

Ein Dürre-Index für die Forstwirtschaft?

FORKAST Projekt »Mortalität der Hauptbaumarten« untersucht die Auswirkung von Dürren auf Bäume und Wälder in Bayern

Tobias Mette, Thomas Rötzer und Hans Pretzsch

Die allgemeine Klimaerwärmung und die Zunahme von Klima-Extremen hat besonders nach dem Rekordsommer 2003 die Frage aufgeworfen, wie gut unsere Wälder und die Forstwirtschaft auf Dürren vorbereitet sind. Dabei gibt es in der Forstwirtschaft bislang keinen Standard für die Abschätzung einer Dürre-Intensität. Auf der einen Seite gibt es sehr genaue lokale Bodenfeuchte-Messungen und komplexe Wasserhaushalts-Modelle. Auf der anderen Seite werden Indizes wie der in Nordamerika übliche Palmer Dürre-Index (PDSI) und der standardisierte Niederschlags-Index (SPI) auch in Europa immer populärer. Was steckt hinter diesen Indizes? Was sagen sie uns über den Dürrestress von Wäldern? Was können wir aus ihnen lernen?

Dürre ist ein zentrales Thema des FORKAST-Netzwerks. Die Befürchtung, dass extrem trockene Sommer wie 2003 in Zukunft öfter auftreten, hat einen Teil der Forschergruppen veranlasst, die Auswirkungen von Dürre auf verschiedenen Ebenen zu untersuchen – vom Einzelbaum- und Bestandeszuwachs, über die Mortalität bis hin zur Landschaftsebene. Ein Problem dabei ist, dass es in der Forstwirtschaft bisher keinen Standard zur Messung einer Dürre-Intensität gibt. Im Folgenden sollen daher zwei in Nordamerika sehr verbreitete Dürre-Indizes vorgestellt und bezüglich ihrer Verwendung in der Forstwirtschaft diskutiert werden.

PDSI und SPI: Maßzahlen für Dürreereignisse

Die zentrale Arbeit zur Erfassung der Intensität von Dürren (engl. drought severity) stammt von Wayne C. Palmer (1965). Der nach ihm benannte *Palmer drought severity index PDSI* ist mit einigen Anpassungen auch heute noch der gebräuchlichste Dürre-Index in den Vereinigten Staaten. Er wird seit 1998 auf wöchentlicher Basis vom U.S. National Weather Center für die Vereinigten Staaten veröffentlicht und seit 2007 monatlich auch für Europa bzw. die gesamte Welt durch das UCL Department Space and Climate Physics in Form des Global Drought Monitor im Internet bereitgestellt. Abbildung 1 zeigt den PDSI für Europa im Juni 2011. Hinter dem PDSI steckt ein einfaches Wasserhaushaltsmodell, das Niederschlag, Evapotranspiration (=Verdunstung von Vegetationsflächen), nutzbaren Bodenwasserspeicher und Abfluss miteinbezieht. Der lokal sehr heterogene Bodenwasserspeicher wird für die PDSI-Dürre-Kartierung großflächig ermittelt, kann prinzipiell aber auch lokal angepasst werden. Wie Tabelle 1 zeigt, werden PDSI-Werte von -1 bis -4,9 Dürre-Graden von *mild* bis *extrem* zugeordnet, Werte unter -5 als *exzeptionell* eingestuft (genauso dient eine positive Skala für die Klassifizierung feuchter Jahre).

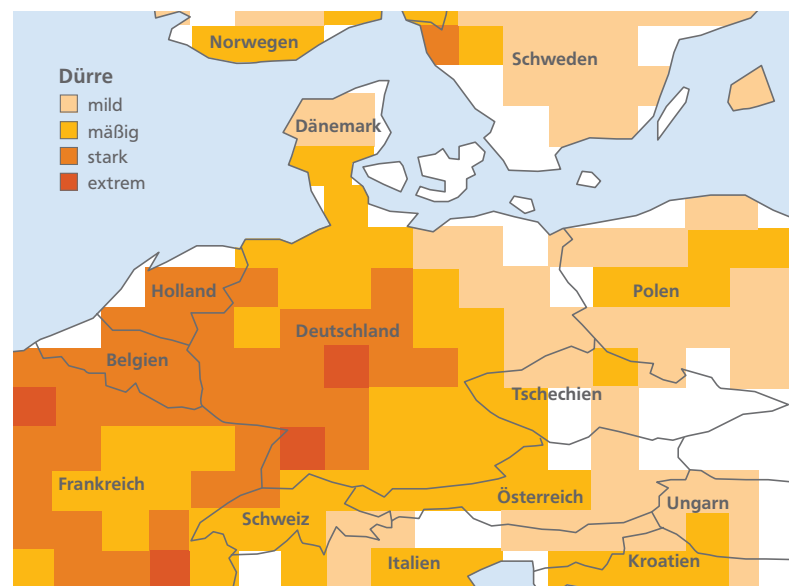


Abbildung 1: Der Palmer Dürre-Index PDSI wird monatlich vom UCL Department Space and Climate Physics veröffentlicht. Auf diesem Ausschnitt über Europa vom Juni 2011 erkennt man deutlich, dass ganz Deutschland von einer fröhsommerlichen Dürre betroffen ist.

Seit 1993 hat auch der einfachere standardisierte Niederschlags-Index *SPI (standardized precipitation index)* viel Beachtung gefunden (McKee et al. 1993). Im Gegensatz zum PDSI bezieht sich der SPI nur auf den Niederschlag. Dabei werden je nach Anwendung Niederschlagssummen aus 3 bis 24 Monaten gebildet. Die Einteilung ist ähnlich wie beim PDSI, allerdings beginnt eine Dürre ab -0,5 und wird schon bei -2 als *exzeptionell* eingestuft (ebenso für Feuchte im positiven Bereich). Auch der SPI ist monatlich beim UCL Department Space and Climate Physics abrufbar.

Die Kunst der Dürre-Indizes (und gleichzeitig ihre Vor- und Nachteile) besteht darin, dass sie eine Dürre auf eine einfache Maßzahl reduzieren und in mögliche Konsequenzen übersetzen. Dies geht notwendigerweise nur unter bestimmten Annahmen, die der Verwendung des Dürre-Index angepasst werden.

Tabelle 1: Einteilung von Dürre-Intensitäten nach dem U.S. National Weather Center

Dürregrad	Wiederkehr	Mögliche Folgen	PDSI	SPI
Milde Dürre	3 – 4 J.	geringe Drosselung des Wachstums; erhöhtes Feuerrisiko; möglicher Beginn (Ende) einer Dürre	-1,0 bis -1,9	-0,5 bis -0,7
Mäßige Dürre	5 – 9 J.	Getreideschäden; hohes Feuerrisiko; Rückgang der Wasserstände	-2,0 bis -2,9	-0,8 bis -1,2
Starke Dürre	10 – 17 J.	Ernteeinbußen; sehr hohes Feuerrisiko; Wassermangel	-3,0 bis -3,9	-1,3 bis -1,5
Extreme Dürre	18 – 43 J.	Ernteaufschläge; extremes Feuerrisiko; großflächiger Wassermangel	-4,0 bis -4,9	-1,6 bis -1,9
Exzeptionelle Dürre	> 43 J.	Großflächige Ernteaufschläge; Feuergefahr; Erschöpfung von Wasservorräten	ab -5,0	ab -2,0

Die verschiedenen Dimensionen einer Dürre

Dürre-Indizes müssen verschiedene Aspekte einer Dürre berücksichtigen. Dies macht eine ältere Definition der American Meteorological Society deutlich, die Dürren als *ein länger anhaltendes, anomales Wasserhaushalts-Defizit* beschreibt (Huschke 1959). Folgende drei wichtige Aspekte einer Dürre werden angesprochen:

1. Wasserhaushaltsdefizit

Die Wasserverfügbarkeit ist das zentrale Element von Dürren. Da der Niederschlag im Allgemeinen die wichtigste Wasserquelle ist, beziehen sich *meteorologische* Dürre-Indizes wie der SPI meist nur auf den Niederschlag. Allerdings wirken sich je nach nutzbarer Wasserspeicherkapazität des Bodens Niederschlagsdefizite auf verschiedenen Böden unterschiedlich aus. Daher beruhen *agrarwirtschaftliche* Dürre-Indizes wie der PDSI stark auf der Bodenwasserverfügbarkeit. *Hydrologische* Dürre-Indizes orientieren sich am Abfluss, zum Beispiel über die Wasserstände von Flüssen. Diese Größe ist nicht nur interessant für die Sicherheit der städtischen Wasserhaushalte und Bewässerung in der Landwirtschaft, sondern auch für die Energieversorgung.

2. Anomalie

Eine Dürre ist ein Ausnahmeereignis, das statistisch mit einer bestimmten Wiederkehrwahrscheinlichkeit auftritt (vgl. Tabelle 1). Im Gegensatz zur Aridität, die *Räume* abgrenzt, in denen eine (wenigstens saisonale) geringe Wasserverfügbarkeit normal ist, grenzen Dürren *Zeiten* ab, in denen die Wasserverfügbarkeit bezogen auf die langjährige Verteilung sehr gering ist. So definiert kommen Dürren überall gleich häufig vor, auch wenn man in regenreichen Gebieten wahrscheinlich nicht von Dürren sprechen würde. Zum Beispiel summiert sich der Sommerniederschlag (Juni – August) in Regensburg im Mittel (1947–2010) auf 227 Millimeter. Aus der langjährigen Verteilung ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit von zehn Prozent (= alle zehn Jahre), dass der Niederschlag unter 157 Millimeter fällt. Eine Niederschlagsmenge von unter 113 Millimeter wäre statistisch gesehen alle 100 Jahre, Niederschläge unter 86 Millimeter alle 1.000 Jahre zu erwarten.

Dauer

Im Gegensatz zu Orkanen oder Feuern sind Dürren Extremereignisse, die sich erst über Monate aufbauen und auch Monate anhalten können. Für land- und forstwirtschaftliche Anwendungen sollten wenigstens 3-Monats-Zeiträume betrachtet werden. Für Langzeitspeicher wie Grundwasser oder Wasserreservoirs integriert man bis über 24 Monate und mehr (McKee 1993).

Eignung der Dürre-Indizes für Wälder

In Abbildung 2 sind die Wasserhaushaltsparameter für die PDSI-Berechnung, der PDSI selbst und der SPI auf 3- und 6-Monats-Basis von 2001 bis 2011 für die DWD-Station Regensburg dargestellt. Vergleicht man die Wasserhaushaltsparameter für die trockenen Sommer 2003 und 2008 (Abbildung 2 oben), erkennt man, wie infolge des geringen Niederschlags die aktuelle »tatsächliche« Evapotranspiration stark hinter der potentiellen zurückbleibt und der nutzbare Bodenwasserspeicher fast völlig aufgebraucht wird. In feuchteren Sommern wie 2002 oder 2010 folgt die aktuelle der potentiellen Evapotranspiration, die Wasserverfügbarkeit ist kaum eingeschränkt.

Entsprechend schlägt auch der PDSI gegen Ende der Vegetationszeit 2003 und 2008 Alarm (allerdings liegen z.B. die Augustwerte für 2009 noch niedriger). Der 3- bzw. 6-Monats-SPI sieht nur im Jahr 2003 eine »extreme« Dürre während der Vegetationszeit, für Juli 2008 zeigt der 3-Monats-SPI eine »extreme« Dürre an. Offensichtlich kommen die verschiedenen Dürre-Indizes zu verschiedenen Beurteilungen einer Dürre-Intensität. Welcher Index (und welcher Monat) ist der aussagekräftigste für Dürrestress im Wald?

Die forstliche Vegetationsperiode ist von Anfang Mai bis Ende September definiert. Hier erfolgt der jährliche Wachstumsschub der Wälder in Mitteleuropa. Folglich macht es Sinn, im Fall des 3-Monats-SPI den Augustwert zu verwenden, der die Monate Juni, Juli und August integriert. Im Fall des längerfristigen 6-Monats-SPI bzw. des PDSI sollte man den September betrachten. Die Ausschläge im Winter sind unter dem Aspekt der Dürre in Mitteleuropa wenig relevant, da der Bodenspeicher im Regelfall noch vor Februar wieder aufgefüllt ist. Daher ist auch die Einbeziehung des Abflusses im



Abbildung 2: (oben) Wasserhaushaltsparameter für die Berechnung des PDSI, (unten) PDSI und SPI auf 3- und 6-Monats-Basis dargestellt für die DWD-Station Regensburg im Zeitraum 2001 – 2011. E_{pot} = potentielle Evapotranspiration, E_{akt} = aktuelle Evapotranspiration, Nd = Niederschlag, Boden = nutzbare Wasserkapazität des Bodens (Sättigung bei 150 mm angenommen). PDSI = Palmer Dürre Index, SPI.6M bzw. SPI.3M standardisierter Niederschlags-Index auf 6 bzw. 3-Monats-Basis. Die Dürre-Indizes sind in erster Linie interessant während der Vegetationsperiode (Mai – September), die durch die grauen bzw. farbigen Balken angedeutet wird. Die Farbskala von gelb nach rot zeigt die fünf Dürrestufen nach Tabelle 1 an.

PDSI eher störend. Er ist eine hydrologische Größe, die bei landwirtschaftlicher Bewässerung in Gebieten wie z.B. dem mittleren Westen der USA eine Rolle spielt, aber nicht für die hiesige Forstwirtschaft. Hingegen ist die Pufferwirkung des Bodens ein wichtiger Aspekt, der nur im PDSI und nicht im SPI berücksichtigt wird. Auch dem Anstieg der Evapotranspiration bei steigenden Sommertemperaturen durch den Klimawandel wird nur der PDSI gerecht.

Beide Indizes, PDSI und SPI, können letztendlich – vor allem bei großer räumlicher Auflösung – nur als Anhaltspunkt für den Dürrestress von Wäldern dienen. Im Vergleich zu Agrarpflanzen sind Waldbaumarten nicht auf Ertragsmaximierung, sondern auf Maximierung der Fitness auf Einzelbaumebene (Ressourcengewinn, Überleben, Fortpflanzung) »programmiert«. Standortsgemäße und insbesondere autochthone Baumarten kommen daher mit den Klima-Extremen ihrer Standorte zurecht. Dürren können den Einzelbaum oder den Bestand temporär schwächen und anfällig machen für trockenheitsliebende Schädlinge wie den Borkenkäfer, aber sie sind bisher keine direkte Ursache für großflächiges Waldsterben (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 2004).

Trotzdem sollte der Umgang mit zunehmender Dürrewahrscheinlichkeit im Rahmen des Klimawandels diskutiert werden. Es empfiehlt sich eine vielseitige Herangehensweise:

- Weiterführung des Umbaus hin zu standortsgemäßen Waldbeständen

- vermehrte Berücksichtigung autochthonen Saatguts und angepasster Genotypen
- erhöhte Aufmerksamkeit gegenüber trockenheitsliebenden Forstschädlingen
- Wachsamkeit und Vorbeugung von Waldbränden

Auch bei den genannten Nachteilen stellen Dürre-Indizes ein einfaches und verständliches Maß zur Beurteilung von Dürren auf statistischer Grundlage dar. Angesichts der prognostizierten Zunahme von Sommertrockenheiten empfiehlt es sich, solche Dürre-Indizes für forstökologische oder forstwirtschaftliche Zwecke weiter zu entwickeln und verfügbar zu machen.

Literatur

Palmer, W.C. (1965): *Meteorological Drought*. Research Paper No. 45. US Weather Bureau, Washington, D.C. 58 S.

U.S. National Weather Center (abgerufen im Juli 2011) http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/monitoring_and_data/drought.shtml

UCL Department Space and Climate Physics (abgerufen im Juli 2011): <http://drought.mssl.ucl.ac.uk/drought.html>

McKee, T.B.; Doesken, N.J.; Kleist, J. (1993): *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. Preprints 8th Conf. on Applied Climatology, Anaheim CA. Amer Meteor Soc, S. 179–184

Huschke, R.E. (Hrsg.) (1959): *Glossary of Meteorology*. Am Met Soc, Boston, MA, 638 S.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2004): *Auswirkungen der Trockenheit 2003 und Waldschutzsituation 2004*. LWF aktuell 43, 44 S.

Dr. Tobias Mette und Dr. Thomas Rötzer sind Mitarbeiter am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde an der Technischen Universität München. Prof. Dr. Hans Pretzsch leitet diesen Lehrstuhl. Tobias.Mette@lrz.tum.de, Thomas.Rötzer@lrz.tum.de, Hans.Pretzsch@lrz.tum.de