

SINFONY* Die Verzahnung von Nowcasting und numerischer Wettervorhersage

Ulrich Blahak, Deutscher Wetterdienst

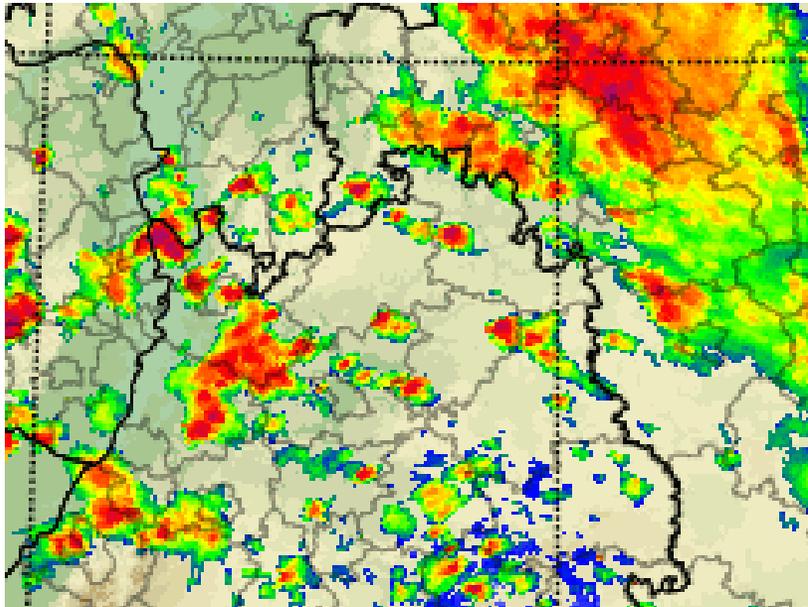
Projektteam & Friends: Roland Potthast, Kathleen Helmert, Alberto De Lozar, Axel Seifert, Elisabeth Bauernschubert, Christian Welzbacher, Matthias Zacharuk, Manuel Werner, Robert Feger, Rafael Posada Navia Osorio, Lilo Bach, Michael Hoff, Martin Rempel, Lisa Neef, Kathrin Feige, Markus Schultze, Sven Ulbrich, Kobra Khosravian, Jana Mendrok, Mareike Burba, Jana Mendrok, Klaus Vobig, Leonhard Scheck, Christoph Müller, Christian Berndt, Gregor Pante, Vera Maurer, Maik Ahlgrimm, Annett Strauß, Beke Kremmling, Ulrich Friedrich, Arne Spitzer, Lukas Josipovic, Thomas Deppisch, Matthias Gottschalk, Tobias Bergmann, Cornelius Hald, Isabel Urbich, Malte Schmid, Jan Bondy, Matthias Brechtel, Michael Buchhold, Marcus Paulat, Felix Fundel, Vanessa Fundel, Harald Kempf, Christoph Schraff, Tanja Winterrath, Ewelina Walawender, Katharina Lengfeld, Kathrin Wapler, Julia Bachmann, Julia Keller

- In unserem Fall: „seamless“ = „von Minuten zu Stunden“
- Derzeit im Rahmen des DWD-internen Projektes **SINFONY-Forschung** Entwicklung eines gekoppelten **probabilistischen** Systems aus **Niederschlags-Nowcasting** und **Kürzestfrist-NWV (bis +12 h)** auf der konvektiven Skala mit stündlich neu gestarteten Vorhersagen (RUC)

Nowcasting

(0-2 h, alle 5' neu)

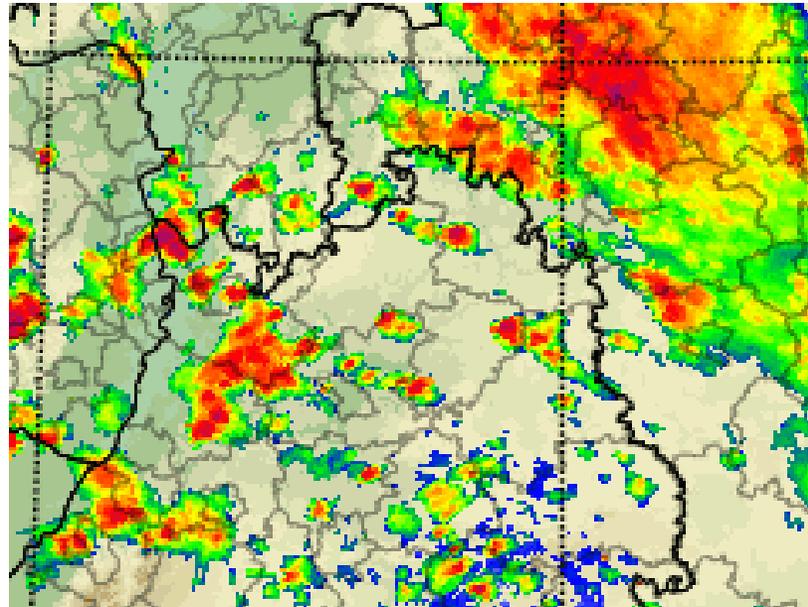
Beobachtungs basiert, effizient,
determ., sehr rasch verfügbar



Beobachtung

DWD Radarnetz

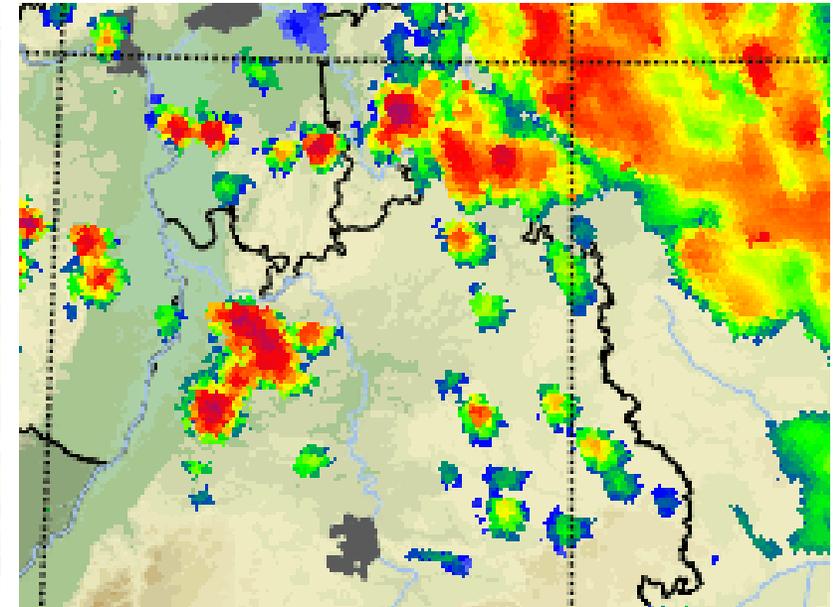
9. Juli 2021, Nördliches BaWü



Numerische Wettervorhersage

(NWV, ab +2 h, alle 3 h neu)

Sehr teuer, determ. & Ensemble,
verfügbar erst > 1,5 h nach Termin



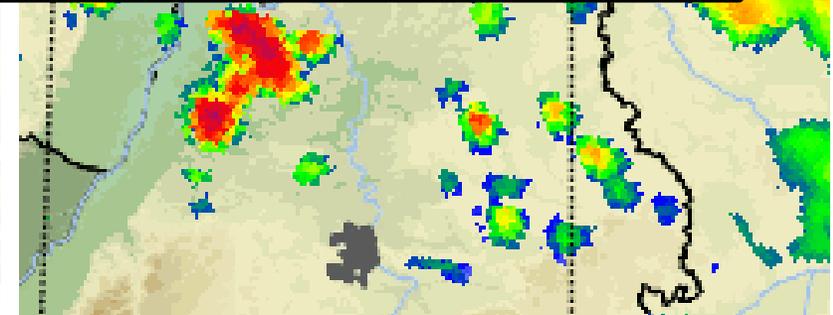
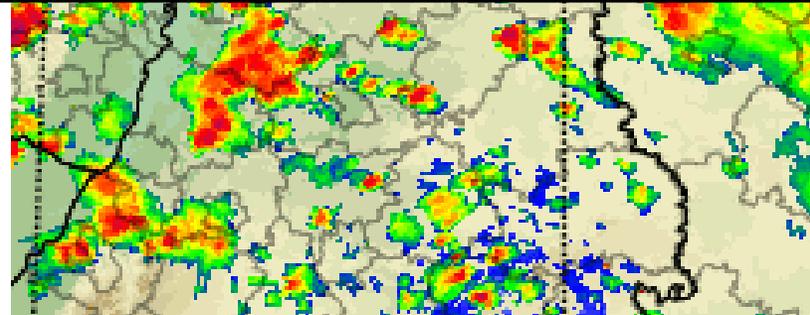
Nowcasting

Beobachtung

Numerische Wettervorhersage

Beide Verfahren ...

- ... haben ihre spezifische Probleme
- ... werden bisher getrennt voneinander entwickelt
- ... und es gibt keine gemeinsamen Produkte!



Nowcasting

Beobachtung

Numerische Wettervorhersage

Beide Verfahren ...

- ... haben ihre spezifische Probleme
- ... werden bisher getrennt voneinander entwickelt
- ... und es gibt keine gemeinsamen Produkte!

SINFONY verbessert beide Verfahren, verzahnt sie miteinander und erstellt daraus kombinierte Produkte -- bruchfrei für Nutzende

„Bruchfreiheit“ als eines der Ziele von SINFONY

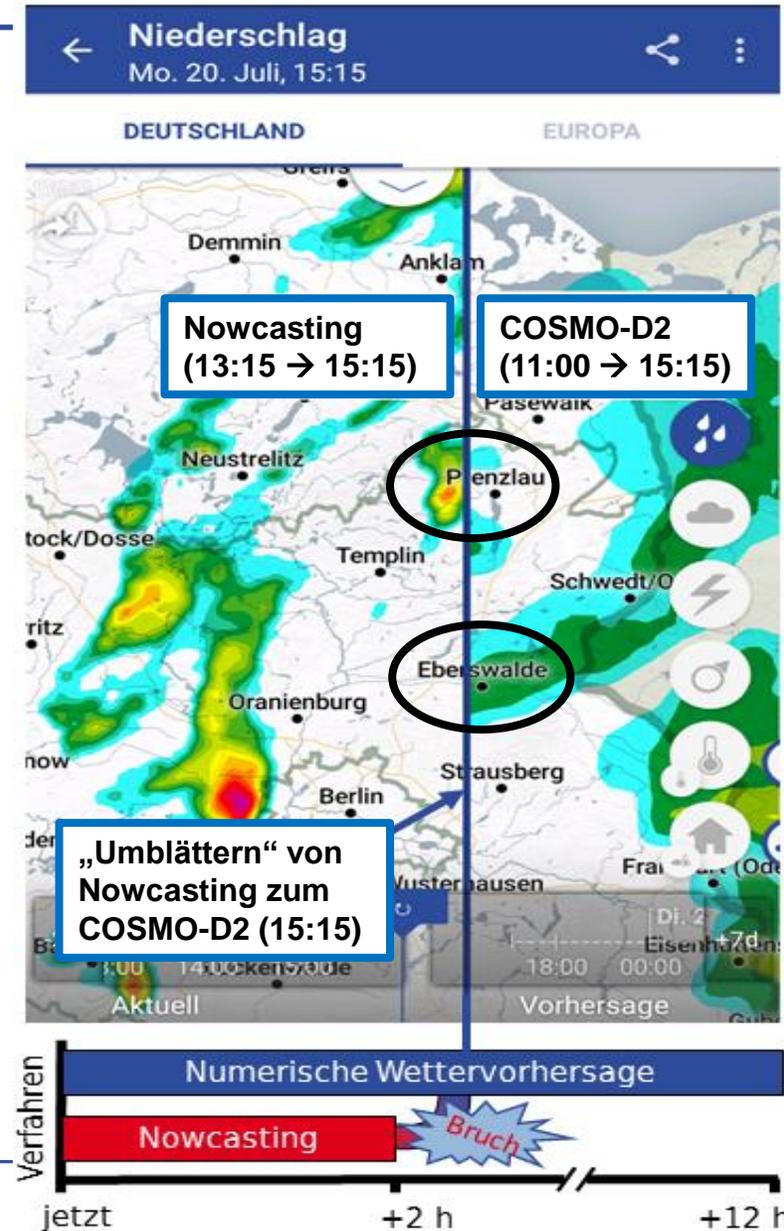
Verminderung / Glättung des Vorhersagebruchs im Übergangsbereich zwischen **Nowcasting** und **Kürzestfrist-NWV**

Das Problem ist stark vereinfacht in der WarnWetter-App plastisch dargestellt:

Links: Nowcasting 13:15 MESZ + 02:00 h

Rechts: COSMO-D2 (det) 11 MESZ + 04:15 h (12-UTC-Lauf)

Beispiele für „Brüche“ nahe Eberswalde und Prenzlau



Irgendein Verifikations-
score für konvektive Zellen

→ Stündlich neue
Vorhersagen bis
+ 12 h (RUC*)

ICON-LAM
 $\Delta x = 2 / 1$ km
angepasste
Modellphysik



NWV

→ Assimilation neuer Daten**
in KENDA-LETKF:

- Radarvolumendaten
 v_r , dBZ, Zell-Objekte
- Meteosat VIS / IR
- Blitze



t_0

→ Vergleichende Verifikation:

- Räuml. Nachbarschaftsmethoden
- Zell-Objekt-Verifikation

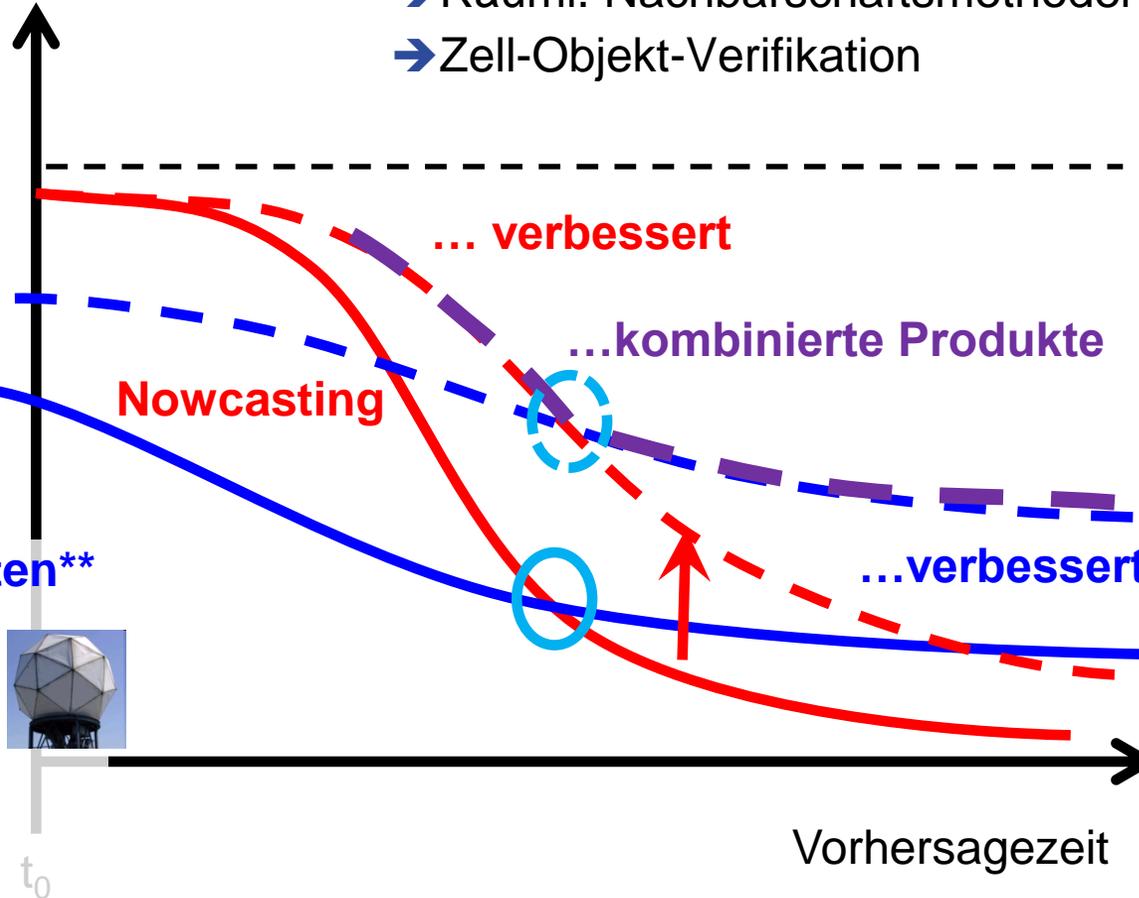
→ **Zunächst Radar-basiertes
Niederschlags-Nowcasting**

- 1) Flächenfelder auf Gitter (mm/h, dBZ) (POLARA
Polarimetric Radar Algorithms)
- 2) Zell-Objekte KONRAD3D

→ **Verfahren verbessern**

→ **Ensembles, die folgende
Unsicherheiten abbilden:**

- 1) Verfahrensparameter
- 2) Skalenabhängige Vorhersagbarkeit
- 3) Tendenzen / Zell-Lebenszyklen



*) Rapid Update Cycle

***) Zusätzlich zu den „konventionellen“ Daten wie z.B. SYNOP, TEMP, Profiler, MODE-S

Kombinierte Produkte: Konzept und mögliche Anwendungen

**Nowcasting-
ENS (5' updates)**

POLARA
Polarimetric Radar Algorithms
KONRAD3D

Gitterbasiertes Niederschlags- und
Reflektivitäts- ENS

Zell-Objekt ENS
(ident, tracking)

Lebenszyklus

SINFONY - Kombinierte
Produkte

„Best of both worlds“:
Optimaler Skill für jede VZeit



KENDA-LETKF
ENS Datenassimilation

NWV-RUC-ENS (1 h updates)
 $\Delta x = 2 / 1 \text{ km}$

ICON-LAM



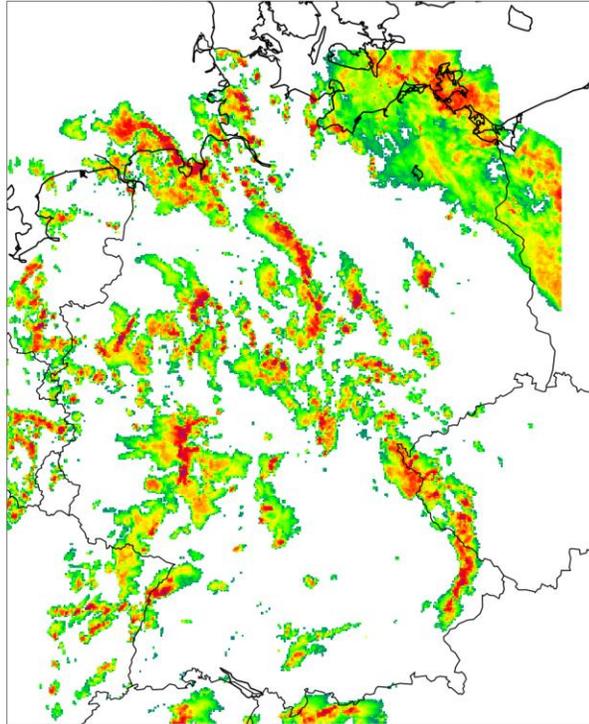
t_0

Vorhersagezeit

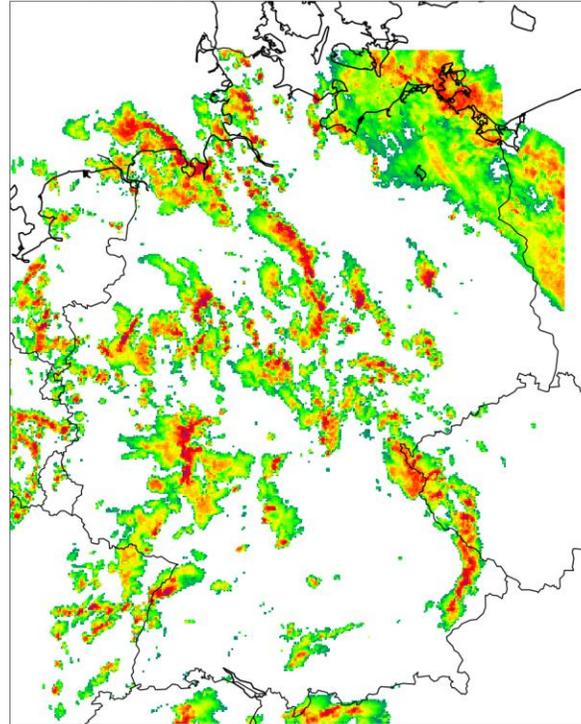
Was ist mit „nahtlos“ gemeint?

Ein anschauliches Beispiel aus der Experimentierküche

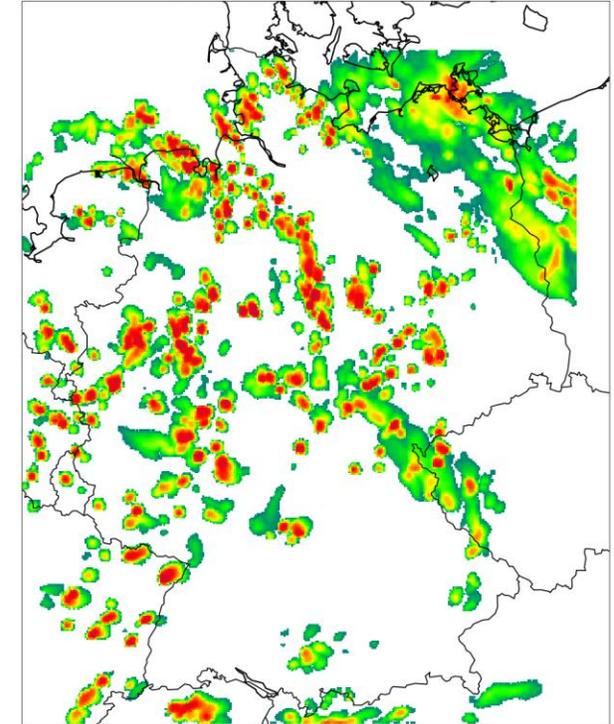
Nowcasting



Kombination



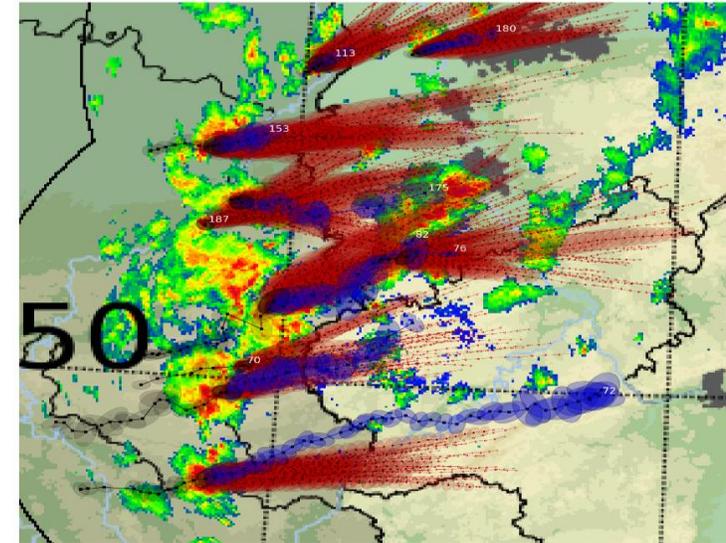
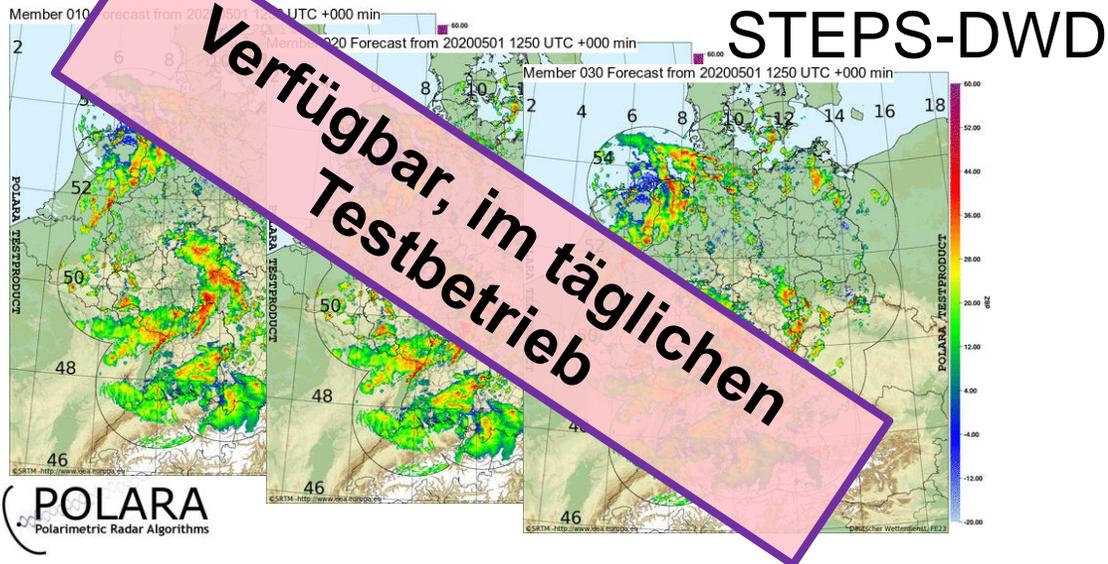
NWV



- In unserem Fall: „seamless“ = „von Minuten zu Stunden“
- Derzeit im Rahmen des DWD-internen Projektes **SINFONY-Forschung** Entwicklung eines gekoppelten **probabilistischen** Systems aus **Niederschlags-Nowcasting** und **Kürzestfrist-NWV (bis +12 h)** auf der konvektiven Skala mit stündlich neu gestarteten Vorhersagen (RUC)
- **Fokus in SINFONY-Forschung:**
 - Grundlegende Entwicklungen für die beiden Vorhersageverfahren
 - Fokus auf Starkniederschlag sommerlicher konvektiver Ereignisse
 - Kundenzielgruppen: interner DWD-Warnprozess, Hydrologie (Hochwasserwarnwesen)
 - Erste „kombinierte“ Produkte: Niederschlag, dBZ, konv. Zellen (“Objekte“)

SINFONY Radar Nowcasting-Ensembles: Gitterbasiert und Zell-Objekte

- Entwicklung **Ensemble-basierter** Nowcasting-Methoden, Update alle 5 min und Vorhersagezeitbereich bis zu **$t_0 + 6$ h**

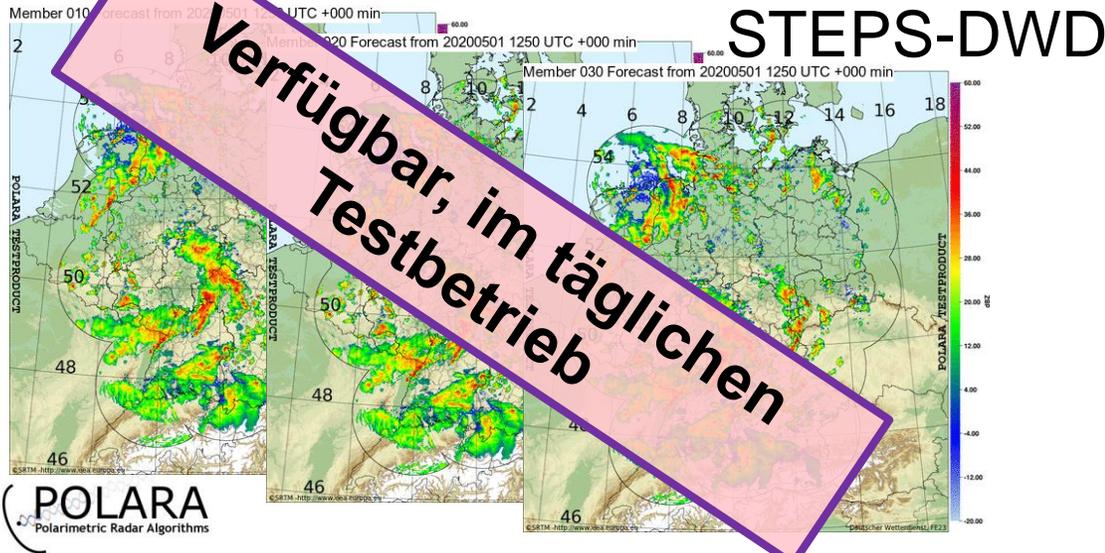


KONRAD3D
EPS

- Gitterbasiert (Komposits): Reflektivität, mm/h
- „Optical-flow“ Bewegungsanalyse
- ENS aufgespannt von Unsicherheiten durch skalenabhängige Vorhersagbarkeit
- Objekte repräsentieren Zellen in einfacher Weise
- Zelldetektion und -Verfolgung in 3D Volumenscans
- ENS aufgespannt von Unsicherheiten durch Wachstum / Zerfall („Lebenszyklus“)
- ENS = Parabelschar von möglichen Szenarien für Zeitverlauf von Zelleigenschaften
- Ensemble-Kalman-Filter zur Anpassung des ENS

SINFONY Radar Nowcasting-Ensembles: Gitterbasiert und Zell-Objekte

→ Entwicklung **Ensemble-basierter** Nowcasting-Ensembles und Vorhersagezeitbereich bis zu $t_0 + 6$ h

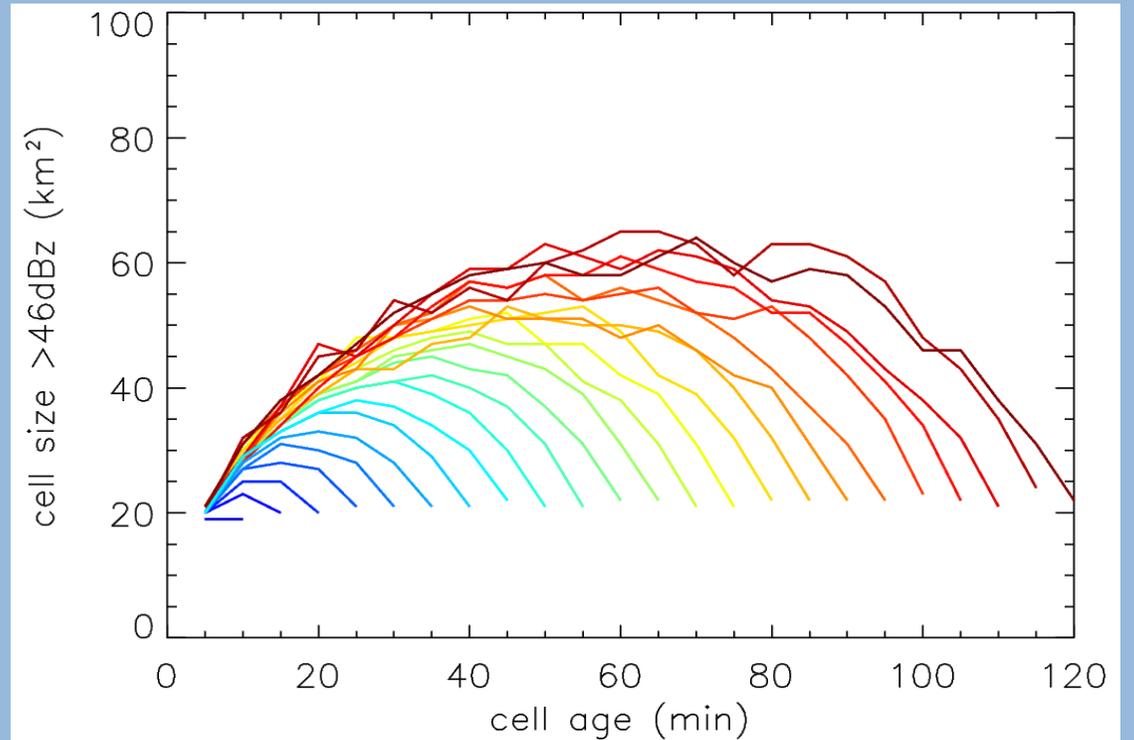


- Gitterbasiert (Komposits): Reflektivität, mm/h
- „Optical-flow“ Bewegungsanalyse

→ ENS aufgespannt von Unsicherheiten durch skalenabhängige Vorhersagbarkeit

→ E
V
→ E
Z
→ E

Parabelmodell motiviert durch:

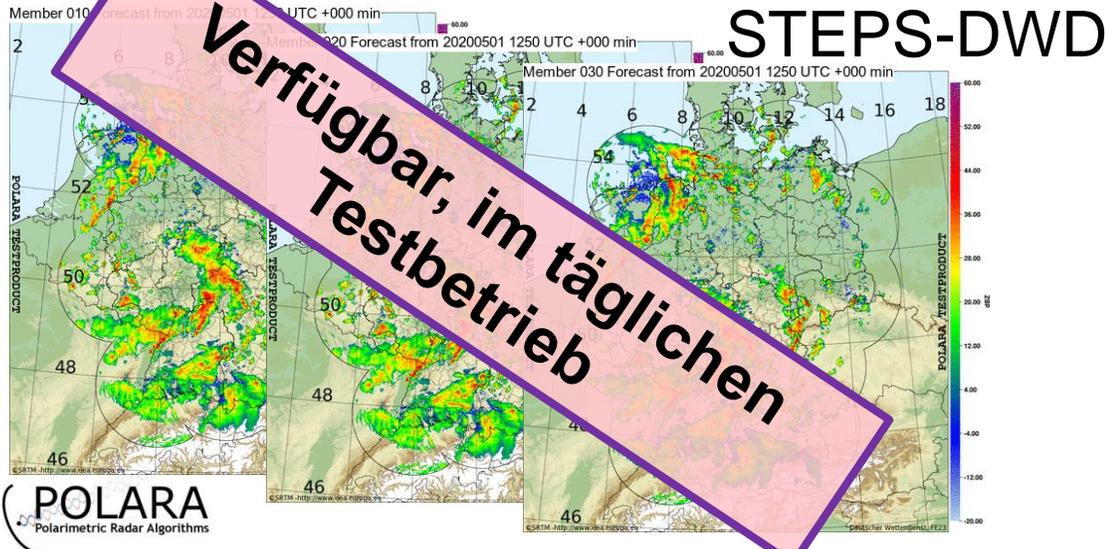


Klimatologie (Wapler et al. 2020): Median Zellgröße als Funktion des Zell-Alters in verschiedenen Lebenszeitklassen (Farben); Deutschland, 2007 – 2016.

Aber: sehr große Streubreite der Einzelfälle!

SINFONY Radar Nowcasting-Ensembles: Gitterbasiert und Zell-Objekte

→ Entwicklung **Ensemble-basierter** Nowcasting-Ensembles und Vorhersagezeitbereich bis zu $t_0 + 6$ h

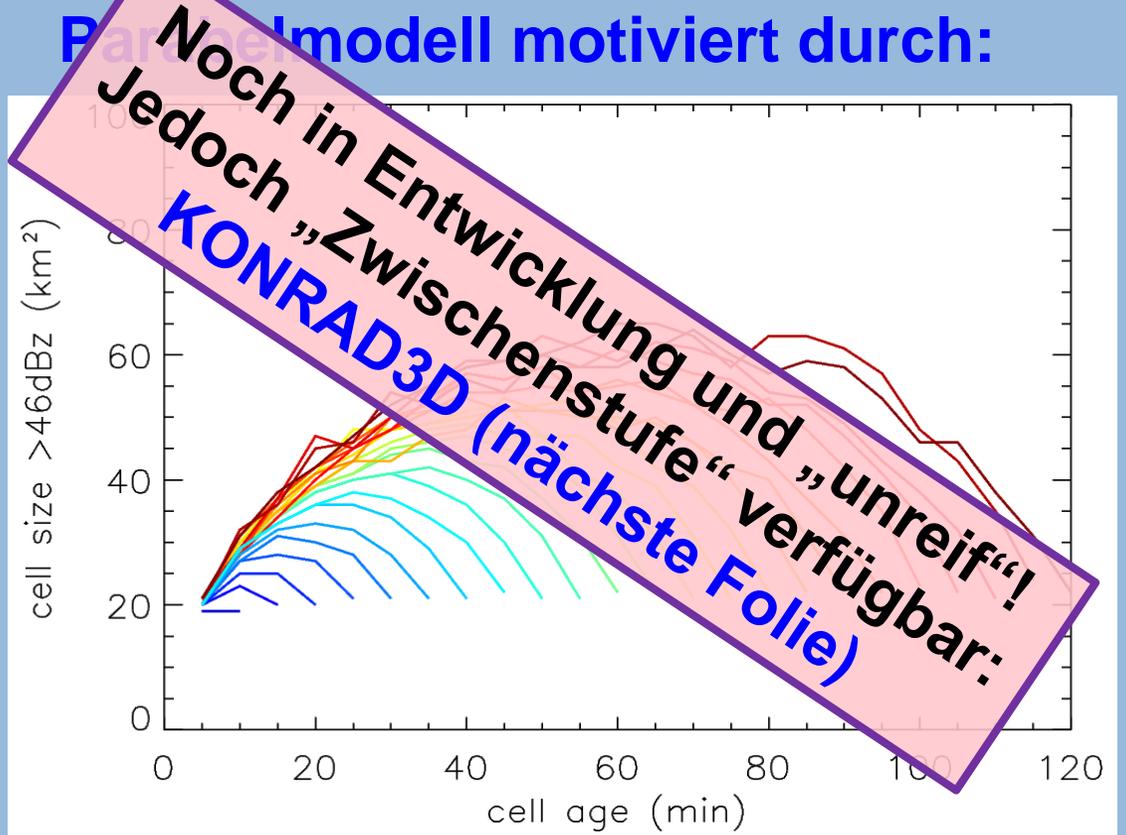


- Gitterbasiert (Komposits): Reflektivität, mm/h
- „Optical-flow“ Bewegungsanalyse

→ ENS aufgespannt von Unsicherheiten durch skalenabhängige Vorhersagbarkeit



Paradmodell motiviert durch:



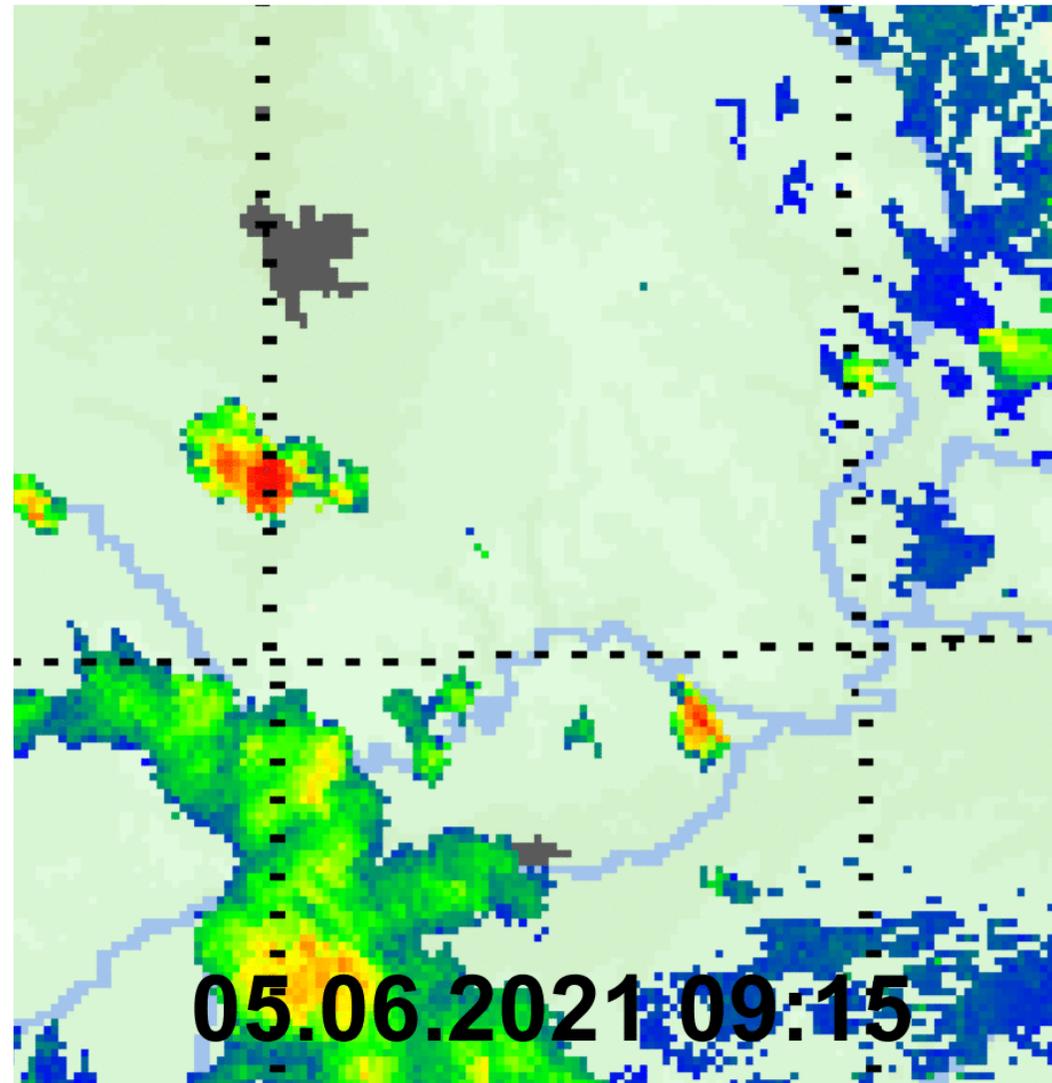
Klimatologie (Wapler et al. 2020): Median Zellgröße als Funktion des Zell-Alters in verschiedenen Lebenszeitklassen (Farben); Deutschland, 2007 – 2016.

Aber: sehr große Streubreite der Einzelfälle!

5.6.2021

Nähe Regensburg:

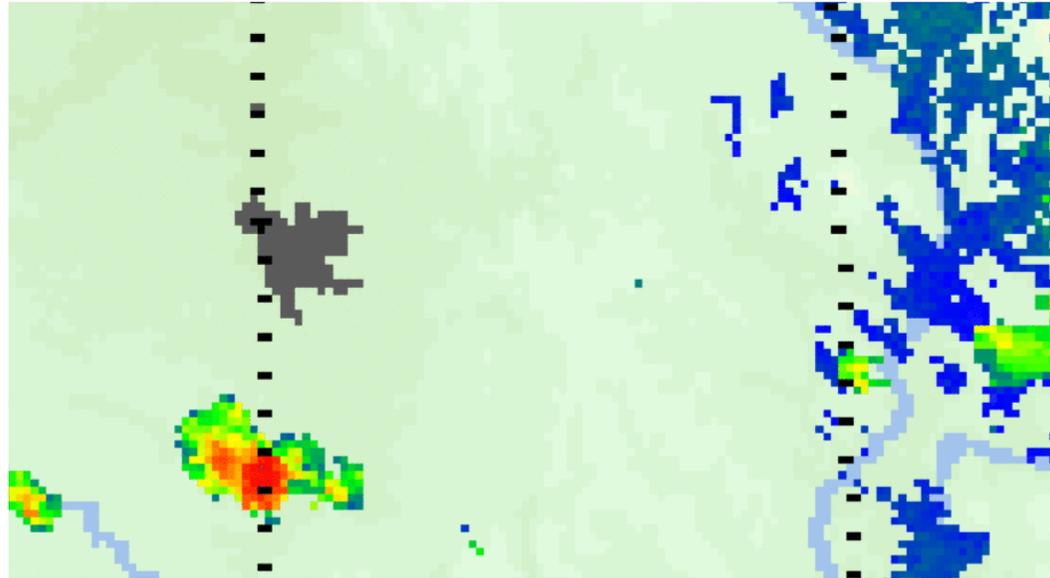
Intensive Zellen bis zur
höchsten Stufe 4 (Lila)



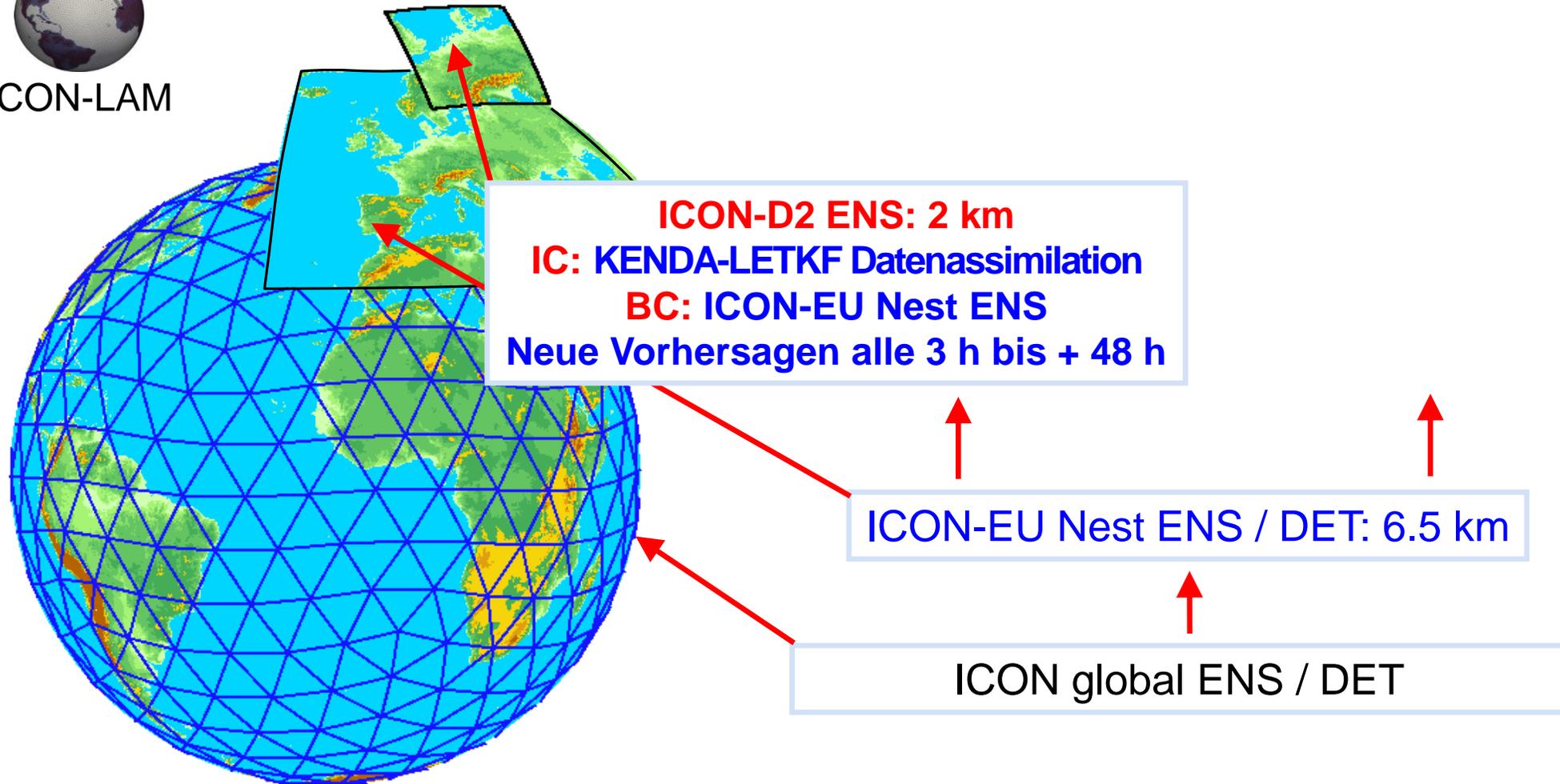
5.6.2021

Nähe Regensburg:

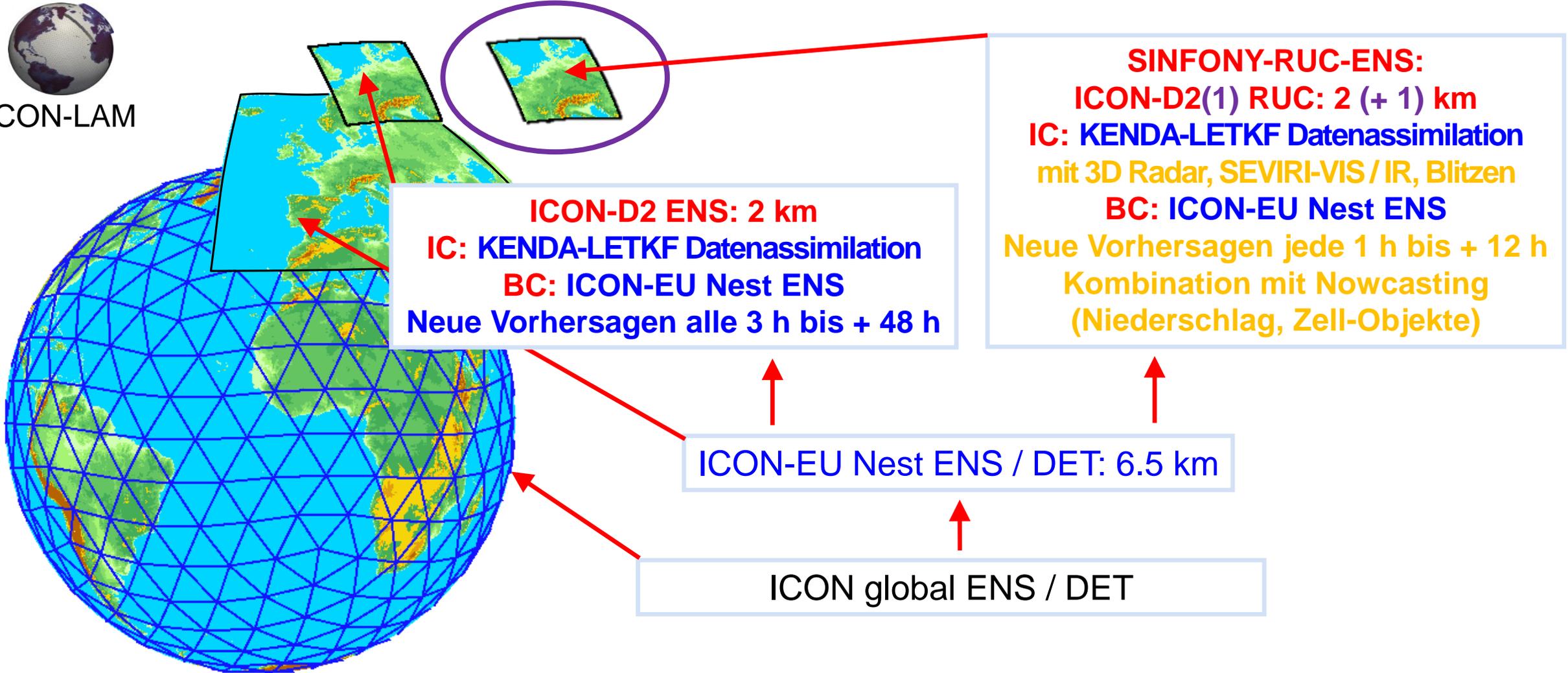
Intensive Zellen bis zur höchsten Stufe 4 (Lila)



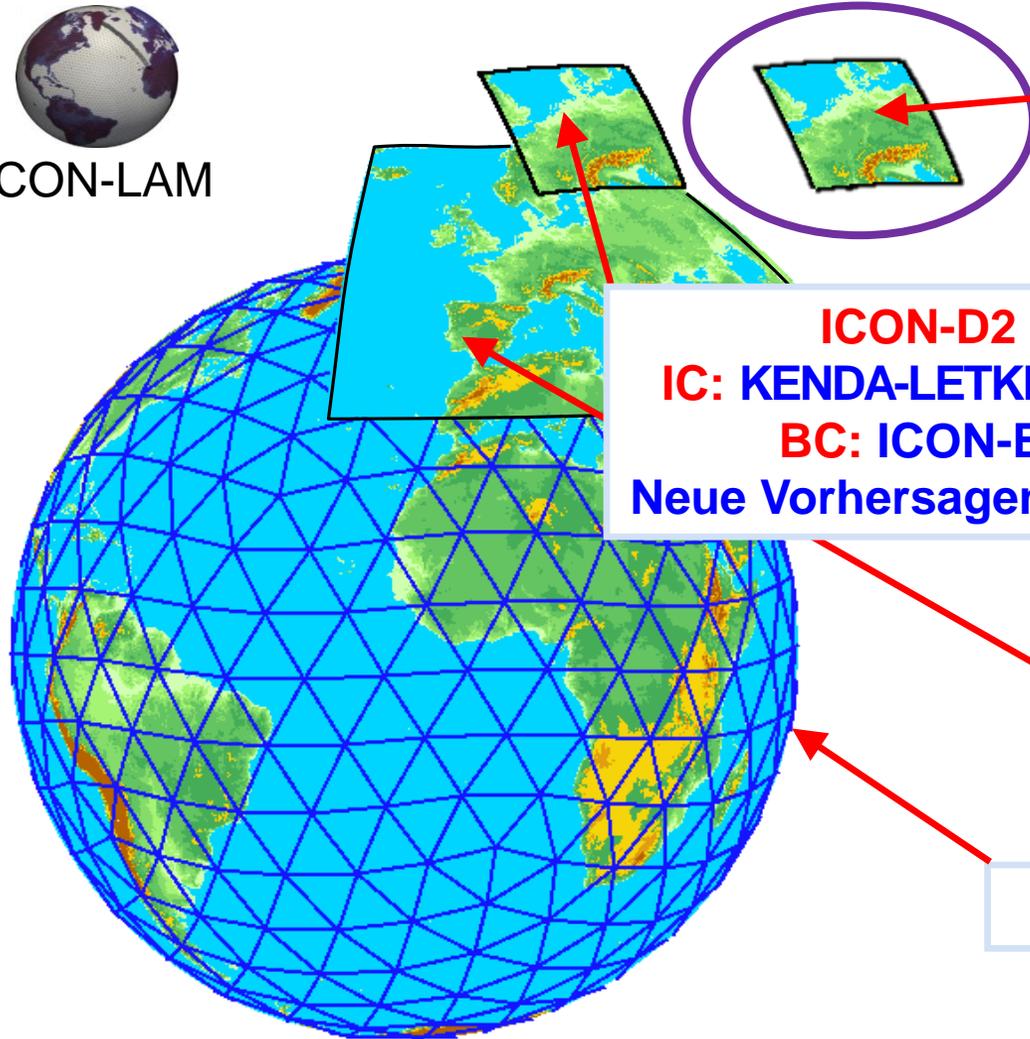
- Basiert auf allen Elevationen der Volumenscans, nicht nur auf einer Einzigen
- Kalman-Filter zur Glättung der Zugbahnvorhersage
- Gauß'sche Unsicherheitsellipsen (1σ) für die vorhergesagte Zentroid-Position im 5-min-Abstand
- Diagnose des Schweregrads (1 - 4)
- **Verfügbar, im täglichen Testbetrieb (aber noch nicht völlig konsolidiert)**



Ergänzung der NWV durch SINFONY-RUC ab 2023



Ergänzung der NWV durch SINFONY-RUC ab 2023



ICON-D2 ENS: 2 km
IC: KENDA-LETKF Datenassimilation
BC: ICON-EU Nest ENS
Neue Vorhersagen alle 3 h bis + 48 h

SINFONY-RUC-ENS:
ICON-D2 (4) RUC: 2 (+ 1) km
IC: KENDA-LETKF Datenassimilation
mit 3D FFS für SVP, VIS / IR, Blitzen
BC: ICON-EU Nest ENS
Neue Vorhersagen alle 3 h bis + 12 h
Kombination mit Wcaring
(Niederschlag, Zellen Objekte)

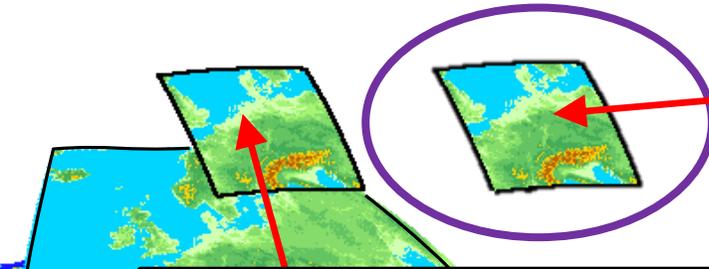
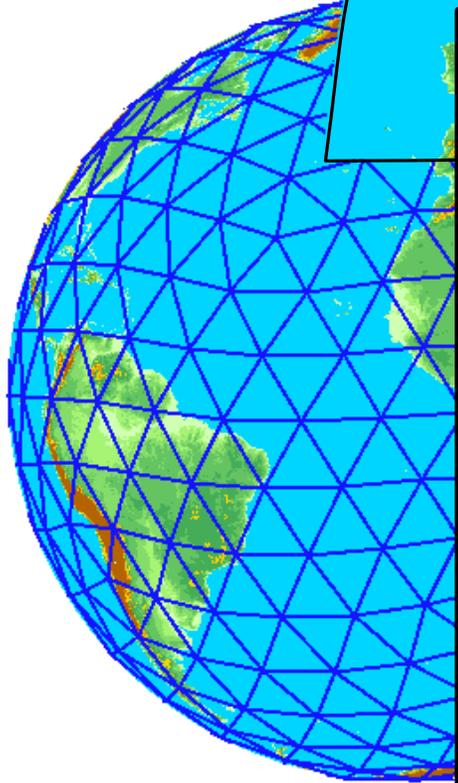
Verfügbar schon ~ 45 min nach Termin

ICON-EU Nest ENS / DET: 6.5 km

ICON global ENS / DET



ICON-LAM



**Damit das alles zusammen klappt:
Massiver Ausbau der DWD-HPC und
Speichersysteme in mehreren Stufen
bis Ende 2023**



SINFONY-RUC-ENS:
ICO (2km) RUC: 2 (+ 1) km
IC. KENDATKE Datenassimilation
mit 2h Vorlaufzeit VIS/IR, Blitzen
nach Termin ~ 45 min
rsagende + 12 h
ation mit wca
rschlag, Zell Objekte

Numerisches Modell

- Begonnen mit COSMO, Umstieg auf ICON-LAM erfolgt
- Modellsetup angepasst für die km-Skala:
 - Alternative Wolkenmikrophysik-Parametrisierung
Seifert-Beheng 2-Momenten-Schema mit Graupel und Hagel
 - Neues stochastisches Grenzschichtschema zur Parametrisierung flacher Konvektion
- Wird „aggressiv“ optimiert für die ersten Vorhersagestunden
- Output:
 - „Volle“ 3D-Modellfelder und –Diagnostiken wie bei ICON-LAM-D2, aber in höherer Frequenz (alle 15‘)
 - Zusätzlich alle 5‘ simulierte Radar-Volumenscans (Reflektivitäten) analog zu beobachteten Scans
 - Synthetische Radarkomposits und KONRAD3D-Objekte mittels (POLARA Radaralgorithmen)
- Assimilation von Radarvolumendaten (Radialwind, Reflektivität) sehr weit fortgeschritten
- Assimilation von MSG-VIS auf gutem Weg
- Assimilation von Objekten und Blitzen brauchen noch etwas Zeit

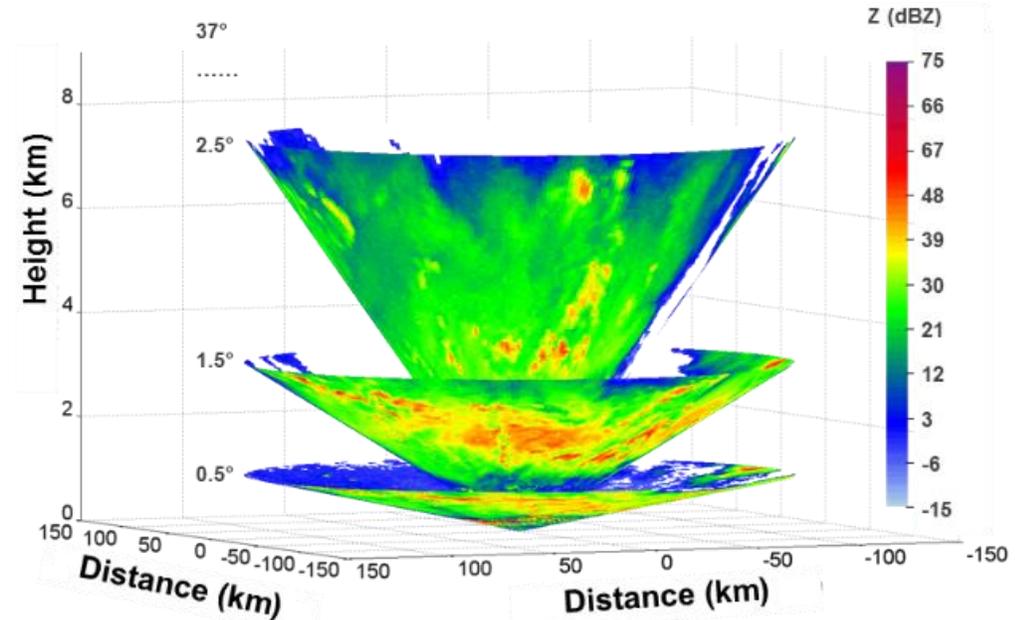
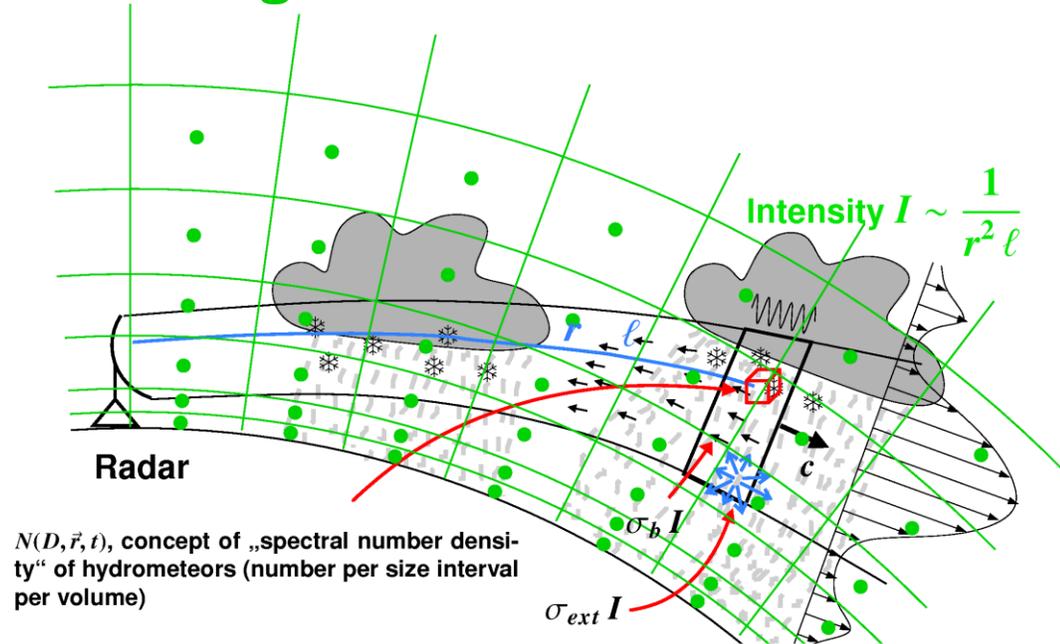
COSMO

Nur vergangene
Fallperioden

Seit Mai täglicher
Testbetrieb, aber noch
„unreif“

POLARA
Polarimetric Radar Algorithms

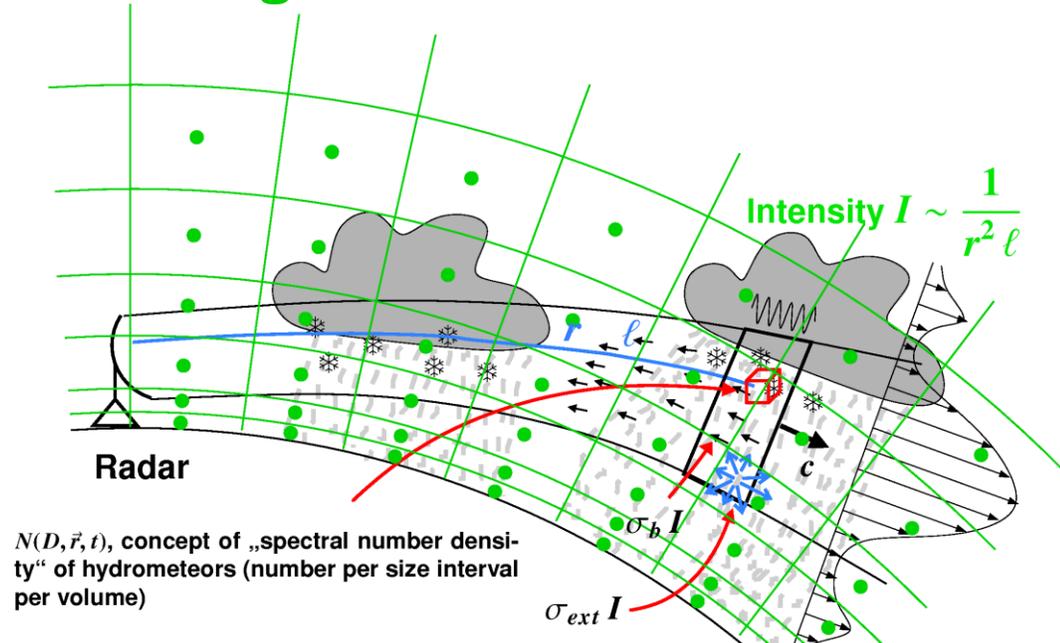
Modellgitter und Wetterradar



Simulierte Größen entlang aller Radarstrahlen von Volumenscans:

- **Radarreflektivität Z** (Mie, optional mit Effekten von Dämpfung, Schmelzen, Strahlverbreiterung)
- **Radialwind V_r** (optional mit Effekten der Strahlgewichtsfunktion)
- In Entwicklung: **Polarisationsparameter**

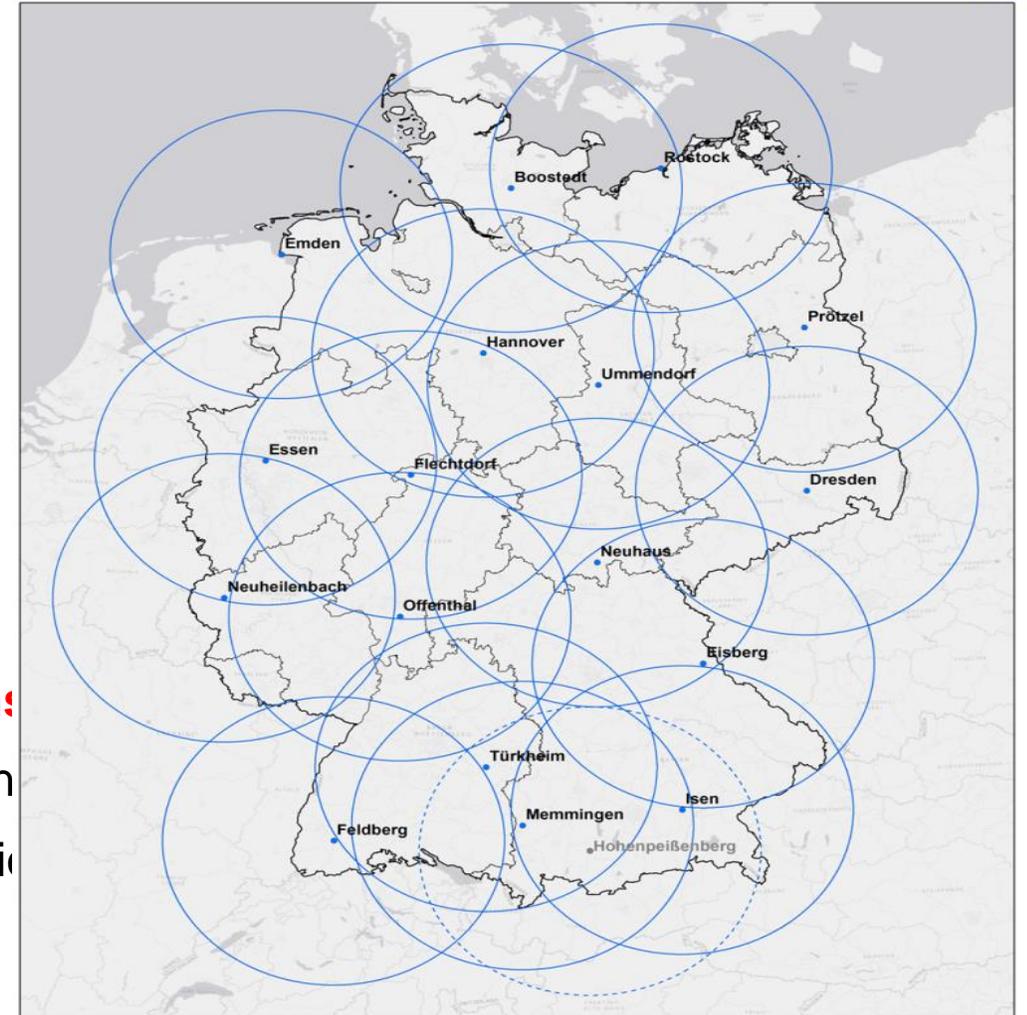
Modellgitter und Wetterradar



Simulierte Größen entlang aller Radarstrahlen von Volumenscans

- **Radarreflektivität Z** (Mie, optional mit Effekten von Dämpfung)
- **Radialwind V_r** (optional mit Effekten der Strahlgewichtsfunktion)
- In Entwicklung: **Polarisationsparameter**

Radarverbund des Deutschen Wetterdienstes

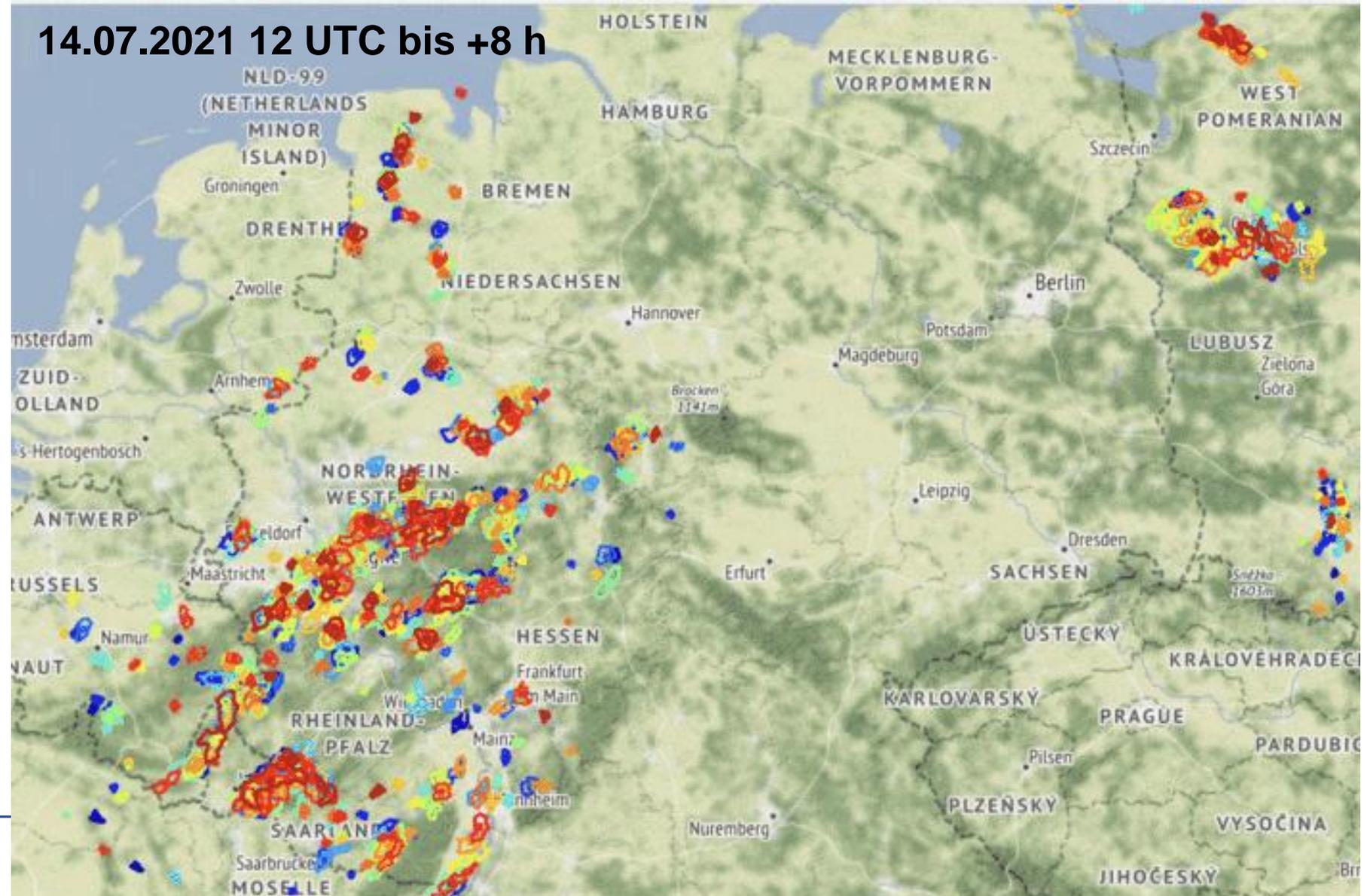


Synthetische Objekte aus dem Modell

KONRAD3D
(POLARA-Software)
angewendet auf die
synthetischen
Radarvolumenscans

„Paintball Plot“

Die Farben
kennzeichnen die
verschiedenen Member



14.07.2021 12 UTC bis +8 h



KONRAD3D
(POLARA-Software)
angewendet auf die
synthetischen

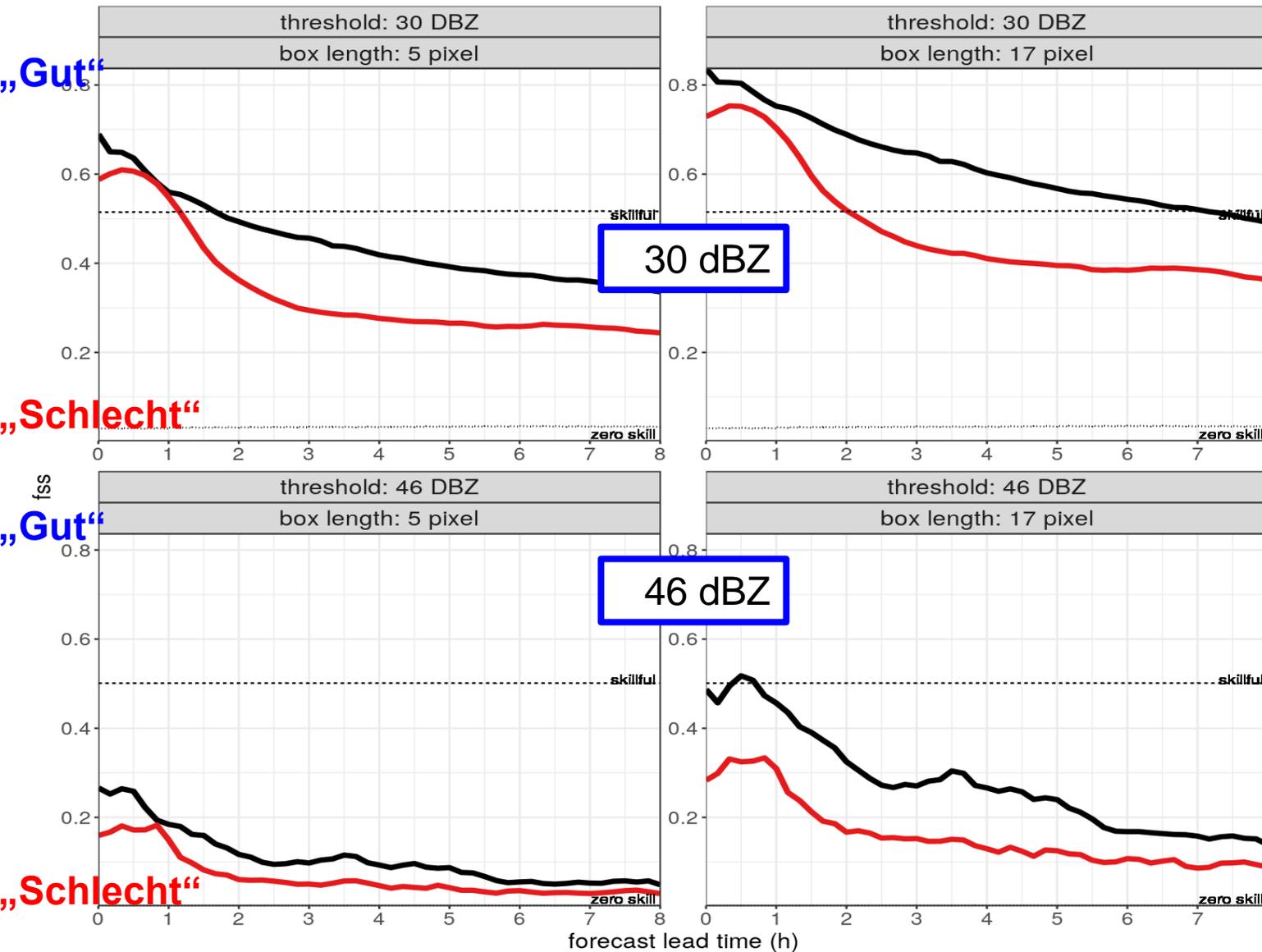
Arbeiten an:

- Objekt-basierter Verifikation (**bereits in Anwendung**)
- Kombination mit dem KONRAD3D-EPS (erster Prototyp in „mittlerem“ Entwicklungsstadium)

verschiedenen Member



Aktuelle Verifikation Reflektivität aus 07/2021



Zeitraum: 01.07. – 31.07.2021

Vorhersageläufe: 06 – 18 UTC
(deterministisch)

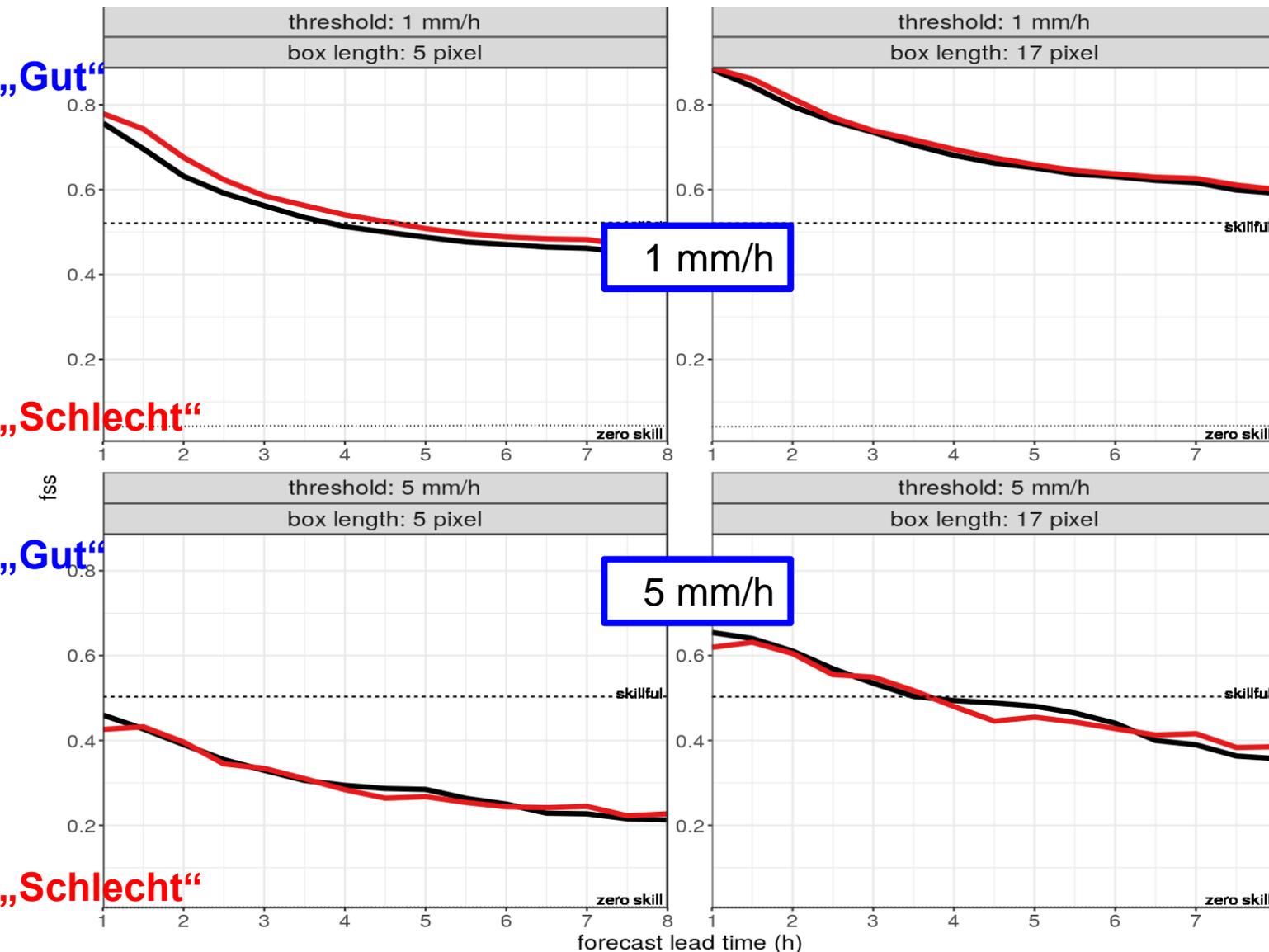
Parameter: Radarreflektivität (dBZ)

Score: Fraction Skill Score (FSS)

— ICON-D2-RUC (SINFONY)

— ICON-D2 (Routine)

Aktuelle Verifikation 1-h-Summe gegen RW aus 07/2021



Zeitraum: 01.07. – 31.07.2021

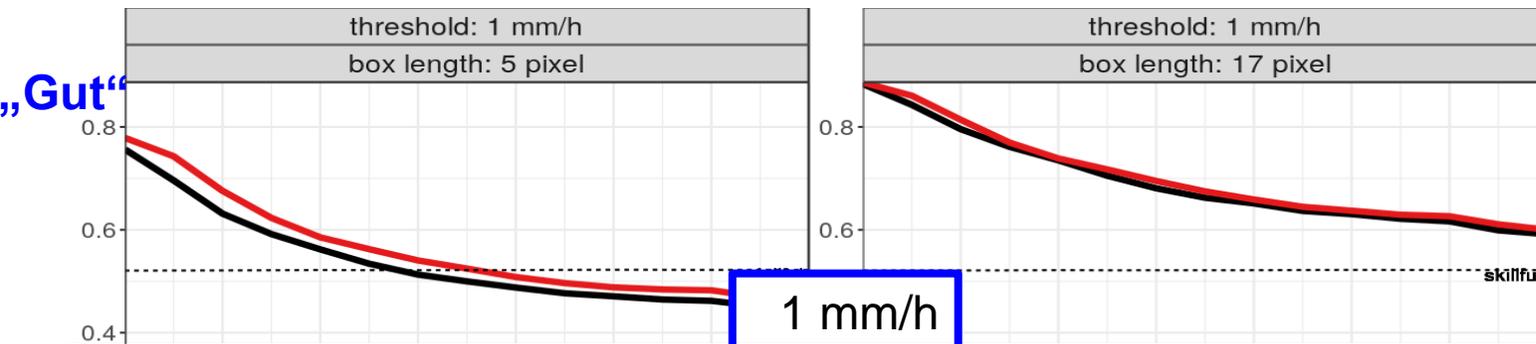
Vorhersageläufe: 06 – 18 UTC
(deterministisch)

Parameter: Niederschlagssumme 1 h

Score: Fraction Skill Score (FSS)

— ICON-D2-RUC (SINFONY)

— ICON-D2 (Routine)



Zeitraum: 01.07. – 31.07.2021

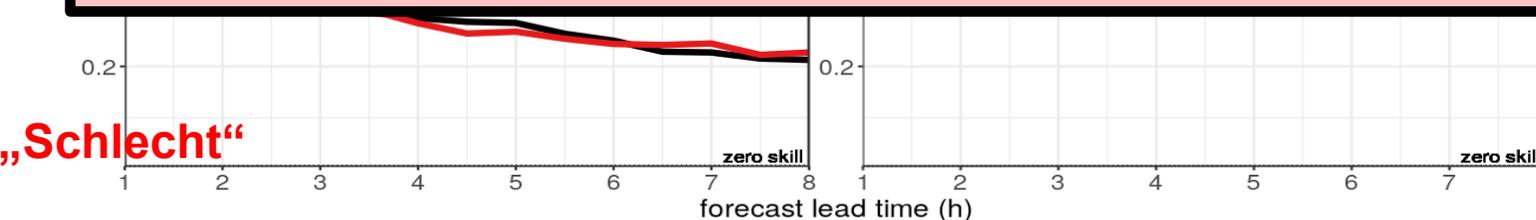
Vorhersageläufe: 06 – 18 UTC
(deterministisch)

Parameter: Niederschlagssumme 1 h

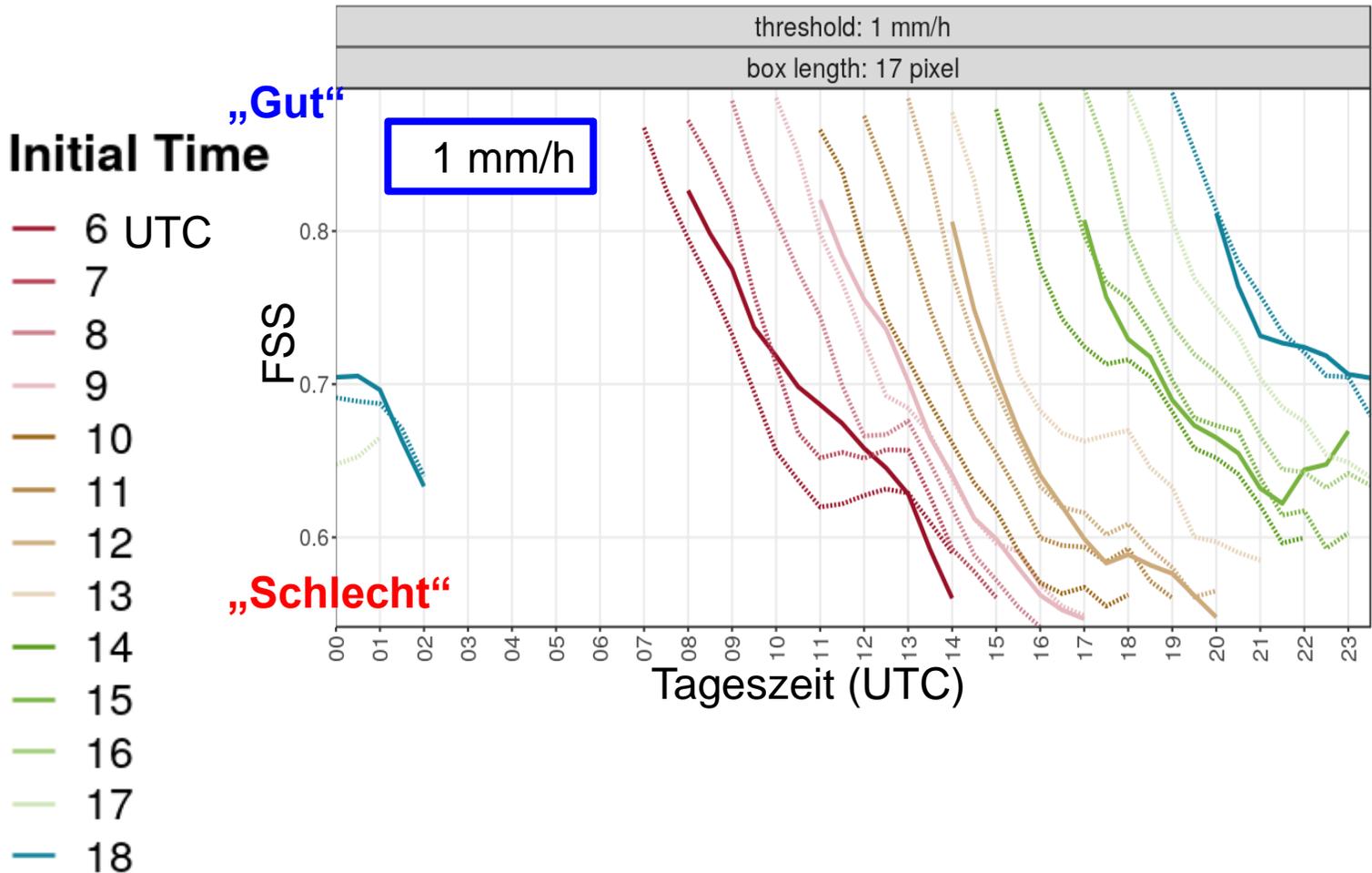
Score: Fraction Skill Score (ESS)

Hier Erstversion des ICON-D2-RUC gezeigt!

- Inzwischen weitere Verbesserungen bei der Datenassimilation und Modellphysik erreicht
- Erste Anzeichen, dass damit auch der Niederschlag leicht besser verifiziert als in der Routine



Qualitätssteigerung durch den RUC aus Sicht eines Nutzers der NWV zu einer bestimmten Tageszeit



Zeitraum: 01.07. – 31.07.2021

Vorhersageläufe: 06 – 18 UTC
(deterministisch)

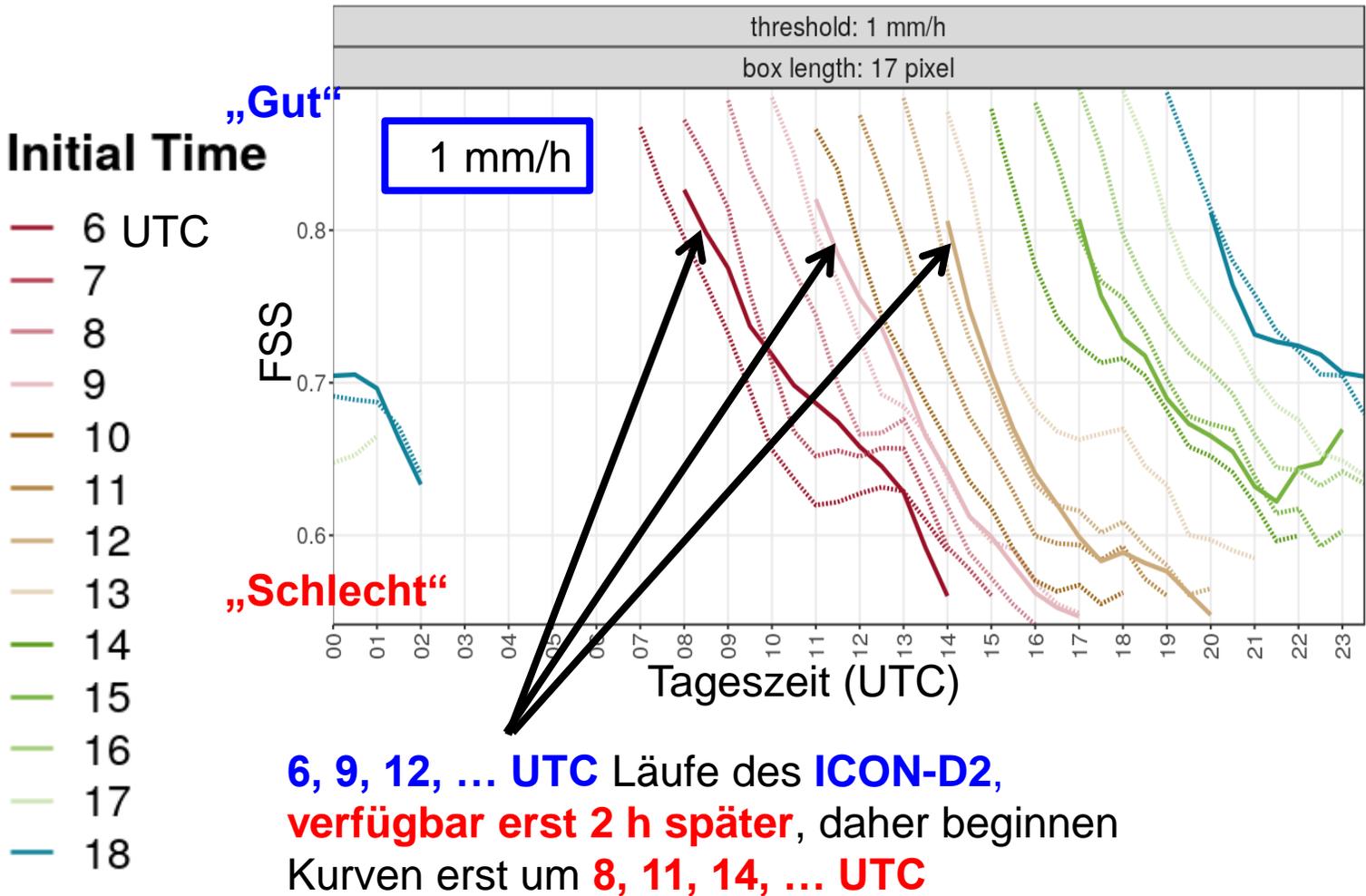
Parameter: Niederschlagssumme 1 h

Score: Fraction Skill Score (FSS)

..... ICON-D2-RUC (SINFONY)

— ICON-D2

Qualitätssteigerung durch den RUC aus Sicht eines Nutzers der NWV zu einer bestimmten Tageszeit



Zeitraum: 01.07. – 31.07.2021

Vorhersageläufe: 06 – 18 UTC
(deterministisch)

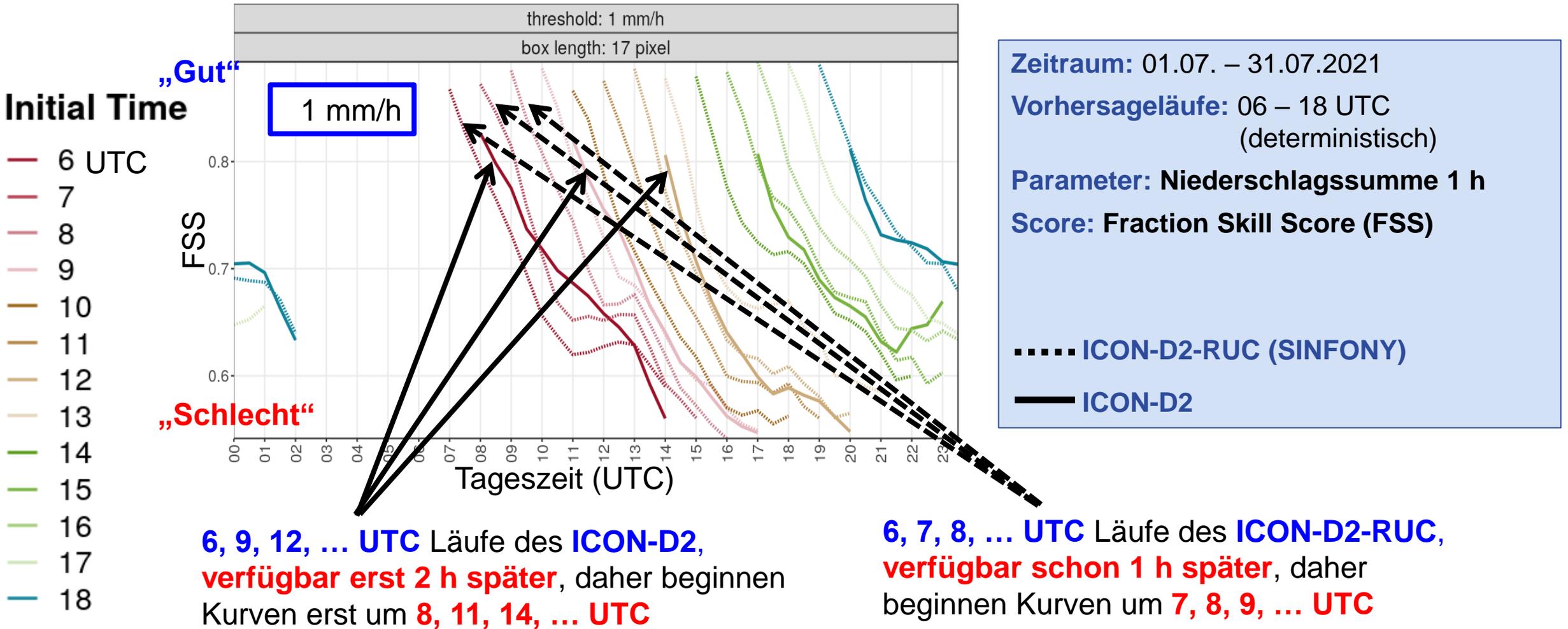
Parameter: Niederschlagssumme 1 h

Score: Fraction Skill Score (FSS)

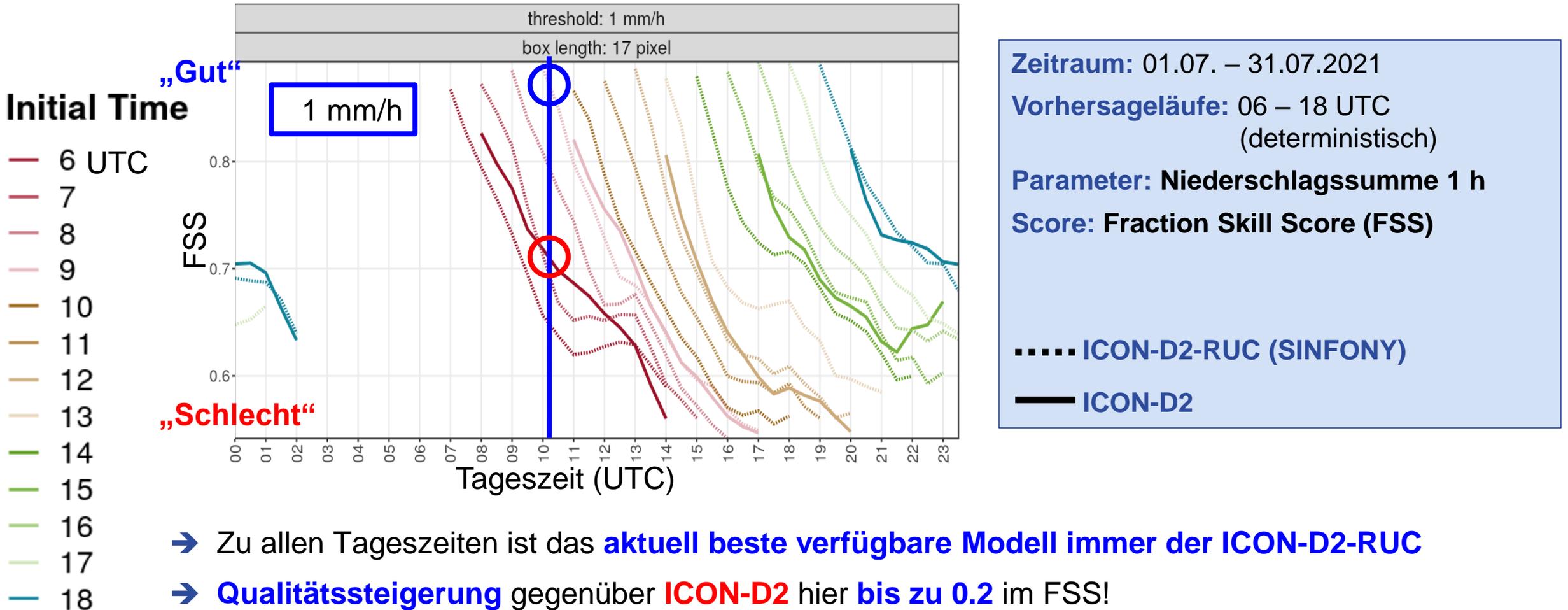
..... ICON-D2-RUC (SINFONY)

— ICON-D2

Qualitätssteigerung durch den RUC aus Sicht eines Nutzers der NWV zu einer bestimmten Tageszeit



Qualitätssteigerung durch den RUC aus Sicht eines Nutzers der NWV zu einer bestimmten Tageszeit

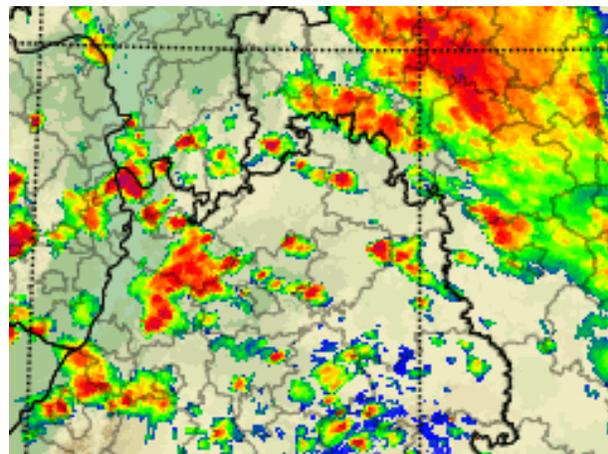


- I. **STEPS-DWD Nowcasting:** Niederschlags-Flächenfelder, 20-40 Member
- II. **KONRAD3D:** probabilistisches Zell-Nowcasting, 20-40 Member
- III. **NWV RUC Ensemble:** Zusätzliches ICON LAM EPS mit $\Delta x=2$ km, 20-40 Member, stündlich neue Vorhersagen bis + 12 h.
- IV. **Kombinierte Niederschlagsfelder** aus STEPS-DWD und RUC:
 - a) **Kombinierte Wahrscheinlichkeiten nach Kober et al (2012)** für $R > R_0$:
$$P(R > R_0; x, y, t) = \alpha_{(t)} P_{NWC}(R > R_0; x, y, t) + (1 - \alpha_{(t)}) P_{NWV}(R > R_0; x, y, t)$$
 - b) **Kombiniertes Ensemble auf Member-Ebene nach Nerini et al (2019):**

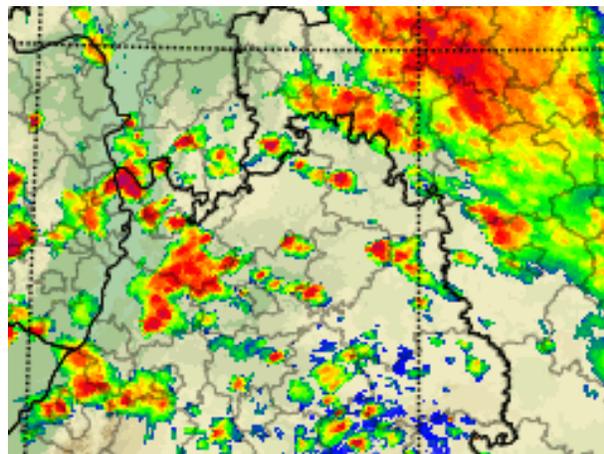
Die NWV-Member $R_{i,NWV}(x, y, k\Delta t)$ dienen als „Beobachtungsensemble“, um in einer Art Datenassimilationszyklus die NWC-Member $R_{i,NWC}(x, y, t)$ in Zeitschritten von Δt sukzessive gegen die NWV-Member zu ziehen: Wechselspiel aus NWC-Vorhersageschritt von t bis $t + \Delta t$ und Korrekturschritt mit Ensemble Kalman Filter
- V. **Reduktion der Memberzahl** durch nachfolgendes lokalisiertes Clustering auf b)

- **Beispiel: STEPS-DWD für Reflektivität, 13:00 – 15:00, 9.7.2021, Nördliches BaWü**
- Verlagerung mit überlagerten kleinräumigen Variationen der Felder, die sich aus der meteorologisch bedingten Vorhersagbarkeit auf verschiedenen Größenskalen ergeben
- Aktualisierung alle 5 min, 20 – 40 Member, verfügbar 5 min nach Termin
- Komposits (dBZ, mm/h, mm_1h) auf regelmäßigem Gitter
- lokale Wahrscheinlichkeiten für Schwellwertsüberschreitungen

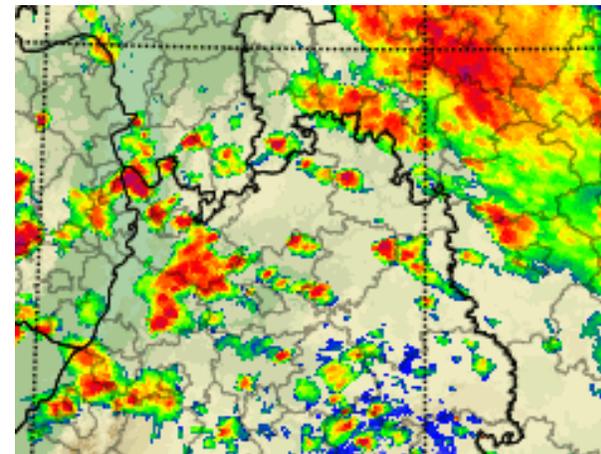
Nowcasting Member 1



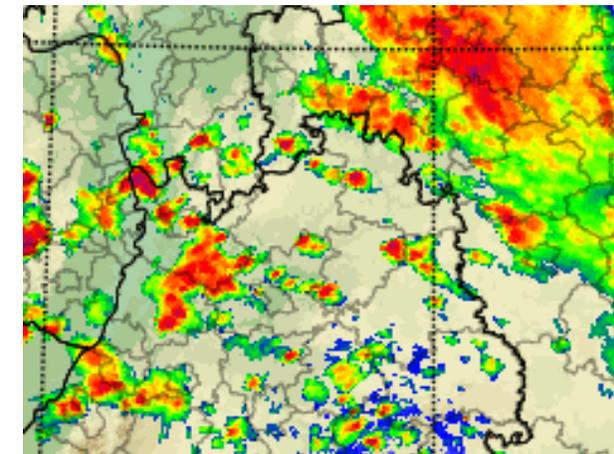
Member 10



Member 20



Beobachtung



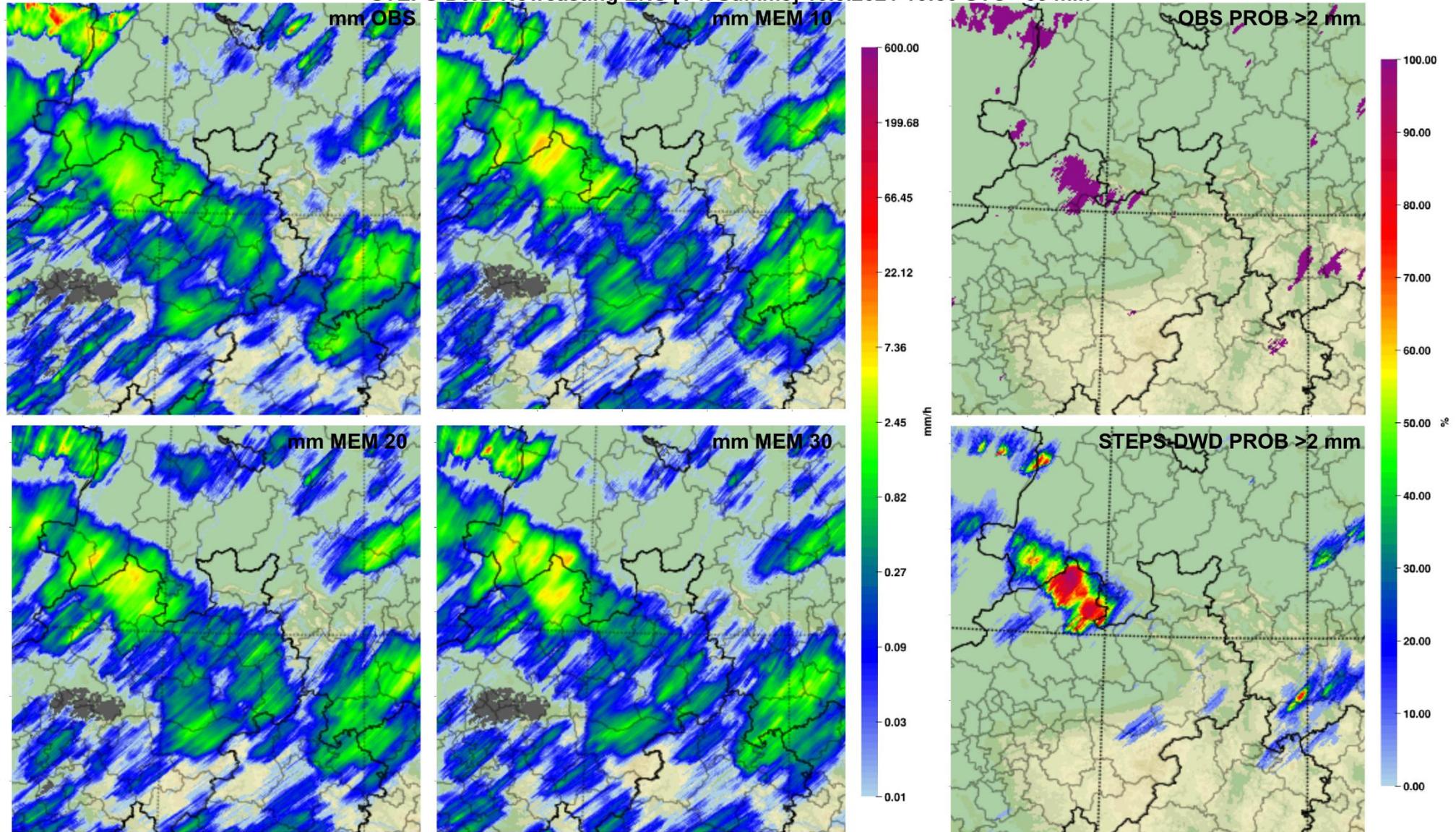
SINFONY Niederschlags-Nowcasting Ensemble



Beispiel:
STEPS-DWD für
Niederschlag

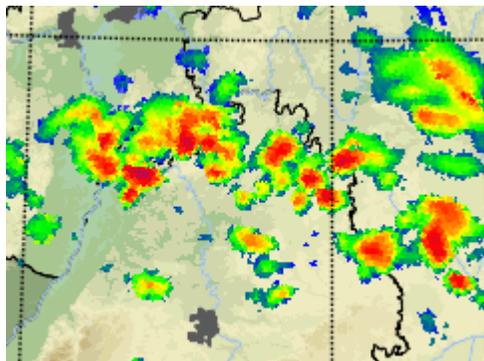
1-h Summe
gleitend aktualisiert
alle 5'

STEPS-DWD Nowcasting ENS [1-h Summe] 15.5.2021 16:50 UTC +65 min

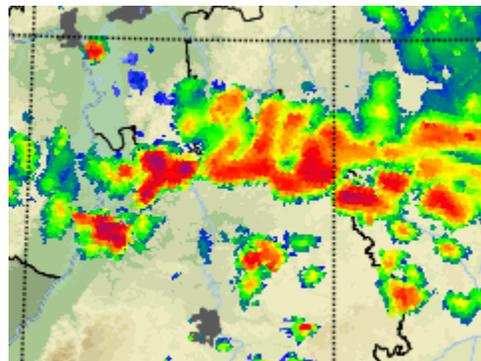


- Je näher der Vorhersagestarttermin an der Zielzeit ist, desto genauere Vorhersagen erhofft man sich
- Hier ist es sicherlich nicht perfekt gegeben, aber die Vorhersage um 14:00 + 1 h ist im Detail räumlich am Besten lokalisiert

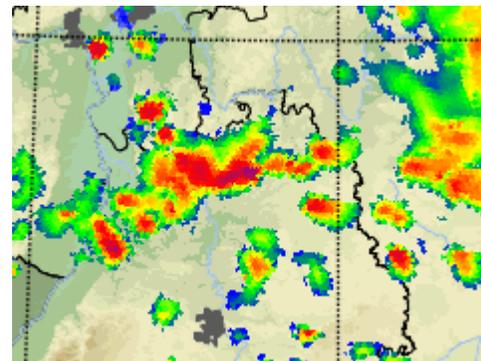
NWV 09:00 + 6 h



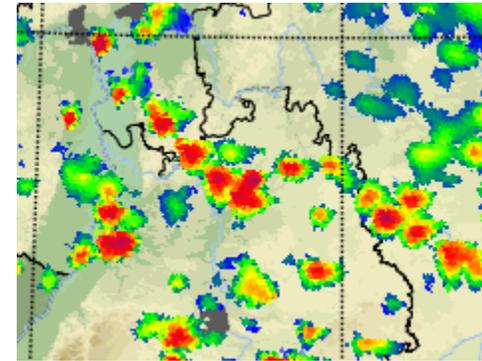
12:00 + 3 h



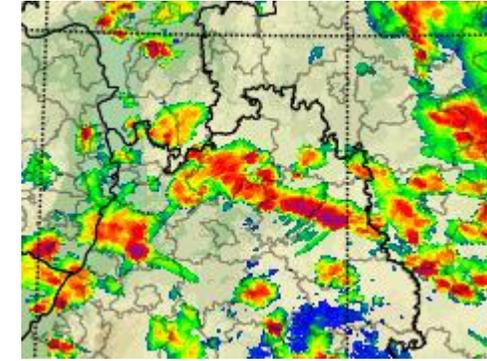
13:00 + 2 h



14:00 + 1 h



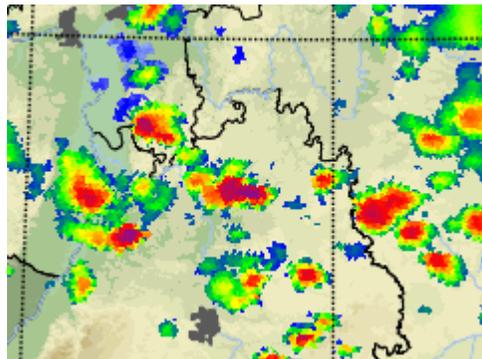
Beobachtung 15:00



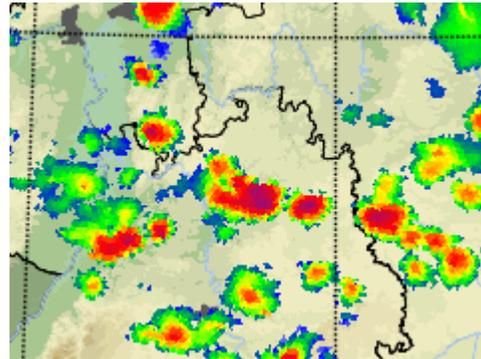
(9.7.2021, Nördliches BaWü)

- Je näher der Vorhersagestarttermin an der Zielzeit ist, desto genauere Vorhersagen erhofft man sich
- Hier ist es sicherlich nicht perfekt gegeben, aber die Vorhersage um 14:00 + 1 h ist im Detail räumlich am Besten lokalisiert
- **Aber dafür haben wir ja ein Ensemble, das viele mögliche Realisierungen („Member“) liefert**

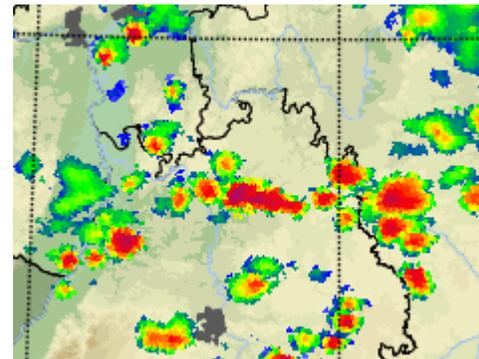
NWV 14:00+1h (Mem 1)



14:00+1h (Mem 10)



14:00+1h (Mem 20)



Beobachtung 15:00



(9.7.2021, Nördliches BaWü)

Gibt es bisher im DWD in der Form noch nicht!

Entwicklung ist Teil des SINFONY-Pilotprojekts und daher Gegenstand aktueller Forschung

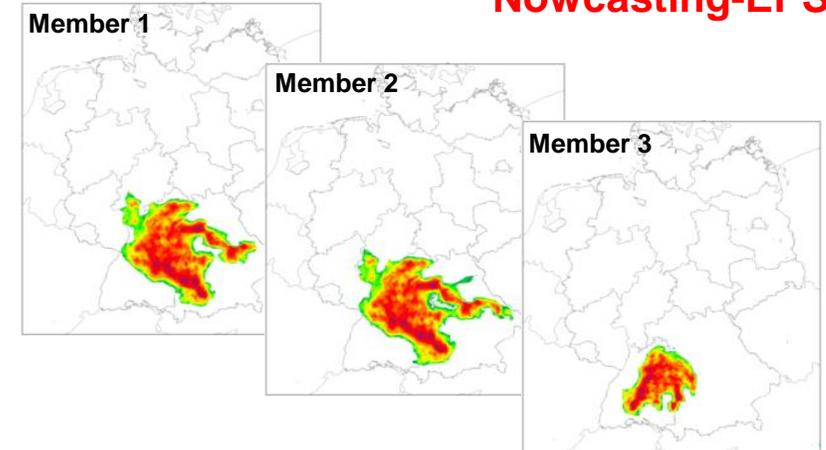
Es gibt noch keine finalen Produkte, aber verschiedene Ansätze / Prototypen

Herausforderung dabei:

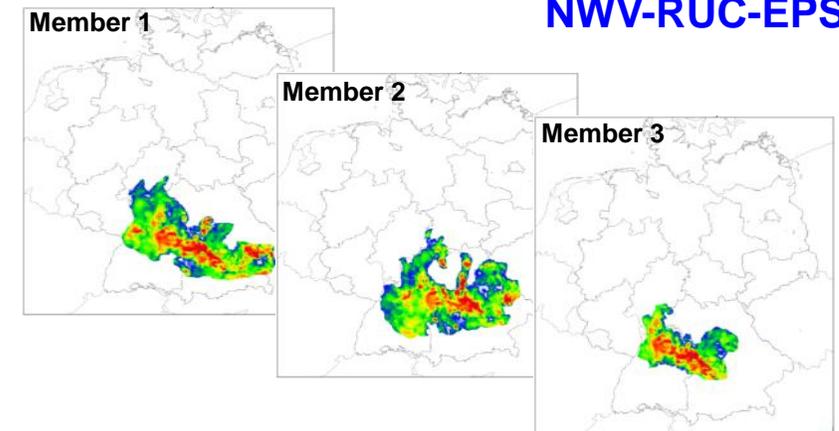
- Die Strukturen im Nowcasting-Ensemble werden sich nicht eins-zu-eins mit den Strukturen im NWV-RUC-Ensemble decken (Orts- und Zeitabweichungen)
- Es wird nicht möglich sein, Member x aus dem Nowcasting und Member y aus dem NWP-RUC zu einem EPS-Member zusammenzuführen, welcher während der 12 h Vorhersage wirklich nahtlos vom Einen zum Anderen übergeht

Daher „bruchfrei“ im Ensemble-Sinn zu verstehen

Nowcasting-EPS

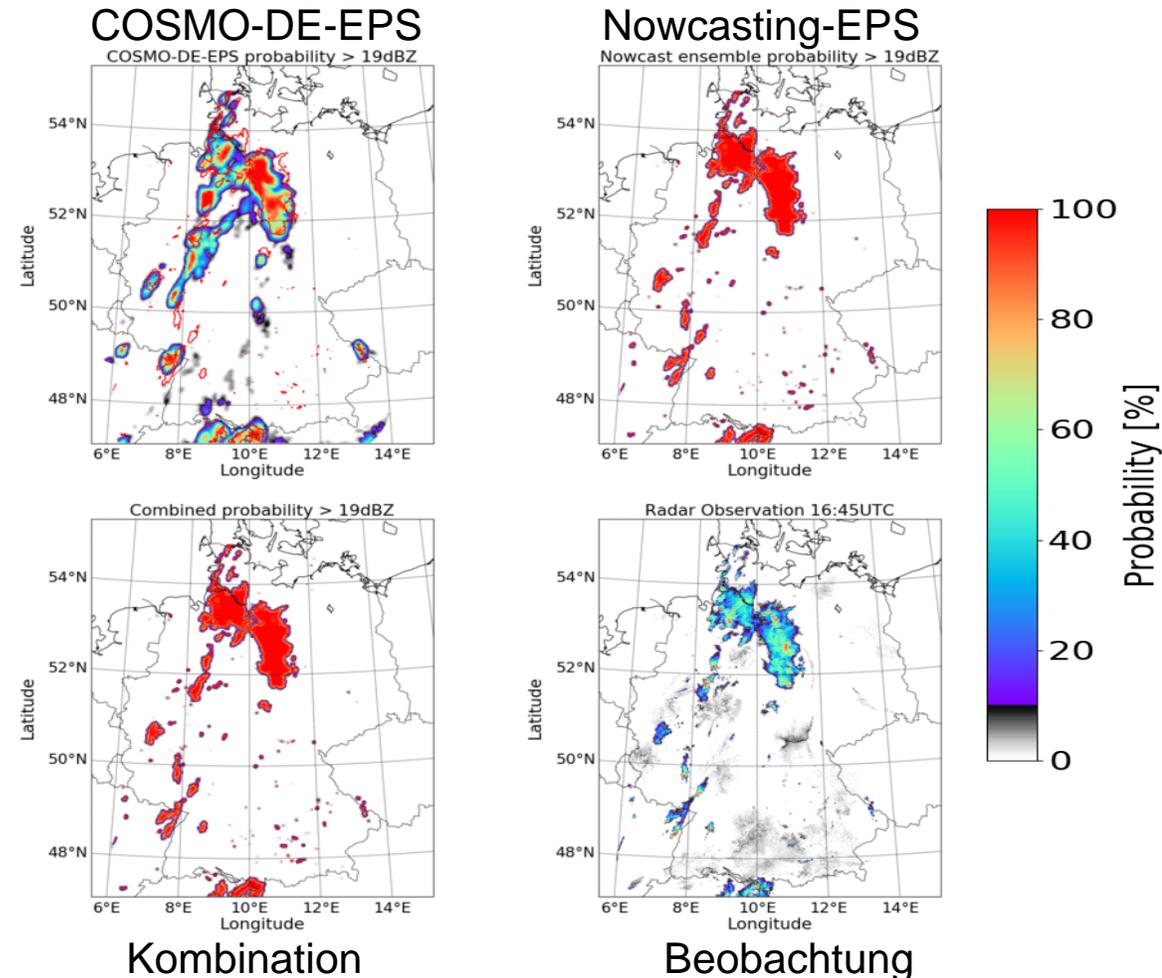


NWV-RUC-EPS



- Berechnung der Überschreitungswahrscheinlichkeiten in beiden Ensembles
 $P_{NWC}(R > R_0; x, y, t)$ und $P_{NWV}(R > R_0; x, y, t)$
- Verifikation der Ensembles in der unmittelbaren Vergangenheit, auch „Error of the day“ möglich
- Konstruktion einer zeitlichen Wichtungsfunktion $\alpha(t)$ auf Basis der Verifikationsergebnisse („Training“)
- Additives Verknüpfen der aktuell vorhergesagten Wahrscheinlichkeiten für $R > R_0$:
$$P(x, y, t) = \alpha(t) P_{NWC}(x, y, t) + (1 - \alpha(t)) P_{NWV}(x, y, t)$$

Überschreitungswahrscheinlichkeit 19 dBZ
(0-3 h lead-time, 40 member) 24.6.2016 16:45 UTC



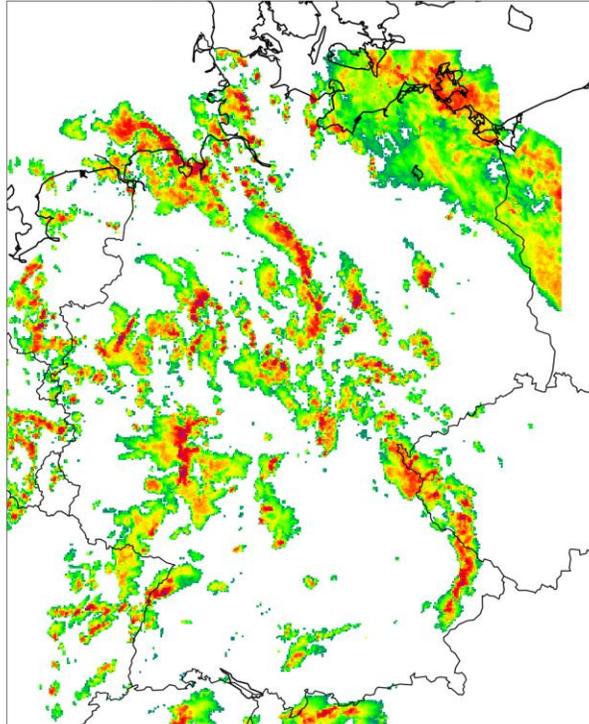
Kombiniertes Ensemble auf Member-Ebene nach Nerini et al (2019):

- Die NWV-Member $R_{i,NWV}(x, y, k\Delta t)$ dienen als „Beobachtungsensemble“, um in einer Art Datenassimilationszyklus die NWC-Member $R_{i,NWC}(x, y, t)$ in Zeitschritten von Δt sukzessive gegen die NWV-Member zu ziehen
- Wechselspiel aus NWC-Vorhersageschritt von t bis $t + \Delta t$ und Korrekturschritt mit Ensemble Kalman Filter
- Ergibt ein Ensemble aus kombinierten Members. Daraus wiederum alle denkbaren Statistiken ableitbar (Perzentile, Schwellwerte)

→ Ein Beispiel:

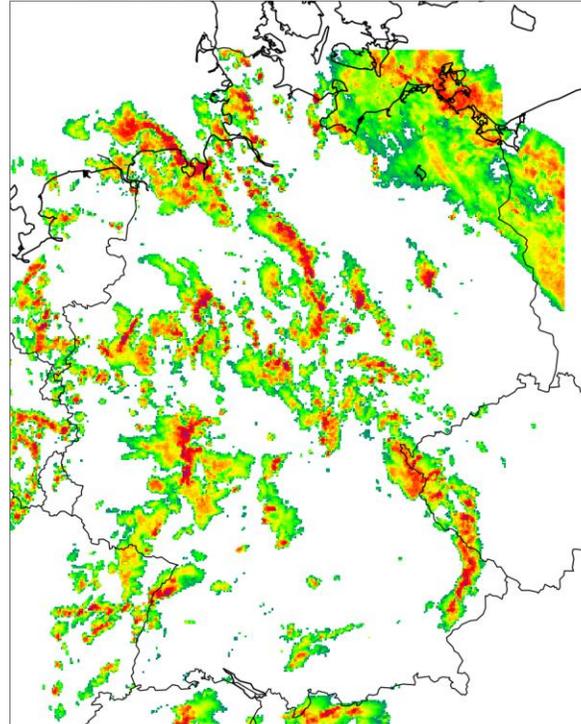
Nowcasting Mem 1

NWC ensemble, mem. 1



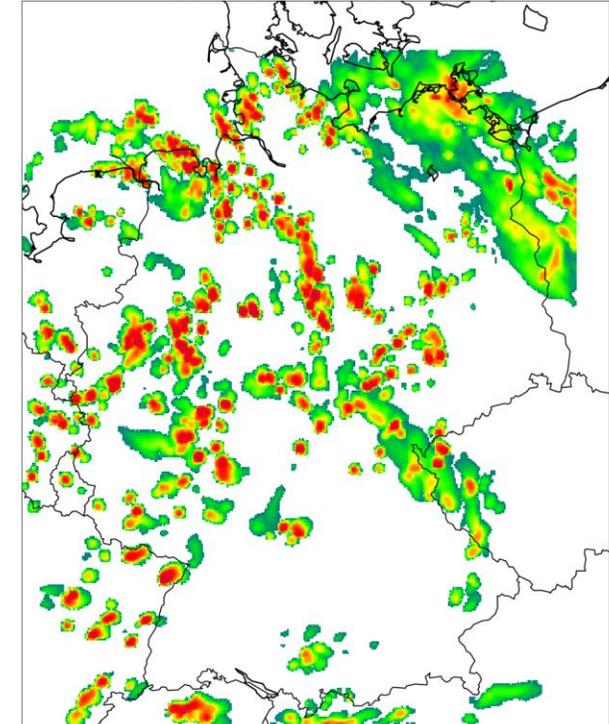
Kombination Mem 1

EnKF combination ensemble, mem. 1



NWV Mem 1

COSMO-DE-EPS, mem. 1



Nahtlos kombiniertes Member-Produkt: STEPS-DWD Nowcasting → SINFONY-RUC

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



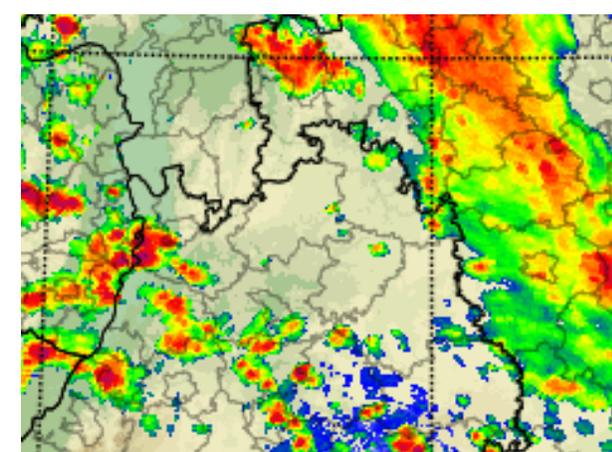
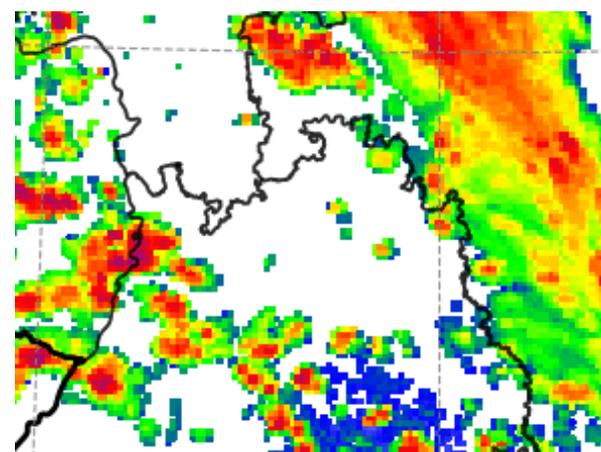
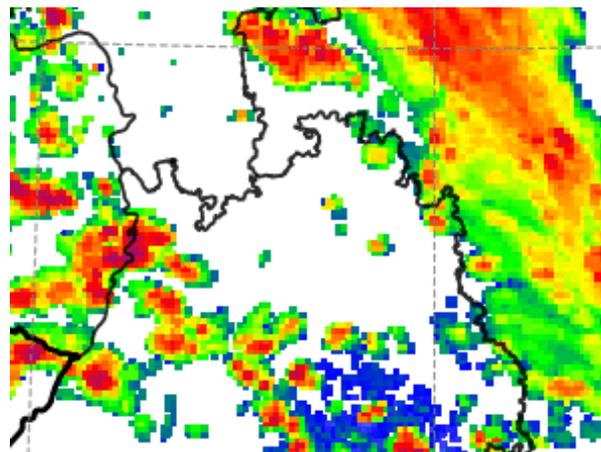
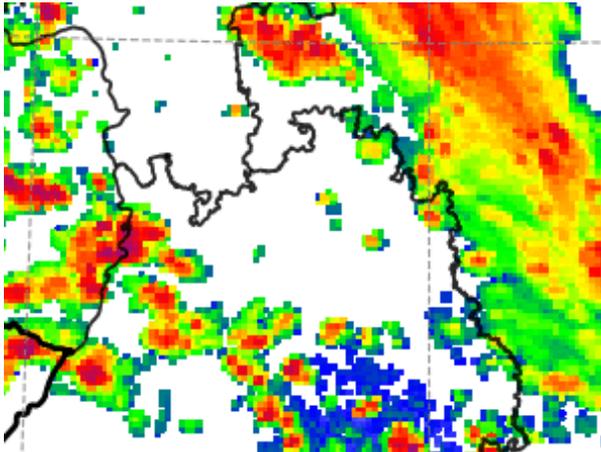
- Wiederum am Beispiel 9.7.2021, 12:00 – 15:00, Nördliches BaWü:
- Member alle unterschiedlich
- **Sinnvoller nahtloser Übergang Obs → Nowcasting-ENS → NWV-ENS**

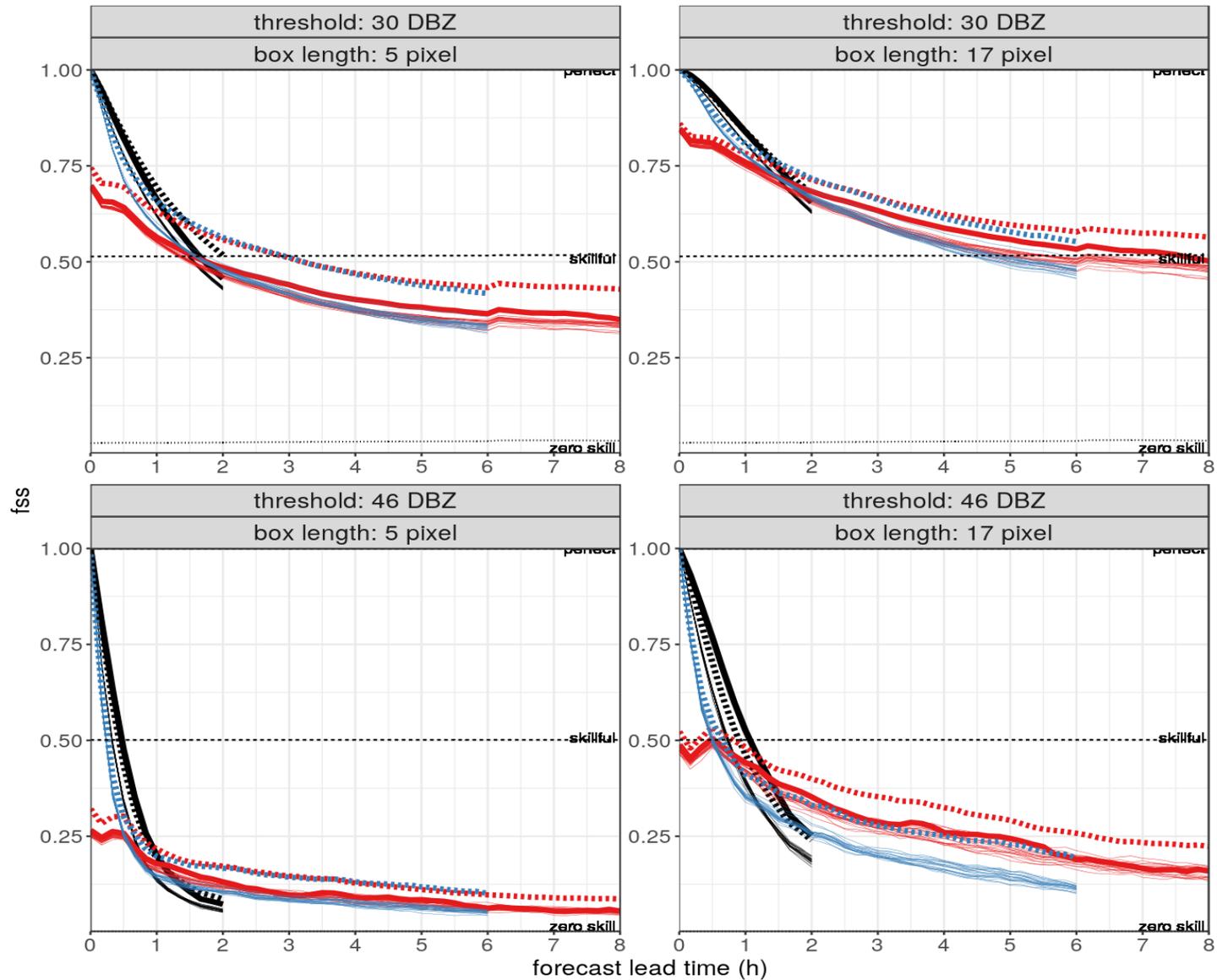
Kombi ab 12:00 Mem 1

Mem 10

Mem 20

Beobachtung





Zeitraum: 01.07. – 31.07.2021
Vorhersageläufe: 06 – 18 UTC
 (deterministisch + ENS)

Parameter: Radarreflektivität (dBZ)
Score: Fraction Skill Score (FSS)

- Neighborhood Ens Prob (NEP)
- Nowcasting
- ICON-D2-RUC
- Kombiniertes Ensemble nach Nerini

- **Kombinierte Member dürfen nicht für sich allein stehen, sondern nur im Ensemble zu interpretieren!**
- Aus den kombinierten Members prinzipiell wiederum Wahrscheinlichkeiten ableitbar. Aber Nutzer aus Hochwasserbereich brauchen eher die „rohen“ Felder. Aber nicht jeder Nutzer kann technisch das volle Ensemble verarbeiten.
- Haben begonnen, an Aggregationen über **Fluß Einzugsgebiete** zu arbeiten
- Zusätzlich arbeiten wir an lokalem Clustering, um die Zahl der Ensemblemember zu verringern, ohne wesentlich an Unsicherheitsinfo zu verlieren.
- **Diese Arbeiten stecken noch in den Kinderschuhen. Ideen:**
 - Repräsentative Member weniger Cluster: „schwach“, „mittel“, „stark“
 - „Wahrscheinlichste Realisierung“ (z.B. aus dem „mittleren“ Cluster die „Mitte“)
 - Clustering lokal in sich überlappenden Unterregionen („Grobe“ Gitterboxen)
 - Clustering für Aggregationen in Einzugsgebieten

I. **STEPS-DWD Nowcasting:**

Sehr weit entwickelt, echtzeitfähig, täglicher Testbetrieb

II. **KONRAD3D:** probabilistische

Sehr weit entwickelt, echtzeitfähig, täglicher Testbetrieb

III. **NWV RUC Ensemble:** Zusätzliche Vorhersagen bis + 12 h.

Erster interner Testbetrieb ab Mai 2021, interne Evaluierung ab 2022, verfügbar frühestens 2023

IV. **Kombinierte Niederschlagsfelder** aus STEPS-DWD und RUC:

a) **Kombinierte Wahrscheinlichkeit**

$$P(R > R_0; x, y, z, t) = P(\text{NWC}(x, y, z, t) > R_0) + P(\text{NWV}(x, y, z, t) > R_0)$$

Prototyp konsolidiert, echtzeitfähig

b) **Kombiniertes Ensemble auf Member-Ebene nach Nerini et al (2019):**

Die NWV-Member $R_{i,NWV}$ werden in den Datenassimilationszyklus integriert, um die NWV-Member zu zielen. Wechselspiel aus NWC-Vorhersageschritt von t bis $t + \Delta t$ und Korrekturschritt mit Ensemble Kalman Filter

Prototyp konsolidiert, Software muss jetzt in die operationelle Umgebung (POLARA) portiert werden

V. **Reduktion der Memberzahl**

Sehr frühes Stadium

→ Co-Design von Vorhersageprodukten

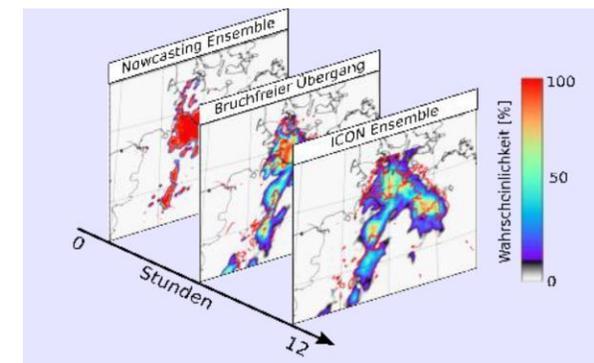
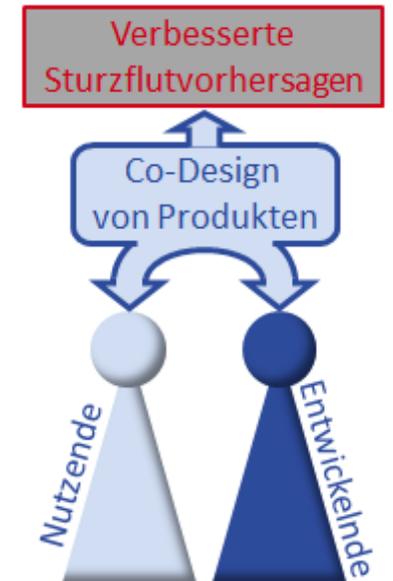
- Aktive Einbindung von Nutzenden aus Hochwasservorhersage in Entwicklungsprozess

→ Erfassung von Anforderungen über Fragebogen:

- Gewinn von Kenntnisse über Arbeitsweisen und Prozessketten in der Hochwasservorhersage, um eine bedarfsgerechte Entwicklung zu ermöglichen
- Themen: Kapazitäten/Ausstattung der Hochwasservorhersageeinrichtung, Daten für die Hochwasservorhersage, Pre- and Postprocessing, Besonderheiten im Fall von konvektiven Ereignissen
- Versendet im Dezember 2020 an Teilnehmende des „Kundenforum Wasserwirtschaft“, 17 Rückmeldungen werden aktuell analysiert

→ Bereitstellung von SINFONY Testprodukten

- Vorstellung verfügbarer SINFONY Testprodukte bei LAWA-Expertengruppe Hydrometeorologie
- Bereitstellung Testdaten/Produkte für interessierte Hochwasservorhersagezentralen zur testweisen Integration in deren Verfahren derzeit in Vorbereitung, Koordiniertes Feedback über bestehende Kanäle



Danke für Eure Aufmerksamkeit!

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



www.dwd.de/sinfony



(SINFONY Retreat, September 2020, Kaub am Rhein)

46

SINFONY

Andere Projekte und Partner, mit denen SINFONY enge Kontakte pflegt:

- EMF, HErZ
- MeteoSchweiz
- Projekt an der Uni Ulm zur Kombination im Wahrscheinlichkeitsraum mittels Neuronaler Netze
- IAFE-Projekt zum Vorwärtsoperator MFASIS für sichtbare Satellitenkanäle
- Projekt am KIT zur besseren Beschreibung des Lebenszyklus von Zell-Objekten
- DFG Scherpunktprogramm PROM:
 - Polarimetrischer Radarvorwärtsoperator EMVORADO-Pol (DWD, Uni Bonn)
 - Assimilation polarimetrischer Radarmessungen (LMU München)
- DFG Forschergruppe RealPeP (koordiniert von Uni Bonn)
- LMU München:
 - Ursprung des Vorwärtsoperators MFASIS für sichtbare Satellitenkanäle
 - Modellverifikation mit SEVIRI-VIS und IR
 - DFG Transregio „Waves2Weather“ (Radar-DA, Ensemble-Störungen)
- ESSL-Testbed (**bisher: STEPS-DWD, KONRAD3D, ICON-D2-EPS**)



Weitere Infos



→ www.dwd.de/sinfony

→ ulrich.blahak@dwd.de



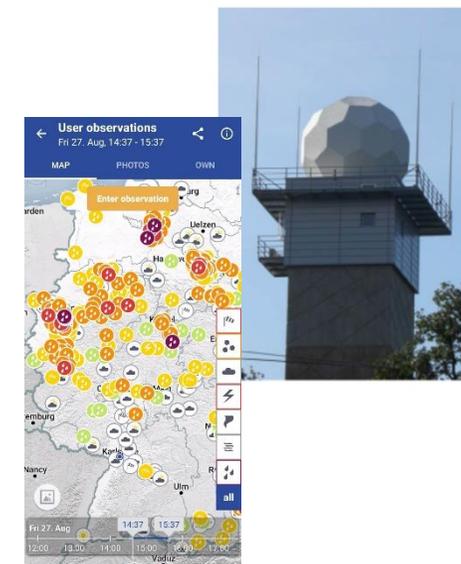
Erweiterung von SINFONY mit Fokus auf bessere Vorhersage von Starkregenereignisse und Sturzfluten



Beitrag zur Sensibilisierung der Bevölkerung durch Deutschlandweite Kartierung des Starkregengefährdung und Sturzflutrisikos sowohl aktuell als auch im Kontext des Klimawandels basierend auf Radarniederschlagsreihen und Klimavorhersagen

Verbesserung der Beobachtungsbasis durch die Ertüchtigung des Messnetzes

Fachliche Entwicklung bruchfreier, zeitlich und räumlich hoch aufgelöster Vorhersagen



Nachhaltiger Ausbau der IT Infrastruktur um die entwickelten Verfahren und Modelle operationell betreiben zu können



Neue Verfahren für die Vorhersage von Schwergewittern als „Zell-Objekte“

Beobachtete Zellen

Nowcasting

Mögliche Szenarien
aus Modell-ENS

Deterministisches
Modell

„Pseudo-Member“:
Unsere Festlegung
auf die tatsächliche
Realisierung mit
Angabe einer
Wahrscheinlichkeit
(über eine Farbe)

