

---

# Modellierung des Wasserhaushalts der BZE II-Punkte mit LWF-Brook90

WENDELIN WEIS, STEPHAN RASPE und WOLFGANG FALK

Die Daten der BZE II-Punkte können für weiterreichende Berechnungen genutzt werden. Ein Beispiel dafür ist die Verwendung von bodenphysikalischen Daten für Untersuchungen zum Wasserhaushalt. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Wasserhaushalt an den BZE II-Standorten unter Berücksichtigung der Bestandsdaten der zweiten Bundeswaldinventur (BWI<sup>2</sup>) modelliert. Ziel der Untersuchung war unter anderem herauszufinden, welcher Anteil der aktuellen Bestände in trockenen Jahren, wie sie im Klimawandel künftig vermehrt zu erwarten sind, von Trockenstress betroffen ist.

## Methoden

Die Wasserhaushaltsmodellierung erfolgte mit dem deterministischen Modell LWF-Brook90 (FEDERER und LASH 1978; HAMMEL und KENNEL 2001). Eingangsdaten waren die Bestandsdaten der BWI<sup>2</sup>, Bodendaten der BZE II und Klimadaten der Waldklimastationen der Jahre 1998 bis 2010, die mittels Regressionen auf die BZE II-Standorte übertragen wurden (RÖTZER 2000). Die Ableitung der bodenhydraulischen Kenngrößen der einzelnen Bodenhorizonte aus der Korngrößenzusammensetzung erfolgte über die Pedotransferfunktion HYPRES (WÖSTEN et al. 1999). Zunächst wurde eine Grundparametrisierung anhand der Daten von fünf Waldklimastationen erarbeitet, da an diesen Standorten eine Validierung des Modells über kontinuierlich gemessene Bodenwassergehalte möglich war.

Eine wichtige Anpassung der Parametrisierung des Modells LWF-Brook90 bezieht sich auf die Größen Blattflächenindex (englisch LAI von Leaf Area Index) und Stammflächenindex (englisch SAI von Stem Area Index), die in der Einheit Quadratmeter Blatt- oder Stammoberfläche pro Quadratmeter Boden angegeben werden. Für einen Einzelbaum wird dabei der Kronendurchmesser auf den Boden projiziert, um die Bezugsfläche zu erhalten. Blattflächenindex und Stammflächenindex bestimmen zusammen die während eines Niederschlagsereignisses benetzbare Oberfläche im Bestand und beeinflussen damit die im Wasserhaushaltsmodell berechnete Interzeptionsverdunstung. Die Interzeptionsverdunstung ist die Menge an Wasser, die während eines Niederschlagsereignisses in den Baumkronen gespeichert wird und von dort aus verdunstet. Außerdem ist der Blattflächenindex neben der hydraulischen Blattleitfähigkeit eine der wichtigsten Eingangsgrößen im Wasserhaushaltsmodell LWF-Brook90 zur Modellierung der Bestandstranspiration. Die LAI- und SAI-Werte aller Flächen wurden aus baumartenspezifischen Funktionen, die auf umfangreichen Biomasseerhebungen beruhen, berechnet. Eine genaue Beschreibung der Methodik findet sich in WEIS et al. (2012).

## Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die Häufigkeitsverteilung von LAI und SAI. Der Wertebereich umfasst neben typischen Werten geschlossener Bestände mit Blattflächenindices zwischen 2 und 5 auch wenige sehr niedrige bzw. deutlich höhere Werte. Hier wird offensichtlich, dass die aktuell an den BZE II-Punkten anzutreffenden Bestände durch starke Durchforstung (niedrige Werte) oder mehrschichtigen bzw. plenterartigen Aufbau (oft hohe Werte) nicht immer dem typischen einschichtigen Altersklassenwald entsprechen. Diese Feststellung paust sich auch auf die Ergebnisse der Modellierung durch.

Abbildung 2 stellt die Baumarten dar, wie sie in die Modellierung eingingen. Sie entstammen den Aufnahmen der BWI<sup>2</sup> und stellen den Zustand in den Jahren 2001 – 2002 dar. Die Verteilung der Baumarten unterscheidet sich leicht von den im Rahmen der BZE II dargestellten, da ein jeweils anderes Aufnahmeverfahren zugrunde liegt (siehe auch „Die BZE II in Bayern“ in diesem Band).

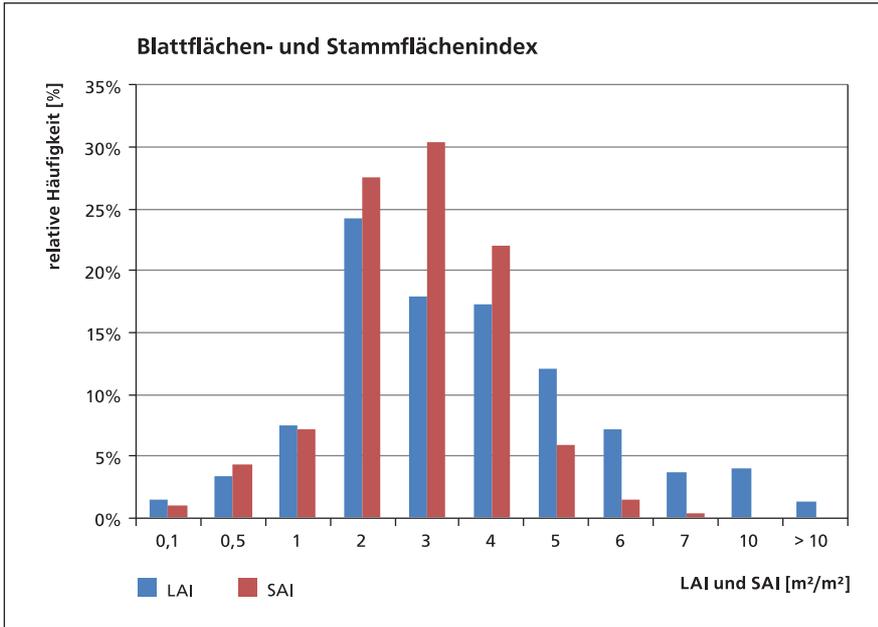


Abbildung 1:  
Relative Häufigkeitsverteilung der für die BZE II-Punkte berechneten Werteklassen für Blattflächenindex (LAI) und Stammflächenindex (SAI).

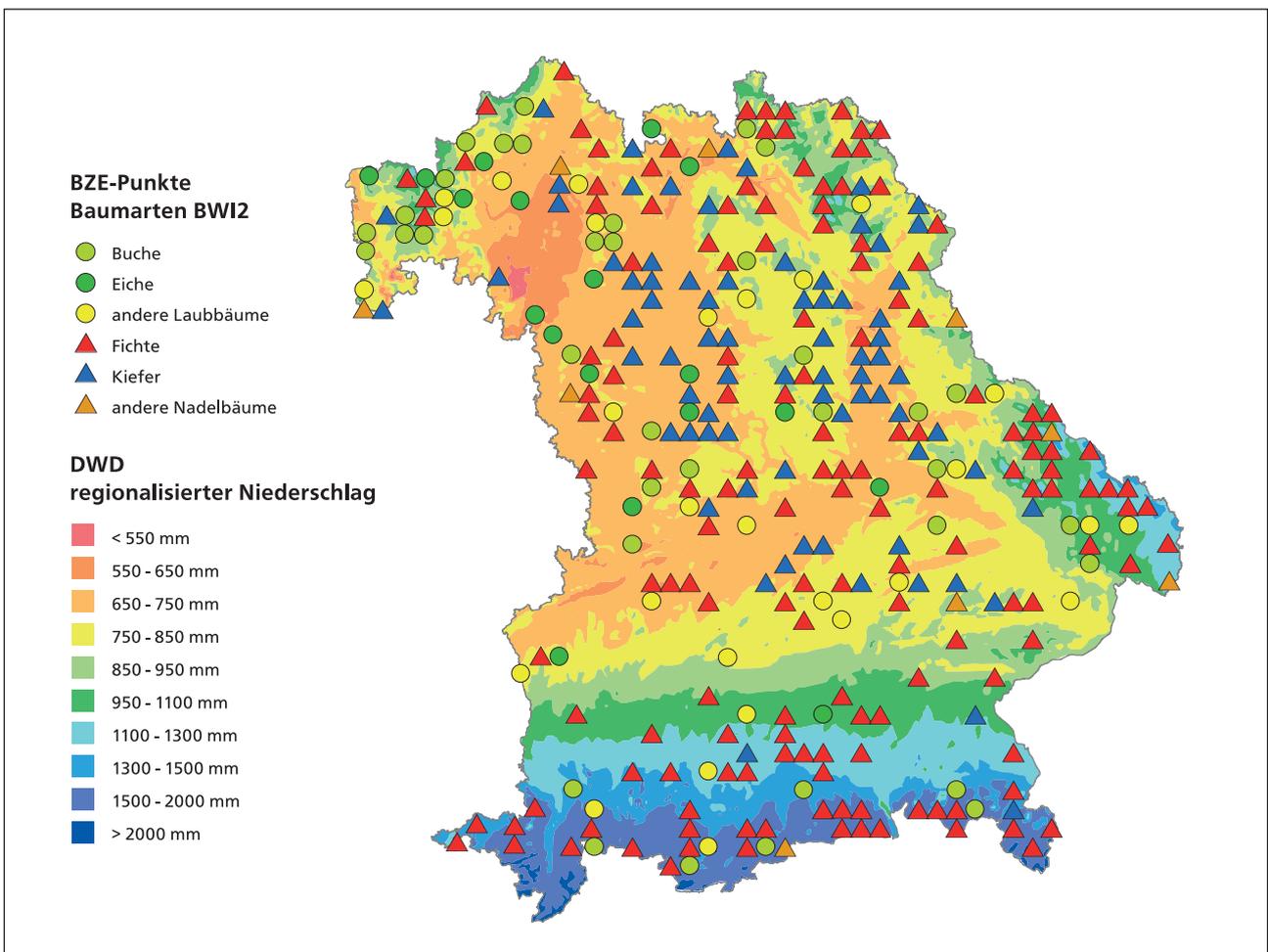


Abbildung 2: Baumartenverteilung nach BWI<sup>2</sup> für die Wasserhaushaltsmodellierung an den BZE II-Punkten. Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Periode 1961 – 1990 (BayFORKLIM 1996).

Abbildung 3 zeigt als Ergebnis der Wasserhaushaltsmodellierung eine Einschätzung des Trockenstressrisikos in einem Trockenjahr. Dargestellt ist die modellierte maximale Differenz der Jahreswerte von potentieller minus tatsächlicher Transpiration in mm pro Jahr im Zeitraum zwischen 1998 und 2010. In der Regel entspricht dies dem Wassermangel unter dem die Bestände im trockenen Jahr 2003 zu leiden hatten. Anders als im dargestellten extremen Jahr ist in klimatisch durchschnittlichen Jahren nicht mit starken Transpirationseinschränkungen zu rechnen, da die Bestände in der Regel an die Standorte angepasst sind. Wichtig für die Bewertung der dargestellten Ergebnisse ist, dass hier die Transpiration für die nach BWI<sup>2</sup> aktuell auf den jeweiligen Standorten stockenden Bestände modelliert wurde und nicht ein einheitlicher Bestand angenommen wurde. Manche Bestände sind beispielsweise zum Zeitpunkt der BWI<sup>2</sup> nach einer starken Durchforstung noch nicht geschlossen, was zu einer verringerten Bestandstranspiration führen kann. Ein gegebenenfalls als trocken zu bewertender Standort zeigt dann in dieser Auswertung nicht unbedingt eine hohe Transpirationsdifferenz. Den kombinierten Standorts-Bestandes-Effekt sollen folgende zwei Beispiele verdeutlichen, die in Abbildung 3 mit einem schwarzen Quadrat hinterlegt sind: Ein Buchenbestand in den Voralpen in der Nähe von Miesbach fällt auf, da er im Trockenjahr 2003 trotz der immer noch relativ hohen Jahresniederschlagssumme von über 1000 mm eine hohe Transpirationsdifferenz aufweist. Hier trifft ein hoher Blattflächenindex von 13 der alten, mächtigen Buchen auf einen Boden mit hohem Schotteranteil, vor allem ab 40 cm Tiefe. Dies führt bei der Wasserhaushaltsmodellierung in niederschlagsärmeren Jahren zu einer starken Transpirationseinschränkung. In Jahren mit langen sommerlichen Trockenphasen kann der Bestand tatsächlich unter Wassermangel leiden. Ein anderer Punkt, der zwischen Kitzingen und Rothenburg ob der Tauber liegt, ist mit einem jungen lichten Laubholz-mischbestand bestockt. Der

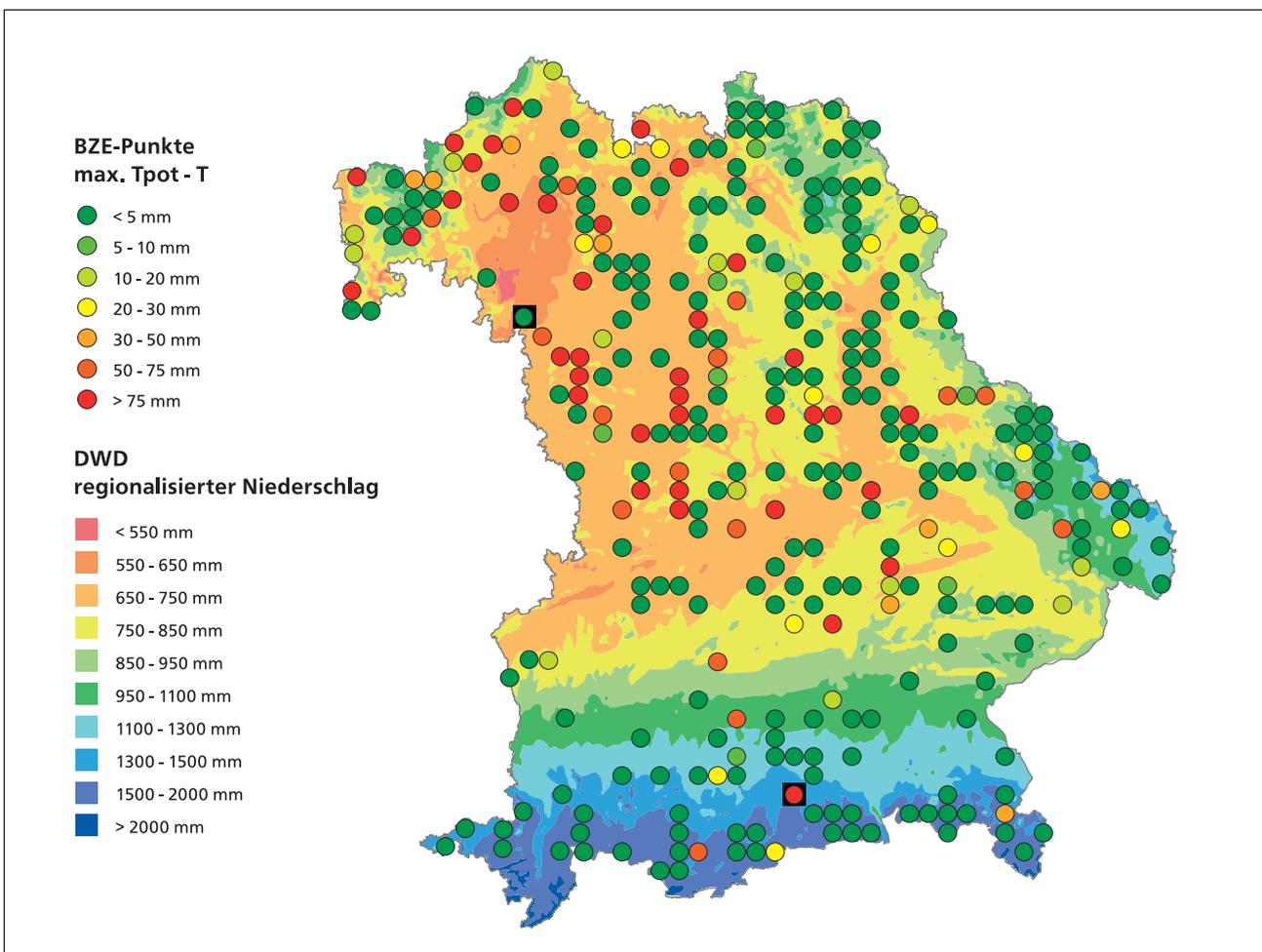


Abbildung 3: Ergebnis der Modellierung: Maximale Jahressumme der Transpirationsdifferenz (potentielle minus tatsächliche Transpiration, max. Tpot - T) in den Jahren 1998 bis 2010 an den BZE II-Punkten. Werte größer 30 mm zeigen teils erheblichen Wassermangel in trockenen Jahren. Im Text erläuterte Beispiele sind mit einem schwarzen Quadrat hinterlegt. Niederschlagsdaten: Mittelwert 1961 – 1990.

Blattflächenindex ist unter 2 und die Bäume stehen auf einem tiefgründigen lehmigen Boden. Der Bestand zeigt trotz niedriger Niederschläge – 2003 waren es nur 400 mm – keinen Trockenstress. Die modellierte Transpiration ist sehr niedrig, damit ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass dieser Bestand auch in der Realität nicht unter Wassermangel zu leiden hatte.

### Diskussion

Bayernweit ist das Muster in Abbildung 3 plausibel: Grüne Farben überwiegen in kühl-feuchteren Bereichen Bayerns, rot-orange Farben sind eher in wärmeren und trockeneren Gebieten zu finden, sofern die Böden gleichzeitig flachgründig, skelettreich oder sehr sandig sind. Durch die Aufteilung der für trockene Jahre modellierten Transpirationseinschränkung mit dem Schwellenwert 30 mm können eher trockene Standorte bei Werten größer gleich 30 mm und eher frische Standorte bei Werten kleiner 30 mm unterschieden werden. Daraus ergibt sich, dass auf 19 % der BZE II-Punkte die BWI<sup>2</sup>-Bestände in niederschlagsarmen Jahren unter Wassermangel leiden. Ein einfacherer Regressionsansatz von KÖLLING und FALK (2010) hatte mit einem überall als gleich angenommenen Fichtenbestand rund ein Viertel der Standorte als trocken eingestuft. Der Vergleich von einheitlich hergeleiteten Wasserhaushaltsstufen (KÖLLING und FALK 2010) mit den hier dargestellten Modellierungen der Transpiration realer Bestände ist schwierig, dennoch deuten die Auswertungen auf die gleiche Größenordnung von Waldstandorten mit zeitweise erheblichem Wassermangel hin. Im Umkehrschluss sind gut drei Viertel der bayerischen Wälder aufgrund der relativ hohen Niederschläge und der günstigen Bodeneigenschaften mit hoher Wasserspeicherkapazität nicht akut von ausgeprägtem Trockenstress bedroht. Dies kann sich jedoch zukünftig durch Veränderungen der klimatischen Verhältnisse – Temperaturerhöhung, Veränderungen der Niederschlagsmenge und -verteilung – ändern.

Die hier zusammengefasste Auswertung von WEIS et al. (2012) zeigt also, wie die Daten der BZE II zusammen mit den Inventurinformationen der BWI<sup>2</sup> zur Ansprache von Wasserangebot und Wasserverbrauch genutzt werden können. Natürlich stellt eine Wasserhaushaltsmodellierung nur eine Annäherung an die Realität dar und kann tatsächliche Messungen bzw. Beobachtungen nicht ersetzen. Die Vorteile der Modellierung liegen darin, dass ohne zusätzlichen experimentellen Aufwand der Wasserhaushalt der BZE II-Punkte standortsspezifisch und unter Berücksichtigung der tatsächlichen Bestandsstrukturen beurteilt werden kann. Die Ergebnisse können z. B. für eine Kausalanalyse im Rahmen der Kronenzustandserhebung herangezogen werden (vgl. WAUER et al. 2013).