Kombinierte Trockenheit in der Schweiz

Charakteristik und Veränderungen in der Anzahl Tage, der Saisonalität, der Häufigkeit, der Dauer sowie der räumlichen Ausdehnung mit dem Klimawandel

Die wichtigsten Ergebnisse in Kürze...

- Die Anzahl Tage mit gleichzeitiger meteorologischer, landwirtschaftlicher und hydrologischer Trockenheit (kombinierte Trockenheit) nehmen in der ganzen Schweiz unter einem Szenario ohne Klimaschutz bis Ende 21. Jahrhundert zu.
- ➤ Kombinierte Trockenheitsepisoden treten häufiger auf; die einzelnen Episoden werden jedoch nicht signifikant länger.
- Die Anzahl gleichzeitig von kombinierter Trockenheit betroffener Einzugsgebiete nimmt unter einem Szenario ohne Klimaschutz zu. Im Vergleich zur Referenzperiode werden auch regionsübergreifende Ereignisse häufiger. Zudem gleicht sich der Zeitraum, in welcher kombinierte Trockenheit innerhalb eines Jahres am häufigsten auftritt (Mitte Juli bis Anfang Oktober), beidseitig der Alpen zunehmend an (Saisonalität). So können häufiger auch Einzugsgebiete beidseits der Alpen gleichzeitig von kombinierter Trockenheit betroffen sein.

Kombinierte Trockenheit als Problem für die landwirtschaftliche Bewässerung...

Es werden verschiedene Trockenheitsarten unterschieden: die meteorologische Trockenheit (Niederschlagsdefizit), die landwirtschaftliche Trockenheit (Bodenfeuchtedefizit) und die hydrologische Trockenheit (Abflussdefizit der oberirdischen Fliessgewässer). Bei gleichzeitigem Auftreten meteorologischer, landwirtschaftlicher und hydrologischer Trockenheit spricht man von kombinierter Trockenheit. Kombinierte Trockenheit ist eine grosse Herausforderung für alle Wassernutzungen. Infolge trockener Böden steigt der Wasserbedarf insbesondere in der Landwirtschaft stark an. Gleichzeitig steht weniger Wasser in den Gewässern zur Verfügung, um diesen Bedarf zu decken.

Daten und Indikatoren

Benutzt wurden Datensätze aus den Schweizer Klimaszenarien CH2018 (Niederschlag) und den darauf aufbauenden hydrologischen Szenarien Hydro-CH2018 (aktuelle und potenzielle Evapotranspiration, Abfluss). Es wurden zwei Emissionsszenarien berücksichtigt: ein Szenario mit Klimaschutz (RCP2.6, 8 Modellketten) und ein Szenario ohne Klimaschutz (RCP8.5, 20 Modellketten). Bis auf die Saisonalität beschränken sich die Analysen dabei auf den für das Pflanzenwachstum relevanten Zeitraum zwischen Mai und Oktober (Sommerhalbjahr). Untersucht werden die vier Zeiträume «Referenzperiode» (1991-2020), «2035»

(2020-2049), «2060» (2045-2074) und «2085» (2070-2099).

Indikatoren

- Meteorologische Trockenheit: Standardisierte Niederschlagsanomalie über die vergangenen 3 3 Monate (SPI-3)
- ➤ Landwirtschaftliche
 Trockenheit:
 relative Evapotranspiration
 (Verhältnis von aktueller zu
 potenzieller Evapotranspiration
- Hydrologische Trockenheit: Ganzjährliches 5. Perzentil des über sieben Tage gemittelten Abflusses (M7Q)

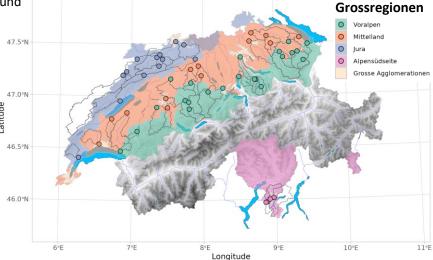


Abbildung 1: Die untersuchten 52 Einzugsgebiete (Konturen/Auslasspunkte) **und deren Zuteilung zu den (naturräumlichen) Grossregionen** (in Farbe). (Voralpen: n = 22 / Mittelland: n = 13 / Jura: n = 13 / Alpensüdseite: n = 4)

Tage mit kombinierter Trockenheit nehmen zu...

Für ein Szenario ohne Klimaschutz (RCP8.5) gilt (siehe Abbildung 4a):

- Anzahl Tage: Die Anzahl Tage mit kombinierter Trockenheit nehmen bis Ende des 21. Jahrhunderts in der Schweiz stark zu (12,6 14 zusätzliche Tage pro Sommerhalbjahr (Mai Oktober)). Die Zunahme betrifft alle untersuchten Grossregionen und ist ab Mitte des 21. Jahrhunderts signifikant. Am meisten Tage kombinierter Trockenheit treten gegen Ende des Jahrhunderts (2085) im Jura (19,4 Tage) und im Mittelland (18 Tage) auf, gefolgt vom Tessin (17,6 Tage) und den Voralpen (15,8 Tage).
- Relative Änderung: Die relative Zunahme von Tagen mit kombinierter Trockenheit (Multi-Modell Median) ist bis Ende des Jahrhunderts in allen Grossregionen beträchtlich. Am stärksten ist die relative Zunahme in den Voralpen und im Tessin (4,8-fache Zunahme), gefolgt vom Mittelland (3,9-fache Zunahme) und dem Jura (3-fache Zunahme).
- ➤ Modellübereinstimmung: Die untersuchten Modelle zeigen übereinstimmend (≥90% der Modelle) eine Zunahme der Anzahl Tage kombinierter Trockenheit. Dies gilt ab 2060 für die gesamte Alpennordseite und ab 2085 auch für die Alpensüdseite.
- Saisonalität: Die Anzahl Tage mit kombinierter Trockenheit nimmt in allen Regionen (prozentual) vor allem im Zeitraum zwischen Ende Mai und Ende Oktober zu. Auf der Alpennordseite ist die Zunahme zwischen Ende Mai und Mitte Juli und zwischen Mitte August und Mitte Oktober am stärksten. Im Tessin ist die Zunahme zwischen Mitte August und Mitte Oktober am stärksten. Der Zeitraum, in welchem kombinierte Trockenheit am häufigsten zu erwarten ist (Mitte Juli bis Anfang Oktober), gleicht sich bis Ende Jahrhundert zwischen den untersuchten Grossregionen an.

Für ein Szenario mit Klimaschutz (RCP2.6) gilt (siehe Abbildung 4a):

➢ Die Anzahl Tage mit kombinierter Trockenheit nehmen bis Ende des Jahrhunderts zu, jedoch ist die Zunahme weder signifikant noch sind sich die Modelle über die Zunahme einig (<90% der Modelle zeigen eine Zunahme).

... vor allem aufgrund häufigerer Ereignisse!

Kombinierte Trockenheitsereignisse, definiert als zusammenhängende Phasen kombinierter Trockenheitstage, werden in beiden Szenarien länger (*Abbildung 4b*), jedoch ist die Zunahme weder signifikant noch sind sich die Modelle über eine Verlängerung einig. Die Zunahme der kombinierten Trockenheitstage ergibt sich folglich vor allem durch häufigere Trockenheitsereignisse (*Abbildung 4c*). Dabei treten kombinierte Trockenheitsereignisse Ende des 21. Jahrhunderts auf der Alpennordseite im Median mindestens einmal pro Sommerhalbjahr und auf der Alpensüdseite alle 1 bis 2 Jahre auf (*Abbildung 4d*).

Kombinierte Trockenheitsereignisse betreffen mehr Einzugsgebiete gleichzeitig...

Die Anzahl gleichzeitig von kombinierter Trockenheit betroffener Einzugsgebiete nimmt unter einem Szenario ohne Klimaschutz bereits in naher Zukunft (ab 2035) signifikant zu (Abbildung 2). Eine generelle Modellübereinstimmung besteht ab 2085. Kombinierte Trockenheitsereignisse, welche mehr Einzugsgebiete gleichzeitig betreffen, dauern zudem im Median länger als Ereignisse, welche weniger Einzugsgebiete gleichzeitig betreffen (nicht gezeigt).

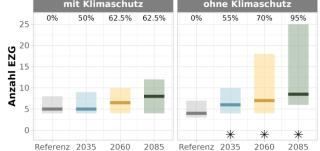


Abbildung 2: Anzahl gleichzeitig von kombinierter Trockenheit betroffener Einzugsgebiete (Median) pro kombiniertem Trockenheitstag aggregiert über alle 52 Einzugsgebiete. Modellübereinstimmung (in Prozent) und Signifikanz (Asterisks).

Zeitreihe der Tage mit kombinierter Trockenheit

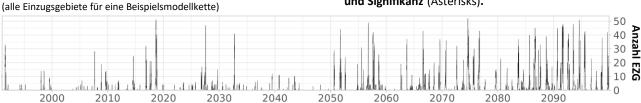


Abbildung 3: Anzahl gleichzeitig von kombinierter Trockenheit betroffener Einzugsgebiete pro kombiniertem Trockenheitstag. Beispielsmodellkette SMHI-RCA ECEARTH unter dem Szenario ohne Klimaschutz.

Zeit

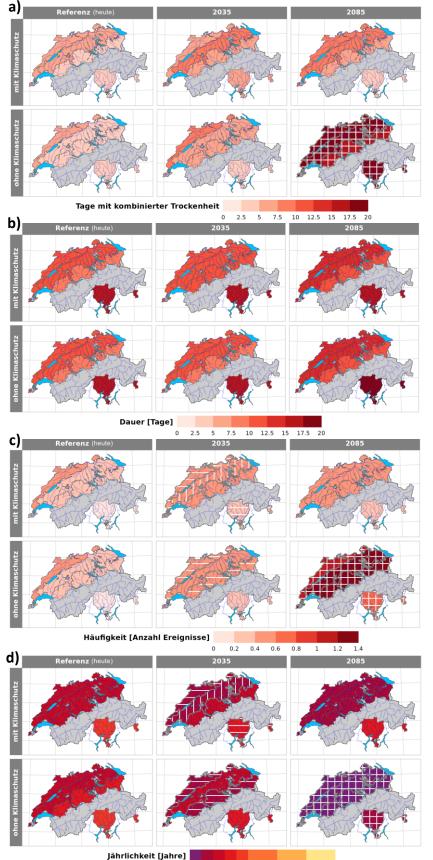


Abbildung 4:

Charakteristiken und Änderungen von kombinierter Trockenheit unter dem Klimawandel in der Schweiz.

a) Anzahl kombinierter Trockenheitstage pro Grossregion pro Sommerhalbjahr (Median über alle Einzugsgebiete). Gezeigt wird der Median-Wert über alle Modellsimulationen. Die Schraffur zeigt an, ob die Unterschiede signifikant sind (horizontale Linien) und ob mindestens 90% der Modelle dasselbe Vorzeichen im Änderungssignal zeigen (vertikale Linien). Dargestellt sind die Szenarien mit und ohne Klimaschutz für die Referenzperiode (1991-2020), die nahe Zukunft (2035) und den Zeitraum gegen Ende des Jahrhunderts (2085). Das gleiche wird gezeigt für: b) die Dauer, c) die Häufigkeit und d) die Jährlichkeit von kombinierten Trockenheitsereignissen.

Weiterführende Informationen

Für detailliertere Ausführungen zu Methodik, Daten, Resultaten und Einordnungen der Resultate siehe:

von Matt, C., Martius, O., Mülchi, R., Gudmundsson, L. (Preprint): Compound droughts under climate change in Switzerland. *Natural Hazards and Earth System Sciences (NHESS)*.

Link to Preprint.

Quellenverzeichnis

CH2018, 2018. CH2018 - Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services. Zürich.

Mülchi, R., Rössler, O., Schwanbeck, J., Weingartner, R., Martius, O., 2022. An ensemble of daily simulated runoff data (1981–2099) under climate change conditions for 93 catchments in Switzerland (Hydro-CH2018-Runoff ensemble). Geoscience Data Journal 9, 46–57. https://doi.org/10.1002/gdj3.117

Hinweis: Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) durchgeführt. Für den Inhalt ist allein der Auftragsnehmer verantwortlich.

Impressum / Projektverantwortliche

Analyse und Durchführung Christoph von Matt Universität Bern

Prof. Dr. Olivia Romppainen-Martius Universität Bern

Dr. Regula Mülchi MeteoSchweiz **Dr. Lukas Gudmundsson** ETH Zürich





MeteoSwiss