Analyse – Starkregen – Nordostdeutschland

Ausgegeben: 7. November 2021, 17:30 UTC

Bernhard Mühr, info@muehr.de

Ereignis: Starkregen – Tief „Peter“

- **Wann: 04. - 05. November 2021**
- **Wo: Nordostdeutschland/Westpolen**
- **Daten: RADOLAN / KOSTRA 2010 / GEM / DWD**
- **Berechnungen und Grafiken: Bernhard Mühr**

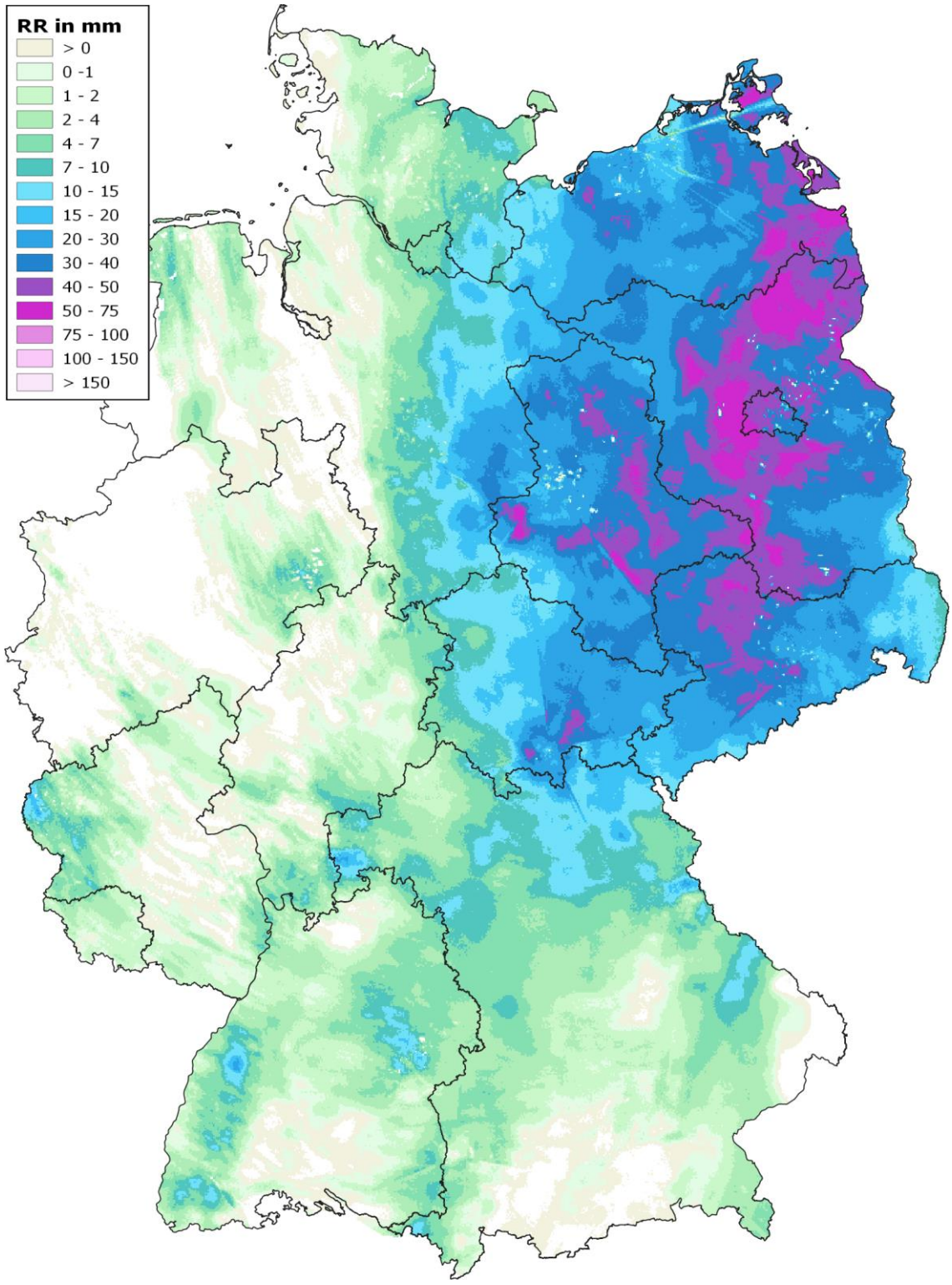

Abbildung 1: 24h-Niederschlag bis 05.11.2021, 05:50 UTC. Daten: DWD Radolan. Abbildung: B. Mühr

1. Analyse

Am 4. November 2021, 00 UTC, erstreckte sich ein riesiger Langwellentrog mit meridionaler Achse vom Nordmeer über die Nordsee, Frankreich und das westliche Mittelmeer hinweg bis nach Nordwestafrika. Mit dem Höhentrog korrespondierte auch am Boden Tiefdruck, der ganz Skandinavien und Mitteleuropa überdeckte. Über Norditalien trat um 00 UTC das Tief „Peter“ mit seinem Zirkulationszentrum in Erscheinung. Es wanderte in der Nacht zum 4. November 2021 und am Tage zügig über die Alpen und den Westen Österreichs hinweg in Richtung Norden. Am Abend erreichte das Wirbelzentrum von „Peter“ die Ostseeküste im Bereich der Odermündung (Abbildung 3 oben und unten). Zu diesem Zeitpunkt hatte das Bodentief seinen Entwicklungshöhepunkt erreicht. Das Satellitenbild (Abbildung 2) zeigt das ausgedehnte Wolkenfeld des

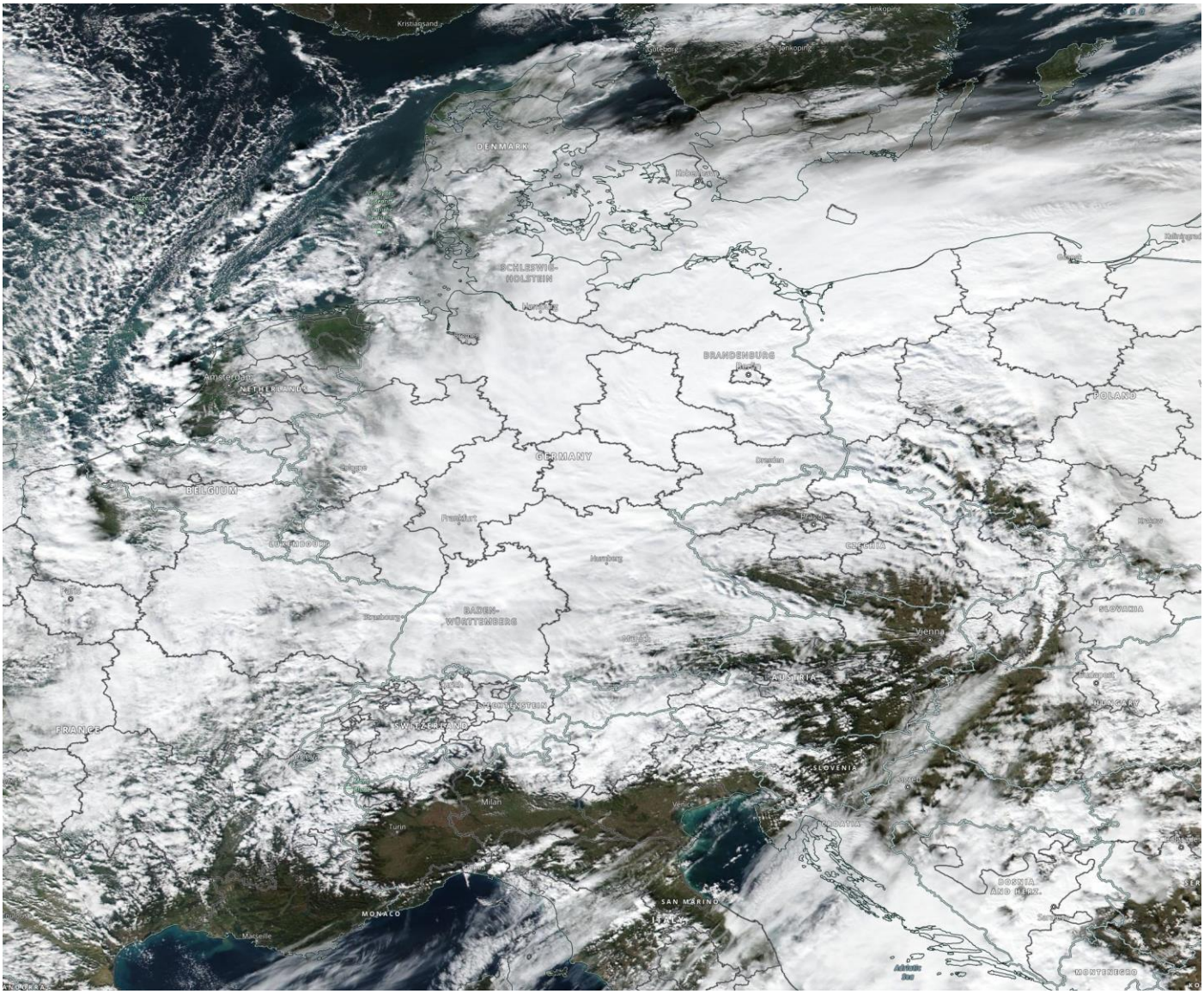

Abbildung 2: Satellitenbild, 04. November 2021. Quelle: https://worldview.earthdata.nasa.gov

Tiefs mit dem Kern etwa gegen 10 UTC in der Nähe Berlins.
Über das großräumige Strömungsmuster am 5. November 2021, 00 UTC, gibt Abbildung 4 (oben) Auskunft mit der Darstellung der 300 hPa-Geopotentialfläche und dem Wind in diesem Niveau. Die Isohypsen zeichnen den riesigen Langwellentrog nach, die Farbflächen repräsentieren den Wind in rund 9 km Höhe.

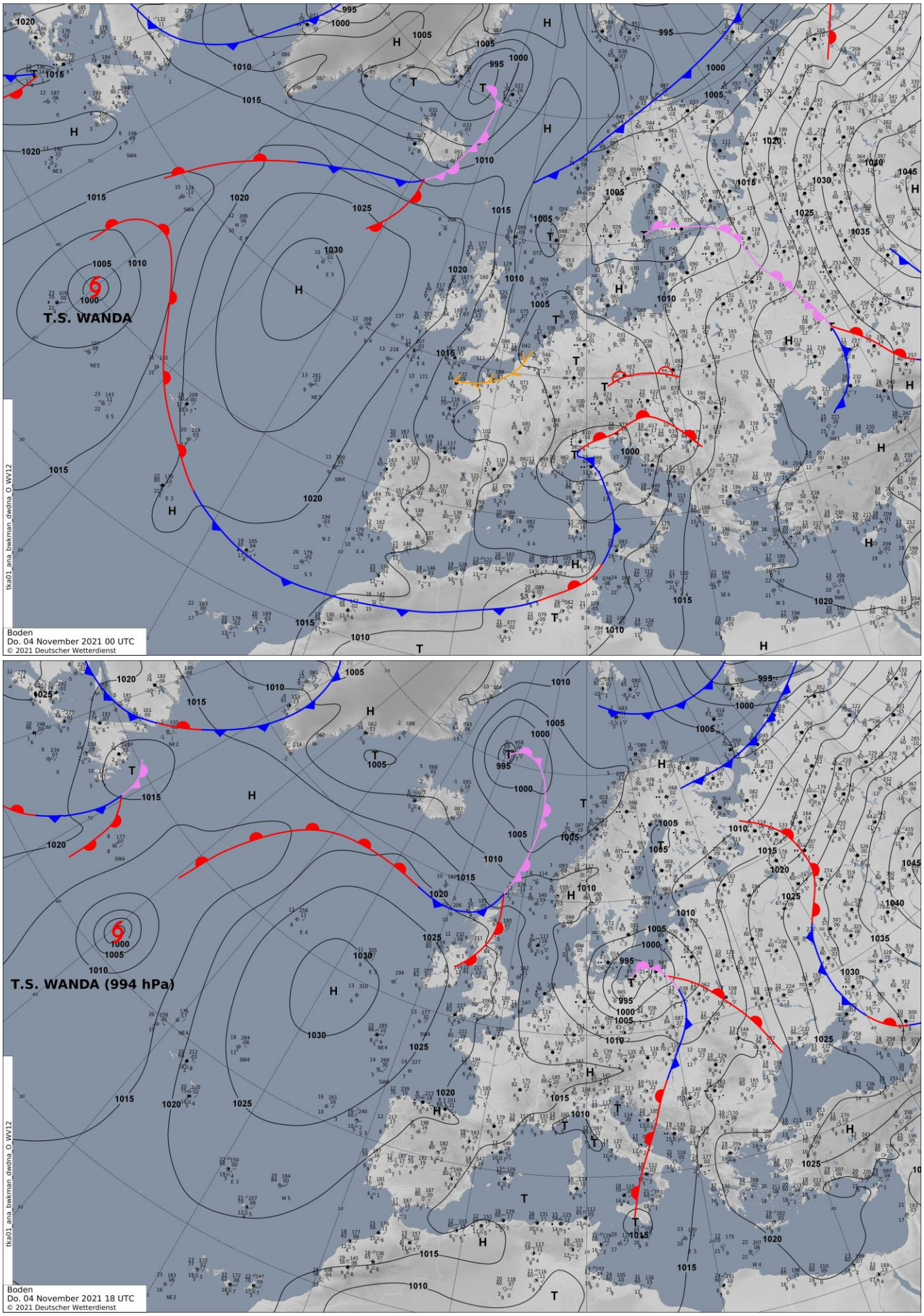

Abbildung 3: Bodenanalyse mit Stationseintragungen am 04.11.2021, 00 und 18 UTC. Quelle: DWD

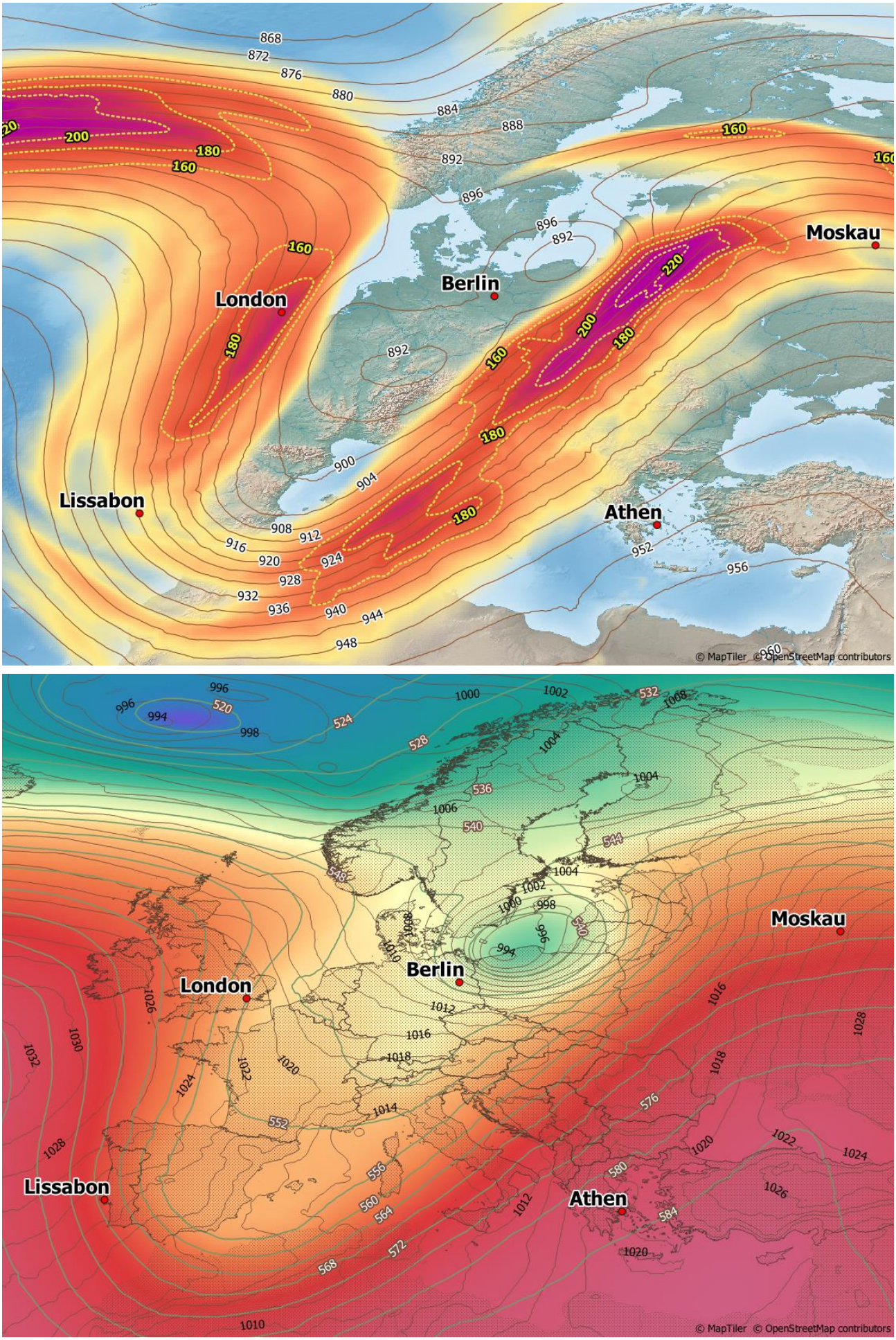

Abbildung 4: Analyse (05.11.2021, 00 UTC) von 300 hPa-Geopotential und Wind (oben) und 500 hPa-Geopotential sowie Bodendruck (unten). Daten: GEM. Grafiken: B. Mühr

Der Jetstream als Band mit den höchsten Windgeschwindigkeiten mäandriert mit den Höhentrögen und um diese herum. Die Windgeschwindigkeiten betrugen am 15. November 2021, 00 UTC, über dem östlichen Mitteleuropa mehr als 200 km/h.
Lage und Ausdehnung des dominierenden Höhentroges lassen sich zudem aus Abbildung 4 (unten) ersehen. Ebenso eindrucksvoll wie in 300 hPa in Tropopausennähe erstreckt sich auch in der mittleren Troposphäre - im 500 hPa-Niveau - der Langwellentrog über Deutschland und Frankreich hinweg bis nach Südspanien. In rund 5.5 km Höhe zeichnet sich am Ostrand des Höhentroges allerdings ein abgeschlossenes Höhentief ab, das in Abbildung 4 (unten) als rundes, grünes Gebiet über der westlichen Ostsee aufscheint. Mit ihm korrespondiert das Bodentief „Peter"; die Isobaren des auf Meeresniveau reduzierten Bodenluftdrucks werden als dünne schwarze Linien dargestellt. Mit einem Kerndruck von weniger als 994 hPa am 21. November 2021, 00 UTC, liegt das Zentrum von „Peter" an der westpolnischen Ostseeküste. Die jeweils tiefsten Werte von Bodendruck des Bodentiefs und dem Geopotential des Höhentiefs liegen übereinander und weisen somit eine vertikale Achse auf. Die Entwicklung des Bodentiefs ist damit abgeschlossen und die langsame Abschwächung beginnt. Zum Analysezeitpunkt zeigt die Isobarendrängung rund um das Zentrum von „Peter" noch einen recht großen Luftdruckgradienten an, der sich in schweren Sturmböen zum Beispiel am Kap Arkona oder an der Greifswalder Oie manifestierte.

Mit Annäherung und Durchzug von Tief „Peter" waren insbesondere im Osten Deutschlands und im Westen Polens langanhaltende und ergiebige Niederschläge verbunden. Für solche Niederschlagsereignisse bedarf es immer eines effektiven Feuchtenachschubs, der durch einen zügigen Transport feuchter Luftmassen bewerkstelligt werden muss. Abbildung 5 (oben) zeigt den Feuchtetransport anhand der Geopotentialverteilung in 700 hPa und der Felder der spezifischen Feuchte im selben Niveau (Farbflächen). Das Tief „Peter" bezieht massiv in seine Zirkulation feuchte Luftmassen ein, die auf langem Weg aus Südwesteuropa und in einem weiten Bogen über Osteuropa um das Zentrum des Tiefs herum bis nach Nordostdeutschland geführt werden. Abbildung 4 (unten) und Abbildung 5 (oben) lassen anhand der Bodendruckgradienten und des Gradienten des Geopotentials auf recht hohe Windgeschwindigkeiten in den unteren 3 Kilometern der Troposphäre schließen.
Sehr feuchte Luft bzw. eine Luftmasse mit einem hohen Wasserdampfgehalt weist in der Regel auf Warmluft hin. Abbildung 5 (unten) verdeutlicht, wie subtropische Warmluft mit Temperaturen von mehr als 10° C im 850 hPa-Niveau bis in die Ukraine gelangt (rote Farbflächen). Ein Ableger der Warmluft kann zudem in der Nähe des Tiefkerns sowie über der südwestlichen Ostsee, Dänemark und der südöstlichen Nordsee analysiert werden.
Der Herantransport, die Advektion von zunehmend wärmerer und gleichzeitig feuchter Luft stellt einen wirksamen Hebungsantrieb in der mittleren Troposphäre bereit, eine wesentliche Voraussetzung für die Ausbildung umfangreicher Wolken- und Niederschlagsgebiete.

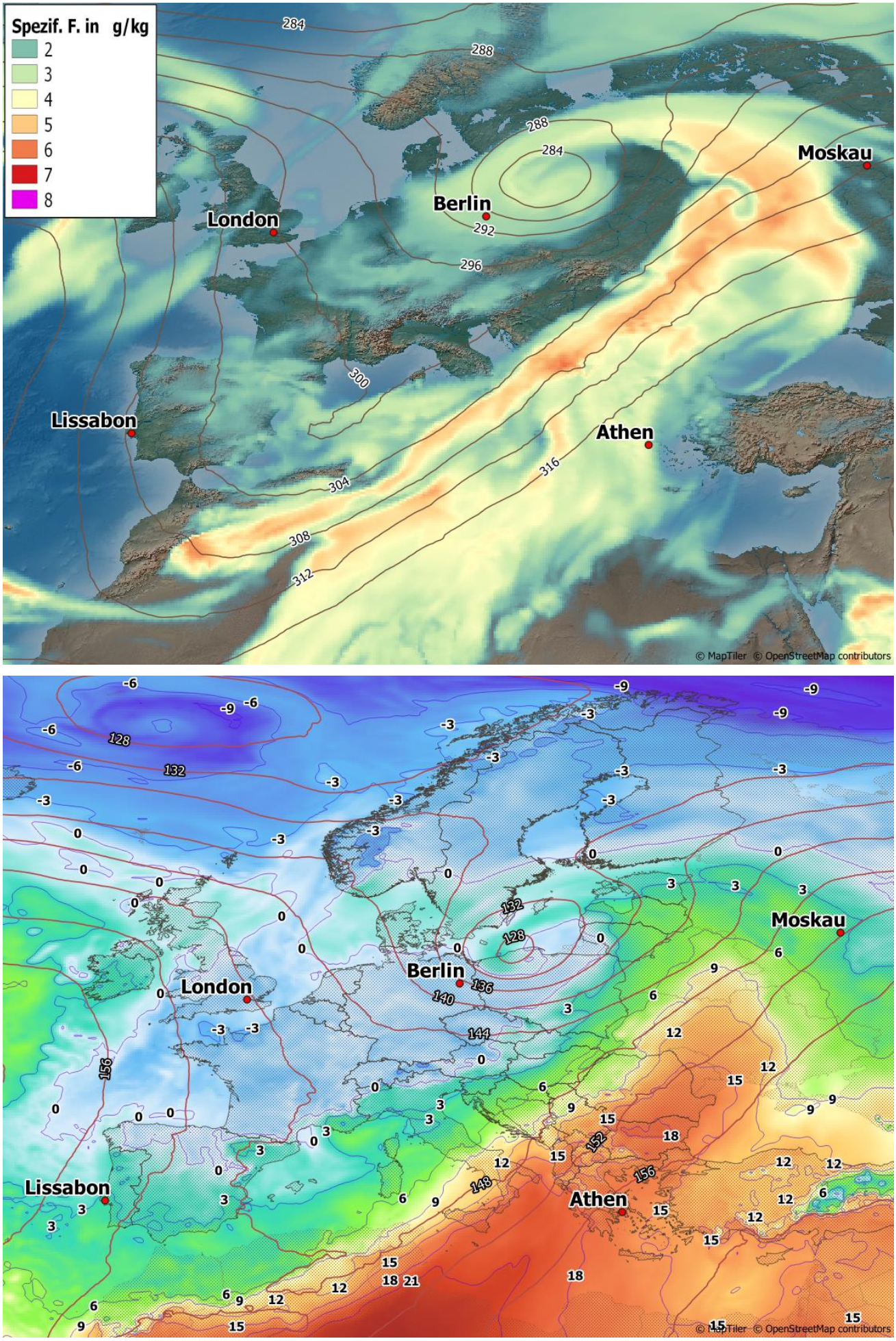

Abbildung 5: Analyse (05.11.2021, 00 UTC) von 700 hPa-Geopotential und spezifischer Feuchte (oben) und 850 hPa-Geopotential und -temperatur (unten). Daten. GEM. Grafiken: B. Mühr

2. Messwerte

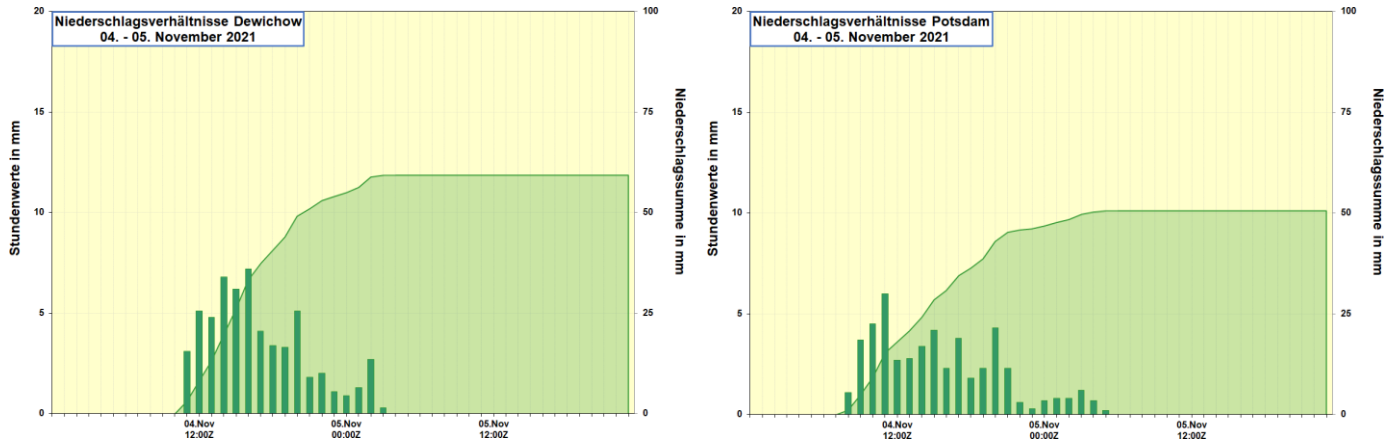

Abbildung 6: Stundenwerte des Niederschlags (Säulendarstellung) und akkumulierte Regensumme (Farbflächen) am 4. und am 5. November 2021 an den Stationen Dewichow (links) und Potsdam (rechts). Daten: DWD. Grafik: B. Mühr

Mit der Nordwärtsverlagerung des Tiefs „Peter“ weitete sich nach Mitternacht das ausgedehnte Niederschlagsgebiet von Bayern her nordwärts aus und erfasste ab etwa 03 UTC unter Intensivierung das Erzgebirge. Der Raum Berlin war gegen 07 UTC erreicht (Abbildung 6 (rechts)), bis 12 UTC hatte sich der Regen schließlich bis nach Rügen vorgearbeitet. Im Erzgebirge ließ der Niederschlag unterdessen wieder nach.
Die Niederschlagsmenge summierte sich innerhalb von 17 bis 22 Stunden auf gebietsweise mehr als 50 mm (Tabelle 1). Die größten Regenmengen im Messnetz des Deutschen Wetterdienstes verzeichnete die Station Usedom mit 64.5 mm. Abbildung 7 zeigt die 24-stündigen Regenmengen in Deutschland.

Tabelle 1: 24h Regensumme bis 05.11.2021, 05:50UTC, an Stationen des Deutschen Wetterdienstes.

Datum	Stations-ID	Stationsname	Höhe in m	Bundes-land	Geogr. Breite	Geogr. Länge	RR24h in mm
20211104	05178	Usedom	3	MV	53.8774	13.9294	64.5
20211104	03238	Dewichow	2	MV	53.9497	13.9742	59.2
20211104	05682	Wolgast	20	MV	54.0476	13.7676	54.6
20211104	05757	Zemitz	15	MV	53.9758	13.7518	52.6
20211104	05854	Friedland	24	MV	53.6557	13.5369	52.4
20211104	04080	Rathebur	10	MV	53.7409	13.7906	51.1
20211104	03987	Potsdam	81	BB	52.3813	13.0622	50.5
20211104	05069	Torgelow	10	MV	53.6377	14.0148	50.3
20211104	05092	Treuenbrietzen	55	BB	52.1075	12.8822	50.1
20211104	04904	Strasburg	65	MV	53.5172	13.7380	47.8
20211104	06310	Karlshagen	1	MV	54.1049	13.8239	47.5
20211104	02863	Langerwisch	40	BB	52.3175	13.0679	47.2
20211104	02856	Langenlipsdorf	91	BB	51.9173	13.0878	47.2
20211104	02475	Jüterbog	75	BB	52.0000	13.1009	47.0
20211104	04637	Staaken	31	BB	52.5404	13.1243	46.8
20211104	02641	Klitzschen_bei_Torgau	85	SN	51.5185	12.9065	46.7
20211104	04282	Rothemühl	24	MV	53.5954	13.8121	46.6
20211104	03445	Jessen(Elster)-Naundorf	100	ST	51.9245	12.8888	46.1

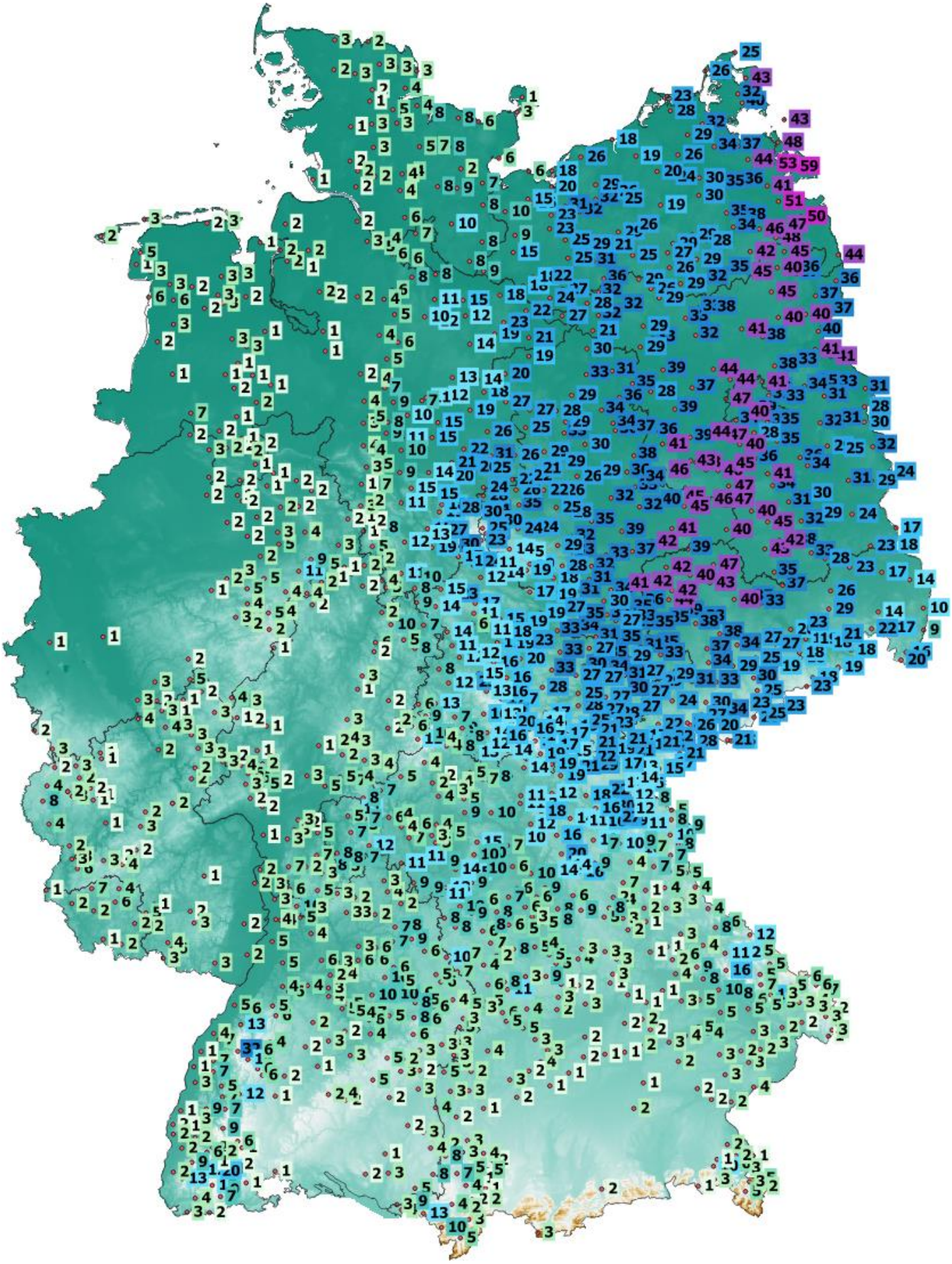

Abbildung 7: Tageswerte des Niederschlags (24h bis 05.11.2021, 05:50 UTC) an den Stationen des Deutschen Wetterdienstes. Daten: DWD. Grafik: B. Mühr

3. Bewertung

Die Niederschläge am 4./5.11.2021 im Osten Deutschlands waren durchaus ergiebig. Nicht selten wurden neue Rekorde für die höchsten Tagesniederschlagsmengen für den Monat November aufgestellt. Abbildung 8 gibt Auskunft über alle Stationen, an denen die bisherigen maximalen Tagesniederschlagsmengen für den Monat November übertroffen wurden, jeweils bezogen auf die gesamte Messreihe der Stationen. Tabelle 2 listet einige Stationen mit ihren jeweiligen spezifischen Daten auf. In Potsdam beispielweise stellen die am 4.11.2021 gemessenen 50.5 mm einen Niederschlagswert dar, wie er dort zuvor in 130 Jahren an einem Novembertag noch nicht aufgetreten ist.

Abbildung 8: Verteilung der Stationen mit neuen Rekorden der maximalen Tagesniederschlagsmenge in Monat November. Daten: DWD. Grafik: B. Mühr

Tabelle 2: Auswahl an Stationen mit neuen Monatsrekorden (November) der Tagesniederschlagsmenge an Stationen des Deutschen Wetterdienstes.

Station ID	Stationsname	Höhe in m	Bundes-land	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Tag	Monat	Jahr	Rekord Wert ▲		Anzahl Jahre
03987	Potsdam	81	BB	52.381	13.062	04	11	2021	50.5	mm	130
06310	Karlshagen	1	MV	54.105	13.824	04	11	2021	47.5	mm	18
02856	Langenlipsdorf	91	BB	51.917	13.088	04	11	2021	47.2	mm	30
02641	Klitzschen_bei_Torgau	85	SN	51.519	12.907	04	11	2021	46.7	mm	28
05546	Wiesenburg	187	BB	52.121	12.459	04	11	2021	45.9	mm	40
02315	Holzdorf(Flugplatz)	81	ST	51.766	13.167	04	11	2021	45.8	mm	22
07351	Feldberg/Mecklenburg	116	MV	53.318	13.418	04	11	2021	44.5	mm	18
06109	Grambow-Schwennenz	50	MV	53.384	14.373	04	11	2021	43.8	mm	24
01759	Greifswalder_Oie	12	MV	54.244	13.910	04	11	2021	43.3	mm	23
01001	Doberlug-Kirchhain	97	BB	51.645	13.575	04	11	2021	42.2	mm	72
02932	Leipzig/Halle	131	SN	51.435	12.240	04	11	2021	42.0	mm	67
07364	Jeßnitz	74	ST	51.682	12.305	04	11	2021	41.5	mm	15
00400	Berlin-Buch	60	BE	52.631	13.502	04	11	2021	40.6	mm	61
05745	Zehdenick	51	BB	52.966	13.327	04	11	2021	40.5	mm	71
00403	Berlin-Dahlem(FU)	51	BE	52.454	13.302	04	11	2021	40.4	mm	72
03811	Oschatz	150	SN	51.296	13.093	04	11	2021	40.3	mm	45
00164	Angermünde	54	BB	53.032	13.991	04	11	2021	40.3	mm	114

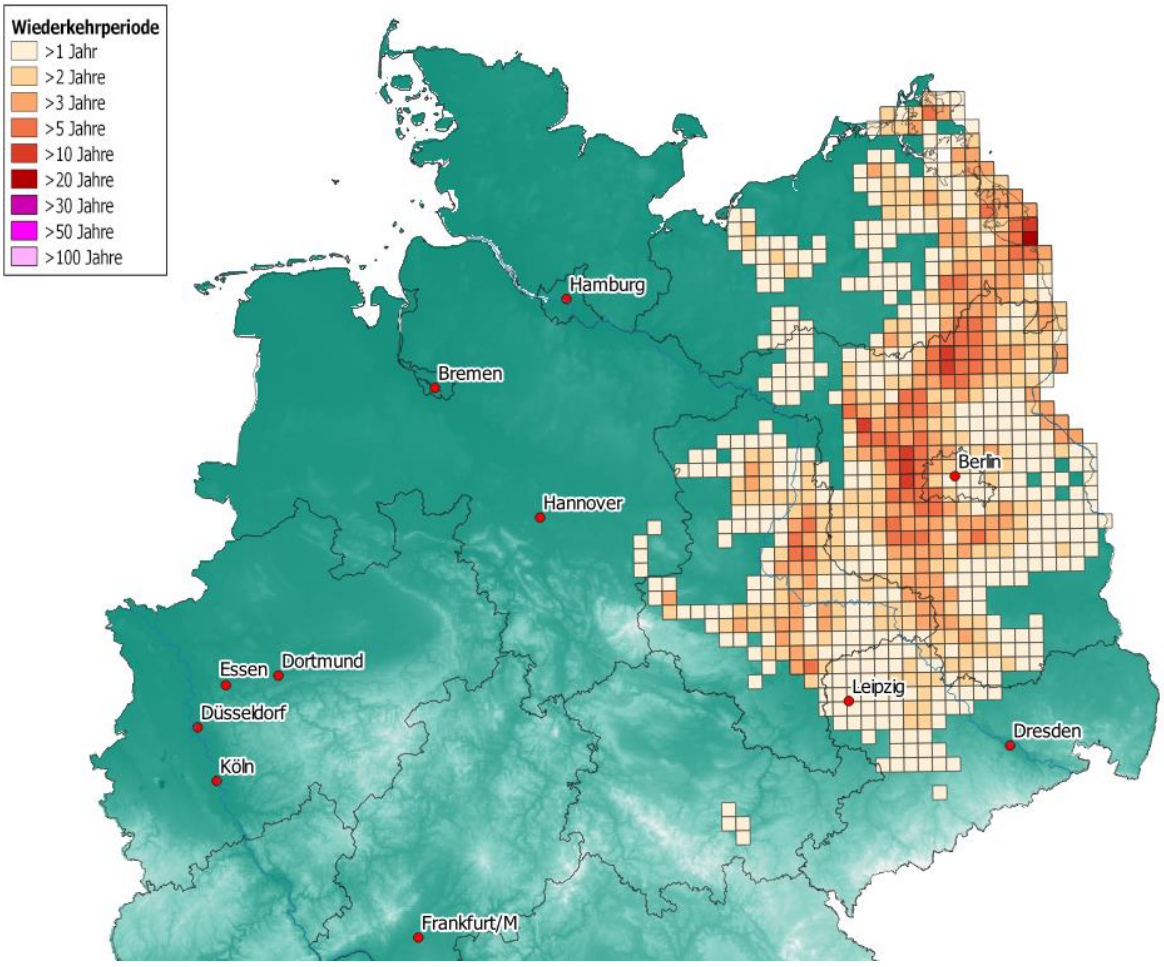

Abbildung 9: Wiederkehrperiode des 24-stündigen Niederschlagsereignisses am 04.11.2021 in Bezug auf die KOSTRA-Rasterzellen. Vergleich des gemessenen Radolan-Niederschlagswertes (jeweils im 7x7 km² Flächenmittel) mit den KOSTRA-Schwellenwerten für eine Dauerstufe des Niederschlags von 24 Stunden. Daten: DWD. Grafik: B. Mühr

Die 24-stündigen Niederschlagsmengen entsprachen im Osten Deutschlands weithin einem Niederschlagsereignis, wie es dort im Durchschnitt alle 3 bis 5 Jahre einmal vorkommt. Das DWD-KOSTRA-2010 Verfahren liefert für jeweils 7x7 km² große Rasterzellen für ganz Deutschland und für verschiedene Dauerstufen des Niederschlags die jeweiligen Wiederkehrperioden eines Niederschlagsereignisses. Das KOSTRA-Verfahren beruht auf einer einheitlichen Auswertung von stationsbezogen ermittelten Starkniederschlagshöhen verschiedener Dauerstufen und Wiederkehrintervalle sowie deren Übertragung auf Standorte, für die keine langfristigen Niederschlagsregistrierungen vorliegen. Grundlage für die KOSTRA-Niederschlagsschwellenwerte stellen möglichst lange Zeitreihen von Stations-Niederschlagsmessungen dar. Aus Abbildung 9 geht hervor, in welchen Gebieten bzw. Rasterzellen der am 4.11.2021 gefallene Niederschlag einem Ereignis mit der farblich dargestellten Wiederkehrperiode entsprach. Die Schwellenwerte der Jährlichkeiten eines Niederschlagsereignisses in den 7x7 km²-Rasterzellen können für eine beliebige Dauerstufe (hier 24 Stunden) den KOSTRA-Datensätzen entnommen werden.

4. Flächenmittel des Niederschlags

Für unterschiedliche Flächengebietsgrößen und Aufteilungen lassen sich die Radolan-Niederschlagsinformationen, die in einer horizontalen Auflösung von 1x1 km² vorliegen, zusammenfassen.

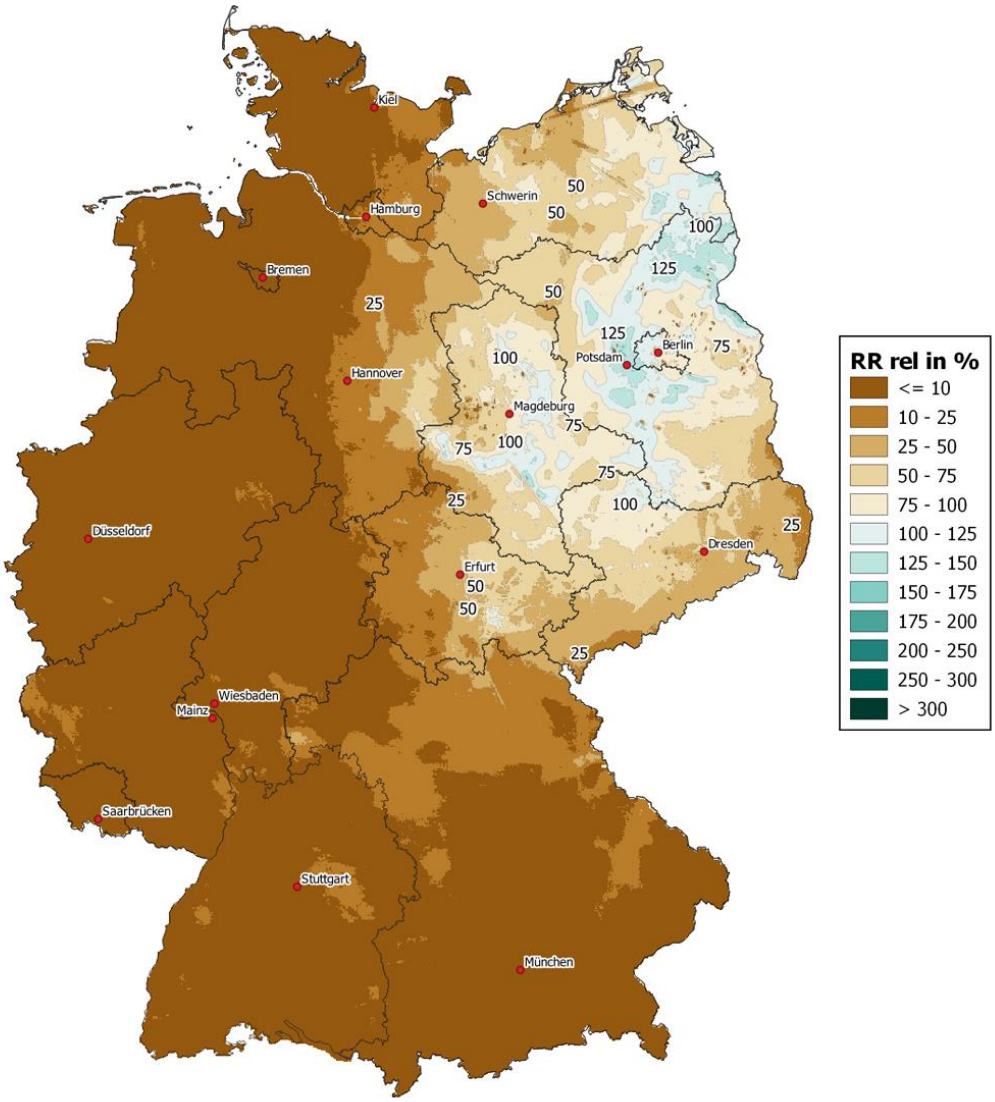

Abbildung 10: Verhältnis in % von Tagesniederschlag (4.11.2021) zu langjährigem Monatsmittel für den Monat November (Mittel: 1991-2020). Datengrundlage: DWD

Abbildung 10 zeigt eindrucksvoll, dass im Osten Deutschlands vor allem in Brandenburg der 24-stündige Niederschlag am 4./5.11.2021 eine Größenordnung erreichte, die dem gesamten durchschnittlichen Monatsniederschlag im November entsprach oder sogar übertraf. Jeweils in den grünlich hervortretenden Gebieten regnete innerhalb von 24 Stunden zum Teil deutlich mehr als üblicherweise in einem gesamten Monat November.

Abbildung 11 gibt Auskunft über den auf die Bundesländer gemittelten Tagesniederschlag, in Abbildung 12 werden als Gebietsgrößen die Einzugsgebiete mittelgroßer Flüsse gewählt, in Abbildung 13 erfolgt die Niederschlagsberechnung für Einzugsgebiete größerer Flüsse und in Abbildung 14 schließlich liegen als Flächeneinheiten die fünfstelligen PLZ-Gebiete zugrunde. Die jeweiligen Spitzenwerte des Niederschlags in den unterschiedlichen Flächeneinheiten lassen sich aus den Tabellen 3 bis 5 ersehen.

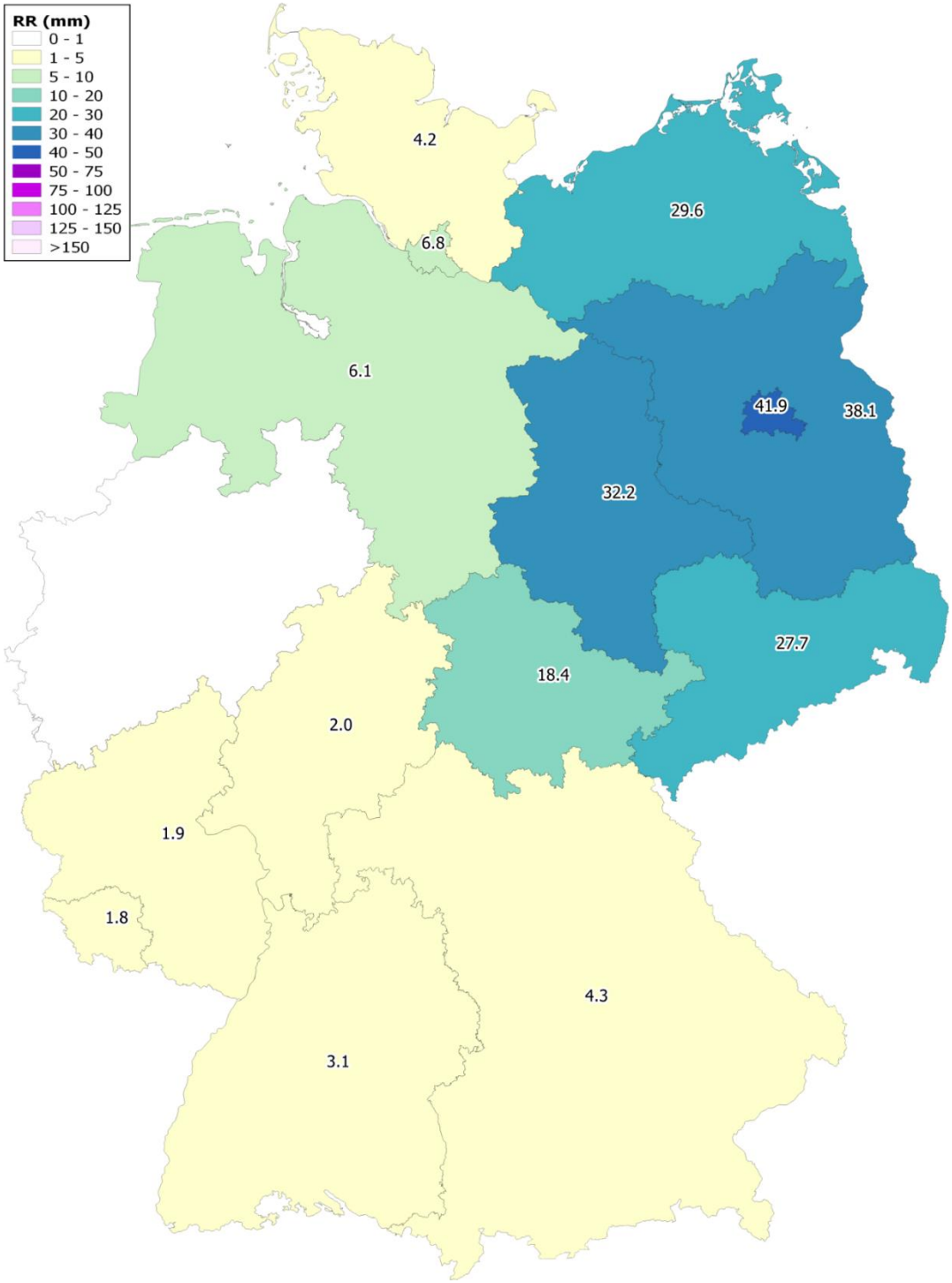

Abbildung 11: 24h Niederschlag bis 05.11.2021, 05:50 UTC. Flächenmittel auf Bundeslandebene. Daten: DWD Radolan. Abbildung: B. Mühr

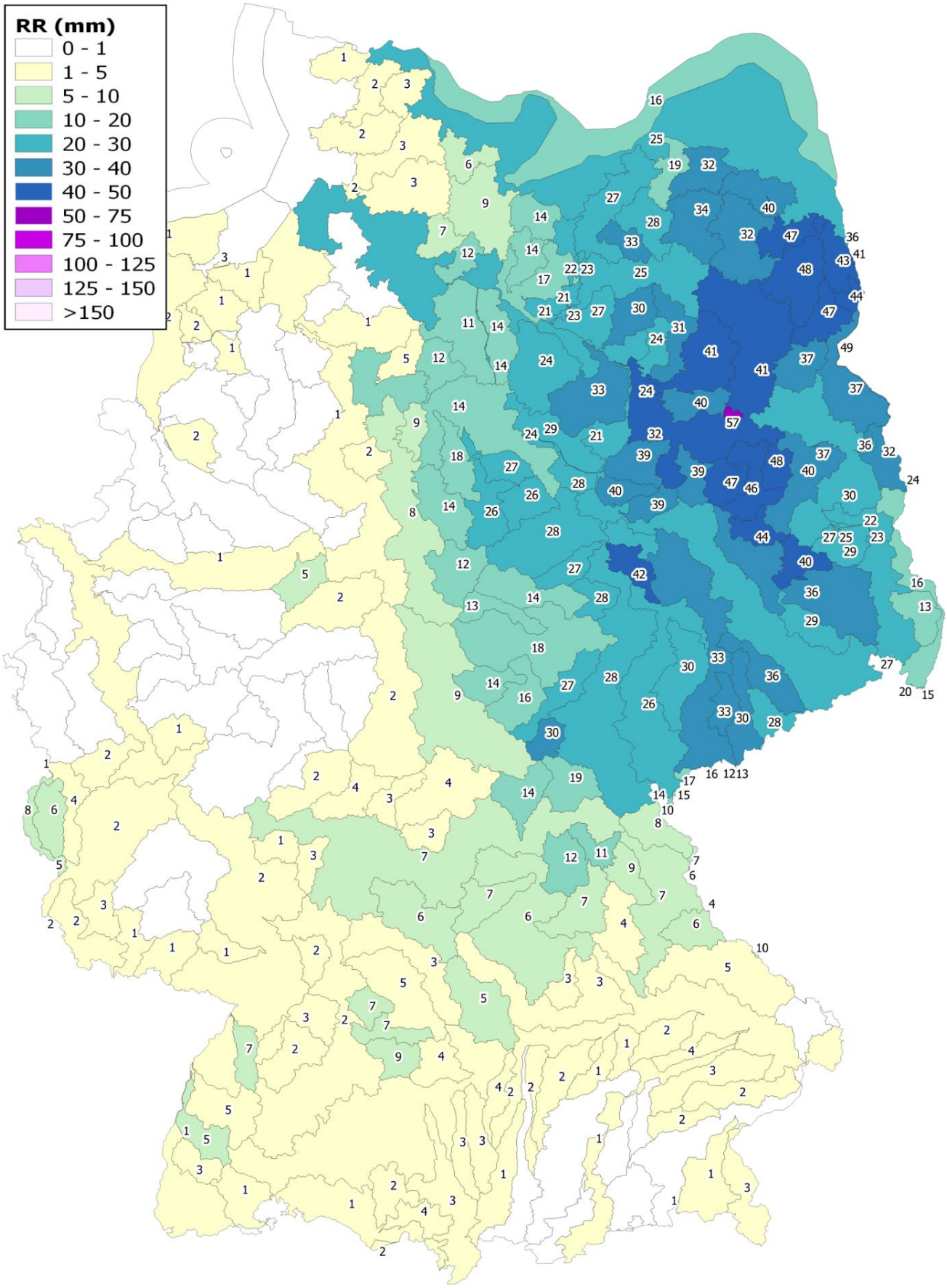

Abbildung 12: 24h Niederschlag bis 05.11.2021, 05:50 UTC. Flächenmittel in Einzugsgebieten mittelgroßer Flüsse. Daten: DWD Radolan. Abbildung: B. Mühr

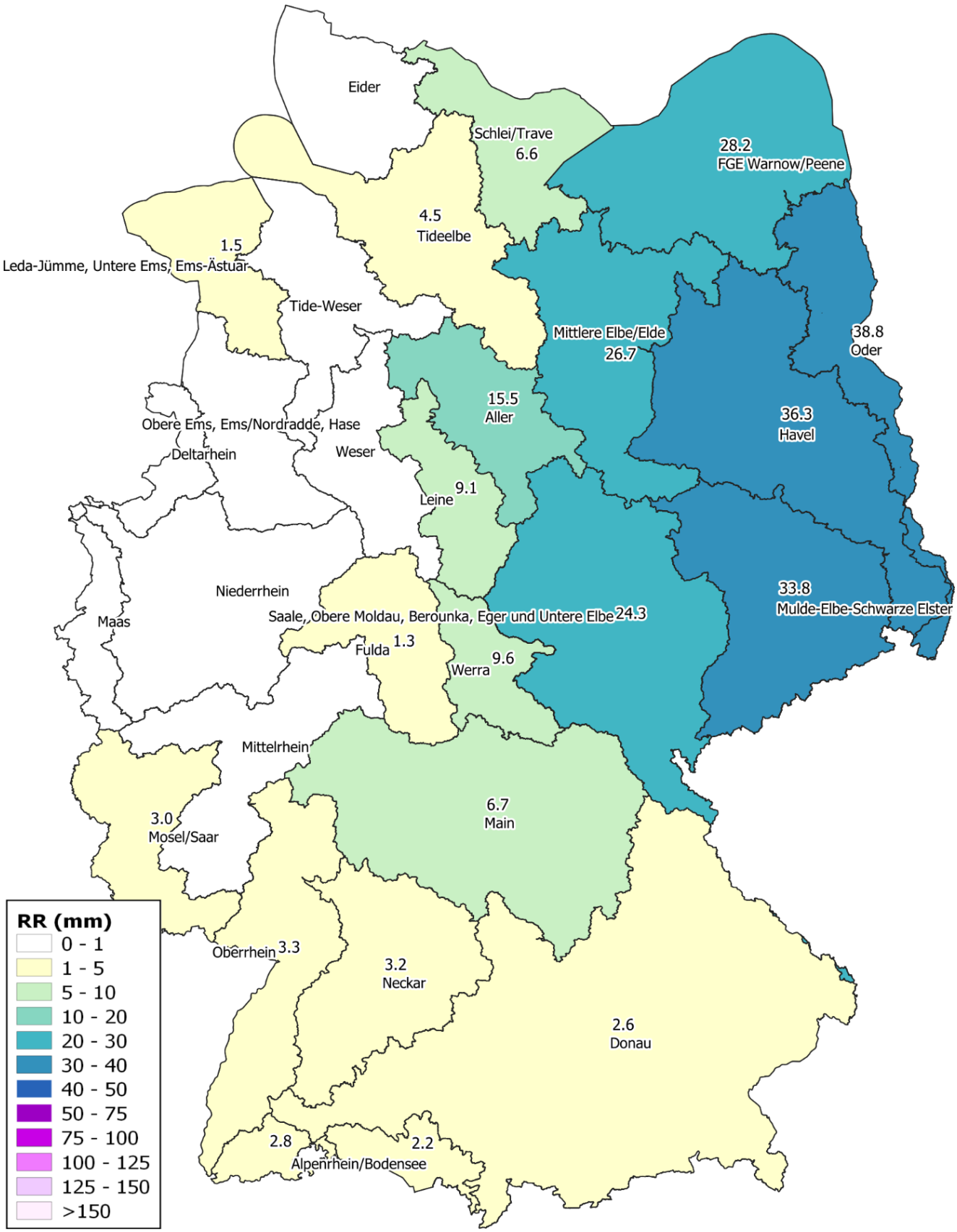

Abbildung 13: 24h Niederschlag bis 05.11.2021, 05:50 UTC. Flächenmittel in Einzugsgebieten größerer Flüsse. Daten: DWD Radolan. Abbildung: B. Mühr

Tabelle 3: 24h Regensumme bis 05.11.2021, 0550 UTC, im Flächenmittel von Einzugsgebieten mittelgroßer Flüsse. Datengrundlage: RADOLAN, DWD.

Flusseinzugsgebiet	Fläche im km²	RR24h in mm
Großer Havelländischer Hauptkanal	854.390806	57.5
Oder	0	48.7
Ucker	2431.26778	48.0
Nottekanal	501.854352	47.8
Nieplitz	707.4865	47.4
Landgraben	721.544158	47.3
Welse	836.014088	46.6
Nuthe	1798.73422	46.1
Westoder	0	44.4
Kleine Elster	710.577449	44.2

Tabelle 4: 24h Regensumme bis 05.11.2021, 0550 UTC, im Flächenmittel von Einzugsgebieten größerer Flüsse. Datengrundlage: RADOLAN, DWD.

Flusseinzugsgebiet	LAND_CD	RR24h in mm
Oder	DESN	38.8
Havel	DEST	36.3
Mulde-Elbe-Schwarze Elster	DETH	33.9
FGE Warnow/Peene	DESH	28.2
Mittlere Elbe/Elde	DESH	26.7
Saale, Obere Moldau, Berounka, Eger und Untere Elbe	DETH	24.3
Aller	DEST	15.5

Tabelle 5: 24h Regensumme bis 05.11.2021, 0550UTC, im Flächenmittel von PLZ-Gebieten. Datengrundlage: RADOLAN, DWD.

PLZ	PLZ_NAME	RR24h in mm
14482	Potsdam	60.5
14109	Berlin	59.8
14476	Potsdam	58.9
14624	Dallgow-Döberitz	57.4
17373	Ueckermünde	57.3
14469	Potsdam	57.3
14480	Potsdam	57.2
14478	Potsdam	56.9
14621	Schönwalde-Glien	56.6
14467	Potsdam	56.4
14129	Berlin	56.1
13435	Berlin	55.6
14612	Falkensee	55.5
14532	Kleinmachnow	55.4
13439	Berlin	55.3
14656	Brieselang	55.2
14547	Beelitz	55.1
14473	Potsdam	55.1
14163	Berlin	54.3
15741	Bestensee	54.3
14089	Berlin	54.0

PLZ	PLZ_NAME	RR24h in mm
14558	Nuthetal	53.9
17268	Templin	53.8
17375	Mönkebude	53.1
14165	Berlin	52.7
14552	Michendorf	52.4
16727	Velten	52.2
14471	Potsdam	52.1
17367	Eggesin	51.9
17349	Lindetal	51.8
14513	Teltow	51.6
6118	Halle (Saale)	51.2
14542	Werder (Havel)	51.1
15749	Mittenwalde	50.8
14169	Berlin	50.8
13591	Berlin	50.7
17279	Lychen	50.6
14554	Seddiner See	50.5
15754	Heidesee	50.3
17358	Torgelow	50.0
4889	Schildau	50.0
14548	Schwielowsee	49.7

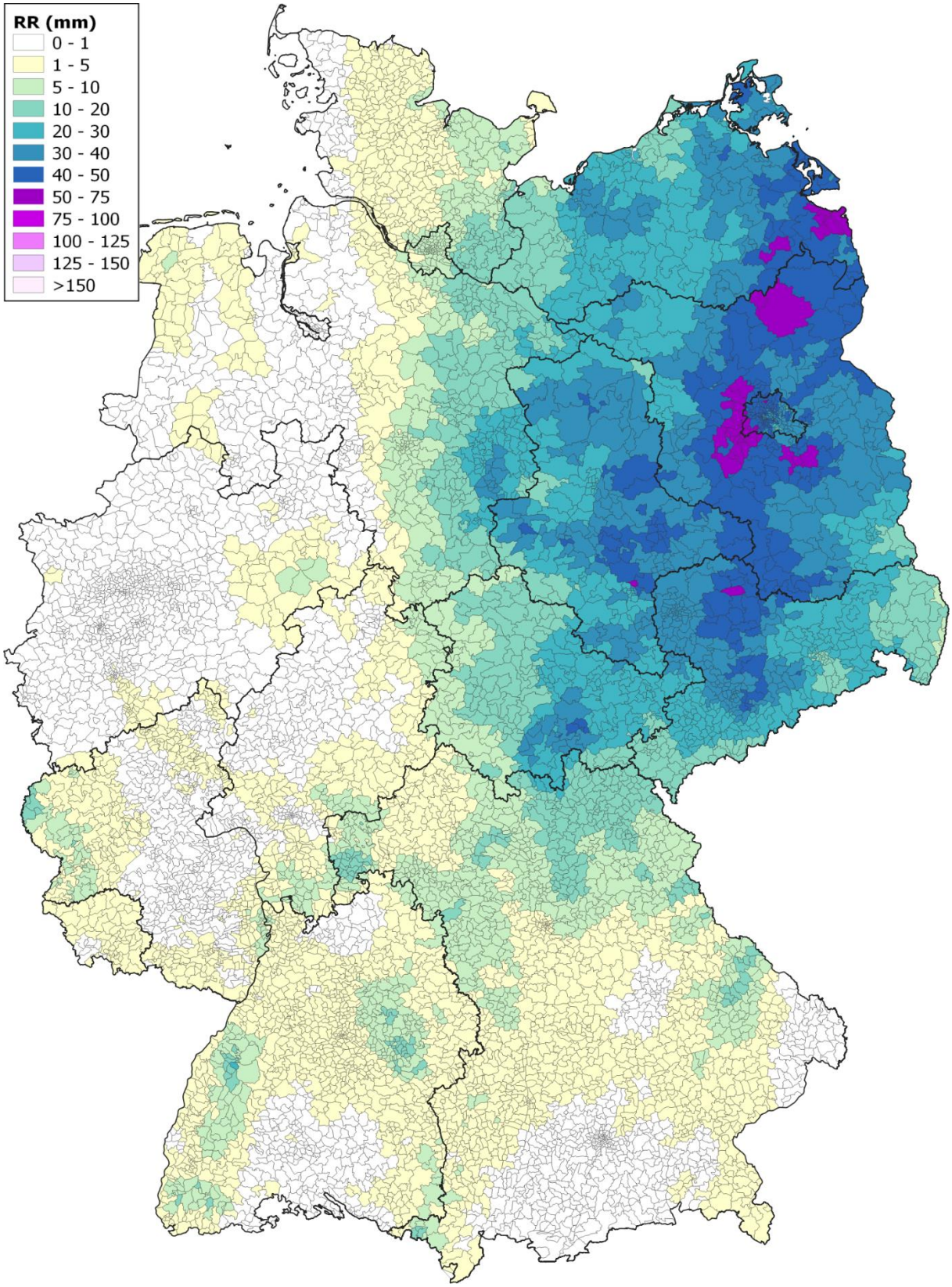

Abbildung 14: 24h Niederschlag bis 05.11.2021, 0550 UTC. Flächenmittel in PLZ-Gebieten. Daten: DWD Radolan. Abbildung: B. Mühr

Bernhard Mühr, 07.11.2021, info@muehr.de