OPEN ACCESS
OPUS AUGSBURG

Universität Augsburg
Universitätsbibliothek

Extreme Trockenheit im mediterranen Raum

Elke Hertig, Yves Tramblay, Jucundus Jacobeit

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Hertig, Elke, Yves Tramblay, and Jucundus Jacobeit. 2018. "Extreme Trockenheit im mediterranen Raum." In Extremereignisse: wissenschaftliche Fakten, edited by José L. Lozán, Siegmar-Walter Breckle, and Hartmut Graßl, 126–29. Hamburg: Wissenschaftliche Auswertungen: BioZentrum Grindel.
https://doi.org/10.25592/warnsignal.klima.extremereignisse.18.

Nutzungsbedingungen / Terms of use: **CC BY 4.0**

Dieses Dokument wird unter folgenden Bedingungen zur Verfügung gestellt: / This document is made available under these conditions:
CC-BY 4.0: Creative Commons: Namensnennung
Weitere Informationen finden Sie unter: / For more information see:
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de

3.3 Extreme Trockenheit im mediterranen Raum

Elke Hertig, Yves Tramblay & Jucundus Jacobeit

Extreme Trockenheit im mediterranen Raum: *Aufgrund der geographischen Lage des Mittelmeerraums mit Vorherrschen antizyklonaler Bedingungen im Sommer sind sommerliche Niederschlagsarmut und extreme Trockenheit für weite Teile der Region charakteristisch. Extreme Trockenperioden können jedoch auch im feuchten Winterhalbjahr auftreten. Die Trockenperioden stehen in Verbindung mit persistenten großskaligen Hochdruckanomalien und weisen in der Regel eine große räumliche Ausdehnung auf. Projektionen bis Ende des 21. Jahrhunderts unter Fortgang der globalen Erwärmung deuten auf eine Zunahme in der Häufigkeit und Intensität von Trockenperioden hin.*

Extreme drought in Mediterranean area: *Due to the geographical location of the Mediterranean area with predominance of anticyclonic conditions during summer, summertime precipitation deficit and extreme drought are characteristic for many parts of the region. However, extreme drought periods can also occur during the wet winter season. The drought periods are related to persistent large-scale high pressure anomalies and usually affect a large spatial area. Projections until the end of the 21st century point to an increase in frequency and intensity of drought periods.*

Für den mediterranen Raum sind heiße, trockene Sommer und milde, feuchte Winter kennzeichnend. Es wird oft von einem mediterranen Winterregenklima gesprochen, da das jährliche Niederschlagsmaximum im Winterhalbjahr liegt. Während in einigen Teilregionen ein ausgeprägtes Wintermaximum vorherrscht, lässt sich in manchen Regionen ein Niederschlagsregime mit Herbst- und/ oder Frühjahrsmaximum beobachten. Gemeinsam ist allen Regionen das ausgeprägte Sommerminimum. Lange Trockenperioden können im mediterranen Raum jedoch auch im Winterhalbjahr auftreten und wirken sich stark auf Landwirtschaft und Wasserressourcen aus (Jacobsen et al. 2012, Raymond et al. 2016). Rezente Trends zeigen einen Rückgang des Niederschlags und einen Anstieg in der Dauer von Trockenperioden für die meisten Regionen des Mittelmeerraums (Raymond et al. 2016). Regionale Projektionen unter Bedingungen eines fortschreitenden Klimawandels gehen von einer weiteren Zunahme von Trockenereignissen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts aus (Hertig & Tramblay 2017). Einen Überblick zu den beobachteten Zusammenhängen extremer Trockenperioden mit der großskaligen Zirkulation sowie der möglichen zukünftigen Entwicklung von Trockenperioden bei Fortgang der globalen Erwärmung geben Tramblay & Hertig (2018) sowie Hertig & Tramblay (2017).

Zusammenhänge mit der atmosphärischen Zirkulation

Das Auftreten von Trockenperioden steht in Zusammenhang mit antizyklonalen Verhältnissen. Während des feuchten Winterhalbjahres liegt der mediterrane Raum im Einflussbereich der großskaligen Dynamik der außertropischen Westwinddrift, vornehmlich der Nordatlantischen Oszillation (NAO, Wanner et al. 2001) und ihrer regionalen Manifestation, welche als Mediterrane Oszillation (MO, Conte et al. 1989) bezeichnet wird. Der positive Modus der NAO mit positiven (negativen) Abweichungen des Luftdrucks in den westlichen (östlichen) Teilen des Mittelmeerraums führt zu trockeneren (feuchteren) Verhältnissen im Winterhalbjahr über diesen Regionen (Dünkeloh & Jacobeit 2003). Entsprechend zeigen Trockenereignisse in der Levante im östlichen Mittelmeerraum eine Verbindung mit dem negativen Modus der MO. Weitere großskalige atmosphärische Zustandsformen, welche anhaltende Trockenperioden bedingen, stehen in Verbindung mit einer Expansion der subtropischen Hochdruckzelle über weite Teile des Mittelmeerraums. Dementsprechend können Trockenperioden, die zu Beginn oder am Ende des Winterhalbjahres auftreten, als eine Verlängerung/früher Beginn der trockenen Sommerverhältnisse gesehen werden (Raymond et al. 2016). Trockenperioden im Winterhalbjahr können darüber hinaus durch blockierende Hochdruckgebiete über dem zentralen und östlichen Europa herbeigeführt werden, welche sich nach Süden über den mediterranen Raum ausdehnen.

Abb. 3.3-1 zeigt die Einteilung von 166 Stationen des Mittelmeerraums anhand der beobachteten jährlich maximalen Trockenperiodenlänge (*annual maximum dry spell length,* AMDSL) in den Monaten Oktober bis April. Die Einteilung definiert Regionen, in denen die AMDSL zur gleichen Zeit und mit einer ähnlichen Andauer auftritt. Generell ist die AMDSL länger und zeigt eine höhere interannuelle Variabilität in den südlichen Regionen, wie in Südspanien, Nordafrika, Türkei und im Südosten des Mittelmeerraums. Die AMDSL überschreitet zum Beispiel in Montpellier, Südfrankreich nie 90 Tage, wohingegen an der Station Gafsa, Tunesien die längste AMDSL mit 152 Tagen beobachtet wurde. Die drei aus der Klassifikation resultierenden AMDSL-Regionen deuten darauf hin, dass extreme Trockenperioden große Gebiete gleichzeitig betreffen

und dass die großskalige atmosphärische Zirkulation (im Gegensatz zu lokalen Einflüssen) als der primäre Einflussfaktor angesehen werden muss. *Abb. 3.3-2* zeigt für jede AMDSL-Region die Anomalien der geopotentiellen Höhen im 500hPa-Niveau aus ERA20C Reanalyse-Daten, die mit dem Auftreten der Trockenperioden in Verbindung stehen. Dargestellt ist die Differenz zwischen den Geopotentialwerten während des AMDSL-Auftretens und dem langjährigen klimatologischen Mittel von Oktober bis April. Es wird deutlich, dass AMDSL mit positiven Anomalien der geopotentiellen Höhen assoziiert ist. In allen drei Regionen verursacht das Vorherrschen antizyklonaler Bedingungen anhaltend trockene Verhältnisse. Dabei liegt der räumliche Schwerpunkt der Hochdruckanomalie je nach Region anders. Während extremer Trockenperioden in den AMDSL-Regionen 2 und 3 herrschen geringe zonale Windgeschwindigkeiten vor, so dass zusätzlich die Advektion feuchter Luftmassen aus dem Bereich über dem Mittelmeer oder dem Atlantik unterbunden ist (nicht dargestellt). Trockenperioden in der AMDSL-Region 1 stehen hingegen mit einer östlichen Anströmung in Zusammenhang, welche trockene Luftmassen in das Zielgebiet führt.

Änderungen bei Fortgang der globalen Erwärmung

Projektionen extremer Trockenheit für den Mittelmeerraum deuten auf eine Erhöhung der Häufigkeit und Intensität der Trockenperioden im Verlauf des 21. Jahrhunderts unter Bedingungen eines fortschreitenden Klimawandels hin. Die hier gezeigten statistischen Regionalabschätzungen der Änderung von Trockenperioden bis Ende des 21. Jahrhunderts basieren auf dem monatlichen Standardized Precipitation Index (SPI, McKee et al. 1993), welcher verwendet werden kann, um meteorologische Trockenheit zu charakterisieren. Der SPI basiert auf der Transformation der Verteilungsfunktion der Niederschlagswerte in eine Standard-Normalverteilung. Ein negativer SPI-Wert indiziert einen Zeitraum, der trockener war als normal. SPI-Werte < -1 entsprechen moderaten Trockenperioden, Werte < -2 extremen Trockenperioden.

Abb. 3.3-3 und *-4* zeigen für 13 SPI-Regionen im Mittelmeerraum die statistisch projizierten Veränderungen. Grundlage für die 13 SPI-Regionen bildet ein Stationsnetzwerk aus 114 Stationen, die zu Regionen gleichartiger zeitlicher SPI-Variationen gruppiert wurden. Die Gruppierung basiert auf einer kombinierten hierarchischen und k-means Clusteranalyse mit der Korrelationsmatrix der Stationszeitreihen als Input. Dabei werden die Ergebnisse der hierarchi-

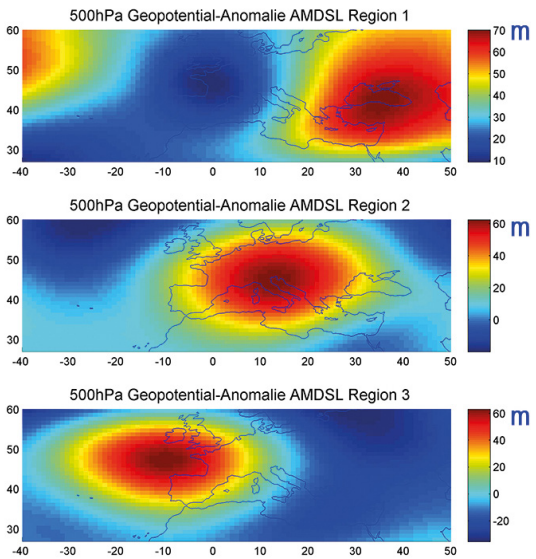

Abb. 3.3-2: *AMDSL-Anomalien der geopotentiellen Höhen im 500hPa-Niveau (in geopotentiellen Metern m) für die drei AMDSL-Regionen aus Abb. 3.3-1.*

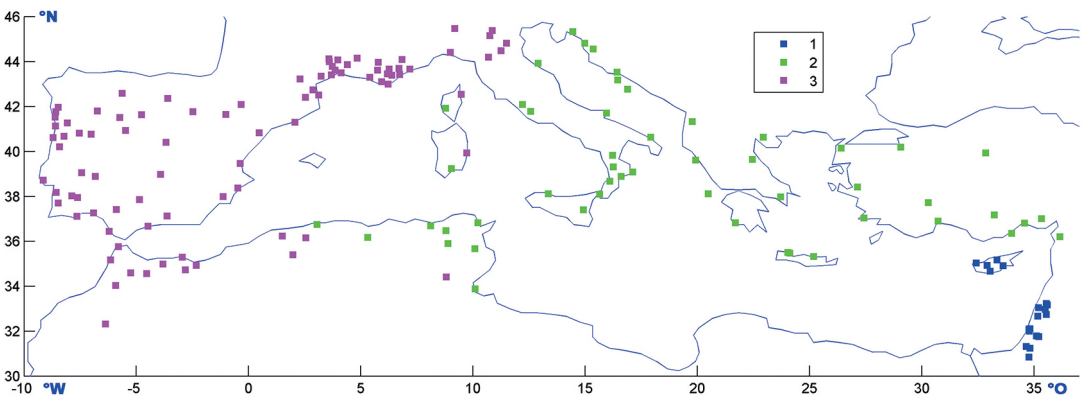

Abb. 3.3-1: *Regionen (1, 2 und 3) im Mittelmeerraum mit ähnlicher jährlich maximaler Trockenperiodenlänge (annual maximum dry spell length, AMDSL).*

schen Clusteranalyse als Startbedingungen für den optimierenden k-means Algorithmus verwendet. Die Zeitreihen der 13 Stationen, die die entsprechenden 13 SPI-Regionen repräsentieren, wurden mittels multipler linearer Regressionsmodelle mit großskaligen atmosphärischen Zirkulationstypen in Zusammenhang gebracht. Die Zusammenhänge wurden anschließend verwendet, um die SPI-Werte für das 21. Jahrhundert unter Bedingungen eines fortschreitenden Klimawandels statistisch abzuschätzen. *Abb. 3.3-3* zeigt die abgeschätzten Werte des SPI-Minimums gemittelt über den Szenariozeitraum 2070-2100, *Abb. 3.3-4* die Anzahl an Monaten mit mindestens moderater Trockenheit im Zeitraum 2070-2100 für das Winterhalbjahr von Oktober bis April unter Verwendung von Ausgabewerten des allgemeinen Zirkulationsmodells MPI-ESM-LR bei RCP8.5 Szenarioannahmen. Gezeigt werden darüber hinaus jeweils die projizierten Veränderungen im Vergleich zur historischen Periode 1970-2000. In allen Regionen deuten die abgeschätzten Veränderungen auf einen Trend zu trockeneren Bedingungen hin. Dabei ergibt sich meist eine geringe Verstärkung des SPI-Minimums mit Werten um -0,25, in einigen Regionen wie Südfrankreich fällt der Rückgang jedoch stärker

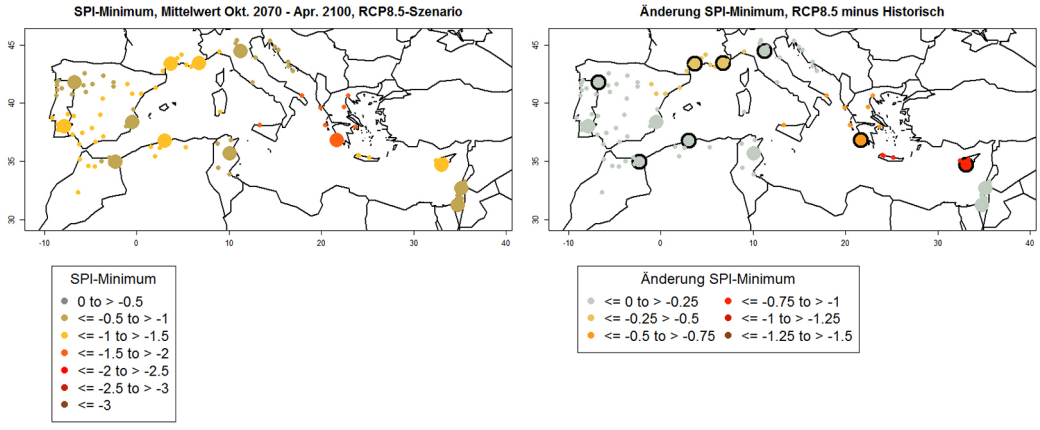

Abb. 3.3-3: *Änderung in der Intensität von Trockenperioden: Statistisch projiziertes SPI-Minimum gemittelt für den Zeitraum 2070-2100 unter RCP8.5-Szenario (**links**) und Änderung des SPI-Minimums zwischen der Szenario-Periode 2070-2100 und der historischen Periode 1970-2000 (**rechts**). Schwarze Kreissignatur: Signifikante Änderung (Mann-Whitney U-Test, 95% Signifikanzniveau). Die Ergebnisse basieren auf dem Ensemblemittel aus drei MPI-ESM-LR Läufen. Große Symbole: repräsentative Stationen der 13 SPI-Regionen, für die der SPI statistisch abgeschätzt wurde. Kleine Symbole: zu den jeweiligen SPI-Regionen assoziierte Stationen.*

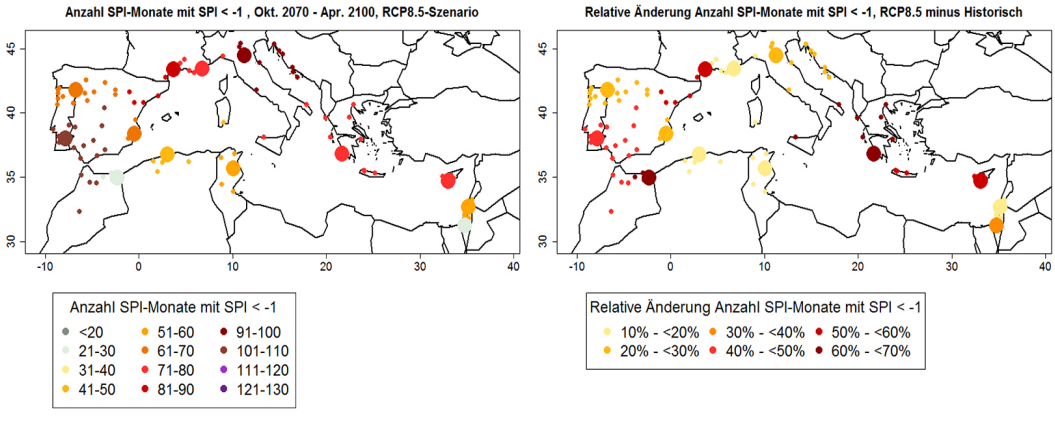

Abb. 3.3-4: *Änderung in der Häufigkeit von Trockenperioden: Statistisch projizierte Anzahl der SPI-Monate mit SPI < -1 im Zeitraum 2070-2100 unter RCP8.5-Szenario (**links**) und relative Änderung der Anzahl zwischen der Szenario-Periode 2070-2100 und der historischen Periode 1970-2000 (**rechts**). Die Ergebnisse basieren auf dem Ensemblemittel aus drei MPI-ESM-LR Läufen. Große Symbole: repräsentative Stationen der 13 SPI-Regionen, für die der SPI statistisch abgeschätzt wurde. Kleine Symbole: zu den jeweiligen SPI-Regionen assoziierte Stationen.*

aus mit Werten bis -0,5, in Griechenland und Zypern bis -1 (*Abb. 3.3-3*). Insgesamt sind die Veränderungen der Intensität von Trockenperioden in 8 Regionen signifikant (Mann-Whitney U-Test mit 95% Signifikanzniveau). Die Abschätzung der Anzahl der Monate mit mindestens moderater Trockenheit zeigt eine erhöhte Häufigkeit von Trockenmonaten auf. Insbesondere im westlichen mediterranen Nordafrika, dem Südwesten der Iberischen Halbinsel, Südfrankreich, Griechenland und Zypern lässt sich ein starker Anstieg in der Häufigkeit von Trockenmonaten erkennen (*Abb. 3.3-4*).

Bei den regionalen Abschätzungen bis Ende des 21. Jahrhunderts müssen jedoch viele Unsicherheiten beachtet werden. So können die Ergebnisse je nach verwendeter regionaler Abschätzungsmethode, zugrunde gelegten Klimamodellen und Emissionsszenarien variieren. Dennoch zeichnen verschiedene Studien (z.B. Russo et al. 2013, Dubrovsky et al. 2014, Hertig & Tramblay 2017) ein einheitliches Bild einer sich in Zukunft verschärfenden Problematik extremer Trockenperioden im Mittelmeerraum.

Schlussbetrachtung

Bereits in der jüngeren Vergangenheit lässt sich für die meisten Regionen des mediterranen Raumes eine Zunahme von Trockenperioden beobachten. Projektionen unter Bedingungen eines fortschreitenden Klimawandels deuten auf eine weitere Verschärfung hin. Im Bereich der Extremereignisse spielen für den Mittelmeerraum darüber hinaus nicht nur extreme Trockenperioden, sondern auch Starkniederschlagsereignisse und Hitzewellen eine bedeutende Rolle. Während Projektionen von Hitzewellen ebenfalls auf eine Zunahme im Verlauf des 21. Jahrhunderts hindeuten (Zittis et al. 2016), ergibt sich für Starkniederschlagsereignisse (noch) ein uneinheitliches Bild der möglichen zukünftigen Entwicklung. Übergreifend stellt der Mittelmeerraum aber eine besonders vulnerable Region dar. Dies gründet zum einen auf der ohnehin hohen natürlichen klimatischen Variabilität, zum anderen auf den für diesen Raum erwarteten starken klimatischen Veränderungen.

Literatur

CONTE, M., A. GIUFFRIDA & S. TEDESCO (1989): The Mediterranean Oscillation. Impact on precipitation and hydrology in Italy Climate Water, Publications of the Academy of Finland, Helsinki.

DUBROVSKY, M., M. HAYES, P. DUCE, T. MIROSLAV, M. SVOBODA & P. ZARA (2014): Multi-GCM projections of future drought and climate variability indicators for the Mediterranean region. Reg Environ Change 14, 1907-1919.

DÜNKELOH, A. & J. JACOBEIT (2003): Circulation Dynamics of Mediterranean Precipitation Variability 1948-1998. Int J Climatol 23, 1843-1866.

HERTIG, E. & Y. TRAMBLAY (2017): Regional downscaling of Mediterranean droughts under past and future climatic conditions. Global and Planetary Change, 151, 36-48.

JACOBSEN, S. E., C. R. JENSEN & F. LIU (2012): Improving crop production in the arid Mediterranean climate, Field Crops Res., 128, 34-47.

MCKEE, T. B. N., J. DOESKEN & J. KLEIST (1993): The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eight Conference On Applied Climatology. American Meteorological Society, Anaheim, CA, 179-184.

RAYMOND, F., A. ULLMANN, P. CAMBERLIN, P. DROBINSKI, C. CHATEAU & C. SMITH (2016): Extreme dry spell detection and climatology over the Mediterranean Basin during the wet season, Geophys. Res. Lett., 43, 7196-7204, doi:10.1002/2016GL069758.

RUSSO, S., A. DOSIO, A. STERL, P. BARBOSA & J. VOGT (2013): Projection of occurrence of extreme dry-wet years and seasons in Europe with stationary and nonstationary Standardized Precipitation Indices. J. Geophys. Res. Atmos., 118, 7628-7639.

TRAMBLAY, Y. & E. HERTIG (2018): Modelling extreme dry spells in the Mediterranean region in connection with atmospheric circulation. Atmospheric Research, 202, 40-48.

WANNER, H., S. BRÖNNIMANN, C. CASTY, D. GYALISTRAS, J. LUTERBACHER, CH. SCHMUTZ, D. B. STEPHENSON & E. XOPLAKI (2001): North Atlantic Oscillation- concepts and studies. Surv. Geophys., 22, 321-382.

ZITTIS, G., P. HADJINICOLAOU, M. FNAIS & J. LELIEVELD (2016): Projected changes in heat wave characteristics in the eastern Mediterranean and the Middle East. Regional environmental change, 16(7), 1863-1876.

Kontakt:

PD. Dr. Elke Hertig - elke.hertig@geo.uni-augsburg.de
Institut für Geographie - Augsburg University
Dr. Yves Tramblay
Institute of Research for Development
Marseille, France
Prof. Dr. Jucundus Jacobeit
Institut für Geographie - Augsburg University

Hertig, E., Y. Tramblay & J. Jacobeit (2018): Extreme Trockenheit im mediterranen Raum. In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, H. Grassl, D. Kasang & R. Weisse (Hrsg.). Warnsignal Klima: Extremereignisse. pp. 126-129. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. DOI: 10.25592/warnsignal.klima.extremereignisse.18.