



LUDWIG-  
MAXIMILIANS-  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN

BayWISS-Verbundkolleg „Life Sciences und Grüne Technologien“  
2. Netzwerktreffen, 12.11.2020

# Digitale Innovation in Forschung und Lehre - Erfahrungen und Chancen unter besonderen Umständen

Prof. Dr. Ralf Ludwig  
Department für Geographie  
Fakultät für Geowissenschaften  
Ludwig-Maximilians-Universität München



# Worum geht's heute?

## Versuch einer Gliederung

Digitalisierung und Nachhaltigkeit

Neue digitale Möglichkeiten in der Forschung – oder  
“Big Data & HPC & AI und was auf einmal alles geht...”

Neue Herausforderungen für und Erwartungen  
an die Wissenschaft(ler\*innen)  
(Neue Daten und Infrastruktur, Citizen Science, Open Science, Science Communication)

Diskussion zum neuen digitalen Alltag  
in Forschung und Lehre



# Digitalisierung und Nachhaltigkeit

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2019):  
Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Zusammenfassung. Berlin: WBGU.

***Digitalisierung** = die Entwicklung und Anwendung digitaler sowie digitalisierter Techniken, die sich mit allen anderen Techniken und Methoden verzahnt und diese erweitert.*

***Digitalisierung** wirkt in allen wirtschaftlichen, sozialen und gesellschaftlichen Systemen tiefgreifend und entfaltet eine immer größere transformative Wucht, die den Menschen, die Gesellschaften und den Planeten zunehmend fundamental beeinflusst und daher gestaltet werden muss.*

**Digitalisierung** muss so gestaltet werden, dass sie als Hebel und Unterstützung für die Große Transformation zur Nachhaltigkeit dienen und mit ihr synchronisiert werden kann.



# Digitalisierung und Nachhaltigkeit

Anja Karliczek, Bundesministerin für Bildung und Forschung  
am 11.04.2019 zum WBGU-Gutachten:

„Die Digitalisierung bietet große Chancen für die nachhaltige Entwicklung und den Klimaschutz. **Forschung** und Innovationen auf diesem Gebiet sind ein zentraler Schlüssel und wichtiger Impuls- und Ideengeber für den Schutz unserer Umwelt und des Klimas. [...]

Auch die **Bildung** ist ein wichtiger Faktor für eine nachhaltige Entwicklung. Mit guten Bildungsangeboten wie „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ können wir die Grundlagen schaffen für ein umweltbewusstes Leben und Handeln von Kindesbeinen an.“



# Digitalisierung und Nachhaltigkeit



## Drei Dynamiken des digitalen Zeitalters:

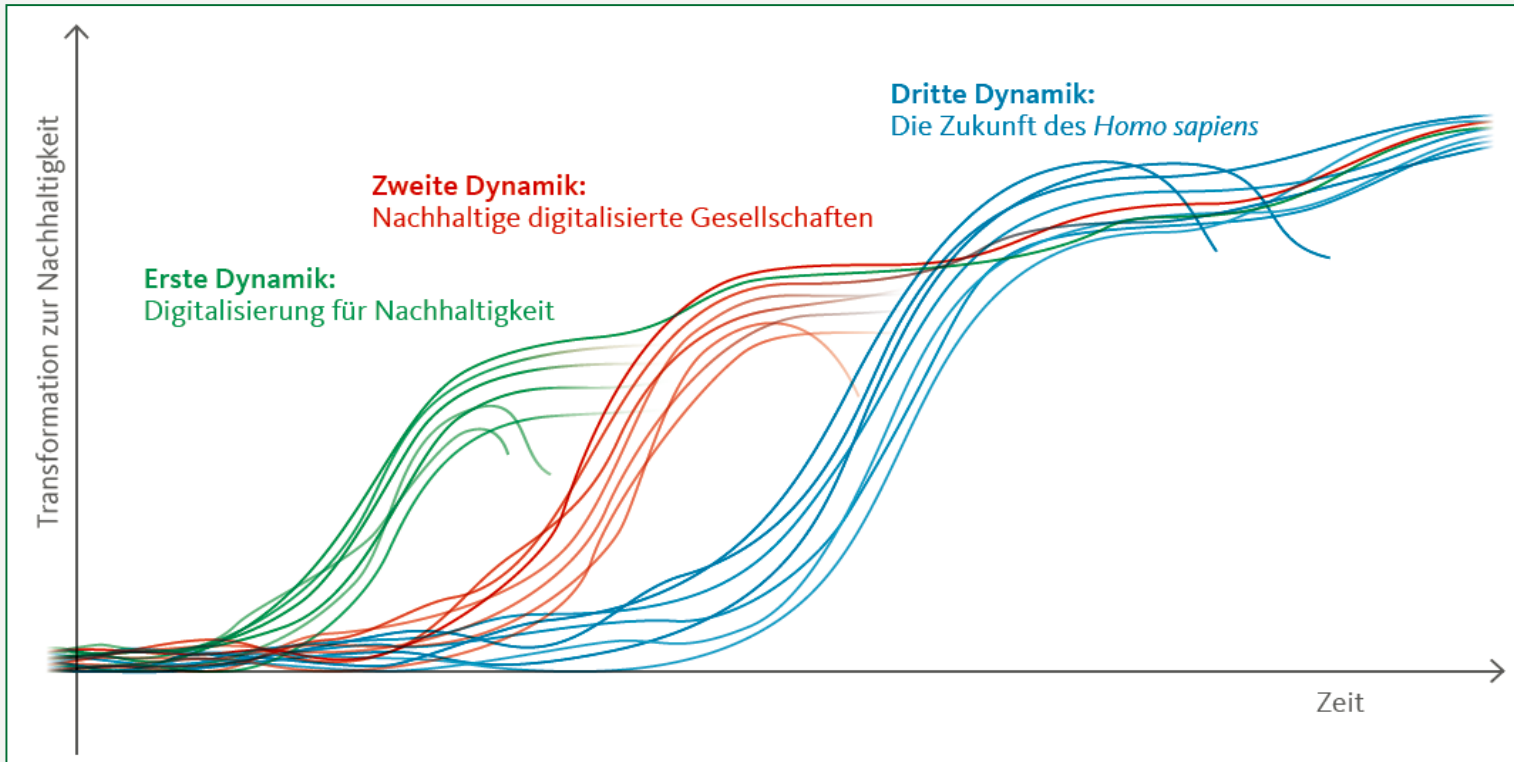


Abb. 7.1-1a Dynamiken des digitalen Zeitalters (WBGU 2019, S. 308)

Erste Dynamik: „Digitalisierung für Nachhaltigkeit“ – Digitalisierung nutzen, um das Erdsystem zu schützen und soziale Kohäsion zu sichern: In der Ersten Dynamik steht die Agenda 2030 mit den SDGs im Zentrum.

Zweite Dynamik: „Nachhaltige digitale Gesellschaften“ – Neuen Humanismus verwirklichen und digitalen Totalitarismus verhindern.

Dritte Dynamik: „Die Zukunft des Homo sapiens“ – Diskurse: *Natura Futuris, Homo digitalis, Machina sapiens*

# Digitalisierung und Nachhaltigkeit



## Drei Dynamiken des digitalen Zeitalters:

<p>↑ <b>Nachhaltigkeit digital unterstützen</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Planetarische Leitplanken einhalten (Klima, Natur, Böden, Ozeane)</li><li>- Soziale Kohäsion sichern (gegen Hunger, Armut, Ungleichheit; für Zugang zu Wasser, Gesundheit, Bildung, Energie)</li></ul>	<p>↑ <b>Neuer Humanismus</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Vernetzte Weltgesellschaft als Weiterentwicklung von Aufklärung und Humanismus</li><li>- Entwicklung von Welt(umwelt)-bewusstsein</li><li>- Kooperationskultur, Empathie, globale Solidarität</li></ul>	<p>↑ <b>Selbstbewusstsein des Homo sapiens stärken</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Bewahrung des biologischen Menschen in seiner natürlichen Umwelt</li><li>- Ethisch reflektierte Weiterentwicklung des Menschen</li><li>- Mensch-Maschine-Kollaboration gestalten</li></ul>
<p>↓ <b>Ökologische und gesellschaftliche Disruption</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Mehr Emissionen und Ressourcennutzung</li><li>- Mehr Ungleichheiten</li><li>- Mehr Machtkonzentration</li><li>- Erosion von Bürgerrechten und Privatheit</li><li>- Erosion der Steuerungsfähigkeit des Staates</li></ul>	<p>↓ <b>Digital ermächtigter Totalitarismus</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Ausgehöhlte Demokratien und digital ermächtigte Autokratien</li><li>- Massive Ungleichheiten, Elitenherrschaft, Totalüberwachung und Freiheitsverlust</li><li>- Umweltzerstörung und Verlust sozialer Kohäsion</li></ul>	<p>↓ <b>Entgrenzung von Mensch und Maschine</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Missbrauch im Verhältnis Mensch-Maschine</li><li>- Superintelligenz</li><li>- Künstliche Evolution des Menschen</li></ul>

Erste Dynamik: „Digitalisierung für Nachhaltigkeit“ – Digitalisierung nutzen, um das Erdsystem zu schützen und soziale Kohäsion zu sichern: In der Ersten Dynamik steht die Agenda 2030 mit den SDGs im Zentrum.

Zweite Dynamik: „Nachhaltige digitale Gesellschaften“ – Neuen Humanismus verwirklichen und digitalen Totalitarismus verhindern.

Dritte Dynamik: „Die Zukunft des Homo sapiens“ – Diskurse: *Natura Futuris, Homo digitalis, Machina sapiens*

Abb. 7.1-1a Dynamiken des digitalen Zeitalters (WBGU 2019, S. 308)



# Digitalisierung in der Forschung – Das ClimEx-Projekt



[www.climex-project.org](http://www.climex-project.org)

## Klimawandel und hydrologische Extremereignisse

Risiken und Perspektiven für Bayern und Québec



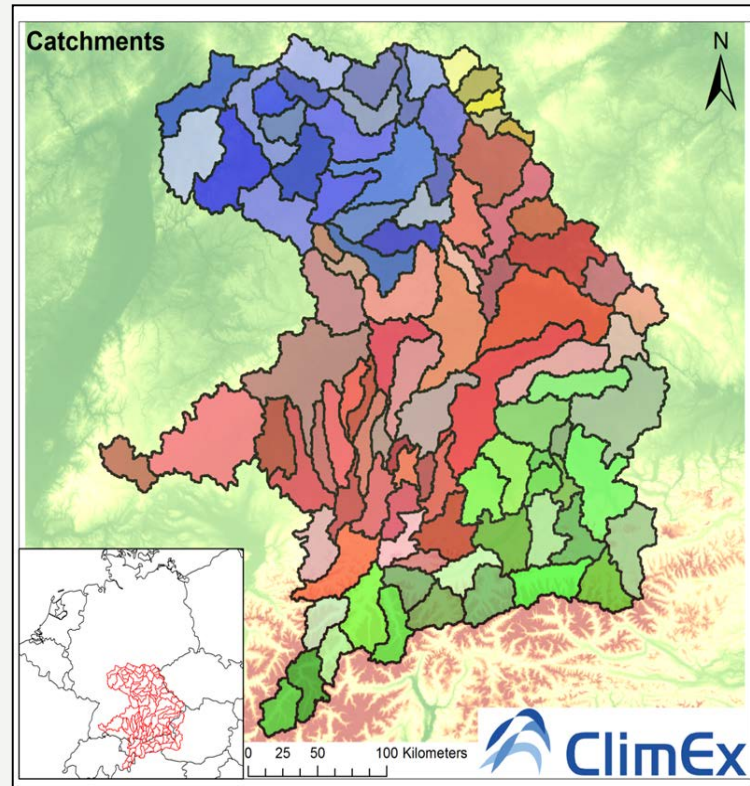
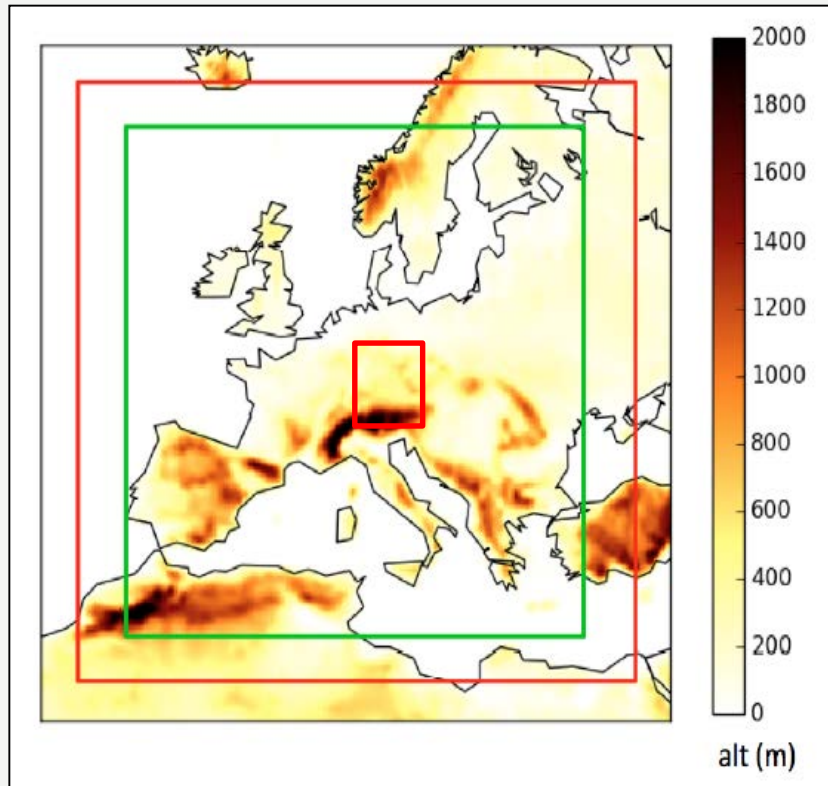
gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Umwelt und Verbraucherschutz 

# Das ClimEx-Projekt - Forschungsfragen

- Trägt der Klimawandel zur Erhöhung der Frequenz und Intensität von hydrometeorologischen Extremereignissen bei? Wenn ja, wie?
- Wie kann man zwischen den Effekten natürlicher Variabilität (Klimaschwankungen) und einem “klaren” Klimaänderungssignal (Klimawandel) unterscheiden?
- Welche sonstigen Folgen sind unter der Annahme eines Extremwertszenarios (RCP8.5\*) für Bayern zu erwarten?
- Methodik: Neuartige Prozesskette von großen regionalen Klimamodellensembles (LMU, Ouranos) zu prozess-basierten Wirkungsmodellen (LMU, ETS, INRS) und der praktischen Bewertung der Ergebnisse (LfU, CEHQ) unter massiver Verwendung von High Performance Computing und Big Data (LRZ)
  - Besonderheit: 50 Modellmember, d.h. 50 mögliche Entwicklungspfade des Klimas (1950-2099)
  - 7500 Modelljahre (+700 Modelljahre ‘vorindustrielle Zeit’)



# Das ClimEx-Projekt - Untersuchungsgebiete



## Aufgabe:

Untersuchung des klimawandelbedingten Hochwasserrisikos in ca. 100 bayerischen Flussgebieten! (100.000 km<sup>2</sup>)

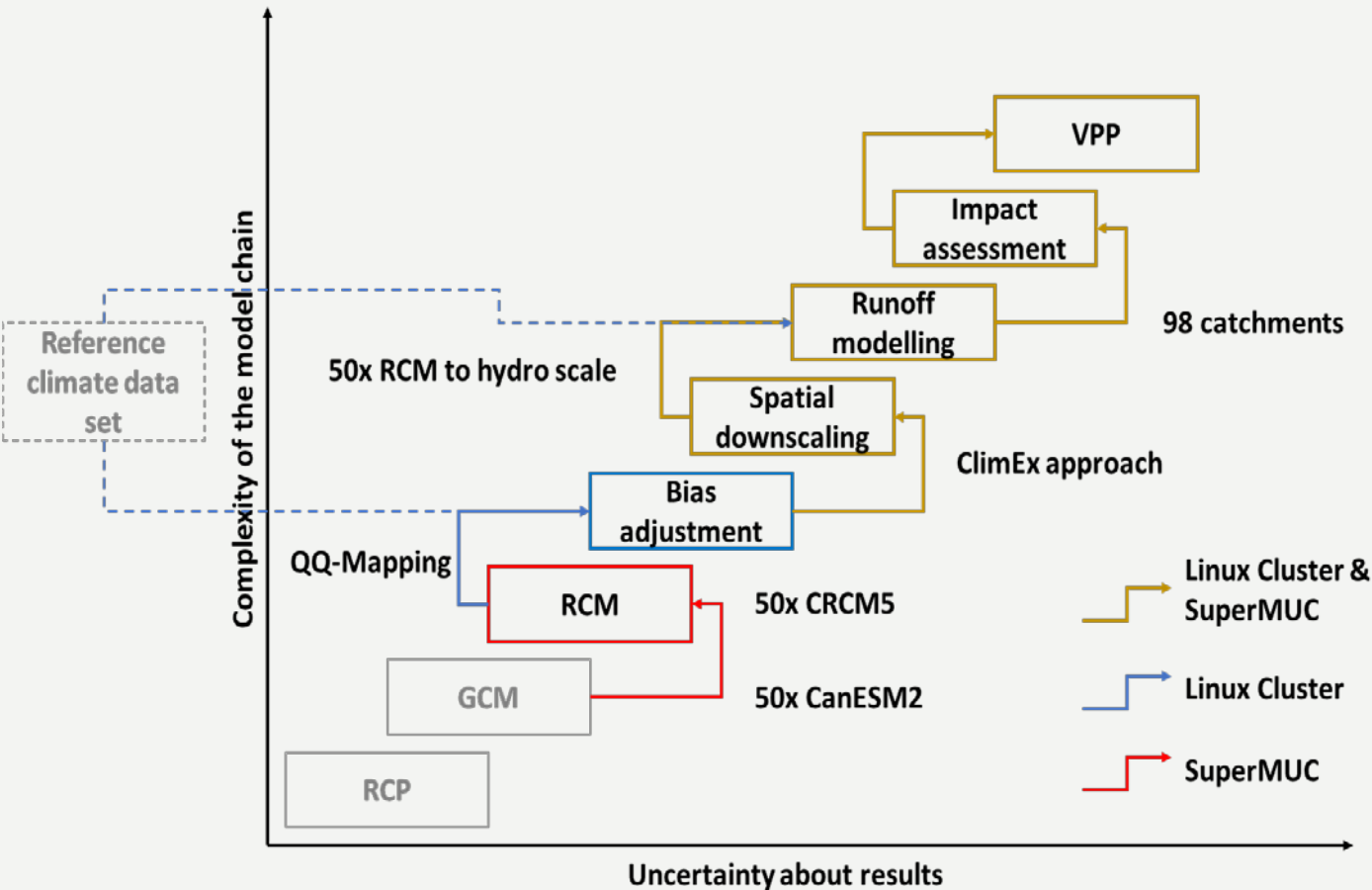
## Ziel:

Verbessertes Prozessverständnis und Schaffung eines Handlungsrahmens für die Wasserwirtschaft zur Risikoreduzierung bei Extremereignissen

## Durchführung:

Hydrologische Simulationen mit WaSiM (50 x 1951-2100 → 7500 Modelljahre)

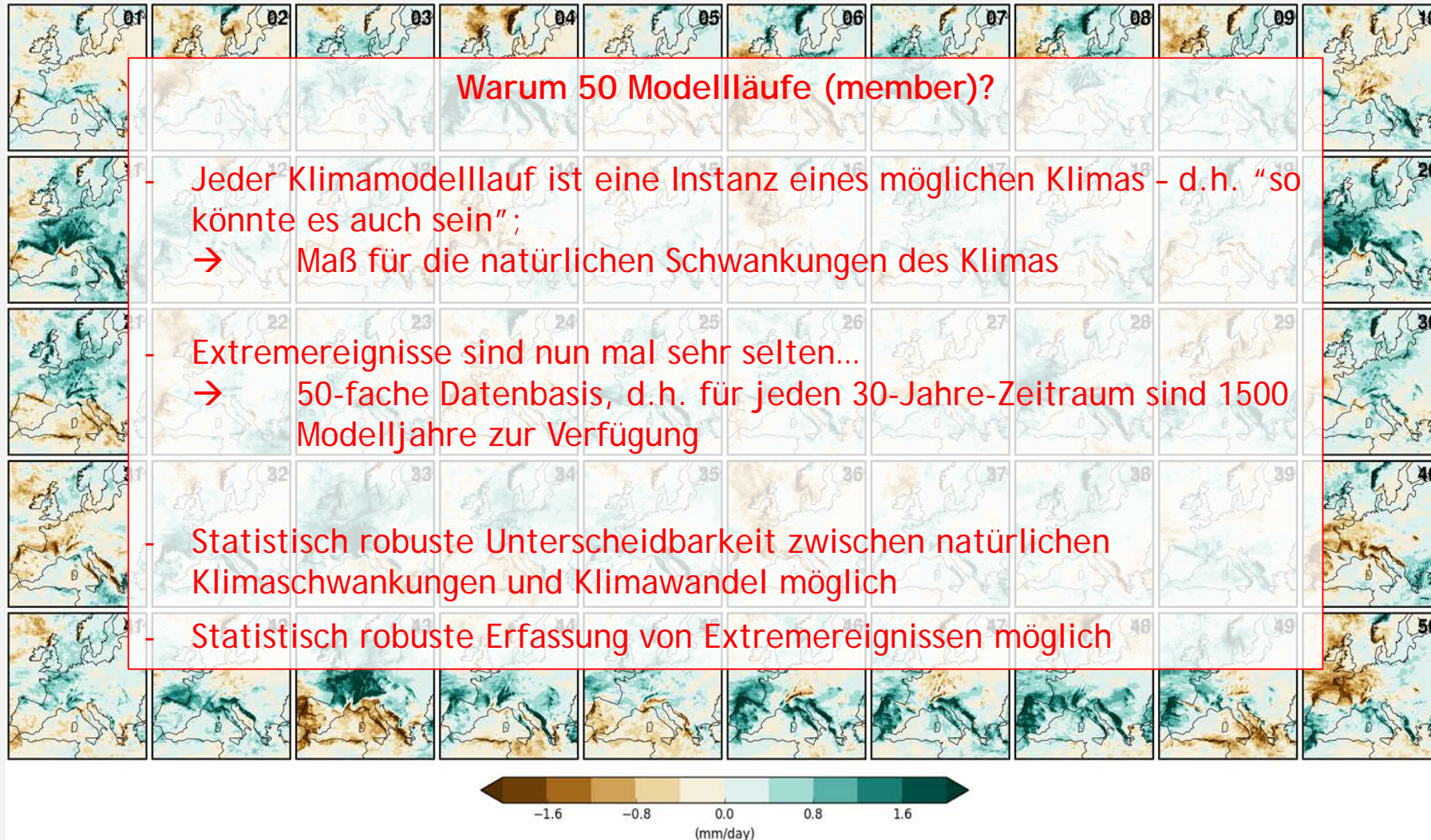
# Das ClimEx-Projekt - Methodik



## HPC-Anwendung & (really) Big Data...

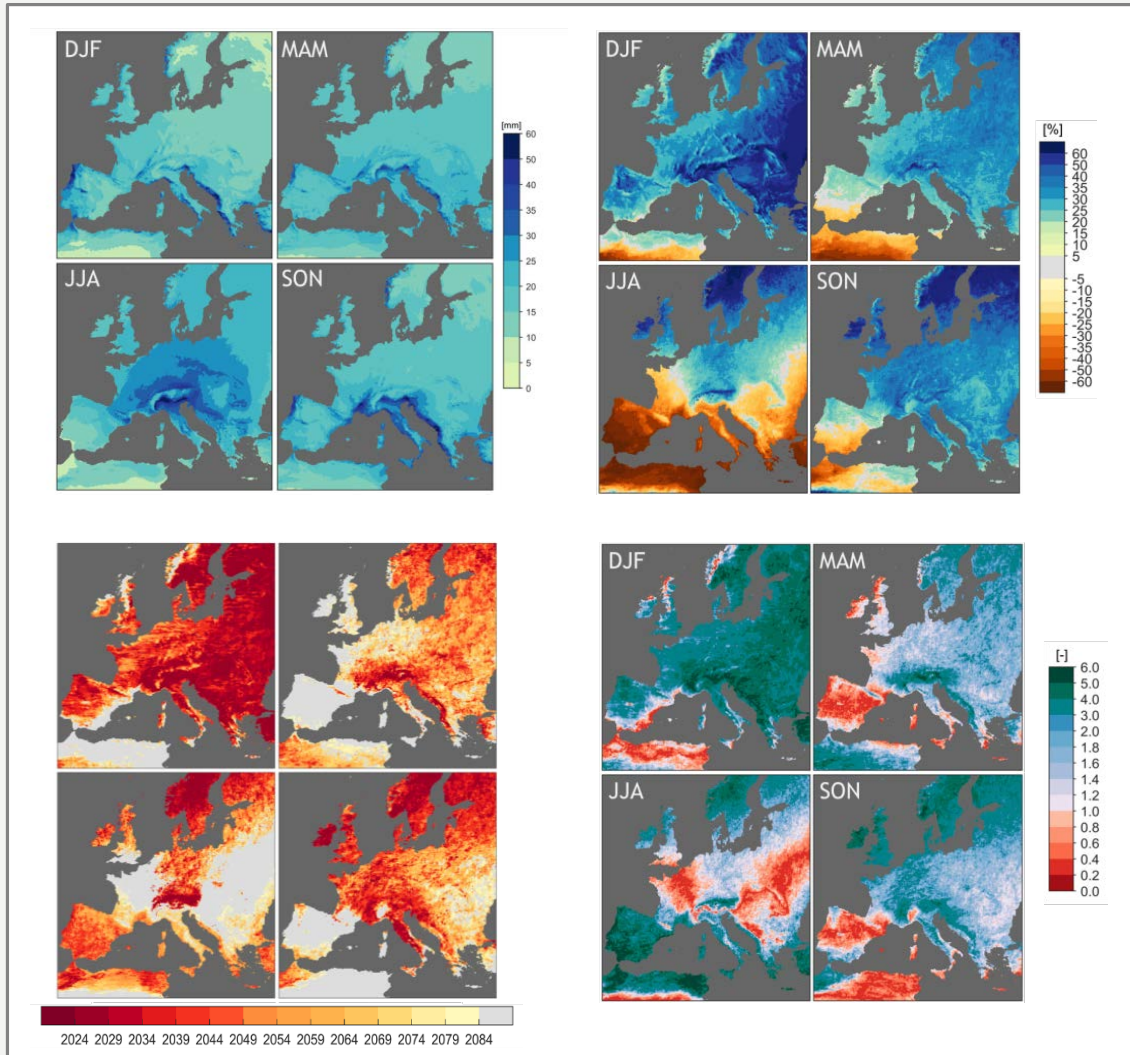
- ca. 100 MCPU-h, 500 Tbyte (\*2 für Backup)
- Data Science Storage (DSS)
- ca. 1 Jahr Rechenzeit (seitdem Auswertungen)
- HPC-Anwendungen sind extreme Stromfresser:
  - ca. 1.25 GWh (jährlicher Strombedarf von 350 Haushalten)

# Das ClimEx-Projekt - Methodik



50 mögliche zukünftige Änderungen des Niederschlags (in %) zwischen 2020-2039 und 2000-2019 über Europa (CanESM2-CRCM5 in 12-km Auflösung)

# ClimEx-Ergebnisse – Dynamik der Starkniederschläge



## Maximaler 3h-Niederschlag (Rx3h)

a) saisonale Verteilung für Europa (Referenzperiode 1980-2009)

b) Klimaänderungssignal (%) (Zukunft 2070-2099)

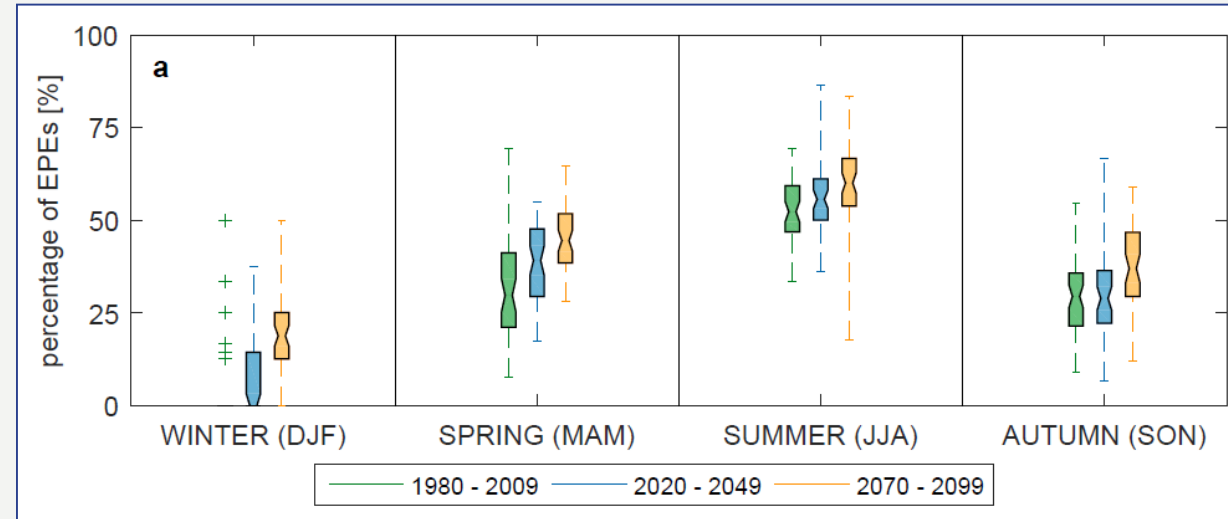
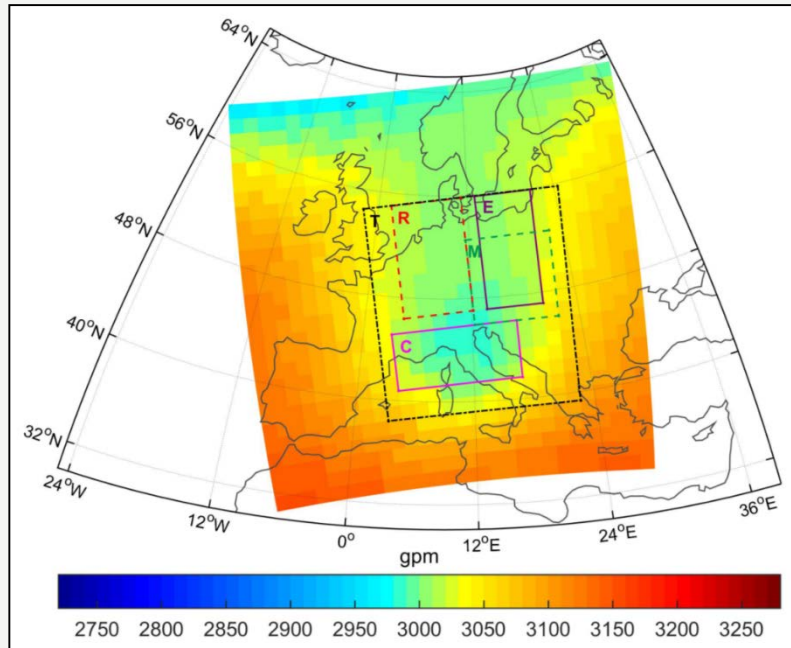
c) starke geographische Unterschiede im S/N-Verhältnis (2070-2099)

d) Berechnung der Time of Emergence (bei  $S/N > 1$ )

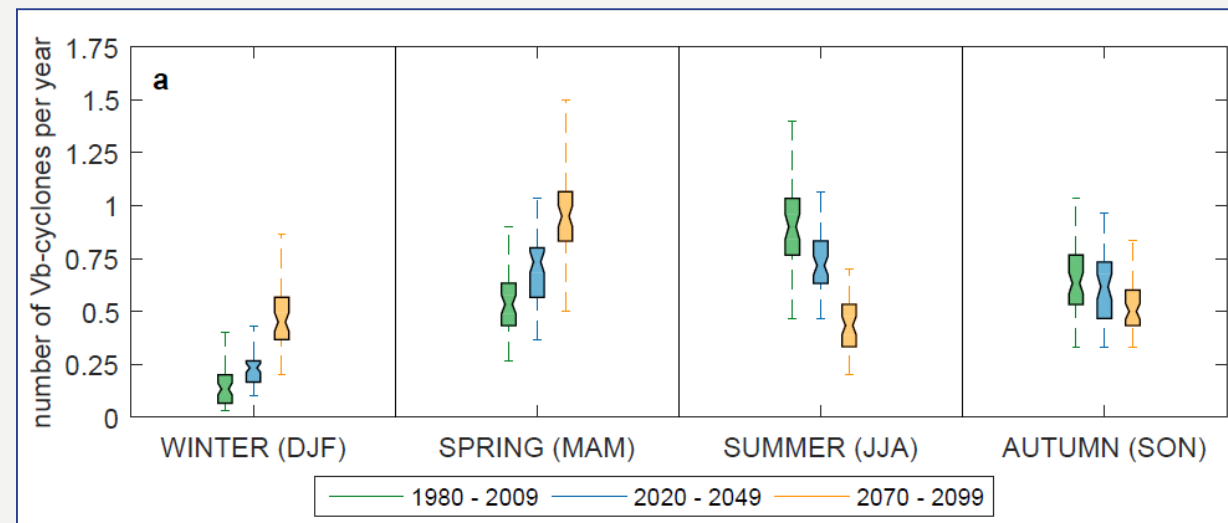
(nach Wood & Ludwig, 2020, *GRL*)

# ClimEx-Ergebnisse – Dynamik der Vb-Wetterlagen

## Möglichkeiten des Machine Learnings in Big Data Umgebungen



Zunehmende Bedeutung von Extremereignissen (EPE) in Verbindung zu Vb-Wetterlagen in allen Jahreszeiten

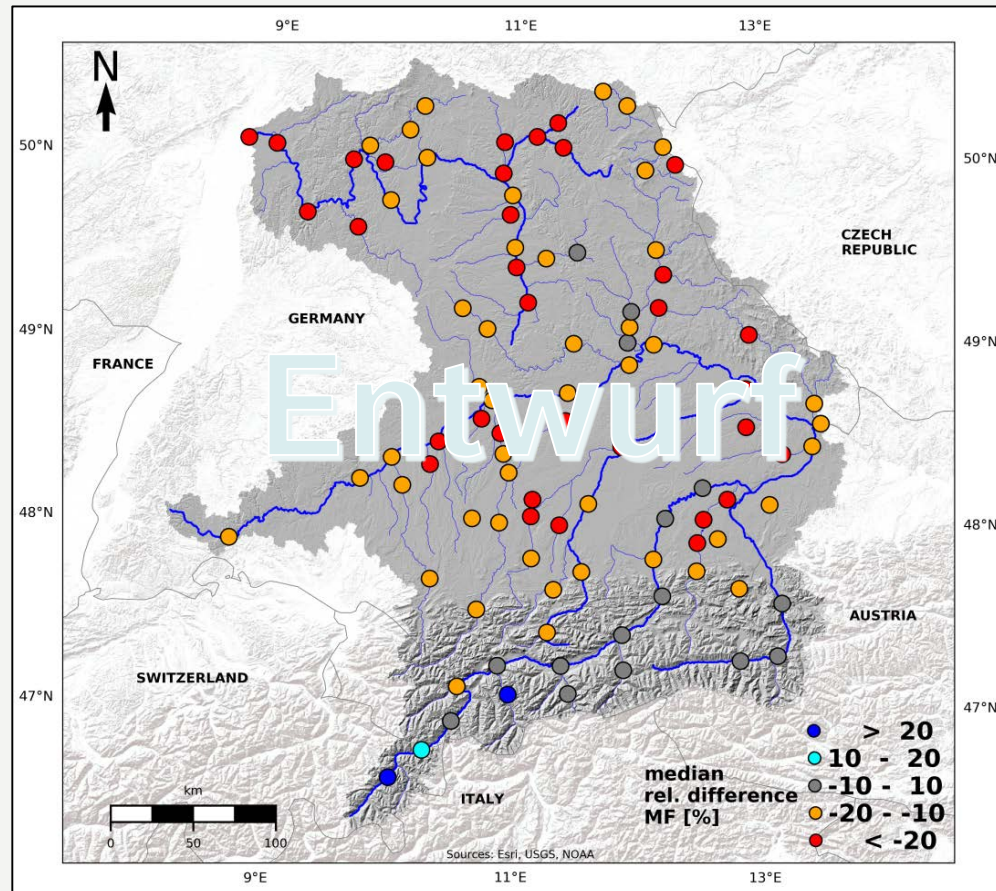


Signifikante saisonale Verschiebung von Vb-bezogenen EPEs vom Sommer ins Frühjahr

(nach Mittermeier et al., 2019, *GRL*)

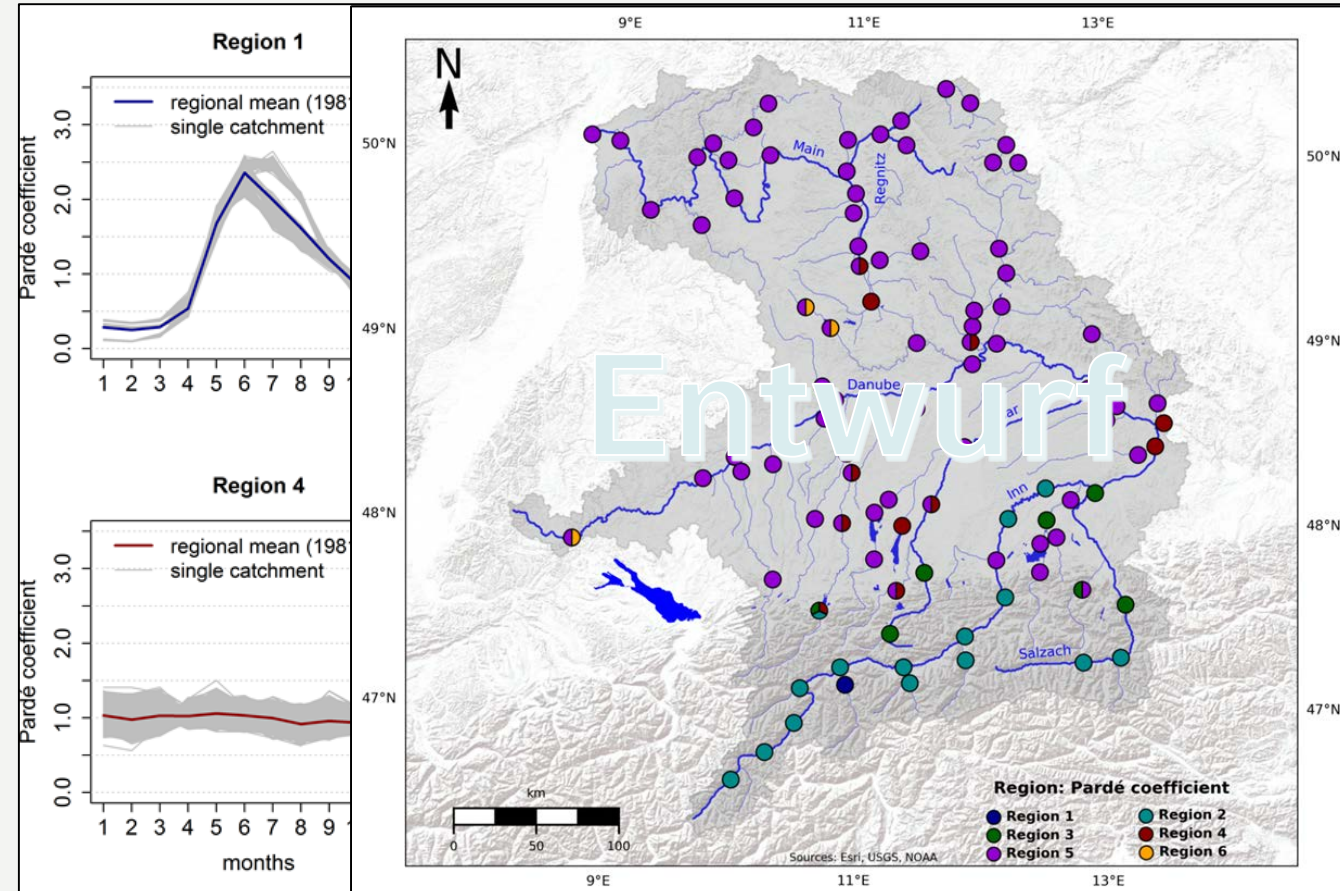
# ClimEx-Ergebnisse – Änderung des mittleren Abflusses

Abnahme des mittleren Abflusses in (fast) allen bayerischen Flusseinzugsgebieten



(Willkofer et al., in prep.)

Änderung der Abflusscharakteristik (Pardé-Regime) in zahlreichen bayerischen Flusseinzugsgebieten



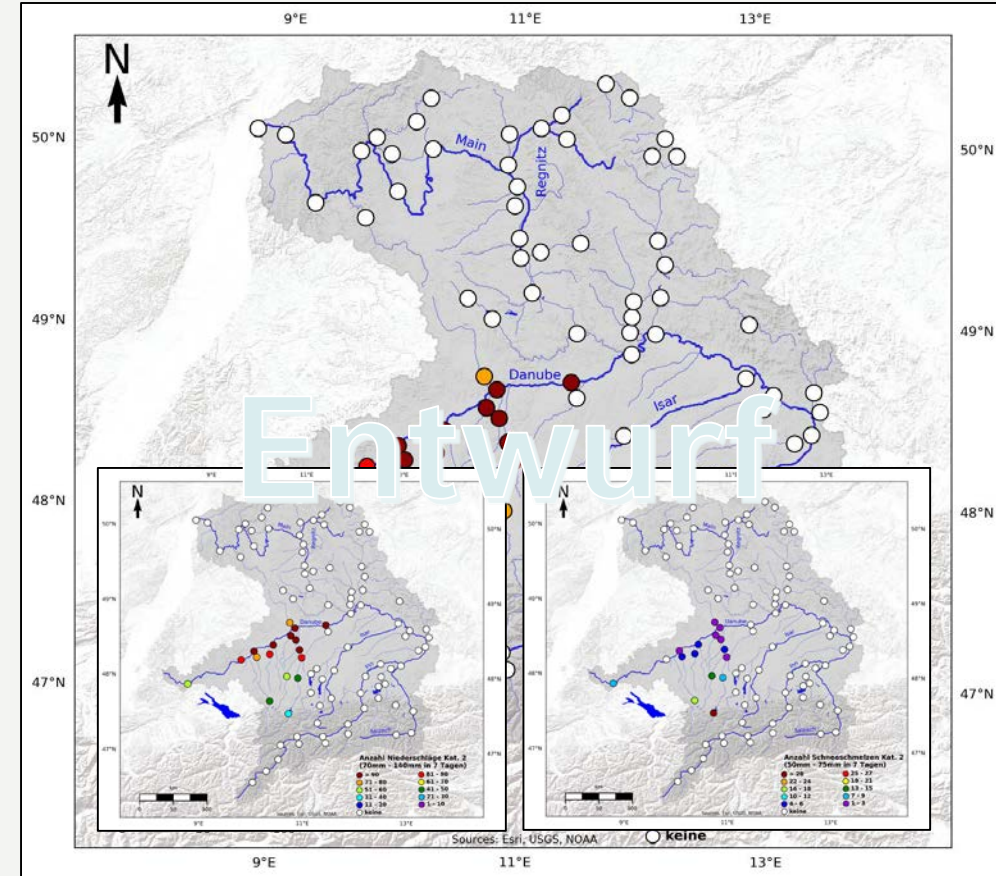
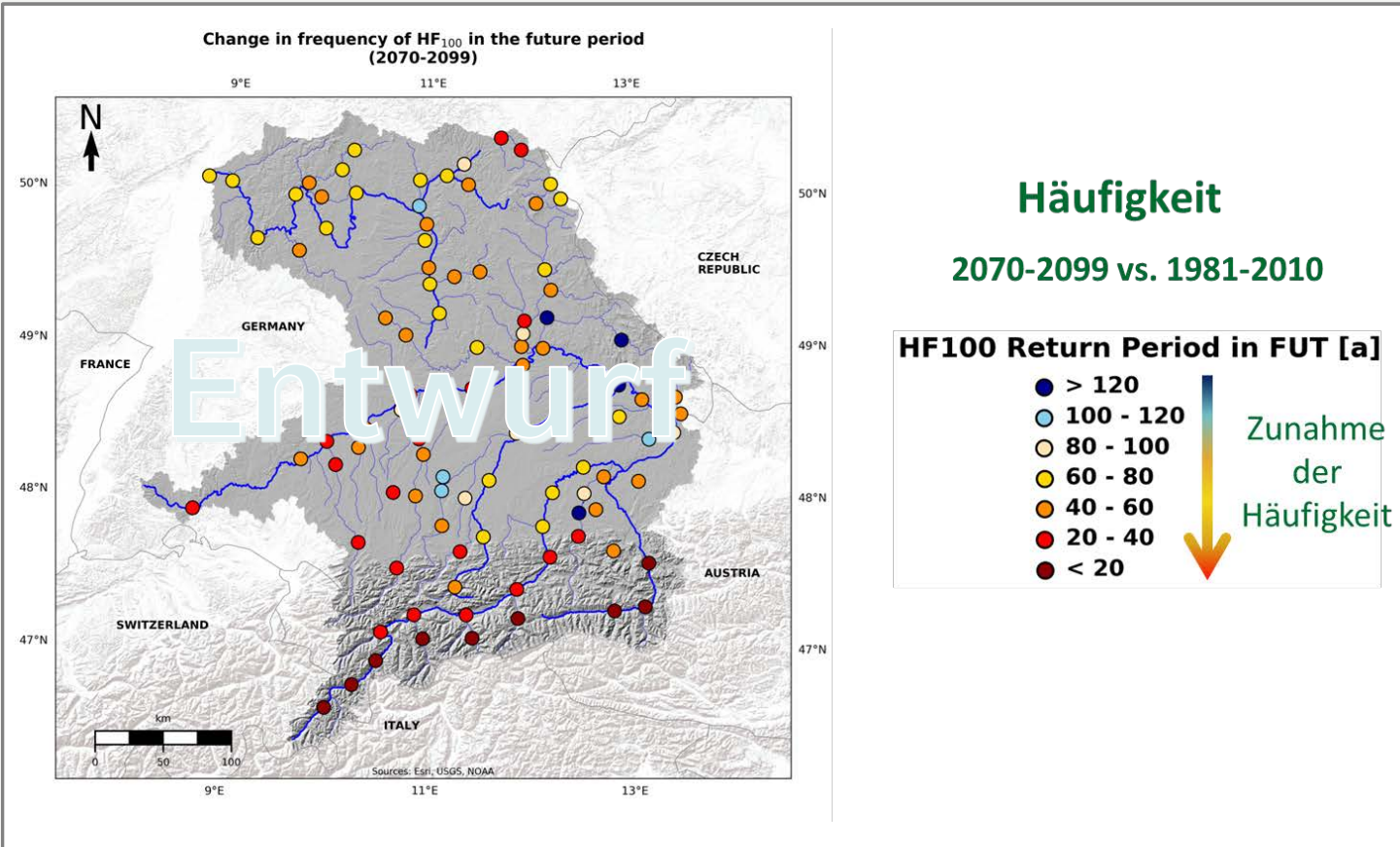
(Poschlod et al., 2020, *Water*)

# ClimEx – Extreme Hochwasser (HQ100)



## Änderung von Häufigkeit und Intensität des HQ100 in bayerischen Flussgebieten

## Bestimmung der Ursprungsgebiete und Auslöser für HQ100 (Beispiel Pegel Ingolstadt)



(Willkofer et al., in prep.)

(Poschlod et al., in prep.)

# ClimEx – Kurzes Fazit

Ansatz liefert statistisch robuste Schätzungen für die dynamische Entwicklung von hydrometeorologischen Extremereignissen:

- Abnahme des mittleren Abflusses / starke Zunahme des Risikos für extreme Hochwasserereignisse
  - starke Zunahme im Winterniederschlag → Hochwasser
  - sehr starke Temperaturzunahme, vor allem in den Sommermonaten → hohes Risiko für Hitzewellen
  - starke Abnahme im Sommerniederschlag → Dürre
- Gravierende Auswirkungen für alle Wirtschafts- und Versorgungsbereiche (z.B. Land-, Forst-, Wasser-, Energiewirtschaft, Gesundheitswesen)
- ClimEx-II - Trockenheit und Hitze (2020 – 2023)



Bavaria 2013



Québec 2017



Québec 2019



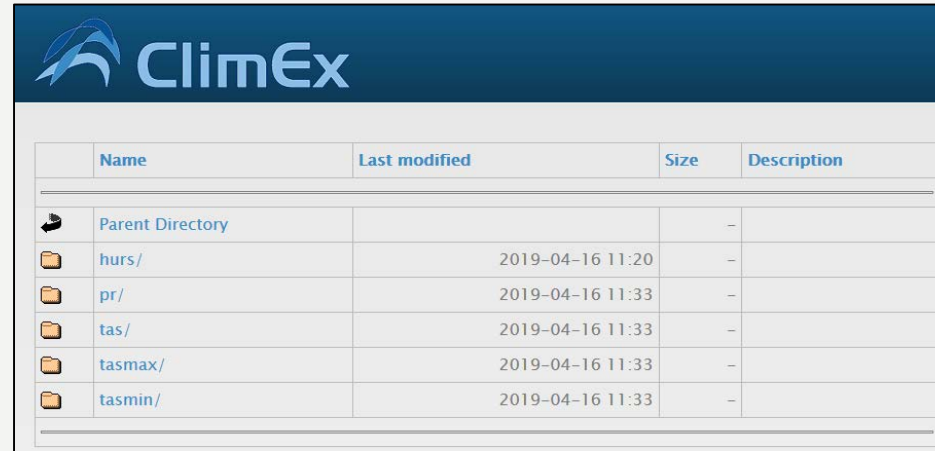
Bavaria 2016



# ClimEx – Klimamodelldaten verfügbar

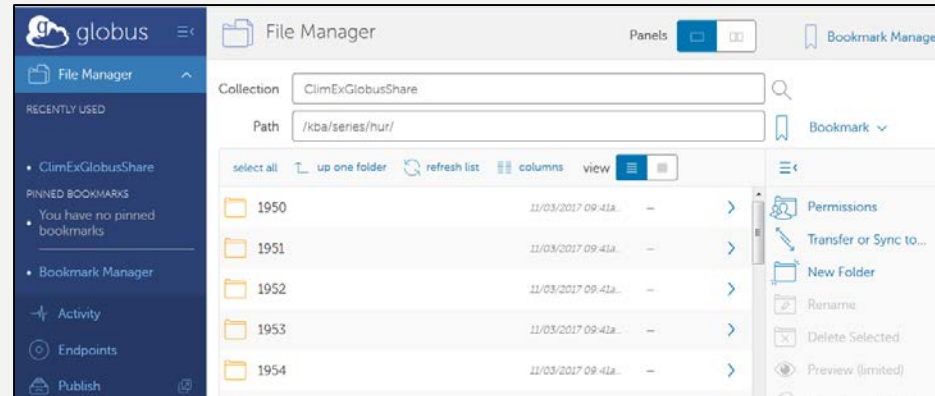
[www.climex-project.org/en/data-access](http://www.climex-project.org/en/data-access)

Web-Interface für den Zugriff auf Daten der europäischen Domäne



Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
hurs/	2019-04-16 11:20	-	
pr/	2019-04-16 11:33	-	
tas/	2019-04-16 11:33	-	
tasmax/	2019-04-16 11:33	-	
tasmin/	2019-04-16 11:33	-	

Globus-Schnittstelle für den Transfer großer Datenmengen



Bavaria 2013



Québec 2017



Québec 2019



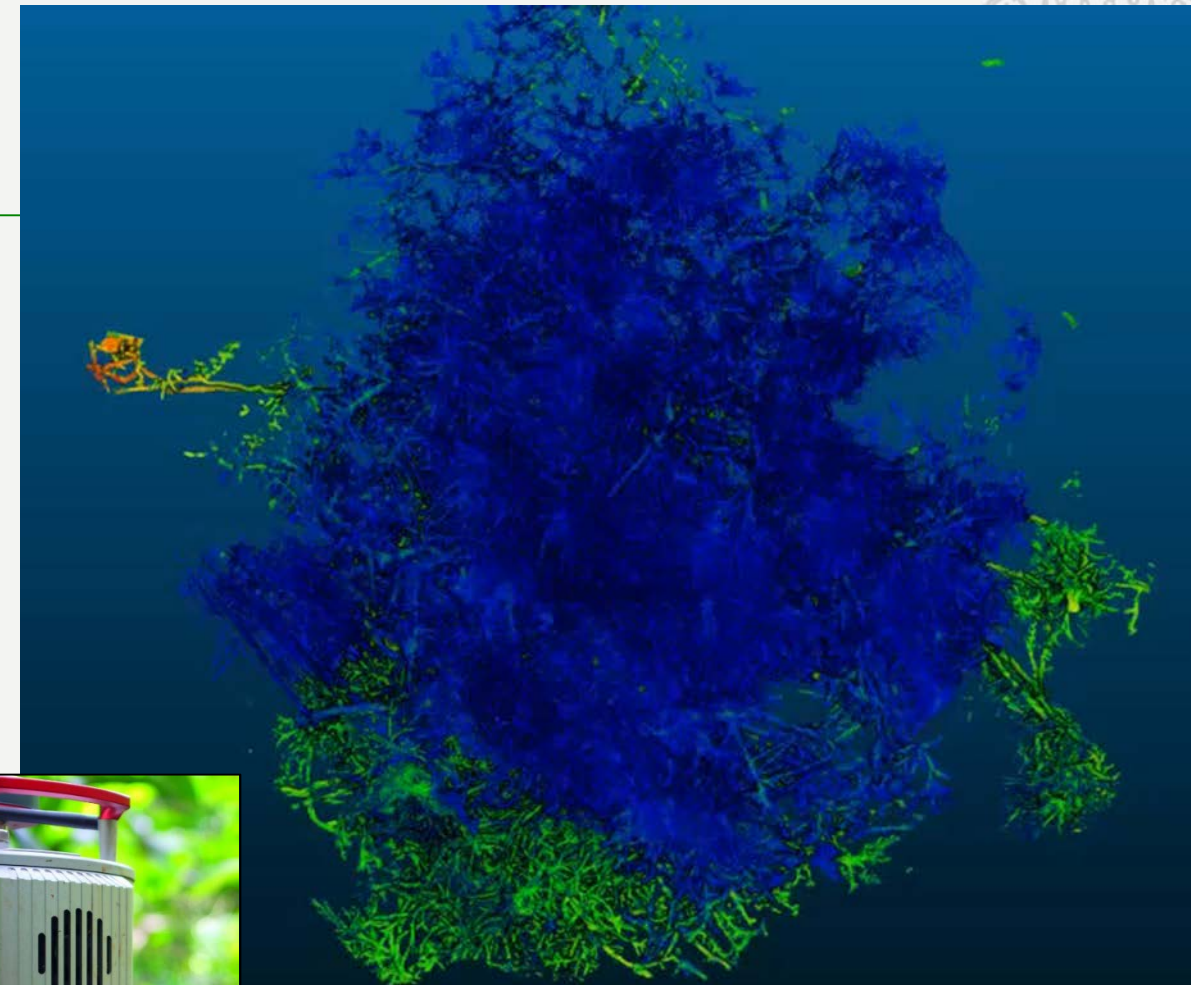
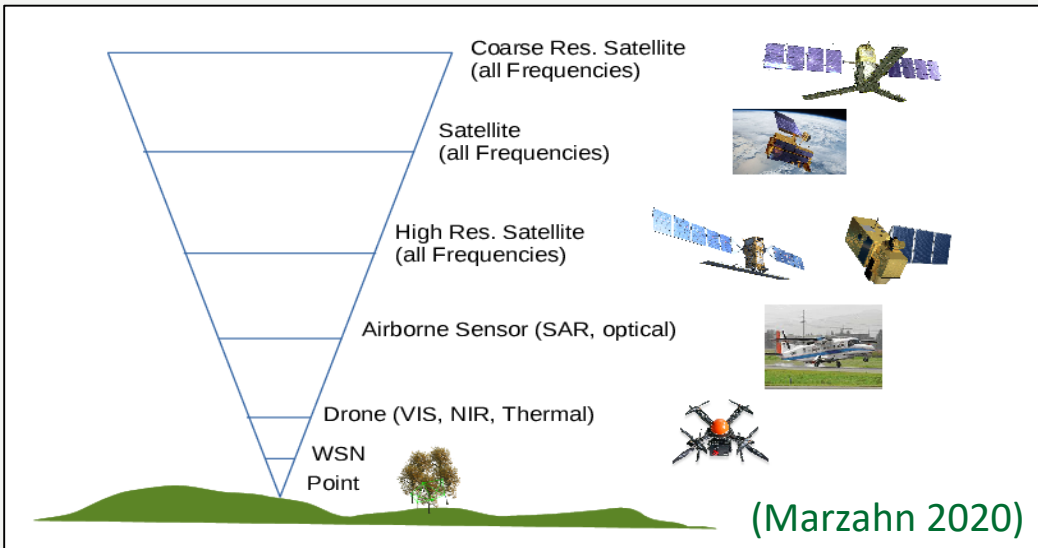
Bavaria 2016

# Neue Herausforderungen

## Neue Daten – neue Infrastrukturen

### Monitoring / Earth Observation

- am Boden / aus der Luft / aus dem All
- multitemporal / multiskalig
- Entwicklung neuer Anwendungen / Datenprodukte
- Quantifizierung von Unsicherheiten



© Prof. Arturo Sanchez, University of Alberta

# Neue Herausforderungen

## Neue Daten – neue Infrastrukturen

- Höchstleistungsrechnerkapazitäten werden für Wissenschaftler und Studierende nutzbar
- Datenströme und Informationen stehen allen in großer Menge und Vielfalt zur Verfügung (z.B. Copernicus Services)
- Es gelten neue Datenstandards (z.B. FAIR)
- Open Source Programmierkenntnisse werden zum Standard



### Diskussionspunkte:

- Wieviel Information kann man eigentlich verarbeiten?
- Gibt es eigentlich noch „nicht-digitalisierte“ Wissenschaft?

# Neue Herausforderungen

## Neue Daten – neue Infrastrukturen

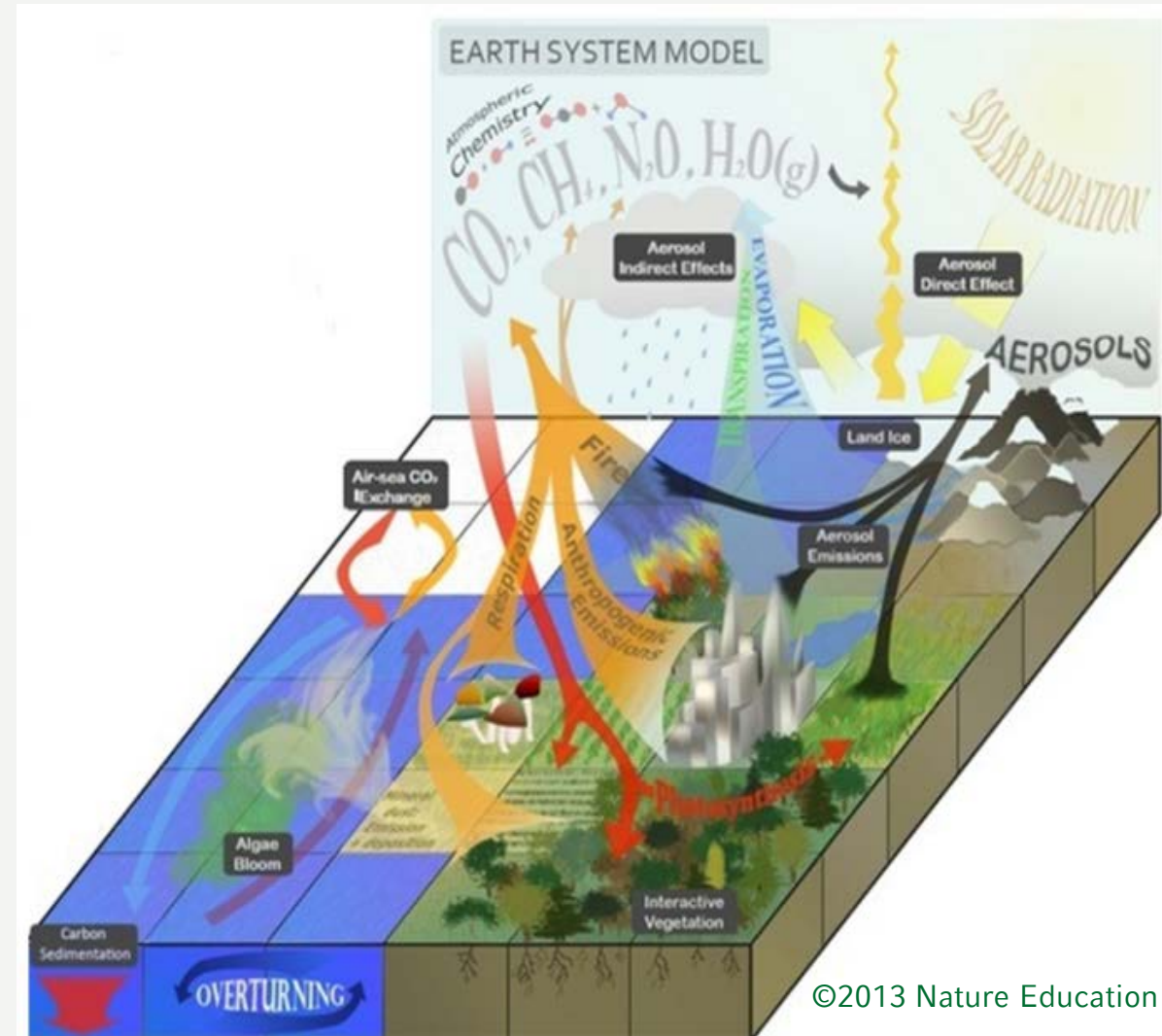
### Wo geht die Reise hin?

(aus Sicht der Klima- und Impaktmodellierung)

- Große Ensembles von sog. Convection Permitting Models
- Robuste Abschätzung der Entwicklung sehr kleinräumiger, Extremereignisse (Hagel, Eisregen, Sturzfluten...)
- Voll gekoppelte, hochauflösende Erdsystemmodelle
- Voll gekoppelte, hochauflösende Modelle von Mensch-Umweltsystemen (Landnutzungsdynamik, Bewirtschaftung, biogeochemische Kreisläufe...)

### Diskussionspunkte:

- Benötigen wir Exascale-Computer? Wo sind die Grenzen?



# Neue Herausforderungen

## Neue Daten – Citizen Science

Von <https://www.leibniz-gemeinschaft.de/forschung/citizen-science.html>

**Citizen Science: [...] Bürgerinnen und Bürger beteiligen sich ortsunabhängig aktiv an der Wissensbeschaffung und am Erkenntnisgewinn.**

- Bedürfnis der Bürgerinnen und Bürger, an allen Stufen und Prozessen der Forschung beteiligt zu werden steigt auf allen Ebenen (Definition neuer Forschungsfragen, Konzeption von Projekten, Auswertung, Veröffentlichung).
- Möglichkeiten dafür durch neue digitale Technologien stark erweitert → Datenerhebung z.B. über Smartphone-Apps und Meldung über Online-Portale
- Große, verteilte Datenmengen, die Wissenschaftler selbst kaum sammeln können



<https://www.citizenscience.org/>

### **Diskussionspunkte:**

- Wie gewährleistet man eine hohe Qualität der Daten?
- Wie gewährleistet man statistisch robuste Verteilungen?

# Neue Herausforderungen

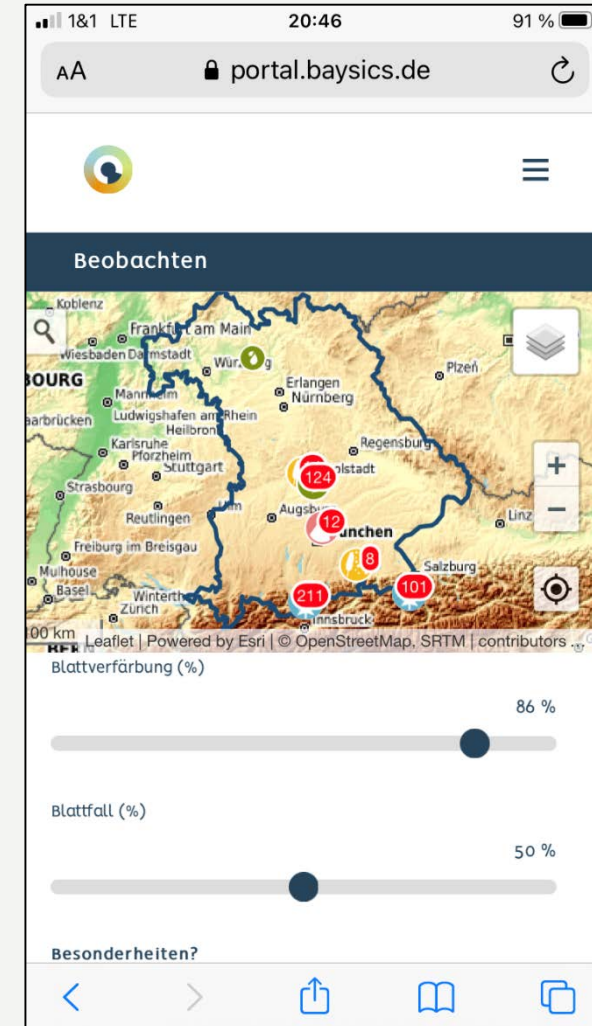
## Schönes Citizen Science Bsp. - BAYSICS ([www.baysics.de](http://www.baysics.de))

### Bayerisches Synthese-Information-Citizen Science Portal für Klimaforschung und Wissenschaftskommunikation

Über das neuartige BAYSICS-Portal werden ausgewählte Akteursgruppen gezielt angesprochen, für die der Klimawandel durch eigene Beobachtungen in ihrem konkreten Umfeld erlebbar gemacht wird. Empirische, experimentelle und theoretische Forschungsansätze [...] ermöglichen attraktive Angebote für die Nutzergruppen und gleichzeitig die Generierung von relevantem Wissen zu Klimafolgen, -anpassung und -schutz mit modernen Medien des *Crowdsourcing*.

Projektleitung:

**Prof. Dr. Annette Menzel**  
Professorin für Ökologiklimatologie  
TUM School of Life Sciences  
TU München



# Neue Herausforderungen

## Neue Grundsätze – Open Science

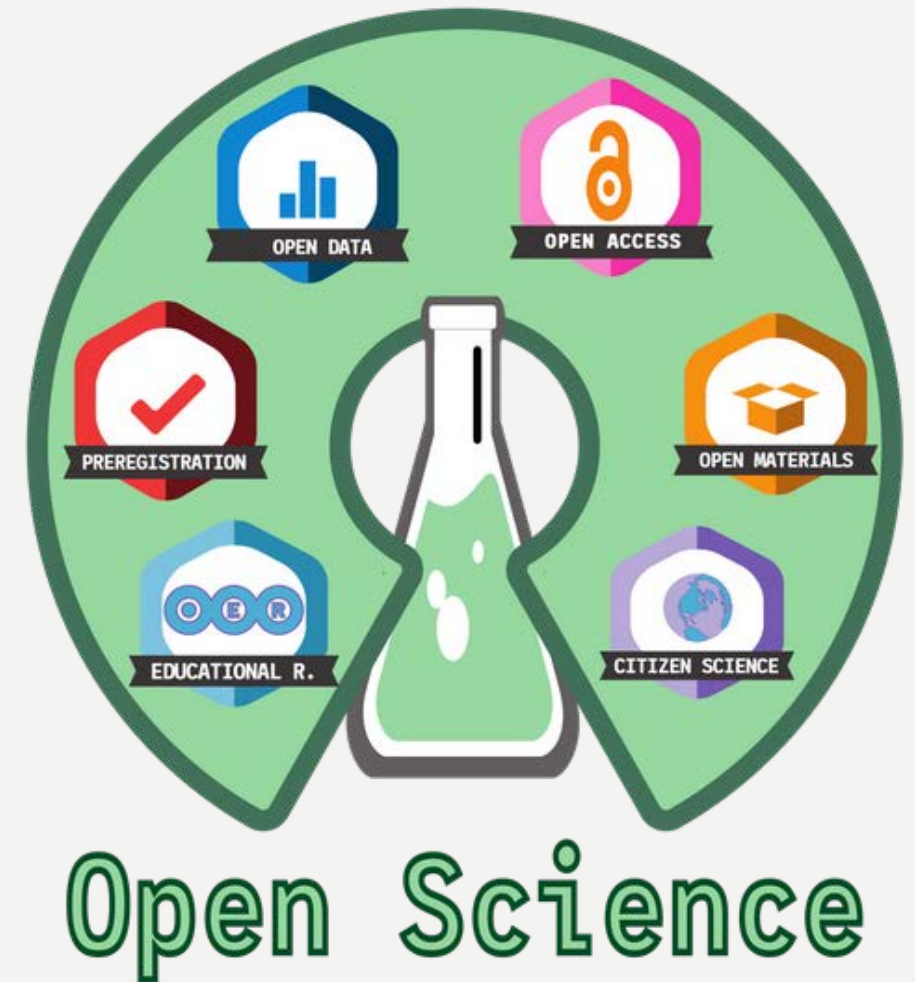
Von <https://www.helmholtz.de/forschung/open-science/>:

„...Open Science bezeichnet einen kulturellen Wandel in der wissenschaftlichen Arbeitsweise und Kommunikation.“

„Computergestütztes Arbeiten und digitale Kommunikation ermöglichen einen effektiveren und offeneren Informationsaustausch innerhalb der Wissenschaft und fördern den Transfer der Ergebnisse in die Gesellschaft.“

„Der offene [...] Zugang zu wissenschaftlichen Publikationen, Forschungsdaten und wissenschaftlicher Software:

- erweitert die Transparenz und die Möglichkeiten zur Qualitätssicherung wissenschaftlicher Arbeit,
- erhöht durch eine verbesserte Informationsversorgung die Leistungsfähigkeit der Wissenschaft und
- steigert durch die Erleichterung des Wissenstransfers in Wirtschaft und Gesellschaft die auf wissenschaftlichen Erkenntnissen basierende Innovation.



<https://www.meetup.com/de-DE/Berlin-Open-Science-Meetup/>

# Neue Herausforderungen

## Neue Grundsätze – Open Science

### Praxisbeispiel – LMU Open Science Center (seit 08.05.2018)

**“The interdisciplinary LMU Open Science Center (OSC) has the mission to promote and to foster open science practices at LMU Munich and beyond.”**

Transparency and reproducibility lie at the core of scientific integrity.

[...] open practices, for example by preregistering studies, and by providing open data, open materials, analysis scripts for computational reproducibility, and open access versions of the published results increase the efficiency, validity, and credibility of research.

### Ziele des LMU-OSC:

- (insbesondere) den wissenschaftlichen Nachwuchs im Rahmen von Workshops, kleineren Konferenzen und weiteren Veranstaltungen im Bereich Open Science schulen und Studierende für das Thema sensibilisieren.
- der wissenschaftliche Prozess soll selbst Gegenstand der Forschung sein – es wird also Forschung über die Forschung betrieben.
- Anreizstrukturen für OSC im Wissenschaftssystem etablieren und Empfehlungen und Vorschläge für relevante Gremien ausarbeiten



<https://www.osc.uni-muenchen.de/>

### Diskussionspunkt:

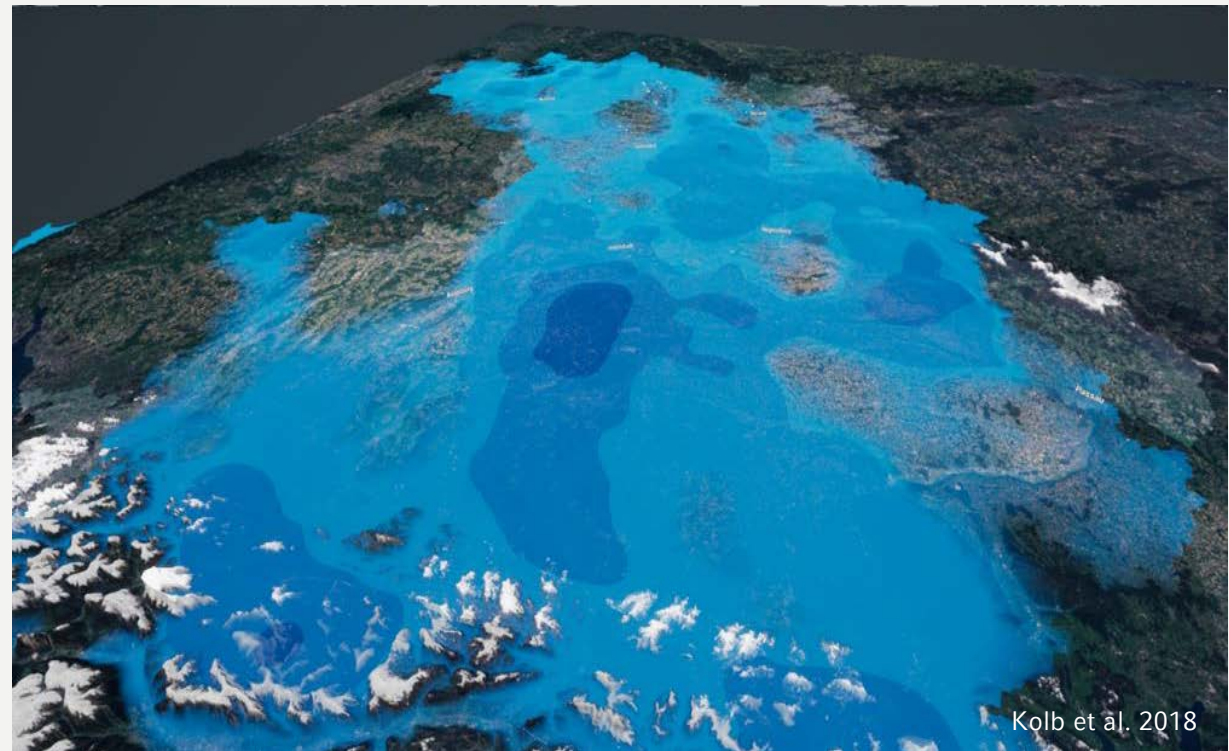
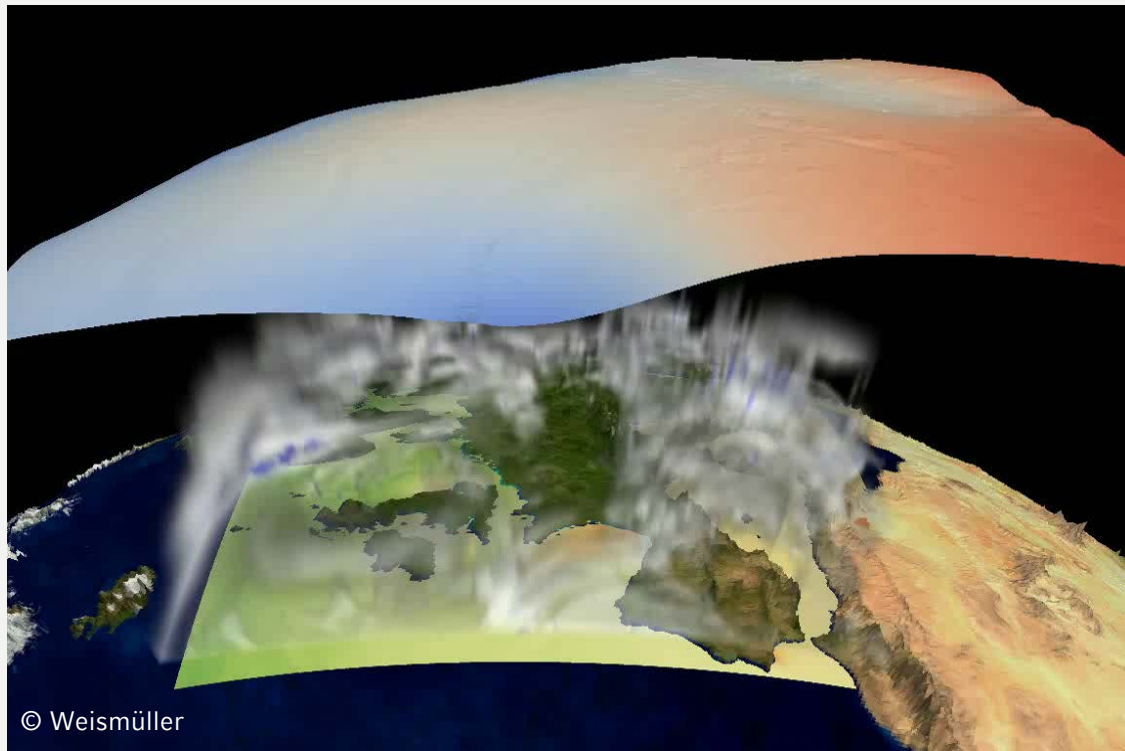
- Klafft eine Lücke zwischen Theorie und Praxis?
- Ist das für alle Nachwuchswissenschaftler\*innen ein Vorteil?
- Was lernen wir aus der „Corona-Zeit“ eigentlich über Open Science?



# Neue Herausforderungen

Wissenschaftskommunikation – Was nützt die beste Wissenschaft, wenn sie nicht vermittelbar ist?

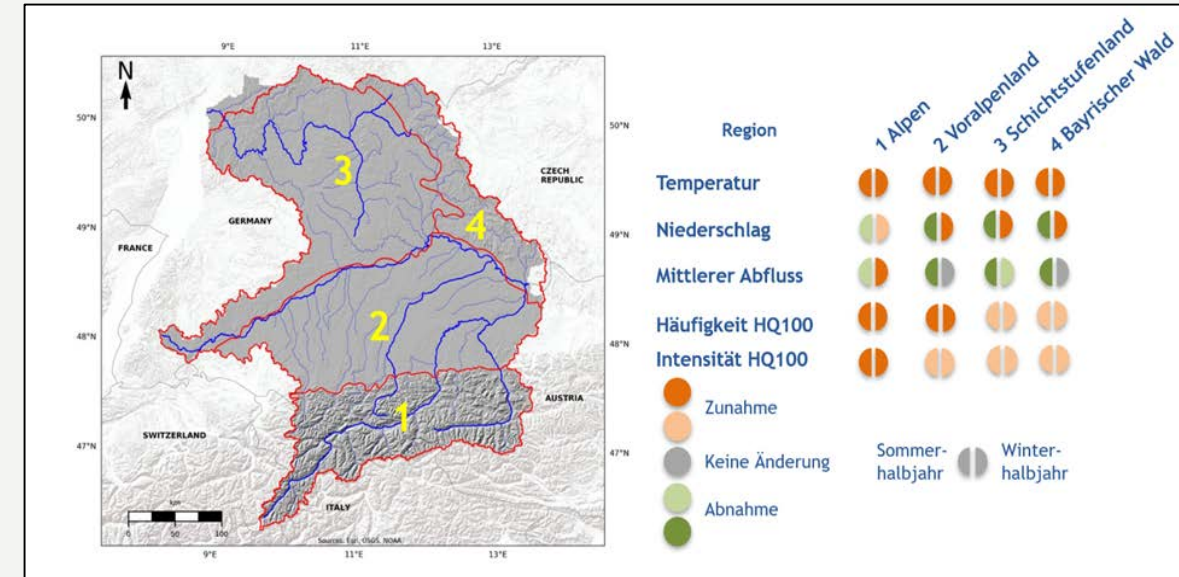
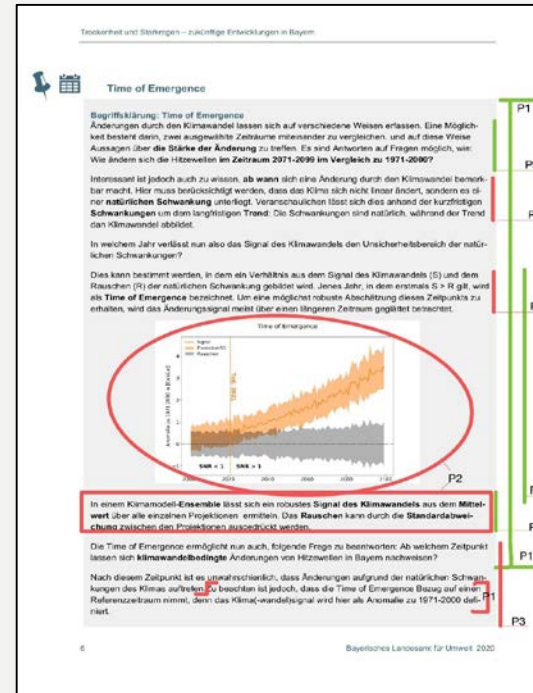
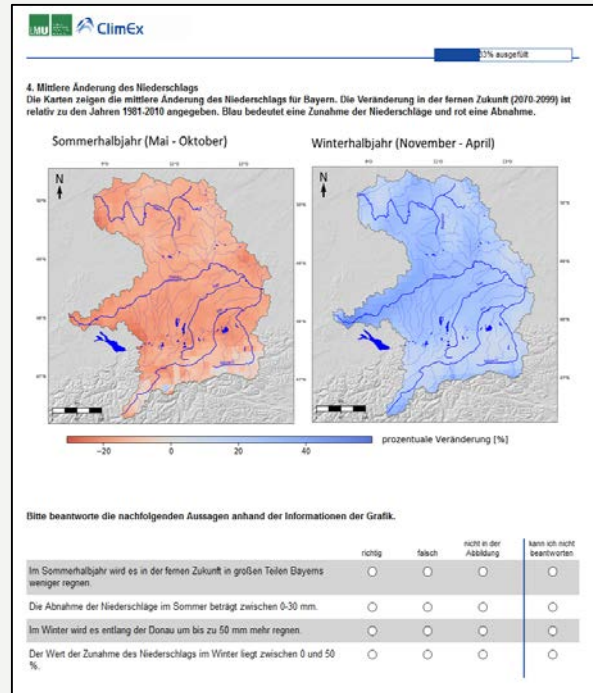
Beispiel – Visualisierungen



# Neue Herausforderungen

## Wissenschaftskommunikation – Was nützt die beste Wissenschaft, wenn sie nicht vermittelbar ist?

### Beispiel – Web-basierte Umfragen (hier zu Ergebnissen des ClimEx-Projekts) unter verschiedenen Studiengängen



### Diskussionspunkt:

- Braucht jedes Forschungsprojekt Science Communicator?
- Was sind gute digitale Techniken für Wissenskommunikation?

Kolb et al. 2018

# Neuer digitaler Alltag...

The image shows a Zoom meeting window with a grid of 48 participants. The participants' names are visible below their video feeds. At the top, a notification states: "Sabine Fütterer-Akili hat das Wartezimmer betreten". Below this, there are buttons for "Eintreten lassen" and "Anzeigen". The bottom of the window features a control bar with icons for audio, video, security, participants (51), polls, chat (2), screen sharing, recording, and reactions. A "Verlassen" button is on the right. The Windows taskbar is visible at the very bottom, showing the search bar and various application icons. The system clock indicates 15:02 on 12.11.2020.

Michaela Stegmann	Ralf Ludwig	Jörn Stumpenha...	Jörg Ewald	Cynthia Tobisch...	Anja Busch	Carl Beierkuhl...
Karl-Heinz Petti...	<b>Frank Weiser</b>	Anna Girnghuber	Felix Rheude	Manfred Höld	Parastoo Mahd...	Anna Guthmann
han Schub...	Nicolas Alt	Martin Höhendi...	Christina Hartu...	Viola Stiele	Sibylle Gaisser	Franziska Kohlr...
Melanie Kappel...	Stefan Fischer	Michael Deller	Cristina Lenz	Claudia Brand, ...	Jan Käbel	Carla Bockerma...
Alexander Rechl	Elmar Buchner, ...	Veronika Hannus	Julia Fellermaid	<b>Julius Reich</b>	<b>Cynthia Tobisch...</b>	<b>Esther Bauman...</b>



# Neuer digitaler Alltag...

## Online-Lehre / Online-Konferenzen / Online-Projekttreffen / Online...

Fragen über Fragen...

- Die akademische/wissenschaftliche Kommunikation funktioniert (nach einer Eingewöhnungsphase) weiterhin gut → Konsequenzen für Dienstreisen/große Konferenzen?
- Segen und Fluch des Home-Office – oder - vom Hype zum Frust?
- Wann hört das auf und wie geht es danach eigentlich weiter?

Was lernen wir aus der Pandemie (für Lehre und Forschung)?

- „ein bisschen Demut und viel Geduld...“
- „den Blick auf das wichtige Forschungsthema behalten“
- „der Aufbau neuer Kontakte ist erschwert und bestehende Kontakte müssen besonders gepflegt werden“
- **„nichts geht über ein starkes und vertrauensvolles Netzwerk“**



# Neuer digitaler Alltag...

## Segen und Fluch des Home-Office – oder - vom Hype zum Frust?

**DATEN AUSTAUSCH** 170 - 174

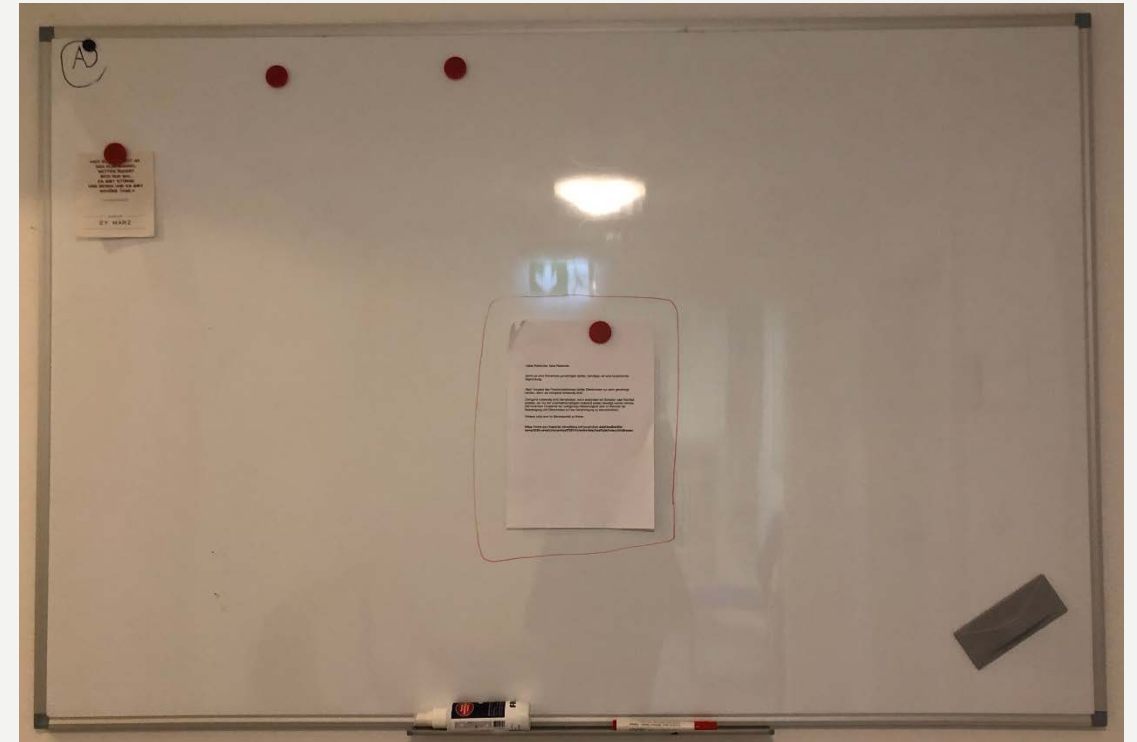
**1. IMA:**

- Statistikdaten (5-11-14, 16) DSS - 10 GB
- SDEMMF (5-11-14) 240 GB
- Hydro, 34, 5. Versionen 648 GB
- Rechnen
- Download 1000% 5 Var, 5 Var ~ 35 TB
- Statistikdaten 170 - 174 (5 Var, 5 Var) ~ 40 GB
- Karten Atlas + Bericht
- weitere Abs.
- Leistung RCU
- DSS Finanzierung
- Kleinleiter Globus Austausch
- MWN Austauschserver?

**HYDRO:**

- WARM-SETUPS
- Relevant Files 300 GB, 956
- Statistikdaten (170, 171, 172, 173)
- 20 Grids (2075-LE) Daily: 700-900 GB (1 Var) Total: 7 TB
- HQ Performance für alle Regal
- HA Generalkategorisierung
- Parade für alle Regal
- Karten Atlas + Bericht
- Weitere Abs. (Q-Q, H)
- Aggregierte Daten C 70
- Regalliste + Szen

\* GW recharge, Pot. Evap, Real Evap, Snowtak, Snowsto



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!