

# Wenn Wälder auf dem Trockenen sitzen

Leistungsfähige Rechenmodelle beschreiben zukünftige Wasserhaushaltssituationen

Lothar Zimmermann

**Regionale Klimaszenarien sagen neben einer Zunahme der Temperatur auch eine jahreszeitliche Umverteilung des Niederschlags vom Sommer in den Winter voraus. Die Grundwasserneubildung kann zwar ansteigen, aber auch längere und stärkere Perioden mit Trockenstress im Sommer sind möglich. Moderne Wasserhaushaltsmodelle geben erste Antworten für die ferne Zukunft.**

Der Wasserhaushalt steuert entscheidend die Vitalität und das Wachstum von Wäldern. Der Klimawandel mit seiner Temperaturzunahme und seinen Änderungen in der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge wird den Wasserhaushalt in der Zukunft verändern. Damit werden Wald und Forstwirtschaft mit Umweltfaktoren konfrontiert, die es in der Vergangenheit zum Teil noch nicht gab. Eine wesentliche Anpassungsmaßnahme liegt auf Grund der langen Wachstumszyklen in der Wahl der geeigneten Baumarten, da Klima und Boden als weitere bestimmende Faktoren des Wasserhaushalts nicht beeinflusst werden können.

Regionale Klimaszenarien erlauben die Übertragung möglicher, zukünftiger Klimate aus den globalen Klimamodellen in lokale Modelle, wie sie in der Klimafolgenforschung verwendet werden. Der Standortwasserhaushalt von Wäldern wird heute mit Hilfe physikalisch basierter Modelle beschrieben. Diese Modelle »übersetzen« die Witterung in den Wasserhaushalt von Wäldern. Dies ist weit weniger aufwendig als die Bodenfeuchte oder die Verdunstung im Wald direkt zu messen. Der Vorteil solcher Modelle liegt auch darin, bisher noch nie beobachtete meteorologische Zeitreihen in Bodenfeuchte und Transpirationsströme zu übertragen, wie sie eventuell künftig auftreten können.

## Standorte und Modell

Aus dem Messnetz der Waldklimastationen (WKS) des forstlichen Umweltmonitorings wurden exemplarisch zwei Standorte mit deutlich unterschiedlichen klimatischen Bedingungen ausgewählt. Die nordbayerische WKS Würzburg ist ein Standort in der trockensten und wärmsten Region Bayerns (mittlerer Jahresniederschlag 1961–1990: 614 mm/a, mittlere Jahreslufttemperatur: 9,1 °C). Als Kontrast wurde im Süden ein gut wasserversorgter Standort im Tertiärhügelland, die WKS Freising, herangezogen (mittlerer Jahresniederschlag: 788 mm/a, mittlere Jahreslufttemperatur: 7,5 °C). Beide Standorte haben schluffig-lehmige Böden (WKS Würzburg Braunerde-Pseudogley auf Unterem Keuper; WKS Freising Braunerde-Parabraunerde auf quartärem Lößlehm über Tertiärsedimenten), unterscheiden sich aber deutlich in ihrer nutzbaren Feldkapazität. In Würzburg handelt es sich um einen Standort mit geringer bis mittlerer nutzbarer

Feldkapazität (nFKWe: 148 mm), der Standort in Freising weist eine hohe Speicherleistung bei geringem Skelettgehalt und tiefer Durchwurzelung bis 1,5 Meter Tiefe auf (nFKWe: 233 mm). Der Wasserhaushalt wurde für beide Standorte mit dem Wasserhaushaltsmodell LWF-BROOK90 (Hammel und Kennel 2001) mit meteorologischen Zeitreihen des regionalen Klimamodells WETTREG (Spekat et al. 2007) in täglicher Auflösung der nahegelegenen Klimastationen Freising/Weihenstephan bzw. Würzburg für das Ist-Klima 1961 bis 1990 sowie ein Zukunftsszenario 2071 bis 2100 gerechnet.

Der statistische Ansatz dieses Klimamodells ermöglicht es, die Unsicherheit der künftigen, möglichen Änderung im Niederschlag zu berücksichtigen, weil sowohl eine trockene als auch eine feuchte Variante für das mittlere Emissionsszenario (SRES A1B) verwendet wird. Im Wasserhaushaltsmodell sind neben detaillierten Angaben zur Bodenphysik auch Informationen zum Bestand (Durchwurzelung, Bestandeshöhe, Bestandesrauigkeit sowie Blattflächenindex) enthalten. Neben der derzeitigen Bestandesvegetation (WKS Würzburg 104-jähriger Eichen-Buchenmischbestand mit maximaler Durchwurzelungstiefe bis 115 cm; WKS Freising 157-jähriger Buchen-Eichenmischbestand mit maximaler Durchwurzelung bis 150 cm) wurden als weitere Vegetationsvarianten jeweils ein 92-jähriger Fichten- sowie ein 80-jähriger Buchenreinbestand mit einer maximalen Durchwurzelungstiefe von 80 Zentimetern gewählt.

Wesentliche Ausgabegrößen der Wasserhaushaltsmodellierung sind Verdunstungskomponenten sowie Bodenwassergehalte und zahlreiche weitere Fluss- und Zustandsgrößen. Zur Charakterisierung potentiell wirksamer Trockenstressperioden wurde die Verdunstungsdifferenz  $ET_{diff}$  (Differenz von aktueller zu potentieller Transpiration und Bodenevaporation) sowie die Transpirationsdifferenz herangezogen.

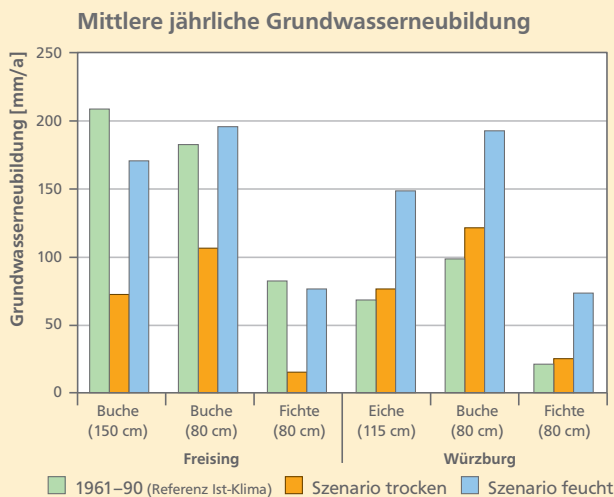


Abbildung 1: Mittlere jährliche Grundwasserneubildung für Baumarten- und Niederschlagsvarianten (WETTREG SRES A1B, 2071–2100 zu 1961–1990)

### Mehr Trockenstress trotz mehr Grundwasser

Beim Jahresniederschlag zeigten sich zwischen den beiden Niederschlagsvarianten »feucht« und »trocken« Unterschiede. In Würzburg nahm in der feuchten Zukunftsvariante der Niederschlag um 13 Prozent zu, in Freising nur um zwei Prozent. Bei der trockenen Variante stieg der Niederschlag in Würzburg um sechs Prozent an bzw. nahm in Freising um elf Prozent ab. Wie bei anderen Emissionsszenarien zeigt sich zusätzlich auch eine Niederschlagsverschiebung vom Sommer- ins Winterhalbjahr. Sie wird besonders stark in Würzburg ausfallen, dort werden künftig zwei Drittel des Jahresniederschlags im Winter fallen (Tabelle 1).

In Freising stieg die Gesamtverdunstung in den Szenarien bei allen Vegetationsvarianten gegenüber dem Ist-Klima an, in Würzburg dagegen ging sie beim trockenen Szenario zurück.

Tabelle 1: Anteil des Winterniederschlags am Jahresniederschlag für die WKS Freising und Würzburg (WETTREG A1B trocken und feucht, 2071–2100 zu Ist-Klima 1961–1990)

Ort	Zeitreihe	Quelle	NS Winter (Okt–Apr) [%]
Freising	1961–1990	DWD <sup>1</sup>	43
Freising	1961–1990	Ist-Klima <sup>2</sup>	49
Freising	2071–2100	A1B-trocken <sup>2</sup>	58
Freising	2071–2100	A1B-feucht <sup>2</sup>	58
Würzburg	1961–1990	DWD <sup>1</sup>	54
Würzburg	1961–1990	Ist-Klima <sup>2</sup>	56
Würzburg	2071–2100	A1B-trocken <sup>2</sup>	67
Würzburg	2071–2100	A1B-feucht <sup>2</sup>	67

<sup>1</sup>DWD: Deutscher Wetterdienst; <sup>2</sup>WETTREG A1B, 2071–2100

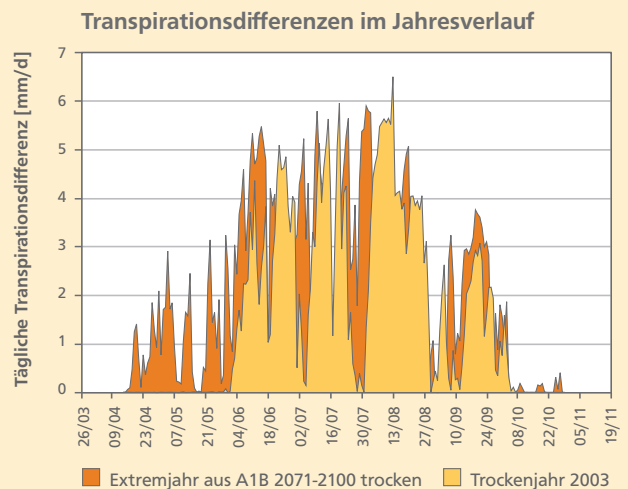


Abbildung 2: Transpirationsdifferenzen im Jahresverlauf 2003 sowie eines Extremjahres aus dem trockenen Szenario A1B (2071–2100) an der WKS Würzburg für Fichte mit maximaler Durchwurzelung bis 80 cm Bodentiefe (aus Zimmermann 2009)

In Freising ist beim trockenen Szenario ein deutlicher Rückgang der Grundwasserneubildung um mehr als die Hälfte bei allen Baumarten zu beobachten, im feuchten Szenario wird eine vergleichbare Höhe wie im derzeitigen Klima 1961 bis 1990 erreicht (Abbildung 1). Anders verhält es sich in Würzburg. Dort nimmt im trockenen wie im feuchten Szenario die Grundwasserneubildung zu, bei Buche und Eiche stärker als bei Fichte. Die Verdunstungsdifferenz ( $ET_{diff}$ ) als Differenz zwischen potentieller und aktueller Transpiration und Bodenevaporation steigt in den Szenarien stark, in Würzburg liegt sie doppelt so hoch wie in Freising. Die Häufigkeit von Jahren mit hoher Transpirationsdifferenz steigert sich beträchtlich, besonders deutlich an der WKS Würzburg. Im Gegensatz zum Jahrhundertsommer 2003 werden dort für einen zukünftigen Extremsommer ein früherer Beginn und eine deutlich längere Dauer hoher Transpirationsdifferenzen vorhergesagt (Abbildung 2).

Die Grundwasserneubildung profitiert von der deutlichen Niederschlagsumverteilung in Würzburg, der Trockenstress im Sommer dagegen wächst. Bei beiden Standorten tritt das bessere Abschneiden bei den Verdunstungsdifferenzen der Buche und Eiche gegenüber Fichte zutage, dies wird am trocken-warmen Standort Würzburg besonders deutlich.

### Literatur

Im Internet unter [www.lwf.bayern.de](http://www.lwf.bayern.de)

Dr. Lothar Zimmermann ist Mitarbeiter im Sachgebiet »Klima und Wasserschutz« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. [Lothar.Zimmermann@lwf.bayern.de](mailto:Lothar.Zimmermann@lwf.bayern.de)