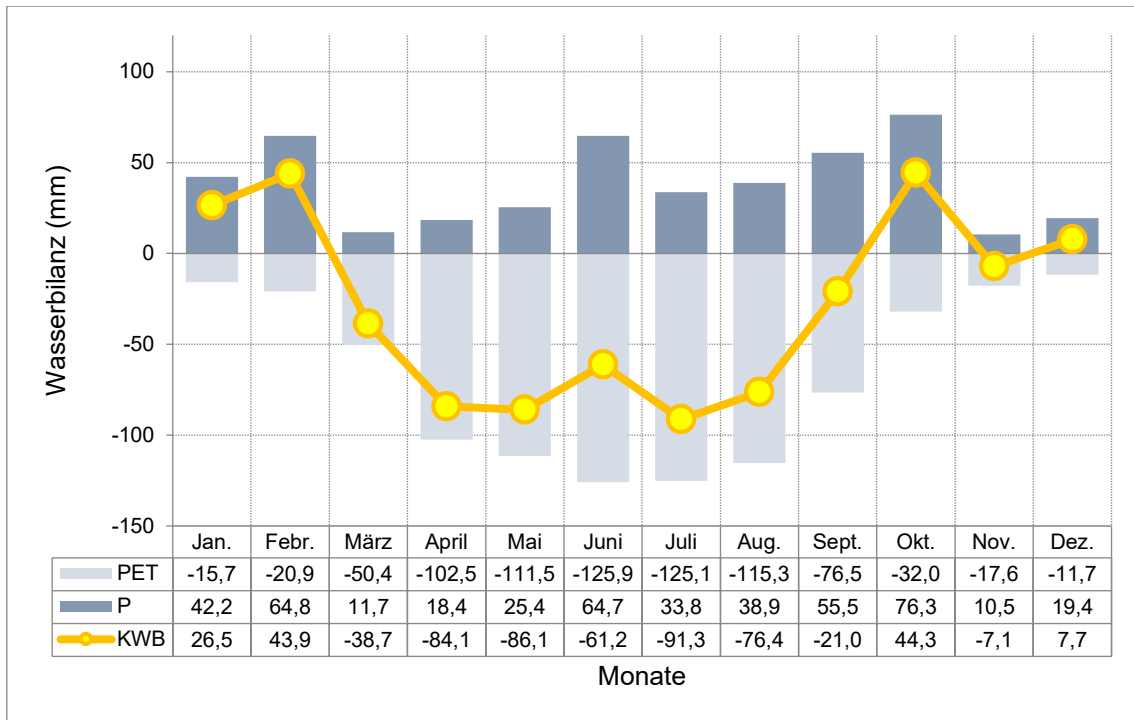


Abb. 3.1.5.2.6: Niederschlag (P), potenzielle Evapotranspiration (PET) und klimatische Wasserbilanz (KWB) 2020 auf der Basis der meteorologischen Daten der Wetterstation Müncheberg (Ostbrandenburger Platte).

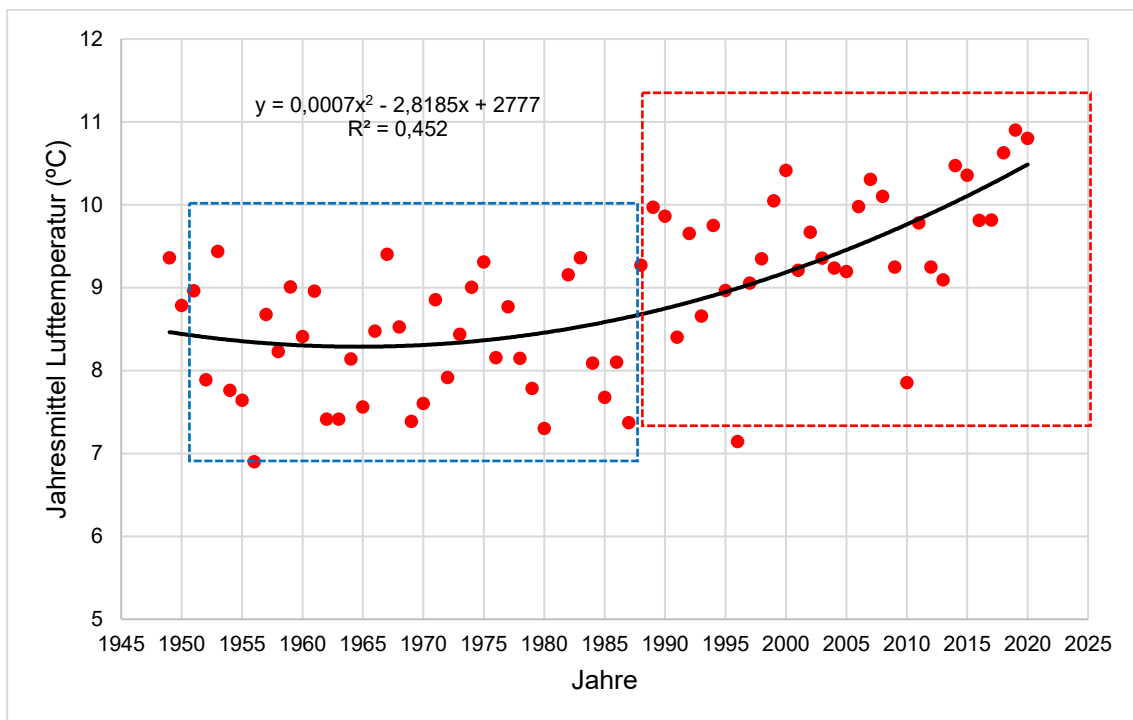


Abb. 3.1.6.1: Langfristige Lufttemperaturen (Jahresmittel in 2 m über Flur) und deren Trend, meteorologische Station Müncheberg; links im Wertebereich von 1949 bis 1985 kein Temperaturanstieg, rechts im Wertebereich von 1985 bis 2020 ein starker Anstieg der Lufttemperaturen.