

Witterung 2021: Durchschnitt mit nassem Sommer

Feuchte in der Vegetationszeit verhindert Trockenstress in den Wäldern

2021 war für Bayern nach den vorausgegangenen heißen und trockenen Extremjahren wieder ein durchschnittliches Jahr. Beim Niederschlag lag es mit 963 l/m^2 geringfügig über dem langjährigen Mittel (+2 %). Wie Überschwemmungen im Berchtesgadener Land und in Mittelfranken zeigten, gab es regional aber durchaus Extreme. Bei der Anzahl der Starkniederschlagsereignisse von Mai bis September rangiert das Jahr 2021 auf Platz 2 seit 2001 (Imbery et al. 2022). Ungewöhnlich feucht waren daher auch die Waldböden über weite Strecken der Vegetationsperiode. Trockenstress im Wald kam 2021 so gut wie nicht vor. Die Jahresmitteltemperatur betrug $8,3^\circ\text{C}$, das sind $+0,9$ Grad mehr als im Mittel des Referenzzeitraums 1961–90, aber nur $+0,3$ Grad mehr bezogen auf die wärmere, aktuelle Klimaperiode 1991–2020. Nichtsdestotrotz war es erneut ein zu warmes Jahr, das Elfte in Folge (Abbildung 1). Weitere außergewöhnliche Witterungsereignisse waren eine intensive Kälteperiode im Februar, auf die eine sehr milde Phase mit fast sommerlichen Temperaturen folgte, ein kühles Frühjahr mit trockenem März und April, sowie ein ausgesprochen mildes Jahresende.

Bilderbuchwinter in den Bergen

Zahlreiche Sturmtiefs brachten im Dezember und Januar sehr feuchte Luftmassen, so dass sich sehr milde und nasskalte Witterungsabschnitte häufig abwechselten. Das führte im Dezember vor allem in den Alpen, ab Januar oftmals auch in den Mittelgebirgen, zu herrlichem Winterwetter. Im Januar fiel insgesamt überdurchschnittlich viel Niederschlag (Abbildung 2) und die Schneeschmelze zum Monatsende wirkte sich ebenfalls günstig auf die Bodenfeuchte und die Grundwasserneubildung aus. Ende Januar stiegen dann auch die Wasservorräte im durchwurzelten Boden an den Waldklimastationen (WKS) spürbar an (Abbildung 3). Eine scharfe Luftmassengrenze sorgte Anfang Februar besonders in den nordwestlichen Mittelgebirgen für beeindruckende Schneedecken. Der Februar war ein Monat der Extreme: Trotz eisiger erster Monatshälfte folgte in der zweiten Hälfte ein Vorfrühling mit ungewöhnlicher Wärme. Die Wärme glich den eisigen Monatsbeginn aus und die Haselblüte als Beginn des Vorfrühlings fiel fast auf den Tag mit dem vieljährigen Mittel zusammen (2021: 19.2., Mittel: 20.2.) (DWD 2022 a). Die Niederschläge Ende Januar und einsetzendes Tauwetter zu Ende des Winters sorgten dafür, dass sich die Waldböden wieder füllten.

Im Winter 2020/21 setzte sich die warme Witterung fort ($+1,8^\circ$), es war der neunte zu warme Winter in Folge. Beim Niederschlag ergab sich ein Defizit von -12% zum Klimamittel. Bayern war mit gut 200 Stunden ($+17\%$) das sonnenscheinreichste Bundesland, regional mit bis zu 285 Stunden.

Kalter Frühling – erst trocken, dann nass

Der März war durch den Wechsel von Hochs und Tiefs geprägt. Ende des Monats gab es eine kurze Wärmeperiode, die für einen Schub in der Vegetationsentwicklung sorgte. Folglich befand sich die Forsythienblüte als Beginn des phänologischen Vorfrühlings wieder im mehrjährigen Mittel (27.3.) (DWD 2022 a). Gleichzeitig fiel weniger Niederschlag als normal (-28%). Im April war es in Bayern so kalt wie seit langem (1997) nicht mehr, mit einer Abweichung vom Mittel 1991–2020 um $-2,7^\circ$! Luftströmungen aus Norden herrschten vor, die polare Kaltluft mit sich führten. Erst gegen En-

de des Monats wurde es wieder etwas wärmer, so dass die Verzögerung in der Vegetationsentwicklung nur gut vier Tage betrug, sichtbar an der Apfelblüte zum 1. Mai. Mit 32 l/m^2 blieb es im April aber sehr trocken (-52%), dafür schien die Sonne mehr als gewöhnlich ($+27\%$). Ein nasser Mai glich den Niederschlagsmangel der beiden Vormonate aus, so dass das jahreszeitliche Defizit klein ausfiel. Es war jedoch so kalt wie seit 30 Jahren nicht mehr ($-2,8^\circ$ zu 1991–2020), weshalb sich die Vegetationsentwicklung um zehn Tage verzögerte. Dies zeigte sich am späten Blühtermin des Hohlenders als Beginn des Frühsommers (6.6.2021 statt 27.5. im vieljährigen Mittel). Auch die Blattentfaltung der Rotbuchen an den Waldklimastationen begann im Mittel erst Anfang Mai mit elf Tagen Verspätung gegenüber dem langjährigen Mittel (Abbildung 4). Messungen und Modellierungen der Bodenfeuchte an den Waldklimastationen zeigten eine gute Füllung der Bodenwasserspeicher Mitte Mai zu Beginn der forstlichen Vegetationsperiode an. Der Wald profitierte von den kühlfeuchten Bedingungen durch eine gute Wasserversorgung und einem niedrigen Schädlingsdruck.

Das Frühjahr war deutlich zu kühl ($-0,6^\circ$ zum Mittel 1961–90, aber $-1,9^\circ$ zur wärmeren, aktuellen Klimaperiode 1991–2020). Ein unterdurchschnittliches Frühjahr gab es zuletzt 2013. Gleichzeitig war es etwas zu trocken (-8%) mit einem leichten Sonnenscheinüberschuss ($+12\%$).

Nasser Sommer – zunächst deutlich wärmer

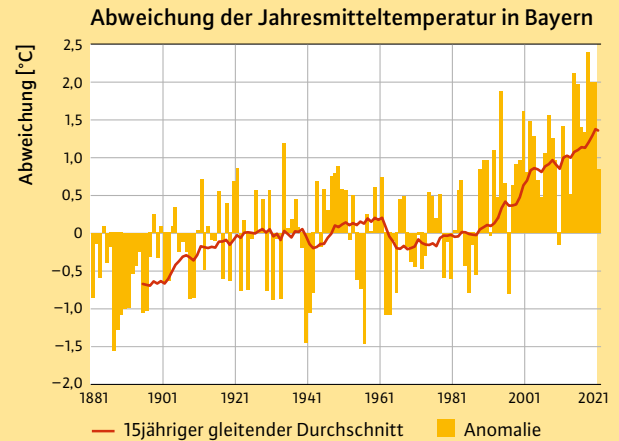
Der Juni fiel markant wärmer aus als im langjährigen Mittel ($+3,8^\circ$). Im Juli war die Abweichung dann deutlich geringer ($+1,7^\circ$) und der August zeigte sich sogar etwas kälter ($-0,1^\circ$). Die Wärme war nur kurzzeitig Mitte Juni mit Trockenheit verbunden, insgesamt gab es in diesem Monat einen Niederschlagsüberschuss von 14% . Nach der Monatsmitte brachte im Juni eine Hitzewelle landesweit hochsommerliche Temperaturen über 30°C und die Waldbrandgefahr stieg rasch an. Später kam es in der schwül-heißen Luft zu Gewittern mit intensiven Niederschlägen und Hagel, so dass die Waldbrandgefahr wieder zurückging. Vom Lechtal zog eine Superzelle ihre Bahn der Verwüstung entlang der Alpen bis zur Hohen Tatra. Trotz der Hitze wurde die landesweite Blüte der Sommerlinde erst zum 26. Juni gemeldet, was einer Verspätung von sechs Tagen zum vieljährigen Mittel (DWD 2022 a) entspricht. Mittelfranken erlebte Anfang Juli starke Überschwemmungen. Durch vorhergehende Niederschläge war das Rückhaltevermögen der Böden – auch im Wald – sehr gering. Dieser Monat bleibt uns besonders durch das Jahrhundert-Hochwasser im Ahr- und Rurtal in der Eifel im Gedächtnis, das durch das Tief »Bernd« verursacht wurde und katastrophale Auswirkungen hatte. Auch in Bayern gab es durch Ausläufer dieses Tiefs große Schäden, allerdings begrenzt auf die südöstlichen Alpen. Besonders das Berchtesgadener Land war stark betroffen, an der WKS Berchtesgaden wurden 186 l/m^2 in 48 Stunden (17.–18.7.) gemessen. Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines solchen Extremereignisses wird mit Hilfe der Jährlichkeit bemessen. Tritt es statistisch gesehen einmal in 100 Jahren ein, hat es eine Jährlichkeit von einem Hundertstel bzw. ein Wiederkehrintervall von 100 Jahren. Die Wiederkehrintervalle für unterschiedliche Niederschlagsdauern (1 bis 48 Stunden) bewegten sich im Berchtesgadener Land von 2 bis 25 Jahren – weit entfernt von den Wiederkehrintervallen der Niederschläge in den Katastrophengebieten in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen, die oft größer als 100

Jahre waren. Beim Abfluss wirkte sich dagegen die Morphologie der steilen, engen Achen-Flusstäler verstärkend aus: An drei von vier ihrer Abflusspegel wurden Wiederkehrintervalle > 100 Jahre gemessen, wobei es sich um kurz anhaltende Abflussspitzen handelte. Im Juli betrug der Niederschlagsüberschuss fast die Hälfte des sonst Üblichen (+47%). Durch die Wärme und Feuchte in der Atmosphäre waren Gewitter im August weiterhin häufig. Sie entwickelten sich teilweise erneut zu Superzellen und verursachten auf ihrer Zugbahn große Schäden durch Hagelschlag, Sturmwurf und Starkniederschläge. Am 16. August löste ein Unwetter in der engen Höllentalklamm bei Garmisch-Partenkirchen eine Flutwelle aus, die zwei Wanderer mit sich riss. Zum Ende des Sommers führten weitere Starkniederschläge zu Sturzfluten im nördlichen Oberbayern. Der August endete mit einem Niederschlagsüberschuss von knapp einem Drittel (+32%). Die Vegetationsentwicklung zu Beginn des Spätsommers (Früchte beim Apfel) wies eine Verspätung von elf Tagen auf (DWD 2022 a).

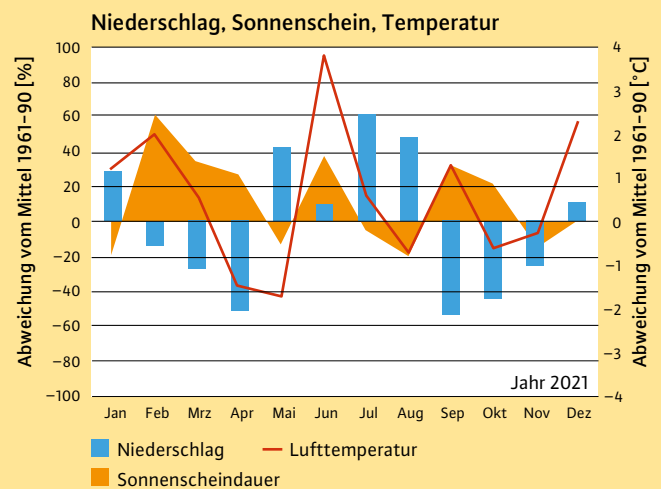
Der Sommer 2021 landete mit einer Durchschnittstemperatur von 17,4 °C (+1,6° Abweichung zu 1961–90) immer noch unter den 20 wärmsten Sommern (Platz 19) seit 1881. Gleichzeitig kam er aufgrund seiner vielen und intensiven Niederschläge (416 l/m², +32% zum Mittel 1961–90) auf Platz 8 der nassesten Sommer seit 1881. So war trotz der klimawandelbedingt höheren Lufttemperaturen stets genügend Niederschlagswasser vorhanden, um die Böden wieder aufzufüllen und die Bäume gut mit Wasser zu versorgen. Die Messungen der Bodenfeuchte an den WKS zeigten, dass sich die Füllstände der Bodenwasserspeicher meist zwischen über 100% und 80% der nutzbaren Feldkapazität (nFK) befanden (Abbildung 3). Trockenstress kam bei keiner Bodenfeuchtemessung in diesem Sommer vor. Bei den beobachteten Überschreitungen der Feldkapazität kann teilweise von einer Grundwasserspende im Sommer 2021 ausgegangen werden. Was die Sonnenscheindauer betrifft, lag 2021 mit 646 Sonnenscheinstunden etwas über dem langjährigen Durchschnitt (+4%). Europaweit sah es dagegen ganz anders aus: laut Copernicus-Klimawandeldienst der EU war der Sommer 2021 der heißeste seit Beginn seiner Aufzeichnungen 1979 – knapp vor den Sommern 2010 und 2018.

Spätsommer und Orkan im Herbst

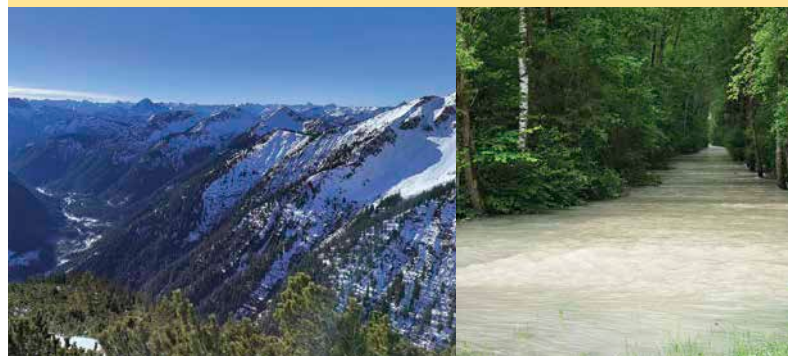
Nach den tiefdruckgeprägten Wetterlagen des Sommers übernahmen im September vor allem Hochdruckgebiete die Wetterregie. Damit ebte auch das »Waschküchenwetter« mit Starkregenfällen zunehmend ab. Folge war ein sehr sonniger (+32%), sehr trockener (-48%) und phasenweise spätsommerlich warmer September (+1,8 °C). Bereits in der ersten Septemberhälfte und damit besonders früh begann die Herbstverfärbung der Buchen, die jedoch besonders lang und prächtig anhielt. Auch der Oktober zeigte sich von seiner goldenen Seite, da Hochdruckeinfluss mit viel Sonnenschein dominierte. Dadurch setzte sich die Trockenheit fort (-47%). Im letzten Monatsdrittel gab es den ersten kräftigen Herbststurm (Orkan »Hendrik II«). Bei einer kräftigen Strömung aus Südwest verzeichneten Unterfranken und das nördliche Oberfranken die stärksten Böen. Diese erreichten selbst in tieferliegenden Gebieten verbreitet eine Stärke von Bft 10 bis 11 (»schwerer Sturm« bzw. »orkanartiger Sturm«) auf der Beaufortskala. In der Rhön wurde auf der Gipfellation der Wasserkuppe sogar eine Orkanböe gemessen (130 km/h), am Döbraberg im Frankenwald kam es

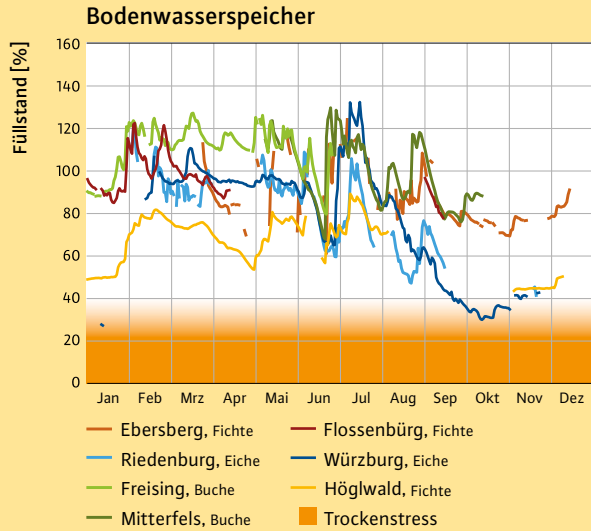


1 Jahresabweichungen der Lufttemperatur (Jahresmitteltemperatur minus Periodenmittel 1961–90) vom Gebietsmittel für Bayern 1881–2021 Quelle: Deutscher Wetterdienst

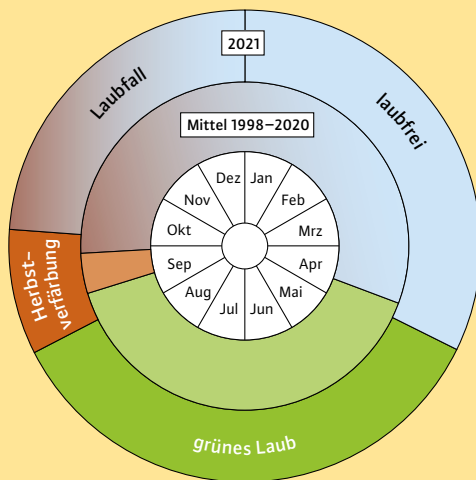


2 Monatliche Niederschlags-, Sonnenscheindauer- und Temperaturabweichungen vom langjährigen Mittel 1961–1990 an den 19 bayerischen Waldklimastationen sowie an der Wetterstation Taferluck für das Jahr 2021





3 Bodenwasservorräte im gesamten durchwurzelten Bodenraum in Prozent zur nutzbaren Feldkapazität im Jahr 2021



4 Mittlere Entwicklung der Belaubung von Buchen an den Waldklimastationen Bad Brückenau, Ebrach, Freising, Mitterfels, Riedenburg, Rothenbuch und Würzburg im Jahr 2021 im Vergleich zum mehrjährigen Mittel von 1998–2020



an einzelnen Fichten zu Sturmbrüchen. Der restliche Freistaat verzeichnete meist Bft 8 bis 9. Durch das noch vorhandene Herbstlaub boten auch Laubbäume viel Angriffsfläche, so dass oft große Äste brachen oder ganze Bäume geworfen wurden. Im November hielt Hochdruckeinfluss Tiefs weitgehend fern, so dass um mehr als ein Fünftel weniger Niederschlag fiel (–22%). Allerdings bedeutete dies nicht unbedingt viel Sonne (–16%), sondern im Gegenteil wegen Temperaturinversionen oft Nebel oder eine Hochnebeldecke. Gegen Monatsende wurde es frühwinterlich mit erstem Schnee bis in mittlere Lagen. Temperaturmäßig lag der November knapp über dem alten Klimamittel (+0,2°), bezogen auf die aktuelle Klimaperiode 1991–2020 war er kälter (–0,7°).

Insgesamt war der Herbst etwas wärmer (+0,6°) und deutlich sonniger als normal (+20%), aber auch sehr trocken (–40%). Dies hatte zur Folge, dass die Bodenwasservorräte an den Waldklimastationen deutlich zurückgingen und an der WKS Würzburg sogar leichter Trockenstress im Oktober zu verzeichnen war.

Wechselhafter Dezember mit frühlinghaftem Silvester

2021 war der Dezember sehr wechselhaft: zunächst winterlich, dann wieder mild, kurz vor Weihnachten nochmals kalt und dann wieder mild. Durch ein ausgedehntes Mittelmeerhoch kam warme Luft bis nach Süddeutschland, so dass die Lufttemperatur ab dem 30. Dezember 2021 anstieg (DWD 2022 b). Im Alpenvorland wurden an Silvester Maxima von 15 bis 17°C erreicht (Imbery et al. 2022). Bedingt durch die wechselhafte Witterung fiel ergiebiger Niederschlag, teilweise auch als Schnee, den es meist in der ersten und dritten Monatsdekade gab. Bis zum Jahresende waren die Böden in den obersten 60 cm aufgefüllt, lediglich in Teilen Unterfrankens und östlich der Fränkischen Alb lag die Bodenfeuchte dieser Schicht noch unter 100% nutzbarer Feldkapazität.

Mit 1,7°C war der Dezember 2021 wie im Vorjahr deutlich zu mild (+2,3° zu 1961–90). Mit 84,1 l/m² fielen rund 11% mehr Niederschlag als im Mittel. Die Sonnenscheindauer blieb genau im Durchschnitt.

Als Referenz wurde das Mittel 1961–90 verwendet, falls nicht anders erwähnt.

Autoren

Dr. Lothar Zimmermann und Dr. Stephan Raspe sind Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
Kontakt: Lothar.Zimmermann@lwf.bayern.de

Literatur

Das Literaturverzeichnis finden Sie am Ende des Online-Artikels unter www.lwf.bayern.de

Bild links: Zu Jahresbeginn herrschte in den Alpen traumhaftes Winterwetter. Foto: F. Stahl, LWF

Mitte: Insbesondere der Juli zeichnete sich durch ergiebige Niederschläge aus, die gebietsweise auch zu Überschwemmungen führten. Foto: F. Binder

Bild rechts: Im Oktober gab es den ersten kräftigen Herbststurm, der vereinzelt Bäume zum Umstürzen brachte. Foto: F. Stahl, LWF.