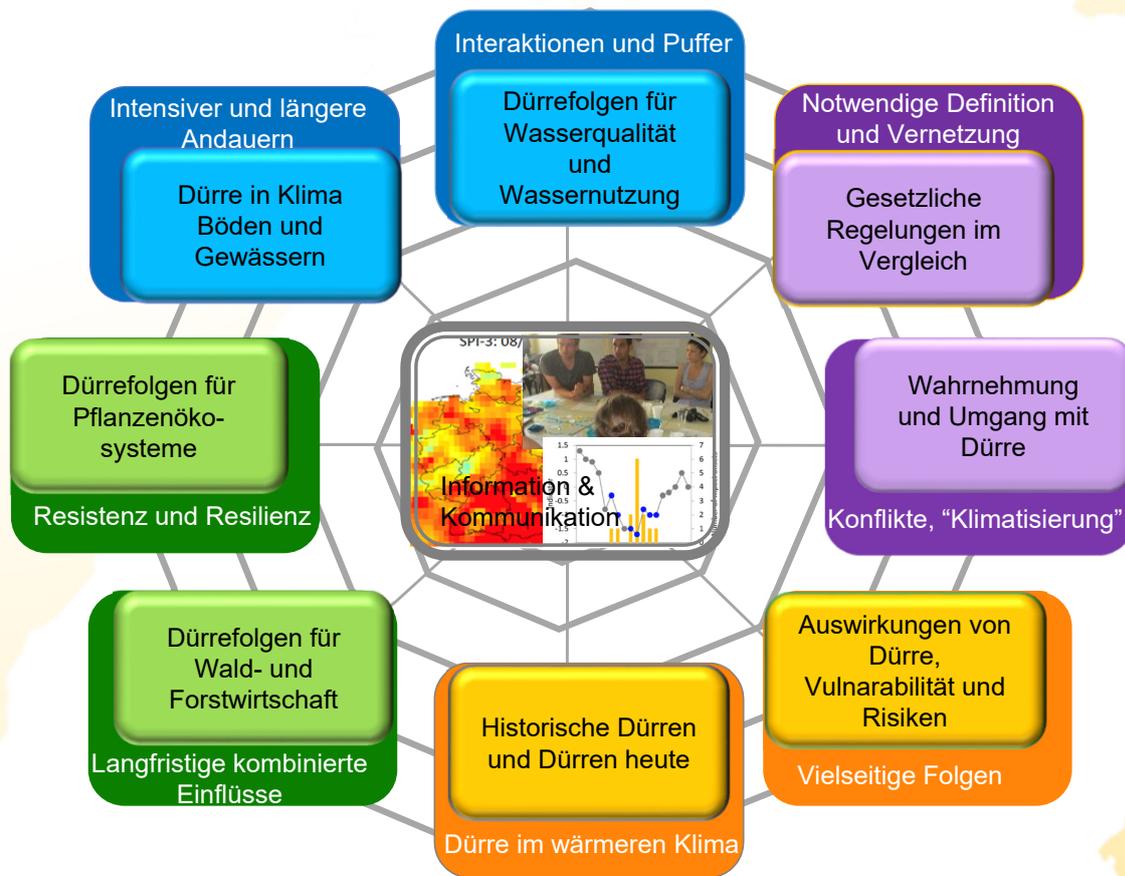


# Das Unsichtbare sichtbar machen: Dürregefahr, Dürrefolgen und Resilienz gegenüber Dürre



## Sprecherin und Sprecher der Universität Freiburg

Prof. Dr. Kerstin Stahl (Umwelthydrosysteme), apl Prof. Dr. Jens Lange (Hydrologie)

## Projektpartner und –mitarbeiter\*innen

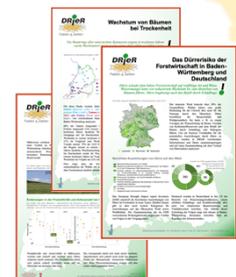
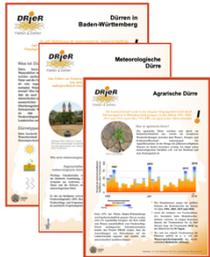
**Universität Freiburg:** Dr. Sylvia Kruse, Prof. Dr. Daniela Kleinschmit, Wibke Müller (Forst und Umweltpolitik); Prof. Dr. Rüdiger Glaser, Mathilde Erfurt, Michael Kahle (Physische Geographie); Dr. Veit Blauhut (Umwelthydrosysteme); Prof. Dr. Jürgen Bausch, Dr. Julia Schwarz, Dr. Georgios Skiadaresis (Waldbau); Prof. Dr. Markus Weiler, Jan Greiwe (Hydrologie);

**Universität Heidelberg:** Prof. Dr. Lucas Menzel, Dr. Erik Tjardeman, Michael Kraft (Hydrogeographie und Klimatologie); Prof. Dr. Ute Mager, Dr. Victoria Caillet, Dr. Peter Zoth (Öffentliches Recht)

**Universität Tübingen:** Prof. Dr. Katja Tielbörger, Dr. Maximiliane Herberich, Nicola Lechner (Vegetationsökologie)

## Inhalt der Reihe **DRleR Fakten & Zahlen**

1. Dürren in Baden-Württemberg
2. Meteorologische Dürre
3. Landwirtschaftliche Dürre
4. Hydrologische Dürre: Niedrigwasser
5. Hydrologische Dürre: Grundwasser
6. Dürrefolgen in Baden-Württemberg
7. Dürren gestern – Dürren heute
8. Dürrekatalog Baden-Württemberg: seit 1800
9. Dürre im Grünland & Dürre im Unterwuchs des Waldes
10. Dürre und Waldwachstum
11. Dürrierisiko der Forstwirtschaft
12. Nitratdynamik in Fließgewässern bei Trockenheit
13. Nitrat im Grundwasser nach Dürre
14. Dürre und die öffentliche Wasserversorgung
15. Dürrierisiko für den Wasserkraftsektor
16. Wassernutzungskonflikte im Dürrejahr 2018
17. Politisierung von Dürre
18. Dürremanagement: Beispiel Spanien
19. Dürremanagement: Beispiel Kalifornien
20. Dürremanagement: Empfehlungen an den Gesetzgeber
21. Trockenheitsinformation, Kollaboration und Kommunikation



Das Forschungs- und Netzwerkprojekt DRleR setzte sich zum Ziel, die unerkannten Zusammenhänge natürlicher Prozesse im Wasserkreislauf sowie die unsichtbaren Herausforderungen im Umgang mit Dürre zu erforschen und damit sichtbar zu machen. Als inter- und transdisziplinäres Projekt forschten in DRleR die Fachbereiche Klimatologie, Hydrologie, Geographie, Vegetationsökologie, Waldbau, Umweltpolitik und Rechtswissenschaften zusammen am Thema "Dürre". Mit dem Dürrejahr 2018 fand sogar ein einzigartiges Anschauungsbeispiel während der Projektzeit statt. Die Analyse erhobener Daten konnte Hypothesen bestätigen, dass Dürre in einem wärmeren Klima das Potential hat, noch größere Bandbreiten an direkten Folgen für Umwelt und Gesellschaft zu verursachen. Bisher wenig beachtete Wassernutzungskonflikte, Waldschäden und Wasserqualitätseinschränkungen verursachen auch längerfristige Folgen und Kosten. Unterschiedliche Sektoren zeigen sich mehr oder weniger resilient gegenüber den Einflüssen von Dürre. Baden-Württemberg benötigt für die Zukunft konkrete regulative Instrumente zum Umgang mit Dürre. Ein koordiniertes Dürrierisikomanagement kann auf DRleRs Forschungsergebnissen aufbauen.

*Es gibt Definitionen für meteorologische, landwirtschaftliche und hydrologische Dürre. Wann und wo Dürren in der Vergangenheit auftraten, ist Grundlage zur Planung und Vorbereitung auf zukünftige Ereignisse.*

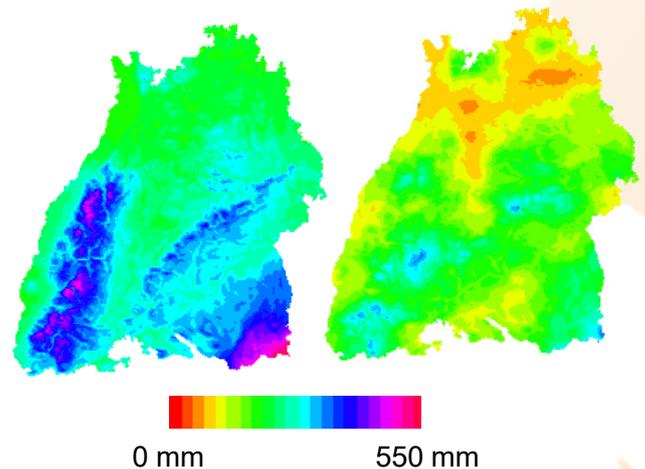
## Was ist Dürre?

Dürre bezeichnet ein ausgeprägtes Wasserdefizit im natürlichen Wasserkreislauf, welches nachteilige Folgen auf die Natur und die Gesellschaft hat. Dürre wird oft als eine negative Abweichung von der normalen Situation definiert. Aber was ist normal? Dies hängt sowohl vom Zeitpunkt im Jahr als auch vom Ort ab. Beispielsweise unterschieden sich langjährige Mittelwerte der sommerlichen Niederschlagsmengen im Oberrheingraben deutlich von Werten im Schwarzwald. Während Dürrejahre, wie z.B. im Jahr 2018, traten deutliche Niederschlagsdefizite in praktisch allen Landesteilen auf (s. Karten).

Sommerniederschläge in BW  
(Summen von Juni bis August)

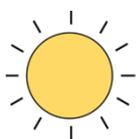
Mittelwert 1989-2018

Sommer 2018

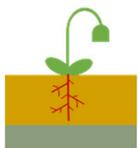


## Dürreotypen

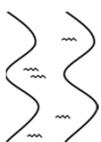
Dürre beschreibt nicht nur ein Niederschlagsdefizit. Sie kann entlang der gesamten Wirkungskette des Wasserkreislaufs auftreten und damit eine Vielzahl an damit verbundenen Folgen verursachen. Dementsprechend wird zwischen verschiedenen Dürreotypen unterschieden:



**Meteorologische Dürre** bezieht sich auf Zeiträume mit deutlich unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen. Gleichzeitig können meteorologische Bedingungen, z.B. Hitze und Wind auftreten, welche eine erhöhte Verdunstung und somit einen weiteren Verlust von nutzbarem Wasser begünstigen.

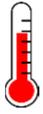


**Landwirtschaftliche Dürre** zeigt sich als ausgesprochenes Wasserdefizit in der Wurzelzone des Bodens. Dies folgt oft auf die Kombination geringer Niederschläge und erhöhter Verdunstung. Dieses Wasserdefizit beeinträchtigt das Wachstum der Pflanzen und kann Verluste bei Ernteerträgen bis hin zu Missernten verursachen.

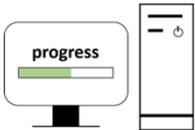


**Hydrologische Dürre** bezieht sich auf einen verringerten Abfluss in Flüssen, verringerte Wasserstände in Seen oder ein ausgeprägtes Wasserdefizit im Grundwasser. Folgen entstehen u.a. für die öffentliche Wasserversorgung, die Wasserqualität oder die Gewässerökosysteme.

*Im Projekt DRiER wurden Belege für das Auftreten von Dürre aus einer Vielzahl von Beobachtungen und Simulationen des Wasserkreislaufs untersucht.*



- **Hydroklimatologische und hydrometrische Messungen** von Variablen wie z.B. Lufttemperatur, Niederschlag, Bodenfeuchte, Abfluss im Fließgewässer oder Grundwasserstand.



- **Hydrologische Simulationen**, d.h. auch die Berechnung hydrologischer Variablen, die üblicherweise nur selten oder gar nicht direkt gemessen werden können, z.B. Bodenfeuchte, Verdunstung, Grundwasserneubildung.



- **Beobachtungsdaten über die Vegetation**, wie z.B. die Dicke von Baumringen, die Veränderung der Vegetationsphasen (Phänologie) oder gar Veränderungen der Artenvielfalt.

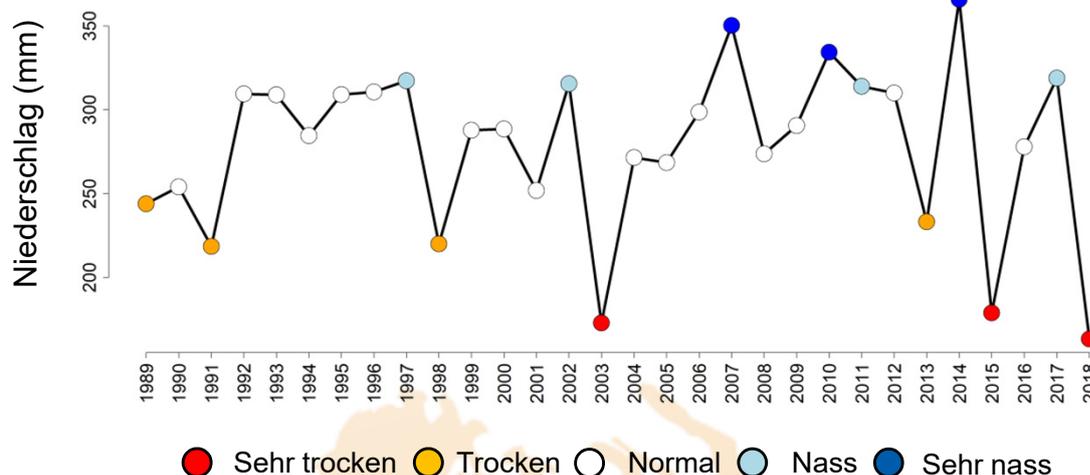


- **Schriftliche Belege** über Dürrefolgen, z.B. in historischen Quellen, Zeitungsartikeln oder wissenschaftlichen Berichten, aber auch Auswertungen von Umfragen unter Betroffenen.

### Von der Beobachtung zu Dürreinformationen

Um aus Beobachtungen die eigentliche Dürreinformationen zu erhalten, sind lange Zeitreihen nötig oder ein Vergleich eines aktuellen Ereignisses mit historischen Beobachtungen. Anhand der mittleren Sommerniederschläge (Juni-August) in Baden-Württemberg zeigt ein solcher Vergleich verschiedene Dürrejahre mit deutlich unterdurchschnittlichem Niederschlag.

Die extremsten Sommer (10% niedrigsten Niederschlagssummen) waren in diesem Zeitraum: 2003, 2015 und besonders 2018. Eine umfassende Beurteilung der Dürre erfordert aber die Berücksichtigung verschiedener Dürretypen und der damit verbundenen Kenngrößen (s. oben). Langzeitbeobachtungen erlauben eine bessere Abschätzung der Seltenheit aktueller Ereignisse.



*Das Fehlen von Niederschlägen über einen längeren Zeitraum charakterisiert eine meteorologische Dürre. Auch Baden-Württemberg war in außergewöhnlich trockenen Jahren wie 2003, 2015 und v.a. 2018 und 2019 von meteorologischen Dürren betroffen.*



Stühlinger Park, Freiburg im August 2018 nach wochenlanger Trockenheit und einer gleichzeitigen Hitzewelle (Foto: N. Scholze).

## Was ist meteorologische Dürre?

- Eine meteorologische Dürre tritt ein, wenn sich über einen längeren Zeitraum (von ein bis zu mehreren Monaten) ein erhebliches Niederschlagsdefizit ausbildet. Bewertet wird ein solches Defizit aus dem Vergleich mit langjährigen Messdaten für den jeweiligen Ort.
- Verschärft werden die Folgen der Niederschlagsdefizite durch eine erhöhte Verdunstung v.a. bei hohen Temperaturen und Windgeschwindigkeiten, sowie bei intensiver Sonneneinstrahlung und Wolkenfreiheit.
- Mit zunehmender Andauer der meteorologischen Dürre sind weitere Folgen zu erwarten. Bleibt der Regen zur Vegetationszeit zu lange aus, kommt es zur landwirtschaftlichen und hydrologischen Dürre.

## Wie wird meteorologische Dürre quantifiziert?

### Eigenschaften meteorologischer Dürre

Wichtige Charakteristika sind die räumliche Ausdehnung, der Zeitpunkt des Auftretens, die Dauer und die Schwere einer meteorologischen Dürre.



### Dürreindizes

Diese können mit verschiedenen Indizes erfasst werden, die z.B. aus Niederschlags- und Temperaturdaten berechnet werden. Zur besseren Vergleichbarkeit beschreiben sie die Abweichung der Kenngrößen eines untersuchten Zeitraums vom „Normalzustand“ in der gleichen Region.

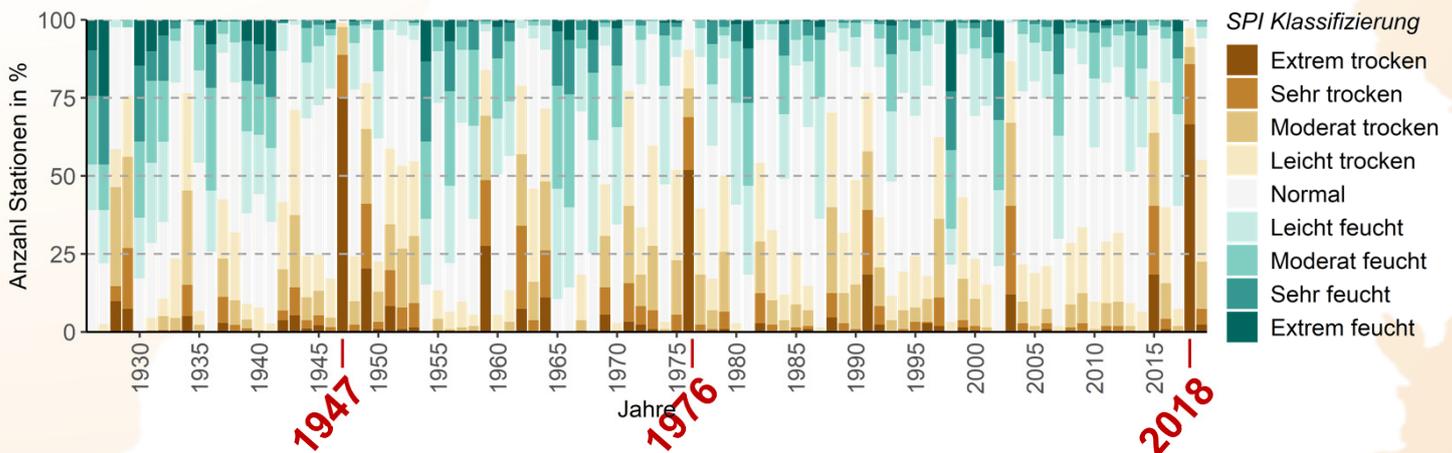
Zu den am häufigsten verwendeten Indizes gehören Niederschlagsanomalien und der Standardisierte Niederschlagsindex (SPI). Beide beruhen jedoch nur auf Niederschlagsdaten. Für den standardisierten Niederschlags- und Evapotranspirationsindex (SPEI) wird zusätzlich die Lufttemperatur verwendet, um die potentielle Evapotranspiration abzuschätzen. Der SPEI bewertet also die klimatische Wasserbilanz.

## Meteorologische Dürren im langjährigen Vergleich

- Aktuelle meteorologische Dürren können anhand von stationsbasierten Niederschlagsdaten bewertet und mit vergangenen Dürreereignissen verglichen werden.
- Verschiedene Zeitskalen können hierbei von Interesse sein, z.B. Jahreszeiten oder wie in der Grafik unten der Zeitraum April bis Okt.
- In Deutschland traten in der Vergangenheit immer wieder extrem trockene Monate, Jahreszeiten oder Jahre auf, so z.B. **1947**, 1949, 1959, **1976**, 2003, 2015 und **2018**.
- Insbesondere trockene und gleichzeitig heiße Sommer wie 2018 und 2019 haben sichtbare Folgen auf die Umwelt.



Die Grafik zeigt Prozentanteile der ausgewählten Niederschlagsstationen für Deutschland, die leichte bis extreme Trockenheit anzeigen: als Index ist der SPI-7 für Oktober dargestellt, d.h. die Abweichung des über sieben Monate akkumulierten Niederschlagsdefizits von April-Okt verglichen mit dem Mittelwert der Referenzperiode 1951-2015



Meteorologische Dürre setzt sich als Defizit in der Bodenfeuchte fort (s. Factsheet "Landwirtschaftliche Dürre"). Zu den ersten sichtbaren negativen Folgen zählen die vorzeitige Laubverfärbung. Niedrigstände in Gewässern, Ernteschäden, Baum- und Waldschäden entwickeln sich später. Gute Weinmost- und Obsterträge zählen zu den wenigen positiven Effekten in Baden-Württemberg.



Eindrücke der Dürre 2018 und 2019 in Deutschland



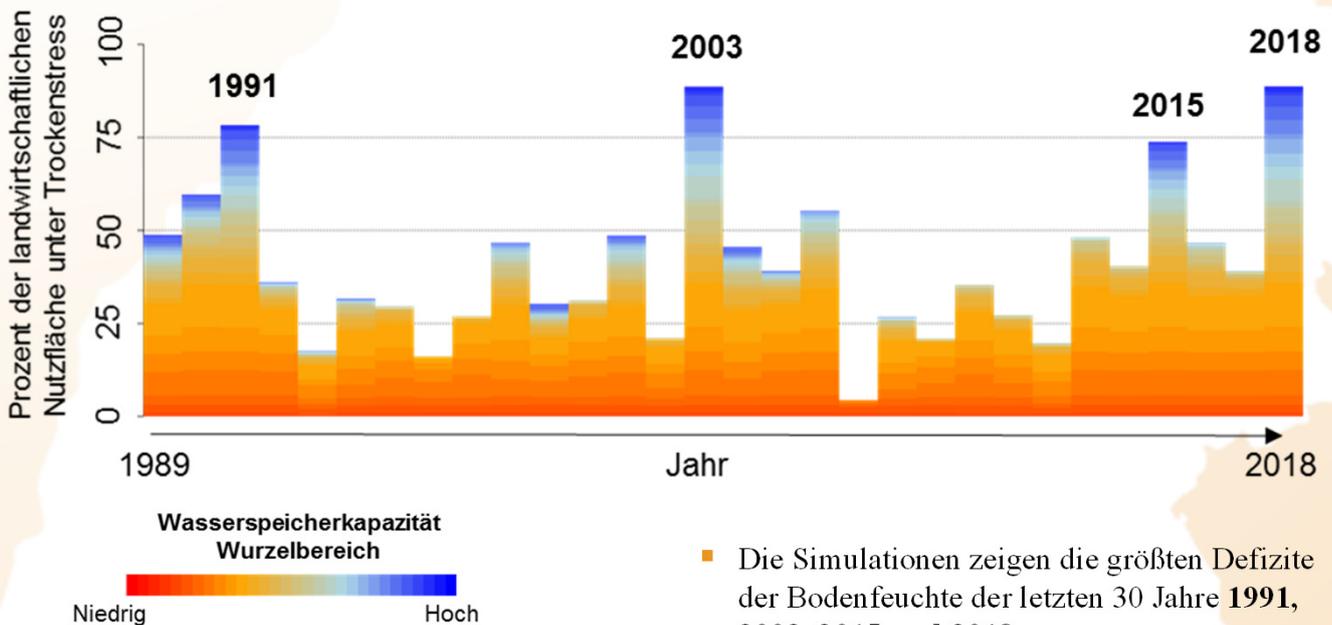
*Die Landwirtschaft wurde in der jüngsten Vergangenheit stark durch Dürreereignisse in Mitleidenschaft gezogen. In den Jahren 1991, 2003, 2015 und 2018 waren über 75% BWs von landwirtschaftlicher Dürre betroffen.*



Foto: Lucas Menzel

## Was ist landwirtschaftliche Dürre?

Die landwirtschaftliche Dürre zeichnet sich durch ein Bodenfeuchtedefizit aus, welche die komplexen Wechselwirkungen zwischen dem Wasser-, Energie- und Kohlenstoffkreislauf widerspiegelt. Für Agrar-ökosysteme ist die Menge des pflanzenverfügbaren Wassers im Boden besonders wichtig. Sie hängt neben meteorologischen Variablen z.B. von der Bodenart und dem Humusgehalt ab.

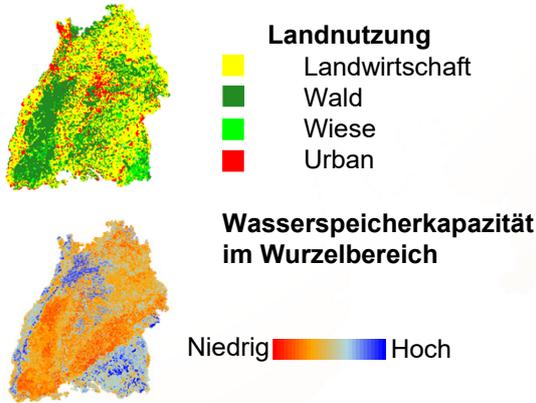


Etwa 45% der Fläche Baden-Württembergs wird landwirtschaftlich genutzt. Davon werden etwa 2% regelmäßig beregnet, der Rest erhält sein Wasser ausschließlich vom Niederschlag. Durch umfangreiche Simulationsstudien konnte das Projekt DRiEr zeigen, dass die Folgen von Dürrephasen auf die Landwirtschaft regional und zeitlich sehr unterschiedlich ausfallen können.

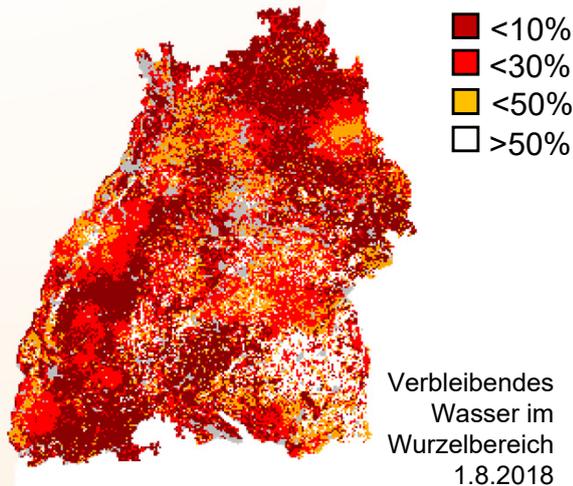
- Die Simulationen zeigen die größten Defizite der Bodenfeuchte der letzten 30 Jahre **1991, 2003, 2015 und 2018**.
- Auch die Andauer von Trockenstress, d.h. besonders hohe Bodenfeuchtedefizite, variierte. In einigen Regionen dauerte der Trockenstress bis zu fünf Monate lang. Im Trockenjahr **2018** lag der Mittelwert bei **91 Tagen**.
- Wo und wie schnell Trockenstress für Pflanzen auftritt ist u. a. von der **Wasserspeicherkapazität** der durchwurzelten **Bodenzone** abhängig.

## Simulationsexperiment: Trockenstress im Boden

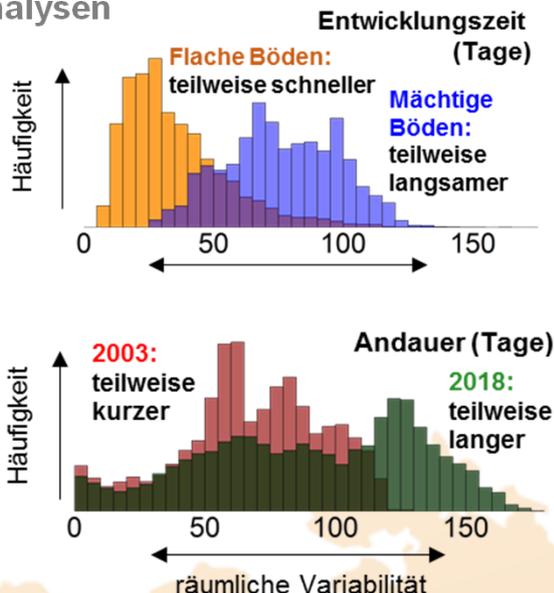
### (1) Eingabegrößen



### (2) Simulationen



### (3) Analysen



Es gibt kein flächendeckendes Monitoring der Bodenfeuchte in BW. Um zu verstehen, wie sich Meteorologische Dürre flächig auf die Entwicklung von Trockenstress in BW auswirkt, wurde in drei Schritten vorgegangen.

Messungen → Standörtliche Simulationen → Regionale Simulationen

#### Messungen am Standort

Für standörtliche Daten wurden Messungen der Bodenfeuchte auf Feldern unterschiedlicher Naturräume BWs in unterschiedlichen Bodentiefen durchgeführt. Die Standorte wurden bodenphysikalisch charakterisiert. Weiterhin wurden die Entwicklungsphasen der Feldfrüchte, u.a. die Bestandshöhen und die Bedeckungsgrade, aufgenommen.

#### Simulationen am Standort

Das Modell TRAIN berechnet aus meteorologischen Eingangsdaten die zeitliche Entwicklung der Bodenfeuchte an einem Standort. Das Modell wurde so weiterentwickelt, dass die Simulation der Bodenfeuchte im Vergleich zu den Messungen möglichst optimal ausfällt.

#### Regionale Simulationen

Mit Hilfe der standörtlichen Anwendung des angepassten Modell konnte auf Grundlage von Landnutzungs- und Bodeninformationen (1) sowie meteorologischen Tageswerten die Bodenfeuchte für BW auf täglicher Basis (2) simuliert werden. Somit lassen sich Entwicklungszeiten und Andauern von Bodenfeuchtedefiziten (3) in verschiedenen landwirtschaftlichen Regionen detailliert, z.B. für **flachgründige** oder **mächtige** Böden, analysieren. Ausgeprägte Dürrejahre landwirtschaftlicher Dürre waren **2003** und **2018**.

*Extreme Niedrigwasserereignisse haben negative Effekte auf die Ökosysteme der Fließgewässer und die Wassernutzungen. Seit 2015 traten in Baden-Württembergs Flüsse lange intensive Niedrigwasser-Perioden auf.*



Niedrigwasser an der Dreisam 2020  
(Foto: V. Blauhut).

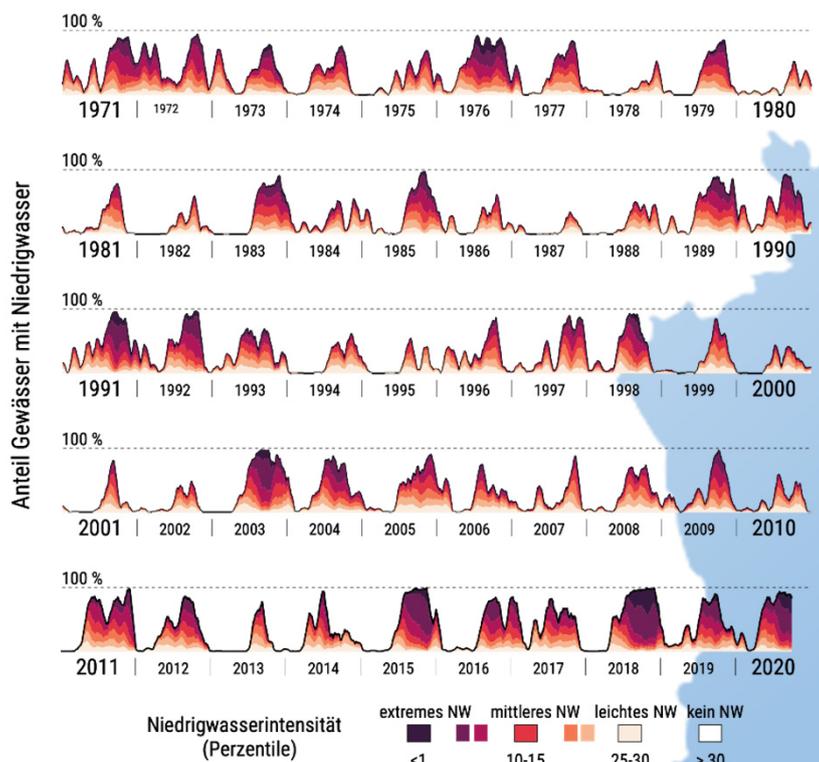
## Wie wird Niedrigwasser quantifiziert?

Der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) aus der vieljährigen Abflusszeitreihe dient häufig als Schwellenwert zur Identifikation von Niedrigwasser-Ereignissen. Oft werden auch geglättete 7-Tage Werte verwendet und damit die minimalen Abflüsse einzelner Jahre gemittelt (NM7Q). Die Kennwerte MNQ und NM7Q werden, wie auch Perzentile der saisonalen Verteilung der Abflusswerte, in Forschung und Praxis verwendet.

**Extreme NW-Perioden in Baden-Württemberg**  
1971-1973, 1976, 1989-1992,  
2003, 2015-2020

## Was ist eine hydrologische Dürre?

- Eine hydrologische Dürre geht mit extremem Niedrigwasser einher. Es wird durch ausbleibende Niederschläge verursacht und durch anhaltend geringe Bodenfeuchte intensiviert.
- Die Ausprägungen von Niedrigwasser (Auftreten, Intensität, Dauer) werden durch naturräumliche und hydrogeologische Gegebenheiten und Wassernutzungen gesteuert.
- Längere Trocken- und Hitzeperioden führten jedoch insbesondere in den letzten Jahren zu extremeren Niedrigwasserereignissen und langfristigen Folgen. Zwischen 2015 und 2020 fielen verschiedene Flüsse in Baden-Württemberg abschnittsweise immer wieder trocken.



Zwischen 2015 und 2020 traten vermehrt und regelmäßig NW-Ereignisse in Baden-Württemberg auf. Bei fehlender winterlicher Grundwasserneubildung kann es im Dürre-Folgejahr vermehrt zu Niedrigwasser-Ereignissen und damit zu anhaltender hydrologischer Dürre kommen.



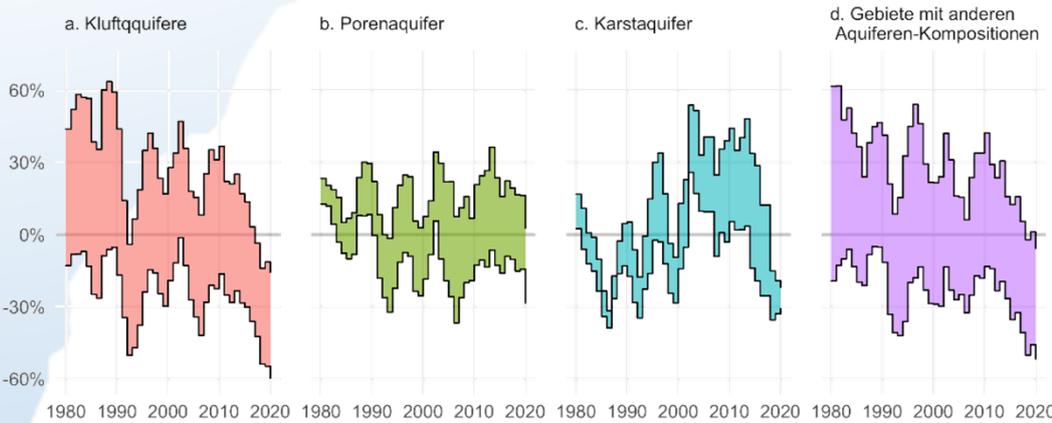
### Die Hydrogeologie beeinflusst die Niedrigwasser-Trends

Die NW-Intensität steigt, die Pegel erreichten in den letzten Jahren häufig nur 50% des langjährigen MNQ. Die Hydrogeologie hat darauf einen Einfluss. Niedrigwasser-Ereignisse sind in Einzugsgebieten mit ausgeglichenem Grundwasserzufluss aus Porengrundwasserleitern gedämpfter, im Vergleich zu Gewässern mit Kluftgrundwasserleitern. Hier ist die Speicherfähigkeit der Aquifere geringer und Niedrigwasser kann auch bei kürzeren Trockenperioden auftreten.

	2003	2018
Mittleres Datum des NW-Ereignisses	15. Sep	7. Okt
Abflussdauer unter MNQ	20%	35%
Extreme NW-Abflüsse (<Q <sub>99</sub> )	3%	12%
Abflusssumme (Aug-Okt) im Vergleich zu Normaljahr	54%	40%
50% der Pegel erstmals unter MNQ	5. Aug	14. Jul
50% der Pegel nach NW-Ereignis wieder > 2 x MNQ	4. Okt	3. Dez

Daten-Grundlage für die Analysen: Abfluss von 50 Pegeln der LUBW (1990-2020, teils 1970-2020) zur Berücksichtigung Variation der Einzugsgebiete in allen landesweiten Naturräumen.

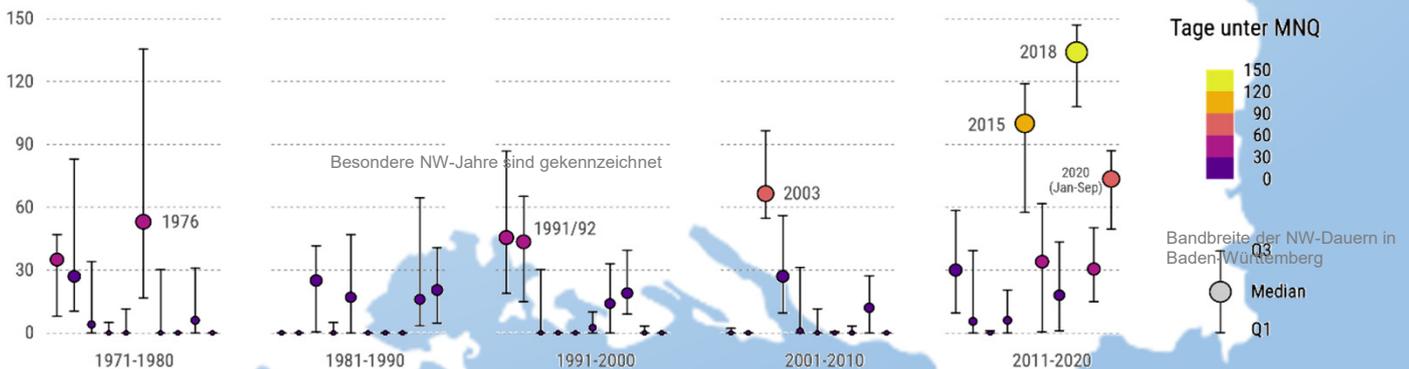
Die Grafiken zeigen die Bandbreite der Abweichungen jährlicher NM7Q-Werte vom Schwellenwert MNQ in den 50 Abflusszeitreihen.



Die Bänder berücksichtigen jeweils 80% der Einzugsgebiete (ohne die jeweils 10% extremsten Einzugsgebiete für verschiedene, typische Hydrogeologien in Baden-Württemberg (a-d).

### Die Andauer der NW-Ereignisse nimmt zu

Die mittlere Dauer der NW-Ereignisse unter dem Schwellenwert lag in den Jahren 2015, 2018 und 2020 häufig bei über 60 Tagen bis hin zu 150 Tagen. Längere Ereignisse haben weitreichende Folgen für die aquatischen Ökosysteme und die Wasserwirtschaft.



*Grundwasser ist eine unsichtbare, aber lebenswichtige Quelle für die öffentliche Wasserversorgung. Eine Grundwasserdürre unterscheidet sich deutlich von anderen Dürrearten. Sie entwickelt sich im Allgemeinen später als andere Dürrearten, kann aber wesentlich länger andauern.*



Grundwasser-  
messstelle.  
Foto: Lucas Menzel

## Was ist eine Grundwasserdürre?

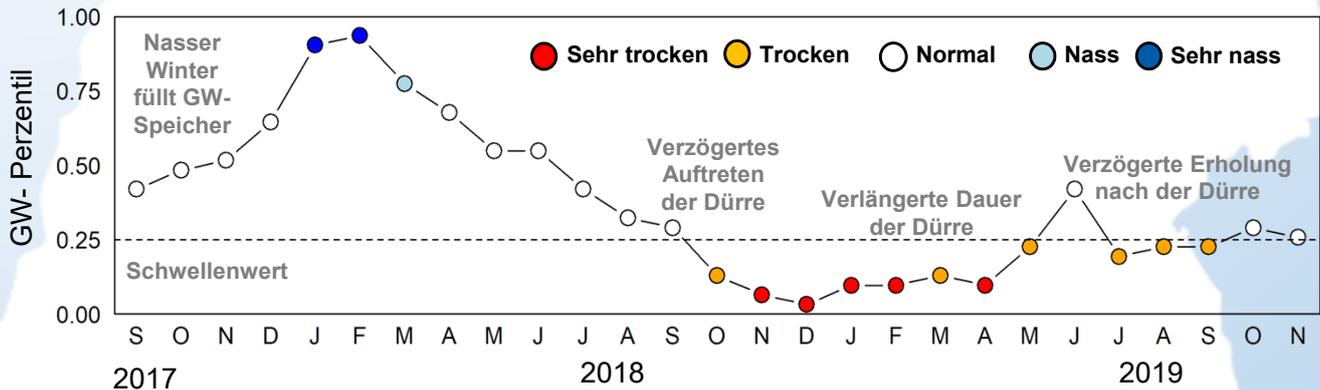
Nach lang anhaltender meteorologischer Dürre sinken die Grundwasserspiegel und damit die gespeicherten Grundwasserreserven. Eine Grundwasserdürre ist also eine Zeit mit deutlich unterdurchschnittlichen GW-Ständen. Die Trinkwasserversorgung in Baden-Württemberg (BW) beruht zu 75% auf Grundwasser (GW) und Quellwasser. Um GW-Dürren besser verstehen zu können, wurde im DRiER-Projekt untersucht, durch welche Einflüsse GW-Dürren entstehen, wie lange sie andauern und wie sie in Erscheinung treten.

## Charakteristiken von Grundwasserdürren in BW: Beispiel 2017-2019

### Meteorologische Lage

Herbst	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
--------	--------	----------	--------	--------	--------	----------	--------	--------

### GW-Verhalten als Reaktion

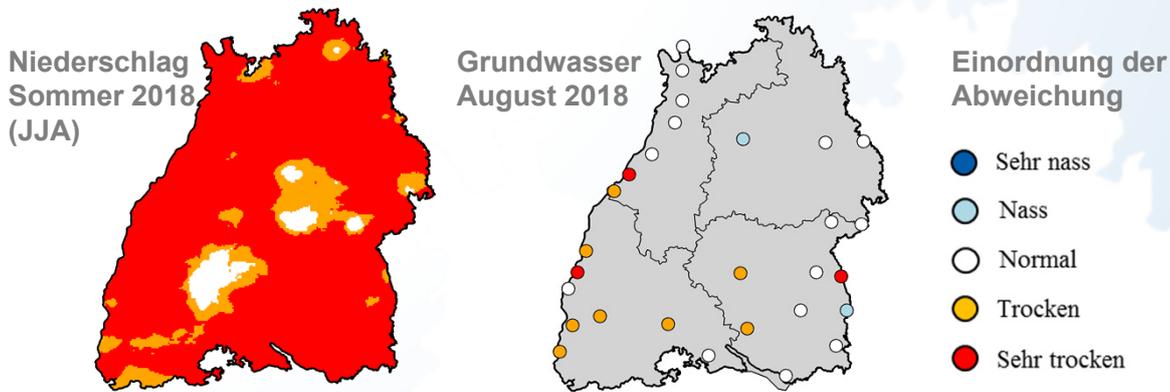


- GW-Dürren werden oft durch **Schwellenwerte** definiert, beispielsweise als Unterschreiten der GW-Stände eines Monats unter das 25. Perzentil. Das bedeutet, dass 75% der Monate früherer Jahre höhere GW-Stände hatten.
- GW-Dürren treten **zeitlich verzögert** zum Niederschlagsdefizit auf. Diese Verzögerung ist besonders durch die regionale Hydrogeologie bestimmt.
- GW-Dürren **halten länger an**. Diese Persistenz wird durch das verhältnismäßig träge Grundwassersystem verursacht.
- Prägend für die GW-Neubildung ist in BW der Niederschlag im Winterhalbjahr. Ein trockener Herbst und Winter erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer GW-Dürre im folgenden Sommer und **verzögern die Erholung** nach der Dürre.

*Schwerwiegende GW-Dürren können räumlich heterogen ausgesprägt sein und treten nicht zwangsläufig mit den bekanntesten meteorologischen Dürreereignissen auf.*



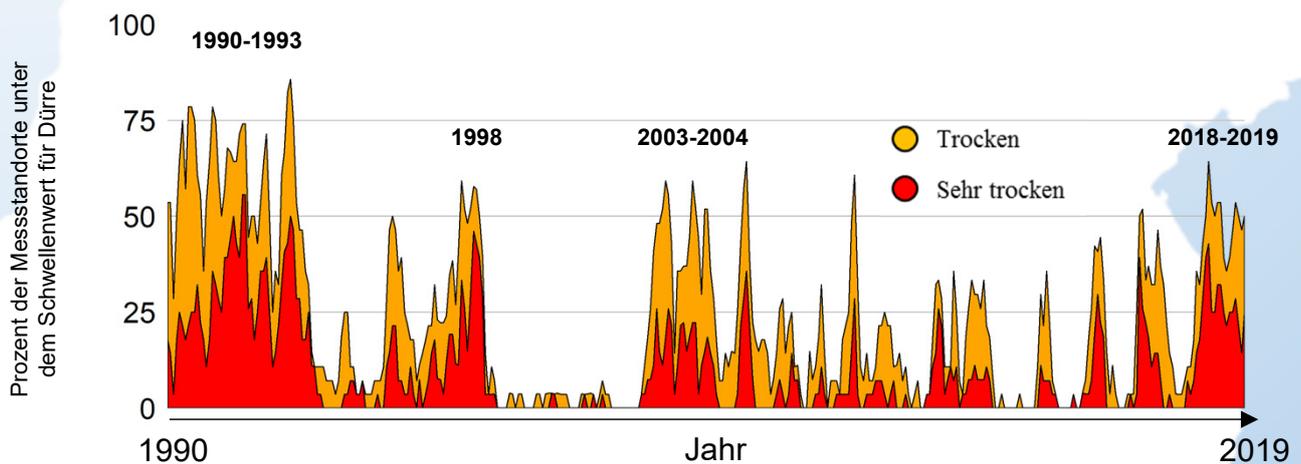
### Räumliche Heterogenität bei Grundwasserdürre



Eine Vielzahl von Faktoren, einschließlich Klima, Bodeneigenschaften und Geologie, beeinflusst die Höhe der Grundwasserneubildung und die Ergiebigkeit der Grundwasserspeicher. Daher können die Bedingungen für Grundwasserdürren, unabhängig vom ursächlichen Niederschlagsdefizit, räumlich und zeitlich sehr heterogen sein.

Beispielsweise lagen die Niederschläge im Sommer 2018 in Baden-Württemberg weit unter dem Durchschnitt, die Grundwasserstände zeigten jedoch eine wesentlich höhere Variation. Während in Südbaden bereits trockene bis sehr trockene Verhältnisse auftraten, herrschten im nördlichen und östlichen BW größtenteils noch normale Zustände.

### Schwerwiegende Ereignisse von Grundwasserdürre



Schwerwiegende GW-Dürren fallen nicht zwangsläufig mit den bekanntesten Dürreereignissen, wie z.B. der Jahre 2003 und 2018, zusammen. Sie entwickeln sich häufig schleichend, besonders nach den sichtbaren Dürrejahren (z.B. 2004 & 2019).

Auffällig ist auch der Zeitraum Anfang der 1990er Jahre. Während einer Periode von langer mehrjähriger moderater Trockenheit entwickelten sich extrem niedrige Grundwasserstände, die sich erst nach einer sehr feuchten Periode wieder normalisierten.

*Die Folgen von Dürre in Baden Württemberg betreffen ein breites Spektrum an Handlungsfeldern. Daten des „European Drought Impact Report Inventory“ (EDII) machen die Vielfalt sichtbar. In BW dominieren hydrologisch bedingte Folgen.*

## Von Dürre betroffene Handlungsfelder



- Land- & Viehwirtschaft
- Forstwirtschaft
- Aquakulturen und Fischerei
- Energie & Industrie
- Schifffahrt
- Tourismus und Naherholung
- Öffentliche Wasserversorgung
- Wasserqualität
- Aquatische Ökosysteme
- Terrestrische Ökosysteme
- Bodensystem
- Wald- & Flächenbrände
- Luftqualität
- Gesundheit & Sicherheit
- Konflikte

## Welche Folgen hat Dürre?

Dürre ist eine unregelmäßig auftretende Naturgefahr, die sich langanhaltend über große Gebiete erstrecken kann. Abhängig von der Schwere der Dürre sowie regionalen Besonderheiten (z.B. Landnutzung, Wassernutzung) können eine Vielzahl von direkten und indirekten negativen Folgen für Gesellschaft und Umwelt auftreten. Die Folgen gehen dabei weit über den oft mit Dürre assoziierten Sektor, der Landwirtschaft, hinaus. Dem EDII folgend wurden in DRiER 15 Handlungsfelder mit über 105 klassifizierbaren Folgen definiert.

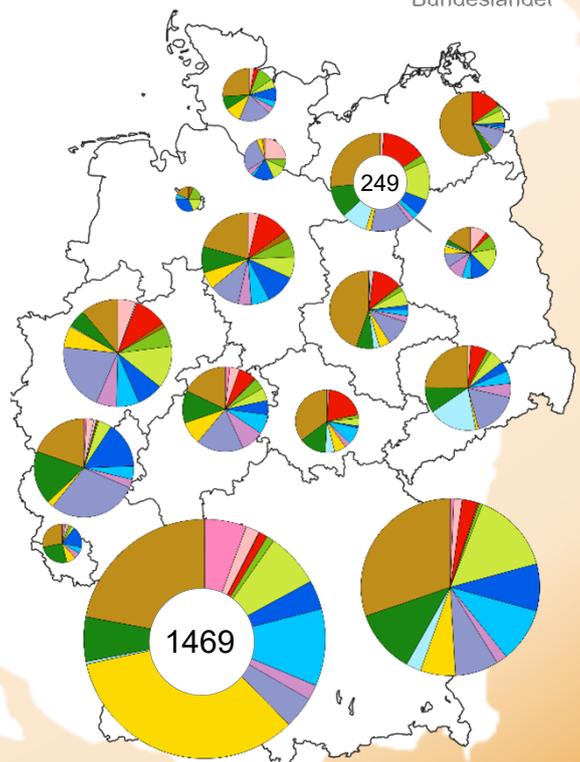
## Eine Datenbank kategorisierter Dürrefolgen

Das EDII ist eine europaweite Datenbank zur Sammlung und Klassifizierung von Berichten über Folgen von Dürre. Ziel ist es, aus Begebenheiten der Vergangenheit für ein zukünftiges Dürremanagement zu lernen und auf Basis der Daten Indizes zum Monitoring und zur Bestimmung des Risikos zu entwickeln.

Ein Großteil an Informationen stammt aus den Medien sowie aus behördlichen Berichten. Diese werden räumlich zugeordnet. Anhand eines Beschreibungstextes wird jeder Bericht einem bestimmten Handlungsfeld und darin verschiedenen konkreten Folgen zugewiesen.

Für Deutschland zeigt sich eine unterschiedliche Zusammensetzung der betroffenen Handlungsfelder. Während in Norddeutschland insbesondere Landwirtschaft und Forstwirtschaft betroffen waren, wurden in Süddeutschland auch häufig Folgen für die Wasserkraft und Wasserversorgung berichtet. BW war in allen Handlungsfeldern schon von Dürre betroffen.

Die Karte zeigt die Verteilung von Wirkungsberichten des EDII in Deutschland über die Handlungsfelder und Bundesländer



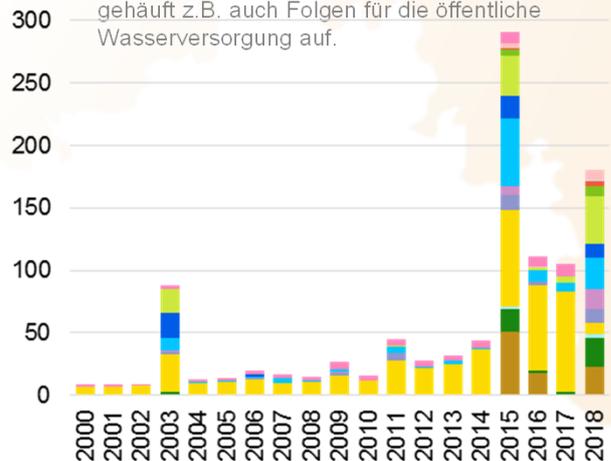
*Eine Vielzahl an Handlungsfeldern ist in BW durch Dürre betroffen. Seit 2000 häufen sich Berichte. Daten und Wissen über Dürrefolgen sind die Grundlage für eine Risikoabschätzung.*



### Trend: Dürrefolgen nehmen zu

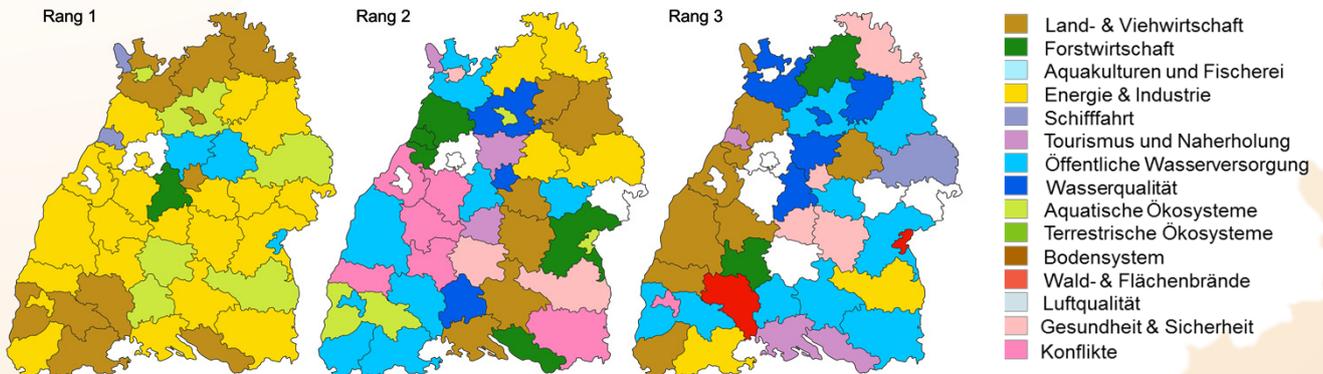
In den Aufzeichnungen seit dem Jahr 2000 zeigt sich insbesondere seit 2015 eine Häufung berichteter Folgen von Dürre. Ein genereller Trend ist sicherlich der gesteigerten Berichterstattung durch Online-Medien zuzuschreiben. Aber auch die Dürreereignisse 2003, 2006 und 2011 zeichnen sich deutlich ab. Es zeigt sich auch, dass ein Dürreereignis spezifische Handlungsfelder betreffen kann. So wurden 2011 insbesondere hydrologisch bedingte Folgen berichtet, 2015 hingegen über das gesamte Spektrum.

Die Grafik zeigt die Anzahl an kategorisierten Folgen über die Zeit in BW. In den Jahren 2003, 2015 und 2018 traten besonders gehäuft z.B. auch Folgen für die öffentliche Wasserversorgung auf.



### Häufigkeit von Dürrefolgen

Die Grafik zeigt die Häufigkeit von Dürrefolgen in den Landkreisen BWs: gezeigt sind Rang 1-3 der 15 Handlungsfelder.



Die Rangfolge summierter Auswirkungen verdeutlicht die Verwundbarkeit von BW in den verschiedenen Handlungsfeldern. Demnach ist insbesondere die Energiegewinnung durch Wasserkraft, die Landwirtschaft sowie die Öffentliche Wasserversorgung betroffen. Weiterhin macht die Datenbank auch regionale Effekte auf aquatische Ökosysteme, die öffentliche Sicherheit und Gesundheit, aber auch Nutzungskonflikte sichtbar. Letztere handeln beispielsweise von konkurrierenden Wasserbezügen und illegalen Wasserentnahmen.

Eine Vielzahl von Handlungsfeldern ist in BW durch Dürre betroffen. In Erwartung zukünftig häufigerer und intensiverer Dürren ist davon auszugehen, dass diese Folgen zunehmen werden.

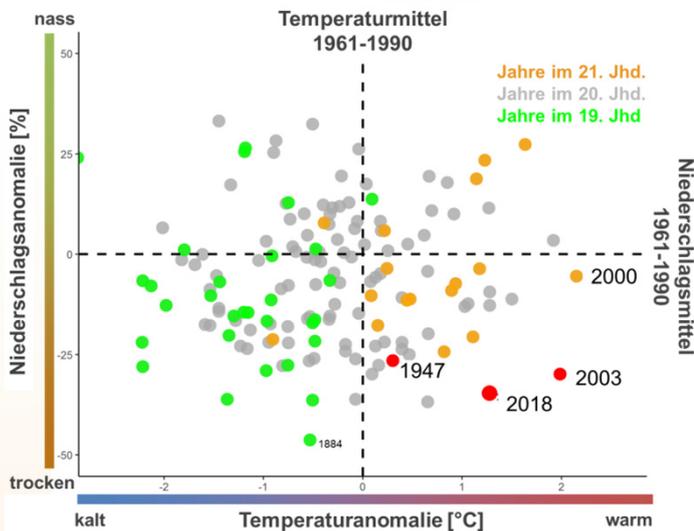
Zum Umgang mit Dürre empfiehlt sich deshalb die Umsetzung eines vorausschauenden Dürremanagements. Im Vordergrund muss dabei neben dem Monitoring des Wasserhaushalts auch die Überwachung der Dürrefolgen für eine Risikoanalyse möglicher Folgen stehen.

*Die geringen Niederschläge im Jahr 2018 erzeugten in Baden-Württemberg eine Dürre. Doch wie außergewöhnlich war diese Dürre? Traten in der Vergangenheit bereits ähnlich niederschlagsarme Jahre auf?*



## Die Dürre 2018 im Vergleich

Die Grafik zeigt für den Zeitraum 1870 bis 2018 die jährlichen Lufttemperatur und Niederschlagsmenge in Freiburg als Abweichung (Anomalie) vom Mittelwert der Periode 1961-90.

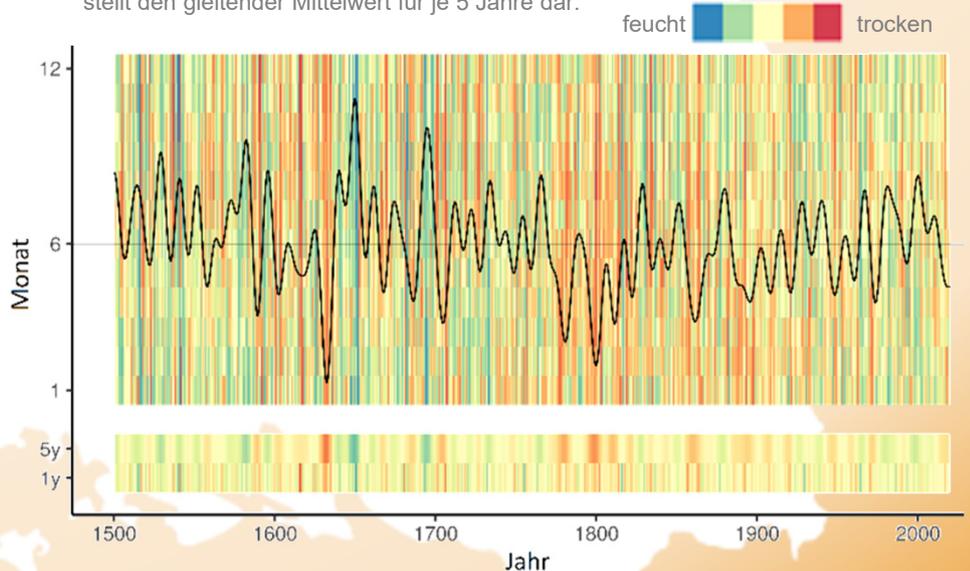


Das Dürrejahr 2018 machte deutlich, wie stark und vielfältig Baden-Württemberg von extremen Dürren, Hitzewellen, Rekordtemperaturen und Niedrigwasser betroffen sein kann. Anhand **instrumenteller Messungen** von Niederschlag und Temperatur können ähnliche Ereignisse der letzten **200 Jahre** bewertet werden. Die Anomalie des Niederschlags wurde noch weitere fünf mal erreicht. Die Besonderheit der Dürre von 2018 ist jedoch die Kombination als gleichzeitig eines der zehn wärmsten Jahre.

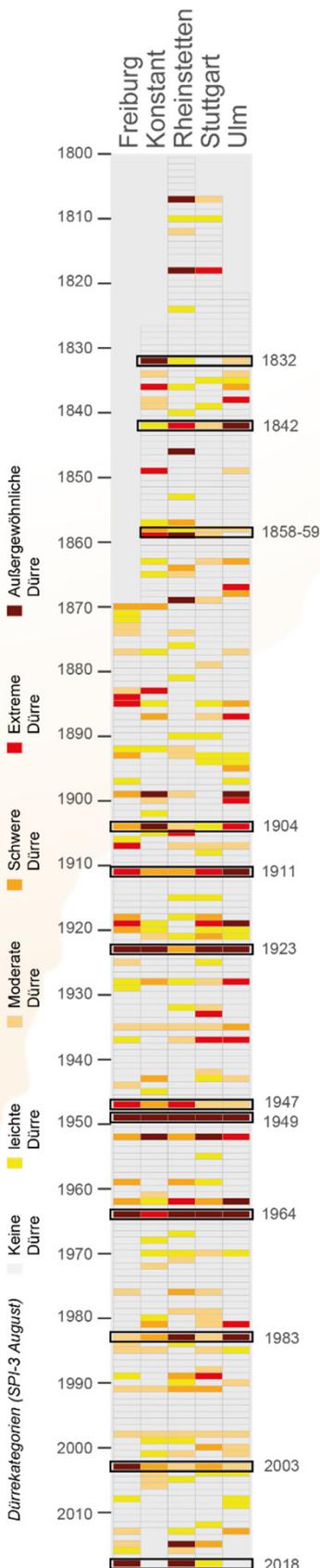
Seit Beginn des 21. Jahrhunderts treten Jahre mit überdurchschnittlich hohen Jahresmitteltemperaturen besonders häufig auf. Hohe Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, intensive Sonneneinstrahlung und Wolkenfreiheit können einen erhöhten Verdunstungsanspruch der Atmosphäre verursachen und somit ein Niederschlagsdefizit noch verschärfen. Damit stellen diese Kombinationen eine besondere Herausforderung dar.

Einen Blick in die weitere Vergangenheit der letzten **500 Jahre** erlauben **Chroniken, Wettertagebücher, Flugschriften und Zeitungen**. Die Datenbank [tambora.org](http://tambora.org) sammelt solche Quellen. Aus ihnen lässt sich die Entwicklung von trockenen und feuchten Monaten und Jahren rekonstruieren. Schwankungen lagen zum Teil höher als in der jüngeren Vergangenheit.

Die Grafik zeigt überdurchschnittlich feuchte und trockene Jahre in Deutschland seit 1500, dargestellt für jeden Monat. Die schwarze Linie stellt den gleitender Mittelwert für je 5 Jahre dar.



*Auch wenn sich klimatologische Niederschlagsdefizite ähneln, so waren die Wahrnehmungen und Deutungen sowie Folgen für die Gesellschaft und deren Anpassungsmöglichkeiten in Extremjahren sehr verschieden.*



Die Grafik links zeigt Niederschlagsanomalien der Sommer (Monate Juni bis August) von 1801 bis 2018 an verschiedenen Standorten in Baden-Württemberg (Index: Standardisierte Niederschlagsindex SPI-3 August). Je röter desto weniger Niederschlag ist in dem entsprechenden Sommer im Vergleich zum durchschnittlich gefallen Niederschlag der Sommer 1870-2010 gefallen.

## Dürren und ihre gesellschaftlichen Folgen

Das extreme **Dürrejahr 1540** spiegelt modellhaft die Situation agrarfeudaler Gesellschaften wieder: Dürren führten zu Ernteaussfällen, Preissteigerungen, verbreitet zu Bränden und schließlich zu Hunger- und Gesellschaftskrisen. Als „Schuldige“ werden Mordbrenner verfolgt, vermeintliche Brandstifter, die grausam hingerichtet wurden.



Nach den Umbrüchen seit Anfang des **19. Jhd.** führten Dürrejahre über die gleichen Kaskadeneffekte verstärkt zu Auswanderungswellen. Verbesserte Technik der Wasserbereitstellung, Hygienemaßnahmen und neue Unterstützungs- und Kommunikationssysteme verbesserten die Resilienz.

Im **20. Jhd.** stellen Dürren nach den beiden Weltkriegen besondere Herausforderungen dar: Der „**Steppe-sommer**“ **1947** führte nicht zuletzt wegen des vorausgegangenen extrem kalten „Hungerwinters“ und den spezifischen Umständen der Nachkriegszeit zu besonders starken Belastung wie Verknappung von Trinkwasser und Nahrungsmitteln, oder Stromsperren infolge von Niedrigwasser.



Diese Facetten spielen bei heutigen Dürre-Ereignissen in Baden-Württemberg keine Rolle mehr. Die jüngsten Ereignisse wie **2018** waren geprägt von Fragen nach Agrarsubventionen und staatlicher Unterstützung von Waldbesitzer\*innen. So gesehen sind Dürren über die Jahrhunderte auch Spiegelbilder der Gesellschaft.



Bildquellen (v.o.): Migration: European Geosciences Union; Stromsperre 1947: Bundesarchiv; Dreisam 2018: N. Riach)

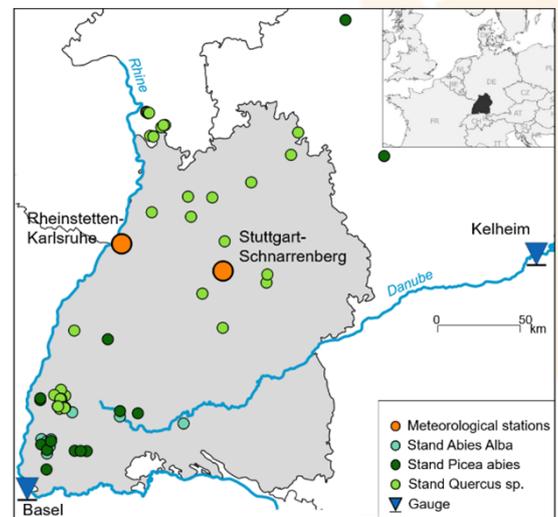
*Durch die Zusammenschau verschiedener Dürreindizes konnten seit 1801 in Baden-Württemberg 20 extreme Dürreereignisse identifiziert werden*

## Dürre in der Vergangenheit: vier Perspektiven

Dürren sind multidimensionale Naturgefahren, welche in Anbetracht der Phase und Schwere im hydrologischen Kreislauf unterschiedliche Folgen auf die sozio-ökonomischen und ökologischen Systeme haben. Sie umfassend zu verstehen bedarf einer Betrachtung aus allen Blickwinkeln des hydrologischen Kreislaufs. Um weiterhin eine Einordnung aktueller Ereignisse vornehmen zu können, müssen Informationen möglichst weit zurückreichen.

Für diese Studie wurden dafür über 200 Jahre an Informationen aus Baden-Württemberg zusammengetragen und ausgewertet. Hierzu wurden vier Perspektiven, respektive Informationen, über Dürreotypen und Dürrefolgen analysiert:

Verwendete Messstationen, Pegel und Standorte



## Dürreinformationen & Dürre Indizes



**Meteorologische Dürre:**  
Monatliche Temperaturen & Niederschläge (Factsheet 2)

SPI, SPEI



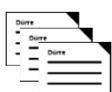
**Hydrologische Dürre:**  
Täglicher, durchschnittlicher Abfluss (Factsheet 4)

Abfluss-  
Perzentile



**Vegetations-Dürre (Forst):**  
Baumringwachstumsraten für Eiche, Tanne, Fichte

Baumring-  
Index



**Dürrefolgen:**  
Dürrefolgenberichte aus tabora und EDII (Factsheet 6)

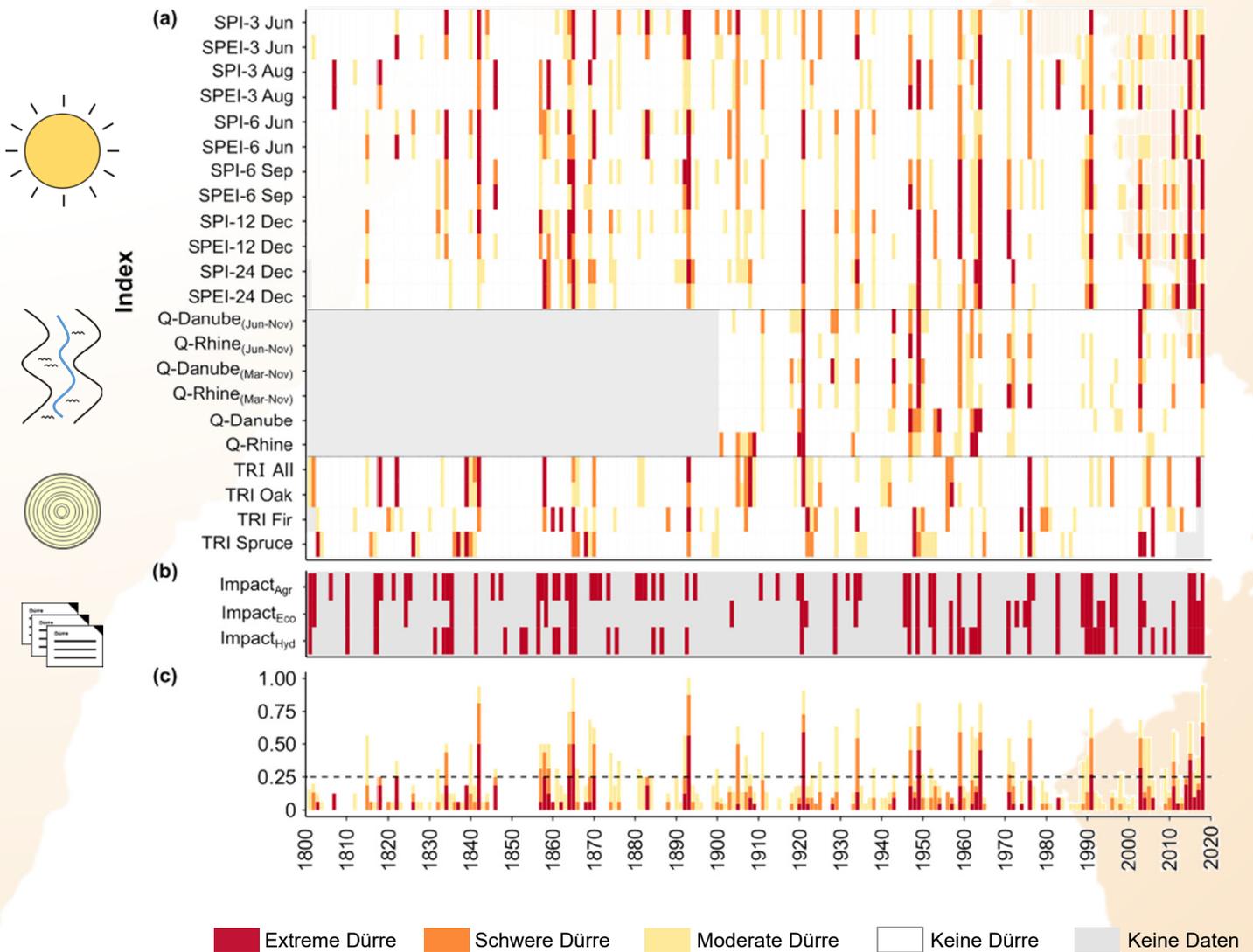
Folgen für:  
Landwirtschaft  
Ökologie und  
Hydrologische  
Systeme

Der Dürrekatalog beruht auf Informationen zur Charakterisierung der hydro-meteorologischen Situation, andererseits auf Dürrefolgeninformationen der Vegetation sowie Gesellschaft. Auf diesen Daten basierend wurden Dürreindizes berechnet, welche verschiedene Zustände der Dürreschwere klassifizieren. Die Zusammenschau der Indizes ermöglicht den Vergleich vergangener Dürreereignisse aus verschiedenen Perspektiven, sowie die Generierung eines Dürrekataloges übereinstimmender Ereignisse.



## Der Dürrekatalog Baden-Württembergs

Die Grafik zeigt jährliche Zeitreihen des Auftretens von Dürre in Südwestdeutschland in a) verschiedenen standardisierten Dürreindizes für meteorologische Dürre (SPI, SPEI), hydrologische Dürre (Q) und Baumringe (TRI), und in b) Berichten über Dürrefolgen (Impact), sowie in c) einem kombinierten Dürreindex dem jährlichen Anteil an Einzel-Indizes mit Dürre.



Anhand des Dürrekataloges konnten 20 extreme Dürreereignisse der vergangenen 200 Jahre aufgezeigt werden. Dabei wurden die Jahre zwischen 1857 und 1870 und zwischen 2003 und 2018 als besonders trockene Zeiträume identifiziert, die zu Folgen in vielen Handlungsfeldern führten.

Die kombinierte Verwendung von langen Datenreihen zur Identifizierung von Dürreereignissen resultierte in einem umfassenden Abbild der Vergangenheit und in einer neuen Einordnung aktueller Ereignisse. Die Ergebnisse zeigen, dass auch in BW die Gefahr mehrjähriger Dürreepisoden besteht.

# Dürre im Grünland

*Artenreiche Mähwiesen und deren Ökosystemleistungen zeigen sich relativ stabil gegenüber Dürre* 

Mähwiesen zeichnen sich durch eine besonders hohe Vielfalt an Pflanzenarten aus. Baden-Württemberg beherbergt deutschlandweit mit die artenreichsten Wiesen und hat somit eine besondere Bedeutung für den Schutz der Biodiversität.

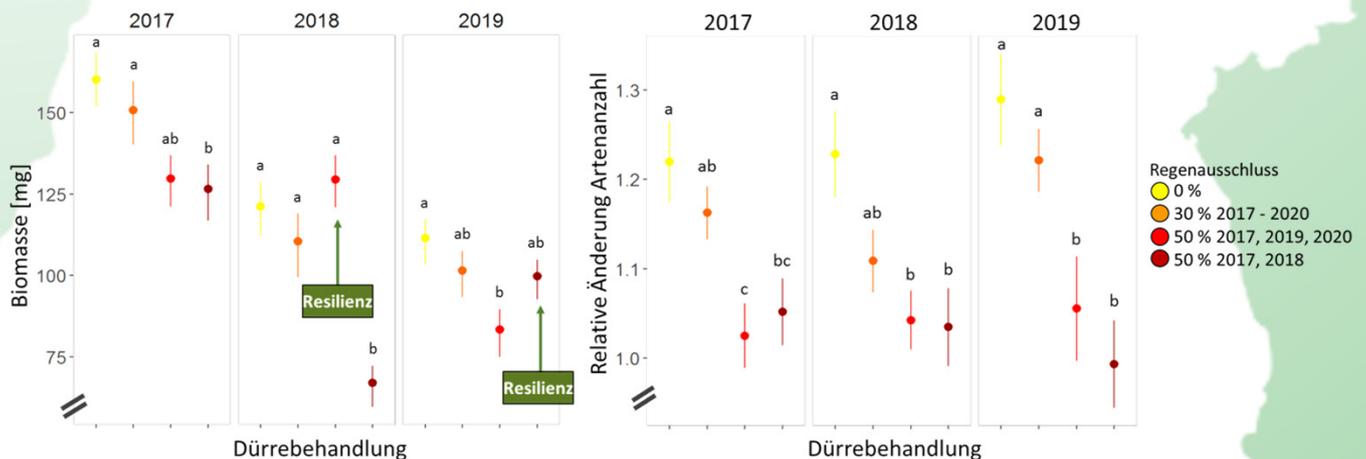
DRIeR untersuchte mit Feldexperimenten, wie künstlich erzeugte Dürre die Artenvielfalt und Produktivität von Mähwiesen beeinflusst (Resistenz) und wie schnell sich die Wiesen nach Dürre erholen (Resilienz). Dafür wurden verschiedene Standorte mit Trockendächern ausgestattet und regelmäßig beprobt.

Die Bilder zeigen den experimentellen Aufbau, Intensitäten und Zeitdauern der Dürreexperimente. Vier Mähwiesen wurden mit jeweils zwei Replikaten pro Intensität und Dauer beprobt. 2016 wurde der Ausgangszustand aller Mähwiesen erhoben.



## Änderungen in der Produktivität und Artenzahl bei Dürre

Die Grafik zeigt links: Mittelwert  $\pm$  Standardfehler der Biomasse, rechts: Mittelwert  $\pm$  Standardfehler der relativen Änderung der Artenzahl im Vergleich zum Ausgangszustand in 2016. Das statistische Modell (LMM) ergab jeweils eine signifikante Interaktion zwischen Jahr und der Dürrebehandlung. Unterschiedliche Buchstaben zeigen statistisch signifikante paarweise Unterschiede an.



Produktivität und Artenvielfalt in Mähwiesen werden sehr schnell und sichtbar unter Dürre reduziert (nicht resistent). Die Produktivität erholt sich jedoch schnell (resilient), wenn auf ein Dürrejahr ein normales Jahr folgt.

Die Artenzahl erholt sich nicht (nicht resilient), verschlechtert sich jedoch auch nicht bei längerer Dauer der Dürreperiode. Artenreiche Mähwiesen und deren Ökosystemleistungen zeigten sich also relativ stabil gegenüber Dürre.

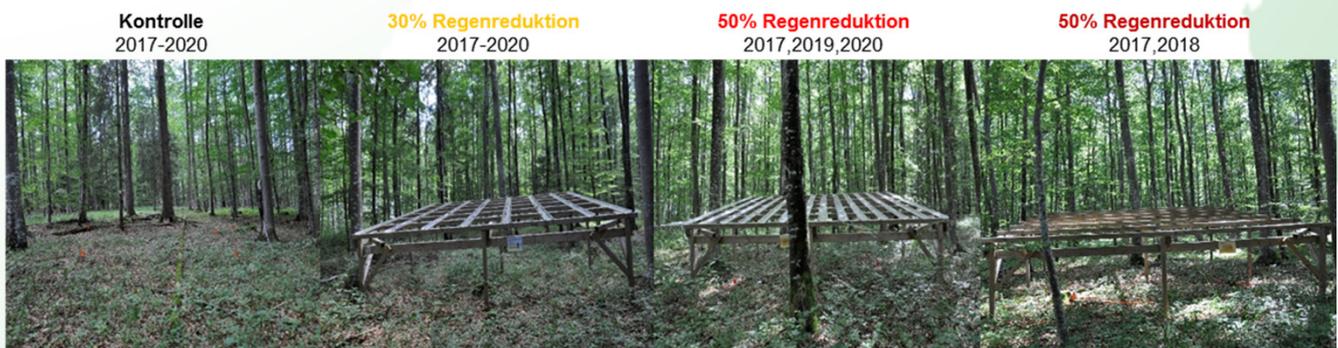
# Dürre im Unterwuchs des Waldes

*Der Unterwuchs im Wald und dessen Ökosystemleistungen sind sehr stabil gegenüber Dürre.*

Der Großteil der Artenvielfalt der Vegetation im Wald befindet sich im Unterwuchs. Die Zusammensetzung der Arten und die Produktivität des Unterwuchses spielt eine wichtige Rolle bei der Regeneration von Bäumen.

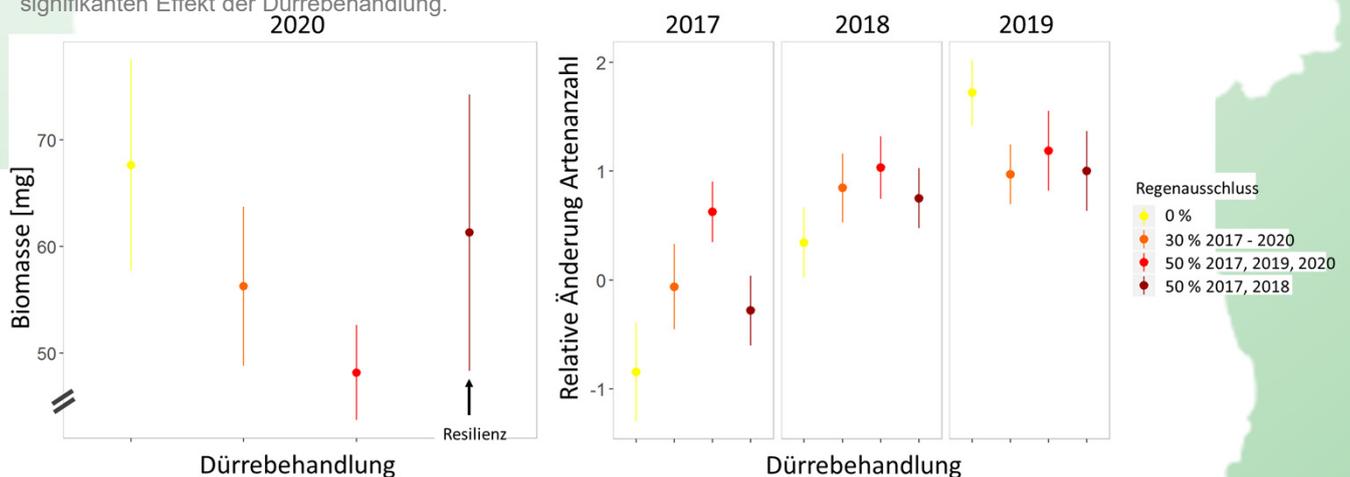
DRiER untersuchte mit Feldexperimenten, wie künstlich erzeugte Dürre die Artenvielfalt und Produktivität des Unterwuchses des Waldes beeinflusst (Resistenz). Dafür wurden verschiedene Waldstandorte mit Trockendächern ausgestattet und regelmäßig beprobt.

Die Bilder zeigen den experimenteller Aufbau, die Intensitäten und Zeitdauern der Experimente. Beprobt wurden vier Wälder mit jeweils zwei Replikaten pro Intensität und Dauer. Der Ausgangszustand des Unterwuchses wurde 2016 erhoben.



## Änderungen in der Produktivität und Artenanzahl bei Dürre

Die Grafik zeigt links: Mittelwert  $\pm$  Standardfehler der Biomasse, rechts: Mittelwert  $\pm$  Standardfehler der relativen Änderung der Artenanzahl im Vergleich zum Ausgangszustand in 2016. Das statistische Modell (LMM) ergab jeweils keinen signifikanten Effekt der Dürrebehandlung.



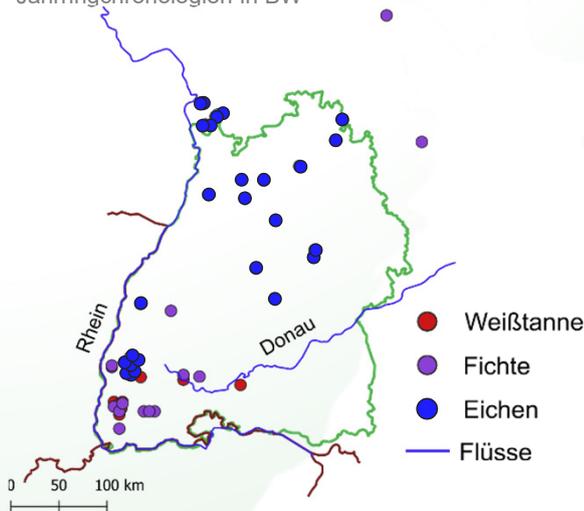
Die Artenvielfalt des Unterwuchses ändert sich nicht bei Dürre. Das Ergebnis ist unabhängig von der Intensität und Dauer der Dürre (resistent). Die Produktivität nimmt mit ansteigender Dürreintensität in unbedeutendem Maß ab (resistent) und erholt sich von dieser geringfügigen Abnahme wieder.

Die Resistenz könnte eine Folge von Wasserverteilung durch erwachsene Bäume sein, die sowohl außerhalb und innerhalb des Trockendaches wurzeln. Der Unterwuchs im Wald und dessen Ökosystemleistungen zeigten sich also sehr stabil gegenüber Dürre.

# Wachstum von Bäumen bei Trockenheit

Die Baumringe aller untersuchten Baumarten zeigten in trockenen Jahren starke Wachstumsrückgänge! Die Jahre 1921, 1976 und 2003 zeigten landesweit besonders starke Dürrefolgen !

Die Karte zeigt die Standorte mit Jahrringchronologien in BW



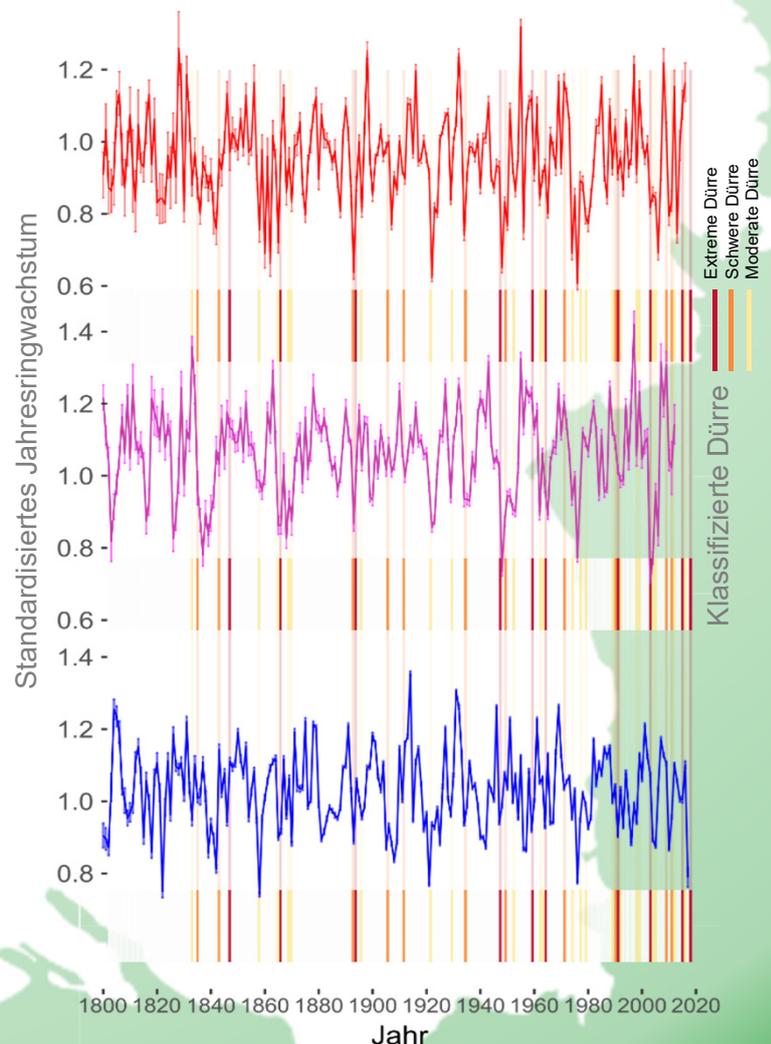
Für diese Studie wurden Jahrringe von **Eichen** (*Quercus robur* L. und *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), **Tannen** (*Abies alba* Mill.) und **Fichten** (*Picea abies* (L.) H. Karst.) von verschiedenen Standorten in Baden-Württemberg analysiert.

60% der Tannen (insgesamt 241) und Fichten (insgesamt 216) wiesen in extrem trockenen Jahren deutliche Wachstumsrückgänge auf. Im Durchschnitt ging ihr Wachstum in extrem trockenen Jahren um 21% im Vergleich zum Wachstum im Vorjahr zurück. 70% der 1632 Eichen aus der Region wiesen in extrem trockenen Jahren deutliche Wachstumsrückgänge auf. Im Durchschnitt wurde ihr Wachstum in extrem trockenen Jahren im Vergleich zum Wachstum im Vorjahr um 22% reduziert.

Dies zeigt, dass die Kohlenstoffsenkenfunktion der Wälder mit zunehmendem Trockenstress deutlich abnimmt.

## Wie reagiert das Wachstum von Bäumen auf Trockenheit?

Baumringe geben Aufschluss über die lokalen Wachstumsbedingungen, Dürren lassen sich diesen Baumringmustern klar zuweisen. Durch die Überlagerung von verschiedenen Baumringmustern einer Art in einem Bestand lassen sich Jahrringchronologien erstellen, welche als Proxy der früheren hydro-klimatischen Bedingungen dienen können. Die jährlichen Wachstumsverhältnisse der Bestände werden als standardisiertes Jahresringwachstum angegeben.



# Eichen im Einfluss von Grundwasserentnahme und Dürre

*Die Hälfte der Bäume in Beständen mit Grundwasserentnahme sind geschwächt oder zeigen Absterbeerscheinungen. Wasserentnahmen während Dürreperioden sollten zum Schutz des Waldes reguliert werden.* **!**

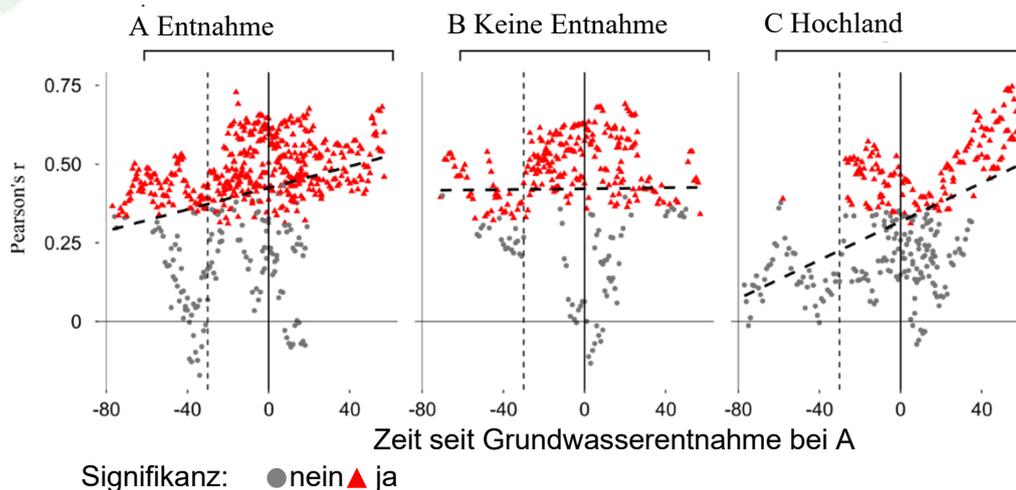
Die Entnahme von Grundwasser (GW) für Industrie, Haushalte und Landwirtschaft verringert die GW-Verfügbarkeit für angrenzende Waldökosysteme. Während Dürre sinkt dadurch die Wasserverfügbarkeit für den Wald zusätzlich. In DRiER wurden die Folgen auf die Vitalität GW-gespeicherter Waldökosysteme am Beispiel von Eichenwäldern im Oberrheintal untersucht. Dafür wurde das Jahrringwachstum von Eichenbäumen an drei verschiedenen Standorten im Detail analysiert.



Partielles Absterben der Kronen alter Eichen in Wäldern mit Grundwasserentnahme.

- A) Bestände mit dauerhafter GW-Absenkung durch GW-Entnahme (Entnahme)
- B) Bestände ohne GW-Entnahme (Keine Entnahme)
- C) Bestände ohne GW-Kontakt (Hochland)

Die Grafiken zeigen für die drei Standorte die zeitliche Entwicklung der Korrelationskoeffizienten zwischen dem SPEI 6 (Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index) der Sommermonate (Juni-August) und dem Jahrringwachstum der Eichen für jeweils rollende Zeitfenster von 30 Jahren. Eine Zunahme der Korrelationskoeffizienten zeigt eine Erhöhung der Sensitivität gegenüber Trockenheit an.



Die Sensitivität des Eichenwachstums gegenüber Sommerdürre nahm nach Beginn der GW-Entnahme an den betroffenen Standorten zu. Dort zeigten Eichen in Zeiten mäßiger und extrem niedriger Bodenwasserverfügbarkeit ein vermindertes Wachstum im Vergleich zu Beständen ohne GW-Entnahme.

Insbesondere verringerte die GW-Entnahme aber die Fähigkeit der Eichen, sich von der Dürre zu erholen. Die Ergebnisse legen daher nahe, dass die Wasserentnahme insbesondere in Dürreperioden reguliert werden sollte, um die Regenerierung und langfristige Gesundheit der Waldökosysteme zu gewährleisten.

# Das Dürrierisiko der Forstwirtschaft in Baden-Württemberg und Deutschland

*Dürre schadet dem Sektor Forstwirtschaft auf vielfältige Art und Weise. Wassermangel kann von reduziertem Wachstum bis zum Absterben von Bäumen führen. Dürre begünstigt auch den Befall durch Schädlinge.* !

Die Karte zeigt die Waldflächen in Deutschland im Jahr 2018



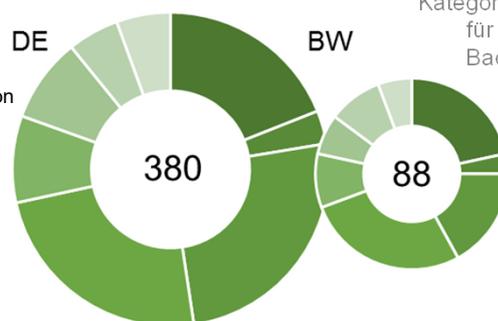
■ Laubwald ■ Mischwald ■ Nadelwald

Wald bedeckt über 30% der Gesamtfläche Deutschlands. Wälder haben eine große Bedeutung für die Umwelt aber auch für die Nutzung durch den Menschen. Dürre beeinflusst die Baumvitalität und Waldgesundheit. Sie kann z. B. zu einem Versagen der Wasserleitung im Baum, Verlust von Kohlenstoffreserven und dem Befall der Bäume durch Schädlinge und Pathogene führen. Um ein besseres Verständnis für die potentiellen Folgen durch Dürre zu erhalten, wurden in DRiER verschiedene Informationen und Daten zusammengetragen und auf einen Zusammenhang mit dem Verlauf von Dürreindizes analysiert.

## Berichtete Folgen von Dürre auf den Wald

- Reduziertes Baumwachstum und Vitalität
- Abnahme der jährlichen Erträge von „Nicht-Holzprodukten“ aus Wäldern (z.B. Kork, Pinienkerne, Pile, Beeren, usw.)
- Erhöhtes Auftreten von Wassermangelindikatoren und Symptomen von Trockenheitsschäden (z.B. vorzeitige Reifung, vorzeitige Entlaubung, verschlechterte Kronenverhältnisse, usw.)
- Erhöhung der Schädlings- und Krankheitsbefälle auf Bäume
- Erhöhtes Baumsterben
- Erhöhtes Absterben gepflanzter Sämlinge (in Baumschulen sowie aufgeforsteten Gebieten)
- ▨ Schäden an forstlichen Kurzumtriebsplantagen
- Sonstige
- Steigenden Kosten/ ökonomische Verluste

Anzahl von Wirkungsberichten im EDII Kategorie Forstwirtschaft für Deutschland und Baden-Württemberg



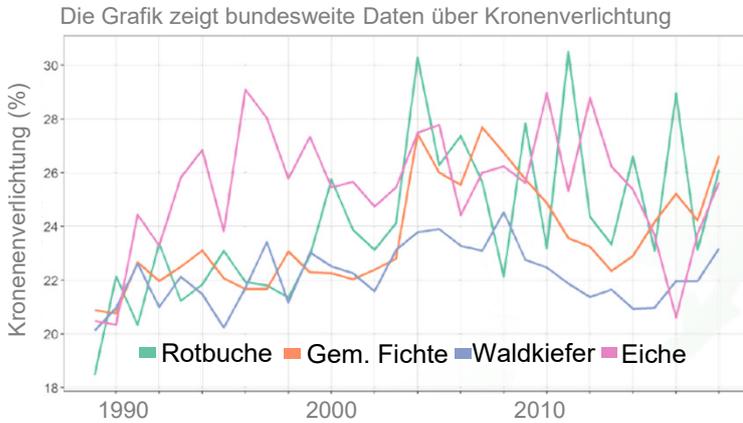
Das European Drought Impact Report Inventory (EDII) unterteilt die berichteten Folgen von Dürre im Forstsektor in neun Typen. Darüber hinaus gibt es aber noch weitere Kategorien für Folgen auf das Ökosystem Wald sowie Waldbrände. Die Zusammenschau der im EDII verzeichneten Wirkungsberichte zeigt eine Vielfalt von Folgen in der Vergangenheit.

Demnach wurden in Deutschland in fast 2/3 der Berichte von Wassermangelindikatoren, einem erhöhten Schädlings- und Krankheitsbefall, aber auch von reduziertem Baumwachstum und Vitalitätsverlust berichtet. Ein Abbild dieser Verteilung der Folgen zeigt sich ebenso in Baden-Württemberg. Besonders betroffen sind die Regionen des Schwarzwaldes.



## Fakten & Zahlen

## Kronenverlichtung bei Dürre



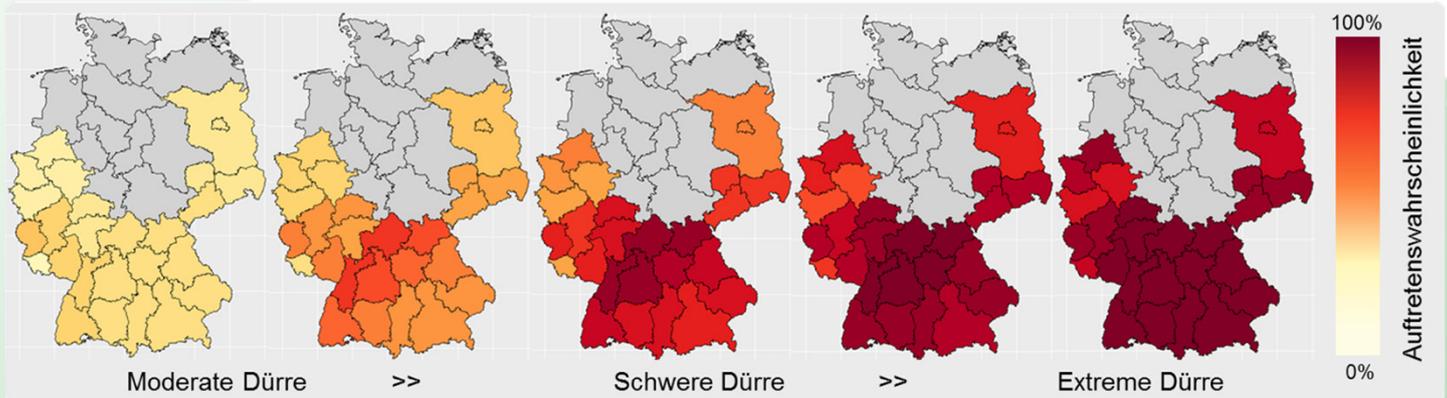
Der Grad der Kronenverlichtung ist ein Anzeiger der Waldgesundheit. Informationen hierzu werden jährlich durch das europäische Programm zur Überwachung der Waldgesundheit gewonnen. In Deutschland werden seit 1990 an 613 Standorten die vier Hauptbaumarten: **Gemeine Fichte** (26,3%), **Waldkiefer** (17,4%), **Rotbuche** (9,4%) und **Eichen** (9,4%) überwacht.

Eine deutschlandweite Zusammenfassung der einzelnen Baumarten zeigt einen Anstieg der Baumkronenverlichtung für Rotbuche und Gemeine Fichte seit 1990. DRIeR testete, ob diese Daten auch Dürrefolgen anzeigen.

Die Folgen der Dürrejahre 2003 und 2018 spiegeln sich bei der Kronenverlichtung aller Baumarten wieder. Dennoch reagiert jede Art anders. Beispielsweise betraf die Dürre 1996 besonders Eichen, 2011 vermehrt Rotbuche.

Es zeigte sich weiterhin, dass insbesondere das Alter des Bestands die Resistenz gegenüber Dürre beeinflusst. Somit sind die Daten schwierig zu interpretieren.

Die Karte zeigt von links nach rechts Szenarien einer zunehmenden Schwere der Dürre. Gezeigt ist das Ergebnis einer statistischen Modellierung des Dürreerisikos für die Forstwirtschaft in Deutschland als Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Folgen. Für die grauen Bereiche lagen entweder zu wenige Daten vor oder es konnte kein ausreichend gutes Modell angepasst werden.



Auf Grundlage der im EDII gesammelten Daten wurden statistische Risikomodelle entwickelt. Diese ermöglichen es, das Auftreten von Folgen bei verschiedenen Dürresituationen vorherzusagen (wo ein Modell erstellt werden konnte). Es zeigt sich, dass bereits bei moderater Dürre Schäden auftreten können. Mit fortschreitender Schwere steigt die Wahrscheinlichkeit u.a. im Norden Baden-Württembergs deutlich. Unter extremer Dürre ist ein Auftreten von Dürreschäden für den gesamten modellierten Raum sehr wahrscheinlich.

Wald und Forstwirtschaft werden durch Dürre von einer Vielzahl von Schäden betroffen. Das Auftreten ist abhängig von der Baumart, Standortfaktoren und der Lage in Deutschland.

Nachweislich sind ab einer gewissen Schwere von Dürre alle Gebiete sowie Baumarten in Deutschland betroffen. Deshalb ist es wichtig, auch den Einfluss von Dürren beim langfristigen Waldumbau dieses Ökosystems mit langlebigen Bäumen zu berücksichtigen.

# Dürre verursacht Nitrat-Anstieg im Grundwasser

*Ein Anstieg von Nitrat im Grundwasser in Folge von Dürren tritt in nahezu allen Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg auf. Dabei zeigen Quellen diesen Anstieg schneller, Brunnen in landwirtschaftlichen Regionen aber deutlicher.*



## Warum gibt es Nitratpulse im Grundwasser nach der Dürre?

Bei Dürre ist der Stickstoffumsatz aufgrund von geringer Bodenfeuchte gehemmt. Verschiedene Stickstoffkomponenten reichern sich dann in der ungesättigten Zone an. Bei Wiederbefeuchtung am Ende der Dürre werden diese Stickstoffvorräte vermehrt mineralisiert und gelangen in Form von mobilem Nitrat mit perkolierendem Wasser ins Grundwasser.

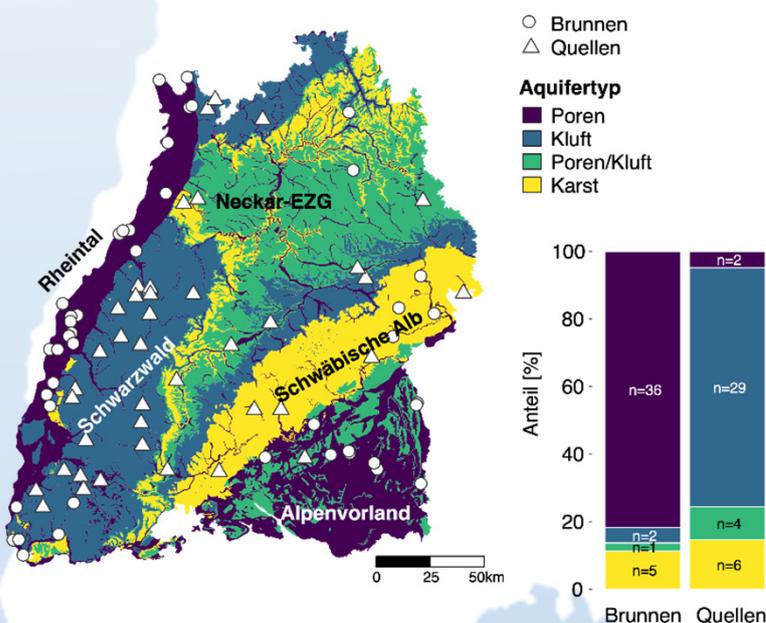
## Forschungsfragen

Wann tritt in Quellen und Grundwasserbrunnen eine Nitrat-Reaktion auf?

Wie signifikant sind Anstiege in der Nitratkonzentration nach Dürreereignissen?

Steuern Aquifertypen die Reaktionsmuster von Quellen und Grundwasserbrunnen?

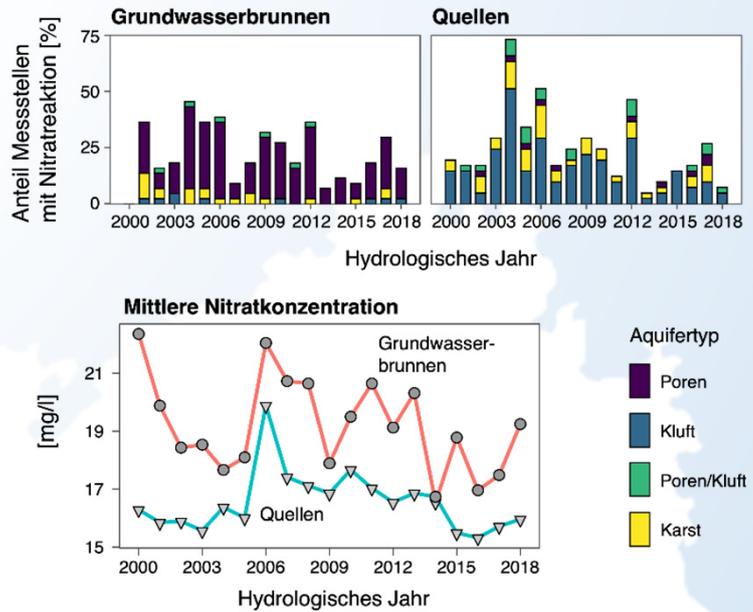
## Wo und wie wurde der Anstieg von Nitrat im Grundwasser untersucht?



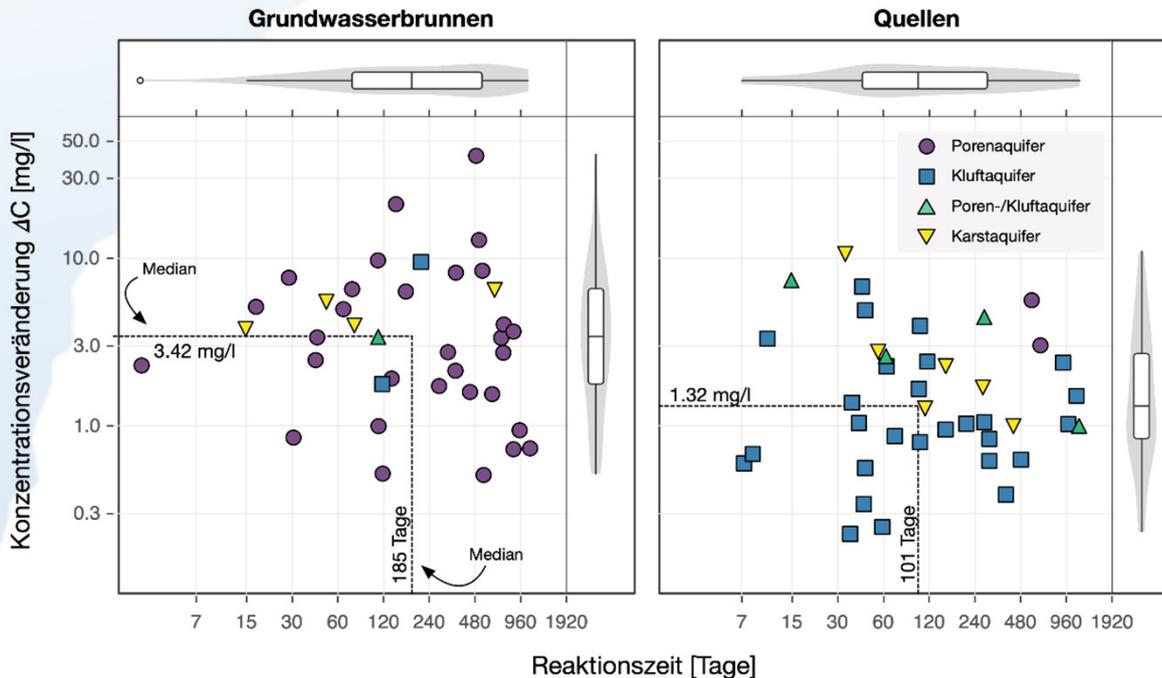
- Insgesamt 41 Quellen und 44 Brunnen des Jahresdatenkatalogs Grundwasser der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) wurden im Zeitraum 2000-2018 trendbereinigt und hinsichtlich ihrer Reaktion auf Dürre untersucht
- Wasserstände/Quellschüttungen unter dem 20% Perzentil der Messreihe wurden als Dürretage definiert. Der tiefste Wert war der Höhepunkt der Dürre. Nitratreaktionen waren signifikant, wenn sie auf ein Dürreereignis folgten und über dem 80% Perzentil der Messreihe lagen.
- Die Reaktionszeit wurde als Zeitraum zwischen Dürremaximum und signifikanter Nitratreaktion definiert, die Höhe des Nitratanstiegs ergab sich aus der Differenz zwischen signifikanter Konzentration und dem Median aus der trendbereinigten Zeitreihe.

## Nitrat im Grundwasser in der Periode 2000-2018: Die Dürre 2003 dominiert

Im Jahr 2003 fand in Baden-Württemberg eine ausgeprägte meteorologische Dürre statt. Im Grundwasser wurden im Folgejahr die meisten Dürretage gezählt, analog zeigten sich auch erst dann die meisten signifikanten Nitratreaktionen. Die mittlere Nitratkonzentration erreichte erst im Jahr 2006 ihren Höhepunkt. Insgesamt wiesen im Zeitraum 2003-2007 über 90% der Messstellen mindestens eine signifikante Nitratreaktion auf.



### Quellen reagierten schneller, aber weniger stark auf die Dürre 2003



Quellen reagierten im Durchschnitt schneller (101 Tage) aber schwächer (+1.3 mg/l) als Brunnen (185 Tage, +3.4 mg/l). Dies war ein Effekt von Landnutzung und Geologie. Quellen entspringen vornehmlich Kluftaquiferen in steilen bewaldeten Mittelgebirgslagen. Brunnen liegen größtenteils in Porenaquiferen in flachen, landwirtschaftlich genutzten Regionen. Der höchste Nitratanstieg (+41.6 mg/l) wurde in einem Grundwasserbrunnen ermittelt. Vermehrte Trocken-Feucht-Zyklen im Zuge des Klimawandels können so möglicherweise zu einer Verschärfung der Nitratproblematik im Grundwasser beitragen.

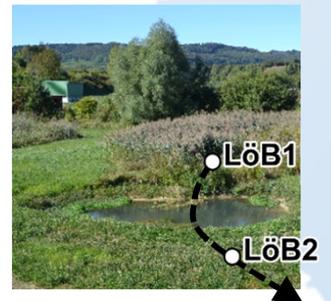
# Nitratdynamik in Fließgewässern bei Trockenheit

*In untersuchten Fließgewässern trat die maximale Nitrat-Konzentration bei niedrigen Abflüssen auf. Während die Nitratbilanz am Fluss Elz von Grundwasserzutritten geprägt war, wurde im grundwasserunbeeinflussten Retentionsteich am Löchernbach Nitrat zurückgehalten.*



## Drei Fließgewässer-Systeme im Vergleich

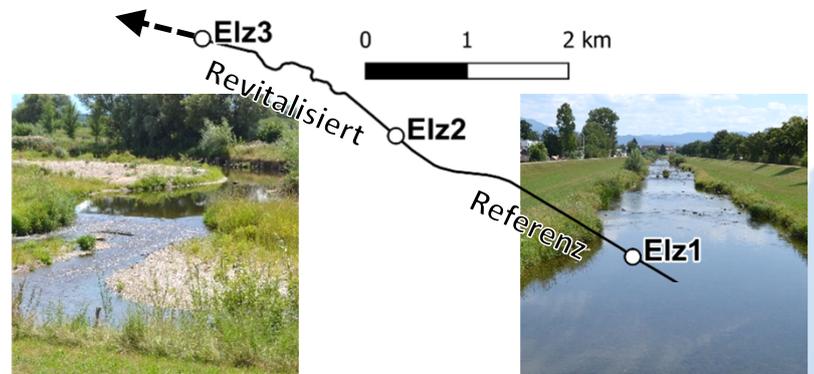
Im Projekt wurden die Auswirkungen von Trockenheit in drei unterschiedlichen Fließgewässer-Systemen untersucht: einem langsam durchströmten Retentionsteich im langwirtschaftlich geprägten Einzugsgebiet des Löchernbachs am Kaiserstuhl (2018) und zwei unmittelbar aneinander angrenzende Flussabschnitte im unteren Verlauf der Elz (2019). Die beiden Abschnitte der Elz unterscheiden sich dadurch, dass im unteren Abschnitt umfangreiche Revitalisierungsmaßnahmen durchgeführt wurden, während der obere Abschnitt (Referenz) durch einen weitgehend geradlinigen Verlauf und homogene Gewässerstruktur gekennzeichnet ist. Die Forschungsfragen waren:



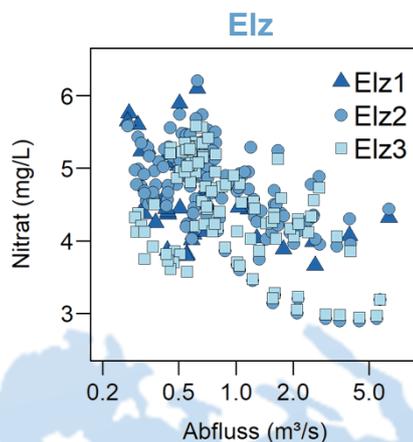
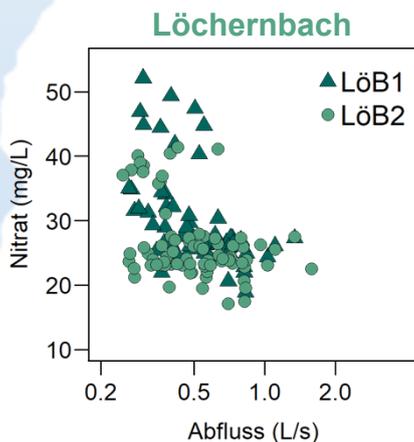
Wie wirkt sich Trockenheit auf die Konzentration von Nitrat in Fließgewässern aus?

Welchen Einfluss hat Trockenheit auf die Retention von Nitrat in Gewässern?

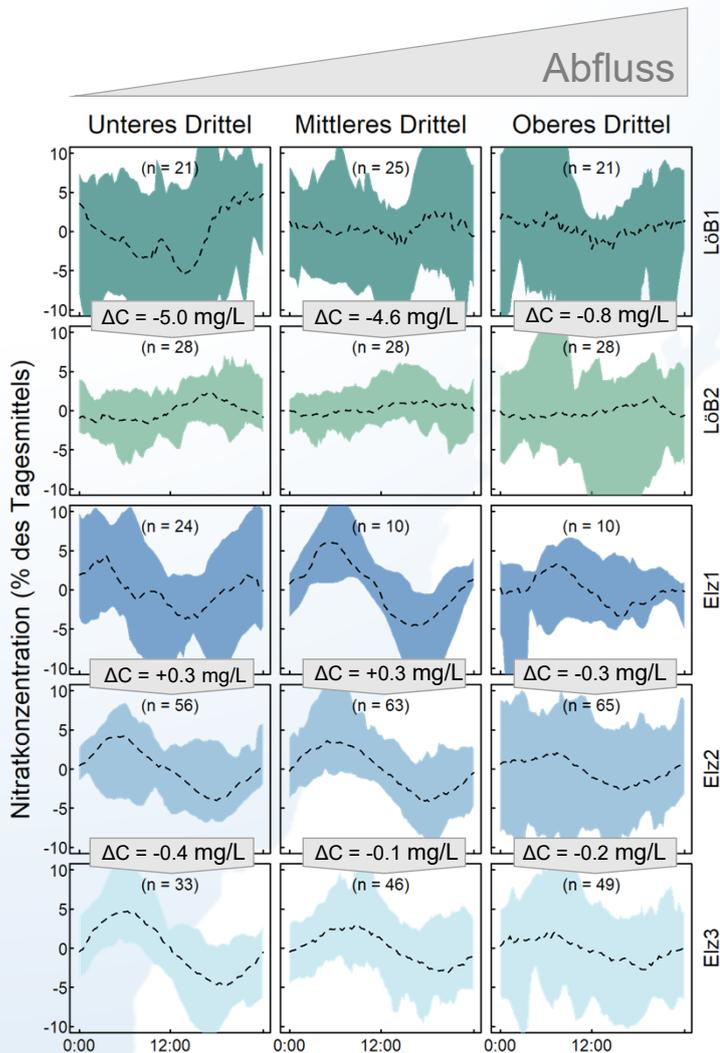
Führt Trockenheit zu bestimmten Mustern im Tagesverlauf der Nitratkonzentration?



## Abhängigkeit der Nitratkonzentration vom Abfluss



Sowohl im Löchernbach als auch in der Elz wurden die höchsten Nitratkonzentrationen bei niedrigem Abfluss gemessen. Die Streuung in den Daten zeigt allerdings, dass es noch weitere Einflussfaktoren gibt. Diese können auf Mobilisierung von Nitrat im Einzugsgebiet, auf Grundwasserinteraktion oder auf biologische Prozesse im Fluss zurückgeführt werden.



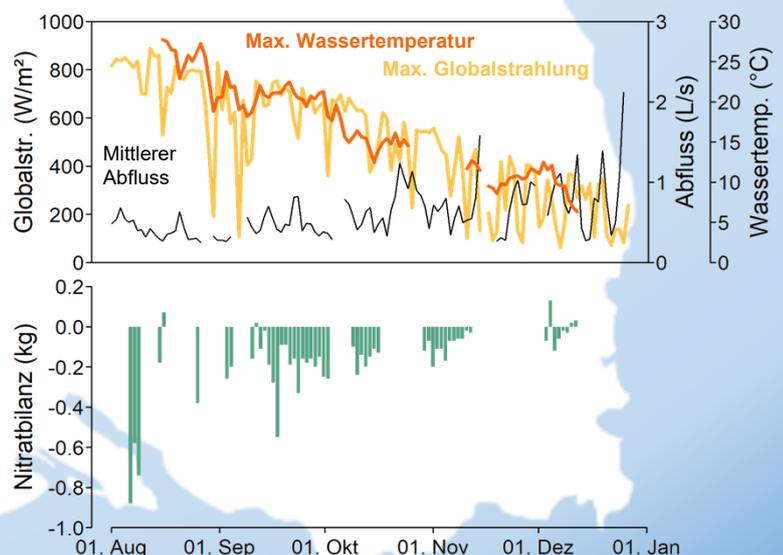
Die Nitraddynamik in den drei untersuchten Systemen ist auf unterschiedliche Weise vom Abfluss abhängig.

**Der Zulauf des Retentionsteichs am Löchernbach (LöB1)** zeigt starke Schwankungen im Tagesgang der Nitratkonzentration. Im Teich wird der Tagesgang gedämpft, sodass besonders bei niedrigem Abfluss Tagesschwankung im Auslass (LöB2) minimal sind. Die Retentionswirkung ist bei niedrigem Abfluss maximal. Steigt der Abfluss, wird der Teich zunehmend direkt durchströmt, sodass die Retention nachlässt und auch im Auslass starke Schwankungen beobachtet werden können. Da am Löchernbach kein Austausch mit Grundwasser stattfindet, muss die Retention hier auf biologische Prozesse im Teich bzw. in den Sedimenten zurückzuführen sein.

**In der Elz** wurden bei niedrigem Abfluss stabile Tagesgänge beobachtet, die mit zunehmendem Abfluss in den Hintergrund traten. Die Nitratbilanz war bei niedrigem Abfluss in den beiden Abschnitten zunehmend unterschiedlich. Die Hauptursache hierfür sind vermutlich Grundwasserzuströme mit unterschiedlichen Konzentrationen in den beiden Abschnitten, deren relative Bedeutung mit steigendem Abfluss abnimmt. Je nach Umweltbedingungen können sich die Effekte des Grundwasserzutritts mit denen erhöhter biologischer Aktivität überlagern.

### Einfluss von Trockenheit und Saisonalität auf die Retention von Nitrat

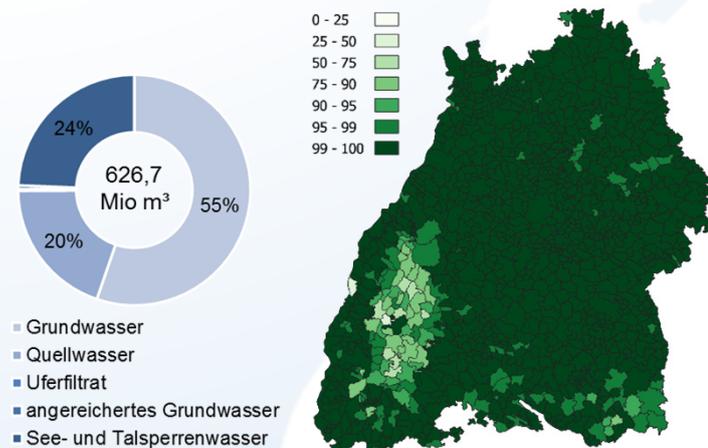
Die Nitrat-Massenbilanz für den Retentionsteich am Löchernbach war bis auf wenige Ausnahmen negativ, d.h. Nitrat wurde zurückgehalten. Die höchste pro Tag zurückgehaltene Nitratmasse wurde mit 0.84 kg Anfang August ermittelt. Danach nahm die Retentionsrate langsam ab und erreichte Ende November etwa 0. Dieses Ergebnis war auf die Dürre und parallele saisonale Muster der Sonneneinstrahlung und der Wassertemperatur zurückzuführen.



# Dürre und die öffentliche Wasserversorgung

*Die öffentliche Wasserversorgung in Baden-Württemberg ist gegenüber Dürre gut aufgestellt. Der hohe Vernetzungsgrad der Wasserversorger garantiert überwiegend Versorgungssicherheit. Dennoch gibt es Regionen mit Engpässen.*

Die Grafik und Karte zeigen die Menge an jährlich gewonnenem Wasser nach Ressource (links) und den Anschlussgrad an die öffentliche Wasserversorgung (rechts in %)



## Abgefragt: Trinkwassersicherheit in BW

BW gilt als wasserreich, dennoch sind die Ressourcen ungleich verteilt. Beispielsweise gelten Regionen im Schwarzwald, auf der Schwäbischen Alb sowie dem Mittleren Neckarraum als Wassermangelgebiete. Durch die Dürreereignisse der letzten Jahre wurden diese Mängel erneut sichtbar.

Ziel einer Fallstudie in DRIeR war es, durch landesweite Umfragen die Folgen von Dürre, den Umgang mit Dürre, sowie die Wahrnehmung von Dürre im Sektor der Öffentlichen Wasserversorgung besser zu verstehen. Insgesamt beteiligten sich 370 Wasserversorgungsunternehmen (WVUs) an der Studie.

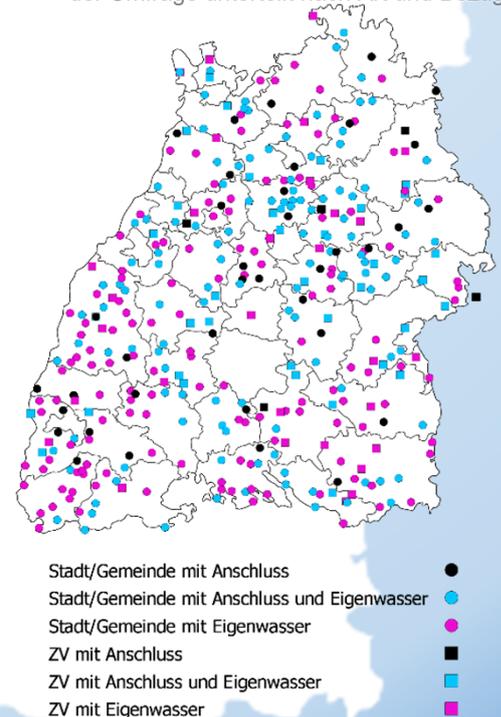
## Woher kommt das Trinkwasser?

In BW wurden im Jahr 2013 ca. 630 Mio m<sup>3</sup> Wasser gefördert. Dabei wird Trinkwasser überwiegend aus Grundwasser (55%), See- und Talsperren (24%) sowie Quellwasser (20%) gewonnen. Weitere Ressourcen spielen eine untergeordnete Rolle. Die Förderung und Verteilung des Wassers erfolgt durch die drei Säulen der Wasserversorgung:

- die kommunalen Wasserversorger,
- Gemeinde- und Zweckverbände und
- die Fernwasserversorger.

Die Wasserversorger BWs sind entweder Städte und Gemeinden (80%) oder Zweckverbände (20%). Diese unterscheiden sich weiter nach Art des Aufkommens: Eigenwasser, Fernwasser bzw. beides. Der überwiegende Teil sind dabei Städte und Gemeinden mit Eigenwasserversorgung (35%) bzw. mit Kombination (34%). Trotz der Vielzahl an Wasserversorgern sind, insbesondere im Schwarzwald, nicht alle Einwohner an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen. Gründe dafür sind: mangelnde Notwendigkeit, Lage, Kosten vs. Nutzen, aber auch der explizite Wunsch nach Unabhängigkeit.

Die Karte zeigt die Teilnahme der WVUs an der Umfrage unterteilt nach Art und Bezug



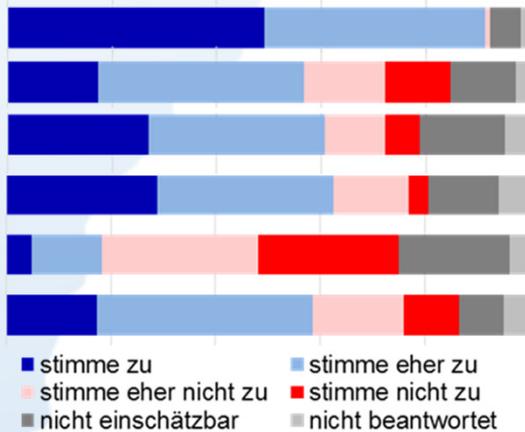


## Fakten & Zahlen

Ein WVU gilt als betroffen, wenn es zu lokalen Engpässen in der Wassergewinnung kommt und auf eine andere Ressource zugegriffen werden muss. Die Untersuchungen zeigen ein vermehrtes Auftreten solcher Situationen in Südbaden sowie der Region Stuttgart. Am häufigsten waren Städte und Gemeinden betroffen, Zweckverbände eher selten. Die Dürrejahre 2003, 2015 und 2018 wurden häufiger benannt, bemerkenswert ist aber, dass seit 2015 jährlich von Dürrefolgen berichtet wurde. Dabei handelte es sich überwiegend um mangelnde Quantität, einmalig musste aufgrund unzureichender Wasserqualität auf andere Ressourcen umgeschaltet werden.

## Meinungen zu Umgang und Wahrnehmung

0% 20% 40% 60% 80% 100%

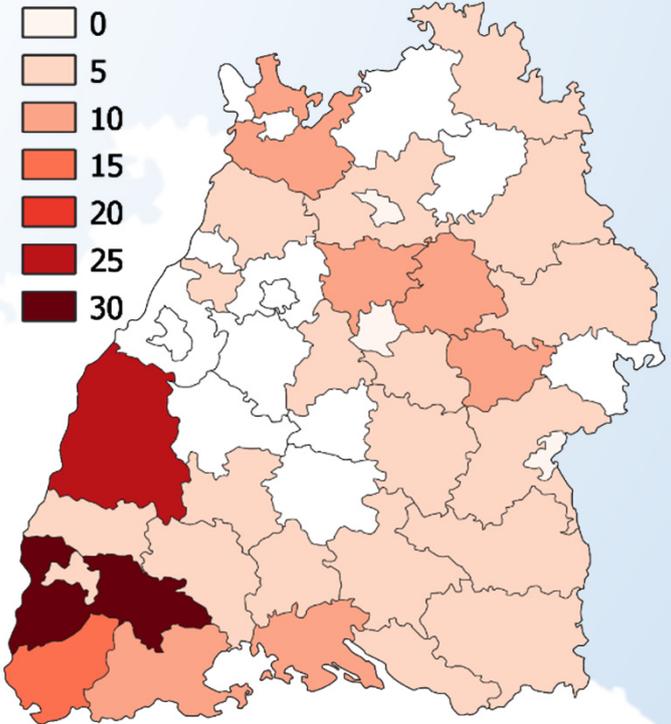


Die Mehrzahl der WVUs verfügt über Notfallpläne sowie langfristige Maßnahmen zur Minderung potentieller Dürrefolgen. Insbesondere die ausgeprägten Vernetzungen zwischen WVUs sowie Anschlüsse an die Fernwasserversorgung garantieren die Versorgungssicherheit.

Nach Einschätzungen der WVU-Betreiber wird zukünftig mit stärkeren und häufigeren Dürren zu rechnen sein, größere Probleme für die Versorgungssicherheit werden aber nur teilweise erwartet. Einem gesetzlichen Dürremanagement stehen über die Hälfte der WVUs kritisch gegenüber.

## Welche Dürrefolgen sah die öffentliche Wasserversorgung?

Die Karte zeigt die Anzahl im EDII archivierter Berichte über lokale Probleme bei der öffentlichen Wasserversorgung im Zeitraum 2000-2018

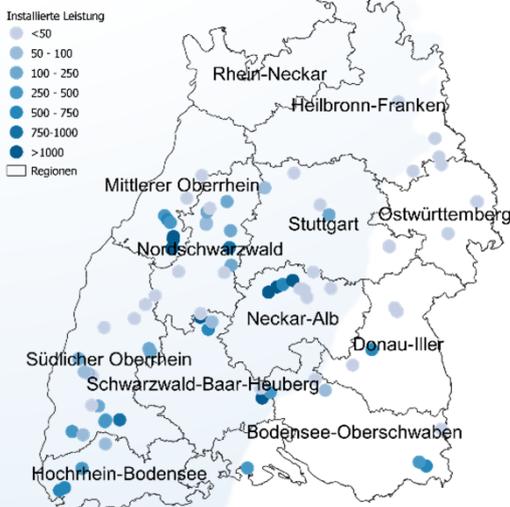


Dennoch möchte sich der überwiegende Teil der WVUs zukünftig regelmäßiger austauschen, um gemeinsame Strategien zum Umgang mit Dürre zu entwickeln.

Die öffentliche Wasserversorgung in Baden-Württemberg ist dank Vernetzungen und Fernwasserversorgungen gegenüber Dürre gut aufgestellt. Dennoch zeigten die jüngsten Dürrejahre eine lokale Verwundbarkeit des Sektors. In Anbetracht des Klimawandels sollten daher potentielle Risiken weiter geprüft und Strategien für ein robustes Dürreerisikomanagement entwickelt werden.

*Der Wasserkraftsektor ist in Dürrejahre durch Niedrigwasser von Einbußen in der Stromproduktion betroffen. Dürre sollte zur Stabilisierung der Stromproduktion im Risikomanagement berücksichtigt werden.*

Die Karte zeigt die räumliche Verteilung der installierten Leistungen [kW] der Anlagen



Das Potential zur Stromerzeugung an Fließgewässern ist weitgehend ausgeschöpft. Neue Wasserkraftanlagen (WKA) wird es kaum mehr geben. Eine Risikoanalyse über mögliche zukünftige Verluste der Energiegewinnung in Abhängigkeit der hydrologischen Verhältnisse kann aber Möglichkeiten zur Optimierung aufzeigen. DRiER analysierte hierfür Daten und führte eine landesweite Umfrage unter Betreibern von Wasserkraftanlagen durch. Forschungsfragen waren:

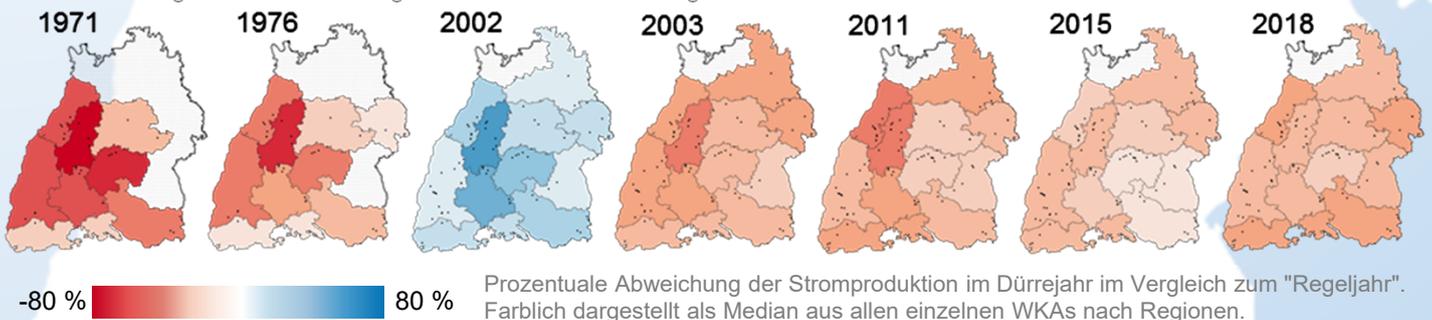
**Wie hoch sind die jährlichen Verluste in der Stromproduktion?**

**Gibt es ein Risikobewusstsein für Dürre?**

**Wer profitiert und wer verliert bei klimabedingten Änderungen im Niedrigwasserabfluss?**

## Verluste in Dürrejahre

Die Karte zeigt einen Index des regionalen Dürrierisikos für ausgewählte Jahre



Rangfolge der Jahre mit Verlusten nach Region

Region	Rang 1	Rang 2	Rang 3
Nordschwarzwald	1971	1976	1991
Schwarzwald-Baar-Heuberg	1971	1972	1991
Bodensee-Oberschwaben	1972	1971	2018
Mittlerer Oberrhein	1971	2011	2003
Neckar-Alb	1971	1972	1989
Südlicher Oberrhein	1971	1976	2003
Heilbronn - Franken*	2003	2011	2015
Hochrhein-Bodensee	2018	2011	2003
Stuttgart	1971	2003	2018
Ostwürttemberg	2003	2018	2012
Donau-Iller*	2018	1991	1989
BW	1971	1976	2003

- Die Abweichung der jährlichen Stromproduktion zum Mittel dient als Index. Sie zeigt viel Variabilität von Jahr zu Jahr.
- Im Nordschwarzwald sind die Abweichungen besonders groß.
- Ordnet man die Jahre nach den Verlusten (negativen Indexwerten), war 1971 mit 50% Verlust im Median das extremste Jahr, 1976 auf Platz zwei und 2003 auf Platz 3.
- Nach 2003 traten oft Verluste auf, wenn auch weniger stark als 1971 und 1976.

**Abgefragt:**  
**Risikobewusstsein unter**  
**Wasserkraftbetreibern**

- Stimme zu
- Stimme eher zu
- Stimme eher nicht zu
- Stimme nicht zu
- Nicht einschätzbar
- Nicht beantwortet

- Dürren werden zukünftig häufiger auftreten
- Mein Unternehmen wird häufiger von Dürren betroffen sein
- Politische Faktoren werden einen größeren Einfluss auf die Nutzbarkeit der Wasserkraft haben als klimabedingte Faktoren
- Es besteht Handlungsbereitschaft zu Maßnahmen, um Auswirkungen durch Dürre zu minimieren
- An einer Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure zur Entwicklung von Maßnahmen bin ich interessiert
- Für mein Unternehmen besteht Bedarf nach einem gesetzlich verankerten Dürremanagement (ähnlich Hochwassermanagement)



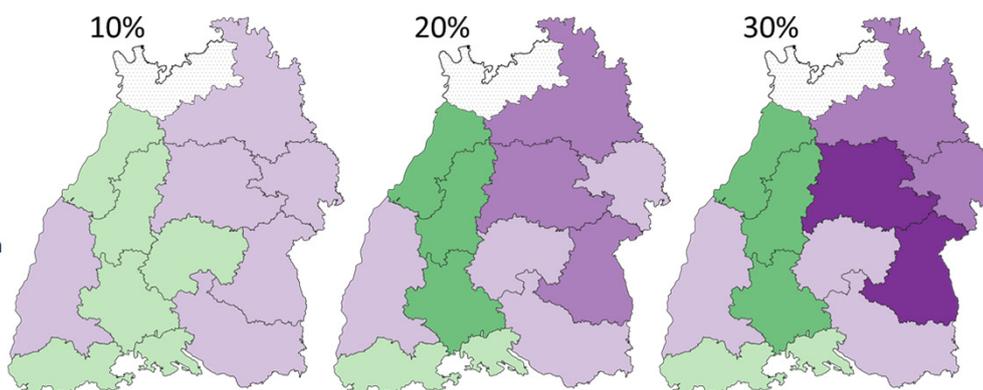
Viele WKA Betreiber sehen sich von einer Zunahme von Dürreereignissen betroffen. Dennoch werden Gesetz und Politik als stärker regulierend als klimatische Faktoren erachtet. Bedarf für ein gesetzlich verankertes Dürremanagement sehen jedoch wenige.

Nur wenige WKA Betreiber sind nicht bereit, Maßnahmen zur Linderung des Dürreerisikos zu ergreifen. Überwiegend besteht dabei der Wunsch, Interessengruppen-übergreifend Maßnahmenpläne zu erarbeiten.

**Szenarien mit verringertem Niedrigwasser**

Die Karten zeigen potentielle Veränderungen der Stromproduktion bei Szenarien mit 10%, 20% und 30% saisonaler Abflussumverteilung. Abweichung in %

- -6 - -4
- -4 - -2
- -2 - 0
- 0
- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 6
- Keine Daten



Prognosen zum Klimawandel sagen niedrigere Abflüsse im Sommer und höhere Abflüsse im Winter voraus. Als Szenario für eine solche Änderung diente der Studie eine hypothetische, prozentuale Umverteilung von Sommer/Herbst-Abfluss auf den Winter und eine nochmalige Auswertung als Index (siehe umseitige Karten).

**Gewinner** sind in diesem Szenario Wasserkraftwerke mit Ausbaugraden für hohe Abflussraten. Sie profitieren vom angenommen höheren Abfluss im Winter. **Verlierer** sind Kraftwerke, die diese nicht nutzen können und somit stärker von Stromproduktionsverlusten bei Dürre bedingtem Niedrigwasser betroffen sind.

# Wassernutzungskonflikte in Baden-Württemberg im Dürrejahr 2018

*Baden-Württemberg war 2018 von einer außergewöhnlichen Dürre betroffen. Typische Konfliktthemen waren die illegale Wasserentnahme, die Begrenzung und das Verbot von Wasserentnahmen sowie die Priorisierung von Wassernutzungen.*



Im Rahmen von DRJeR wurde eine Interviewstudie zu typischen Wassernutzungskonflikten in BW während des Dürrejahres 2018 durchgeführt. Dadurch konnten Themen, Strukturen und Managementmaßnahmen von Wassernutzungskonflikten identifiziert und kategorisiert werden. Die Ergebnisse stellen einen wichtigen Ausgangspunkt für die Entwicklung von Strategien zur Vermeidung und Lösung von zukünftigen Konflikten dar.

Dazu wurden Expert\*innen aus den unteren Wasserbehörden aus 41 Land- und Stadtkreisen in 45 strukturierten Telefoninterviews befragt.

## Abgefragt

- (1) Wer war an den Konflikten beteiligt?
- (2) Worum ging es bei den Konflikten?
- (3) Wie intensiv waren die Konflikte?
- (4) Wie wurden die Konflikte bearbeitet?

Image by [eyestetix](#) from [Pixabay](#)



Image by [Peter H](#) from [Pixabay](#)

Image by [Joseph Fulgham](#) from [Pixabay](#)

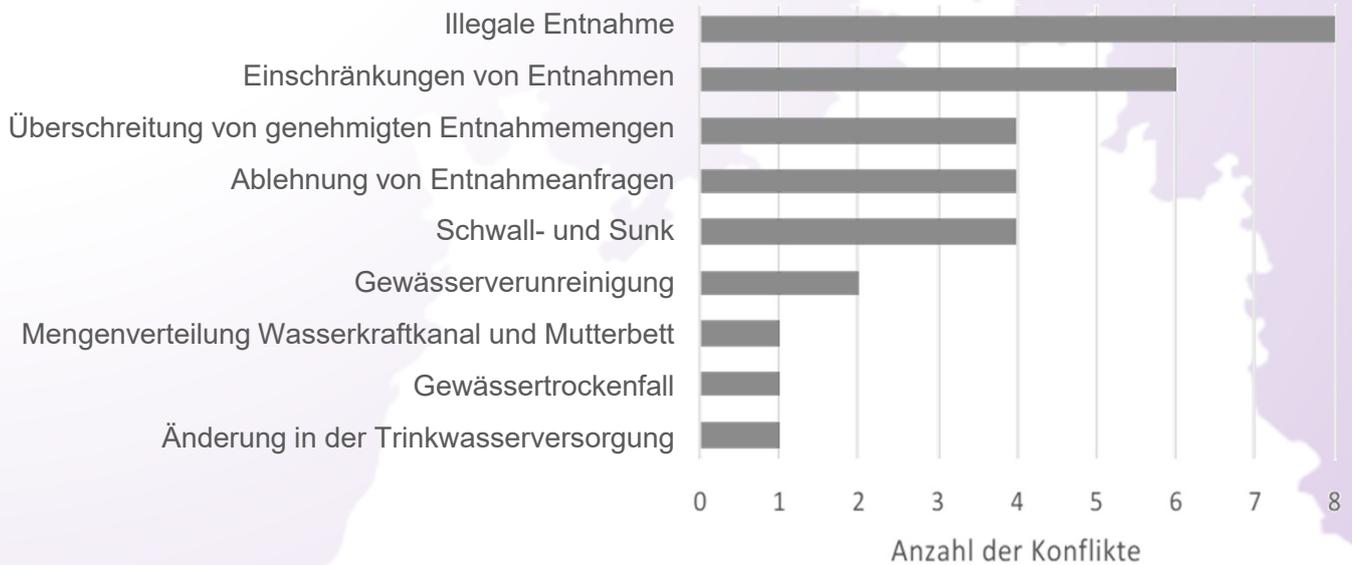
## Wer war an den Konflikten beteiligt?

- In 24 der 41 befragten Land- und Stadtkreisen Baden-Württembergs wurden ein oder mehrere Konflikte beschrieben.
- Die meisten Konflikte beschränkten sich auf vier oder weniger Akteure.
- Die befragten Unteren Wasserbehörden traten in allen gemeldeten Konflikten in der Rolle des Wassermanagers auf. Typischerweise war außerdem ein Akteur als direkter Wassernutzer aus den Bereichen Landwirtschaft, Fischerei, Industrie, Forstwirtschaft und den häuslichen Gebrauch beteiligt.
- In den berichteten Konflikte waren nur in Ausnahmefällen zwei oder mehr unterschiedliche Wassernutzungsarten involviert.

*Regulative Maßnahmen sind nicht die erste Wahl zur Lösung von Konflikten. An erster Stelle steht die Überzeugungsarbeit der Unteren Wasserbehörden.*



### Worum ging es bei den Konflikten?



Niedrigere Wasserstände und Grundwasserstände führten zu einem höheren Konkurrenzdruck um weniger verfügbares Wasser mit abnehmender Qualität. Dies zeigte sich in Konflikten um Einschränkung oder Überschreitung von Entnahmemengen sowie Ablehnung von Entnahmeanfragen.

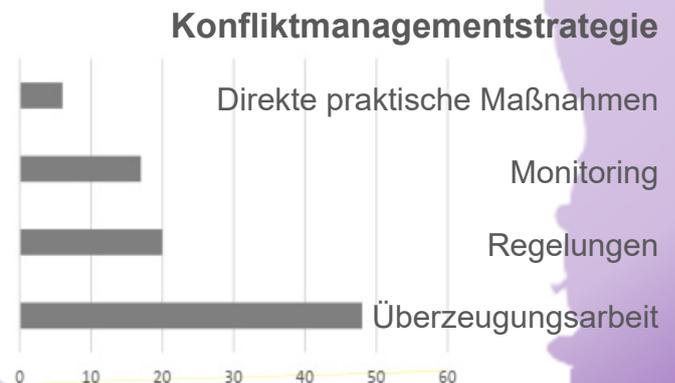
Die nicht autorisierte, illegale Entnahme war dabei der häufigste Wassernutzungskonflikt. Typisch für die Dürrezeit waren auch Konflikte zu Schwall- und Sunkbetrieb, d.h. die stärkeren Abflussschwankungen bei Wasserkraftwerksbetrieben, sowie die Verteilung der Wassermenge zwischen Wasserkraftwerkskanal und natürlichem Gewässerbett.

### Wie intensiv waren die Konflikte?

Die Wassernutzungskonflikte während des Dürrejahres 2018 hatten in Baden-Württemberg eine geringe Konfliktintensität, die sich in der Regel durch Diskussion und Überzeugungsarbeit durch die unteren Wasserbehörden klären ließen. Ausnahmen mit höherer Konfliktintensität wurden in behördlichen Verfahren geklärt.

Regulative Maßnahmen waren nicht die erste Wahl zur Lösung von Konflikten.

### Wie wurden die Konflikte bearbeitet?



# Wie wird Dürre politisch? Problematisierung von Dürre in der Landwirtschaft

*Den "Framings" als ein Problem der Gerechtigkeit, der Ernährungs- und der Wassersicherheit ist gemeinsam: Dürre wird als existentielle Bedrohung für das wirtschaftliche Überleben landwirtschaftlicher Betriebe beschrieben.*

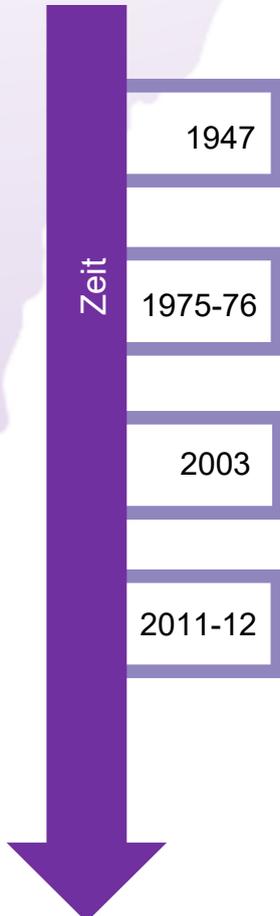


## Was ist ein *Frame*?

*Frames* sind kurze, prägnante Problem- und Lösungsbeschreibungen. Sie transportieren Wertvorstellungen, präsentieren Urteile und Rechtfertigungen für Lösungsvorschläge und schreiben Verantwortungen und Rollen zu. Aus der Forschung an Textquellen lassen sich *Frames* herausarbeiten.

In der Landwirtschaft wird Dürre als ein Problem der Gerechtigkeit, der Ernährungs-, der Ertrags- und der Wassersicherheit empfunden. Damit ist Dürre aus Sicht der Landwirtschaft eine existentielle Bedrohung für das wirtschaftliche Überleben landwirtschaftlicher Betriebe.

## Wie änderte sich die Problembeschreibung (*Framing*) über die Zeit?



Ein Vergleich verschiedener markanter Dürrejahre zeigt, dass der Landwirtschaftssektor Dürre nach dem Zweiten Weltkrieg vor allem über einen *Gerechtigkeitsframe* politisiert. Hierbei werden vor allem die staatliche Steuerung des Agrarmarkts und ökonomische Instrumente wie Kompensationen, Steuererleichterungen, Darlehen und Subventionen als Frage der Gerechtigkeit beschrieben.

Mit der Zeit verschob sich die Problembeschreibung *von der Ernährungs- zur Ertragssicherheit* als Ziel staatlicher Intervention. Die Ertragssicherheit ist dabei eng mit der bäuerlichen Einkommenssicherung verbunden.

Seit dem Dürrejahr 2003 findet eine *Problematisierung im Kontext des Klimawandels* statt.

Die Veränderung der Problematisierung von Trockenheit steht in Zusammenhang mit dem laufenden Strukturwandel in der Landwirtschaft.

Bäuerliche Solidarität ist ein übergreifendes *Framing* für die über Bauernverbände getragene selbstorganisierte Selbsthilfe nach historischen Dürreereignissen (z.B. über bundesweite Futterbörsen).

# Problematisierung von Dürre im Klimawandel in verschiedenen Sektoren

*Seit der Dürre 2003 problematisieren Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft Dürre verstärkt im Kontext des Klimawandels.*

Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft legen bei der Problematisierung von Dürre unterschiedliche Schwerpunkte. Damit werden Anpassungsoptionen priorisiert und politisch argumentiert.



## Klimatisierung von Dürre: Strategien zur Anpassung an den Klimawandel

### Verwissenschaftlichung:

Die Wissenschaft wird in der Rolle gesehen, für die verschiedenen Sektoren geeignete Anpassungsmöglichkeiten für Dürre zu entwickeln (z.B. die Züchtung trockenheitsverträglicher Kultivare, der Einsatz von Klimawandelmodellen).

### Versicherheitlichung:

Dürre wird als Sicherheitsproblem beschrieben, das die menschliche Versorgung bedroht. Klassische Instrumente der Sicherheitspolitik sollen aber keine Anwendung finden.

### Technokratisierung:

Dürre wird als ein prinzipiell über technische Maßnahmen lösbares Problem aufgefasst und verhandelt (z.B. durch den Bau von Wasserrückhaltebecken und den Einsatz von Bewässerungsanlagen).

### Transformation:

Der Umgang mit dem Klimawandel geht über reine Anpassung an Klimawandelfolgen hinaus, indem er eine Restrukturierung von politischen, ökonomischen und sozialen Systemen bedeutet, um die nicht-linearen Dynamiken und komplexen Wechselwirkungen von sich im Klimawandel verändernden Mensch-Umwelt-Beziehungen zu berücksichtigen.

- Eine *Verwissenschaftlichung* wird in allen drei Sektoren beobachtet.
- *Versicherheitlichung* mit Schwerpunkt Einkommenssicherung ist im Landwirtschaftssektor zu beobachten.
- *Technische Anpassungsoptionen* werden am stärksten im Wassersektor verhandelt.
- Der Forstsektor setzt derzeit stark auf den Waldumbau, der eine weitgefaste *Transformation* von Wäldern umfasst und sowohl eine angepasste Baumartenwahl als auch ein an den Klimawandel angepasstes Nutzungsverhalten von Wäldern und Forsten einschließt.

*Das Dürremanagement in Spanien beruht auf einer Kombination aus proaktiven rechtlichen Instrumenten zur Dürre-Vorsorge und reaktiven rechtlichen Instrumenten zum operativen Dürremanagement.*

Zur Weiterentwicklung rechtlicher Instrumente für das deutsche Dürremanagement galt in den rechtswissenschaftlichen Arbeiten von DRiER das Interesse Staaten, in denen Dürren häufiger und intensiver auftreten.

In Spanien ist Wasser auch außerhalb von Dürren eine knappe Ressource. Ein Großteil des genutzten Wassers verbraucht die intensive Landwirtschaft. Aufgrund der Knappheit der Ressource Wasser und wiederkehrenden, lang anhaltenden Dürren hat Spanien ein fortschrittliches Dürremanagement entwickelt.



Foto: Umweltministerium Spanien

## Dürre-Vorsorge

### Einheitliche Bewertung von Dürre

Der nationale Wasserbewirtschaftungsplan in Spanien verpflichtet das Umweltministerium, ein einheitliches Bewertungssystem für Dürren aufzustellen. Darunter sind technische Vorgaben zu verstehen, mit denen (hydrologische) Dürren identifiziert und bewertet werden können.



Urquijo, J., Stefano, L. De, & Calle, A. La. (2012). Drought and exceptional laws in Spain : The official water discourse.

### Aufstellung von Dürre-Plänen

Durch den nationalen Wasserbewirtschaftungsplan sind die Flussgebiets-Organisationen sowie Gemeinden mit mehr als 20.000 Einwohnern verpflichtet, Dürre-Pläne aufzustellen. Zweck der Dürre-Pläne ist, das Handeln der Flussgebiets-Organisationen und der Gemeinden während einer Dürrephase zu koordinieren. Den Dürre-Plänen kommen drei Funktionen zu:

#### 1. Wann soll gehandelt werden?

- die Festlegung von Mechanismen zur Identifikation von Dürren

#### 2. Wie soll gehandelt werden?

- die Festlegung von Maßnahmen, die im Fall einer Dürre ergriffen werden sollen

#### 3. Wer soll handeln?

- die Festlegung von Zuständigkeiten für die Ausführung der Maßnahmen.

# Was Baden-Württemberg von Spanien lernen kann

*Einige spanische Vorschriften haben Modellcharakter für die Weiterentwicklung des rechtlichen Instrumentariums in Baden-Württemberg und Deutschland. !*

## Operatives Dürremanagement in Spanien

### Austauschzentren für Wassernutzungsrechte: Wassermarkt

Für die Verteilung der Wassernutzungsrechte während einer Dürre bestehen in Spanien „Märkte für Wassernutzungsrechte“. Dabei sind die Inhaber von Konzessionen befugt, Abtretungsverträge über ihre Wassernutzungsrechte abzuschließen. Im Fall einer „außerordentlichen Dürre“ dürfen Flussgebiets-Organisationen in diesem Rahmen auch Wassernutzungsrechte aufkaufen, um diese anschließend entweder an Dritte weiterzuveräußern oder aus Umweltschutzgründen einzubehalten.

### Ausrufung des Dürrezustandes

Ein von der Verwaltung offiziell ausgerufenen "Dürrezustand" setzt bestimmte Sondervorschriften in Kraft. Er aktiviert in den Dürreplänen festgelegte Maßnahmen.

## Lessons learned



### Erlass von Dekreten

Bei einer "außerordentlichen Dürre" kann die spanische Regierung ein Dekret erlassen, in dem alle (wasserwirtschaftlichen) Maßnahmen angeordnet werden dürfen, die zur Bewältigung der Dürre erforderlich sind.

## Vorbild Spanien ?

### Vorschriften mit Modellcharakter

- I. Die Rechtspflicht des Umweltministeriums, einheitliche Maßstäbe zur Definition und Bewertung von Dürren festzulegen.
- II. Spezielle Dürremanagement-Pläne Die Aufstellung von Dürreplänen könnte dabei mit der Aufstellung der Bewirtschaftungspläne für die Flussgebietseinheiten (vgl. Art. 11, 13 Wasser-rahmenrichtlinie) verzahnt werden.
- III. Eine amtliche Ausrufung des Dürrezustandes zur Information Betroffener.

### Vorschriften mit geringer Eignung

- I. Mit Märkten für Wassernutzungsrechte könnte die Wasserbehörde die Gewässerbewirtschaftung nicht mehr aktiv steuern, sondern wäre bloße Missbrauchsaufsicht.
- II. Der Rückgriff auf Notstandsbefugnisse stellt keine geeignete Handlungsoption dar. Nach den Grundsätzen eines "guten Dürremanagements" ist das Dürremanagement proaktiv auszurichten, d.h. es sind vor allem Maßnahmen anzuwenden, die die Auswirkungen einer Dürre schon im Vorfeld abmildern.

*In Kalifornien trifft Dürre auf natürliche Knappheit und menschliche Übernutzung. Das moderne Dürremanagement bildet den seit Jahrzehnten andauernden „trial and error“ Prozess zur optimalen Dürrebewältigung ab.*

## Dürre in Kalifornien

Mehrjährige Dürren führten in Kalifornien wiederkehrend zu verheerenden Folgen. Diese betreffen nicht nur die Intensivlandwirtschaft, sondern auch die Bevölkerung und die Natur. Dabei verschärft sich das räumliche Ungleichgewicht zwischen dem wasserreichen Norden und dem ariden, bevölkerungsreichen Süden zusehends auch durch die Folgen des Klimawandels und dem andauernden Städtewachstum.



Bewässerungslandwirtschaft im Central Valley, Juni 2017

Links: Bodenabsenkung im Central Valley, Dr. Joseph Poland, USGS. Public domain. abrufbar unter: [www.usgs.de](http://www.usgs.de)

## Dürrebewältigung seit 1850

Seit der Gründung des Bundesstaats sind Nutzungskonflikte und Dürren Hauptgrund für die Weiterentwicklung eines modernen Dürremanagements. Die Vorsorge und ad hoc Dürrebewältigung im kalifornischen Wasserrecht folgen grundsätzlich einem lokalen „bottom up“ Ansatz vorrangig durch:

- I. Lokale Bewirtschaftungspläne für Wasserversorger, mit
- II. Dürreaktionsplänen für den Dürrefall, und
- III. Sonderbefugnisse für Wasserversorger und Behörden zum Erlass von Dürrebewältigungsmaßnahmen

## Bewältigung extremer Dürren



Extreme, langjährige Dürren erfordern ein koordiniertes Handeln verantwortlicher und betroffener Akteure. Die jüngste Dürre von 2011 bis 2017 veranschaulicht die verschiedenen Instrumente des modernen kalifornischen Dürremanagements im Mehrebenensystem:

- Aufgrund der Schwere des Ereignisses rief der Gouverneur einen **bundesstaatenweiten Dürrenotstand** aus.
- In der Folge erließ die oberste Wasserbehörde bundesstaatenweite **Rationierungsvorgaben**. Hierzu zählten unter anderem:
  - Obligatorische Einsparvorgaben von 25 Prozent für alle Wasserversorger,
  - Beschränkungen von Wasserrechten,
  - Verbot zur Nutzung von Trinkwasser für bestimmte Zwecke, wie Auto-waschen oder Gartenbewässerung.
- Die **Koordination** zwischen Experten, lokalen und bundesstaatlichen Akteuren erfolgte durch eine dürrespezifische „Task Force“.
- Zur schnellen, effektiven Steuerung des Endnutzerverhaltens setzten Wasserversorger **dürreangepasste Wassertarifstrukturen** ein.
- Staatlich bezuschusste **Dürreversicherungen** milderten ökonomische Auswirkungen, gerade im landwirtschaftlichen Sektor.

# Was Baden-Württemberg von Kalifornien lernen kann

*Das kalifornische Dürremanagement bildet zentrale Erfahrungswerte im Umgang mit Dürren ab. Diese können als Prüfstein für die systemkonforme Anpassung des für Baden-Württemberg geltenden Wasserrechts dienen. Insbesondere die lokalen Bewirtschaftungspläne weisen Modellcharakter für auf, da sie auf lokaler Ebene ansetzen und Dürremaßnahmen zur langfristigen Vorsorge sowie zur ad hoc Bewältigung vereinen.*

## Vorsorge durch Aktionspläne, innovative Technologien und Dürreversicherungen

- Dürreaktionspläne nach kalifornischem Vorbild definieren den Dürrefall und bereiten Wasserversorger und betroffene Akteure auf den Umgang mit eingeschränkter Wasserverfügbarkeit vor.
- In BW könnten Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme durch dürrespezifische Regelungen einen übergeordneten Rahmen schaffen.
- Für Bereiche mit geringem Einsparpotential können innovative Technologien die Wassernutzung so effizient wie möglich gestalten (z.B. durch automatische Abschalteneinrichtungen).
- Staatlich bezuschusste Dürreversicherungen helfen, die ökonomischen Auswirkungen von Dürren abzumildern, sofern sie eine nachhaltige und effiziente Wassernutzung nicht einschränken.

## Grundwasserressourcen: eine trügerische Sicherheit?

- Grundwasserressourcen sind nicht nur wegen ihrer guten Wasserqualität, sondern auch aufgrund der zunächst unsichtbaren Gefahr der Übernutzung besonders schutzbedürftig.
- Um die Verschlechterung der Grundwasserqualität sowie irreversible Bodensenkung und Erosion zu vermeiden, kann bei Dürreereignissen frühzeitig die ad hoc Regulierung der Grundwasserentnahmen erforderlich werden.



## Partizipation schafft Akzeptanz und Regelkonformität

- Je mehr Beteiligung im Wege eines „bottom up“ Ansatzes und transparenter der Erlass von wasserrechtlichen Maßnahmen, desto höher ist das Verständnis und die Bereitschaft von (End-)Nutzern durch ihr Handeln einen Beitrag zur Dürrebewältigung zu leisten.

## Wasserversorgung mit Perspektive

- Eine nachhaltige Wassernutzung auch im Dürrefall kann durch ein möglichst diverses Dargebot, z. B. durch den Zusammenschluss zu Versorgungs- und/oder Bewässerungsverbänden, erhöht werden.
- Modernisierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen der Versorgungsinfrastruktur tragen zur effiziente Nutzung bei.
- Dürreaktionspläne ermöglichen ein frühzeitiges Einschreiten und koordiniertes Vorgehen im Dürrefall. Idealerweise knüpfen dürrespezifische Aktionspläne an bestehende Bewirtschaftungs- oder (betriebliche) Wassermanagementpläne an und denken den Dürrefall vorweg.

*In Deutschland fehlen essentielle Regelungen für einen erfolgreichen und einheitlichen Umgang mit Dürre. DRiER identifizierte Handlungsoptionen und Empfehlungen für Regelungen an den Gesetzgeber*

## Lücken in den Regelungen sind

- **Eine fehlende Dürre-Definition:** Im internationalen wie nationalen Diskurs gibt es keine einheitliche Dürre-Definition. Das in Deutschland geltende öffentliche Wasserrecht definiert den Begriff der Dürre bislang nicht.
- **Keine planerische Koordinierung:** Es gibt kein planerisches Instrumentarium zur Koordinierung des Dürre-Managements. Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme der Flussgebietseinheit sehen keine spezifischen Maßnahmen für den Fall einer Dürre vor.
- **Unzureichende Berücksichtigung der Eigenvorsorge:** Ein wichtiger Bestandteil eines proaktiven ausgerichteten Dürre-Managements ist die Eigenvorsorge potenziell betroffener Wassernutzer. Die Eigenvorsorge vor Dürren ist in dem geltendem öffentlichen Wasserrecht bislang nicht gesetzlich verankert. Eine Pflicht zur Eigenvorsorge findet sich nur für den Hochwasserschutz (§ 5 II Wasserhaushaltsgesetz).
- **Keine Warnung vor Dürren:** Das öffentliche Wasserrecht sieht bislang keine Pflicht der Verwaltung vor, die Öffentlichkeit vor Dürren zu warnen. Der Warnung vor Dürren kommt im Dürre-Management eine besondere Bedeutung zu. Da Dürren sich oft über einen längeren Zeitraum entwickelt, muss sichergestellt sein, dass Dürren rechtzeitig erkannt werden.

## Handlungsoptionen

### 1. Einführung einer Begriffsbestimmung Dürre

Um das Dürre-Management auf eine rechtssichere Grundlage zu stellen, sollte in die gesetzlichen Vorschriften zum öffentlichen Wasserrecht eine Begriffsbestimmung "Dürre" aufgenommen werden. Ein mögliche Begriffsbestimmung könnte beispielsweise lauten: "Eine Dürre ist ein natürliches Ereignis, das insbesondere durch ausbleibende Niederschläge zu einem erheblichen zeitweiligen Rückgang des durchschnittlich verfügbaren Wasserdargebots führt". Die gesetzlichen Bestimmungen sollten auch eine Ermächtigung der Verwaltung vorsehen, technische Anleitungen zur Konkretisierung des Dürre-Begriffs zu erlassen (z.B. eine Technische Anleitung (TA) Dürre, in Anlehnung an bestehenden TA'n Lärm und Luft).

### 2. Aufstellung von Dürre-Management-Plänen

Um das Dürre-Management zu koordinieren, sollte in die gesetzlichen Vorschriften zum öffentlichen Wasserrecht eine Pflicht der Verwaltung aufgenommen werden, Dürre-Management Pläne (DRMP) aufzustellen. In den DRMP könnten Gefahrenschwellen definiert werden, die der Wasserbehörde anzeigen, ob und wann ein Einschreiten erforderlich ist. Hieran anknüpfend könnten Maßnahmen festgelegt werden, um eine angemessene Reaktion der Wasserbehörde sicherzustellen (z.B. Beschränkung der Wassernutzung oder Freigabe zusätzlicher Ressourcen). Um den planerischen Aufwand möglichst gering zu halten, sollten die Dürre-Management-Pläne mit den Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen der Flussgebietseinheiten verzahnt werden. Im Verfahren zur Aufstellung von Dürre-Management-Plänen könnte auch die Öffentlichkeit in die Ausgestaltung des Dürre-Managements eingebunden werden.



Fakten & Zahlen

# Empfehlungen an den Gesetzgeber

*Für die einheitliche und flächendeckende Entwicklung und Umsetzung eines Dürrierisikomanagements bedarf es der gesetzlichen Verankerung im nationalen oder europäischen Wasserrecht.*

## 3. Umfassendes Niedrigwasserkonzept

Die Vorgaben der Mindestwasserführung sollten im Sinne eines umfassenden Niedrigwassermanagements unter Einbeziehung eines Sauerstoff- und Temperaturmanagements für Oberflächengewässer flächendeckend und ergänzend zur Verwaltungsvorschrift Wasserkrafterlass ausgebaut werden. Auch an dieser Stelle sollte ein integrierter aber selbständiger Dürreaktionsplan vorgehalten werden, der insbesondere den unteren Verwaltungsbehörden als Handlungsrichtlinie im Dürrefall dienen kann.

## 4. Information über Maßnahmen der Eigenvorsorge

Um die Eigenvorsorge von Wassernutzern zu stärken, sollte in die Vorschriften zum öffentlichen Wasserrecht eine Pflicht der Verwaltung aufgenommen werden, die Öffentlichkeit über Maßnahmen der Eigenvorsorge vor Dürren zu informieren. Mögliche Maßnahmen der Eigenvorsorge sind beispielsweise der Bau von Zisternen, der Anbau trockenheitsresistenter Pflanzen sowie die Aufstellung von betriebsinternen Notfallplänen. Die Informationspflicht sollte durch eine Pflicht flankiert werden, Anreize zur Umsetzung der Eigenvorsorgemaßnahmen zu schaffen. Anreize können z.B. finanzielle Hilfen sein.

## 5. Zusammenschluss zu Wasserverbänden

Der Gesetzgeber sollte darauf hinwirken, dass Gewässerbenutzer, die auf eine dauerhafte Verfügbarkeit bestimmter Mindestmengen angewiesen sind, – sofern noch nicht geschehen – Wasser(versorgungs)verbände bilden. Dies empfiehlt sich insbesondere für die Landwirtschaft und die öffentliche Wasserversorgung. Die Wasser(versorgungs)verbände sollten ihrerseits Dürreaktionspläne zum Umgang mit Versorgungsgespässen vorhalten.

## 6. Pflicht zur Warnung vor Dürren

Die gesetzlichen Vorschriften sollten um eine Pflicht der Verwaltung ergänzt werden, die Bevölkerung vor dem Auftreten von Dürren zu warnen. Durch die öffentliche Warnung können Wassernutzer zu vorausschauendem Handeln motiviert werden, z.B. die Feldbewässerung anzupassen.

## 7. Dürreangepasste Wasserpreise

Die gesetzliche Ausgestaltung des Wassernutzungsentgelts sollte zum sparsamen Umgang mit Gewässerressourcen anregen und insbesondere Wasserversorger zu einer besonderen Preisgestaltung im Dürrefall veranlassen. Dies kann z.B. durch eine Erhöhung des Wasserpreises bei Überschreiten einer bestimmten Entnahmemenge (gestufte Wassertarife) oder durch ein erhöhtes Entgelt im Dürrefall (Dürrezuschlag) erfolgen.

## 8. Abstimmung eines Dürremanagements mit anderen Rechtsgebieten

Anderer Rechtsgebiete können die wasserwirtschaftlichen Bewältigungsstrategien ergänzen und komplettieren. Sie sollten aus diesem Grund mit dem wasserrechtlichen Dürremanagement abgestimmt werden. Dies gilt insbesondere für Siedlungskonzepte im Sinne einer nachhaltigen Raumordnung und Bauleitplanung, für Förderprogramme der Landwirtschaft durch den Europäische Landwirtschaftsfonds und für baurechtliche sowie naturschutzrechtliche Vorgaben zur zwingenden Begrünung nichtüberbauter Flächen.

*Die Umsetzung eines Plans zum Dürremanagement benötigt eine gute Informationsgrundlage. Akteure sehen insbesondere die Bereitstellung von Monitoringdaten als wichtige zentrale Informationen. Auf einer Dürreinformationsplattform könnten auch Hintergründe zur Beurteilung von Dürrefahr-, -Risiko und –Management bereitgestellt werden.*

Stakeholderworkshop: Konzeptionierung einer Informations- und Kollaborationsplattform für Trockenheit



Informations- und Kollaborationsplattformen können einen fachgebietsübergreifenden Überblick über Naturgefahren und Handlungsmöglichkeiten geben sowie langfristig die Grundlage für ein präventives Risikomanagement sein. Informationen zu Dürreereignissen, deren Folgen sowie Möglichkeiten des Managements werden derzeit von verschiedenen Institutionen erarbeitet und teilweise öffentlich gemacht. In DRIeR wurde zusammen mit Stakeholdern das Potential einer Trockenheitsplattform erörtert. Kann sie die vielfältigen Folgen von Dürre zeigen und Forschung, Politik und Bevölkerung sensibilisieren und damit Resilienz gegenüber Dürre fördern?

## Simulation einer Entwicklung

In zwei Workshops erarbeiteten Akteure potentielle Inhalte einer Plattform. Die Meinungen von Wissenschaftler\*innen und Stakeholdern unterschieden sich hierbei. Alle Akteure stellten aber die Bereitstellung von Dürreinformationen incl. Folgen sowie Kataloge zu Handlungsempfehlungen und Grenzwerten in den Vordergrund des Interesses.

Die Notwendigkeit und das Potential von Kommunikationsmöglichkeiten wurden unterschiedlich bewertet. Während die Wissenschaft an interdisziplinären Kausalketten interessiert ist, benötigen die Stakeholder eher konkrete Kollaboration und Frühwarnung.

	Wissenschaftler*innen (Workshop 1)		Stakeholder (Workshop 2)		
	ja (%) n=30	nein (%) n=26	ja (%) n=41	nein (%) n=26	
Datenbereitstellung	<input type="checkbox"/>	13 <input type="checkbox"/>	44 <input type="checkbox"/>	12 <input type="checkbox"/>	
Auswirkungsdatenbank	<input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	
Handlungsempfehlungen	<input type="checkbox"/>	13 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	
Monitoring	<input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	
Citizen Science	<input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	
Diskussionsplattform	<input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	42 <input type="checkbox"/>	
Glossar	<input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>	
Einbindung externer Daten	<input type="checkbox"/>	13 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	
Sektorenspezifische Informationen	<input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	
Kausalketten	<input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	
Bereitstellung von Methoden	<input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	
Medien zur Öffentlichkeitsarbeit	<input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	31 <input type="checkbox"/>	
			Frühwarnsystem	7 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			Ideenbörse	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			Interdisziplinäre Kollaboration	7 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			Management, Leitlinien & Grenzwerte	7 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
			Öff. Infos Wassernutzungsrechte	7 <input type="checkbox"/>	31 <input type="checkbox"/>

Das Potential einer fachübergreifenden Trockenheitsplattform liegt darin, über eine räumliche Datenbank des Dürreerisikos hinaus gehend, einzelne Komponenten des Dürreerisikomanagements für Anwender\*innen miteinander in Beziehung zu setzen. So können gezielt relevante Aspekte beleuchtet werden. DRIeR erarbeitete Grundlagen für die Inhalte und die Entwicklung einer solchen Trockenheitsinformations- und Kollaborationsplattform (hier: TIKo), die aus folgenden Komponenten bestehen könnte.

**TIK** Dürre – Eintrittswahrscheinlichkeit negativer Auswirkungen – Öffentliche Wasserversorgung

Relevante Dürreindizes: Grundwasser, SPEI-6, Öffentliche Wasserversorgung, Auswirkungen in der Vergangenheit, Vernetzung, Reserviergröße, Handlungs-möglichkeiten

**TIK** Dürre – Eintrittswahrscheinlichkeit negativer Auswirkungen - Landwirtschaft

Auswahl Landwirtschaftlicher Sektor / Anbauorte: Einjährige Kulturen, Wälder, Silomais, Mehrjährige Kulturen, Wiedewirtschaft, Relevante Dürreindizes: Bodenfeuchte

Landwirtschaft: Silomais, Auswirkungen der Vergangenheit, Handlungs-möglichkeiten

**TIK** Dürre – Aktuelles Risiko von Auswirkungen -

Beispiele: Landwirtschaft, Forst, Fischerei, Energie & Industrie, Schifffahrt, Tourismus, Öffentliche Wasserversorgung, Wasserqualität, Aquatische Ökosysteme, Terrestrische Ökosysteme, Bodensysteme, Waldbrände, Luftqualität, Gesundheit & Sicherheit, Konflikte

**TIK** Dürre – Forschung - Management -

Rahmenplan zur Reduzierung des Dürreerisikos

Drought Risk Reduction Framework and Practices

IV Politische Umsetzung, I Risikoanalyse & Frühwarnsysteme, II Bewusstsein & Erziehung, III Maßnahmen und Vorsorge, Lokale Realität

**TIK** Dürre – Dürreberichte - EDII

Übergeordnete Ebene: Deutschland, Gewählte Ebene: Regierungsbezirk Freiburg, Auswirkungstypen, Auswirkungenberichte, Zeitliche Auflösung: Jahre, Zeitliche Auflösung: Monate

**TIK** TROCKENHEIT INFORMATION- UND KOLLABORATIONSPLATTFORM BADEN- WÜRTTEMBERG

Dürre - Aktuell, Dürre - Historisch, Dürre - Management, Dürre - Forschung

WASSERNETZWERK BADEN WÜRTTEMBERG, DRIeR

**TIK** Dürre – Management – akute Handlungsmaßnahmen

2. Spezielle Maßnahmen bei akuter Dürre

a) Struktur des Gefahrenabwehrrechts bei Dürreerstand

2013-2016, 2016-2017, 2017-2018

**TIK** Dürre - Vergangenheit – historische Quellen

Räumliche Auflösung, Original, Zeitliche Auflösung: Jahre

**TIK** Dürre – Forschung – Dürrechronologie - Forschungsrahmen

IMPACT, HAZARD, Quantitative, Datenanalyse, Datenereignisse

1500, 1800, 2017

**TIK** Dürre – Forschung - Vegetationsökologie

Ökologische Experimente, Räumliche Typisierung, Vegetationsdynamik, Intensität der Dürre, Auswirkungen

**TIK** Dürre – Forschung – Das Sichtbarmachen negativer Auswirkungen

2003, 2015, DROUGHT

International gibt es verschiedene Beispiele aus Projekten entstandener Informationsplattformen. Eine Verwendung im Dürremanagement verlangt jedoch ein langfristiges, über ein Forschungsprojekt hinausgehendes Engagement und eine dauerhafte Trägerschaft. Eine besondere Herausforderung ist hierbei der interdisziplinäre Anspruch an eine behördliche Zusammenarbeit von Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Forstwirtschaft, Wetterdiensten, Klimabüros und weiteren Akteuren. Eine Implementierung in Klimaanpassungsstrategien bietet hierfür Synergien.