



1 Bei fehlenden Niederschlägen geraten die Bestände auf skelettreichen Standorten leicht unter Trockenstress. Der überarbeitete BaSIS-Wasserhaushalt hebt diese bodenbedingte Trockenstress-Gefahr hervor. Foto: G. Brehm, AELF Fürstenfeldbruck

# BaSIS-Wasserhaushalt wird bodensensitiver

Bayerisches Standortinformationssystem jetzt mit aktualisiertem Wasserhaushalt

**Tobias Mette, Jürgen Kolb, Oliver Schuster, Wolfgang Falk und Hans-Joachim Klemmt**

Bayernweit bildet der Wasserhaushalt im Standortinformationssystem BaSIS den Klimagradienten vom warm-trockenen Nordwesten Bayerns in die kalt-feuchten ostbayerischen Mittelgebirge und Alpen gut ab. Auf lokaler Ebene stellten die Praktiker jedoch einen oftmals geringen Einfluss des Bodens auf den Wasserhaushalt fest. Insbesondere wurde der Risikoaspekt in Trockenjahren nicht dargestellt. Ein Trockenstress-Zuschlag auf flachgründigen und skelettreichen Böden hat nun diesen Mangel behoben.

Mit Einführung des Bayerischen Standortinformationssystem BaSIS als Teil des Bayerischen Waldinformationssystems wurde erstmals ein einheitlicher Wasserhaushalt für die Waldfläche in Bayern berechnet (Osenstetter et al. 2013). Er bildet das 30-jährige mittlere sommerliche Wasserdefizit auf Grundlage von Klimadaten aus den Jahren 1971–2000 ab.

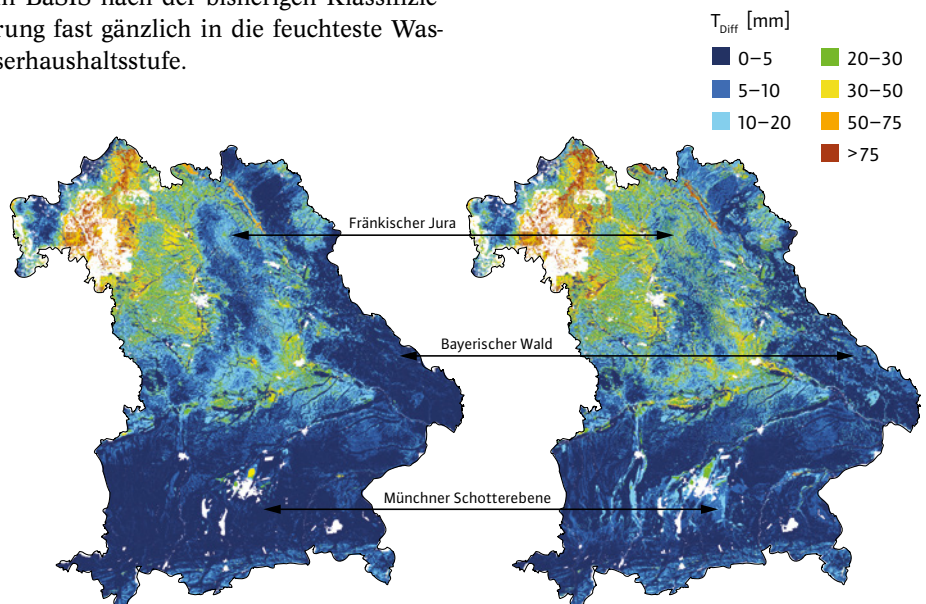
Das Resultat ist in Abbildung 2 flächig für ganz Bayern dargestellt – links der ursprüngliche, rechts der überarbeitete Wasserhaushalt. Auf beiden Karten sieht man, dass der BaSIS-Wasserhaushalt primär den regionalen Klimagradienten von Bayern nachzeichnet. Dies unterscheidet ihn vom Wasserhaushalt der klassischen Standortkartierung, der eher kleinräumig vom Boden geprägt ist. Die Wasserhaushaltsziffern 0 (trocken) bis 4 (frisch)

aus den traditionellen Standortkarten sind daher nicht mit den BaSIS-Wasserhaushaltsklassen gleichzusetzen (vgl. Mette et al. 2016).

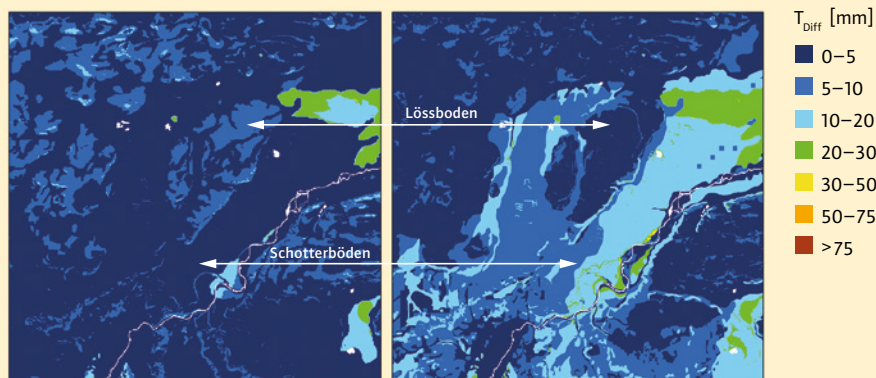
Auf der ursprünglichen Wasserhaushaltskarte (Abbildung 2, links) fallen die eiszeitlichen Schotterebenen (z. B. im Bereich München) und die mit ihnen verzahnten Jung- und Altmoränen im Alpenvorland als sehr homogen ins Auge. Bedingt durch moderate Jahresmitteltemperaturen von 7,5–8,5°C und hohe Niederschläge von 900–1.300 mm/Jahr fiel das Gebiet in BaSIS nach der bisherigen Klassifizierung fast gänzlich in die feuchteste Wasserhaushaltsstufe.

Bei der Überarbeitung des BaSIS-Wasserhaushalts wurde die die Rolle des Bodens im Verhältnis zum Klima gestärkt, ohne dabei den bayernweit einheitlichen Ansatz zu verlieren. Im Ergebnis fällt die neue Wasserhaushaltskarte (Abbildung 2, rechts) in der Region der Schotterebenen, aber auch im Bayerischen Wald oder dem Fränkischen Jura wesentlich differenzierter aus. Dies wird besonders deutlich in Abbildung 3, die einen Ausschnitt aus der Münchner Schotterebene bei Fürstenfeldbruck zeigt.

2 Der ursprüngliche (links) und überarbeitete (rechts) BaSIS-Wasserhaushalt besitzen sieben Wasserhaushaltsstufen, denen bestimmte Werte der Transpirationdifferenz ( $T_{Diff}$ ) zugeordnet sind. Der klimatische Trend vom warm-trockenen Nordwesten Bayerns zum niederschlagsreicheren ostbayerischen Mittelgebirge und Alpen ist in beiden Karten gleich. Allerdings unterscheidet sich die überarbeitete Karte hinsichtlich flachgründiger und skelettreicher Böden, auf denen das Trockenstressrisiko stärker hervorgehoben wird (d. h. höhere  $T_{Diff}$ ). Dies trifft vor allem die Schotterebenen im Alpenvorland, die Mittelgebirge Ostbayerns sowie den Fränkischen Jura.



## BaSIS-Wasserhaushalt, Beispiel Münchner Schotterebene



### Transpirationsdifferenz: Grundlage der BaSIS-Wasserhaushaltsklassen

Die Transpirationsdifferenz  $T_{\text{Diff}}$  ist eine Maßzahl für den Trockenstress von Waldbeständen. Sie beziffert die Differenz zwischen der Menge Wasser, die ein Bestand bei ausreichender Wasserversorgung verdunsten würde, und der Menge Wasser, die der Bestand bei der real gegebenen Wasserversorgung verdunsten kann. Geht man für unsere Wälder von einer Transpiration von 2–3 mm pro Tag in der Vegetationsperiode aus, so ist ein  $T_{\text{Diff}}$ -Wert von 20–30 mm äquivalent zu einer vollständigen Transpirationseinschränkung von circa 10 Tagen. Typisch für Bayern sind  $T_{\text{Diff}}$ -Werte im einstelligen oder unteren zweistelligen Bereich. Auf trockenen Standorten oder in Trockenjahren können allerdings auch  $T_{\text{Diff}}$ -Werte über 100 mm erreicht werden. BaSIS teilt das  $T_{\text{Diff}}$ -Spektrum in sieben Wasserhaushaltsklassen von 0 bis >75 mm ein (siehe Legende Abbildung 2).

Abbildung 5 stellt beispielhaft den Wasserhaushalt zweier unterschiedlicher Fichtenstandorte unter zwei verschiedenen klimatischen Bedingungen dar (Daten aus Schmidt-Walter et al. 2019). Wie auch für BaSIS wurde der Wasserhaushalt mit dem Modell LWF-Brook90 gerechnet (Hammel & Kennel 2001). Die Transpirationsdifferenz  $T_{\text{Diff}}$  ist als gelb schraffierter Balkenabschnitt eingezeichnet.

In einem durchschnittlichen Jahr (Mittelwert 1971–2000) fällt die Transpirationsdifferenz moderat aus: Auf dem Löss-Standort mit einer nutzbaren Feldkapazität (nFk) von 136 mm liegt  $T_{\text{Diff}}$  bei 2 mm (Abbildung 5a); auf dem Schotter-Standort mit 70 mm nFk liegt  $T_{\text{Diff}}$  bei 19 mm (Abbildung 5c). In Trockenjahren wie etwa 2003 zählt jedoch jeder Liter Was-

ser im Boden. Während sich auf dem Schotter-Standort die Bodenwasser-Vorräte schon im Juni erschöpfen (Abbildung 5d), hält der Löss-Standort selbst im August noch eine geringe Menge Wasser (Abbildung 5b). Der Unterschied in der  $T_{\text{Diff}}$  von 211 mm auf dem flachgründigen, skelettreichen Schotterstandort zu 72 mm auf dem tiefgründigen Moränenstandort zeigt deutlich den höheren Trockenstress auf dem flachgründigeren Standort.

### Wie wurde der Wasserhaushalt überarbeitet?

Wie Abbildung 5 zeigt, wirkt sich eine geringe Wasserspeichervermögen des Bodens erst in Trockenjahren merklich auf den Wasserhaushalt aus. Die Differenzierung zwischen durchschnittlichem und extremem Wasserhaushalt ist deswegen sehr wichtig. Es ist vor allem der extreme Trockenstress, der Baumarten wie die Fichte anfälliger für Schädlinge macht (Rehshuh et al. 2017).

Um der erhöhten Trockenstressgefahr von Standorten mit geringem Wasserspeichervermögen gerecht zu werden, wurden bei der Überarbeitung des BaSIS-Wasserhaushalts Böden mit niedriger Feldkapazität, hohem Skelettanteil und/oder geringer Gründigkeit hinsichtlich der Transpirationsdifferenz trockener eingestuft. Das heißt, sie erhielten einen Trockenstress-Zuschlag auf ihren ursprünglichen  $T_{\text{Diff}}$ -Wert, und zwar umso höher je niederschlagsärmer die betrachtete Region war. Mit diesem Zuschlag machen wir das Trockenstress-Risiko bodensensitiver.

### Das Ergebnis: Trockenstressrisiko wird sichtbar

Die Änderungen des überarbeiteten BaSIS-Wasserhaushalts lassen sich am bes-

3 Vergleich des ursprünglichen und überarbeiteten Wasserhaushalts in einem Ausschnitt der Münchner Schotterebene bei Fürstenfeldbruck. Die überarbeitete Wasserhaushaltskarte (rechts) ist wesentlich differenzierter als die ursprüngliche Karte (links). Deutlich ist zu erkennen, wie Schotter (hellblau) und Moränen (dunkelblau) miteinander verzahnt sind. Im Zuge der Überarbeitung wurden auch offensichtliche Fehler beseitigt, z. B. wurde in der ursprünglichen Karte der Lössboden irrtümlich schlechter wasserversorgt dargestellt als die benachbarten Schotterböden.

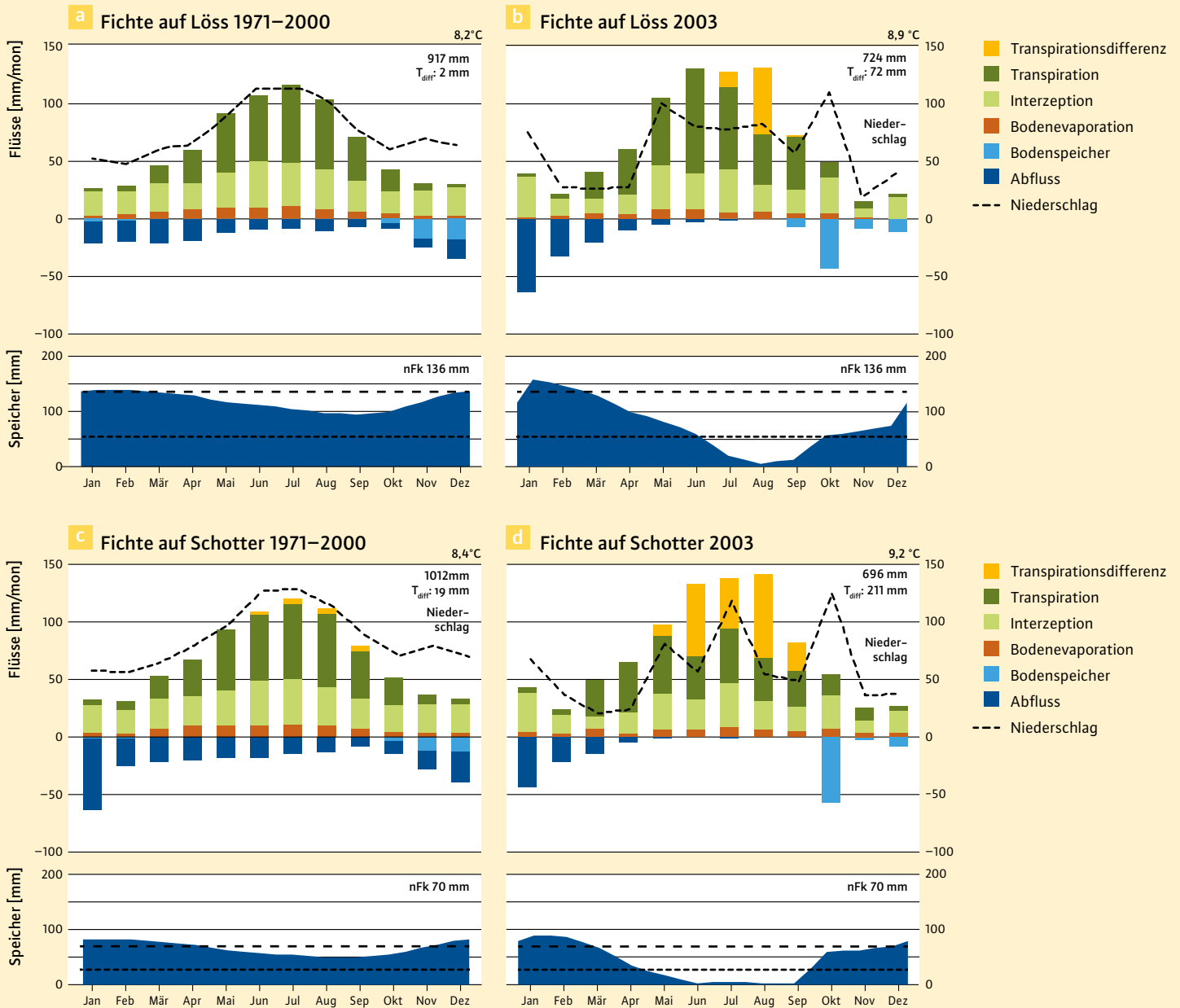
ten im Vergleich von alt und neu erfassen. Abbildung 2 hebt hierzu drei charakteristische Gebiete hervor. Es handelt sich einerseits um den Fränkischen Jura, wo sich aus dem Kalkgestein vielerorts Rendzinen oder Terrae fuscae entwickelt haben. Diese Böden werden nach der Überarbeitung wesentlich trockener bewertet und heben sich nun deutlich von den mit ihnen lokal vergesellschafteten Kreide- und Lössböden ab. In gleicher Weise werden auch die wenig entwickelten, skelettreichen Granit- und Gneisverwitterungsböden in den Hang- und Gipfellagen der bayerischen Mittelgebirge trockener eingestuft. Für Rohböden in Gipfellagen wird teilweise sogar das höchste Trockenstressrisiko vergeben ( $T_{\text{Diff}} > 75$  mm).

Die auffälligste großflächige Änderung außerhalb der Mittelgebirge weist die Münchner Schotterebene auf. Hier heben sich die flachgründigen Schotterstandorte nach der Überarbeitung deutlich von den angrenzenden tiefgründigeren Moränen- und Lössstandorten ab. Ebenso differenzieren sich in Mittelschwaben die Schotterriedel in die flachgründigen höheren Schotterterrassen und tiefgründigeren niederen Terrassenstufen. Auch die flussbegleitenden Schotterterrassen entlang von Lech, Wertach und Iller heben sich jetzt hinsichtlich des höheren Trockenstressrisikos von ihrer Umgebung ab.



4 Das Bayerische Standortinformationssystem ist ein wichtiges Instrument für die Beratungsförster an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Der überarbeitete BaSIS-Wasserhaushalt verbessert und erleichtert die Beratungstätigkeit unserer Försterinnen und Förster. Foto: F. Stahl, LWF





**5 Jahrgang des Wasserhaushalts von Fichtenbeständen auf zwei unterschiedlichen Standorten in der Münchner Schotterebene. (a/b) Löss-Standort mit 136 mm nutzbarer Feldkapazität (a) 1971–2000 vs. (b) 2003; (c/d) Schotter-Standort mit 70 mm nutzbarer Feldkapazität (c) 1971–2000 vs. (d) 2003. Der Wassereintrag in den Bestand erfolgt über den Niederschlag (gestrichelte Linie). Die Verdunstung erfolgt über Bäume (Transpiration, Interzeption) und Boden (Bodenevaporation). Solange der Niederschlag die Verdunstung deckt, schränken die Bäume ihren Wasserverbrauch nicht ein. Überschüssiger Niederschlag füllt den Bodenwasserspeicher auf (Bodenspeicher) oder fließt als Grundwasserspende ab (Abfluss). Wenn der Verdunstungsanspruch jedoch den Niederschlag übertrifft, werden die Bodenwasservorräte angegriffen. Bei zunehmender Erschöpfung der Bodenwasservorräte schränken die Bäume schließlich ihre Transpiration ein. Maß für diese Einschränkung ist die Transpirationsdifferenz ( $T_{diff}$ ) als Differenz der realen Transpiration zur hypothetischen Transpiration eines gut wasser-sorgten Bestands. Daten aus Schmidt-Walter et al. (2019)**

**Zusammenfassung**

In der überarbeiteten Version des BaSIS-Wasserhaushalts wurde der Einfluss des Bodens gegenüber dem Klima verstärkt. Dazu wurden die  $T_{diff}$ -Werte des alten Wasserhaushaltsmodells bei flachgründigen und skelettreichen Böden mit geringer nFk mit einem Trockenstress-Zuschlag versehen. Der stärkere Einfluss des Bodens kommt einer Betonung extremer Trockenjahren gleich. Diese Berücksichtigung des Dürre-risikos ist für die Anbaueignung von Baumarten eine wichtige Entscheidungsgrundlage. Mit der Überarbeitung setzt der neue BaSIS-Wasserhaushalt Hinweise aus der Praxis um und führt zu einer besser nutzbaren Darstellung der realen Verhältnisse.

**Dank**

Wir bedanken uns für die gute Zusammenarbeit bei den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Fürstenefeldbruck, Mindelheim, Schwandorf, Regen und Roth sowie bei Herrn Hans-Jürgen Gulder, Behördenleiter a. D. des AELF Fürstenefeldbruck.

**Literatur**

Hammel, K.; Kennel, M. (2001): Charakterisierung und Analyse der Wasserverfügbarkeit und des Wasserhaushalts von Waldstandorten in Bayern mit dem Simulationsmodell BROOK90. Forstliche Forschungsberichte München  
 Mette, T.; Osenstetter, S.; Brandl, S.; Falk, W.; Kölling, C. (2016): Klassifikation oder Kontinuum: Wasserhaushalt in der traditionellen Standortskartierung und neuartigen physiographischen Standortsinformationssystemen. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz 16, S. 55–68  
 Osenstetter, S.; Falk, W.; Reger, B.; Beck, J. (2013): Wasser, Luft und Nährstoffe – alles, was der Wald zum Leben braucht. LWF aktuell 94, S. 12–17  
 Rehschuh, R.; Mette, T.; Menzel, A.; Buras, A. (2017): Soil properties affect the drought susceptibility of Norway spruce. Dendrochronologia, 45, S. 81–89  
 Schmidt-Walter, P.; Ahrends, B.; Mette, T.; Puhmann, H.; Meessenburg, H. (2019): NFIWADS: The water budget, soil moisture, and drought stress indicator database for the National Forest Inventory of Germany. Annals of Forest Science

**Autoren**

Dr. Tobias Mette, Oliver Schuster und Wolfgang Falk sind Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Jürgen Kolb ebenfalls bis 2017. Dr. Hans-Joachim Klemmt leitet die Abteilung »Boden und Klima«. Kontakt: Tobias.Mette@lwf.bayern.de