

# Newsletter Klimavorhersagen und Klimaprojektionen – Nr. 1 / September 2020

## Hintergrund:

Der Bedarf an Klimavorhersagen und Klimaprojektionen der kommenden Wochen, Monate, Jahre und Jahrzehnte wächst. Planungen in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft benötigen robuste Klimadaten für verbesserte Anpassungsmaßnahmen an das zukünftige Klima. Neben den konventionellen Wettervorhersagen (Tage bis zwei Wochen) verwendet der DWD Witterungsvorhersagen (3-6 Wochen) des europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersagen (EZMW) und betreibt Modellsysteme für operationelle Jahreszeiten (1-6 Monate) und dekadische Klimavorhersagen (1-10 Jahre) sowie für langfristige regionale Klimaprojektionen (> 30 Jahre). Dieser **Newsletter** informiert über den aktuellen Stand der Forschung und Entwicklung von Klimaprojekten über alle Klimazeitskalen (Wochen, Monate, Jahre, Jahrzehnte). Er stellt die Basis für einen Austausch zwischen Klimawissenschaftler\*innen und Nutzer\*innen dar. Wünsche und Kritik sind sehr willkommen via E-Mail an [klima.offenbach@dwd.de](mailto:klima.offenbach@dwd.de).

## 1. Nutzer-Workshop Klimavorhersagen und Klimaprojektionen:

Am 31. August 2020 fand der **1. Nutzer-Workshop Klimavorhersagen und Klimaprojektionen** Corona-bedingt als verkürzte Online-Veranstaltung statt. 77 Vertreter\*innen von Bundes- und Landesbehörden, Forschungseinrichtungen, Verbänden sowie aus der Privatwirtschaft nahmen teil, um Grenzen, Möglichkeiten und Nutzerbedarf im Bereich Klimavorhersagen und Klimaprojektionen zu diskutieren. **Dr. Barbara Früh** (DWD) begrüßte die Teilnehmenden und stellte die zentralen Fragen des Workshops vor:

- Wie ist der Stand der Forschung und Entwicklung im Bereich Klimavorhersagen und Klimaprojektionen und welches sind die zukünftigen Perspektiven?
- Wie werden die operationellen Klimavorhersagen auf der DWD-Klimavorhersagen-Webseite bereitgestellt?
- Wie ist der aktuelle Stand und was sind die zukünftigen Pläne im Bereich Qualitätssicherung regionaler Klimaprojektionen?

**Dr. Kristina Winderlich** (DWD) präsentierte eine wetterlagenbasierte Evaluierung von Klimaprojektionen bzw. -vorhersagen, die bisherige Differenz (Bias)-basierte Evaluierungen verbessert. Unter Anwendung einer hybriden Clustermethode (Hierarchical Agglomerative Clustering und K-Means Clustering) können aus den Anomalien der Geopotentialhöhe und der zonalen und meridionalen Windgeschwindigkeiten auf 500 hPa automatisch Wetterlagen klassifiziert werden. Bei der Clusterung der Wetterlagen wird der Structural Similarity Index (SSIM) verwendet, der die Ähnlichkeit von Bildern bewertet. Schließlich werden zeitliche Abfolge und Häufigkeit der einzelnen täglichen Wetterlagen-Klassen im Evaluierungszeitraum ermittelt. Über einen Vergleich zwischen Klimaprojektionen bzw. -vorhersagen und Referenzdaten (z.B. Reanalysen) kann eine Qualitätsabschätzung für die Vergangenheit erfolgen.



**Nora Leps** (DWD) informierte über den aktuellen Stand des DWD-Referenz- und Kern-Ensembles. Letzteres zielt auf ein balanciertes Ensemble ohne willkürliche Modell-Häufungen. Aus dem PRINCIPLES-Projekt stehen 18 Simulationen mit neuen Kombinationen aus CMIP5-Globalmodellen und Regionalmodellen zur Verfügung. Die Verteilung der Klimaänderungssignale unterschiedlicher Variablen im Winter und Sommer für die ferne Zukunft zeigt, dass eine Erweiterung des Referenz-Ensembles um die Klimaprojektionen aus dem Projekt PRINCIPLES die bisherige Spannweite nicht ändert (Abb. 1, links). Daher wird das Kern-Ensemble nicht aktualisiert, weil sich dadurch kein Informationsgewinn ergäbe. Eine Aufnahme der Klimaprojektionen der nun veröffentlichten statistischen Downscaling-Methode EPISODES und des korrigierten WettReg ins Referenz-Ensemble würde allerdings die Spannweite vergrößern und das Kern-Ensemble ändern (Abb. 1, rechts).

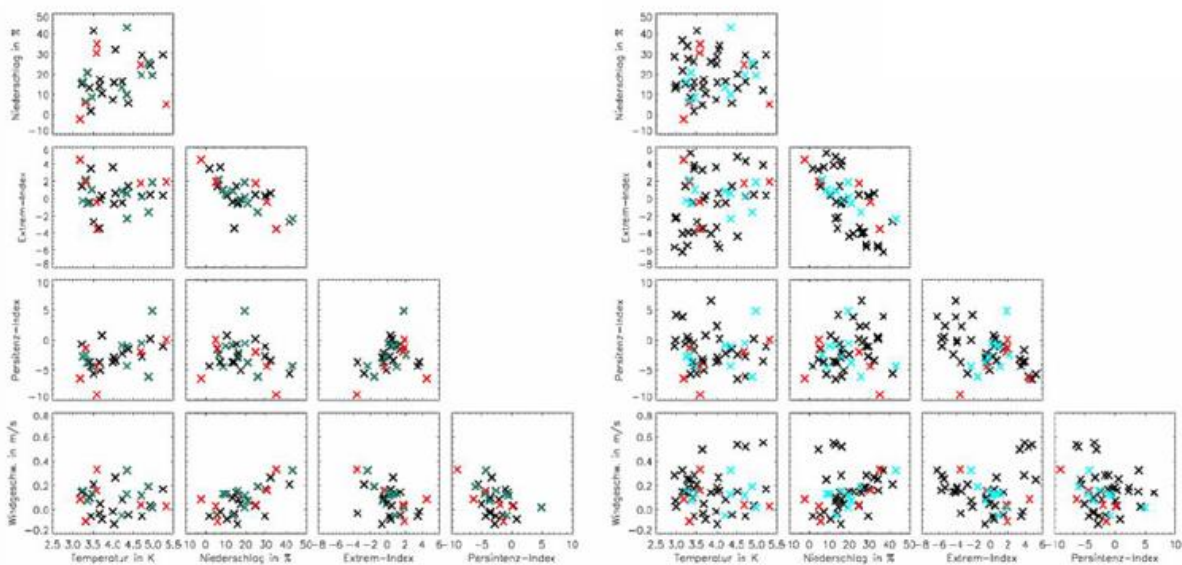


Abb. 1 Verteilung der Klimaänderungssignale für die ferne Zukunft von Temperatur, Mittelwind, Niederschlags-summe sowie Extrem- und Persistenz-Index des Niederschlages im Winter der Simulationen (Kreuze) des DWD-Referenz-Ensembles mit PRINCIPLES (links) und mit PRINCIPLES, EPISODES und WettReg (rechts). Das Kern-Ensemble ist rot markiert und PRINCIPLES grün (links) bzw. blau (rechts) (Quelle: DWD).

**Dr. Stephanie Hänsel** (DWD) stellte Arbeiten im Themenbereich Klimawandelfolgen und Anpassung vor. Das Expertennetzwerk des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) schafft belastbare Entscheidungsgrundlagen zur Anpassung der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße an sich ändernde Klimabedingungen und extreme Wetterereignisse. Beobachtungsdatensätze und Projektionen werden erstellt bzw. anwendergerecht aufgearbeitet. Auf dieser Basis wird die Betroffenheit des Verkehrssystems durch Hoch- und Niedrigwasser, Sturm, Hangrutschungen, steigende Meeresspiegel und veränderte Wasserqualität bewertet. Im Rahmen der Klimawirkungsanalyse werden Erkenntnisse zur Exposition, Sensitivität und Kritikalität der Verkehrsinfrastrukturen in eine Gesamtbewertung integriert (Abb. 2). Schließlich werden Anpassungsmaßnahmen, z.B. bezüglich Informationen, Regelungen, Bauwerken oder Management, analysiert. Dabei gilt es, die Unsicherheit der Zukunftsprojektionen und die Dauer der Planungsprozesse zu berücksichtigen. Aktuell werden in der zweiten Forschungsphase weitere Wirkungszusammenhänge und Anpassungsmaßnahmen analysiert, vorhandene Datenlücken gefüllt und der Nutzerdialog intensiviert.



Abb. 2 Ansatz einer integrierten Klimawirkungsanalyse (Gesamtbewertung) für die Bundeswasserstraßen am Beispiel der Wirkungskette „Tiefenengpass, Abladebeschränkung bei Niedrigwasser“ unter Annahme des RCP8.5 in der fernen Zukunft (2071-2100). Rot markiert sind jeweils die Bereiche des Wasserstraßennetzes, die in den Teilanalysen zur Exposition (Anzahl Tage unter dem Niedrigwasserswellenwert GIQ), Sensitivität (freifließend) und Kritikalität (Güteraufkommen) sowie der Gesamtbewertung als „besonders betroffen“ klassifiziert wurden. (Quelle: Synthesebericht des BMVI-Expertennetzwerks 2020).

**Dr. Andreas Paxian** (DWD) gab eine allgemeine Einführung in Klimavorhersagen und stellte die operationelle DWD-Klimavorhersagen-Webseite <https://www.dwd.de/klimavorhersagen> vor, die im März 2020 mit den dekadischen Klimavorhersagen für die Jahre 2020-2029 veröffentlicht wurde. Die Basisklimavorhersagen bieten zusammengefasste Vorhersagen für vier deutsche Regionen als Karten, Zeitreihen und Wertetabellen. Die Vorhersagegüte wird als Ampel dargestellt. Die Expertenklimateilnahmen zeigen höher aufgelöste Vorhersagen für Deutschland, Europa und die Welt als Karten und Zeitreihen, wobei die Güte durch die Punktgrößen der Gitterboxen dargestellt wird. Dies wird ergänzt durch detaillierte Karten darstellungen der Vorhersagegüte. Zukünftige Pläne umfassen z.B. eine Erweiterung um Witterungs- und Jahreszeitevorhersagen der nächsten Wochen und Monate, eine höhere Auflösung in Deutschland durch statistisches Downscaling sowie interaktive Elemente bei Navigation und Darstellung.

**Dr. Jennifer Ostermöller** (DWD) fokussierte auf saisonale Klimavorhersagen für die Energiewirtschaft. Das Clim2Power-Projekt entwickelt einen europäischen Klimateilnehmer für erneuerbare Energien zur Unterstützung bei Entscheidungen im Energiesektor. Basierend auf saisonalen Klimavorhersagen, langfristigen Klimaprojektionen und hydrologischen Simulationen werden Kapazitätsfaktoren für Solar-, Wind- und Wasserkraft und die Heiz- und Kühlnachfrage berechnet sowie Änderungen im Energiesystem simuliert. In Zusammenarbeit mit Nutzergruppen, wie politischen Entscheidungsträger\*innen oder Energiemanager\*innen, wird ein länderbasierter europäischer Webservice aufgebaut. Der DWD stellt vierteljährlich saisonale Klimavorhersagen des Globalmodels GCFS2.0 für das europäische Energiesystem sowie des hochaufgelösten statistischen Downscaling-Verfahrens EPISODES für hydrologische Fallstudien in Mitteleuropa und Portugal zur Verfügung. Informationen zur Modellgüte werden anhand der Korrelation mitgeliefert (Abb. 3).

**Dr. Jennifer Brauch** (DWD) präsentierte den auf der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) basierenden DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“, welcher 2019 vom BMVI eingerichtet wurde. Hintergrundinformationen hierzu sind dem Abschnitt DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“ weiter unten zu entnehmen.

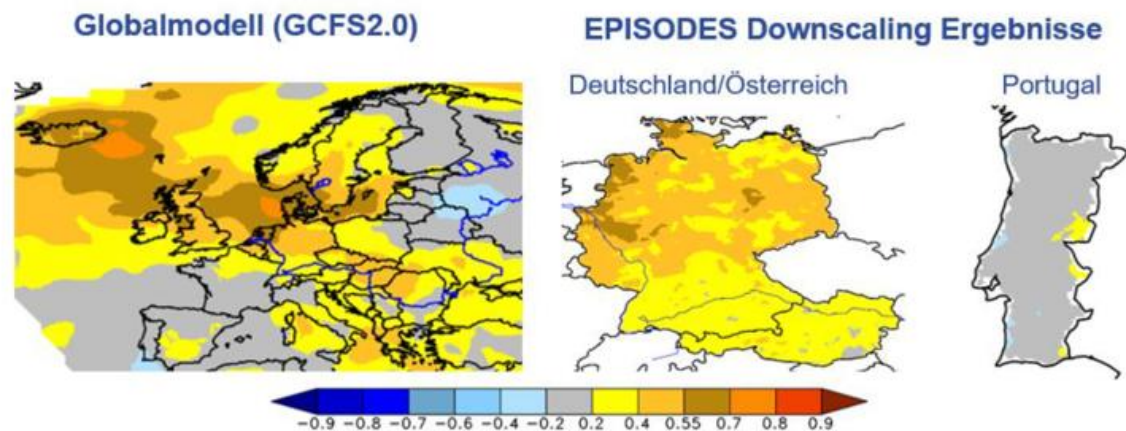


Abb. 3 Vorhersagegüte (Anomalie-Korrelationskoeffizient) der saisonalen Klimavorhersagen des Globalmodells GCFS2.0 in Europa (links) und des statistischen Downscaling-Verfahrens EPISODES in Mitteleuropa und Portugal (rechts) mit Vorhersagestart Februar für Temperatur im späten Frühling (April-Mai-Juni) im Nachhersage-Zeitraum 1995-2017 (Quelle: DWD).

### DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“<sup>1</sup>:

Viele Politikfelder und Wirtschaftssektoren sind durch die Folgen des Klimawandels betroffen. Extremereignisse wie Hitzewellen, Dürren, Starkregen und Stürme oder auch allmähliche Verschiebungen in langjährigen Mittelwerten (Meeresspiegelniveau, Wasserdargebot, Globalstrahlung, Wind, Temperatur-, Niederschlags- und Abflussregime) setzen Wirkungsketten in Gang, an deren Ende ökologische und ökonomische Funktionen beeinträchtigt und Aspekte der Daseinsvorsorge sowie der Sicherheit berührt sind. Die Bundesregierung hat sich dieser Thematik angenommen und im Dezember 2008 die "Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel" (DAS) beschlossen, zu deren Umsetzung sie sich auch im Koalitionsvertrags zur 19. Legislaturperiode bekennt.

Eine vorausschauende Planung und ein auf Resilienz ausgerichtetes Handeln müssen den Aspekt Klimawandel berücksichtigen. Dafür sind eine einheitliche Datengrundlage und abgestimmte Methoden notwendig. Diese Grundlagen zur Bewertung der regionalen und sektoralen Wirkungen des Klimawandels und zur Erarbeitung und Bewertung von Anpassungsoptionen werden durch den DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“ bereitgestellt, der 2019 durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur ins Leben gerufen wurde.

Der DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“ soll u.a. die Bereiche Verkehr, Wasser- und Energiewirtschaft, Bauwesen, Küsten-, Meeres- und Bevölkerungsschutz, Industrie und Gewerbe mit einheitlichen Informationen zu extremen Witterungsereignissen sowie zu Änderungen mittlerer Bedingungen versorgen. Einheitliche, qualitätsgeprüfte Klimainformationen zu Vergangenheit und Zukunft werden vom DWD bereitgestellt. Diese werden beim DWD und bei den Partnerbehörden (Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)) zu Produkten in Form von Daten (z.B. Rasterfelder der vergangenen und zukünftigen Klimaentwicklung), Karten, Indizes und Beratung passgenau für die Zielgruppen aufbereitet. Dabei wird wissenschaftlicher Input aus Forschungsprojekten, wie z.B. dem BMVI-Expertennetzwerk berücksichtigt und in den operativen Dienst einbezogen. Dabei ist der kontinuierliche Dialog mit den verschiedenen Zielgruppen von großer Bedeutung, um den Dienst nutzergerecht weiterzuentwickeln (Abb. 4).

<sup>1</sup> Textteile basieren auf dem Flyer des BMVI zum DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“ von 2019

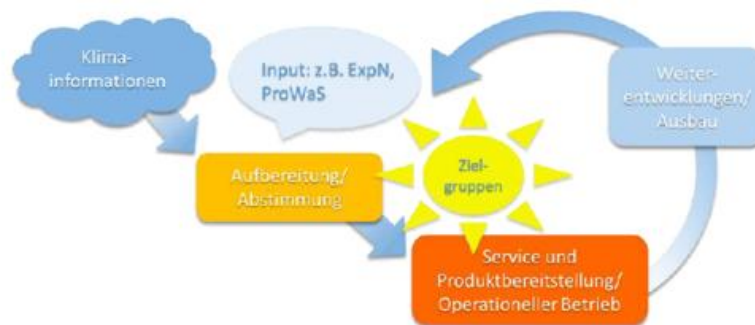


Abb. 4 Zyklus des DAS-Basisdienstes „Klima und Wasser“ (Quelle: DWD).

Die Koordination des DAS-Basisdienstes „Klima und Wasser“ ist beim DWD angesiedelt, der auch für die Bereitstellung der gerasterten Daten über die ESGF-Portale (z.B. [esgf.dwd.de](http://esgf.dwd.de)) und den Aufbau eines Webportals zur Übersicht über den Dienst und seine Produkte zuständig ist. Der DAS-Basisdienst integriert die Ergebnisse des Pilotprojektes ProWaS mit Modulen wie Ästuar@BAW, Binnenwasserqualität@BfG und Binnenschifffahrt@BAW, um nur einige zu nennen. Die Webservices werden so gestaltet, dass die Produkte den Zielgruppen zusammen mit Hintergrundinformationen und Neuigkeiten rund um die DAS angeboten werden.

Der DAS-Basisdienst soll das Wissen zum Thema Klimawandel für Deutschland sichten, bewerten und integrieren und verschiedenen nationalen Informations- und Berichtsplattformen zurarbeiten. Zu nennen ist hier das Klimavorsorgeportal (KliVo-Portal) der Bundesregierung, das als themenfeldübergreifende Drehscheibe für den DAS-Prozess sowie für den Einstieg in die Themen Klimawandel und Klimaanpassung konzipiert ist.

### Hybride dynamisch-statistische saisonale Wintervorhersage:

Ab November 2020 soll die saisonale Klimavorhersage des dynamischen Modells für den Winter (Dezember-Januar-Februar) in Europa auf der [Jahreszeitevorschagen-Webseite](#) durch eine hybride dynamisch-statistische Vorhersage ergänzt werden. Sie beruht auf einer Auswahl der „realistischsten“ Ensemble-Simulationen der dynamischen Klimavorhersage.

Anhand historischer Zeitreihen werden statistische Vorhersagen für den Nordatlantischen Oszillationsindex (NAO) und drei weitere Zirkulationsindizes erstellt. Langsam variierende Felder (Meeresoberflächentemperatur in Nordatlantik und -pazifik, Eisbedeckung der Arktis, Schneehöhe in Sibirien und Nordamerika, Temperatur der unteren Stratosphäre) beeinflussen über mehrere Monate die großräumige Luftzirkulation über dem Atlantik und Europa. Mit diesen Wechselwirkungen und den im Herbst beobachteten Werten der Felder kann die vorherrschende Luftströmung (bzw. die Zirkulationsindizes) im kommenden Winter statistisch vorhergesagt werden. Aus den 50 Simulationen des dynamischen Vorhersage-Ensemble werden diejenigen ausgewählt, deren dynamische Zirkulationsmuster den Mustern der statistischen Vorhersage am meisten ähneln. Nur diese werden zur Erstellung der saisonalen Klimavorhersage verwendet.

Diese „Subselektion“ verbessert die Treffsicherheit der saisonalen Wintervorhersage erheblich. Abb. 5 zeigt die Korrelation der dynamischen (obere Zeile) und der hybriden (untere Zeile) saisonalen Wintervorhersage mit Beobachtungen für Luftdruck (linke Spalte), 2m-Temperatur (mittlere Spalte) und Niederschlag (rechte Spalte) im Zeitraum 2004-2018. Dunklere Rottöne zeigen höhere Korrelationen und damit eine bessere Übereinstimmung zwischen Vorhersage und Beobachtung an. Die Subselektion ist auf den Euro-Atlantischen Sektor fokussiert, so dass eine Verschlechterung in anderen Weltregionen möglich ist. Durch ihre deutlich erhöhte

Zuverlässigkeit kann die hybride saisonale Wintervorhersage die mittelfristige Planung in Politik, Gesellschaft und Wirtschaft verbessern.

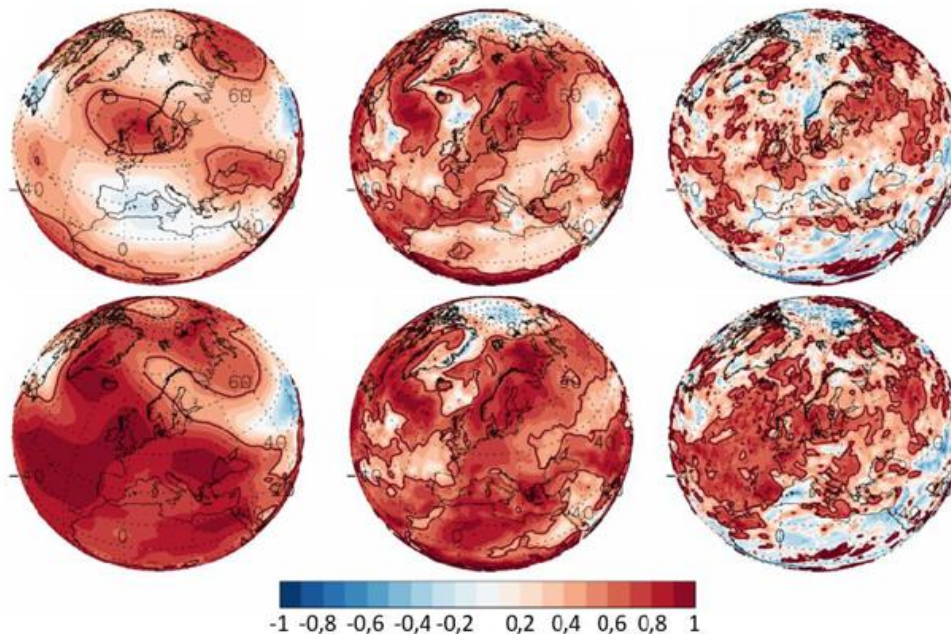


Abb. 5 Vorhersagegüte (Anomalie-Korrelationskoeffizient) der dynamischen (oben) und hybriden (unten) saisonalen Klimavorhersagen mit Vorhersagestart November für Luftdruck (links), 2m-Temperatur (Mitte) und Niederschlag (rechts) im Winter (Dezember-Januar-Februar) im Nachhersage-Zeitraum 2004-2018. Dicke Linien markieren das 95% Signifikanzniveau (Quelle: DWD).

Dalelane, C., Dobrynin, M., Fröhlich, K. (2020): Seasonal forecasts of winter temperature improved by higher-order modes of mean sea level pressure variability in the North Atlantic sector. *Geophysical Research Letters*, 47, <https://doi.org/10.1029/2020GL088717>.

### Copernicus-Projekt zu dekadischen Klimavorhersage-Fallstudien:

Im Rahmen des Copernicus-Klimawandeldienstes wird ein Forschungsprojekt zur Entwicklung dekadischer Klimavorhersage-Fallstudien gefördert, um einen europäischen Klimadienst vorzubereiten. Von vier Partnern werden Empfehlungen für Daten-, Postprozessierungs- und Evaluierungsstandards erarbeitet und Fallstudien in den Sektoren Infrastruktur (DWD), Landwirtschaft (BSC, Barcelona), Versicherung (Met Office, Exeter) und Energie (CMCC, Bologna) in Kooperation mit Nutzer\*innen entwickelt. Die Fallstudien werden im Februar 2021 auf einer europäischen Veranstaltung mit Nutzer\*innen diskutiert (bei Interesse melden Sie sich gerne unter [klima.offenbach@dwd.de](mailto:klima.offenbach@dwd.de)). Die DWD-Fallstudie kooperiert mit dem Wupperverband, der hochaufgelöste Dürrevorhersagen (Standardisierter Niederschlags-Index SPI, Standardisierter Niederschlags-Verdunstungs-Index SPEI) für das erste, zweite und dritte Vorhersagejahr sowie die hydrologischen Jahreszeiten des 3-Jahresmittels (Februar-April FMA, Mai-Juli MJJ, August-Oktober ASO, November-Januar NDJ) im Wupper-Einzugsgebiet benötigt.

Das dekadische Klimavorhersagesystem basierend auf dem Globalmodell MPI-ESM-HR (100 km) wird mit dem statistischen Downscaling-Verfahren EPISODES auf eine Gitterweite von 12,5 km für Deutschland gebracht. SPI und SPEI standardisieren Niederschlag und klimatische Wasserbilanz (Niederschlag – potentielle Evapotranspiration PET), wobei die PET nach der Penman-Monteith-Methode aus Temperatur, Luftfeuchte, Strahlung und Wind berechnet wird. Der SPI wird im Zeitraum ~1961-2015 (je nach Vorhersagezeitraum) mit HYRAS-Be-

obachtungen evaluiert und anhand einer Rekalibrierung statistisch korrigiert. Aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit von HYRAS-Beobachtungen und TRY-Basisdaten aus Beobachtungen wird der SPEI im kürzeren Zeitraum ~1995-2012 und ohne Rekalibrierung evaluiert.

Das Gütemaß RPSS berechnet, ob die probabilistische Vorhersagegüte der dekadischen Klimavorhersage höher oder niedriger als diejenige der langfristigen beobachteten Klimatologie ist. Abb. 6 zeigt eine höhere Güte der EPISODES-Vorhersagen für beide Dürreindizes zu unterschiedlichen Vorhersagezeiträumen (SPI für das 2. und 3. Jahr sowie ASO und NDJ im 3-Jahresmittel, SPEI für das 1. Jahr sowie FMA und MJJ im 3-Jahresmittel), weil sich die Güte der Inputdaten unterscheidet. Weiterhin verbessert das hochaufgelöste statistische Downscaling die Güte und Signifikanz des Globalmodells in den meisten Regionen Deutschlands.

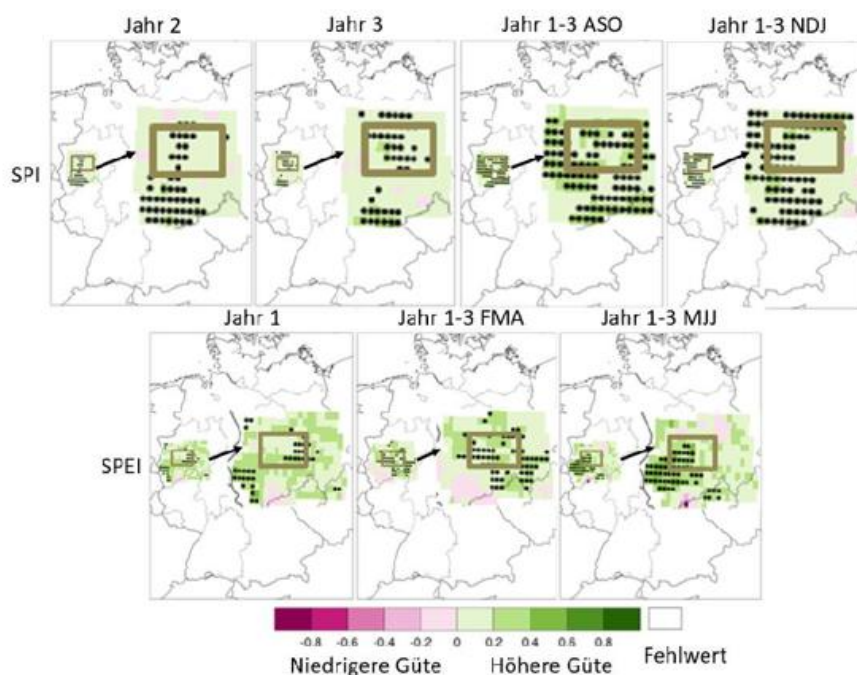


Abb. 6 Probabilistische Vorhersagegüte (RPSS) der dekadischen Klimavorhersagen des statistischen Downscaling-Verfahrens EPISODES im Wupper-Einzugsgebiet (braunes Rechteck, mit Vergrößerungsausschnitt) für SPI (oben) und SPEI (unten) zu den Vorhersagezeiträumen mit bester Güte im Vergleich zur beobachteten Klimatologie. Punkte markieren das 95% Signifikanzniveau von 500 Bootstraps (Quelle: DWD).

## Impressum:

Herausgeber: Deutscher Wetterdienst  
Zentrales Klimabüro  
Frankfurter Straße 135  
63067 Offenbach  
[www.dwd.de](http://www.dwd.de)

Der Deutsche Wetterdienst ist eine teilrechtsfähige Anstalt des öffentlichen Rechts im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur.

Auf <https://www.dwd.de/newsletter> können Sie den Newsletter abonnieren oder abbestellen.

Der Deutsche Wetterdienst verarbeitet Ihre personenbezogenen Daten im gesetzlich zulässigen Rahmen. Nähere Informationen hierzu finden Sie in unserer Datenschutzhinweise unter <https://www.dwd.de/datenschutz>.