



## WEITERENTWICKLUNG DER METEOROLOGIE ZUR VERBESSERUNG DER GLOBALEN NUMERISCHEN WETTERVORHERSAGE

Gegründet wurde das EZMW am 1. November 1975 als zwischenstaatliche Organisation mit dem Kernauftrag, die numerische Wettervorhersage durch Weiterentwicklung der Meteorologie zu verbessern. Mit 23 Mitgliedstaaten und 12 Zusammenarbeitsstaaten beschäftigt das Zentrum über 450 internationale Mitarbeiter\*innen an drei Standorten. Das Zentrum, das Forschung und operationelle 24-Stunden-Dienste unter einem Dach vereint, erstellt für seine Mitglieds- und Zusammenarbeitsstaaten und die breitere Wissensgemeinschaft globale numerische Wettervorhersagen und andere Daten. Das Zentrum stellt außerdem einen Katalog von Vorhersagedaten bereit, die unter verschiedenen Lizenzen, darunter zur gewerblichen Datennutzung, verfügbar sind, sowie ein wachsendes Angebot an Open Data und Visualisierungen. Weitere strategische Aktivitäten des Zentrums bestehen in der Pflege eines Datenarchivs, Fortbildungsangeboten und der Unterstützung der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) bei der Umsetzung ihrer Programme.

Durch seine Beteiligung am Copernicus-Programm trägt das EZMW zur Bereitstellung von Umweltdaten im Auftrag der Europäischen Union (EU) bei. Insbesondere liefert das Zentrum Daten zum Klima, zur Zusammensetzung der Atmosphäre, zu Brandrisiken und zu Hochwasserereignissen. Im Rahmen der EU-Initiative „Destination Earth“, die gemeinsam von der ESA, von EUMETSAT und dem EZMW unter der Schirmherrschaft der Europäischen Kommission entwickelt wird, erstellt das EZMW digitale Zwillinge des Erdsystems und unterstützt auf diese Weise Strategien zur Anpassung an den Klimawandel und die Entscheidungsfindung, um Auswirkungen von Klimaextremen zu verringern.

**EUROPÄISCHES ZENTRUM FÜR MITTELFRISTIGE WETTERVORHERSAGE**



**Die Einrichtung des EZMW war ein wichtiger Meilenstein in der wissenschaftlichen und technischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Meteorologie. Das Zentrum verfügt über ein Hochleistungsrechenzentrum sowie einen Stab von wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiter\*innen. Neben mittelfristigen Wettervorhersagen gehören auch hiermit verbundene Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zu den Aufgaben des Zentrums. Der kollaborative Ansatz trägt entscheidend zum Erfolg des Zentrums bei. Er unterstützt das EZMW bei der Weiterentwicklung seiner Modelle und dabei, den sich wandelnden Nutzerbedürfnissen jederzeit entsprechen zu können.**

---

## **Globale numerische Wettervorhersage am EZMW**

### **Integriertes Vorhersagesystem**

Das Integrierte Vorhersagesystem (IFS) des EZMW erstellt Vorhersagen für unterschiedliche Fristen, um verschiedenen Nutzerbedürfnissen gerecht zu werden. Die Vorhersagen enthalten zentrale Aspekte der Vorhersageentwicklung und der damit einhergehenden Unsicherheiten. Spezifische Produkte sind auf die Vorhersage möglicher Unwetterereignisse (tropische Wirbelstürme, Hitzewellen u.a.) ausgelegt.

Vorhersagen decken neben der Mittelfrist (bis zu 15 Tagen Vorlauf) auch die erweiterte Frist (bis zu 46 Tagen Vorlauf) und die Langfrist (bis zu einem Jahr Vorlauf) ab.

### **Ensemblevorhersagen**

Jede Mittelfrist-Vorhersage des EZMW besteht aus 51 Ensemble Members (Wetterszenarien) mit einer horizontalen Auflösung von 9 km. Sie umfasst eine Frist von bis zu 15 Tagen.

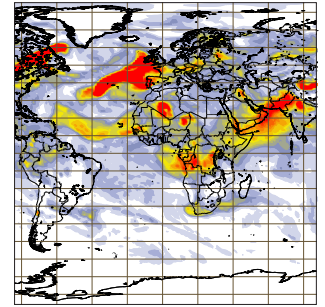
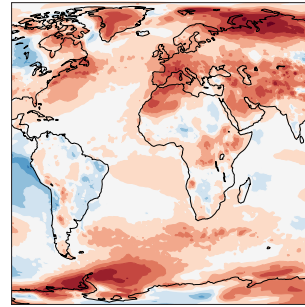
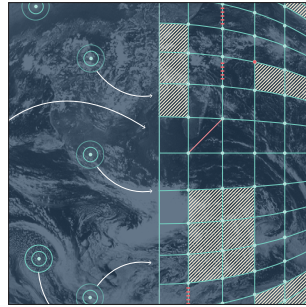
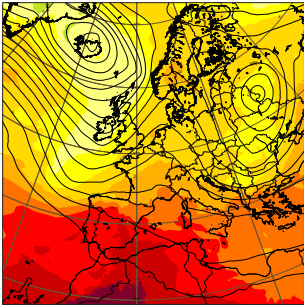
Erweiterte Wettervorhersagen bis zu 46 Tage im Voraus basieren auf 101 Ensemble Members. Sie zeigen die vorhergesagten Wetteränderungen von Woche zu Woche.

Langfristige Vorhersagen, auch saisonale Vorhersagen genannt, werden in der Regel bis zu sieben Monate im Voraus erstellt. Auch hierbei handelt es sich um Ensemble-Vorhersagen. Sie stellen die künftig erwarteten Bedingungen von Atmosphäre/Land/Ozeanen dar, gemittelt über ein bis drei Monate. Die Langfrist-Vorhersagen des EZMW fließen auch in die saisonalen Vorhersageseiten des vom EZMW implementierten Copernicus-Klimawandeldienst (Copernicus Climate Change Service – C3S) der EU ein. Diese Seiten zeigen saisonale Vorhersagen für eine Reihe von Parametern aus acht Vorhersagezentren, einschließlich des EZMW, sowie kombinierte saisonale C3S-Visualisierungen, die auf mehreren Systemen beruhen.

### **Unsicherheitsauswertung**

Die ensemblebasierten Wettervorhersagen beschreiben die Spannweite möglicher Szenarien und ihre Eintrittswahrscheinlichkeit. Staatliche Stellen, Rettungsdienste und Unternehmen sowie Bürger\*innen erhalten dadurch eine fundierte Planungs- und Entscheidungsgrundlage.





---

## Die Zukunft von Hochleistungsrechnern in der numerischen Wettervorhersage gestalten

Seit der Inbetriebnahme eines CRAY-1-Supercomputers im Jahr 1978 nutzt das EZMW für seine Wettervorhersagen eine Hochleistungsrechenanlage (HPC-Anlage) der Spitzenklasse. Das aktuelle System, das im Rechenzentrum des EZMW in Bologna (Italien) untergebracht ist, besteht aus vier Atos BullSequana XH2000 Clustern.

Die Zuteilung der verfügbaren Rechenressourcen erfolgt nach einer festen Vorgabe: 50 % der Ressourcen sind den EZMW-Forschungsaktivitäten, 25 % den operativen Aktivitäten und 25 % den Programmen der EZMW-Mitgliedstaaten zugewiesen. Der Schwerpunkt liegt auf der betrie-

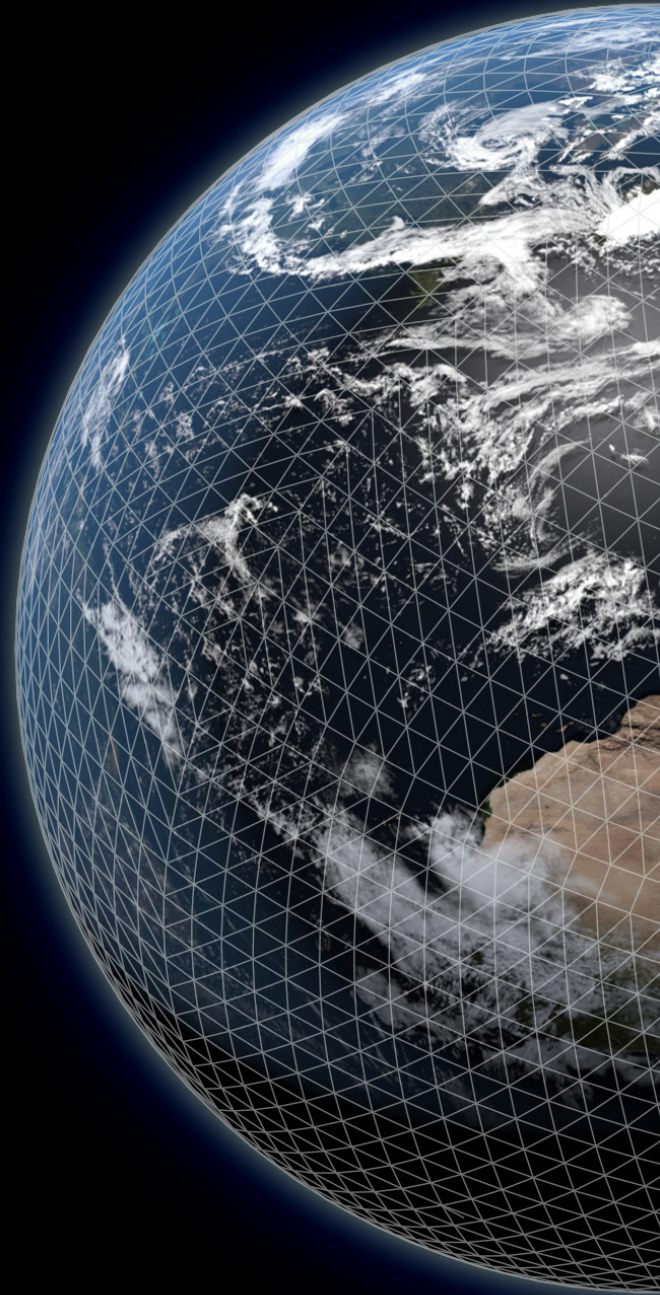
blichen Erstellung von Vorhersagen nach einem genauen Zeitplan. Nutzer\*innen können sich auf diese Weise auf eine hohe Dienstqualität verlassen. Dabei werden die HPC-Ressourcen effizient genutzt, und ein durchgängig hoher Auslastungsgrad ist gewährleistet.

---

## Erforschung von maschinellem Lernen in der numerischen Wettervorhersage

Mit wachsenden Datenmengen und immer höheren Anforderungen an energieeffizientes Computing spielt maschinelles Lernen (ML) eine wichtige Rolle bei der numerischen Wettervorhersage und bei der Modellierung und Vorhersage des Erdsystems im Allgemeinen. Das EZMW sieht die Möglichkeiten, aber auch die damit verbundenen Herausforderungen, und es intensiviert seine Entwicklung in diesem Bereich in Zusammenarbeit mit seinen Mitgliedstaaten.





### Aufbau effektiver Partnerschaften

Seit seiner Gründung im Jahr 1975 wird das EZMW durch die wachsende Anzahl seiner Mitglieds- und Zusammenarbeitsstaaten unterstützt. Sie fördern das Zentrum finanziell sowie durch wissenschaftliche Kooperationen und den Austausch von Fachwissen. Darüber hinaus hat das EZMW seinen kollaborativen Ansatz durch unterschiedliche Partnerschaften mit Wetterdiensten, Forschungszentren, Universitäten und Raumfahrtagenturen in Europa, den USA, China, Brasilien, Japan und natürlich auch im Rahmen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) ausgebaut. Es besteht auch eine enge Partnerschaft mit der EU, auch wenn das EZMW unabhängig von ihr ist. Mithilfe von EU-Forschungsmitteln konnte das Zentrum seine Kompetenzen insbesondere bei Skalierbarkeitsproblemen und in der saisonalen Vorhersage erweitern. Im Rahmen des EU-Flaggschiffprogramms Copernicus stellt das EZMW zwei Dienste zum Klimawandel und zur Überwachung der Atmosphäre bereit. Es ist außerdem Teil der EU-Initiative „Destination Earth“ zur Erstellung eines digitalen Zwillings der Erde.



Reading (Vereinigtes Königreich), Bologna (Italien), Bonn (Deutschland)  
[www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int)