

## Auswirkungen der Klimaerwärmung auf streuobstrelevante Klimaparameter in zwei ausgewählten Regionen Österreichs

Christian Holler<sup>1</sup>, Martin Engelmaier<sup>2</sup>, Bernd Kajtna<sup>2</sup> und Andreas Spornberger<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Ingenieurbüro für Kulturtechnik & Wasserwirtschaft  
Tobaj 59, 7544 Tobaj

<sup>2</sup>Verein Arche Noah  
Obere Straße 40, 3553 Schiltern

<sup>3</sup>BOKU University, Institut für Wein- und Obstbau  
Gregor Mendel Str. 33, 1180 Wien

\*Korrespondierender Autor: andreas.spornberger@boku.ac.at

### Zusammenfassung

Für zwei österreichische Streuobst-Regionen (Amstetten Süd und Pöllauer Tal) wurden Klimadaten der Perioden 1961-1990 und 1991-2020 analysiert und Szenarien für +2 °C und +3 °C Erderwärmung („global warming level“) berechnet, um herauszufinden, welche obstbaurelevanten Änderungen aufgrund der Klimaerwärmung zu erwarten sind. Der Vergleich der Perioden 1961-1990 und 1991-2020 zeigte bereits relevante Änderungen, die sich in beiden Szenarien weiter verstärken werden: höhere Temperaturen und weniger strenge Fröste im Winter, längere Vegetationsperioden und ein früherer Vegetationsbeginn in allen Höhenlagen. Spätfröste im Frühjahr werden zwar weniger, auf Grund des gleichzeitig früheren Vegetationsbeginns bleibt die Gefahr von Frostschäden - insbesondere im April - aber aufrecht bzw. kann in manchen Gebieten sogar steigen. Die höheren Temperaturen führen besonders im Sommer und in tieferen Lagen zu einer Abnahme der klimatischen Wasserbilanz, in trockenen Jahren ist mit Hitze- und Trockenstress bei den Bäumen zu rechnen. In den tieferen Lagen der beiden Regionen, wo der Streuobstanbau bisher seinen Verbreitungsschwerpunkt hat, wird dieser zunehmend unter Druck geraten, insbesondere auf Böden mit geringem Wasserhaltevermögen. Das für viele Obstarten günstige Klima verlagert sich aufgrund wärmerer Sommer und Winter und längerer Vegetationsperioden zunehmend in höhere Lagen, die bisher obstbaulich wenig geeignet und genutzt waren. Die Risiken und Unsicherheiten für die Obstproduktion werden bei einer Erwärmung um +2 °C erheblich zunehmen, und bei +3 °C könnten die traditionellen Anbauformen gefährdet sein. Ein aktiver Klimaschutz, der die globale Erwärmung auf unter +2 °C begrenzt, ist daher essenziell, um eine Zukunftsperspektive für den Streuobstbau in Österreich zu gewährleisten.

**Schlagerwörter:** Klimaszenarien, Klimatische Wasserbilanz, Vegetationsbeginn, Spätfröste

### Abstract

**Impacts of Climate Warming on Climate Parameters Relevant to Extensive Fruit Growing in Two Selected Regions of Austria.** For two Austrian regions (Amstetten South and Pöllauer valley), climate data from the periods 1961-1990 and 1991-2020 were analyzed and scenarios for +2 °C and +3 °C global

warming ("global warming level") were calculated in order to find out which changes relevant to fruit growing can be expected due to global warming. The comparison of the periods 1961-1990 and 1991-2020 already showed relevant changes that will continue to intensify in both scenarios: higher temperatures and less severe frosts in winter, longer growing seasons and an earlier start to vegetation at all altitudes. Late frosts in spring are becoming less frequent, but due to the earlier start of vegetation at the same time, the risk of frost damage - especially in April - remains and may even increase in some areas. The higher temperatures lead to a reduction in the climatic water balance, particularly in summer and at lower altitudes; in dry years, heat and drought stress are to be expected. In the lower altitudes of the two regions, where extensive orchards have had their main distribution up to now, they will come under increasing pressure, particularly on soils with low water retention capacity. Due to warmer summers and winters and longer growing seasons, the climate that is favorable for many types of fruit is increasingly shifting to higher altitudes that were previously less suitable and less commonly used for fruit growing. The risks and uncertainties for fruit production will increase considerably if the temperature rises by +2 °C, and at +3 °C, traditional forms of cultivation could be at risk. Active climate protection that limits global warming to below +2 °C is therefore essential to ensure a future perspective for extensive fruit orchards in Austria.

**Keywords:** Climate scenarios, climatic water balance, start of vegetation, late frost

## Einleitung

Als Streuobst(an)bau wird die Gesamtheit freistehender großkroniger Obstbäume mit Unterkultur verstanden. Die häufigste Ausformung sind Streuobstwiesen, daneben existieren auch andere Formen wie z.B. Obstbaumalleen, Hausobstgärten und Obstäcker (ARGE Streuobst 2017). Streuobstbestände sind vom Menschen geschaffene multifunktionelle Nutzökosysteme, die obstbauliche, ökologische, ökonomische, landeskulturelle und gesellschaftliche Funktionen erfüllen (Foith, 2011, Maurer, 2013, Schwaiger et al., 2018, Jandl et al., 2024). Die Erhaltung der Streuobstbestände und ihrer Funktionalität kann nur durch Bewirtschaftung in einem ausgewogenen Verhältnis zwischen ökonomischen und ökologischen Interessen sichergestellt werden (Grall et al., 2004, Foith, 2011, Breinesberger und Holler, 2022). In der Roten Liste der Biotoptypen Österreichs (UBA, o. J.) werden die verschiedenen Streuobst-Biotoptypen als „gefährdet“ bis „stark gefährdet“ eingestuft.

Der vom Menschen verursachte Klimawandel und die damit verbundenen Erderwärmung stellen die gesamte Landwirtschaft und damit auch den Streuobstbau vor neue Herausforderungen (HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2023, Schliebner et al. 2023, Bannier, 2024). Da es bisher keine konkreten Daten zu den Auswirkungen der Klimaerwärmung auf den Obstbau in Österreich gibt, zielte diese Arbeit darauf ab, anhand von Modellregionen zu identifizieren, welche wichtigen obstbaulichen Klimaparameter dadurch beeinflusst werden.

## Material und Methoden

Ausgewählt wurden die beiden Klimawandel-Anpassungsmodellregionen (KLAR) Amstetten Süd im niederösterreichischen Mostviertel, wo Streuobst historisch und aktuell eine große Rolle spielt und Naturpark Pöllauer Tal, dessen tiefere Lagen in gewissem Maße auch repräsentativ für das angrenzende oststeirische Tafelapfelanbaugebiet sind (Abb. 1).

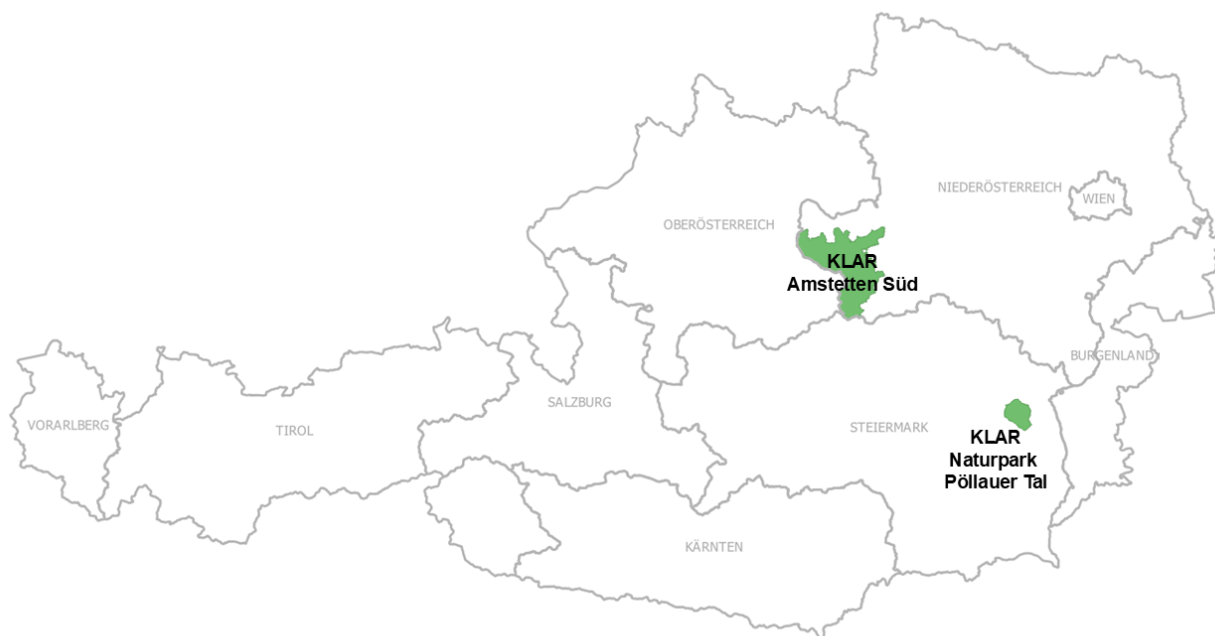


Abb. 1: Übersichtskarte von Österreich mit den beiden Modellregionen

Für die Studie wurden Daten zu folgenden obstbaulich relevanten klimatischen Parametern (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik et al., 2007, Stainer, 2014, Maixner et al., 2017, Rueß, 2020, Wurm, 2021, Kunzelmann et al., 2023, Lehner und Formayer, 2023, BFW, o. J., GeoSphere Austria. o. J.-c) betrachtet bzw. ausgewertet:

**Hitzetage:** Erfasst wurde die Anzahl an Tagen mit Lufttemperaturen  $\geq 30\text{ °C}$ ; bei Oberflächentemperaturen von über  $46\text{ °C}$  in Verbindung mit erhöhter Sonneneinstrahlung können Verbräunungen der Schale und Schäden im Fruchtfleisch (Sonnenbrand, Nekrosen) entstehen. Außerdem können Trockenstress und Hitzeschäden den Schwarzen Rindenbrand (*Diplodia ssp.*, Brenner et al., 2024) begünstigen.

**Klimatische Wasserbilanz:** Differenz von Niederschlag und potenzieller Evapotranspiration als Indikator für Wasserangebot und Trockenperioden. Trockenstress führt zu Ertragseinbußen und mindert die Vitalität bei Jung- und Altbäumen.

**Lufttemperatur (absolutes Minimum in  $^{\circ}\text{C}$ ):** Anhaltend tiefe Temperaturen können Schäden an Stamm (Frostrisse, Nekrosen) und Wurzel verursachen.

**Lufttemperatur:** Sie wurde berechnet als Jahresmittel in  $^{\circ}\text{C}$  und saisonal im Frühling (MAM), Sommer (JJA), Herbst (SON), Winter (DJF) und beeinflusst alle Entwicklungsphasen, Fruchtqualität sowie Aktivität von Schaderregern und die generelle Anbaueignung von Obstarten und Obstsorten am Standort.

**Niederschlag:** Jahresmittel und saisonale (Frühling, Sommer, Herbst, Winter) Verteilung in mm.

**Lufttemperatur, Spätfrost:** Erfasst wurden Tage im März, April, Mai mit  $\leq 0\text{ °C}$ ,  $\leq -2\text{ °C}$ ,  $\leq -4\text{ °C}$ . Blütenfrostschiäden durch Spätfrostereignisse führen zu Ertragsminderung bis hin zum Totalausfall.

**Vegetationsperiode:** ist die Dauer in Tagen des längsten durchgehenden Abschnitts an Tagen mit einer Mitteltemperatur von  $\geq 5\text{ °C}$ . Diese Periode darf durch zwei aufeinander folgende Tage mit Lufttemperaturmittel  $< 5\text{ °C}$  unterbrochen sein. Der Beginn und die Länge der Vegetationsperiode

beeinflussen alle phänologischen Entwicklungsstadien eines Obstbaums wie Austrieb, Blühbeginn und Fruchtreife.

Für diese Parameter wurden vom Institut für Meteorologie und Klimatologie der BOKU University Rasterdaten (Auflösung 250 x 250 m) als GeoTIFF, basierend auf Lehner und Formayer (2023), für die Normalperioden 1961-1990 ("historisches Klima") und 1991-2020 ("aktuelles Klima"), sowie vom Institut errechnete Daten für ein Klimaszenario mit global warming level +2 °C (gwl +2 °C) und mit global warming level +3 °C (gwl +3 °C) bereitgestellt.

Für jede Zeitperiode und jedes Szenario wurden pro Region 77 Parameter nach Höhenstufen differenziert verwendet. Die GIS-Auswertungen wurde mit der Anwendung QGIS durchgeführt.

Neben den oben genannten Klimadaten wurden bei den Auswertungen verschiedene GIS-Datensätze verwendet, die auf [www.data.gv.at](http://www.data.gv.at) frei zugänglich sind (Grenzen der Katastralgemeinden, Gemeinden und Bundesländer, Höhenschichtenlinien der ÖK50, Gewässernetz und Seen, Corine Landcover, INVEKOS-Daten) sowie ergänzende Datensätze des Hydrologischen Atlas (BMLFUW, 2007).

Für die Ergebnisdarstellung wurden für jene Faktoren, bei denen relevante Entwicklungen erkennbar sind, regionsbezogene GIS-Karten erstellt.

## Ergebnisse und Diskussion

### Amstetten Süd

Wie Abb. 2 zeigt, lag die mittlere jährliche Lufttemperatur in den obstbaulich hauptsächlich aktuell relevanten Höhenstufen der Region (240 bis 750 m) im Zeitraum 1991-20 bereits um 1,3 °C über dem Mittel (7,3 °C) von 1961-90. Beim Szenario gwl +2 °C ist in allen Höhenstufen ein weiterer Anstieg um 1,0 °C, beim Szenario gwl +3 °C um 2,0 °C zu erwarten. Bei der Sommertemperatur, die 1991-2020 im Mittel bei 17,6 °C lag, fällt der Anstieg beim Szenario gwl +3 °C mit +2,4 °C noch deutlicher aus (Abb. 2). Das absolute Minimum der Temperatur betrug im Zeitraum 1961-90 in den Höhenstufen von 240 bis 750 m -27 °C. In der Periode 1991-20 lag es um ca. 5 bis 7 °C höher. Die winterlichen Kaltluftlagen in den Niederungen haben sich somit deutlich entschärft. In den Lagen über 750 m wurden 1961-90 im Winter im Mittel jährliche Temperaturminima von -19 °C gemessen, im Zeitraum 1991-20 lagen sie um knapp 3,1 °C höher. Bei Szenario gwl +2 °C ist eine weitere Zunahme der absoluten Minima in den Höhenstufen von 240 bis 750 m um ca. 1,5 °C (-19 bis -21 °C) zu erwarten, beim Mittel der Minima um ca. 2,1 °C (-12,6 bis -14,1 °C). Bei Szenario gwl +3 °C ist ein weiterer Anstieg der absoluten Minima in diesen Höhenstufen um 2,6 bis 3,3 °C (-18 bis -19 °C) zu erwarten, beim Mittel der Minima um 3,1 bis 3,5 °C (-11,4 bis -13,1 °C).

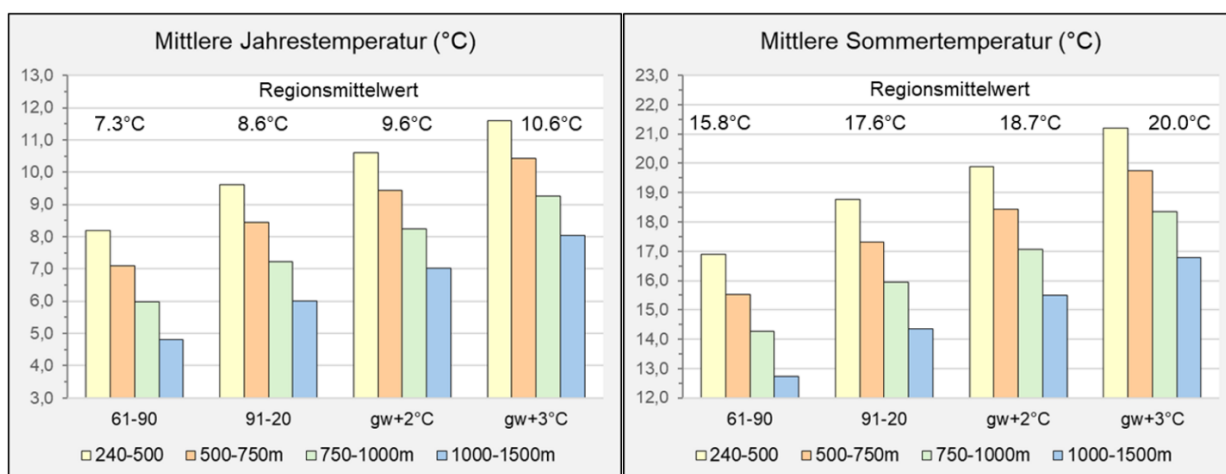


Abb. 2: Mittlere Lufttemperatur (°C) im Jahr und im Sommer (Juni, Juli, August) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Amstetten Süd in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“ +2 °C und +3 °C

Die mittleren Jahresniederschläge betragen 1961-90 1185 mm. Sie nahmen 1991-20 leicht zu (von 3 % in den tieferen Lagen bis ca. 8 % in den höheren Lagen), wobei diese Zunahme im Herbst (Sep.-Okt.-Nov.) stärker ausgeprägt ist. Für die mittleren Jahresniederschläge ergeben sich für das Szenario gw+2 °C sehr geringe Anstiege gegenüber 1991-20, für gw+3 °C sehr geringe Abnahmen (Abb. 3).

Im jahreszeitlichen Verlauf zeigte sich jedoch eine Zunahme der Winterniederschläge (stärkere Zunahme bei gw+3 °C) und eine Abnahme der Sommerniederschläge (bei gw+2 °C bis ca. -4 %, bei gw+3 °C ca. -11 % in allen Höhenlagen). Der allgemein beobachtete Trend zu mehr Starkniederschlägen als Folge des Klimawandels ist auch für die Region zu erwarten.

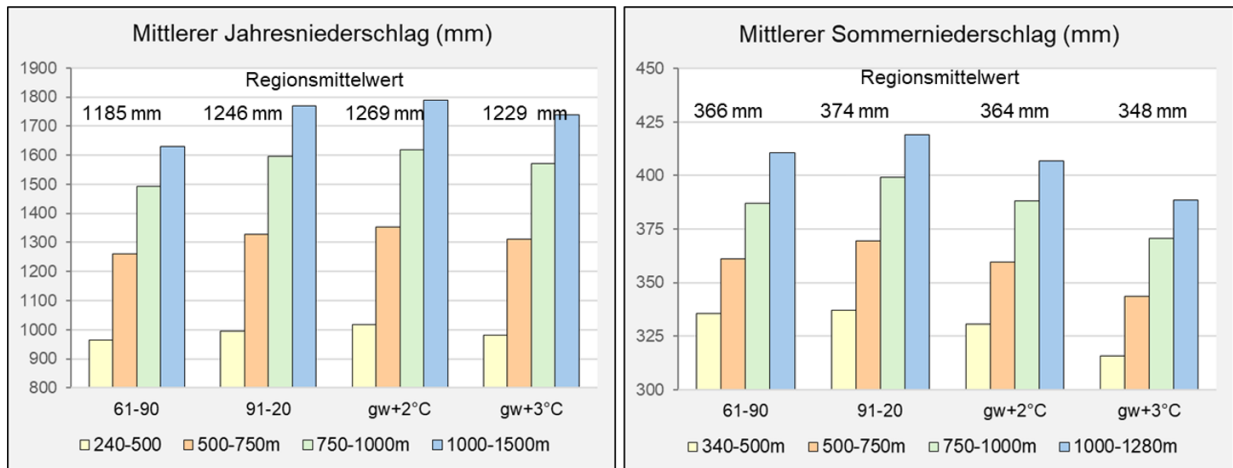


Abb. 3: Mittlerer Niederschlag (mm) im Jahr und im Sommer (Juni, Juli, August) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Amstetten Süd in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“ +2 °C und +3 °C

Die Klimatische Wasserbilanz (KWB) in der Vegetationsperiode war bisher in allen Höhenstufen positiv und nahm mit zunehmender Höhe zu. Von 1961-90 auf 1991-20 war ein leicht positiver Trend zu verzeichnen, vor allem in den höheren Lagen (Zunahme +7 mm in der Höhenstufe 240 bis

500 m, +43 mm in 500 bis 750 m). Im Vergleich zur Periode 1991-20 ist beim Szenario gw+2 °C in den Höhenstufen von 240 bis 750 m eine leichte Verbesserung der KWB in der Vegetationsperiode zu erwarten (+24 bis +37 mm), bei gw+3 °C eine leichte Verschlechterung (-8 bis -34 mm, Abb. 4).

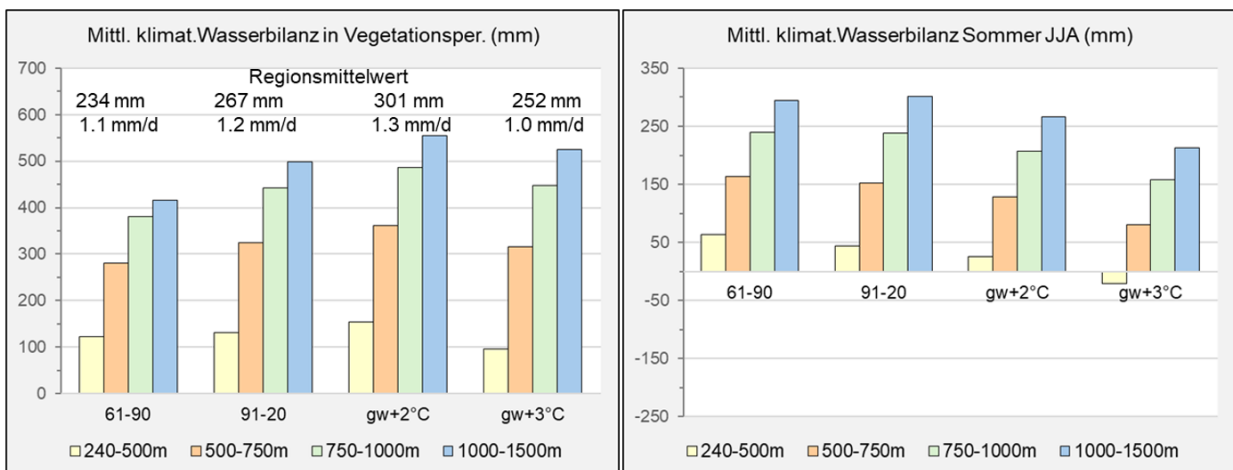


Abb. 4: Mittlere klimatische Wasserbilanz (KWB, mm) in der Vegetationsperiode und im Sommer (Juni, Juli, August) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Amstetten Süd in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“ +2 °C und +3 °C

In den Zukunftsszenarien verschlechtert sich die KWB im Sommer in allen Höhenstufen, wobei die Abnahme bei Szenario gwL +3 °C deutlich stärker ausgeprägt ist (Abnahme bei gwL +2 °C -18 bis -34 mm, bei gwL +3 °C -65 bis -88 mm). Dabei bleibt die KWB im Sommer im langjährigen Mittel bei gwL +2 °C auch in der Höhenstufe 240 bis 500 m noch positiv (KWB +26 mm), bei gwL +3 °C wird sie hier bereits negativ (KWB -21 mm). In der Höhenstufe 500 bis 750 m dagegen bleibt das sommerliche Mittel in beiden Szenarien positiv (KWB +128 mm bei gwL +2 °C und KWB +80 mm bei gwL +3 °C) (Abb. 4 rechts). Maßgeblich für die Beurteilung der Wasserverfügbarkeit für Dauerkulturen, ist auch die Betrachtung der Extremwerte der KWB (Abb. 5). Im Zeitraum 1991-20 betrug die KWB im

Sommer in der Höhenstufe 240 bis 500 m in Extremjahren -43 mm (einmal in 5 Jahren) bzw. -93 mm (einmal in 10 Jahren). Bei Szenario gwL +2 °C sinkt die KWB im Sommer in dieser Höhenstufe in Extremjahren auf -72 mm (einmal in 5 Jahren) bzw. auf -117 mm (einmal in 10 Jahren), während sie bei gwL +3 °C auf -135 mm (einmal in 5 Jahren) bzw. auf ca. -163 mm (einmal in 10 Jahren) fällt. In der Höhenstufe 500 bis 750 m ist das sommerliche Wasserdefizit in den Extremjahren bisher nicht sehr ausgeprägt (Periode 1991-20 Sommer KWB +46 mm einmal in 5 Jahren bzw. -10 mm einmal in 10 Jahren). In beiden Szenarien ist jedoch mit einer Verschärfung zu rechnen, insbesondere bei gwL +3 °C (Sommer KWB -52 mm einmal in 5 Jahren bzw. -92 mm einmal in 10 Jahren).

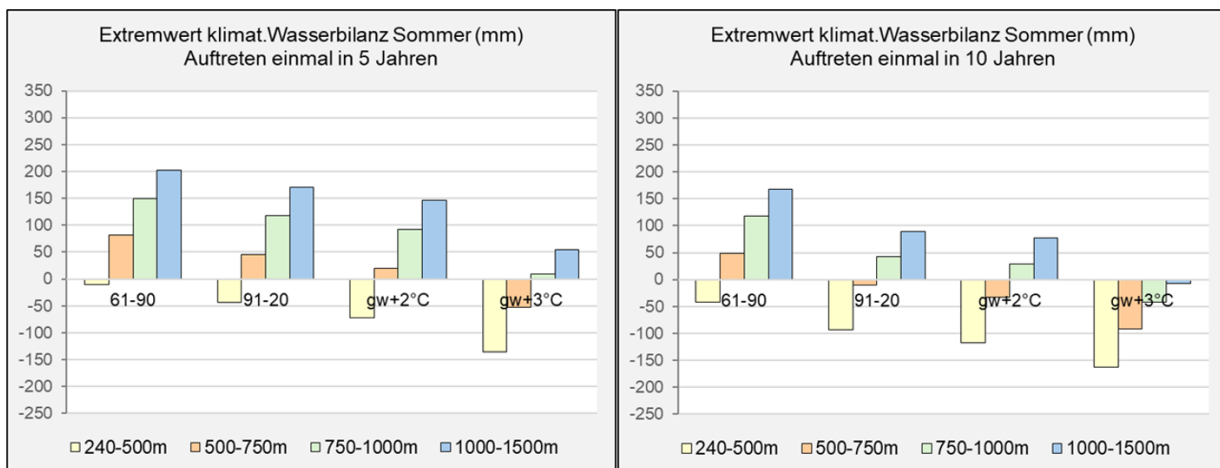


Abb. 5: Extremwerte der klimatischen Wasserbilanz (KWB, mm) im Sommer (Juni, Juli, August) mit Auftreten einmal in 5 Jahren (links) und einmal in 10 Jahren (rechts) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Amstetten Süd in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“ +2 °C und +3 °C

Lufttemperaturen  $\geq 30$  °C traten in der Periode 1961-90 in den unteren Höhenstufen der Region nur an wenigen Tagen und oberhalb von 750 m kaum auf. In der Periode 1991-20 traten sie im Mittel in der Höhenstufe 240 bis 500 m bereits an 14 Tagen, in 500 bis 750 m an 9 Tagen und in 750 m bis 1.000 m an 4 Tagen auf. Die weitere Zunahme der Hitzetage ist in den Szenarien deutlich ausgeprägt. In den Höhenstufen von 240 bis 750 m steigen sie bei gwL +2 °C im langjährigen Mittel auf 15 bis 22 Tage, bei gwL +3 °C auf 26 bis 35 Tage, in der Höhenstufe 750 bis 1.000 m bei gwL +2 °C auf 7 Tage, bei gwL +3 °C auf 15 Tage (Abb. 6 links).

Die mittlere Dauer der Vegetationsperiode verlängerte sich in den Höhenstufen von 240 bis 750 m zwischen 1961-90 und 1991-20 um ca. 14 Tage. Bei Szenario gwL +2 °C ist eine weitere Verlängerung um ca. 10 Tage, bei gwL +3 °C, um ca. 24 Tage zu erwarten. In den Höhenstufen von 750 bis 1.500 m ist die Zunahme von 1961-90 auf 1991-20 mit 11 bis 13 Tagen etwas geringer ausgeprägt, beim Klimaszenario gwL +2 °C ist eine weitere Zunahme von 11 bis 13 Tagen, bei gwL +3 °C um 26 bis 29 Tagen zu erwarten. In den Szenarien liegt die Vegetationsdauer in der Höhenstufe 1.000 bis 1.500 m bei gwL +2 °C bei 200 Tagen, bei gwL +3 °C bei 216 Tagen. Dies entspricht in etwa den Werten, die 1961-90 in 500 bis 750 m und 1991-20 in 750 bis 1.000 m erreicht wurden (Abb. 6 rechts).

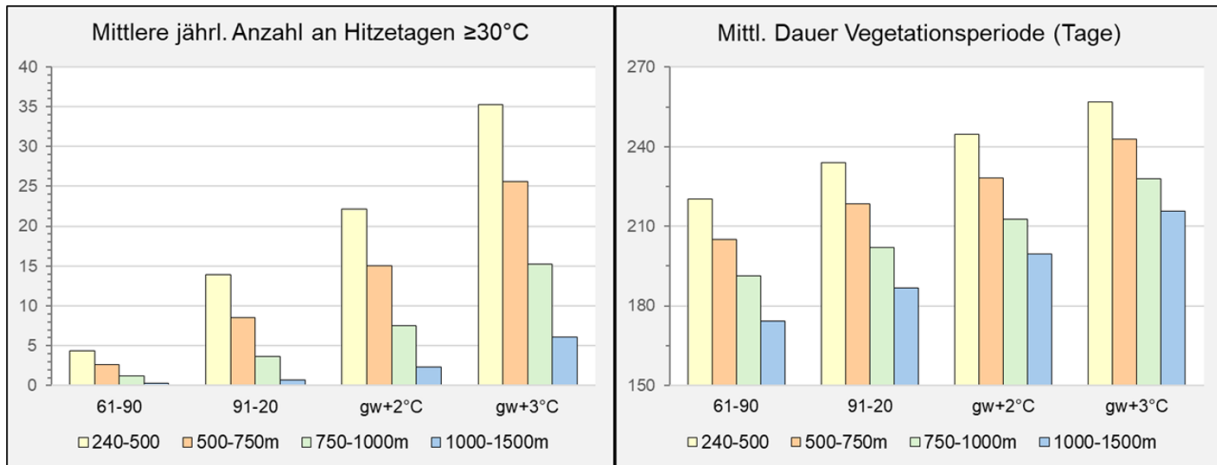


Abb. 6: Mittlere Anzahl an Hitzetagen ( $T \geq 30^{\circ}\text{C}$ ) im Jahr und mittlere Vegetationsdauer (Tage) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Amstetten Süd in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“  $+2^{\circ}\text{C}$  und  $+3^{\circ}\text{C}$

Der mittlere Vegetationsbeginn verschob sich in den Höhenstufen von 240 bis 1.000 m von 1961-90 auf 1991-20 um 7 Tage nach vorne, bei Szenario gw+  $2^{\circ}\text{C}$  ist eine weitere Verfrühung um ca. eine Woche zu erwarten, bei gw+  $3^{\circ}\text{C}$  um ca. zwei Wochen gegenüber 1991-20. In den Höhenstufen von 240 bis 750 m traten Tage mit  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  im April 1991-20 etwas seltener auf als 1961-90 (Abb. 7). Die Anzahl der Tage mit  $\leq -2^{\circ}\text{C}$  nahm nur sehr geringfügig ab, während die Anzahl der Tage  $\leq -4^{\circ}\text{C}$  annähernd gleichgeblieben ist. In den Höhenstufen über 750 m ist im Periodenvergleich 1961-90 zu 1991-20 hingegen eine Abnahme der Spätfrost-

tage im April bei allen drei untersuchten Temperaturstufen festzustellen. In den Szenarien im Vergleich zu 1991-20 ergibt sich in allen Höhenstufen eine Abnahme der Spätfrosttage mit  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  und  $\leq -2^{\circ}\text{C}$  im April, wobei die Abnahme bei gw+  $3^{\circ}\text{C}$  stärker ausgeprägt ist als bei gw+  $2^{\circ}\text{C}$ . Auch bei einer Abnahme der Frosttage pro Monat ist auf Grund des gleichzeitig auftretenden früheren Vegetationsbeginns sowohl beim Szenario gw+  $2^{\circ}\text{C}$  als auch bei gw+  $3^{\circ}\text{C}$  mit einer möglichen Zunahme von obstbaulich relevanten Schäden durch Aprilfröste in der Region zu rechnen (Abb. 7).

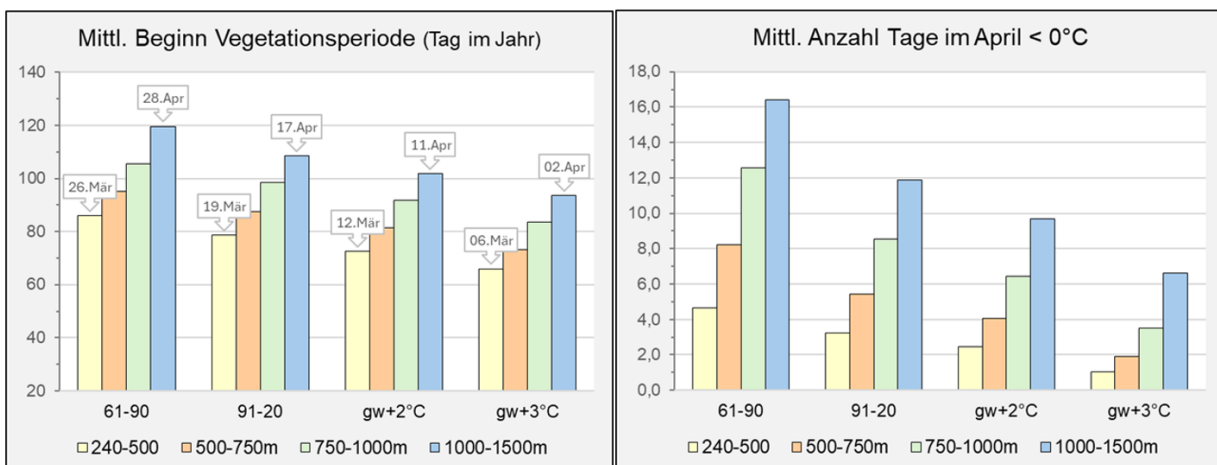


Abb. 7: Mittlerer Beginn der Vegetationsperiode (Tag im Jahr) und mittlere Anzahl Frosttage im April ( $< 0^{\circ}\text{C}$ ) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Amstetten Süd in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“  $+2^{\circ}\text{C}$  und  $+3^{\circ}\text{C}$

**Pöllauer Tal**

Die mittlere jährliche Lufttemperatur lag in den obstbaulich hauptsächlich relevanten Höhenstufen der Region (340 bis 1000 m) im Zeitraum 1991-20 bei 8,3 bis 10,1 °C und damit bereits um ca. 1,3 °C über dem Mittel von 1961-90. Beim Szenario gwL +2 °C ist in allen Höhenstufen ein weiterer Anstieg um ca. 1,0 °C zu erwarten. Der weitere Anstieg der Sommertemperaturen liegt mit +2,4 °C über alle Höhenstufen bei gwL +3 °C deutlich über dem Anstieg des Jahresmittels (2,0 °C, Abb. 8). Das absolute Minimum der Temperatur lag 1961-90 in den Höhenstufen 340 bis 1.000 m noch bei ca. -20

bis -21 °C (Hochlagen bis ca. -22 °C) und war 1991-20 bereits um ca. 1 bis 2 °C höher. Beim Szenario gwL +2 °C ist ein weiterer Anstieg der absoluten Minima in diesen Höhenstufen um 0,9 bis 1,7 °C zu erwarten, beim Mittel der Minima um ca. 2,3 °C. Beim Szenario gwL +3 °C ist ein weiterer Anstieg der absoluten Minima in diesen Höhenstufen um 3,0 bis 3,8 °C zu erwarten, beim Mittel der Minima um ca. 3,4 °C. Damit liegen die absoluten Minima in der Höhenstufe 340 bis 1.000 m bei gwL +2 °C bei ca. -17 °C (Mittel ca. -11 °C), bei gwL +3 °C bei ca. -15 °C (Mittel ca. -10 °C).

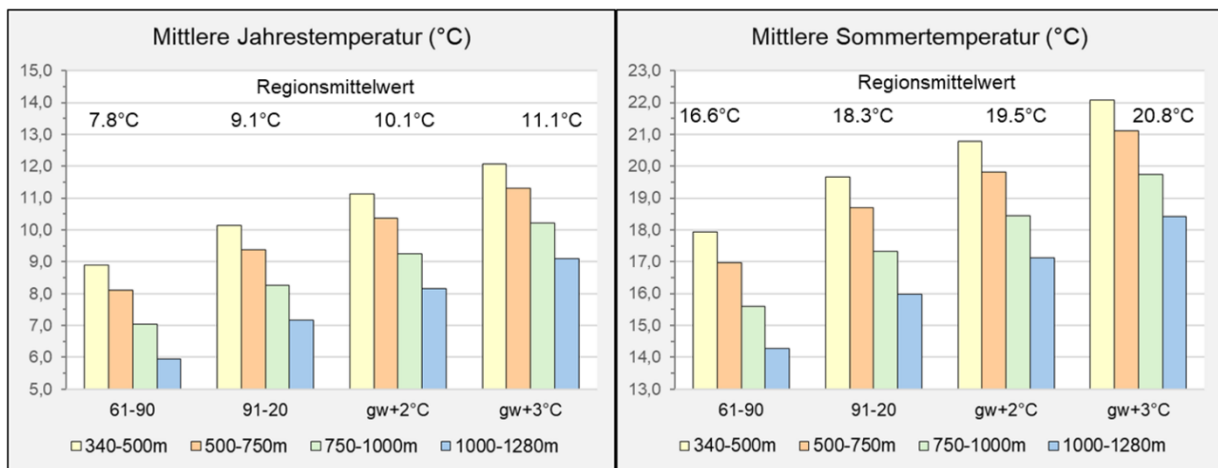


Abb. 8: Mittlere Lufttemperatur (°C) im Jahr und im Sommer (Juni, Juli, August) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Pöllauer Tal in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“ +2 °C und +3 °C

Bei den mittleren Jahresniederschlägen trat 1991-20 im Vergleich zu 1961-90 (858 mm) keine relevante Veränderung ein (gilt für alle Höhenstufen). Die leichte Abnahme der Frühjahrsniederschläge (ca. -10 %) wurde durch eine entsprechende Zunahme der Herbstniederschläge (ca. +10 %) im Jahresmittel ausgeglichen. Bei den Klimaszenarien ergeben sich keine wesentlichen Änderungen der mittleren Jahresniederschläge gegenüber 1991-20. Das Szenario gwL +2 °C zeigt eine leichte Zunahme im Frühjahr (ca. +10 %) und eine sehr ge-

ringe Abnahme im Sommer (ca. -2 %). Beim Szenario gwL +3 °C fällt die Niederschlagszunahme im Frühjahr geringer aus (ca. +2 %) und die Abnahme im Sommer etwas höher (ca. -7 %, Abb. 9). Die laut Stangl et al. (2022) allgemein prognostizierte Tendenz zum verstärkten (ca. 10 % pro Grad Erwärmung) Auftreten von Tagen mit Starkniederschlägen (Niederschlagssumme von mindestens 20 mm), bei annähernd gleichbleibenden Gesamtniederschlagswerten, muss auch für diese Region erwartet werden.



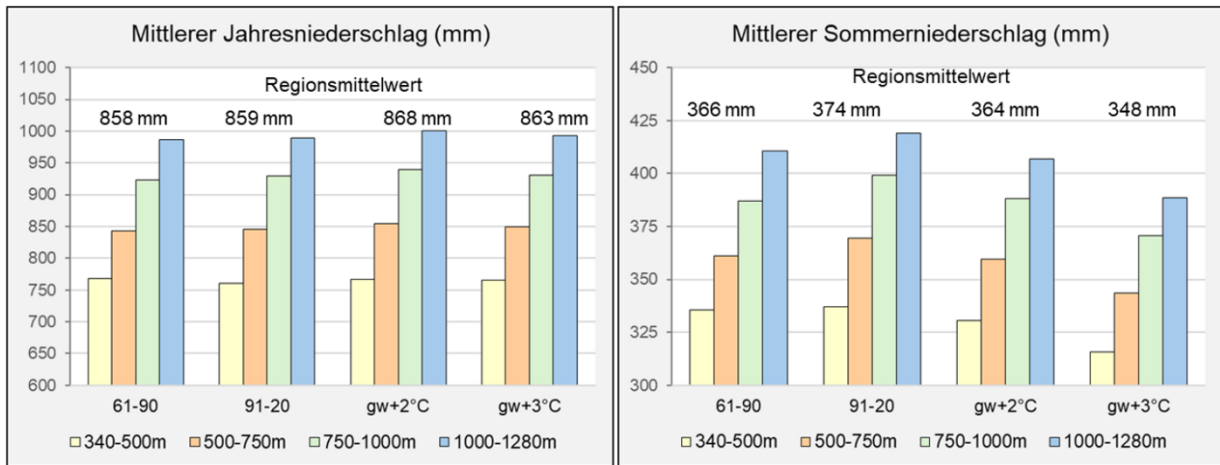


Abb. 9: Mittlerer Niederschlag (mm) im Jahr und im Sommer (Juni, Juli, August) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Pöllauer Tal in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“ +2 °C und +3 °C

Die Klimatische Wasserbilanz (KWB) in der Vegetationsperiode in der Region war bisher in allen Höhenstufen positiv (1961-90 im Mittel 119 mm, 1991-20 100 mm) und nahm mit der Höhe zu (Abb. 10). Von 1961-90 auf 1991-20 trat in den tieferen Lagen eine leichte Verschlechterung ein (Rückgang in der Höhenstufe 340 bis 500 m von ca. +60 auf +30 mm, in der Höhenstufe 500 bis 750 m von ca. +115 auf +90 mm). Ähnliches gilt für das langjährige Mittel der KWB im Sommer (Rückgang in der Höhenstufe 340 bis 500 m von +46 auf +22 mm, in der Höhenstufe 500 bis 750 m von +78 auf +56 mm). Beim Szenario gw+2 °C ist eine leichte Verbesserung der KWB in der Vegetationsperiode zu erwarten, bei gw+3 °C eine leichte Verschlechterung (Abb. 10). Maßgeblich für die Beurteilung der Wasserverfügbarkeit für Dauerkulturen ist jedenfalls auch die Betrachtung der

Extremwerte der KWB (Abb. 10). Im Zeitraum 1991-20 sank die KWB im Sommer in den Höhenstufen von 340 bis 750 m in Extremjahren auf ca. -65 bis 90 mm (einmal in 5 Jahren) bzw. auf ca. -105 bis -130 mm (einmal in 10 Jahren). Beim Szenario gw+2 °C sinkt die KWB im Sommer in den Höhenstufen von 340 bis 750 m in Extremjahren auf ca. -70 bis -100 mm (einmal in 5 Jahren) bzw. auf ca. -115 bis -145 mm (einmal in 10 Jahren). Beim Szenario gw+3 °C sinkt die KWB im Sommer in den Höhenstufen von 340 bis 750 m in Extremjahren auf ca. -110 bis -140 mm (einmal in 5 Jahren) bzw. auf ca. -140 bis -165 mm (einmal in 10 Jahren). Bei den Szenarien kann in den Extremjahren in allen Höhenstufen der Region im Sommer eine negative KWB auftreten, dies jedoch stärker ausgeprägt bei gw+3 °C (Abb. 11).

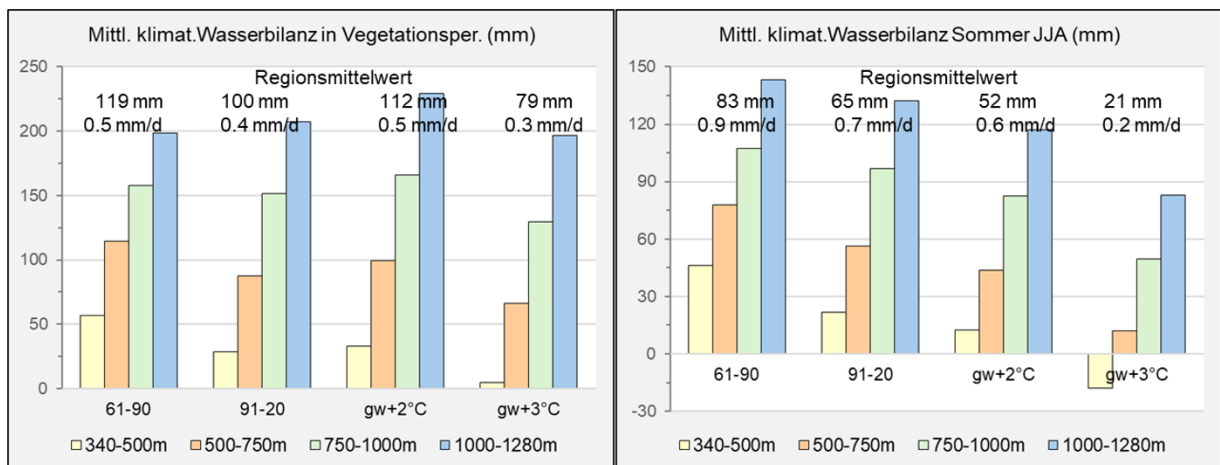


Abb. 10: Klimatische Wasserbilanz (KWB, mm) in der Vegetationsperiode und im Sommer (Juni, Juli, August) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Pöllauer Tal in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“ +2 °C und +3 °C

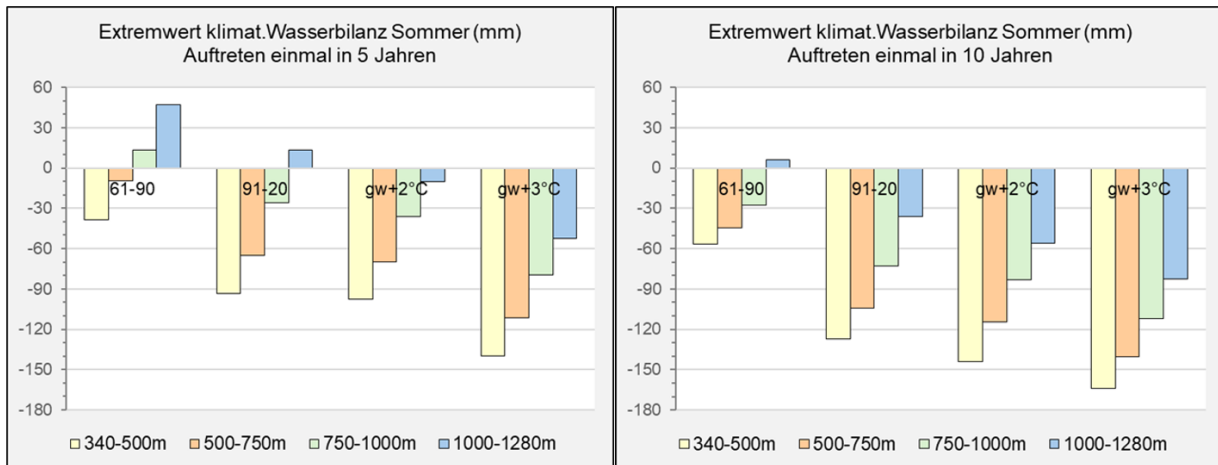


Abb. 11: Extremwerte der klimatischen Wasserbilanz (KWB, mm) im Sommer (Juni, Juli, August) mit Auftreten einmal in 5 Jahren (links) und einmal in 10 Jahren (rechts) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Pöllauer Tal in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“ +2 °C und +3 °C

Lufttemperaturen  $\geq 30\text{ °C}$  waren in der Periode 1961-90 in den unteren Höhenstufen der Region eine Erscheinung an nur einzelnen Tagen und kamen über 750 m praktisch nicht vor. In der Periode 1991-20 traten sie im Mittel in der Höhenstufe 340 bis 500 m bereits an 13 Tagen, in 500 bis 750 m an 7 Tagen und auch über 750 m an einzelnen Tagen auf. Die weitere Zunahme der Anzahl

an Hitzetagen ist bei den Szenarien deutlich ausgeprägt. In der Höhenstufe 340 bis 500 m nehmen sie bei gw+2 °C im langjährigen Mittel auf 21 Tage zu, bei gw+3 °C auf 34 Tage. In der Höhenstufe 500 bis 750 m nehmen sie bei gw+2 °C im Mittel auf 12 Tage zu, bei gw+3 °C auf 23 Tage. Bei gw+3 °C sind in der Höhenstufe 750 bis 1000 m im langjährigen Mittel 12 Hitzetage zu erwarten. (Abb. 12)

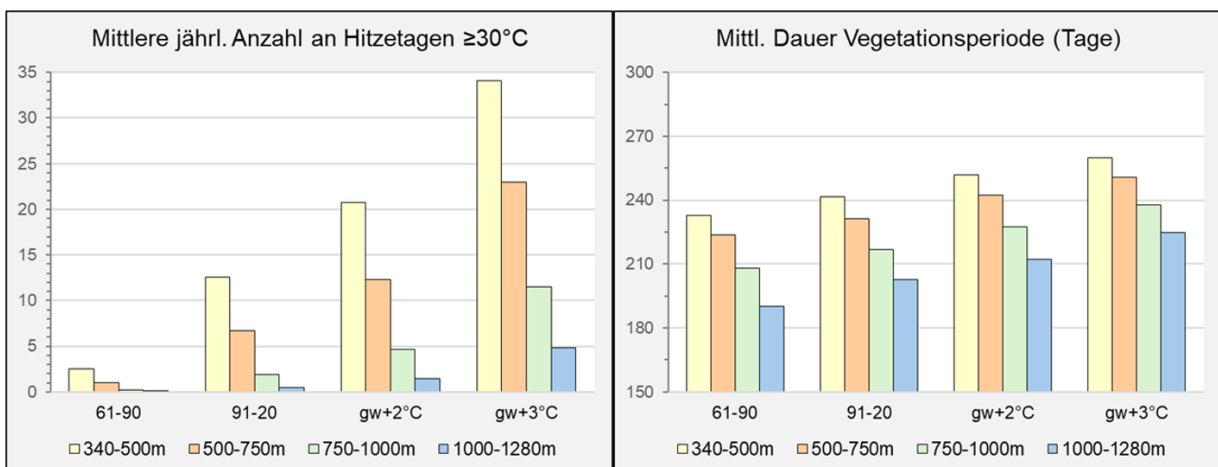


Abb. 12: Mittlere Anzahl an Hitzetagen ( $T \geq 30\text{ °C}$ ) im Jahr und mittlere Vegetationsdauer (Tage) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Pöllauer Tal in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“ +2 °C und +3 °C

Die mittlere Dauer der Vegetationsperiode verlängerte sich in den Höhenstufen von 340 bis 1.000 m von 1961-90 auf 1991-20 bereits um 7 bis 9 Tage. Beim Szenario gw+2 °C ist eine weitere Zunahme um 11 Tage zu erwarten, beim Szenario gw+3 °C um 18 bis 21 Tage. In der Höhenstufe 1.000 bis

1.280 m war die Zunahme von 1961-90 auf 1991-20 mit 13 Tagen noch ausgeprägter, bei den Klimaszenarien liegt sie in der gleichen Größe (weitere Zunahme bei gw+2 °C von 9 Tagen, bei gw+3 °C von 22 Tagen) (Abb. 12). Der mittlere Vegetationsbeginn verschob sich von 1961-90 auf

1991-20 in den Höhenstufen von 340 bis 1.000 m um 3 bis 6 Tage nach vorne, beim Szenario gwL +2 °C ist eine weitere Verfrühung um eine Woche, beim Szenario gwL +3 °C um ca. zwei Wochen zu erwarten (Abb. 13). Der früheste Vegetationsbeginn verschiebt sich noch stärker nach vorne.

In den Höhenstufen von 340 bis 750 m lag er 1991-20 bei Mitte Februar, bei gwL +2 °C rückt er zum Februaranfang vor, bei gwL +3 °C bis in die letzten Jännertage.

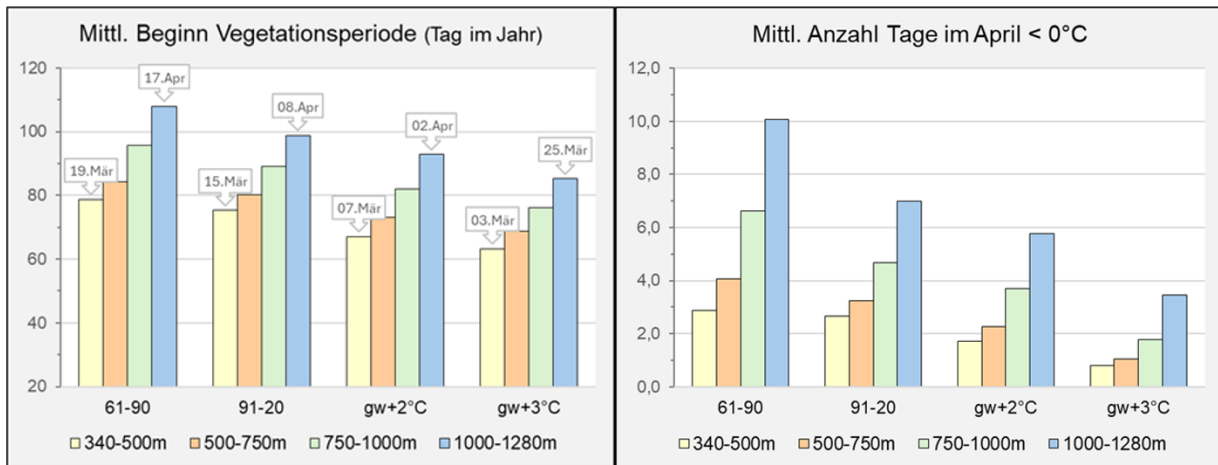


Abb. 13: Mittlerer Beginn der Vegetationsperiode (Tag im Jahr) und mittlere Anzahl Frosttage im April (< 0°C) gegliedert nach Höhenstufen in der KLAR Pöllauer Tal in den Klimaperioden 1961-90, 1991-2020 und in den Szenarien für „global warming (gw) level“ +2 °C und +3 °C

In den Höhenstufen von 340 bis 750 m traten 1961-90 im April im langjährigen Mittel ca. 3 bis 4 Tage  $\leq 0$  °C, 0,6 bis 0,9 Tage  $\leq -2$  °C und 0,1 Tage mit  $\leq -4$  °C auf. In der Periode 1991-20 waren ca. 3 Tage  $\leq 0$  °C, ca. 1 Tag  $\leq -2$  °C und 0,1 bis 0,2 Tage  $\leq -4$  °C. Somit treten kritische Temperaturen ( $\leq -2$  °C,  $\leq -4$  °C) im April in 340 bis 750 m aktuell geringfügig häufiger auf als früher. In den Höhenstufen über 750 m war dagegen eine leichte Abnahme der Spätfrosttage festzustellen. Bei den Szenarien ist gegenüber 1991-20 im April ein Rückgang der Spätfrosttage mit  $\leq 0$  °C und  $\leq -2$  °C in allen Höhenlagen zu erwarten, wobei der Rückgang bei gwL +3 °C stärker ausgeprägt ist als bei gwL +2 °C (Abb. 13). Die Anzahl der Tage im April mit  $\leq -4$  °C ändert sich in den Höhenstufen von 340 bis 750 m bei den Szenarien jedoch nur geringfügig. Im Zusammenhang mit dem zu erwartenden früheren Vegetationsbeginn, lässt dies ein weiter zunehmendes Risiko für Spätfrostschäden erwarten. In den Höhenstufen über 750 m ist in den Szenarien auch bei den Tagen  $\leq -4$  °C eine leichte Abnahme festzustellen. Auch bei einer Abnahme der Frosttage ist bei beiden Szenarien auf Grund des

früheren Vegetationsbeginns mit einer möglichen Zunahme von obstbaulich relevanten Schäden durch Aprilfröste in der Region zu rechnen.

## Regionsvergleich und Schlussfolgerungen

Der Vergleich der Perioden 1961-90 und 1991-20 zeigte bereits deutliche klimatische Veränderungen in beiden Regionen. Mit dem weiter fortschreitenden anthropogen bedingten Klimawandel, der in den Szenarien gwL +2 °C und gwL +3 °C abgebildet ist, werden sich diese Entwicklungen fortsetzen. Kennzeichnend sind deutlich wärmere Sommer und Winter, längere Vegetationsperioden und ein früherer Vegetationsbeginn in allen Höhenlagen. Strenger Winterfrost wird für die traditionellen Obstarten künftig kein einschränkender Faktor mehr sein. Die Anzahl der monatlichen Tage mit Spätfrost in den Monaten März bis Mai werden zwar weniger, auf Grund des gleichzeitig eintretenden früheren Vegetationsbeginns bleibt

die Gefahr von dadurch bedingten Schäden - insbesondere im April - aber aufrecht bzw. kann sich sogar verstärken.

Die schon beobachtete und in Zukunft noch stärker erwartete Abnahme in der klimatischen Wasserbilanz wird vor allem im Sommer zu Problemen mit der Wasserversorgung der Bäume führen. Wie in den Ergebnissen dargestellt (Abb. 4, 10, 11) ist in beiden Regionen die unterste Höhenstufe am stärksten davon betroffen, wo sich aktuell ca. 44 % (Amstetten Süd auf 240 bis 500 m) bzw. ca. 30 % (Pöllauer Tal auf 350 bis 500 m) der Streuobstbestände befinden. Diese Entwicklung kann je nach Gebiet durch die Bodenverhältnisse (z.B. auf durchlässigen, sandig-schottrigen Böden im Norden der Region Amstetten oder seichtgründigen Böden über Kalkgestein im Süden) zusätzlich verschärft werden. Die tiefgründigen Standorte der Flyschzone sind dagegen diesbezüglich eher begünstigt. Im Pöllauer Tal sind insbesondere die Tallagen von Hitze- und Trockenstress stärker betroffen, während die Höhenlagen etwas begünstigt sind. Dieser Vorteil wird jedoch durch die Bodenverhältnisse (seichtgründige und schlechter wasserversorgte Böden in Hang- und Höhenlagen) relativiert.

Das für den Obstbau günstige Klima verschiebt sich also zunehmend in höhere Lagen, da sie günstigere Werte bei der klimatischen Wasserbilanz aufweisen und die bisher begrenzenden Winterfröste abnehmen. Ein Ausweichen in diese Lagen stellt aus regionaler Sicht eine sinnvolle Strategie dar, wird aber einzelbetrieblich wohl nur in Ausnahmefällen möglich sein, da Alternativflächen in höheren Lagen nicht beliebig verfügbar sind. Im Einzelnen wird die Beachtung der kleinräumigen Standortfaktoren und -voraussetzungen für den Obstanbau noch wichtiger als in der Vergangenheit. Die im Szenario gwl +2 °C in den Höhenstufen ab ca. 500 m zu erwartenden regionalen Änderungen sind voraussichtlich je nach Region nur mit gezielten Anpassungsmaßnahmen im Streuobstbau zu bewältigen, was auch Literaturberichte (Schliebner et al. 2023, Bannier, 2024) bestätigen.

Die bereits eingetretenen, und noch mehr die beim Szenario gwl +2 °C zu erwartenden Verhältnisse bezüglich Abnahme der klimatischen Wasserbilanz im Sommer gepaart mit Hitze und häufigeren und stärkeren Extremereignissen (Stangl et al., 2022) stellen eine Herausforderung für den Obstanbau in den Regionen dar. Klimatische Verhältnisse, wie sie sich beim Szenario gwl +3 °C abzeichnen, stellen vor allen in den tiefen Lagen die Weiterführung des Obstanbaus in seiner traditionellen Form in Frage. Ein aktiver Klimaschutz, der die globale Erwärmung auf unter +2 °C begrenzt, ist daher essenziell, um eine Zukunftsperspektive für den Streuobstbau in Österreich zu gewährleisten.

Die Szenarien für die weitere Entwicklung basieren auf Rechenmodellen, denen bestimmte Annahmen zu Grunde liegen. Die klimatischen Änderungen hängen davon ab, wie stark und wie schnell der Rückgang an klimaschädlichen globalen Emissionen erfolgt. Klimaänderungen verlaufen nicht immer kontinuierlich, im Gegenteil: werden bestimmte kritische Temperaturwerte erreicht, können sich negative Entwicklungen beschleunigen. Ein Kipppunkt ist eine kritische Schwelle, jenseits derer sich ein System neu organisiert, oft abrupt und/oder unumkehrbar (Rahmstorf, 2022).

Szenarien mit einer Erderwärmung von über +2 °C sind jedenfalls mit einer höheren Unsicherheit behaftet, da dann die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass Kipppunkte zu völlig anderen bzw. noch extremeren Entwicklungen führen und darauf zielende Anpassungen kaum möglich sind. Daher muss der Fokus, auch aus streuobstbaufachlicher Sicht, auf dem aktiven Klimaschutz liegen, mit dem Ziel, die Erderwärmung auf unter +2 °C zu begrenzen. Wenn dieses Ziel erreicht werden kann, wird es auch eine Zukunftsperspektive für den Streuobstbau in Österreich geben.

## Danksagung

Dank ergeht an BMK, BMWFW, Klima- und Energiefonds und Land Oberösterreich für die Finanzierung der im Rahmen von StartClim2023 durchgeführten Studie.

## Literatur

- ARGE Streuobst** 2017: Streuobstdefinition für Österreich. *Besseres Obst* 10/11: 8-9.
- Bannier, H.-J.** 2024: Streuobstbau im Klimawandel. Hinweise und Überlegungen aus der Praxis. 18. Landesweiter Streuobsttag Baden-Württemberg Streuobst im Klimawandel, Hohenheim, Deutschland.
- BFW** o. J.: „eBOD“ Digitale Bodenkarte Österreichs. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft. <https://bodenkarte.at/#/center/13.3458,47.7132>, (03.05.2024).
- BMLFUW** 2007: Hydrologischer Atlas von Österreich.
- Breinesberger, J., Holler, C.** 2022: Streuobstanbau in Österreich. Hintergrunddokument zur Bewerbung um Aufnahme in das österreichische Verzeichnis des immateriellen Kulturerbes (o. A.).- unveröffentlichte Studie im Auftrag der ARGE Streuobst Österreich, Klosterneuburg.
- Brenner, J., Nagel, M., Hinrichs-Berger, J.** 2024: Schwarzer Rindenbrand an Kernobst. *Öko-Obstbau* 1: 8–11.
- Foith, T.** 2011: Entwicklung von Kenngrößen zur Bestandescharakterisierung und Sicherung von Streuobstbeständen unter besonderer Berücksichtigung des Bundeslandes Kärnten. Wien, Österreich, Universität für Bodenkultur, Dissertation.
- GeoSphere Austria.** o. J.-a: GeoSphere Maps. Geologie von Österreich 1:500.000. <https://maps.geosphere.at/de>, (03.05.2024).
- GeoSphere Austria.** o. J.-b: Informationsportal Klimawandel. <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel>, (10.06.2024).
- GeoSphere Austria.** o. J.-c: Erklärungen zum Jahrbuch der ZAMG. <https://www.zamg.ac.at/jahrbuch/docs/Gesamtjahresauswertung.pdf>, (10.06.2024).
- Grall, G.** (Hrsg.) 2004: Streuobst – ökologische Funktionalität und betriebliche Sicherung. Wien: Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung.
- HBLFA Raumberg-Gumpenstein** (Hrsg.) 2023: Klimawandel Anpassung—Empfehlungen für die Landwirtschaft. o.A. <https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/agrar-science-wissen-kompakt/klimawandel-anpassungsstrategien/32-obstbau-und-klimawandel-podcast.html>
- Jandl, R., Tappeiner, U., Foldal, C. B., Erb, K.** (Hrsg.) 2024: APCC Special Report: Landnutzung und Klimawandel in Österreich. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-67864-0>
- Kunzelmann, J., Winkler, A., Kaiser, D.** 2023: Klimaanpassung im Brandenburger Obstbau – Ein Leitfaden (Lehr und Versuchsanstalt für Gartenbau und Arboristik e.V. & Klimaschutz-& Energiebüro MO, Hrsg.). o.A.
- Lehner, F., Formayer, H.** 2023: Meteorologische Indikatoren für ökologische Anwendungen in Österreich. [Manuskript in Vorbereitung], Wien, Österreich, Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie und Klimatologie.
- Maixner, M., Hommes, M., Zwerger, P.** 2017: Klimawandel – Auswirkungen auf den Pflanzenschutz. *Journal für Kulturpflanzen*, 69(2): 53-55. <https://doi.org/10.5073/JfK.2017.02.06>

**Maurer, J.** 2013: Landschaftsökologischer Wert geförderter Obstbaumpflanzungen in Niederösterreich. Wien, Österreich, Fakultät für Lebenswissenschaften, Universität Wien, Diplomarbeit. <https://doi.org/10.25365/THESIS.30167>

**Rahmstorf, S.** 2022: Unumkehrbare Schäden: Das sind die gefährlichsten Kippunkte des Klimas. Der Spiegel. <https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/klimawandel-das-sind-die-gefaehrlichsten-kippunkte-des-klimas-a-ce62231c-6520-4166-9267-8d5b3045f432>

**Rueß, F.** 2020: Auswirkungen der Klimaverschiebung auf den Obstanbau und das Spätfrostisiko in der mittleren Neckarregion. o.A. [https://www.hochstamm-deutschland.de/files/hochstamm/NEWS/PDFs/Auswirkungen\\_der\\_Klimaveraenderung\\_auf\\_den\\_Obstbau\\_am\\_Neckar.pdf](https://www.hochstamm-deutschland.de/files/hochstamm/NEWS/PDFs/Auswirkungen_der_Klimaveraenderung_auf_den_Obstbau_am_Neckar.pdf)

**Schliebner, S., Decker, P., Schlitt, M.** 2023: Streuobstwiesen im Klimawandel. Ein Leitfaden (Internationales Begegnungszentrum St. Marienthal & Oberlausitz Stiftung, Hrsg.). Saxoprint. <https://www.streuobst-verbindet.de/leitfaden-streuobstwiesen-im-klimawandel/>

**Schwaiger, E., Färber, B., Kühnen, L., Stagl, S., Svehla-Stix, S., Vogel, J., Weiß, M.** 2018: Bewertung von Ökosystemleistungen. Methodenvergleich Kosten-Nutzen-Analyse und Multikriterienanalyse anhand einer österreichischen Region. (REP-0670). Umweltbundesamt.

**Stainer, R.** 2014: Klimawandel—Hype oder Herausforderung für den Obstbau Südtirols. Interpoma 2014, Bozen. <https://docplayer.org/44222834-Klimawandel-hype-oder-herausforderung-fuer-den-obstbau-suedtirols.html>

**Stangl, M., Formayer, H., Hieb, J., Pistotnik, G., Orlik, A., Kalcher, M., Michl, C.** 2022: Klimastatusbericht Österreich 2021, Graz.

**Umweltbundesamt** o. J.: Klimawandel. <https://www.klimawandelanpassung.at/kwa-allgemein>, (17. 6. 2024)

**Wurm, L.** 2021: Die Spätfrostgefahr im Obstbau nimmt zu. Obstbau 45(3): 171–176.

**Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Lebensministerium und VVO - Verband der Versicherungsunternehmen Österreichs** 2007: Weiterführende Information - Hagelschaden. [https://www.hora.gv.at/assets/pdf/HORA\\_Hagelschaden\\_Weiterfuehrende-Informationen\\_v1.pdf](https://www.hora.gv.at/assets/pdf/HORA_Hagelschaden_Weiterfuehrende-Informationen_v1.pdf)

Eingelangt am 12. November 2024