

3.2 Dürre in Europa

JÜRGEN V. VOGT, JONATHAN SPINONI & GUSTAVO NAUMANN

Dürre in Europa: In den letzten Jahrzehnten wurden ausgedehnte Regionen Europas wiederholt von Dürren heimgesucht, oftmals mit schwerwiegenden Auswirkungen auf Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. Der Schweregrad dieser Auswirkungen hängt dabei nicht nur von der Intensität und Dauer der Dürre, sondern auch vom jeweiligen Schadenspotenzial und der Schadensanfälligkeit ab. Seit Mitte des 20. Jahrhunderts ist dabei ein Trend zu einer zunehmenden Dürrehäufigkeit und -intensität, vor allem in Südeuropa aber auch in Teilen von West-, Mittel- und Osteuropa festzustellen. Unter einem fortschreitenden Klimawandel wird sich dieser Trend bis zum Ende des 21. Jahrhunderts fortsetzen und zu einem zunehmenden Süd-Nord Gradienten führen. Neuere Gesetzesinitiativen zeugen von einem zunehmenden politischen und öffentlichen Bewusstsein für die Problematik und von einem langsamen Wechsel weg vom Katastrophenmanagement hin zu einem vorbeugenden Risikomanagement. Letzteres bedarf adäquater Überwachungs- und Vorhersageinstrumente, eines öffentlichen Bewusstseinswandels und der Einführung von gesetzlichen Regelungen und Praktiken zum Dürremanagement.

Droughts in Europe: Europe was repeatedly affected by droughts of varying extent, duration and intensity with severe impacts on the economy, society and natural ecosystems. The severity of these impacts not only depends on the characteristics of the drought event, but also on the exposed assets, the economic and natural vulnerability of the affected regions and the coping capacity of societies. Over the second half of the 20th and the beginning of the 21st century, a trend for an increase in drought frequency, duration and intensity is recognisable for various European regions, notably for the Mediterranean. The adverse effects of climate change will likely exacerbate this situation, leading to an increasing gradient from the more drought-prone southern regions to the less affected northern regions, without sparing Western and Central Europe. Recent political initiatives demonstrate a growing political and public awareness of the problem and try to promote a change of paradigm, away from the prevailing disaster management to a pro-active risk management. The latter entails the development of appropriate monitoring and forecasting systems, the promotion of a water-saving culture, and the implementation of drought policies and drought management plans across the European continent.



Pont du Gard (Gardon), Südfrankreich, September 2003 (Photo: © H.A.J. Van Lanen).

Europa war in den letzten Jahrzehnten wiederholt von schweren Dürren betroffen. Bekannte Beispiele sind der trockene und sehr heiße Sommer 2003 mit seinen negativen Folgen für Wirtschaft, Umwelt und Gesundheit sowie die Dürre in Ost-Europa 2010, die mit schweren und langanhaltenden Wald- und Torfbränden im Gedächtnis blieb. Seither ereigneten sich eine Reihe weiterer Dürren, so z.B. im Frühjahr 2011 in West Europa, im Winter 2011/12 in Südeuropa, 2014 in Südost Spanien, 2015 in Mittel- und Ost-Europa, 2016 in Süd-Europa

und schließlich 2017 in Italien. Oft gehen diese einher mit Hitzewellen (s. Kap. Kuttler in diesem Band), da die reduzierte Verdunstung von Boden und Vegetation den daraus resultierenden Abkühlungseffekt verringert.

Dürren sind klimatologische Extremereignisse, die grundsätzlich in jedem Klima auftreten können. Als solche sind sie seltene Ereignisse mit einer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit. Da ihre zeitliche und räumliche Abgrenzung auf den jeweiligen regionalen und saisonalen Niederschlags- und Temperaturverhältnis-

sen beruht, ist eine Dürre immer relativ zum regionalen Klima zu bewerten. Das Eintreten von ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen ist daher ein weiteres wichtiges Kriterium zu ihrer Beurteilung.

Auslöser für Dürren ist ein länger dauerndes Niederschlagsdefizit, oft in Verbindung mit einer erhöhten Verdunstungsrate, das als Folge Wasserstress für Pflanzen, Tiere und Menschen bedingt. Dürren sind zu unterscheiden von Aridität (einem jahreszeitlich bis ganzjährig trockenen Klima) und von Trockenperioden kürzerer Dauer.

Im Gegensatz zu plötzlich auftretenden Extremereignissen wie z.B. Überflutungen oder Erdbeben, entwickeln sich Dürren langsam und betreffen meist ausgedehnte Gebiete und große Bevölkerungsgruppen. Sie können Wochen, Monate und sogar Jahre andauern. Neben den direkten Schäden wie z.B. Ernteeinbußen und Einschränkungen der öffentlichen Wasserversorgung oder der Binnenschifffahrt, sind mit zunehmender Dauer und Intensität mehr und mehr indirekte Auswirkungen zu verzeichnen. Hierzu zählen z.B. ein erhöhtes Waldbrandrisiko, verringerte Wasserqualität, reduzierte Gewinnung elektrischer Energie und Produktionseinschränkungen in Industriezweigen, die auf größere Wassermengen angewiesen sind. Letztere haben oft Rückwirkungen auf Zulieferer und so über Produktionsketten auf weite Bereiche der Wirtschaft und Bevölkerung. Hinzu treten gesundheitliche Auswirkungen durch Hitze und Staub.

Grundsätzlich hängt die Höhe der Dürreschäden neben der Intensität der Dürre in starkem Maße vom Schadenspotenzial (engl. *exposure*) der betroffenen Wirtschaftssektoren, Branchen und Ökosysteme sowie von deren Schadensanfälligkeit (engl. *vulnerability*) ab.

Die Abschätzung von Dürreschäden erweist sich meist als schwierig und verlässliche Zahlen fehlen oft. Während plötzlich eintretende Extremereignisse wie Überflutungen oder Erdbeben im Allgemeinen strukturelle Schäden in eng begrenzten Gebieten verursachen, resultieren Dürren als Folge der schleichenden Entwicklung und großräumigen Ausdehnung in Schäden, die langfristig auftreten und oft nur indirekt auf die Dürre zurückzuführen sind. Schäden an Ökosystemen (z.B. durch die Austrocknung von Feuchtgebieten) und Einflüsse auf die Biodiversität lassen sich quantitativ nur schwer abschätzen.

Global ist das Auftreten von Dürren stark dem Einfluss der Ozeane unterworfen. Phänomene wie z.B. die El Niño Ereignisse (ENSO) oder die Nordatlantische Oszillation (NAO) beeinflussen die großräumigen Luftströmungen und damit die Advektion feuchter Luftmassen über die Kontinente. Vor allem die Entstehung sommerlicher stationärer Hochdruckgebiete über Mitteleuropa kann dabei anhaltende niederschlagsarme Perioden in weiten Teilen Europas verursachen.

Abhängig von den betroffenen Bereichen des Wasserkreislaufs bzw. den betroffenen Branchen, unterscheidet man zwischen meteorologischer Dürre, Bodenfeuchte- (bzw. landwirtschaftlicher oder Ökosystem-) Dürre, und hydrologischer Dürre (s. Kasten und *Abb. 3.2-1*). Sie sind gekennzeichnet vom progressiven Fortschreiten des Wasserdefizites im Wasserkreislauf. Von sozioökonomischer Dürre spricht man, wenn das Wasserangebot kurzfristig den Bedarf der Gesellschaft nicht decken kann. Sie ist zu unterscheiden von genereller Wasserknappheit (engl. *water scarcity*), bei der der mittlere Wasserbedarf die langfristig verfügbaren Ressourcen übersteigt und somit eine nicht nachhaltige Situation besteht.

Dürren in Europa

Historische Ereignisse

Schwere Dürren in früheren Jahrhunderten konnten für weite Teile Europas durch die Auswertung von Aufzeichnungen und Proxydaten, wie z.B. Baumringanalysen, nachgewiesen werden. GLASER (2001) beleuchtet den Wechsel zwischen eher kühl-feuchten und eher heiß-trockenen Phasen in Mitteleuropa während der letzten Jahrhunderte. Dabei traten immer wieder einschneidende Dürren mit zum Teil katastrophalen Auswirkungen auf die Nahrungsmittelversorgung auf. Beispielfhaft seien hier die Jahre 1540, 1590, 1616, 1718/19, 1741, 1893 und 1921 genannt. Sie betrafen ausgedehnte Gebiete Europas und waren oft charakterisiert durch trockene Winter mit darauffolgenden heißen und trockenen Sommern (COOK et al. 2015; WETTER et al. 2014).

Seit der Mitte des 20. Jahrhunderts waren eine Reihe schwerwiegender Dürren in Europa zu verzeichnen. BRADFORD (2000) und SPINONI et al. (2015) geben einen Überblick über die wichtigsten Ereignisse und ihre Ausprägung in verschiedenen Regionen Europas. *Abb. 3.2-2* zeigt fünf Beispiele aus diesem Zeitraum, die das

Dürrendefinitionen

Meteorologische Dürre: Charakterisiert durch ein Niederschlags- oder Wasserbilanzdefizit für eine bestimmte Region und Periode. Gemessen als Abweichung vom langjährigen Mittel.

Bodenfeuchte (Landwirtschaftliche) Dürre: Charakterisiert durch eine signifikant verringerte Bodenfeuchte. Die direkte Folge ist Wasserstress für die Vegetation mit negativen Auswirkungen auf den Ernteertrag und die Produktion von Biomasse.

Hydrologische Dürre: Charakterisiert durch geringe Abflussmengen, und mit zunehmender Dauer durch fallende Reservoir- und Grundwasserpegel. Die Folge sind z.B. Probleme für die öffentliche Wasserversorgung und die Erzeugung elektrischer Energie sowie Einschränkungen in der Binnenschifffahrt.

Auftreten von meteorologischen Dürren in verschiedenen Regionen Europas dokumentieren.

Im Zeitraum von August 1975 bis Ende 1976 waren weite Bereiche in West-, Mittel- und Nordeuropa von ausgeprägter Trockenheit und hohen Sommertemperaturen betroffen. Für das Vereinigte Königreich zählt diese Dürre zu den schwersten in der jüngeren Geschichte. Ihre Auswirkungen waren vielfältig und reichten von signifikanten Ernteeinbußen, über Probleme der öffentlichen Wasserversorgung und Bodensenkungen mit daraus resultierenden Schäden an Gebäuden und Deichen, bis zu Einschränkungen der Binnenschifffahrt (RODDA & MARSH 2011, GERHARD et al. 1983). Allein im Vereinigten Königreich wurden Schäden von mehr als 550 Mio. britischen Pfund registriert.

Der Sommer 2003 war geprägt von außergewöhnlich hohen Temperaturen und einer lang andauernden Trockenheit in weiten Teilen West-, Mittel- und Südeuropas. Vielfältige Auswirkungen ergaben sich aus der Kombination einer moderaten Dürre mit einer ausgeprägten Hitzewelle in der ersten Augushälfte und reichten von Ernteeinbußen und reduzierter Energiegewinnung, über Einschränkungen der Binnenschifffahrt auf Donau, Elbe und Rhein, zu vermehrten Waldbränden und signifikanten Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit (FINK et al. 2004). Die Rückversicherungsgesellschaften bezifferten allein die landwirtschaftlichen Schäden auf mehr als 12 Milliarden US\$ und Schäden durch vermehrte Waldbrände in Portugal wurden auf ca. 1,5 Milliarden US\$ geschätzt. Bedingt durch die außergewöhnliche Hitze waren europaweit zwischen 22,000 und 35,000 zusätzliche Todesfälle zu beklagen (SCHÄR & JENDRITZKY 2004). Andere Quellen sprechen gar von 70,000 zusätzlichen Todesfällen (siehe Kap. KUTTLER in diesem Band).

Die Jahre 2007 und 2008 brachten eine ausgeprägte Dürre für Südosteuropa, einschließlich der Türkei. Auch hier waren vielfältige Auswirkungen die Folge, die u.a. zu Problemen der öffentlichen Wasserversor-

gung in Ankara und Istanbul führten (KURNAZ 2014). Gleichzeitig verzeichnete Nordost Spanien eine außergewöhnliche hydrologische Dürre, die zu schwerwiegenden Wasserversorgungsproblemen in Barcelona führte. Eine Folge war die teilweise Versorgung der Stadt mit Trinkwasser durch Tankschiffe von Marseille und Tarragona. Die Kosten dieser Dürre wurden auf insgesamt 1,6 Milliarden Euro geschätzt (MARTIN-ORTEGA & MARKANDYA 2009).

Die Dürre und Hitzewelle in Osteuropa und Russland 2010 resultierte nicht nur in einer verringerten Getreideernte, sondern auch in ausgedehnten Wald- und Torfbränden, die zusammen mit der starken Hitze schwere Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit und Sterberate hatten (GRUMM 2011).

Die Dürre im Frühjahr 2011 schließlich, ist ein weiteres Beispiel für ausgedehnte Dürren in West-, Mittel- und Osteuropa. Der Auslöser war ein langanhaltendes Niederschlagsdefizit im Winter und Frühjahr 2010-11, was zu signifikanten Folgen für die Landwirtschaft und zu Umweltproblemen durch sehr niedrige Wasserstände führte. Das Frühjahr 2011 wurde für das Vereinigte Königreich als eines der trockensten der letzten 100 Jahre beschrieben, mit signifikanten Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Bedingt durch niedrige Abflussraten und Grundwasserstände waren zudem zahlreiche negative Umwelteffekte zu beklagen (KENDON et al. 2013.)

Trends im 20. Jahrhundert

Die Frage, ob sich seit Beginn des 20. Jahrhunderts für Europa ein Trend in der Häufigkeit, Dauer und Intensität von Dürreereignissen belegen lässt, wurde in einer Vielzahl von regionalen und europaweiten Studien diskutiert. Trotz aller Unsicherheiten kann ein gewisser Konsensus hinsichtlich einer Zweiteilung des europäischen Kontinents festgestellt werden. HOERLING et al. (2012) belegen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Abnahme der Winterniederschläge und damit eine Zunahme des Dürreerisikos im mediterranen Raum, welche

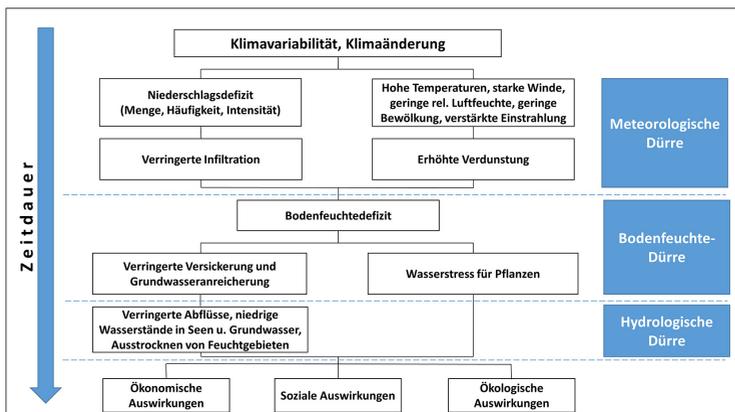


Abb. 3.2-1: Schematische Darstellung der hydrometeorologischen Entwicklung verschiedener Dürretypen (in Anlehnung an Darstellung des US National Drought Mitigation Center, NDMC).

sie zum Teil auf die anthropogen verursachte Klimaerwärmung und die damit einhergehende Erwärmung der tropischen Ozeane zurückzuführen. Mit meteorologischen, Bodenfeuchte- und hydrologischen Indikatoren wurde dieser großräumige Trend von verschiedenen Studien für die Iberische Halbinsel bestätigt (z.B. VICENTE-SERANO et al. 2014, PÁSCOA et al. 2017).

Gesamteuropäisch wurde ein genereller Trend zu einem zunehmenden Dürreerisiko im südlichen Europa und einem abnehmenden Dürreerisiko im nördlichen Europa belegt, wobei je nach Dürreindikator regionale und jahreszeitliche Unterschiede zu berücksichtigen sind. STAGGE et al. (2017) sowie GUDMUNDSSON & SE-NEVIRATNE (2016) belegen eine zunehmende Häufigkeit von meteorologischen Dürren im Süden Europas und eine abnehmende Häufigkeit im Norden. In Mitteleuro-

pa ist der Trend nicht eindeutig. Die Zunahme im Süden führen sie vor allem auf den Temperaturanstieg und die damit verbundene Zunahme der Verdunstung zurück. Ähnliche Trends beobachten BRIFFA et al. (2009) und CARMALLERI et al. (2016) für die Bodenfeuchte, wobei hier ein Trend zu zunehmender Trockenheit, speziell im Sommer, auch für Teile von Mittel- und Südosteuropa sichtbar wird. SPINONI et al. (2017a) schließlich untersuchen die Trends meteorologischer Dürren seit 1950 für verschiedene Jahreszeiten, sowohl basierend auf der Niederschlagsverteilung als auch auf der klimatologischen Wasserbilanz (Niederschlag minus Verdunstung). Auch hier zeigt sich, dass die Temperaturzunahme der entscheidende Faktor für einen positiven Trend in der Häufigkeit und der Intensität von Dürreereignissen in Mittel und Osteuropa sind. *Abb. 3.2-*

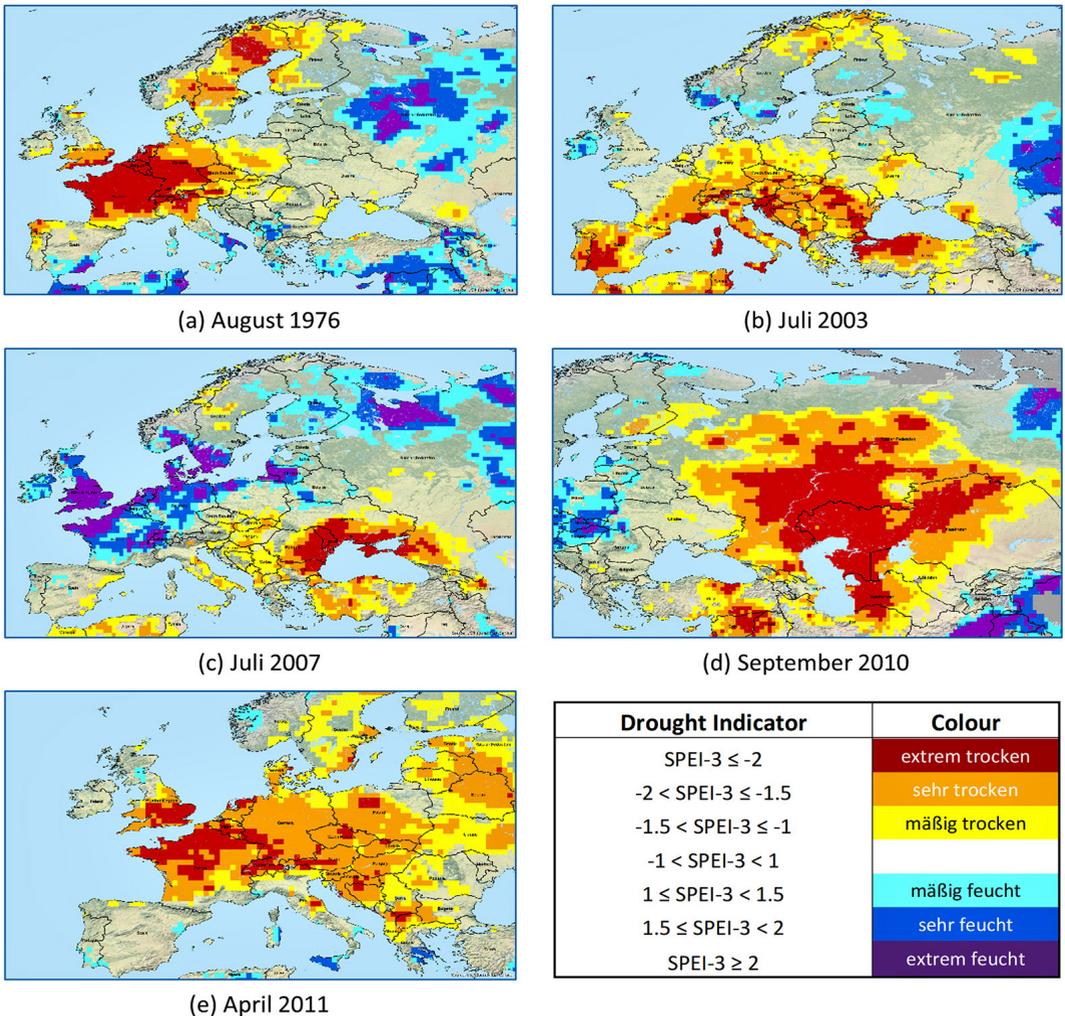


Abb. 3.2-2: Rezente Beispiele ausgedehnter meteorologischer Dürren in verschiedenen Regionen Europas. Die Klassifizierung basiert auf dem Standardized Precipitation Evapotranspiration Index für eine dreimonatige Akkumulationsperiode, SPEI-3.

3 zeigt beispielhaft die Trends in der Häufigkeit und Intensität von Dürren für Frühjahr und Sommer, wie sie sich aus der Analyse des Standardized Precipitation Evapotranspiration Index für eine jeweils dreimonatige Akkumulationsperiode ergeben (SPEI-3).

Was bringt die Zukunft?

Die beschriebenen Trends werden sich mit hoher Wahrscheinlichkeit im Laufe des 21. Jahrhunderts fortsetzen. Die Veränderungen der zu erwartenden Häufigkeit und Intensität von Dürreereignissen hängen dabei sowohl von den zu Grunde liegenden Emissionsszenarien (Repräsentative Konzentrationspfade, RCP) als auch von den Annahmen zur Entwicklung des Wasserbedarfes ab. Basierend auf der Annahme einer moderaten Entwicklung der Treibhausgasemissionen (RCP4.5, IPCC 2014) ergeben sich Zunahmen in der Häufigkeit und Intensität von Dürren vor allem im Mittelmeerraum und in Westeuropa, während sich für ein hohes Emissionsszenario (RCP8.5) Zunahmen in der Häufigkeit, Dauer und Intensität von meteorologischen Dürren in weiten Teilen Europas, einschließlich von Skandinavien, ergeben (SPINONI et al. 2017b). Dabei nehmen die Unsicherheiten in den Prognosen von Südwest- nach Nordosteuropa zu. FORZIERI et al. (2014) zeigen ähnliche Ergebnisse für hydrologische Dürren. Ihre Analyse projizierter Abflussmengen unter einem moderaten Emissionsszenario (IPCC SRES A1B) ergeben eine signifikante Zunahme sowohl in der Dauer von Niedrigwassern als auch in den Abflussdefiziten für weite Teile Süd- und Westeuropas. Für Nord- und Nordosteuropa wird hingegen eine Zunahme der Abflussmengen erwartet. Für Mittel und Osteuropa ergibt sich dabei eine Zone größerer Unsicherheit in den Prognosen. Unter Berücksichtigung eines steigenden Wasserkonsums, z.B. für Haushalte, Landwirtschaft, Energiegewinnung, Industrie und Tourismus, wird diese Situation weiter verschärft. In einigen Regionen Mittel- und Osteuropas dreht sich das Bild dabei von zu erwarteten gleichbleibenden oder zunehmenden Abflüssen hin zu steigenden Abflussdefiziten (FORZIERI et al. 2014). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen MARX et al. (2018) unter der Annahme verschiedener Szenarien für die zu erwartende Temperaturzunahme.

Schäden und volkswirtschaftliche Kosten

Die Schäden, die als Folge von länger andauernden Dürren in Europa auftreten, sind außerordentlich vielfältig. Die im Rahmen eines von der EU geförderten Forschungsprojektes erstellte »European Drought Impact report Inventory (EDII)« Datenbank bietet einen Überblick und eine Klassifizierung der beschriebenen Auswirkungen (STAHL et al. 2016). Es ist bemerkenswert, dass neben Landwirtschaft und Energiegewin-

nung vor allem auch Trinkwasserversorgung, Wasserqualität, Forstwirtschaft, Waldbrandgefahr, aquatische und terrestrische Ökosysteme und die öffentliche Gesundheit mit hohen Anteilen in den Berichten auftreten.

Da genaue Statistiken fehlen und Informationen oft nur für ausgewählte Bereiche, wie z.B. Landwirtschaft und Energiegewinnung, erhoben werden, sind die volkswirtschaftlichen Kosten, die durch Dürren in Europa entstehen, nur schwer zu quantifizieren. Umweltrelevante Bereiche, wie z.B. die ökologischen Auswirkungen auf die Biodiversität durch zu geringe Abflussraten oder das Austrocknen von Feuchtgebieten werden kaum erfasst und lassen sich in monetären Größen nur schwer ausdrücken. Auf der Basis von Daten aus den Mitgliedsstaaten schätzte eine europäische Expertengruppe die Kosten von Dürren in der EU für den 30-jährigen Zeitraum von 1976 bis 2005 auf mehr als 100 Milliarden Euro, mit steigender Tendenz (EUROPEAN COMMISSION 2007). Die Daten zeigen, dass das von Dürren betroffene Gebiet in diesem Zeitraum von jährlich ca. 6% der EU Fläche auf ca. 13% gestiegen ist und dass die mittleren jährlichen Kosten sich im gleichen Zeitraum fast verdoppelten. So wurden die Kosten für den Zeitraum von 2001 bis 2006 auf jährlich ca. 6.2 Milliarden Euro geschätzt.

Schätzungen der Münchener Rückversicherungsgesellschaft für den Zeitraum von 1980 bis 2016 ergeben für klimatologische Katastrophen in Europa volkswirtschaftliche Kosten in ähnlicher Höhe (<http://natcatservice.munichre.com/>). Allerdings sind hier Dürren, extreme Temperaturen und Waldbrände in einer Kategorie zusammengefasst und detaillierte Daten für Dürren sind nur für einzelne Ereignisse ausgewiesen. Inflationsbereinigt liegen z.B. die Schätzungen für Schäden durch die vier teuersten Dürren dabei bei rund 38 Milliarden Euro (zwischen 3.6 und 16.9 Milliarden je Ereignis). In jedem Fall bleibt ein signifikanter volkswirtschaftlicher Schaden mit steigender Tendenz.

Dürrerisiko

Der Wasserbedarf für die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen liegt im mediterranen Raum mit 60 bis 80% des verfügbaren Wasserangebotes schon heute außerordentlich hoch. Hinzu kommt der Wasserbedarf für den Tourismus, der vor allem in der sommerlichen Trockenperiode eine hohe Nachfrage bedingt. Unter Berücksichtigung der beschriebenen Trends ist das generelle Dürrerisiko im Mittelmeergebiet trotz hoch entwickelter Wasserspeicher- und Bewässerungssysteme als hoch einzuschätzen. Aber auch in anderen Teilen Europas führt der zunehmende Bedarf an Wasser für Landwirtschaft, Energiegewinnung, Industrie und Ballungsräume zu Engpässen. Generell muss das Dürreri-

siko für einzelne Sektoren abgeschätzt werden, da der Bedarf an Wasser je nach Sektor und Jahreszeit außerordentlich schwankt. BLAUHUT et al. (2016) haben auf der Basis von Dürreindikatoren und Schadensberichten erste Karten für das Dürrierisiko verschiedener Sektoren erstellt. Trotz aller Unsicherheiten durch die schwierige Datenlage, dokumentieren sie anschaulich die regionalen Unterschiede auf dem europäischen Kontinent.

Die genannten Analysen und beschriebenen Zukunftsszenarien unterstreichen den Bedarf nach geeigneten Anpassungsstrategien an die zu erwartenden Klimaänderungen. Hierzu zählen die Abschätzung des Dürrierisikos auf der Basis von langfristigen Analysen von Wasserangebot, Nachfrage und Grundbedarf sowohl für verschiedene Sektoren der privaten Wirtschaft als auch für die öffentliche Wasserversorgung und die natürliche Umwelt. Für ein angemessenes Management des Dürrierisikos bedarf es u.a. der Entwicklung von Leitlinien zum Dürremanagement, der Entwicklung von Frühwarnsystemen und der Ausarbeitung von detaillierten Plänen zum Dürremanagement unter Einbeziehung aller beteiligten Interessengruppen. Das Ziel ist eine Entwicklung weg vom bisher vorherrschenden Krisenmanagement, hin zu einem vorsorglichen Risikomanagement (VOGT et al. 2018). Diese Entwicklung ist in den verschiedenen Mitgliedsstaaten der EU unterschiedlich weit fortgeschritten. Die europäische Wasserrahmenrichtlinie vom Dez. 2000 (EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT 2000) schreibt daher für Flusseinzugsgebiete mit erhöhtem Dürrierisiko die Entwicklung von Plänen zum Dürremanagement vor. Die Mitteilung der Europäischen Kommission zu »Antworten auf die Herausforderung

von Wasserknappheit und Dürre in der Europäischen Union« von 2007 (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2007) sowie die darauffolgenden Berichte und der „Blueprint für den Schutz der europäischen Wasserressourcen“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2012) geben hierzu weitere Informationen und Empfehlungen. Wichtige Instrumente zum Management des Dürrierisikos sind dabei vor allem die Steuerung des Bedarfs, z.B. durch verbesserte Bewässerungstechniken, eine dem Klima angepasste Landnutzung, eine den Bereitstellungskosten angepasste Preisgestaltung und eine verbesserte Aufklärung der verschiedenen Akteure und der Bevölkerung. Hinzu treten gegebenenfalls eine Erhöhung des Wasserangebotes durch verbesserte und klimatologisch nachhaltige Speicherkapazitäten oder Wassertransfers, sowie die Einführung von Versicherungen gegen Dürreschäden, wenn dies als sinnvoll erachtet wird. Weitere Leitlinien und Informationen zu einem angemessenen Dürremanagement finden sich z.B. auf den Internetseiten des »Integrated Drought Management Programme, IDMP« (<http://www.droughtmanagement.info>).

Schlussfolgerungen

Die Tatsache, dass Dürren und eventuell damit verbundene Hitzewellen große ökonomische, ökologische und soziale Auswirkungen auch in den hoch entwickelten Gesellschaften Europas haben, ist in den letzten Jahren zunehmend in das Bewusstsein von Politik und breiter Öffentlichkeit gerückt. Dabei ist das mit Dürren und Hitzewellen verbundene Risiko eine Folge von klimatischen Faktoren und deren Zusammenspiel mit ökonomischen und sozialen Gegebenheiten. Eine Dürre wirkt

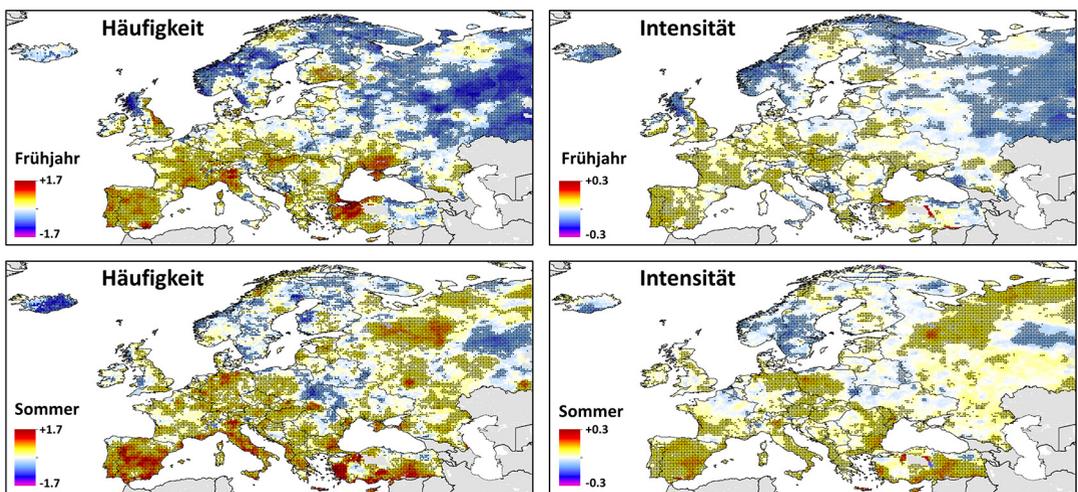


Abb. 3.2-3: Lineare Trends in der Häufigkeit (Ereignisse/10 Jahre, linke Spalte) und Intensität (Score/10Jahre, rechte Spalte) meteorologischer Dürren im Zeitraum 1950 bis 2014 für das Frühjahr (März, April, Mai, obere Zeile) und den Sommer (Juni, Juli, August, untere Zeile). Berechnungen auf der Basis des Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI). Gepunktete Bereiche sind statistisch signifikant auf dem 95% Niveau (nach SPINONI et al. 2017a).

sich umso schlimmer aus, je grösser das Schadenspotenzial und die Verwundbarkeit von Gesellschaft und natürlicher Umwelt sind. Einem zunehmenden Bedarf an Wasser für Landwirtschaft, Industrie und Bevölkerung steht dabei in einigen Regionen ein zunehmendes klimatisches Dürrierisiko gegenüber. Es scheint daher geboten, geeignete Maßnahmen zum Risikomanagement und zur langfristigen Anpassung an die zu erwartenden klimatischen Veränderungen zu ergreifen. Hierzu zählen, neben der Schärfung des öffentlichen Bewusstseins, z.B. ein kontinuierliches Monitoring, die Entwicklung von zuverlässigen und längerfristigen Vorhersagen, und die Förderung geeigneter Wassersparmaßnahmen und einer den klimatischen Verhältnissen angepassten Landnutzung. Schließlich sind detaillierte Dürremanagementpläne in Zusammenarbeit mit allen beteiligten Interessengruppen zu entwickeln, um den Übergang von dem noch vorherrschenden Katastrophenmanagement zu einem angemessenen Risikomanagement zu ermöglichen.

Literatur

- BLAUHUT, V., K. STAHL, J. H. STAGGE et al. (2016): Estimating drought risk across Europe from reported drought impacts, drought indices, and vulnerability factors. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20 (7), 2779-2800.
- BRADFORD, R. B. (2000): Drought events in Europe. In: VOGT J. V. & F. SOMMA (eds). *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht (The Netherlands), Boston, London: 7-20.
- BRIFFA, K. R., G. VAN DER SCHRIER & P. D. JONES (2009): Wet and dry summers in Europe since 1750: evidence of increasing drought. *International Journal of Climatology* 29(13): 1894-1905.
- CAMMALLERI, C., F. MICALE & J. V. VOGT (2016): Recent temporal trend in modelled soil water deficit over Europe driven by meteorological observations. *Int. J. Climatol.* 36: 4903-4912. DOI: 10.1002/joc.4677
- COOK, E. R., R. SEAGER, Y. KUSHNIR et al. (2015): Old World megadroughts and pluvials during the Common Era. *Sci. Adv.*, 1, doi: 10.1126/sciadv.1500561.
- EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Richtlinie 2000/60/EG. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1520953671291&uri=CELEX-32000L0060>, letzter Zugang: 13. März 2018.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2007): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat zu "Antworten auf die Herausforderung von Wasserknappheit und Dürre in der Europäischen Union", KOM(2007) 414 endgültig. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=legisum:l28196>, letzter Zugang: 13. März 2018.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2012): Blueprint für den Schutz der europäischen Wasserressourcen, KOM(2012) 673. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=LEGISUM:2006_1, letzter Zugang: 13. März 2018.
- EUROPEAN COMMISSION (2007): Water Scarcity and Droughts, In-Depth-Assessment, Second Interim Report, Brussels, http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/comm_droughts/2nd_int_report.pdf, letzter Zugang: 6. März 2018.
- FINK, A. H., T. BRÜCHER, A. KRÜGER et al. (2004): The 2003 European summer heatwaves and drought – synoptic diagnosis and impacts. *Weather* 59(8): 209-216.
- FORZIERI, G., L. FEYEN, R. ROJAS et al. (2014): Ensemble projections of future streamflow droughts in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences* 18(1): 85-108.
- GERHARD, H., W. VAN DER MADE, J. REIFF & L.P.M. DE VREES (1983): Die Trocken- und Niedrigwasserperiode 1976 - La sécheresse et les basses eaux de 1976, KHR/CHR-Bericht I-2. Commission for the Hydrology of the Rhine basin (CHR), Lelystad.
- GLASER, R. (2001): Klimageschichte Mitteleuropas. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- GUDEMUNDSSON, L. & S. I. SENEVIRATNE (2016): Anthropogenic climate change affects meteorological drought risk in Europe. *Environmental Research Letters*, Volume 11, Number 4.
- GRUMM, R. H. (2011): The central European and Russian heat event of July-August 2010. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(10), 1285-1296.
- HOERLING, M., J. EISCHEID, J. PERLWITZ et al. (2012): On the increased frequency of Mediterranean drought. *Journal of Climate*, 25, 2146-2161. DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00296.1
- IPCC (2014): Klimaänderung 2014: Syntheseberticht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. PACHAURI & L.A. MEYER (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.
- KENDON, M., T. MARSH & S. PARRY (2013): The 2010-2012 drought in England and Wales. *Weather* 68: 88-95.
- KURNAZ, L. (2014): Drought in Turkey. Istanbul Policy Center, Sabanci Üniversitesi-Istanbul Available online at: <http://ipc.sabanciuni.edu.tr/wp-content/uploads/2014/03/DROUGHT-IN-TURKEY-Levent-Kurnaz.pdf>
- MARTÍN-ORTEGA, J. & A. MARKANDYA (2009): The costs of drought: the exceptional 2007-2008 case of Barcelona. BC3 Working Paper Series 2009-09. Basque Centre for Climate Change (BC3). Bilbao, Spain. <https://www.bc3research.org/d7H9df-T3Re2/200911180108201970931971.pdf>
- MARX, A., R. KUMAR, S. THOBER et al. (2018): Climate change alters low flows in Europe under global warming of 1.5, 2, and 3 degrees C. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, 1017-1032.
- PÁSCOA, P., M. GOUVEIA, A. RUSSO & R. M. TRIGO (2017): Drought trends in the Iberian Peninsula over the last 112 years. *Advances in Meteorology*, 2017, DOI: 10.1155/2017/4653126
- RODDA, J. C. & T. J. MARSH (2011): The 1975-76 Drought - a contemporary and retrospective review. Centre for Ecology & Hydrology, UK, 58 Seiten.
- SCHÄR, C. & G. JENDRITZKY (2004): Climate change: Hot news from summer 2003. *Nature*, 432, 559-560. Doi: 10.1038/432559a.
- SPINONI, J., G. NAUMANN, J. V. VOGT & P. BARBOSA (2015): The biggest drought events in Europe from 1950 to 2012. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3, 509-524.
- SPINONI, J., G. NAUMANN & J. V. VOGT (2017a): Pan-European seasonal trends and recent changes of drought frequency and severity. *Global and Planetary Change*, 148, 113-130.
- SPINONI, J., J. V. VOGT, G. NAUMANN et al. (2017b): Will drought events become more frequent and severe in Europe? *International Journal of Climatology*, 2017, DOI: 10.1002/joc.5291.
- STAGGE, J. H., D. G. KINGSTON, L. M. TALLAKSEN et al. (2017): Observed drought indices show increasing divergence across Europe. *Nature, Scientific Reports*, 7: 14045. DOI:10.1038/s41598-017-14283-2
- STAHL, K., I. KOHN, V. BLAUHUT et al. (2016): Impacts of European drought events: insights from an international database of text-based reports. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16, 801-819.
- VICENTE-SERRANO, S. M., J.-I. LOPEZ-MORENO, S. BEGUERÍA et al. (2014): Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in Southern Europe. *Environmental Research Letters* 9(4): 044001. doi:10.1088/1748-9326/9/4/044001.
- VOGT, J. V., P. BARBOSA, C. CAMMALLERI, H. CARRÃO & Ch. LAVAYSSE (2018): Drought risk management: Needs and experiences in Europe. In: WILHITE, D. & R. PULWARTY (eds): *Drought and Water Crisis: Science, Technology and Management Issues*. 2nd ed., CRC Press - Taylor & Francis Group, Chapter 18, 385-407.
- WETTER, O., Ch. PFISTER, J. P. WERNER et al. (2014): The year-long unprecedented European heat and drought of 1540 – a worst case. *Climatic Change*, 125:349-363. DOI: 10.1007/s10584-014-1184-2.

Kontakt:

Dr. Jürgen Vogt (juergen.vogt@ec.europa.eu)

Dr. Jonathan Spinoni (jonathan.spinoni@ec.europa.eu)

Dr. Gustavo Naumann (gustavo.naumann@ec.europa.eu)

European Commission

Joint Research Centre (JRC) - Ispra (VA), Italy

Vogt, J., J. Spinoni & G. Naumann (2018): Dürre in Europa. In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, H. Grassl, D. Kasang & R. Weisse (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Extremereignisse*. pp. 119-125. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.2312/warnsignal.klima.extremereignisse.17.