

## Newsletter Klimavorhersagen und Klimaprojektionen – Nr. 2 / April 2021

### Hintergrund:

Der Bedarf an Klimavorhersagen und Klimaprojektionen mit Aussagen für die 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 bekannten Wettervorhersagen (Tage bis zwei Wochen) verwendet der Deutsche Wetterdienst (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 Klimaforschung und Anwendung dar. Wünsche und Kritik sind sehr willkommen via E-Mail an [klima.offenbach@dwd.de](mailto:klima.offenbach@dwd.de).

### *Hochaufgelöste Vorhersagen auf der Klimavorhersagen-Webseite:*

Die dekadischen Klimavorhersagen der [DWD-Klimavorhersagen-Webseite](#) wurden für den Zeitraum 2021-2030 aktualisiert. Dabei wurde eine **neue Version des dekadischen Klimavorhersagesystems** genutzt, das auf dem gekoppelten globalen Erdsystemmodell MPI-ESM beruht. Beobachtungs- und Reanalysedaten von Atmosphäre und Ozean werden zum Modellstart herangezogen, letztere mit Hilfe des neu implementierten Ensemble-Kalman-Filters. Das neue Modellsystem weist zwar eine gröbere horizontale Gitterweite von 200 km aber in einigen Regionen eine bessere Vorhersagegüte als das alte System auf, z.B. in der für El Niño bedeutenden Region des zentralen und östlichen tropischen Pazifiks.

Dem Nutzerbedarf an Klimadaten mit hoher räumlichen Auflösung folgend wurden diese globalen dekadischen Klimavorhersagen mithilfe des am DWD entwickelten empirisch-statistischen **Downscaling-Verfahrens** namens [EPISODES](#) für Deutschland auf eine Gitterweite von 20 km für die Webdarstellung gebracht. Dabei wird ein statistischer Zusammenhang zwischen großskaliger Zirkulation und lokalem Wettergeschehen (Temperatur und Niederschlag) für Beobachtungs- und Reanalysedaten in der Vergangenheit aufgebaut und auf die Zirkulation der globalen dekadischen Klimavorhersagen angewandt. So werden hochaufgelöste und konsistente dekadische Klimavorhersagen von Temperatur und Niederschlag für Deutschland erzeugt. Sie bilden die Grundlage für die Basis- und Experten Klimavorhersagen der DWD-Klimavorhersagen-Webseite. EPISODES dient aktuell auch zur Übertragung von [CMIP6-Klimaprojektionen](#) (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6, Vergleichsprojekt gekoppelter Klimamodelle), saisonalen Klimavorhersagen des DWD sowie Witterungsvorhersagen des EZMW auf die regionale Skala.

Die aktuellen **Ensemblemittel- und Wahrscheinlichkeitsvorhersagen für 2021-2030** wurden auf den neuen Klimatologie-Zeitraum 1991-2020 der Weltmeteorologie-Organisation



(WMO) bezogen. Das beeinflusst vor allem die Werte der Temperaturvorhersage, weil der Zeitraum 1991-2020 deutlich wärmer als der vorherige Zeitraum 1981-2010 war. Zur Bestimmung der Vorhersagegüte für die Welt und Europa wurden die neuen europäischen Reanalyzedatensätze des EZMW (ERA5) für Temperatur sowie globale Niederschlags-Beobachtungsdaten (GPCC- und GPCP) herangezogen. Die hochaufgelösten EPISODES-Datensätze wurden in Deutschland mit [DWD-Rasterdaten](#) für Temperatur und [HYRAS](#)-Beobachtungen für Niederschlag verglichen.

Abb. 1 zeigt exemplarisch die aktuelle **Expertenklimavorhersage** für Deutschland mit einer Gitterweite von 20 km. Die Ensemblemittelvorhersage für Temperatur im Jahr 2021 und den Jahren 2021-2025 zeigt meist 0,5-1,0°C höhere Werte als die Klimatologie des Zeitraums 1991-2020. Die Vorhersagegüte erreicht überall die höchste Stufe. Die Wahrscheinlichkeitsvorhersage für Niederschlag sagt für das Jahr 2021 meist trockene Verhältnisse voraus, deren Wahrscheinlichkeit sich im Zeitraum 2021-2025 noch erhöht. Die Vorhersagequalität ist im Jahr 2021 eingeschränkt, weist jedoch im Fünf-Jahresmittel eine höhere Güte im Norden Deutschlands auf. Insgesamt kann EPISODES die Vorhersagegüte des globalen Klimamodells auf höherer, räumlicher Auflösung erhalten. Bei Niederschlag zeigen sich sogar einige Verbesserungen auf der höheren Auflösung.

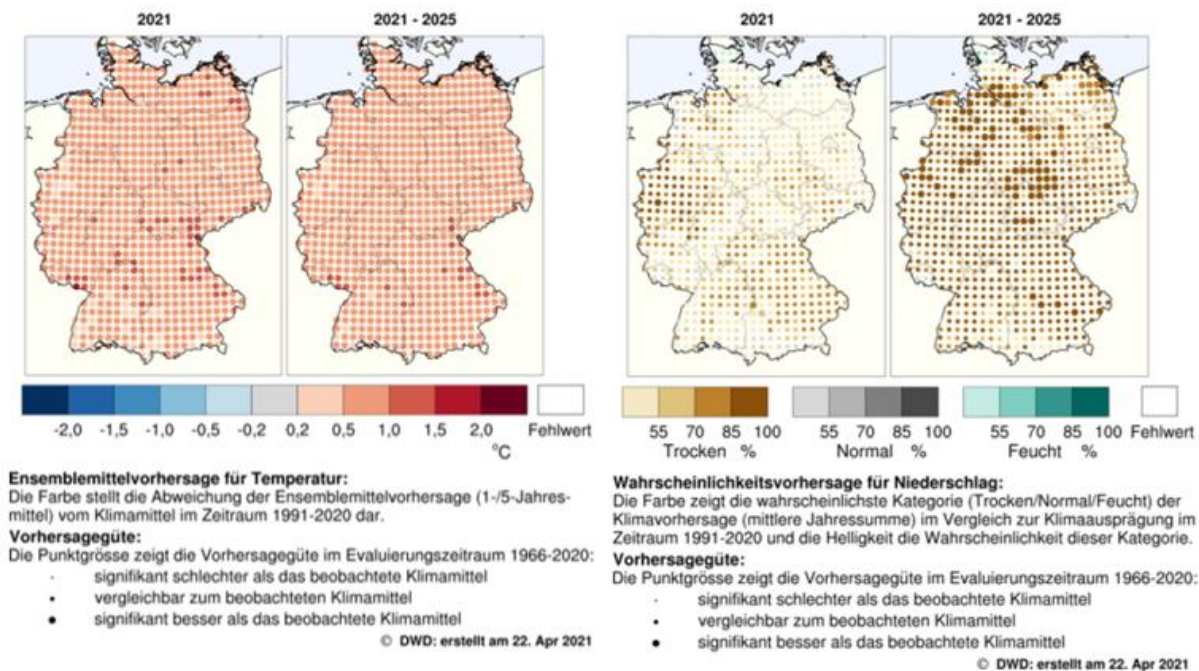


Abb. 1 Karten der Ensemblemittelvorhersage für Temperatur und Wahrscheinlichkeitsvorhersage für Niederschlag in Deutschland im Jahr 2021 und den Jahren 2021-2025 (Quelle: DWD).

Die Webseite zeigt weiterhin **Zeitreihen** der Basisklimavorhersagen für Deutschland. Die Ensemblemittelvorhersage für Temperatur wurde um Box-Whisker-Abbildungen erweitert, um die Bandbreite der Ensemble-Verteilung klarer darzustellen. Für die kommenden 1- und 5-Jahresmittel werden im Mittel um 0,7-0,9°C höhere Werte im Vergleich zur Klimatologie von 1991-2020 vorhergesagt. Die Bandbreite schwankt zwischen -0,2°C und +1,6°C. Die Vorhersagegüte des Ensemblemittels erreicht die höchste Stufe. Die Balkendiagramme der Wahrscheinlichkeitsvorhersage für Niederschlag zeigen deutlich hohe Wahrscheinlichkeiten für trockene Verhältnisse in Deutschland über alle Zeitschritte und eine mittlere Vorhersagegüte.

### Geplante Erweiterungen der Klimavorhersagen-Webseite:

Das **Projekt FPCUP Seamless Web** (FPCUP steht für „Framework Partnership Agreement on Copernicus User Uptake“) unterstützt die Weiterentwicklung der DWD-Klimavorhersagen-Webseite. Ziel ist es, die Klimadienste des DWD basierend auf den Klimavorhersagen des Copernicus-Klimawandeldiensts zu erweitern und noch übersichtlicher und anwendungsfreundlicher zu gestalten. Dies zeigen die folgenden Weiterentwicklungspläne.

Hinter der Klimavorhersagen-Webseite steht die Idee, eine möglichst nahtlose und zeitraumübergreifende Sicht auf das Klima in Deutschland zu ermöglichen. Dazu gehören nicht nur die dekadischen Klimavorhersagen, sondern auch die **Jahreszeiten- und Witterungsvorhersagen**. Die beiden letztgenannten sollen in den kommenden Monaten das Angebot der dekadischen Klimavorhersagen ergänzen. Dazu werden die [DWD-Jahreszeitenvorhersagen](#) für die kommenden sechs Monate sowie die [EZMW-Witterungsvorhersagen](#) für die kommenden sechs Wochen herangezogen und eine konsistente Evaluierung und Darstellung über alle Zeitskalen ermöglicht.

Weiterhin ist geplant, den **Seamless Web**-Gedanken durch eine zusätzliche Einstiegsseite zu vermitteln, die eine Übersicht über alle verschiedenen Klimazeiträume geben soll. Diese geplante Zeitreihe verknüpft die Klimavorhersagen mit Beobachtungen aus der Vergangenheit und Klimaprojektionen für die entferntere Zukunft. Trotz der unterschiedlichen Methoden, die für die einzelnen Zeitskalen verwendet werden, soll deutlich werden, dass es sich bei der klimatischen Entwicklung um einen kontinuierlichen Prozess handelt. Von dieser Einstiegsseite aus soll der Zugang zu den Produkten der verschiedenen Vorhersagezeiträume möglich sein.

Zur Steigerung der Nutzungsfreundlichkeit sollen **interaktive Elemente** wie z.B. „Klick-“ und „Mouse-Over-“ Elemente auf der Klimavorhersagen-Webseite integriert werden, um die Navigation zu vereinfachen. Karten und Zeitreihen sollen nebeneinander dargestellt werden und neue, übersichtliche Auswahlmöglichkeiten in Raum und Zeit bieten: die verschiedenen Regionen Deutschlands sollen über die Deutschlandkarte und die betrachteten Vorhersagezeiträume über die Zeitreihe auswählbar sein, wobei sich die entsprechenden Abbildungen nach Auswahl automatisch aktualisieren (siehe Abb. 2). Die vier deutschen Regionen sollen nach aktuellem Plan um zusätzliche räumliche Elemente erweitert werden, um auch Klimavorhersagen für einzelne Stadt- oder Landkreise anbieten zu können.

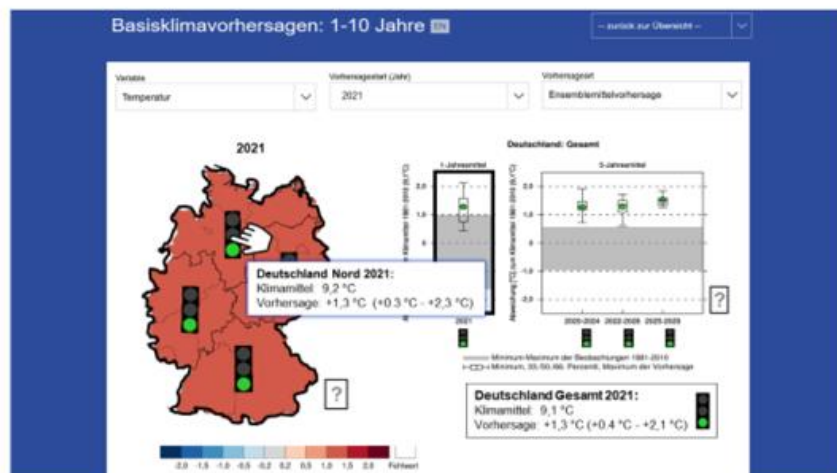


Abb. 2 Konzept zur interaktiven, kombinierten Darstellung von Karte und Zeitreihe der Basisklimavorhersagen der Klimavorhersagen-Webseite (Quelle: DWD).

### Neue Entwicklungen im Bereich regionaler Klimaprojektionen:

Im Rahmen der Arbeiten für den 6. Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change ([IPCC AR6](#)) gibt es auch für die Nutzenden regionaler Klimaprojektionen eine Reihe neuer und relevanter Entwicklungen.

Für die globalen Klimaprojektionen, welche die Datenbasis für den AR6 darstellen, wurden **neue Szenarien** genutzt. Diese stellen eine Weiterentwicklung der im 5. Sachstandsbericht des IPCC genutzten RCP-Szenarien (Representative Concentrations Pathways – RCP) dar. Jedes der RCP-Szenarien wurde nun mit einem ökonomischen und gesellschaftlichen Entwicklungspfad (Shared Socioeconomic Pathways – SSP) verbunden. Diese Pfade können zu den unterschiedlichen RCP-Szenarien führen und werden mit sogenannten Narrativen beschrieben. Diese Narrative beinhalten die sozioökonomischen, demographischen, technologischen, politischen, institutionellen und Lebensstil-Trends. Es werden fünf verschiedene Entwicklungspfade (SSP1 bis SSP5) beschrieben.

Die RCPs legen Pfade für die Treibhausgaskonzentrationen fest und damit auch das Ausmaß der Erwärmung, die bis zum Ende des Jahrhunderts eintreten könnte. Die SSPs hingegen stellen die Bühne dar, auf der Emissionsreduzierungen erreicht werden können. Ein Klimaszenario ist daher immer eine **Kombination aus einem RCP und einem SSP-Szenario**. Beispiele für diese Kombinationen sind SSP1+RCP2.6 (SSP1-2.6) oder SSP3+RCP7.0 (SSP3-7.0).

Die neue, in CMIP 6 verwendete Generation der Erdsystemmodelle hat gegenüber ihren Vorgängern teilweise eine **erhöhte Klima-Sensitivität**. Als Klima-Sensitivität bezeichnet man die Reaktion des Klimasystems (die sich einstellende Erwärmung) bei einer Verdopplung der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration. Diese Sensitivität führt dazu, dass bei Verwendung eines vergleichbaren Szenarios in den verschiedenen Klimamodellen eine unterschiedliche, teilweise höhere, Erwärmung am Ende des Jahrhunderts auftreten kann.

Für das dynamische Downscaling der neuen globalen Simulationen auf eine höhere horizontale Auflösung (Abb. 3) werden aktuell die Rahmenbedingungen definiert. Zwei Punkte sind hier wichtig: Zum einen sollen die regionalen Datensätze zukünftig die Jahre ab 1961 beinhalten. So sind Vergleiche auf Basis der WMO-Referenzperiode für den Klimawandel (1961-1990) möglich. Zum anderen sieht der aktuelle Vorschlag für das **neue CORDEX-Protokoll** ([CORDEX: Coordinated Regional Downscaling Experiment](#)) vor, dass in der ersten Priorität die regionalen Klimaprojektionen für die Szenarien SSP1-2.6 und SSP3-7.0 erstellt werden.

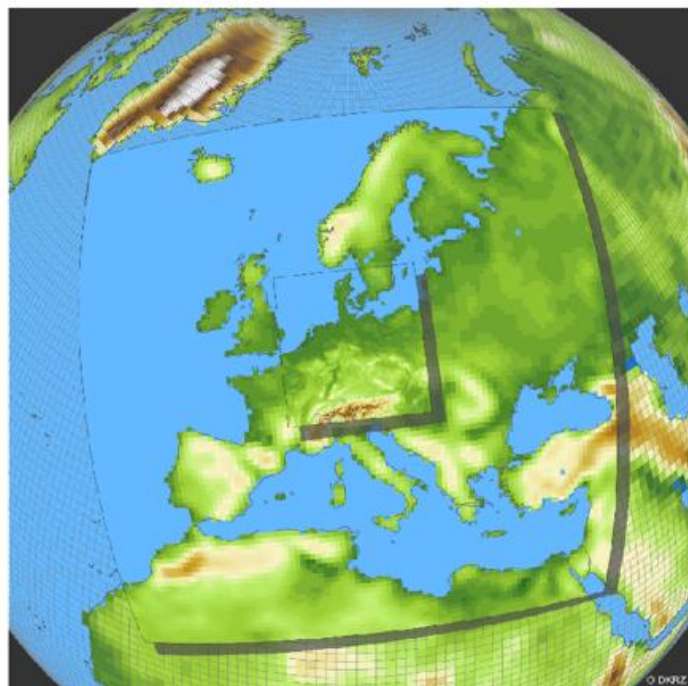


Abb. 3 Systematische Darstellung des Downscalings: Das Globalmodell wird zuerst auf eine höhere Auflösung über Europa gebracht und dann in einem zweiten Schritt auf eine noch höhere Auflösung in Deutschland (Quelle: DKRZ).

### Das Projekt IVS-Sturzfluten:

Die Veränderung zukünftiger Extremereignisse ist von großer Bedeutung für Politik und Gesellschaft. Mit großer Wahrscheinlichkeit führt eine Veränderung der mittleren Klimaverhältnisse auch zu größeren Änderungen der Wetterextreme. Mit diesem Hintergrund verfolgt das **Projekt IVS-Sturzfluten** (Integriertes VorhersageSystem Sturzfluten) die Analyse und Kartierung von Niederschlagsextremereignissen aus Klimaprojektionen.

Die vorläufige **Datengrundlage** zur Analyse hoher Niederschlagsmengen basiert auf den [DWD-Referenz-Ensembles v2018](#) für unterschiedliche Zukunftsszenarien, welche aus bis zu 21 regionalen Klimaprojektionen bestehen. Aus Modelltagsdaten werden drei Perzentile (90., 95. und 99.) von 30-jährigen Zeiträumen der Gegenwart sowie unterschiedlicher Zukunftsszenarien (RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5), berechnet. So wird die Veränderung der **Niederschlagsmenge und der Überschreitungshäufigkeiten** (des jeweiligen Perzentils) für die Zukunft ermittelt. Ein Regionalisierungsverfahren ermöglicht Ergebnisse für einzelne Landkreise. Anhand von statistischen Tests und Falschalarm-Raten wird ermittelt, in welchem Maße signifikante Veränderungen der Regenmenge bzw. Überschreitungshäufigkeit am Ende des 21. Jahrhunderts in einem Landkreis vorliegen. Dazu müssen 90 % aller Modellsimulationen das gleiche Vorzeichen im mittleren Änderungssignal vorweisen und bei 80 % eine signifikante Änderung auftreten (Signifikanzniveau 90 %).

Diese **Ergebnisse** zeigen, dass Ende des 21. Jahrhunderts Niederschlagsereignisse im Winter, welche das 99. Perzentil überschreiten, eine um bis zu 25 % erhöhte Regenmenge aufweisen. Die Auftretswahrscheinlichkeit dieser Ereignisse verdoppelt sich gegenüber der historischen Periode 1971-2000. Signifikante Ergebnisse liegen in Norddeutschland, dem Alpenvorland und Rheinland-Pfalz (siehe Abb. 4). Der Sommer ergibt eine Veränderung der Regenmenge von 5-15 % und eine leicht erhöhte Auftretswahrscheinlichkeit von 25-50 %, jedoch sind diese Ergebnisse bundesweit größtenteils statistisch nicht signifikant.

**Zukünftig** werden Extreme einer konvektionserlaubenden Simulation über Deutschland und die Veränderung von Niederschlagsereignissen im Zusammenhang mit ihrer Dauerstufe und Wiederkehrzeit untersucht, vor allem für solche Ereignisse, die nur wenige Stunden andauern.

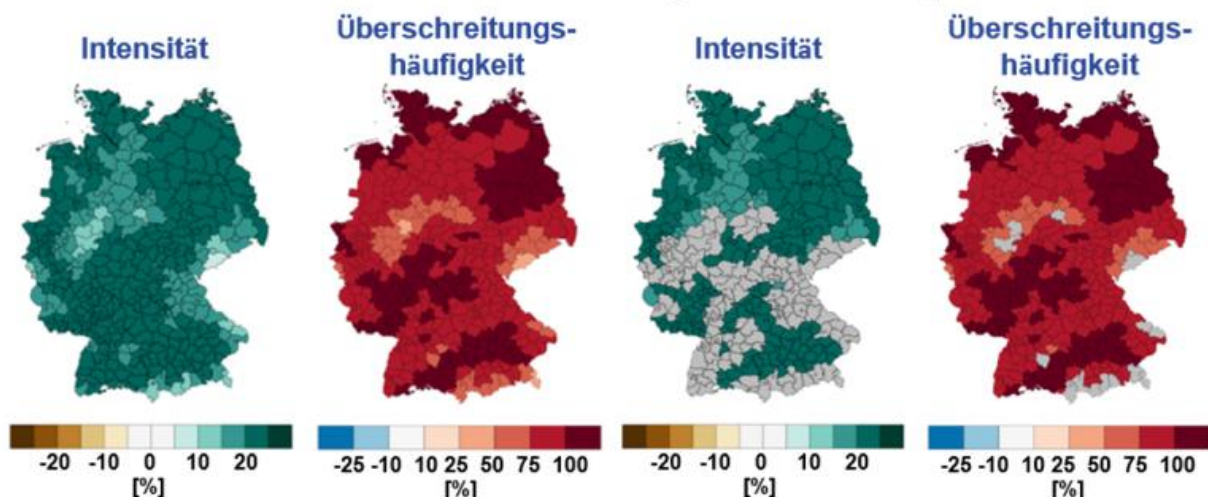


Abb. 4 Änderung der Niederschlagsintensität und Überschreitungshäufigkeit im Winter 2071-2100 gegenüber 1971-2000 (DWD-Referenzensemble, RCP8.5) für das 99. Perzentil (links). Die Regionen mit statistisch signifikanten Änderungen werden rechts gezeigt, wobei die Regionen mit nicht-signifikantem Signal grau dargestellt sind (Quelle: DWD).

### Modellentwicklung ICON-Seamless:

Im Rahmen der Entwicklung des Wetter- und Klimamodells ICON werden nun weitere Schritte gestartet, um perspektivisch ein **Erdsystemmodell für Wetter- und Klimavorhersagen** (im folgenden „ICON-Seamless“) zu entwickeln. Dieses soll auf den Komponenten des numerischen Wettervorhersagemodells ICON-NWV des DWD, des Ozean-Meereismodells ICON-O des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (MPI-M) und des vom Karlsruhe Institut für Technologie (KIT) entwickelten Aerosol- und Chemiemodells ICON-ART beruhen und eine einheitliche Beschreibung der physikalischen Prozesse aufweisen (siehe Abb. 5). Perspektivisch umfasst dieses auch Klimaprojektionen, inklusive der dafür wichtigen Stoffkreisläufe, und ultra-hochaufgelöste Klimasimulationen.

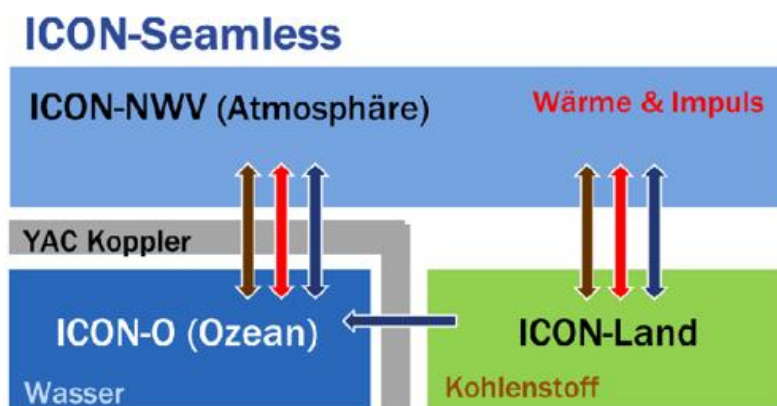


Abb. 5 Komponenten von ICON-Seamless (Quelle: MPI-M, verändert durch DWD).

Zur Umsetzung dieser Aufgaben wurden zunächst vier Arbeitsbereiche identifiziert, welche die Entwicklung von ICON-Seamless vorantreiben werden: **1) Atmosphäre, 2) Atmosphäre-Land, 3) Atmosphäre-Ozean und 4) Datenassimilation** (Abb. 6). Für jeden dieser Arbeitsbereiche wurde je eine *Expertengruppe* eingesetzt. Die Arbeitspakete der einzelnen Expertengruppen sind so definiert, dass sie weitestgehend unabhängig voneinander bearbeitet werden können und möglichst früh *numerische Experimente* erlauben, um eine zielgerichtete Codeentwicklung mit lauffähigen und qualitativ hochwertigen Systemen zu erreichen. Ferner wird die Modellentwicklung bereits frühzeitig mit grundlegenden *wissenschaftlichen Fragestellungen* verknüpft. Neben der Kopplung des Ozeanmodells und perspektivisch eines konsolidierten Landmodells werden im Rahmen der Evaluierung von ICON-Seamless die Auswirkungen der notwendigen Erweiterungen der NWV-Physik auf Klimasimulationen näher untersucht.



Abb. 6 Expertengruppen für die ICON-Seamless Entwicklung (Quelle: Pixabay).

ICON-Seamless wird im Routinebetrieb beim DWD für die Wetter- und Klimavorhersagen eingesetzt werden. Perspektivisch werden auch Klimaprojektionen mit ICON-Seamless berechnet werden.

## 2. Nutzerworkshop Klimavorhersagen und Klimaprojektionen:

Der zweite **Nutzerworkshop „Klimavorhersagen und Klimaprojektionen“** am 15.-17. Juni 2021 wird aufgrund der aktuellen Situation als Online-Veranstaltung durchgeführt. Er stellt den aktuellen Stand von Wissenschaft und nutzerspezifischen Anwendungen zu Klimaprojekten in den Bereichen Witterungs-, Jahreszeiten- und dekadische Klimavorhersagen sowie regionale Klimaprojektionen vor und thematisiert deren zukünftige Perspektiven.

Am **ersten Tag** wird der Copernicus-Klimawandeldienst und die Qualitätssicherung von Klimasimulationen am DWD vorgestellt sowie Interpretationshilfen und Kommunikationsansätze zu Klimaprojektionen gegeben. Am Vormittag des **zweiten Tages** werden Klimadienste des DWD präsentiert, insbesondere der Nationale Klimareport, der Monatliche Klimastatus, der DAS-Basisdienst und die operationelle DWD-Klimavorhersagen-Webseite und deren geplante Erweiterungen. Damit beginnt der Workshop-Teil des FPCUP Seamless Web-Projekts, welcher am Nachmittag einen Einblick in die Entwicklung von Klimaprojekten auf unterschiedlichen Klimazeitskalen von Witterungsvorhersagen bis Klimaprojektionen bietet. Am **dritten Tag** informieren Nutzende unterschiedlicher Klimaprojekte über ihre Bedarfe, Anwendungen und Erfahrungen. Die gesammelten Ideen werden im Anschluss zusammengefasst.

Der Workshop bietet ausreichend Zeit für den Austausch zwischen allen Interessierten und die Diskussion verschiedenster Anwendungsmöglichkeiten. So werden mehrere Kleingruppendiskussionen zu unterschiedlichen Themenbereichen durchgeführt und auf zwei Marktplätzen der Ideen „Wir suchen, wir bieten“ können alle Teilnehmenden ihren Bedarf und ihr Angebot im Bereich Klimavorhersagen und Klimaprojektionen vorstellen und diskutieren.

Bei Bedarf kann am Vormittag des ersten Tages ein Einführungsseminar „Klimavorhersagen und Klimaprojektionen“ angeboten werden. Bitte bekunden Sie Ihr Interesse bei der Anmeldung. Alle **Informationen zum Workshop** finden Sie unter [www.dwd.de/klimanutzer-workshop](http://www.dwd.de/klimanutzer-workshop). Die Veranstaltung ist kostenfrei. Es wird um Anmeldung bis zum 11. Juni 2021 gebeten.

### 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 Datenschutzerklärung unter <https://www.dwd.de/datenschutz>.