

Hochwasser Mitteleuropa, Juli 2021 (Deutschland)

21. Juli 2021 – Bericht Nr. 1 „Nordrhein-Westfalen & Rheinland-Pfalz“

Autoren: Andreas Schäfer, Bernhard Mühr, James Daniell, Uwe Ehret, Florian Ehmele, Katharina Küpfer, Johannes Brand, Christina Wisotzky, Jens Skapski, Lukas Rentz, Susanna Mohr, Michael Kunz

DOI:10.5445/IR/1000135730

ZUSAMMENFASSUNG

Naturereignis	Beginn	Ende	Andauer
Starkregen und Hochwasser	13.07.2021	15.07.2021	3,0 Tage

Herausragende Ereignisse:

Tiefdruckgebiet	„Bernd“
Enorme Schäden und Verwüstungen	>170 Todesopfer
Historische Pegelhöchststände	z.B. Ahr, Prüm
48h-Regensummen	165,1 mm (Köln-Stammheim, NW)



Abbildung 1: Verwüstungen in Bad Münstereifel (Quelle: Bernd März / Unwetter-Freaks).

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	2
Meteorologie.....	3
Rolle des Klimawandels (Einschätzung)	14
Hydrologie	16
Historischer Kontext (Ahr).....	18
Überflutung & Schäden	22
Verkehr	27
Kontakt	31

Zusammenfassung

Am 13. und 14. Juli 2021 fielen über dem Westen Deutschlands sowie in Teilen Belgiens und in Luxemburg enorme Regenmengen von 100 bis 150 mm. Ein Großteil des Niederschlags ging innerhalb von 15 bis 18 Stunden nieder. Besonders betroffen waren die beiden Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz (Abbildung 2). Die Folge war, dass beispielsweise der Pegel an der Ahr (Altenahr) seinen bisherigen Rekord von 2016 (3,71 m, Abfluss: 236 m³/s) deutlich übertraf, wobei die Messstation überflutungsbedingt bei einem Wert von 5,05 m (Abfluss: 332 m³/s) komplett ausfiel. Aktuelle Schätzungen vermuten für dieses Ereignis einen Pegelstand zwischen 7 bis 8 m mit einem Abfluss zwischen 400 bis 700 m³/s.

Aus meteorologischer Sicht führten verschiedene Faktoren zu den extrem hohen Niederschlagssummen. Außerdem verstärkte das stark gegliederte Gelände der betroffenen Region mit teils tief eingeschnittenen Flusstälern den Oberflächenabfluss, der bereits annähernd gesättigte Boden unterstützte zudem die Situation. All dies zusammen führte letztlich zu einer verheerenden Katastrophe, die mindestens 170 Todesopfer und 820 Verletzte forderte (Stand: 21.07.2021) und katastrophale Schäden an Wohngebäuden und der Infrastruktur hinterließ. Erste grobe Schätzungen liegen bei einem versicherten Schaden von mehr als 10 Mrd. €, wobei der Gesamtschaden deutlich höher ausfallen dürfte, da nur rund 37 bis 47 % der Gebäude eine Elementarversicherungen aufweisen. Zudem ist die Infrastruktur massiv betroffen; der Bund rechnet allein an der Verkehrsinfrastruktur mit einem Schaden von 2 Mrd. €.

In der Vergangenheit gab es im Ahrtal bereits zwei besonders bedeutende Hochwasserereignisse: 1804 und 1910. Ein Vergleich mit historischen Aufzeichnungen lässt vermuten, dass die Werte des diesjährigen Ereignisses niedriger einzuordnen sind als für das Hochwasserereignis von 1804 (Schätzung: ~ 1100 m³/s). Zudem wird abgeschätzt, dass das Ereignis von 2021 hydrologisch betrachtet ein ähnliches Ausmaß wie das Hochwasserereignis von 1910 (~ 500 m³/s) gehabt haben könnte. Da die Gefährdung in aktuellen Hochwasserkarten für das Ahrtal auf einer Abflussstatistik basierend auf zeitlich homogen verfügbaren Messreihen beruht (in dem Fall ab 1947), werden allerdings die beiden historischen Ereignisse bei der Gefährdungsabschätzung bisher nicht berücksichtigt und die aktuelle Schätzung des 100-jährliches Hochwasser (HQ100) für die Ahr liegt „nur“ bei 241 m³/s.

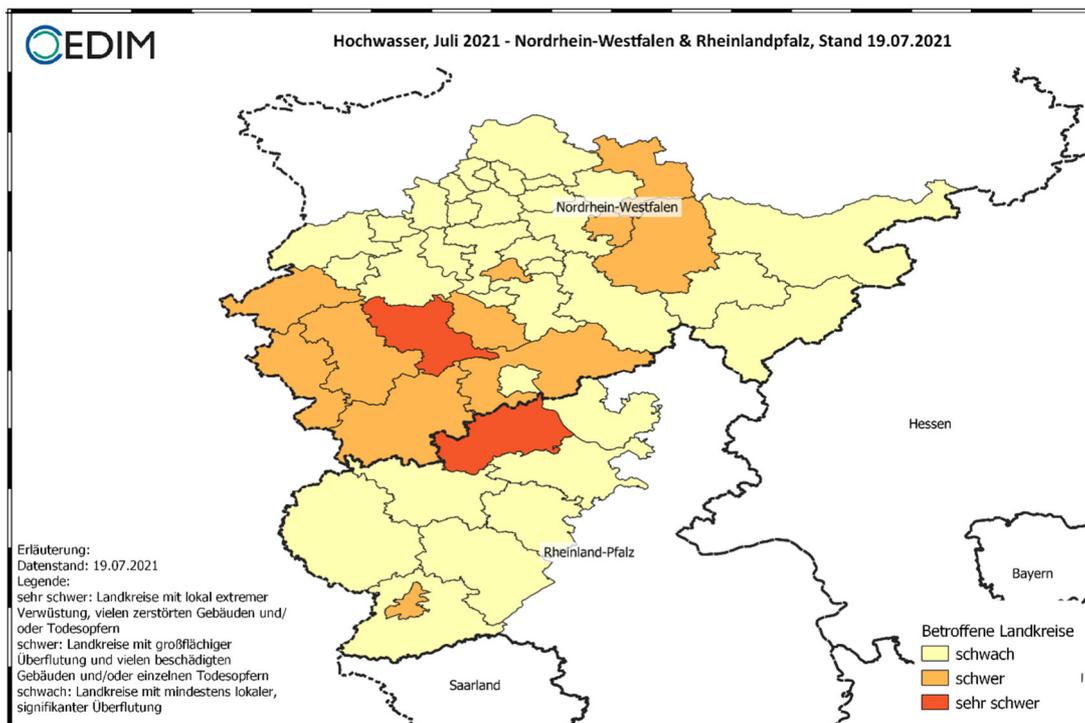


Abbildung 2: Übersicht der betroffenen Landkreise und grobe Einteilung der Schwere des Hochwassers.

Meteorologie

Großräumiges Strömungsmuster über Europa und dem Nordatlantik

Zu Beginn der zweiten Monatsdekade des Juli 2021 lag ein markanter Höhentrog noch weit draußen auf dem Atlantik, sein Zentrum befand sich einige Hundert Kilometer südöstlich der Südspitze Grönlands. Der Höhentrog kam zügig unter Abschnürungstendenz südostwärts voran und konnte am 11. Juli 2021, 00 UTC, mit seinem Drehzentrum bereits 300 Kilometer westlich von Irland analysiert werden. Der immer mehr als Höhentief in Erscheinung tretende Trog befand sich 24 Stunden später schon kurz vor der Südwestspitze Cornwalls. Tags darauf erstreckte sich das Gebilde tiefen Geopotentials mit seiner meridional orientierten Achse von der westlichen Nordsee über den Ärmelkanal und die Westhälfte Frankreichs bis zu den Balearen. Den Weg nach Osten, wie ihn bei einer überwiegend zonalen Strömungskonstellation die meisten Höhenträge wählen, versperrte ein riesiges Gebiet hohen Luftdrucks über dem Nordosten Europas, das als Bollwerk unverrückbar seine Position beibehielt.

Über Mitteleuropa sank auf der Vorderseite des Höhentiefs der Luftdruck und das Bodentiefdruckgebiet „Bernd“ betrat die Wetterbühne. Im Laufe des 14. Juli 2021 geriet Deutschland auf die Nordflanke des Höhentiefs, das seinen Schwerpunkt mittlerweile von der Südschweiz/Nordwestitalien langsam über die Alpen hinweg nach Süddeutschland vorschob.

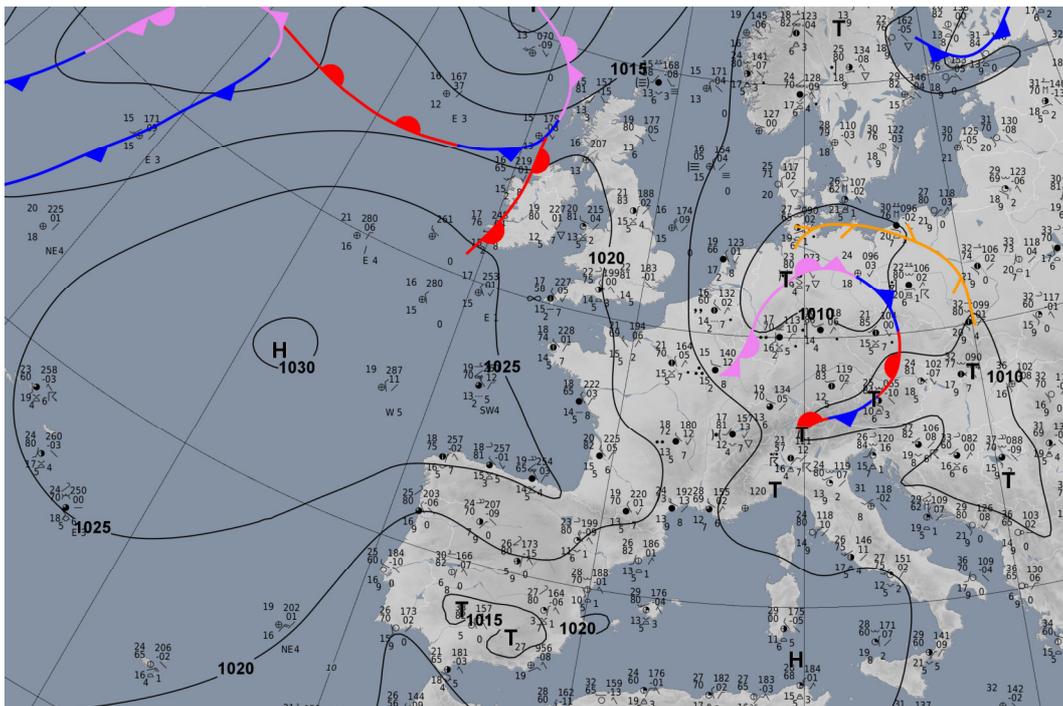


Abbildung 3: Bodendruckanalyse mit Frontensystemen des Tiefs „Bernd“ und Stationseintragungen, 14. Juli 2021, 12Z (Quelle: DWD).

An der Nordflanke des Höhentiefs rotierte das Bodentief „Bernd“ mit seinen spiralförmig angeordneten Frontensystemen ab dem 13. Juli 2021 munter über Deutschland vor sich hin (Abbildung 3). Im Laufe des 14. Juli 2021 entstand eine recht gut ausgeprägte Tiefdruckrinne am Boden, in der ein Tiefausläufer eingebettet war und die am Nachmittag und Abend von der westlichen Norddeutschen Tiefebene bis nach Luxemburg analysiert werden konnte (Abbildung 4). Genau in jenem Bereich formierte sich auch das linienhafte Gebiet des stärksten Niederschlags, das in Abbildung 4 farblich hervortritt. Neben den bodennahen Strömungskonvergenzen lassen die Analysen der mittleren Troposphäre zudem einen Kurzwellentrog an der Nordwestflanke des Höhentiefs erkennen, der einen zusätzlichen Hebungsantrieb bereitstellte.

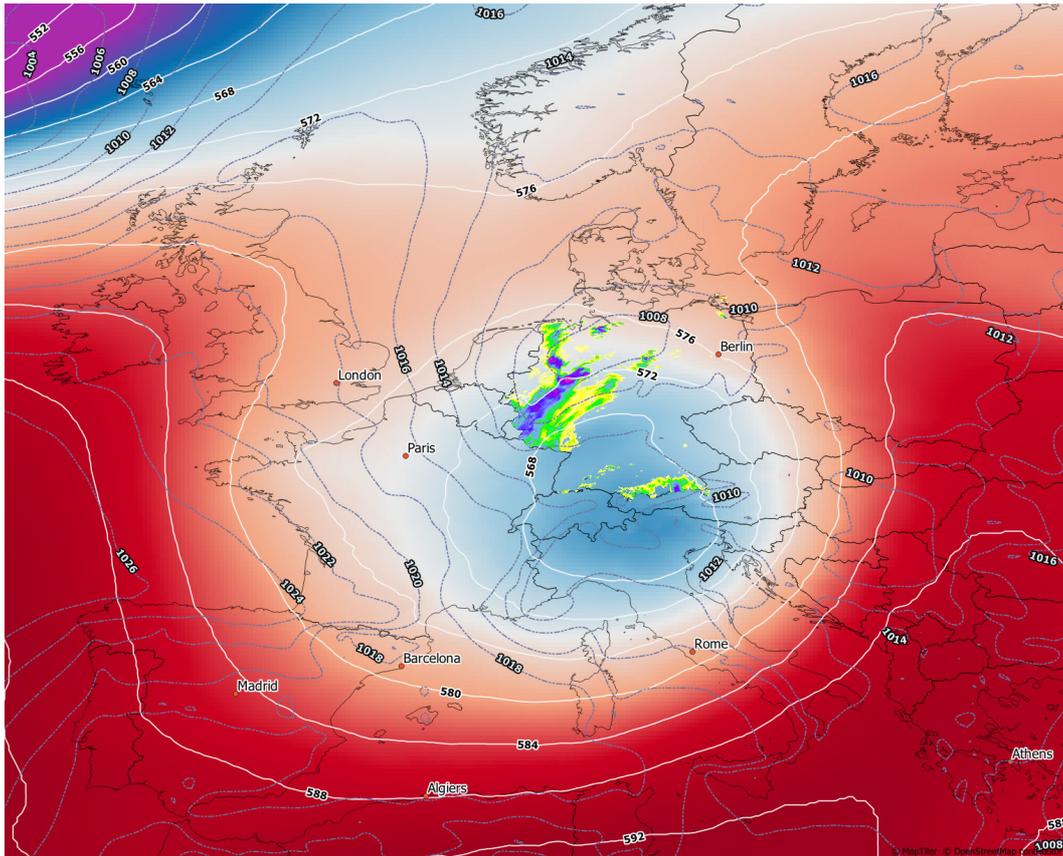


Abbildung 4: Analyse von Bodendruck (dünne dunkelgraue Linien) und 500-hPa Geopotential (weiße Linien und Farbflächen) vom 14. Juli 2021, 12UTC. Dazu die Lage der nach RADOLAN (DWD) stärksten Niederschlagsintensitäten im Zeitraum 12:00 bis 13:00 UTC am selben Tag (Modelldaten: GEM).

Der umfangreiche mitteleuropäische Tiefdruckkomplex bezog in seine Zirkulation extrem feuchte Luftmassen ein. Die gelangten in einem weiten Bogen aus dem Südosten Europas und dem Mittelmeerraum über den Umweg über Ost- und Norddeutschland schließlich auch in den Westen Deutschlands und die angrenzenden Nachbarländer. Die Ostsee war bis zu 7 K wärmer als im klimatologischen Mittel. Rückwärtstrajektorien deuten an, dass sich die Luftmassen, nachdem sie aus dem Mittelmeer kamen, Osteuropa, Norddeutschland, Ostsee, Nordsee sich wieder angefeuchtet haben. Abbildung 5 zeigt die Lage des Tiefdruckkomplexes anhand der Isohypsen im 700 hPa-Niveau (schwarze Linien), die rötlichen Farbflächen repräsentieren die feuchten Luftmassen mit der Menge des ausfällbaren Wassers in mm. Über dem Norden und Nordwesten Deutschlands erreichen die Werte des niederschlagsbaren Wassers bis über 40 mm. Die langgezogenen Bänder hoher Feuchte lassen als Quelle den zentralen Mittelmeerraum vermuten.

Die Betrachtung der intensivsten Niederschlagsgebiete und ihrer Verlagerung zeigen bereits am Vortag den Einfluss von Kurzwellentrögen und ihres Hebungsantriebes. Über Südwestdeutschland formierte sich schon am Vormittag des 13. Juli 2021 ein großes zusammenhängendes Areal mit kräftigem Niederschlag, dass sich entsprechend der zyklonalen Rotation um das Höhentief herum im Gegenuhrzeigersinn zunächst nordostwärts, dann in nördliche Richtung verlagerte, bevor es über Norddeutschland nach Westen einschwenkte und schließlich den Weg nach Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz fand. Über Teilen Nordbayerns und Teilen Sachsens lösten von Gewittern durchsetzte Starkregenfälle am 13. Juli 2021 bereits gebietsweise Überschwemmungen aus, Hof registrierte eine Niederschlagsmenge von 85 mm, in der Nacht zum 14. Juli 2021 gingen in Hagen-Bölling sogar 95 mm Regen nieder.

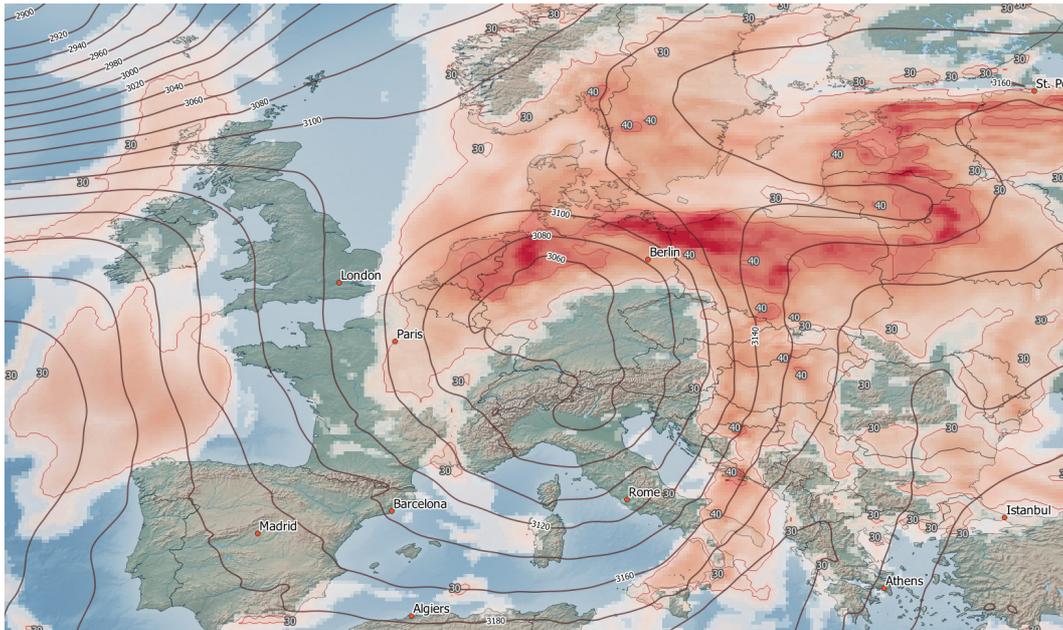


Abbildung 5: Analyse der 700 hPa-Geopotentialfläche (dünne dunkelgraue Linien) sowie die Menge des in der der Atmosphäre verfügbaren ausfällbaren Wassers in mm (rote Farbflächen und rote Linien) vom 14. Juli 2021, 12UTC. (Modelldaten: GEM).

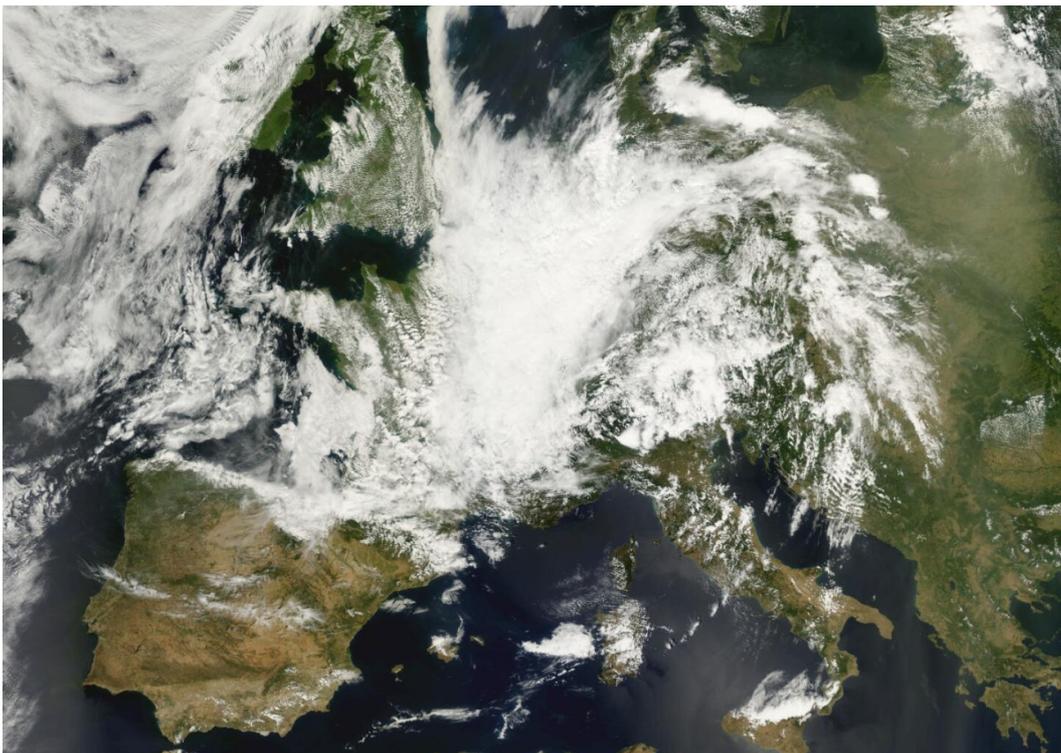


Abbildung 6: Satellitenbild (VIS, MODIS-EU), 14. Juli 2021 (Quelle: DLR¹).

Das Satellitenbild (Abbildung 6) illustriert die Verteilung der großen Wolkengebiete, die um das Zentrum des Höhentiefs über Süddeutschland am 14. Juli 2021 kreisen. Die Wolkenanordnung und Wolkenbänder lassen die Ausdehnung und den Einfluss des Höhentiefs erahnen, der bis weit in den zentralen Mittelmeerraum reicht. Konvektiv durchsetzte Wolkenformationen finden sich beispielweise über Mallorca, westlich von Sardinien und über Süditalien/Sizilien. An der nordöstlichen Flanke

¹https://www.dlr.de/eoc/desktopdefault.aspx/tabid-11125/19465_read-44629/
<https://eumetview.eumetsat.int/mapviewer/>

zeichnen sich als besonders helle Wolkenkleckse einige kräftige Gewitter ab, die mit einer sich einer entlang der deutschen Ostseeküste bis nach Zentralpolen erstreckenden Konvergenzlinie (Abbildung 3) in Zusammenhang stehen. Besonders markant tritt jedoch das umfangreiche und zusammenhängende Wolkenpaket über Ostfrankreich, Westdeutschland und Benelux in Erscheinung; hier sind großräumige Hebungsprozesse wirksam.

Das über mehrere Tage lang präsente und kräftige Höhentief hinterließ auch in der Analyse des fünftägigen Zeitraums vom 12. bis zum 16. Juli 2021 im 500-hPa Geopotentialfeld seine deutlichen Spuren. Flankiert von zwei Höhenrücken, von denen der über Nordosteuropa eine besonders große Ausdehnung und Beständigkeit aufweist („Blocking“), liegt das Höhentief über Nordwest- und Mitteleuropa (Abbildung 7). Vor allem über dem Süden Frankreichs treten große negative Anomalien in der Geopotentialfläche hervor, die bis über 8 gpdm unter ihren langjährigen Vergleichswerten (1981 – 2020) liegen. Nördlich des Höhentiefs spannt sich ein riesiges Areal mit positiven Geopotentialanomalien vom Seegebiet südwestlich von Irland über das Baltikum bis zur Ukraine. Die Abweichungen über dem Baltikum und über Weißrussland betragen mehr als 16 gpdm.

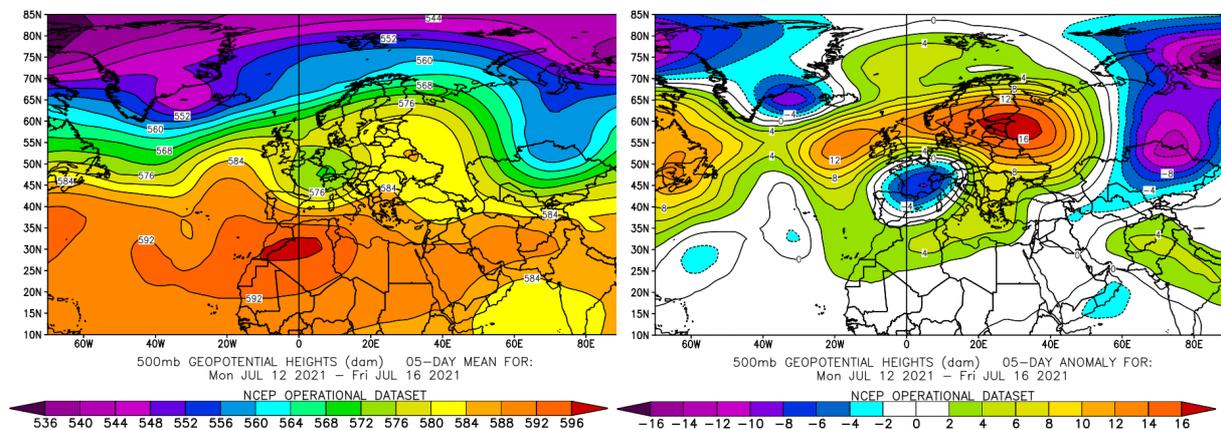


Abbildung 7: Höhe der gemittelten 500 hPa-Geopotentialfläche in gpdm und deren Abweichung vom langjährigen Mittelwert des Zeitraum 1981 bis 2010. Mittelungszeitraum: 5 Tage (12. bis 16.07.2021; Quelle: <https://psl.noaa.gov/data/histdata>).

Niederschlag

In Nordrhein-Westfalen manifestierte sich bereits in der Nacht vom 13. zum 14. Juli 2021 eine quer durch Deutschland verlaufende Zone mit von Gewittern durchsetztem Starkregen mit größeren Überflutungen; die stärksten Regenfälle konnten vom hessischen Teil des Rothaargebirges über das südliche Ruhrgebiet hinweg bis zur niederländischen Grenze beobachtet werden (Abbildung 8). Gevelsberg-Oberbröking registrierte eine Niederschlagsmenge von 71,1 mm (Tabelle 1).

Das zu den verheerenden Hochwässern an Ahr, Erft, Kyll, Prüm, Sauer und anderen Flüssen im südwestlichen Nordrhein-Westfalen und im nördlichen und westlichen Rheinland-Pfalz führende Regenereignis begann im Laufe des 14. Juli 2021 und setzte in Köln-Stammheim gegen 04:00 UTC ein (Abbildung 9a). Während eines Zeitraums von 15 Stunden kam insgesamt eine Niederschlagsmenge von rund 150 mm zusammen. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge in einem ganzen Monat Juli liegt sonst bei gerade einmal bei 69 mm (1981 – 2010); somit summierte sich in nur wenigen Stunden der intensive Regen auf mehr als das Doppelte eines üblichen Monatsniederschlags. Die maximale Stundenintensität des Niederschlags erreichte 33 mm.

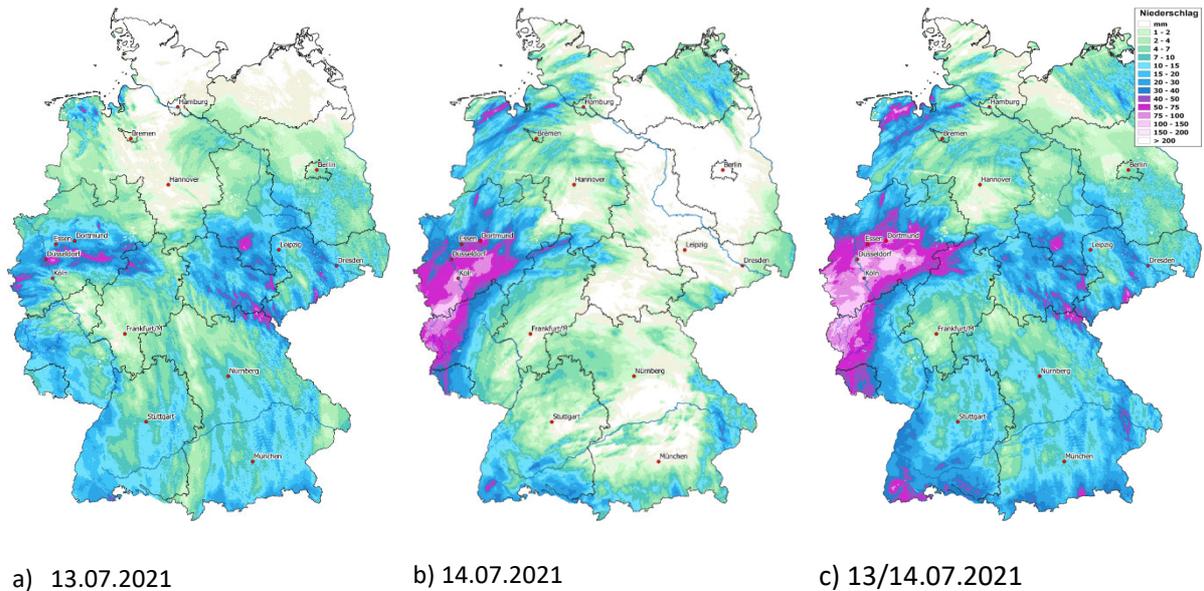


Abbildung 8: (a,b) Tagessummen des Niederschlags, 06 UTC des angegebenen Tages bis 06 UTC des Folgetages und (c) die Summe der beiden Tage (Daten: RADOLAN, DWD).

Tabelle 1: Tagesniederschlagsmengen und 48-Stundensumme ausgewählter Stationen in Deutschland vom 13.07.2021, 06 UTC, bis zum 15.07.2021, 06 UTC (Daten: DWD).

Station	BL	Regensumme in mm		
		13.07.	14.07.	Summe
Köln-Stammheim	NW	11,6	153,5	165,1
Wipperfürth-Gardeweg	NW	53,1	111,8	164,9
Kall-Sistig	NW	16,5	144,8	161,3
Wuppertal-Buchenhofen	NW	64,0	90,8	154,8
Aachen-Orsbach	NW	55,0	98,7	153,7
Hückeswagen (Bevertalsperre)	NW	50,5	101,1	151,6
Gevelsberg-Oberbröking	NW	71,1	78,9	150,0
Lüdenscheid	NW	31,6	114,4	146,0
Simmerath (Kalltalsperre)	NW	49,9	93,5	143,4
Schleiden-Morsbach	NW	36,5	102,7	139,2
Schneifelforsthaus	RP	13,5	124,1	137,6

Dreistellige Werte des Niederschlags konnten auch an zahlreichen anderen Orten in Nordrhein-Westfalen und in Rheinland-Pfalz verzeichnet werden – obwohl etliche Niederschlagsmessstellen ihren Dienst versagten oder hinweggespült wurden. In der Eifel summierte sich an der Station Prüm-Watzerath der Regen, der dort 1 bis 2 Stunden später als in Köln gegen 06 UTC begann, innerhalb von rund 15 Stunden auf mehr als 100 mm (Abbildung 9b).

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die 10 nassesten Stationen aus dem Messnetz des Deutschland Wetterdienstes (DWD) für den zweitägigen Zeitraum am 13. und am 14. Juli 2021. 9 der 10 regenreichsten Messstationen (die das Regenereignis überstanden) befinden sich in Nordrhein-Westfalen, denen sich das Schneifelforsthaus in Rheinland-Pfalz mit 137,5 mm innerhalb von 48 Stunden anschließt.

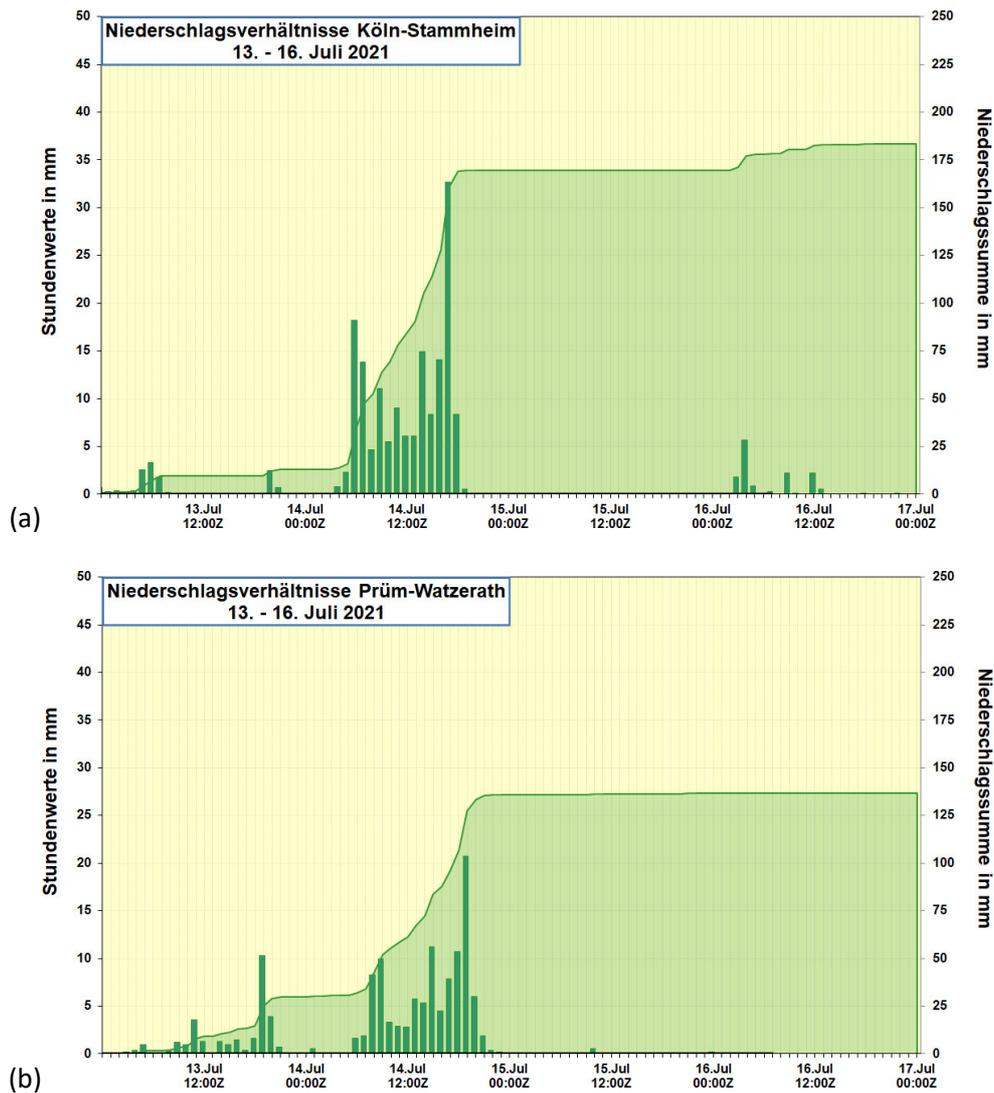


Abbildung 9: (a) Verlauf der Niederschlagsaktivität mit Angabe von Stundenwerten der Niederschlag und der Gesamtsumme in mm an der Station Köln-Stammheim vom 13. bis zum 16. Juli 2021. (b) Verlauf der Niederschlagsaktivität mit Angabe von Stundenwerten der Niederschlag und der Gesamtsumme in mm an der Station Prüm-Watzerath vom 13. bis zum 16. Juli 2021 (Daten: DWD).

Großflächig konnten in Teilen Nordrhein-Westfalens und von Rheinland-Pfalz Niederschlagsmengen beobachtet werden, die innerhalb von nur 48 Stunden mehr Regen brachten, als dort üblicherweise im gesamten Monat Juli niedergeht. Abbildung 10 illustriert in blau die Gebiete, in denen der 48-Stunden-Niederschlag den langjährigen Monatsmittelwert übertraf; die Zahlenwerte bezeichnen dabei den Anteil in % im Vergleich zum durchschnittlichen Juli-Monatsregen. In den blauen Gebieten ist das Monatssoll schon deutlich übererfüllt. Im Südwesten von Nordrhein-Westfalen und entlang der Ahr und der Prüm kam in den beiden Tagen (13. Und 14. Juli 2021) gebietsweise mehr als das Anderthalbfache ($> 150\%$) des langjährigen Juli-Monatsmittelwertes 1991 bis 2020 zusammen.

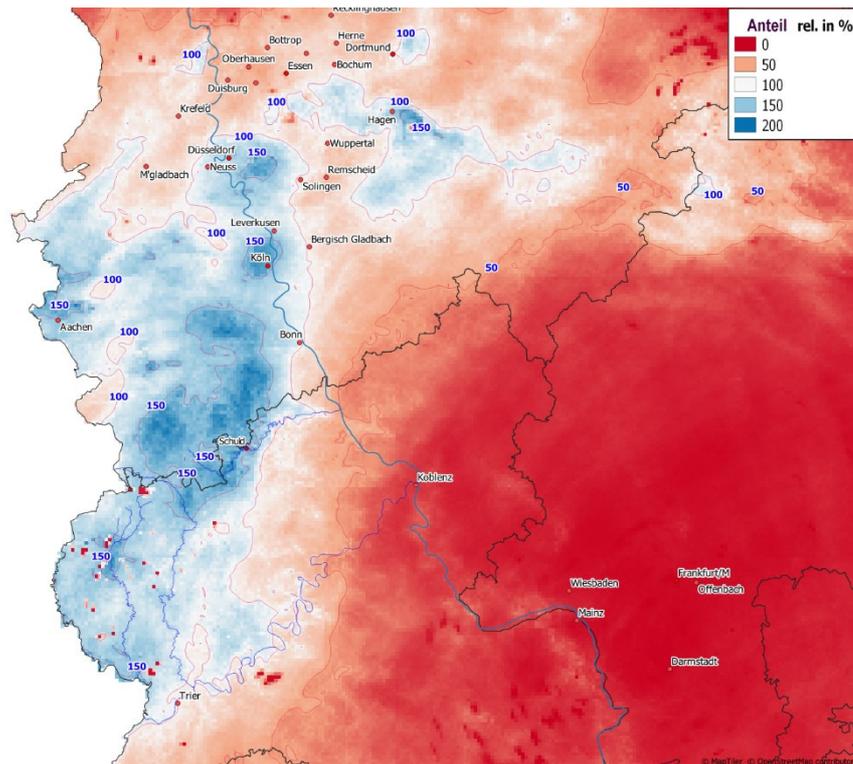


Abbildung 10: Relativer Niederschlag in %, Vergleich des 48-Stunden-Niederschlags (13. und 14. Juli 2021) mit dem langjährigen Monatsmittelwert für den Monat Juli. In den blauen Gebieten hat der Niederschlag sein Juli soll gebietsweise bereits zu mehr als 150 % erfüllt (Daten: DWD).

Der Einfluss der Vorwitterung

Einen wesentlichen Einfluss auf die Ausbildung eines großen Flusshochwassers haben in der Regel Faktoren wie die Schneeschmelze in den Mittelgebirgen oder der Alpen. Ganz besondere Bedeutung kommt allerdings der Vorwitterung zu. Es macht einen erheblichen Unterschied aus, ob ein entstehendes Hochwasser möglicherweise dramatische Ausmaße annimmt, wenn es sich einem bereits zuvor nassen Witterungsabschnitt anschließt. Ein zusätzlicher großer Wassereintrag bei bereits gesättigten Böden oder hohen Grundpegelständen kann fatale Konsequenzen haben.

Die Überflutungsgebiete empfangen während der ersten 6 Monate des Jahres 2021 überwiegend mehr Niederschlag als es der langjährige Mittelwert desselben Zeitraums erwarten lässt (Abbildung 11). Allerdings kann der Niederschlagsüberschuss von bis zu 15 % allenfalls als moderat bezeichnet werden. Kleinere Gebiete blieben sogar etwas unter ihrem langjährigen Vergleichswert. In absoluten Zahlen konnten die Hochwassergebiete während des ersten Halbjahres 2021 zwischen 0 und 50 mm mehr Niederschlag als üblich verbuchen. Somit präsentierte sich die Vorwitterung nach langfristiger Betrachtung als nicht besonders nass, aber annähernd gesättigt.

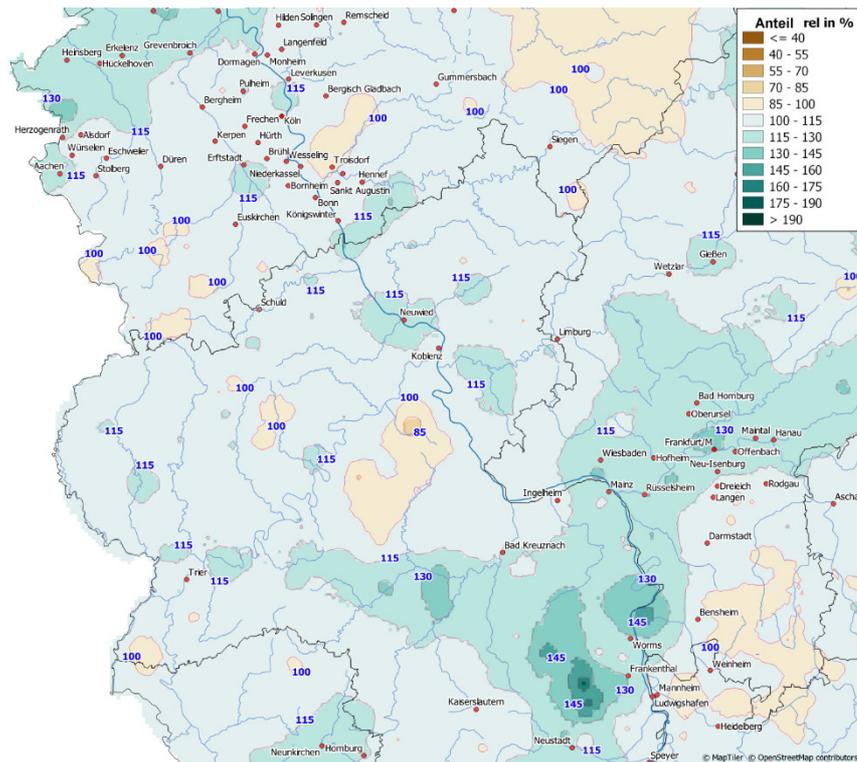


Abbildung 11: Relative Niederschlagsbilanz der Monate Januar bis Juni 2021 in % und in Bezug auf den langjährigen Vergleichswert (1991 – 2020) des ersten Halbjahres (Daten: DWD).

Historische Einordnung der Niederschläge

Niederschläge, zumindest, wenn sie großflächiger und innerhalb von 24 bis 48 Stunden Werte von mehr als 100 mm erreichen, sind in Deutschland selten und lösen im Falle ihres Auftretens nicht selten größere Flusshochwässer aus. Tabelle 2 gibt beispielhaft Auskunft über die an den Stationen in Köln-Stammheim und am Schneifelforsthause jemals gemessenen nasstesten Tage ihrer Messgeschichte. Die Messreihen umfassen jeweils einen Zeitraum von rund 70 Jahren. In beiden Fällen rangiert das Regenereignis vom 14. Juli 2021 mit großem Abstand auf Platz 1. Nie zuvor konnte innerhalb eines Tages dort (und an zahlreichen weiteren Stationen) eine derart große Regenmenge verzeichnet werden.

Mit KOSTRA 2010², einer koordinierten Starkniederschlagsregionalisierungen und -auswertungen, stellt der DWD ein Werkzeug zur Verfügung, das Aussagen über die Höhe und Eintrittswahrscheinlichkeiten von Starkregenereignissen an einem beliebigen Ort in Deutschland erlaubt. KOSTRA stellt Informationen für verschiedene Dauerstufen des Niederschlags und Jährlichkeiten zur Verfügung und dient allgemein in Deutschland als Bemessungsgrundlage für Niederschlagsabflüsse und die Dimensionierung von Anlagen. Auch für die vom Hochwasser betroffenen Gebiete können so die nach KOSTRA gültigen Niederschlagswerte für verschiedene Dauerstufen des Niederschlags und deren Jährlichkeit bzw. Wiederkehrperiode in Erfahrung gebracht werden. Auf die Beschreibung der genauen Methodik und Schwächen des KOSTRA-Verfahrens wird im Rahmen dieses Berichts verzichtet. Es wird hier lediglich zur Feststellung geeigneter Schwellenwerte für eine Wiederkehrperiode von 100 Jahren für ein 24-stündiges Niederschlagsereignis benötigt.

Der größte Teil der in den Einzugsgebieten der Hochwasser führenden Flüsse in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz aufgetretenen Niederschläge ging innerhalb eines Zeitraums von 12 bis 18

² https://www.dwd.de/DE/leistungen/kostra_dwd_rasterwerte/kostra_dwd_rasterwerte.html

Stunden (meist 15 Stunden) nieder. Dennoch gelangen hier zur schnellen Darstellung die 24-stündigen Stationsmesswerte in die Auswertung, obwohl sie entsprechend auf eine Dauerstufe von 15 oder 18 Stunden bezogen werden sollten.

In den Hochwassergebieten der Eifel entspricht eine Tagesregenmenge zwischen 80 und 120 mm nach KOSTRA 2010 in etwa einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren. Gebietsweise sind es auch nur 70 mm (Abbildung 12a). Die nach dem RADOLAN-Verfahren³ aus Radardaten gewonnenen und mit Stationsmessungen angeeichten flächenhaften Niederschlagsinformationen können jeweils auf die KOSTRA Rasterzellen mit einer Kantenlänge von 7 km interpoliert werden. Jeder Rasterzelle überdeckt damit eine Fläche von rund 50 km².

In Abbildung 12b repräsentieren die in den Rasterzellen dargestellten Zahlenwerte den Niederschlag, wie er nach RADOLAN gemittelt auf die Fläche der Rasterzelle (~ 50 km²) ermittelt werden konnte. Die Abbildung 12c zeigt in den Rasterzellen jeweils den höchsten nach RADOLAN gemessenen Niederschlagswert innerhalb der Rasterzelle. Alle Niederschlagswerte beziehen sich auf einen 24-stündigen Zeitraum, die RADOLAN-Messwerte auf den Niederschlag vom 14. Juli 2021.

Im größten Teil des südwestlichen Nordrhein-Westfalens sowie in dem westlichen Rheinland-Pfalz übertrafen die gemessenen Spitzenniederschläge nach RADOLAN die Werte einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren teilweise sehr deutlich (Abbildung 13). Die hier betrachtete Dauerstufe beträgt 24 Stunden, der Tagesniederschlag bezieht sich auf den Zeitraum vom 14. Juli 2021, 06 UTC, bis zum 15. Juli 2021, 06 UTC. Da es sich bei KOSTRA um ein Verfahren und eine Datengrundlage zur Abschätzung und Bewertung von Starkniederschlägen handelt, kamen hier in den Rasterzellen die maximalen 1 km²-Niederschläge nach RADOLAN in den Rasterzellen bzw. in einem Gebiet von 50 km² zur Auswertung. Mit diesem Ansatz wurden die bisherigen maximalen KOSTRA-Niederschläge für ein 100-jähriges Ereignis in manchen Rasterzellen um 40 bis 55 mm übertroffen.

Tabelle 2: Verzeichnis der 10 nassesten Tage und der aufgetretenen 24-stündigen Regenmengen der jeweils gesamten Messreihe an den Stationen in Köln-Stammheim und am Schneifelforsthaus. Die Länge der Messreihe umfasst in beiden Fällen rund 70 Jahre (Daten: DWD).

Köln-Stammheim			Schneifelforsthaus		
Datum	BL	RR24h	Datum	BL	RR24h
14.07.2021	NW	153,5	14.07.2021	RP	124,1
19.07.2017	NW	95,0	07.10.1982	RP	73,3
30.08.1968	NW	91,3	16.09.2000	RP	70,0
02.06.1961	NW	68,8	03.06.1999	RP	69,7
29.06.2005	NW	68,3	06.02.1984	RP	63,8
11.07.1958	NW	53,7	03.11.1977	RP	61,6
08.07.2014	NW	49,1	13.01.1900	RP	59,3
20.07.1965	NW	47,3	12.02.1962	RP	57,4
13.06.1995	NW	46,5	21.12.1991	RP	54,9
09.06.1949	NW	45,4	09.08.1979	RP	51,7

³ <https://www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/radolan.html>

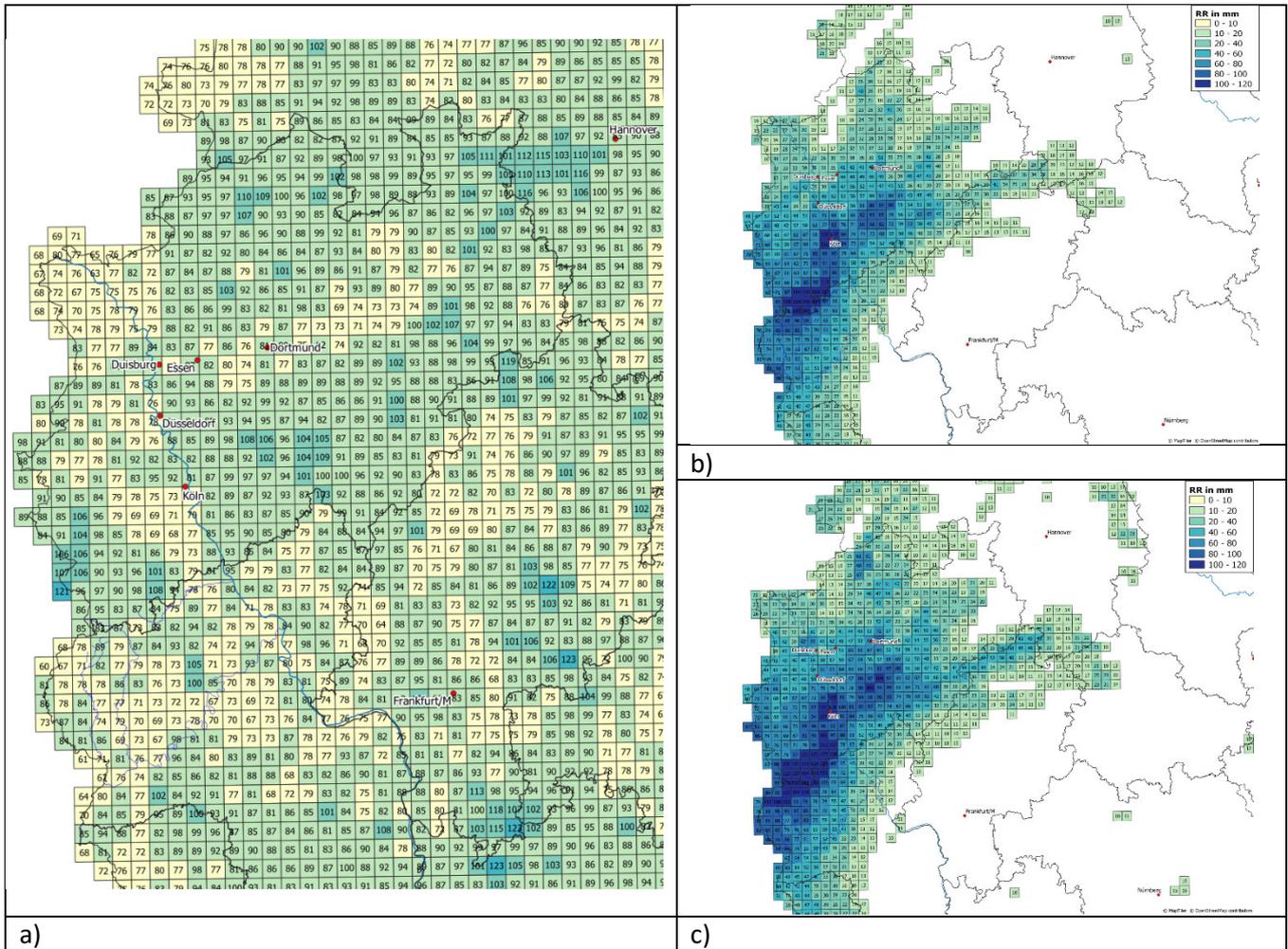


Abbildung 12: (a) Rasterwerte mit Angabe der Niederschlagsmengen, wie sie nach KOSTRA 2010 einmal in 100 Jahren innerhalb von 24 Stunden erwartet werden können. Die Rasterzellen haben eine Kantenlänge von 7 km (Daten: KOSTRA, DWD). (b) Die auf die KOSTRA Rasterzellen mit einer Fläche von knapp 50 km² gemittelten Niederschlagsmengen, wie sie aus den in 1x1 km² Auflösung vorliegenden radar- und Messstation-basierten RADOLAN gewonnen werden konnten. (c) Die gleichen Rasterzellen haben den jeweils höchsten RADOLAN-Niederschlagswert, also den Wert des Niederschlagsmaximums innerhalb des 50 km²-Areals, erhalten. Rasterzellen mit Werten von weniger als 10 mm werden nicht dargestellt.

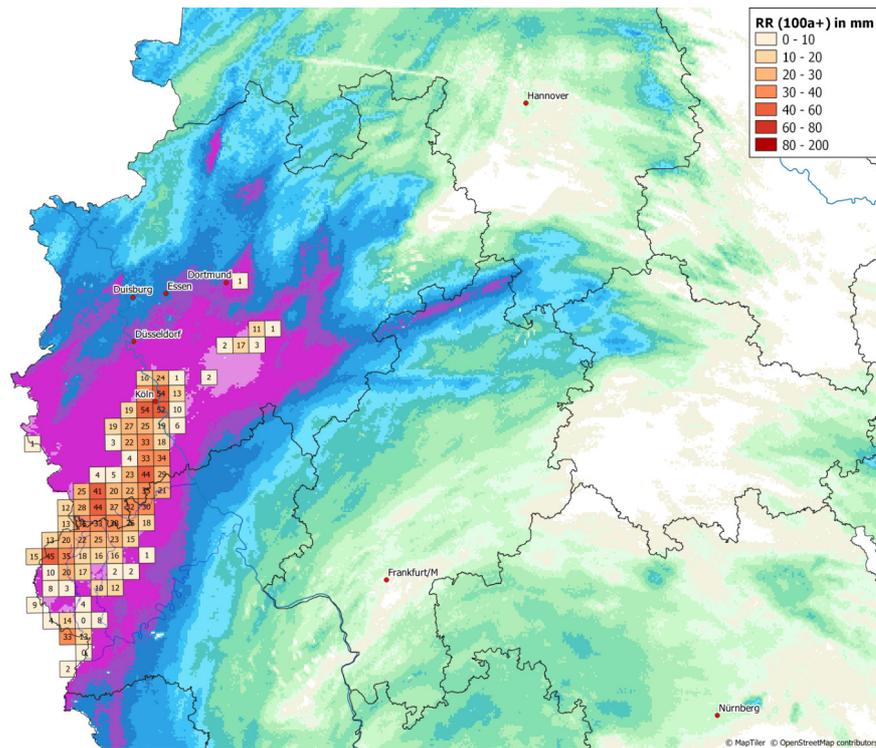


Abbildung 13: Darstellung der Rasterzellen, in denen der am 14. Juli 2021 jeweils gemessene RADOLAN-Niederschlags-höchstwert (1 km²) die bisherigen KOSTRA-Schwellenwerte für ein 100-jähriges Niederschlagsereignis übertraf. Angaben in mm. Farblich hinterlegt ist die ist die Verteilung des nach RADOLAN am 14. Juli 2021 aufgetretenen 24-Stunden-Niederschlags.

Rolle des Klimawandels (Einschätzung)

Die Frage, ob ein einzelnes Extremereignis oder die Abfolge mehrerer Extreme bereits Anzeichen des Klimawandels sind, lässt sich weder exakt belegen noch komplett negieren⁴. Dies gilt insbesondere für Extremereignisse auf kurzen Raum- und Zeitskalen, die stark von lokalen Faktoren beeinflusst sind. Für die großräumigen Prozesse in der Atmosphäre, die zur Entstehung von Extremereignissen wie dem aktuellen Hochwasser in der Eifel führen, kann hingegen sehr wohl eine Aussage getroffen werden.

Einer der Hauptenergiespeicher und -quellen in der Atmosphäre ist der Wasserdampf. Er ist (exponentiell) abhängig von der Temperatur und steigt pro 1 K (1 °C) Temperaturanstieg um etwa 7 % bei Temperaturen der mittleren Breiten (sogenanntes Clausius-Clapeyron-Scaling⁵). Für den Zeitraum 1881 bis 2019 verzeichnet der DWD bereits einen Temperaturanstieg für Deutschland von +1,6 K⁶, was unter Annahme einer konstanten relativen Feuchtigkeit einen Anstieg des Wasserdampfs von ca. +11,5 % zur Folge hat. Mehr Wasserdampf in der Luft bedeutet einerseits mehr verfügbares Wasser für die Wolken- und Niederschlagsbildung, wodurch Niederschlagsereignisse tendenziell stärker werden. Andererseits kann es dadurch häufiger zu Gewittern kommen, deren Energiequelle der Wasserdampf ist. Verstärkt wird dieser Effekt auch durch die ansteigenden Meeresoberflächentemperaturen, wodurch Wasser leichter verdunstet und in die Atmosphäre übergehen kann. Insbesondere die flachen Randmeere wie Nord- und Ostsee, aber auch das Mittelmeer zeigen eine deutliche Erwärmung⁷.

In den letzten Jahren konnte ebenfalls eine zunehmende Beständigkeit (Persistenz) von Großwetterlagen beobachtet werden, das heißt, dass sich bestimmte Wetterlagen (Hoch- oder Tiefdruckgebiete) für einen längeren Zeitraum einstellen und sich nur langsam von der Stelle bewegen. Auch hier lässt sich ein Zusammenhang zur globalen Erwärmung ausmachen. Die Position und Verlagerungsgeschwindigkeit von Hoch- und Tiefdruckgebieten werden maßgeblich von der Höhenströmung bestimmt. Relevant ist dabei die Lage des Jetstreams, einem Starkwindband in 7 bis 10 km Höhe. Stärke und Position des Jetstreams wiederum werden von den Temperaturunterschieden zwischen Tropen und Polarregionen beeinflusst. Die Polarregionen sind aber signifikant stärker von der globalen Erwärmung betroffen als die Tropen, sodass sich der Temperaturunterschied deutlich verringert⁸. Der Jetstream verlagert sich weiter nach Norden und schwächt sich ab. Das bewirkt zum einen auch eine nach Norden verschobene Zugbahn der Tiefdruckgebiete, zum anderen begünstigt ein schwacher Jetstream ein stärkeres Mäandrieren der Strömung und damit die Ausbildung von Wellen in der Atmosphäre mit einer großen Nord-Süd-Amplitude der Welle ist, desto langsamer bewegt sie sich in West-Ost-Richtung (sogenannte Blocking-Wetterlagen⁹). Das bedeutet im Umkehrschluss, dass alle mit diesen Wellen verknüpften Wetterphänomene wie Tiefdruckgebiete oder Gewitter sich ebenfalls nur langsam bewegen oder sogar über eine gewisse Zeit stationär bleiben und speziell im Fall von Niederschlag extreme Regenmengen in kurzer Zeit am selben Ort verursachen können.

Die Kombination aus mehr verfügbarem Wasser in der Atmosphäre und einer zunehmenden Persistenz der Wetterlagen birgt sehr hohes Gefahrenpotential. Da für beide Faktoren ein positiver Trend zu erwarten ist, wird auch das Potential für extreme Niederschlagsereignisse in Zukunft zunehmen.

⁴ In der sog. Attributionsforschung wird anhand von Modellsimulationen mit und ohne Klimawandelsignal untersucht, wie sich die Änderung der Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses durch den Klimawandel verändert hat (<https://www.eci.ox.ac.uk/research/climate/world-weather-attribution.html>).

⁵ <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/30/15/jcli-d-16-0808.1.xml>

⁶ https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/200103/temperatur_d_2019_langfristig.html

⁷ <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

⁸ <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

⁹ <https://link.springer.com/article/10.1007/s40641-018-0108-z>

Wann, wo und wie häufig Extremereignisse auftreten werden, hängt aber weiterhin von der zum jeweiligen Zeitpunkt aktuellen Situation und den vorherrschenden lokalen Begebenheiten ab.

Hydrologie

Die extremen Niederschläge im Verlauf des 14. und 15. Juli 2021 führten an vielen Flüssen mit Ursprung in der Eifel zu extremen Hochwassern, darunter die Ahr, Kyll, Erft, Rur, sowie Flüsse in Luxemburg und Belgien. Exemplarisch sollen hier die Abflussverhältnisse an der Ahr und der Kyll beschrieben und statistisch abgeschätzt werden. Wegen der außergewöhnlich hohen Abflüsse sind die Daten (Rohdaten, Datenquelle: Gewässerkundliche Dienste von Rheinland-Pfalz¹⁰ und Nordrhein-Westfalen¹¹ als sehr wahrscheinlich noch fehlerbehaftet und die Abschätzungen als vorläufig zu betrachten.

Hochwasserablauf und an der Ahr

Im gesamten Gewässerlauf der Ahr kam es zu extremen Abflüssen. Die Wasserstände begannen am frühen Morgen des 14. Juli zu steigen, die Spitzenabflüsse – sofern sie gemessen werden konnten – traten am späten Abend des 14. Juli und in den frühen Morgenstunden des 15. Juli auf. Bei vielen Pegeln brach die Datenerfassung während des Hochwassers ab, darunter die Pegel Altenahr und Bad Bodendorf. Pegel Müsch im Oberlauf lieferte durchgehend Werte, der daher bei der Einordnung des Ereignisses eine wichtige Rolle spielt. Das Ende des Hochwasserereignisses kann wegen der vielfach fehlenden Pegeldaten nur abgeschätzt werden, im Verlauf des 17. Juli ist es jedoch weitgehend abgeklungen.

Hochwasserablauf an der Kyll

Der Hochwasserablauf an der Kyll ist zeitlich mit dem an der Ahr vergleichbar. Das Hochwasser begann am späten Nachmittag des 13. Juli, die Spitzenabflüsse wurden in den Morgenstunden des 15. Juli erreicht, und im Verlauf des 17. Juli klang es weitgehend ab.

Einordnung der Hochwasserereignisse

Tabelle 3 zeigt die höchsten beim aktuellen Hochwasser gemessenen Abflüsse, die bislang größten an den Pegeln gemessenen Hochwasser und die statistischen hundertjährigen Hochwasserspitzenabflüsse HQ100. Die gemessenen Hochwasserspitzen liegen weit über den höchsten bislang gemessenen. Sie liegen auch weit über dem HQ100, um einen Faktor von 2,1 bis 2,4.

Tabelle 3: Pegeldaten aus den Flussgebieten von Ahr und Kyll (Datenquellen: Internetseiten der gewässerkundlichen Dienste von Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen).

FLUSS	PEGEL	EINZUGS- GEBIET	BISHER HÖCHSTER GEMESSENER ABFLUSS	HQ100	HÖCHSTER ABFLUSS 2021
AHR	Müsch	352 km ²	132 m ³ /s 02.06.2016	152 m ³ /s	320 m ³ /s (HQ100 x 2,10) 14.07.21 19:00
AHR	Altenahr	746 km ²	236 m ³ /s 02.06.2016	241 m ³ /s	332 m ³ /s 14.07.21 19:15 Messungen abgebrochen Höchstwert eher weit darüber
KYLL	Densborn	472 km ²	180 m ³ /s 02.01.2003	190 m ³ /s	398 m ³ /s (HQ100 x 2,09) 15.07.21 00:15
KYLL	Kordel	817 km ²	218 m ³ /s 26.01.1995	248 m ³ /s	597 m ³ /s (HQ100 x 2,40) 15.07.21 09:30

¹⁰ <https://wasserportal.rlp-umwelt.de>

¹¹ <https://luadb.it.nrw.de/LUA/hygon/pegel.php>

Zum Vergleich: Für die Gewässer in Baden-Württemberg werden auf Basis statistischer Auswertungen von Pegelmessungen regionalisierte Abflusskennwerte für seltene und sehr seltene Jährlichkeiten bereitgestellt (Abfluss-BW). Daraus wurden für alle Einzugsgebiete zwischen 100 km² und 1000 km² die Faktoren "HQ_x = f * HQ₁₀₀" errechnet und der Mittelwerte bestimmt (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Mittlere Faktoren "HQ_x = f * HQ₁₀₀" für Einzugsgebiete zwischen 100-1000 km² in Baden-Württemberg (Quelle: <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/projekte/;jsessionid=56F88D6030DE0CF86539176F37089E57>).

HQ200	HQ500	HQ1000	HQ2000	HQ5000	HQ10000
1,13	1,30	1,44	1,58	1,79	1,95

Vergleicht man die Faktoren aus Tabelle 4 mit denen aus Tabelle 2 (unter der Annahme, dass in Baden-Württemberg und der Eifel ein ähnliches Hydroklima herrscht), liegen die abgelaufenen Hochwasserspitzen im Bereich des statistischen HQ₁₀₀₀₀ oder sogar jenseits davon. Auch an den Pegel von Erft und Rur wurden Spitzenabflüsse beobachtet, die weit über dem HQ₁₀₀ liegen (z.B. beträgt am Pegel Gymnich/Erft der HQ₁₀₀-Faktor 1,6¹²).

Für die Ahr existieren rekonstruierte Spitzenabflüsse mehrerer historischer Hochwasserereignisse (Roggenkamp und Herget, 2014). Dabei wird für Altenahr für das Hochwasser 1910 ein Spitzenabfluss von ca. 500 m³/s angegeben, für das Hochwasser von 1804 1100 m³/s. Da für diesen Pegel keine Messungen des Spitzenabflusses für das aktuelle Ereignis vorliegen, wird er mit dem HQ₁₀₀-Faktor des Oberliegerpegels Müsch (2,1) grob abgeschätzt zu 2,1*HQ₁₀₀ (241 m³/s) = 506 m³/s. Der Wert liegt in derselben Größenordnung wie das Ereignis von 1910, aber deutlich niedriger als das Ereignis von 1804.

Im Zufluss der Kyll wurden am 14. Juli an der Station Gerolstein, im Zentrum der Eifel (Betreiber Land RP¹³) insgesamt 123,6 mm in 24 h gemessen. Für die entsprechende KOSTRA-Rasterzelle (R65, C7) liegt der 24-h N₁₀₀ bei 60,7 mm.¹⁴ Nach Verworn und Kummer (2003) liegt aus Projekt PEN (Praxisrelevante Extremwerte des Niederschlags), für die Eifel der 24-h N_{1.000} bei 130 bis 160 mm, und der 24-h N_{10.000} bei 180 bis 190 mm. Diese Werte beruhen auf der statistischen Auswertung von Stationsmessungen. Nach DVWK (1997) liegt das physikalisch obere Niederschlagslimit (beruht auf einer Maximierung des atmosphärischen Wasserdampfgehaltes) für die Eifel in 24 h 350 bis 400 mm. Diesem Wert ist keine statistische Wiederkehrzeit zugeordnet. Das heißt für Gerolstein lag der 24h-Niederschlag in der Größenordnung eines 1000-jährlichen Ereignisses. Anhand der weitläufig hohen Pegelstände sind Niederschläge in ähnlicher oder noch höher Größenordnung auch an anderen Stationen zu vermuten.

Referenzen

- Roggenkamp, T., Herget, J (2014): *Reconstructing peak discharges of historic floods of the river Ahr, Germany. Erdkunde, Bd. 68, H.1, pp. 49-59, <https://www.jstor.org/stable/24365169>.*
- DVWK (1997): *Maximierte Gebietsniederschlagshöhen für Deutschland, DVWK Mitteilungen Heft 29, Verlag Wirtschafts- und Vertriebsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.*
- Verworn, H.-R., Kummer, U. (2003): *Praxisrelevante Extremwerte des Niederschlags (PEN), Abschlussbericht, Universität Hannover.*

¹² <https://luadb.it.nrw.de/LUA/hygon/pegel.php?karte=nrw>

¹³ <https://wasserportal.rlp-umwelt.de/servlet/is/391/>

¹⁴ KOSTRA2010 (2015): KOSTRA-DWD-2010. Starkniederschlagshöhen für Deutschland. Deutscher Wetterdienst. https://www.dwd.de/DE/leistungen/kostra_dwd_rasterwerte/kostra_dwd_rasterwerte.html

Historischer Kontext (Ahr)

Das Ereignis 2021 war für das Ahrtal vermutlich der dritthöchste Abfluss in den letzten 220 Jahren. Bereits 1601, 1804, 1818, 1848 und 1910 gab es Jahren mit schweren Überschwemmungen, wobei insgesamt in den letzten 500 Jahren mehr als 70 Hochwasserereignisse in dieser Region beobachtet werden konnten (siehe Abbildung 14).

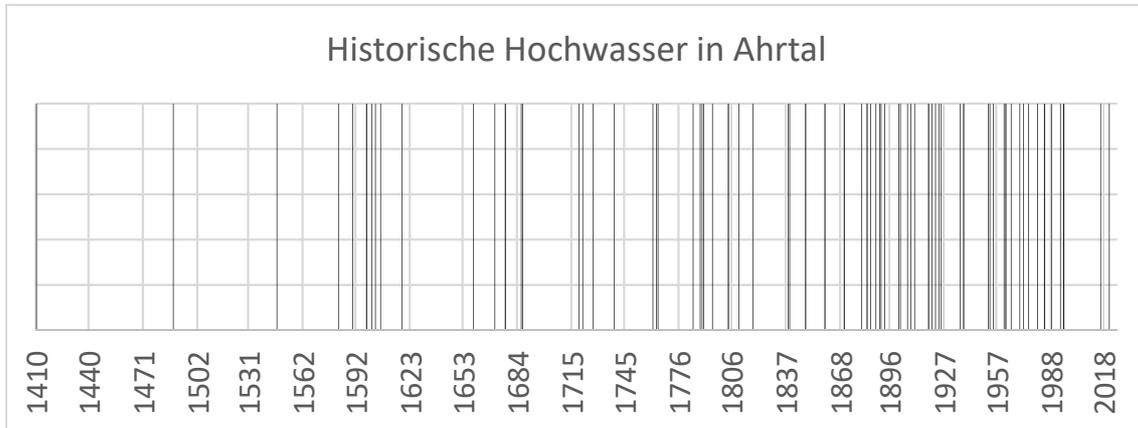


Abbildung 14: Historische Hochwasser in Ahrtal (Quelle: Adaptiert von Frick (1955), Seel (1983), RLP Daten, Pegelstände); mindestens 70 Hochwasser seit 1410.

Die Abflüsse entlang des Ahrtals wurden von Roggenkamp und Herget (2014a, 2014b) anhand von Mertens (1910) und vielen historischen Fotografien der Hochwasser sowie weiteren Daten zu Abfluss, Hydrographs und Zeitverlauf rekonstruiert. Die rekonstruierten Abflüsse weisen nur geringe Unsicherheiten auf, so dass diese zur Bestimmung der Wiederkehrperiode für das Hochwassers 2021 geeignet sind. Da die Station in Altenahr während des Hochwasser 2021 komplett überflutet wurde, konnte die Station ab einem Wert von 5,05 m die Abflussmenge nicht mehr messen. Der bisherige Höchstwert der letzten 30 Jahre lag bei 3,71 m mit einem Abfluss von 236 m³/s. Die Stadt Altenahr¹⁵ selbst ordnet den Pegel in der Katastrophennacht zwischen 6 und 7 m ein. Basieren darauf schätzen wir, dass das Hochwasser von 2021 ein ähnliches Ausmaß wie das von 1910 hatte.

Um 19:15 (14.07.2021) erfolgt die letzte Messung mit 332 m³/s (mit 5,05 m)¹⁶; danach ist aufgrund der Hochwassersituation die Messstation (Pegel Altenahr) ausgefallen, sodass keine weiteren Messdaten vorliegen und diese nun mittels Ortsbegehungen im Nachgang zur Katastrophe abgeschätzt werden müssen. Basierend auf einem Pegel von 7 m schätzten wir einen Wert zwischen 400 – 700 m³/s (siehe auch ¹⁷; vgl. hierzu auch historische Werte in Abbildung 15).

Weitere Messungen bei Bad Bodendorf¹⁸ um 02:15 (15.07.2021) liefern einen Höchstwert von 4,68 m und einen Abfluss von 322 m³/s; anschließend fiel die Messstation ebenfalls aus. Im Rahmen des Projekts "Nachweis der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Minderung der Hochwasserstände im Rhein infolge Umsetzung des Aktionsplans Hochwasser bis 2005" (IKSR, 2006) wurde als maximaler möglicher Zufluss für die Ahr ein Wert von 300 m³/s bestimmt. Als Folge wurden alle Pegelstationen eher niedrig – zu niedrig für das Hochwasserereignis 2021 – eingerichtet.

¹⁵ https://www.rhein-zeitung.de/region/aus-den-lokalredaktionen/kreis-ahrweiler_artikel-hilfeschrei-von-der-mittelahr-die-komplette-infrastruktur-fuer-das-leben-im-tal-existiert-nicht-mehr-arid,2284571.html

¹⁶ Zum Vergleich: Messung um 19:00 an der Station Müsch (14.07.2021) ergab 320 m³/s.

¹⁷ <https://www.nr-kurier.de/artikel/104394-verheerende-situation--mehr-als-200-feuerwehrleute-aus-kreis-an-der-ahr>

¹⁸ Messbeginn Bad Bodendorf 1964; Müsch 1952; Altenahr 1991.

Für das Hochwasserereignis im Jahr 1804 ist es schwierig, die Niederschlagsmenge abzuschätzen, da keine Messungen vorgenommen wurden. Während dem Hochwasserereignis im Jahr 1910 wurde vom Meteorologischen Institut in Berlin für das Niederschlagsgebiet des Trierbaches eine mittlere Regenhöhe von 105 mm und für Adenau 125 mm Regen festgestellt (12. Juni abends bis 13. Juni 1910). Dies hilft das Ereignis einzuordnen.

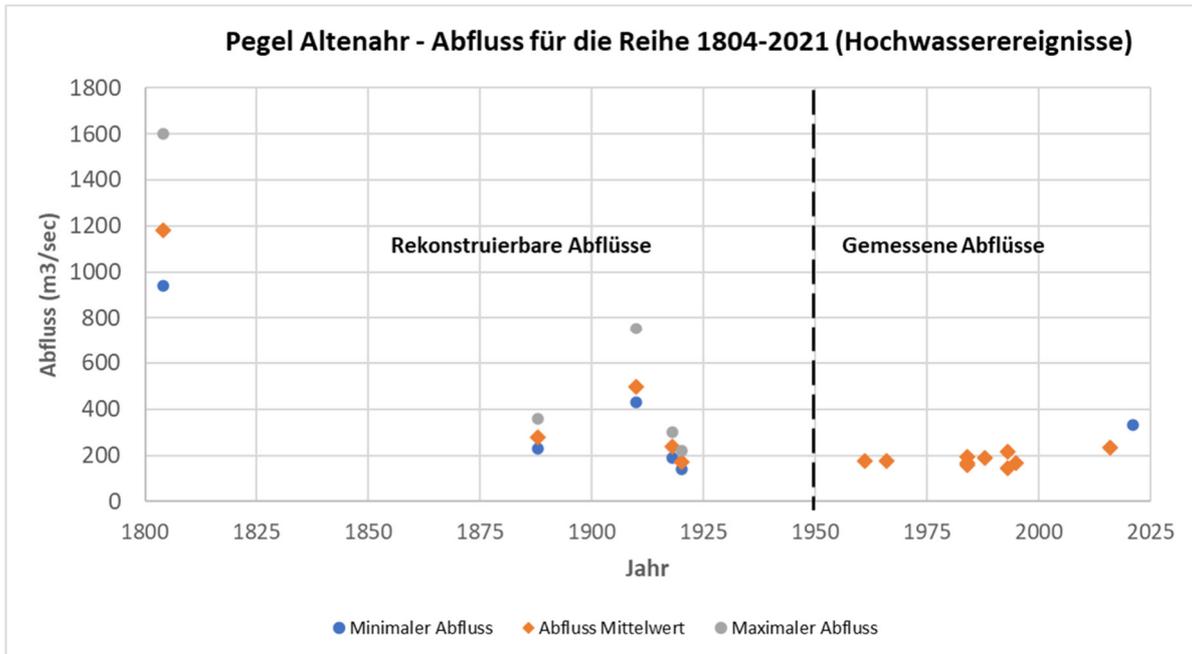


Abbildung 15: Pegel Altenahr rekonstruierte Abflüsse vs. gemessene Abflüsse nach Roggenkamp und Herget (2014). Hochwasserereignis von 2021: Letzte Messung lag bei 332 m³/s, danach Messabbruch.

Grundsätzlich muss bei den Analysen und Interpretation der Daten berücksichtigt werden, dass sich sowohl Hochwasserschutzmaßnahmen als auch Infrastrukturen und ähnliches im Laufe der 220 Jahren verändert haben. Deswegen sollte das Augenmerk weniger auf den Pegelständen liegen, da die Vergleichbarkeit der Messwerte schwierig ist. Allerdings können die Pegelstände von 1804 und 1910 als Proxy herangezogen werden, um Hochwasserjahre zu identifizieren. Messwerte zum Abfluss, über die zeitliche Entwicklung und über die Niederschlagssummen sind für die Interpretation jedoch bedeutender. Letztendlich sollten aber beide historische (also vor Beginn der kontinuierlichen Messaufzeichnung) Größen – Abfluss und Pegel – mitberücksichtigt werden, wenn Gefahrenkarten erstellt werden.

So verdeutlichen historische Aufzeichnungen (siehe auch Abbildung 16), dass beispielsweise im Jahr 1804 ein Höchstwasserstand in Antweiler um 2,50 m und in Dernau um 1,85 m über dem Höchststand von 1910 beobachtet wurde (Grommes, 1930). Durch Frick (1955) gibt es hierzu einen ausführlichen Bericht: „Niederschlag sehr schwierig zu schätzen. Gewitter gegen 3 Uhr. Infolge von überaus starken Wolkenbrüchen goß der Regen unaufhörlich nieder, und das ganze Gebiet war mehrere Stunden „in Feuer und Wasser verwandelt“. „In weniger als vier Stunden trat eine Überschwemmung ein. Die mit einem solchen Naturereignis vertrauten Ahrtalbewohner hatten inzwischen die gewöhnlichen Vorkehrungen getroffen. Aber dieses Mal war jede Vorsorge unnütz. Dem Flußlauf entlang erreichte die Flut zwischen 6 & 10 Uhr eine Höhe, die noch nicht erlebt wurde.“ Der Wasserstand lag 2,5 m über der Steinbrücke bei Rech.

1910 wurde bei Müsch durch einen Rückstau ein Pegel von 5,0 m beobachtet. Die Folge war mehr als 70 Tote: „Von Müsch ahrabwärts rissen die Flutwellen von Trierbach, Ahr und anderen Ahr-Nebenbächen Baubuden, Holzgerüste, Baumaterial und Kantinen der damals im Bau befindlichen

Ahrtalbahn fort. Viele Bahnarbeiter ertranken, und weil sich das Bauholz vor den Brücken verkeilte und Wasser aufstaute, wurden unter anderem die Ahrbrücken in Antweiler, Fuchshofen, Schuld und Insul zerstört – ebenso wie die Trierbach-Brücke Müsch.¹⁹ Aufgrund des Rückstaus waren es womöglich sogar mehr als die 4 m vom 14.07.2021 – insofern die Pegel vergleichbar sind.

... eine Minute 0,50 mm kamen. Das grösste Unwetter, das wohl jemals das Ahrgebiet, soweit man sich erinnert, betroffen hat, fällt in das Jahr 1804. Leider fehlen wiederum Zahlen, welche den Wasserstand, den die Ahr damals hatte, angeben. Mit welcher Heftigkeit es auftrat, geht aus dem Bericht eines Augenzeugen hervor, den wir unten¹⁾ folgen lassen. Aus alledem ergibt sich, dass die Ahr bei plötzlichen Unwettern mit grosser Wucht und hohem Wasserstand talwärts eilt; starke Schneeschmelzen und anhaltender Regen bedingen ebenfalls oft ein plötzliches Steigen des Wasserstandes. Um so mehr muss auffallen, dass

¹⁾ Folgender Bericht ist auf einer grossen Tafel im Schulhause zu Antweiler verzeichnet: „1804. 21. Juni Nachmittags 3 Uhr stürzte das Wasser bei einem erschrecklichen Gewitter von Norden in Strömen aus den Wolken, wodurch die Ahr und alle kleineren Bäche dergestalt gewachsen, dass hier zu Antweiler 6 Häuser, 12 Scheunen und Stallungen, 2 Oehlmühlen, 1 Schmiede fortgerissen, 8 Häuser samt soviel Scheunen und Stallungen bis an die Dächer in Sand vergraben wurden. In Müsch wurden 10 Häuser mit ihren Gebäuden gänzlich beschädigt und 4 Menschen sind daselbst ertrunken. Auf dem ganzen Ahrstrom aber sind 65 Menschen, 147 Häuser, 190 Scheunen, 20 Mühlen, 8 Schmieden, 50 Brücken, nebst vielem Vieh in den Fluten zugrunde gegangen; 428 Häuser, 269 Scheunen, 8 Mühlen wurden

nicht selten in heissen Sommern, begünstigt durch die Waldarmut der Gegend der Oberahr, der Fluss nicht mehr oberirdisch den Rhein erreicht, sondern in grossen Kiesbänken versiegt und unterirdisch dem Rheine seine Wasser übergibt.

gänzlich beschädigt. Dieser wilde Strom hinterliess in einer Höhe von 8, 10, ja sogar bis zu 20 Schuh hier Steinhaufen, dort einen Kot, dessen Geruch die Luft vergiftet. In diesem wütenden Strom, welcher die Kirche und alle Häuser zwischen der Ahr und Hünerbach, 4 ausgenommen, hoch unter Wasser setzte, welche über das hl. Häuschen über der Ahr ging, blieb das Bildnis des hl. Johannes Nepomucenus, so von Holz und nirgends festgemacht, auch vorn mit keinem Gegitter versehen war, wunderlich mit ihrem Häuschen und die Brücke stehen.“ O. A. M. D. G. G. W.

Abbildung 16: Beschreibung des 1804 Ahrhochwasser nach Mertens (1910).

Derzeit basieren die Hochwassergefahrenkarten für das Ahrtal auf einer Abflussstatistik mit Messdaten ab 1947. Dadurch werden die beiden schweren Hochwasserereignisse von 1804 und 1910 nicht mitberücksichtigt. Seit Beginn der Messaufzeichnung 1947 traten zwar auch mehrere Hochwasserereignisse auf (z.B. Abfluss 236 m³/s im Jahr 02.06.2016). Es gab jedoch keine Hochwasser, die auch nur annähernd an die Hochwassergrößen von 1804 oder 1910 heranreichten.

Aktuell wird mittels Extremwertstatistik für den Pegel Altenahr ein Wiederkehrwert (HQ100) von 241 m³/s abgeschätzt²⁰ (Tabelle 5), obwohl Schätzungen für das Ereignis von 1804 bei 1180 m³/s liegen. In der Vergangenheit (bis 2016) wurde das HQ200 mit 220 m³/s (Datengrundlage: Pegel Reihe 1946 – 2003) sogar noch niedriger angesetzt. Dies zeigt die Unsicherheiten von Extremwertstatistiken bei fehlenden Daten bzw. kurzen Zeitreihen.

Zusammenfassend wird deutlich, dass bereits in der Vergangenheit Ereignisse beobachtet werden konnten, die einen größeren Abflusswert als 241 m³/s nahelegen. Wir vermuten, dass das Hochwasserereignis 1804 hinsichtlich der hydrologischen Seite schwerer als das Hochwasserereignis von 2021 war, während das Hochwasser von 1910 ein ähnliches Ausmaß gehabt haben könnte.

¹⁹ <https://www.aw-wiki.de/index.php/M%C3%BCsch>

²⁰ <http://213.139.159.46/prj-wwauskunft/projects/messstellen/wasserstand/register3.jsp?intern=false&msn=2718040300&pegelname=Altenahr++&gewaesser=Ahr&dfue=1>

Tabelle 5: Jährlichkeiten Abfluss für die Reihe 1947 – 2016²¹.

JÄHRLICHER ABFLUSS IN M ³ /S	ABFLUSS [M ³ /S]	ABFLUSSSPENDE [L/S KM ²]
HQ2	93,5	125
HQ5	125	168
HQ10	149	200
HQ20	176	236
HQ25	185	248
HQ50	212	284
HQ100	241	323

Referenzen:

- IKSR (2016): Nachweis der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Minderung der Hochwasserstände im Rhein infolge Umsetzung des Aktionsplans Hochwasser bis 2005, Abschlussbericht, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, IKSR-Bericht Nr. 153d, Verfügbar unter: <https://www.iksr.org/de/oeffentliches/dokumente/archiv/fachberichte>.
- Herget, J., Roggenkamp, T. u. M. Krell (2014): Estimation of peak discharges of historical floods. In: *Hydrology and Earth System Sciences* 18 (10), S. 4029-4037.
 - Roggenkamp, T. u. J. Herget (2014a): Reconstructing peak discharges of historic floods of the River Ahr, Germany. In: *Erdkunde* 68, S. 49 – 59.
 - Roggenkamp, T. u. J. Herget (2014b): Historische Hochwasser der Ahr. In: *Heimatjahrbuch Kreis Ahrweiler 2015*, S. 150–154.
 - Ulrich, C. (1938): Hochwasserkatastrophe der Ahr am 12./13. Juni 1910. In: *Jahrbuch des Kreises Ahrweiler* 6, 92–106.
 - Rausch, Jakob, Die Landmühle in Hemmessen, ein Spiegel rheinischer Mühlengeschichte, HJB AW 1966, S. 78 – 81.
 - <https://kreis-ahrweiler.de/kvar/vt/hjb1989/hjb1989.28.htm>
 - <https://kreis-ahrweiler.de/kvar/vt/hjb1983/hjb1983.25.htm>
 - <https://kreis-ahrweiler.de/kvar/vt/hjb1955/hjb1955.11.htm>
 - Karl-August Seel (1983): Die Ahr und ihre Hochwässer in alten Quellen, in: *Heimatjahrbuch des Kreises Ahrweiler 1983*
 - Archiv von Ahrweiler <https://aw-wiki.de/index.php/Hauptseite>.
 - Mertens, Aloys (1910) Beiträge zur Morphographie und Siedlungskunde des Ahrgebiets, Ahrweiler. <https://dilibri.de/rlb/content/titleinfo/239219>
 - Büchs, W. et al. (2003) : Das Naturschutzgebiet "Ahrschleife bei Altenahr" (einschließlich angrenzender schutzwürdiger Bereiche)- Fauna, Flora, Geologie und Landespflegeaspekte, Teil III. Beiträge zur Landespflege in Rheinland-Pfalz 17. Hrsg. Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Oppenheim. 374 pp
 - Grommes, Gertrud (1930) Das Ahrtal — Eine anthropogeographische Studie, Osnabrück 1930, S. 17 ff.
 - [Anpassung Pegelnetz_130705.indd \(rlp.de\)](https://lfu.rlp.de/fileadmin/lfu/Downloads/Pegelnetz_anpassung_Extremhochwasser.pdf)
https://lfu.rlp.de/fileadmin/lfu/Downloads/Pegelnetz_anpassung_Extremhochwasser.pdf

Überflutung & Schäden

Abschätzung der Hochwasserflächen

Methoden:

- Luftaufnahmen (Helikopter/Drohnen)
- Privataufnahmen (Social Media, v.a. Twitter)
- Sentinel-1 & Sentinel-2

Zur Abschätzung der Überflutungsflächen wurden mehrere Methoden des Remote Sensing angewendet. Während der ersten 2 Tage lagen vor allem Privataufnahmen aus Social Media (Twitter), Luftaufnahmen von (Amateur-)Drohnen sowie Luftaufnahmen aus Helikoptern vor. Letztere entstanden größtenteils im Zuge der Berichterstattung. Mit diesen Fotos und Videoaufnahmen konnte bereits ein Lagebild für die stärksten betroffenen Gebiete zusammengestellt werden.

Ab dem 17. Juli standen auch erste Satelliten-Aufnahmen von Sentinel-1 zur Verfügung, diese halfen vornehmlich die unter Wasser stehenden Freiflächen zu identifizieren. Allerdings können diese Daten nicht helfen die Überflutung in bebautem Gebiet abzuschätzen (siehe Abbildung 17).

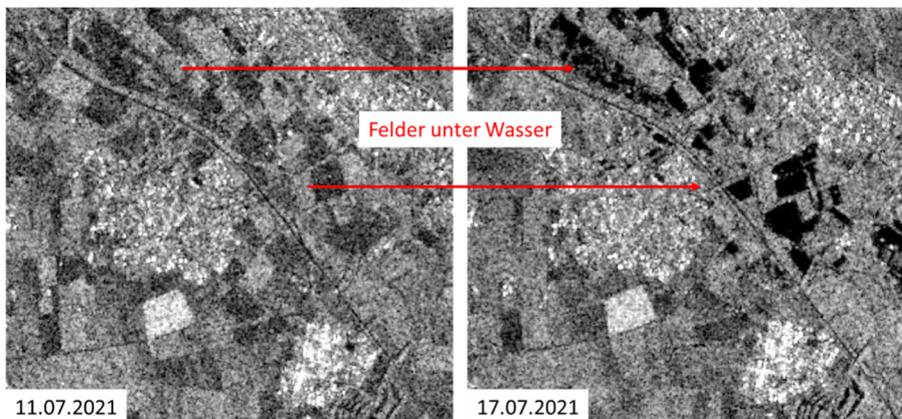


Abbildung 17: Vergleich von Sentinel-1 Daten zur Abschätzung des Hochwassers auf Freiflächen.

Ab dem Abend des 18. Juli standen zusätzlich Satelliten-Aufnahmen von Sentinel-2 zur Verfügung. Diese Aufnahmen helfen, da sie tatsächliche Fotoaufnahmen der Gebiete darstellen. Bräunliche Verfärbungen deuten auf die Schlammablagerungen und/oder stehendes Wasser hin und helfen so beim Bestimmen der Hochwasserflächen (siehe Abbildung 18).

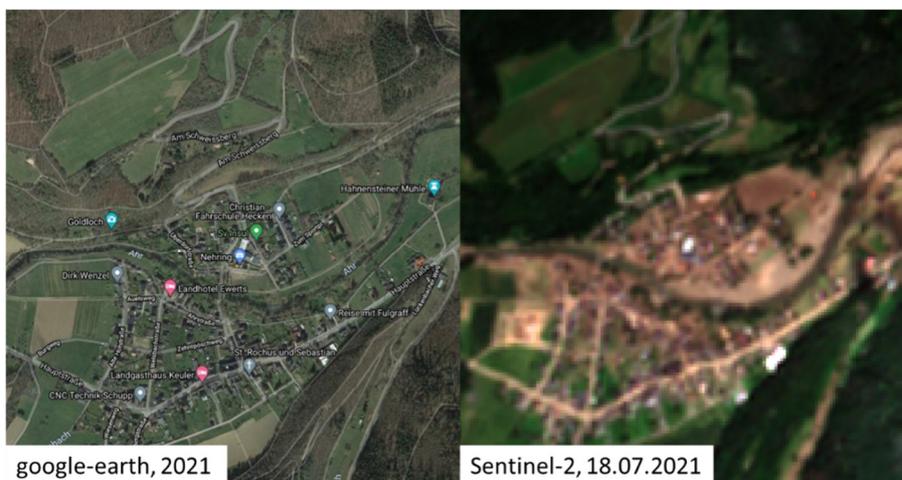


Abbildung 18: Vergleich von Sentinel-2 Aufnahmen vom 18.07.2021 gegen google-earth imagery vor dem Hochwasser.

Alle 3 Methoden (Sentinel-1 & Sentinel-2), Foto- und Luftaufnahmen wurden genutzt, um eine möglichst akkurate Darstellung der Überflutung in den am schwersten betroffenen Gebieten darzustellen. Abbildung 19 und Abbildung 20 zeigen die abgeschätzten Hochwasserflächen für den Kreis Ahrweiler und den Rhein-Erft-Kreis mit wenigstens 75 % Überflutung. Zusätzlich werden die direkt aus den Sentinel-1 Daten extrahierten Wasserflächen dargestellt. Diese zeigen jedoch auch Seen und Flüsse an weswegen hier stets eine manuelle Interpretation notwendig ist.



Abbildung 19: Abschätzung der überfluteten Fläche (>75 % betroffene Fläche) für den Kreis Ahrweiler besonders entlang der Ahr. Abschätzungen aus der hybriden Analyse und Sentinel-1 Daten sind getrennt dargestellt.

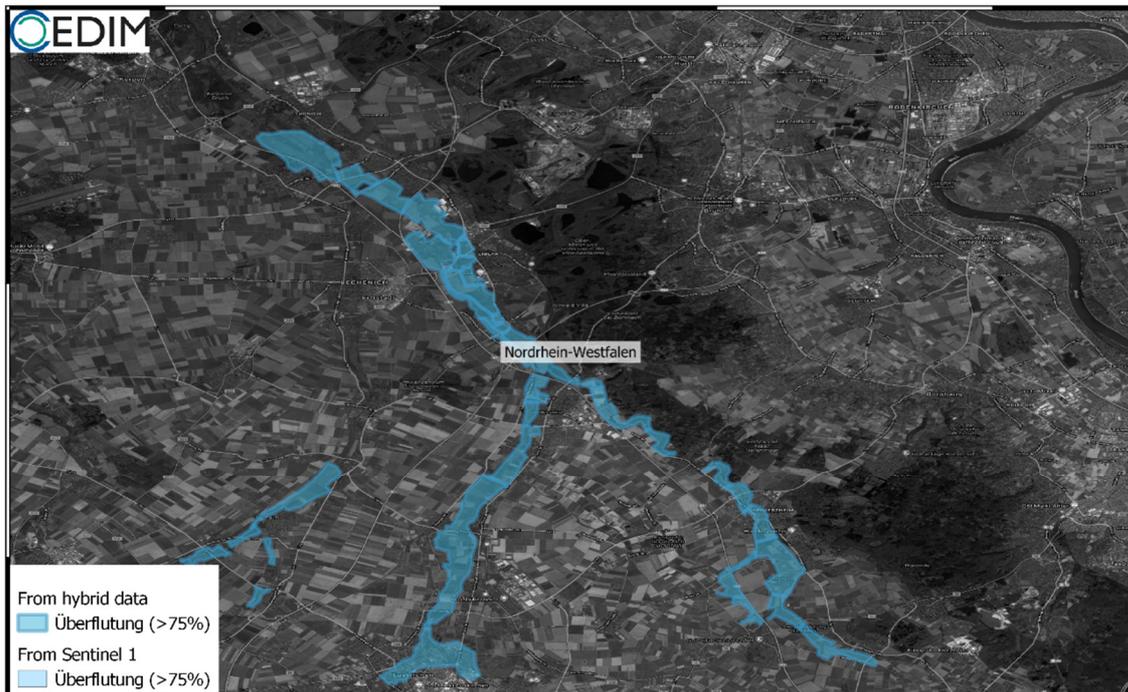


Abbildung 20: Abschätzung der überfluteten Fläche für den Rhein-Erft-Kreis (>75 % betroffene Fläche) besonders entlang der Erft, Swistbach und Rotbach. Abschätzungen aus der hybriden Analyse und Sentinel-1 Daten sind getrennt dargestellt.

Bodenerosion

Der Fluss Inde im Landkreis Düren wurde 2005 im Zuge der Verlagerung des Tagebaus von seinem natürlichen Bett umgelegt um ihn um die Grube herumzuleiten (Abbildung 21 links). Im Zuge des Hochwassers kehrte die Inde aus ihrem künstlichen Flussbett zurück in ihren natürlichen Lauf und ergoss sich über mehrere Tage in die Tagebaugrube. Dabei kam es zu starker Bodenerosion entlang des ehemaligen Flusslaufs. Die Erosion erreichte glücklicherweise nicht den nahen Indener Ortsteil Altdorf, sondern betraf größtenteils nur die umliegenden Felder, sowie eine alte Industriebrache.

Bei Blessem, einem Stadtteil von Erftstadt im Rhein-Erft-Kreis, ergoss sich die Erft in eine Kiesgrube und führte hier ebenfalls zu starker Bodenerosion (Abbildung 21 rechts). Diese erreichte den nördlichen Ortseingang und zerstörte mindestens 7 Gebäude und führte an einigen weiteren zu schweren Schäden. Davon betroffen waren auch mehrere Landstraßen sowie Teile der A1/A61.

Im Ahrtal wurden einige Abschnitte des Flussbetts stark erodiert. Dabei wurden bspw. unter anderem in Altenahr mehrere Bauwerke vollständig abgetragen.



Abbildung 21: Geschätztes Erosionsgebiet im Bereich der Inde (links) und Blessem (rechts). Zusätzlich ist die grobe Abflussrichtung eingetragen.

Dämme

Mehrere Dämme und Talsperren kamen im Zuge des Hochwassers an ihre Kapazitätsgrenzen. So musste aus mehreren Talsperren Wasser abgelassen werden, um Druck vom Damm zu nehmen, darunter unter anderem die Steinbachtalsperre bei Euskirchen, die Rurtalsperre bei Heimbach und an den Zuflüssen der Wupper. Bei Ophoven brach ein Damm der Rur.

Schadensbilder

In nahezu allen Hochwassergebieten sind viele Gebäude beschädigt worden. Die häufigsten Schadensbilder zeigen vollgelaufene Keller, umfangreiche Wasserschäden im Erdgeschoss und in wenigen Fällen auch in Obergeschossen. Entlang der Flussläufe entstanden viele Schäden vor allem durch den starken Hochwasserabfluss. Darüber hinaus wurden ganze Straßenabschnitte mit Geröll, Trümmern und Vegetation verschüttet, die das Wasser mitgetragen hat.

In mehreren Landkreisen mussten während dem Hochwasser Krankenhäuser evakuiert werden, unter anderem in Ahrweiler, Ertstadt-Liblar, Trier-Ehrang, Leverkusen und Eschweiler.

Im Kreis Ahrweiler entstanden die meisten Schäden vor allem im Ahrtal und in der großen Kreisstadt Bad Neuenahr-Ahrweiler. Letztere wurde in weiten Teilen überflutet, einschließlich des historischen Stadtzentrums von Ahrweiler. Darüber hinaus wurden allein im Ahrtal mindestens 13 Brücken schwer beschädigt oder vollständig zerstört. Entlang des Ahrtals ist in vielen Orten die grundlegende Infrastruktur (Strom, Wasser, Telekommunikation, Zufahrtswege) teilweise schwer beschädigt oder sogar vollkommen zerstört worden. So erfolgte z.B. in Altenahr der Abfluss der Ahr zwischenzeitlich nicht mehr über den natürlichen Mäander der Ahrschleife um den Engelsley, sondern durch den Autotunnel der B267.

Opfer

Es kam in mehreren Landkreisen zu vereinzelt Todesopfern (Tabelle 6). Die meisten Opfer sind mit Abstand im Kreis Ahrweiler in Rheinland-Pfalz zu beklagen, sowohl durch das Hochwasser im Ahrtal als auch durch das Hochwasser im Stadtgebiet von Bad Neuenahr-Ahrweiler. Die Opferzahlen können weiterhin steigen, da nach wie vor viele Menschen vermisst werden und die Suche sich unter anderem aufgrund des eingeschränkten Mobilfunks schwierig gestaltet.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Opferzahlen nach Landkreis. Zahlen können noch steigen. Anzahl Verletzte sehr wahrscheinlich unvollständig (Stand: 21.07.2021 09:00).

LANDKREIS	BUNDESLAND	VERLETZTE	TODESOPFER
AHRWEILER	RLP	763	122
TRIER-SAARBURG	RLP	2	
	RHEINLAND-PFALZ	765	122
KÖLN	NRW		2
RHEIN-SIEG-KREIS	NRW	17	9
DÜSSELDORF	NRW		1
EUSKIRCHEN	NRW	5	27
RHEIN-ERFT	NRW	34	
UNNA	NRW		1
SOLINGEN	NRW		1
MÄRKISCHER KREIS	NRW	2	2
HEINSBERG	NRW		2
UNBEKANNT	NRW		3
	NORDRHEIN-WESTFALEN	58	48
	GESAMT	823	170+

Schäden

Die versicherten Schäden bezüglich des Jahres 2021 werden in Deutschland nach Schätzungen wohl die 10 Mrd. € übersteigen; mehr als 2013, da es bereits im ersten Halbjahr erhebliche Schäden gab (darunter 1,7 Mrd. € durch schwere Unwetterserien vom 18. bis 30. Juni 2021). Für das Hochwasserereignis wird der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) im Laufe der Woche eine Schätzung abgeben, aber vorläufige Schätzungen gehen von mehr als 10 Mrd. € aus. Zudem sind nach Schätzungen der GDV (2021) nur etwa 37 bis 47 % der Wohngebäude gegen Hochwasser versichert, so dass letztendlich der Gesamtschaden deutlich höher ausfallen. Zudem ist

die Infrastruktur massiv betroffen. Der Bund rechnet allein mit einem 2 Mrd. € an der Verkehrsinfrastruktur²².

Basierend auf den oben kartierten Überflutungsflächen (Abbildung 19, 20) befinden sich in dem betroffenen Gebiet 9.694 Gebäude (Rheinland-Pfalz) und 9.702 (Nordrhein-Westfalen) mit einem Kapitalstock von 8,92 Mrd. € (ohne Infrastruktur). In Verbindung mit empirische Daten von vergangenen Hochwasserkatastrophen (Infrastrukturschäden, Elementarschäden und andere Schäden) ist dementsprechend mit einem Gesamtschaden von 11 bis 29 Mrd. € (erste grobe Schätzung) zu rechnen. Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Überflutungsflächen nur einen Teil der gesamten betroffenen Fläche ausmachen.

Referenzen:

- <https://www.qdv.de/de/medien/aktuell/unwetterserie-im-juni-verursacht-schaeden-von-1-7-milliarden-euro-68768>
- <https://www.qdv.de/de/themen/news/mehrheit-der-gebaeude-in-deutschland-nicht-richtig-gegen-naturgefahren-versichert-12176>

²² https://www.deutschlandfunk.de/schaeden-bei-bahn-und-strassen-bund-rechnet-mit-zwei.2932.de.html?drn:news_id=1282297

Verkehr

Die Auswirkungen der Hochwasserereignisse auf den Verkehr sind in weiten Teilen Deutschlands zu spüren.

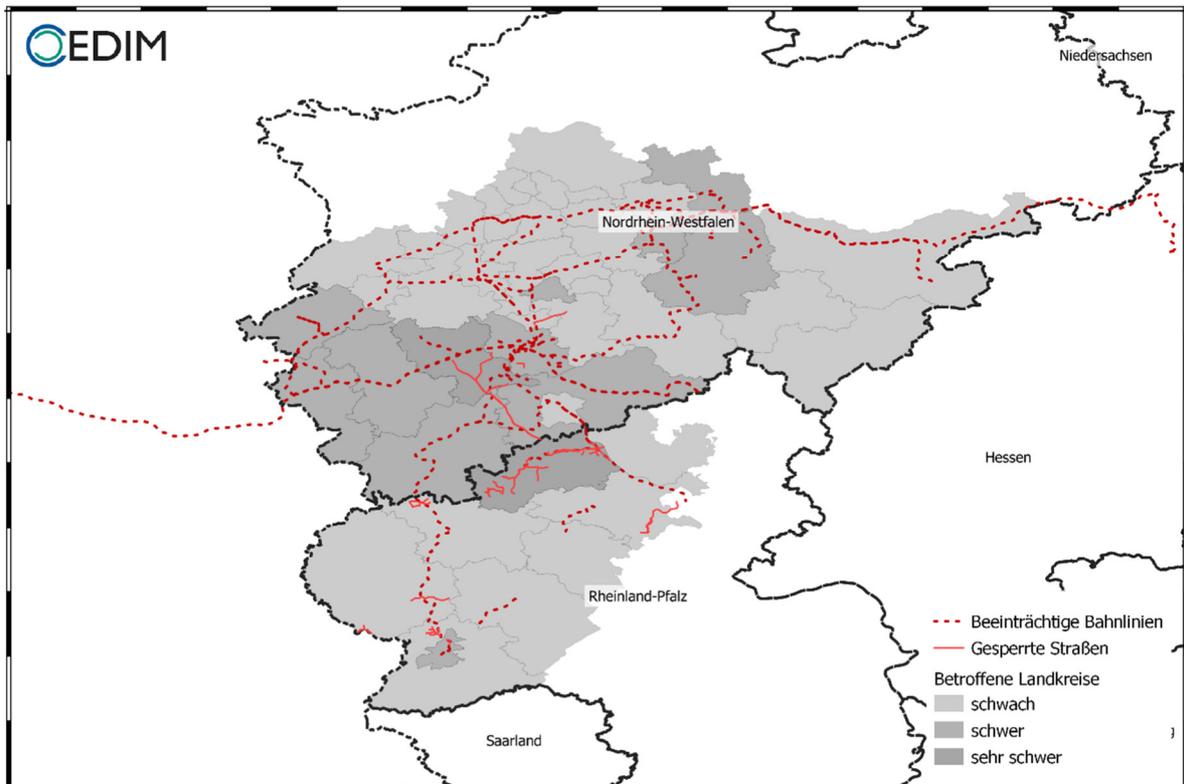


Abbildung 23: Auszug beeinträchtigter Bahnlinien und gesperrter Straßen.

Bahnverkehr

Der Bahnverkehr wurde stark beeinträchtigt (Tabelle 7). Am Donnerstagmorgen waren viele Strecken im Ruhrgebiet nicht befahrbar. Der Hagener Hauptbahnhof war aufgrund eines Wassereintruchs gesperrt. Die Strecke Köln – Brüssel wurde nicht bedient, Züge auf der Strecke Köln Hbf – Bruxelles-Midi fielen aus, genauso wie die Strecke Köln – Koblenz über den Bonner Hauptbahnhof. Auch auf der Strecke Köln – Dortmund kam es zu vielen Einschränkungen. Aus Norden und Osten kommende Züge endeten in Münster, Hamm oder Dortmund. Züge aus Süden fuhren nur bis Koblenz oder Köln. Die Deutsche Bahn riet dazu, Fahrten von und nach Nordrhein-Westfalen zu verschieben. Dies wurde hauptsächlich durch überspülte Gleise, Fahrbahnstörungen und beschädigte Betriebsanlagen verursacht.

Bereits seit Mittwochabend macht sich die Deutsche Bahn ein Bild vom Ausmaß der Schäden, seit Donnerstagabend wurden Erkundungsfahrten durchgeführt. Zudem wurden auch Hubschrauber und Drohnen eingesetzt. Dabei zeigte sich, dass vielerorts auch Schotter weggespült wurde. Am Donnerstag wurden Störungen für Freitag auf den Strecken Köln – Düsseldorf – Essen – Dortmund und Köln – Wuppertal – Hagen – Dortmund angekündigt. Zudem wurde mitgeteilt, dass auf der Strecke Köln – Koblenz der Bonner Hbf nicht angefahren werden kann und es daher zu einem Halt im rechtsrheinischen Bonn-Beuel kommt. Auch bis Samstagmorgen stellte sich noch keine Entspannung ein. Im überregionalen Verkehr lagen weiterhin Meldungen zu Einschränkungen vor, z.B. war der internationale Verkehr von und nach Brüssel weiterhin unterbrochen. Auch zahlreiche Regional- und S-Bahn-Linien konnten in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz nicht oder nur eingeschränkt

fahren. Der Verkehr war auf den meisten betroffenen Bahnstrecken, insbesondere im Regionalverkehr, auch am 18. 07. noch komplett eingestellt

Straßenverkehr

Auch im überregionalen Straßenverkehr kam es zu teils massiven Einschränkungen (Tabelle 8). Autobahnabschnitte mussten komplett gesperrt werden. Dies betraf z.B. die Autobahn A1, die aufgrund von Überflutungen in beiden Richtungen zwischen Kreuz Leverkusen und Burscheid gesperrt werden musste. Auch auf der Autobahn A61 zwischen Kreuz Bliesheim und Kreuz Meckenheim konnte kein Verkehr abgewickelt werden.

Am Donnerstagnachmittag informierte die Polizei Rheinland-Pfalz darüber, dass das Ahrtal allem Anschein nach über keine der Zufahrtsstraßen mehr erreichbar sei. Auch in der Vulkaneifel waren viele Ortschaften völlig abgeschnitten, z.B. der Ort Jünkerath. Die Zufahrtsstraßen wurden von der Kyll erwischt, Erdbeben und umgestürzte Bäume sorgten für Gefahr. Die Gemeinde Kordel bei Trier war ebenfalls abgeschnitten.

Die Verkehrsbehinderungen bestanden vielerlei noch bis mindestens Sonntag, 18.07., so zum Beispiel die Störungen auf A1, A61 und A571. Auch viele Bundes- und Landesstraßen blieben abschnittsweise gesperrt.

Beeinträchtigung weiterer Infrastrukturen

Neben Auswirkungen auf den Verkehr sind auch der Zusammenbruch der Trinkwasser- und Stromversorgung anzuführen. Zudem waren Telefon- und Mobilfunknetze stark überlastet bzw. sind zusammengebrochen, z.B. im Ahrtal und der Eifel bzw. Voreifel. Grund für die Ausfälle sind zum einen die Stromausfälle in den betroffenen Regionen, zum anderen Kabelabrisse und Wasserschäden an den Kabeln bzw. der Netztechnik. Beim Ausfall eines Mastes werden im Regelfall die umliegenden Masten in ihrer Ausrichtung angepasst, um so die Netzabdeckung weiterhin zu gewährleisten, wenn auch bei schlechterer Qualität. Problematisch wird es jedoch, wenn mehrere Masten im Gebiet betroffen sind. Um schnellstmöglich die Kommunikation der Betroffenen wiederherzustellen, wurden zeitnah mobile Funkstationen in die betroffenen Gebiete gefahren.

Tabelle 7: Störungen der Zugverbindungen (Auszug) im zeitlichen Verlauf (Datenquelle: Deutsche Bahn, waz.de).

Zugnummer	Art	Bundesland	15.07.	16.07.	17.07.	18.07.
von Norddeich/Emden: Ende Münster(Westf)	alle	-	x	x	x	x
von Hannover/Paderborn: Ende Hamm(Westf)	alle	-	x	x	x	x
von Süden: Ende Koblenz/Köln	alle	-	x			
Bahnhof Hagen	Bahnhof	NRW	x	x	x	x
Köln-Brüssel	Fern	NRW	x	x	x	
Köln-Koblenz über Bonn	Fern	NRW	x	x	x	
Hamm - Düsseldorf/Köln	Fern	NRW	x	x	x	x
RE3/RE4/RE7	Regio/S	NRW	x	x	x	x
RE5/RE6/RE11	Regio/S	NRW	x			x
RE9/RE13/RE16/RB59/RB91	Regio/S	NRW	x			x
RE12/RE22/RE49/RB24/RB30/RB39/RB52	Regio/S	NRW	x	x	x	x
RE17/RE57/RB33/RB48	Regio/S	NRW	x	x	x	x
RE18/RB25/RB38/RB54	Regio/S	NRW	x	x	x	x
RB53	Regio/S	NRW	x	x	x	x
RB20/RE1/RB40	Regio/S	NRW	x	x	x	x
S1/S3/S4	Regio/S	NRW	x	x	x	x
S6/S9	Regio/S	NRW	x	x	x	x
S7/S68	Regio/S	NRW	x	x	x	x
S5/S8, S23	Regio/S	NRW	x	x	x	x
S12/S19/S28	Regio/S	NRW	x	x	x	x
Linie 4/13/18	Köln	NRW	x			
RB23/RB38	Regio/S	RLP	x	x	x	
RE11/RB81/RB82/RB83/RE1	Regio/S	RLP	x			

Legende für Tabellen 7 und 8

x	Verkehr vollständig eingestellt/Vollsperrung
x	mit Einschränkungen befahrbar
x	keine Informationen vorhanden
x	Störung/Verspätungen
	Störung behoben

Tabelle 8: Straßensperrungen (Auszug) im zeitlichen Verlauf (Datenquelle: waz.de, tagesschau.de, SWR3.de, Polizeipräsidium Koblenz).

Straßennummer	Strecke	16.07. 7:02	16.07. 20:44	17.07. 08:08	18.07. 10:09
A1	zwischen Kreuz Bliesheim und Hürth sowie zwischen Köln-West und Kreuz Bliesheim	x	x	x	x
A1, A61	zwischen Kreuz Bliesheim und Dreieck Erfttal	x	x		
A1	zwischen Wermelskirchen und Kreuz Leverkusen	x	x	x	
A3	Köln Richtung Oberhausen, Überleitung zur A1	x			
A553	zwischen Kreuz Bliesheim und Brühl-Süd	x			
A61	zwischen Kreuz Kerpen und Kreuz Meckenheim	x	x	x	x
A61	Kreuz Meckenheim-AS Türnich	x	x	x	x
A571	zwischen Löhndorf und Ehlingen	x	x	x	x
B257	zwischen Altenahr und Adenau, zwischen Dümpelfeld und Ahrbrück	x	x	x	x
B266/B268	Bad Neuenahr	x	x	x	x
B416	zwischen Lehmen und Hatzenport	x	x	x	
B49	zwischen Koblenz und Burgen	x	x	x	
B9	zwischen Bad Breising und Remagen	x	x	x	x
B258	Kirmutscheid/Müsch	x	x	x	x
B50	zwischen Spangdahlem und Bitburg	x			
B422	In Trier	x			
L73	Müsch/Antweiler	x	x	x	x
L73	Schuld/Insul/Dümpelfeld/Ahrbrück/Kesseling	x	x	x	x
L85	Ahrbrück, Kesseling bis Niederheckenbach	x	x	x	x
K56	Staffel bis Ahrbrück	x	x		
K15	Antweiler-Honerath	x	x		
K17	Honerath-Reifferscheid-Fuchshofen	x	x		
L90	Kesseling/Herschbach	x	x	x	x
-	Röhl-Dahlem (Bitburg-Prüm), Kyllbrücke weggerissen	x	x	x	
-	Ort Jünkerath	x			
-	Ort Bollendorf (Landkreis Bitburg-Prüm)	x	x		
-	Ort Sinzig	x	x	x	x
-	Eifelkreis Bitburg-Prüm, viele Straßen	x	x	x	
L76, K29, K35	Kreis Ahrweiler	x	x	x	x
L62, L107, L242, L442, L924	Bereich Regionalniederlassung Ruhr	x	x	x	x
B54, B229, B515, L694, L879, K3, B54, B236/L656, L888, K24	Märkischer Kreis	x	x	x	x
L816, L675, L701, , L924, L925, K4	Ennepe-Ruhr-Kreis	x	x	x	x
B55, L687	Kreis Olpe	x	x	x	x
B511, L541, L735, L687	Bereich Regionalniederlassung Sauerland-Hochstift	x	x	x	x
L456, L361	Bereich Regionalniederlassung Niederrhein	x	x	x	x

Referenzen:

- <https://www.tagesschau.de/inland/unwetter-einschraenkungen-bahnverkehr-101.html> (15.07.21, 10.02 Uhr)
- <https://www.bahn.de/p/view/service/aktuell/index.shtml> (15.07.21, 18:51 Uhr)
- <https://www.tagesschau.de/inland/unwetter-einschraenkungen-bahnverkehr-101.html> (15.07.21, 17.07 Uhr)
- <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/live-blog-hochwasser-rlp-100.html> (Bahn berichtet von „massiven Schäden“ an Gleisen, Weichen und Signalen, Live-Blog-Eintrag 15.07.21, 19.20 Uhr)
- <https://www.tagesschau.de/inland/unwetter-einschraenkungen-bahnverkehr-101.html>
- <https://www.presseportal.de/blaulicht/pm/117715/4969653> (15.07.21, 14.40 Uhr)
- <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/live-blog-hochwasser-rlp-100.html> (Vulkaneifel von Außenwelt abgeschnitten, Live-Blog-Eintrag 15.07.21, 13.35 Uhr)
- <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/live-blog-hochwasser-rlp-100.html> (Ort mit 2.000 Einwohnern bei Trier abgeschnitten, Live-Blog-Eintrag 15.07.21, 10.20 Uhr)
- <https://www.rundschau-online.de/region/koeln/starkregen-in-koeln-zwei-tote-entdeckt---rheinpegel-steigt--kvb-mit-einschraenkungen-38909410?cb=1626372573880> (15.07.21)
- <https://www.swr3.de/aktuell/verkehr/index.html#7/49.390/8.624> (16.07.21, 7.02 Uhr)
- <https://www.swr3.de/aktuell/verkehr/index.html#8/49.643/7.344>
- https://www.bahn.de/p/view/service/aktuell/index.shtml?dbkanal_007=L01_S01_D001_KIN0001_bltzbox_LZ01:1.
Unwetterfolgen: Einschränkungen im Bahnverkehr in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz auch am Wochenende (Witterungsbedingte Störung), Letzte Aktualisierung 16.07.2021 15:50 Uhr - DB Fernverkehr AG. 2. Unwetterfolgen: Einschränkungen im Bahnverkehr in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz auch am Wochenende (Unwetter), Letzte Aktualisierung 17.07.2021 08:12 Uhr - DB Regio NRW (TP West). 3. Unwetterfolgen: Einschränkungen im Bahnverkehr in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz auch am Wochenende. (UNWETTER), Letzte Aktualisierung 16.07.2021 14:42 Uhr - DB Regio Mitte (TP Südwest). 4. Unwetterschäden im Bereich Geilenkirchen <> Herzogenrath und Heinsberg <> Lindern (Unwetter), Letzte Aktualisierung 16.07.2021 11:20 Uhr - DB Regio NRW (TP West).

Kontakt

CEDIM Head Office

Susanna Mohr

E-mail: info@cedim.de

Phone: +49 721 608 23522

KIT Public Relations

Monika Landgraf

E-mail: monika.landgraf@kit.edu

Phone: +49 721 608 48126