

Die Waldböden trockneten bis zur Totwassergrenze aus

Der Sommer 2003 grub dem Wald das Wasser ab

Modell- und Messergebnisse aus bayerischen Waldböden

von Stephan Raspe, Winfried Grimmeisen und Bernd Schultze

In weiten Teilen Bayerns trockneten im letzten Jahr die Waldböden völlig aus. Auf vielen Standorten reichte der vorhandene Wasservorrat nicht mehr aus, um die Bäume in der langanhaltenden Trockenperiode ausreichend zu versorgen. Die Wasseraufnahme und Verdunstung durch die Bäume kam daher im August und September vielfach zum Erliegen. Die geringen Niederschläge im Herbst und Winter konnten den Bodenwasserspeicher an den meisten Standorten auch bis zum Ende des Jahres nicht auffüllen.

Bäume brauchen Wasser zum Leben

Geschwitzt und gedurstet haben wir im letzten Sommer wohl alle. Doch während Mensch und Tier sich auch in extrem trockenen Sommern auf die Suche nach erfrischendem Nass machen können, sind Pflanzen an ihren Standort gebunden. Auch die Waldbäume müssen mit dem Wasser im Boden auskommen. Sie benötigen es unter anderem um die lebenswichtigen Mineralstoffe aus dem Boden aufzunehmen und in die Blätter der Krone zu transportieren. Antriebskraft für den Wassertransport in die Baumkrone ist die Verdunstung von Wasser über die Blätter. Dieser Vorgang wird Transpiration genannt.

Im Sommer verbrauchen unsere Wälder in der Regel mehr Wasser als durch den Niederschlag nachgeliefert wird. Der Wassergehalt der Böden nimmt dadurch ab. In normalen Jahren reichen die Wasserreserven der Böden und die Niederschläge während der Vegetationszeit aus, um den Bedarf der Bäume zu decken. Der Sommer im letzten Jahr war jedoch ungewöhnlich lange trocken und heiß (siehe hierzu auch Beitrag von G. Gietl in diesem Heft), so dass die Wälder einen enorm hohen Wasserbedarf hatten. Zwar können Pflanzen die Transpiration bis zu einem gewissen Maß einschränken, sie geraten dabei allerdings unter zunehmenden Trockenstress.

Im letzten Jahr war dieser Stress auf einigen Standorten anhand der Symptome deutlich sichtbar und messbar (siehe weitere Beiträge in diesem Heft). Um den Trockenstress in vergleichbare Zahlen fassen zu können, messen wir an den bayerischen Waldklimastationen den Bodenwassergehalt kontinuierlich mit modernen Methoden und berechnen den Wasserbedarf der Bäume sowie die Wasservorräte im Boden mit computergestützten Modellen (siehe Kasten).

Die Totwassergrenze wurde erreicht

Während des Sommers nahmen die Wassergehalte im Boden überall deutlich ab. Abb. 1 zeigt den Bodenwassergehalt in verschiedenen Bodentiefen für einen sandigen, einen lehmigen und einen tonigen Standort. Mit zunehmender Tiefe ist eine Verzögerung der Austrocknung zu erkennen. Ab Mitte August blieben die Wassergehalte im Boden auf einem konstant niedrigen Niveau. Offensichtlich war das Restwasser im Boden so stark gebunden, dass die Bäume es nicht mehr aus dem Boden saugen konnten. Dieser Anteil des Bodenwassers, der in Poren mit einem Durchmesser unter $0,2 \mu\text{m}$ (= 0,2 tausendstel Millimeter) gebunden ist, wird daher auch als "Totwasser" bezeichnet.

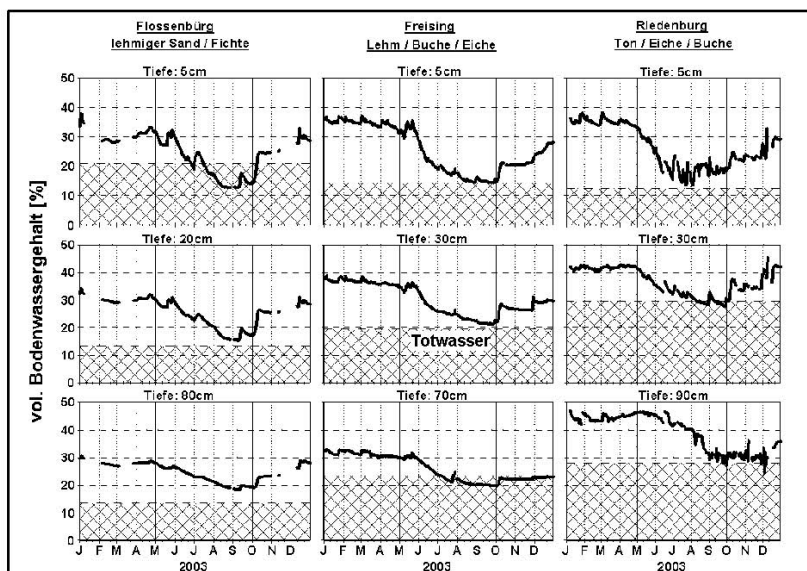


Abb. 1: Verlauf des Bodenwassergehalts in drei Bodentiefen an den Waldklimastationen Flossenbürg, Freising und Riedenburg während des Trockenjahres 2003 (die schraffierten Flächen geben den von Pflanzen nicht nutzbaren Totwassergehalt an)

Aus den Grafiken werden die Standortsunterschiede deutlich. Der Fichtenbestand auf lehmigem Sand im Oberpfälzer Wald im Forstamt Flossenbürg nutzte vor allem das Wasser aus den oberen Bodenhorizonten. Hier trocknete hauptsächlich der Oberboden bis 20 cm Tiefe aus. In 80 cm Tiefe standen das ganze Jahr über noch nutzbare Wasserreserven zur Verfügung. Allerdings wurzelt die Fichte bekanntermaßen vorwiegend flach, so dass das Wasser in den tieferen Bodenzonen nur teilweise genutzt werden konnte. Die Buchen und Eichen an den Waldklimastationen in Freising und Riedenburg nutzten dagegen den gesamten Wasserspeicher der Böden, so dass die Bodenwassergehalte in allen Tiefenstufen bis zur Totwassergrenze zurück gingen.

Die Bodenwasservorräte waren ausgeschöpft

Der prozentuale Wassergehalt im Boden sagt noch nichts über die im Boden verfügbare Wassermenge aus. Deshalb haben wir die für die Baumwurzeln verfügbaren Wasservorräte für das letzte Jahr und die zur Zeit gebräuchliche Normalperiode von 1961 bis 1990 berechnet.

Aus den in Abb. 2 dargestellten Modellberechnungen für sechs Waldklimastationen in ganz Bayern geht hervor, dass nahezu an allen Standorten der pflanzenverfügbare Wasservorrat im Sommer 2003 aufgezehrt war. Nur an der Alpenstation im Forstamt Sonthofen waren über den gesamten Sommer noch erhebliche Wasservorräte im Boden vorhanden. Allerdings waren die Wasservorräte selbst in Sonthofen von Juli bis September deutlich geringer als normal. Auch für die meisten anderen Standorte gilt, dass in Normaljahren selbst

im Hochsommer der Bodenwasserspeicher immer eine gewisse Reserve aufweist. Nur in den Tonböden in Riedenburg sind geringe Wasservorräte unter 50 Liter pro Quadratmeter im Sommer normal.

Transpiration der Bäume war stark eingeschränkt

Das knappe Wasserangebot im Boden führte dazu, dass die Transpiration der Bäume auf vielen Standorten stark eingeschränkt war. Die Wälder gerieten dadurch unter erheblichen Trockenstress. Wie stark der Wassermangel auf einigen

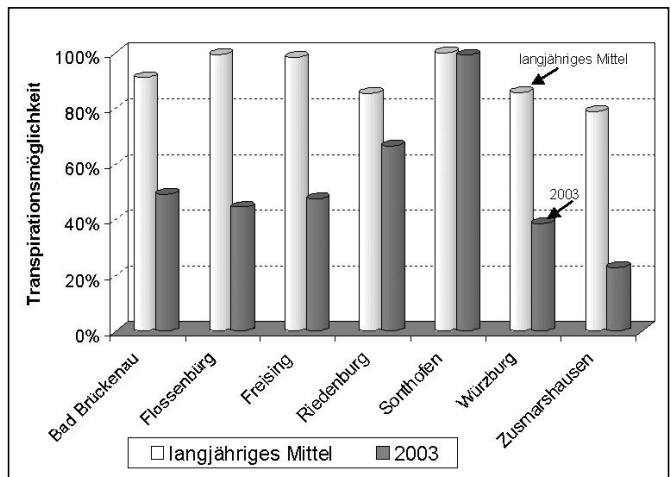


Abb. 3: Fähigkeit der Bäume zur Transpiration während der Monate August bis September im Trockenjahr 2003 und im langjährigen Mittel (1961 - 1990)

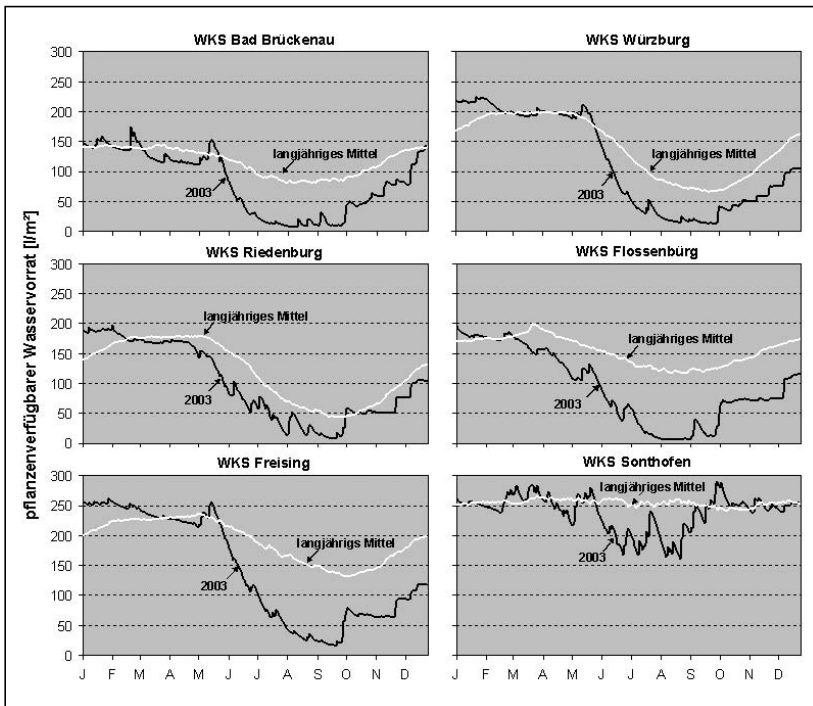


Abb. 2: Für die Bäume zur Verfügung stehender Wasservorrat im Boden an verschiedenen Waldklimastationen (WKS) während des Trockenjahres 2003 im Vergleich zum langjährigen Mittelwert (1961 - 1990)

Waldklimastationen war, ist auf Abb. 3 zu erkennen. An den meisten Stationen konnten die Bäume im August und September ihren Wasserbedarf nicht einmal zur Hälfte decken. An einzelnen Tagen kam die Transpiration sogar fast gänzlich zum Erliegen. Nur an der Alpenstation Sonthofen waren die Bäume ausreichend mit Wasser versorgt. Das bedeutet aber nicht, dass im Alpenraum generell kein Trockenstress vorgekommen wäre. Auf Standorten mit geringerem Bodenwasserspeicher war auch dort die Wasserversorgung mit Sicherheit angespannt.

Wasserdefizit war zum Jahresende noch nicht abgebaut

Mit dem Ende der Vegetationszeit im Oktober nimmt der Wasserbedarf der Wälder üblicherweise ab, da mit dem herbstlichen Laubfall die Transpiration beendet wird. Gleichzeitig setzten im letzten Jahr zu dieser Zeit in ganz Bayern wieder Niederschläge ein, so dass der Bodenwasservorrat langsam wieder zunahm.

In den Alpen an der Waldklimastation Sonthofen war der Bodenwasserspeicher bereits

Ende September wieder aufgefüllt. In Bad Brückenau in der Röhn dauerte es bis Ende Dezember, ehe der pflanzenverfügbare Wasservorrat wieder auf Normalmaß war.

Auf den anderen Waldklimastationen fehlten bis zum Jahreswechsel noch zwischen 100 und 150 Liter Wasser pro Quadratmeter zur Sättigung der Böden. Im Normaljahr sind die Defizite zu dieser Zeit nur etwa halb so hoch. Da die Niederschlagsmengen im ersten Quartal in ganz Bayern jedoch normalerweise deutlich höher sind als das Wasserdefizit im Boden, kann damit gerechnet werden, dass die Waldböden auch in diesem Frühjahr wieder aufgefüllt werden.

Das Trockenjahr 2003 übertraf sogar die Jahre 1947 und 1976

Auch im Vergleich zu den historischen Trockenjahren 1947 und 1976 war das Jahr 2003 besonders ungünstig für den Wald. Wie Abb. 4 zeigt, trocknete der Boden an der Waldklimastation Freising im letzten Sommer deutlich rascher aus als 1947 und stärker als 1976. Während der gesamten Vegetationszeit ging im letzten Jahr der Bodenwasservorrat kontinuierlich zurück. Im Gegensatz zu den anderen Trockenjahren gab es keine Erholungsphase für die Bäume. Bereits Anfang August standen den Wurzeln nur noch weniger als 50 Liter Wasser pro Quadratmeter zur Verfügung, während es selbst in dem ebenfalls extrem trockenen Jahr 1947 zu dieser Zeit noch über 100 Liter waren. Damit war nicht nur die Dauer des

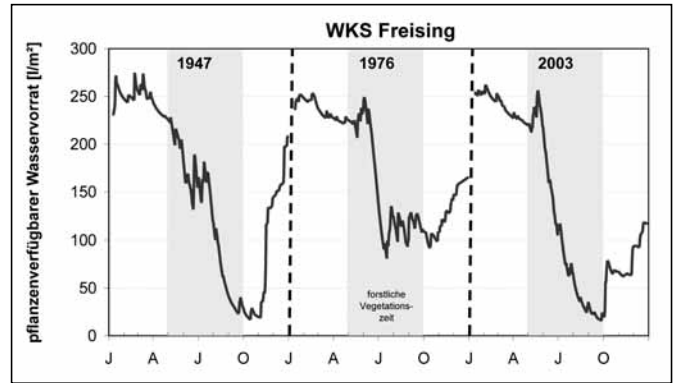


Abb. 4: Vergleich der pflanzenverfügbaren Wasservorräte im Boden zwischen den Trockenjahren 1947, 1976 und 2003 an der Waldklimastation Freising

Trockenstresses besonders lang, sondern auch der Zeitpunkt des Auftretens besonders ungünstig. Je früher nämlich der Trockenstress während der Vegetationszeit auftritt, desto stärker wirkt er sich schädigend auf die Wurzeln und die Vitalität der Bäume aus.

DR. STEPHAN RASPE, WINFRIED GRIMMEISEN und BERND SCHULTZE sind Mitarbeiter im Sachgebiet II (Standort und Umwelt) der LWF



Wie wird die Feuchte der Waldböden ermittelt?

An sechs der zweiundzwanzig bayerischen Waldklimastationen wird der Wassergehalt im Boden permanent gemessen. Hierzu sind in verschiedenen Bodentiefen Messsensoren eingebaut, die jede halbe Stunde Informationen über den Wassergehalt des Bodens liefern.

Mit einem Art „Bodenecholot“ wird dazu eine hochfrequente elektromagnetische Welle über spezielle Antennen in den Boden geschickt und quasi ihr Echo im Boden wieder aufgefangen. Da die Dauer der Reflexion dieses „Echos“ hauptsächlich von der Feuchtigkeit des Bodens abhängt, kann damit der Wassergehalt bestimmt werden.

Neben diesen Messungen kann der Bodenwasserhaushalt auch durch physikalisch und physiologisch begründete Simulationsmodelle beschrieben werden.

Diese Programme benötigen jedoch umfangreiche Daten zu Boden, Bestand und Witterung. So müssen vor allem Informationen über den **Aufbau und die Struktur des Bodens und der Bestände** vorliegen. Als wichtige äußere Steuergrößen gehen die **Niederschlagsmenge**, die **Lufttemperatur**, die **relative Luftfeuchte**, die **Strahlung** und die **Windgeschwindigkeit** in mindestens täglicher Auflösung ein. Sind diese Daten vorhanden, kann für viele Standorte der Wasserhaushalt mit ausreichender Genauigkeit beschrieben werden. Zusätzlich liefern solche Modelle Informationen zur Wasserversorgung der Bäume. Damit werden sie zu einem wichtigen Instrument zur Bewertung von Trockenjahren.

Abb. 5: Bodenfeuchte-Messeinrichtung an der Waldklimastation Ebersberg