



# BERICHT

## Starkregen und Hochwasser in Rheinland-Pfalz im Mai/Juni 2016





**STARKREGEN UND HOCHWASSER  
IN RHEINLAND-PFALZ IM  
MAI/JUNI 2016**

Mainz, 27. Juli 2016

## **IMPRESSUM**

Herausgeber: Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz  
Kaiser-Friedrich-Straße 7  
55116 Mainz

Bearbeitung: Norbert Demuth  
Nicole Gerlach  
Dr. Sven van der Heijden  
Dr. Margret Johst

Titelbild: Hochwasser in Altenahr am 02.06.2016, Copyright: SWR

© 2016

Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

---

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>Zusammenfassung</b>	<b>7</b>
<b>1 Witterungsverlauf und Starkregenereignisse</b>	<b>9</b>
1.1 Vorfeuchte Januar – Mai 2016	9
1.2 Niederschlagsverteilung	11
1.3 Extreme Starkregenereignisse und Sturzfluten	13
1.4 Überflutung landwirtschaftlicher Flächen	20
<b>2 Hochwasserverlauf</b>	<b>23</b>
2.1 Ausgangslage	23
2.2 Hochwasser an Rhein, Mosel und Nahe	23
2.3 Hochwasser an Nebenflüssen	27
<b>3 Hochwassermeldedienst und Hochwasserfrühwarnung</b>	<b>33</b>
3.1 Hochwassermeldedienst für große Flüsse	33
3.2 Hochwasservorhersagen für Nebenflüsse	37
3.3 Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete	39
<b>4 Unterlagen</b>	<b>45</b>



## ZUSAMMENFASSUNG

Von Ende Mai bis Ende Juni 2016 traten in Rheinland-Pfalz zwei Unwetterphasen auf. Die erste Phase vom 27.05.-08.06 war durch das „Tief Mitteleuropa“ bedingt. Außergewöhnlich waren die lange Persistenz der Wetterlage und damit die hohe Anzahl von Unwetter- und Starkregenereignissen in Folge. Anschließend sorgten ergiebige Regenfälle im Schwarzwald und dem Alpenraum für ein langanhaltendes Hochwasser am Oberrhein. Dem folgte eine zweite kürzere Unwetterphase vom 24.-26. Juni.

In weiten Teilen des Landes fielen vom 27.05.-26.06. 200-300 mm Niederschlag, was der drei- bis vierfachen Menge des mittleren Juni-Niederschlags entspricht. Es wurden mehrere Starkregenereignisse aufgezeichnet, die im Mittel höchstens einmal in 100 Jahren auftreten. Vielerorts kam es zu lokalen Überschwemmungen, Sturzfluten und Erdrutschen. Die höchste mit Radar gemessene Niederschlagssumme betrug 115 mm in zwei Stunden am 04.06. in der Gemeinde Grafschaft (Kreis Ahrweiler), wo ein auf Extremereignisse dimensioniertes Regenrückhaltebecken überlief. In Stromberg (Kreis Bad Kreuznach) fielen am 24.06. in einer Stunde 54 mm und am gesamten Tag 86 mm, was zur Überflutung der Stadt Stromberg führte. In der Pfalz kam es infolge der wiederholt intensiven Regenfälle zu großflächigen Ernteaussfällen.

Neben lokalen Überschwemmungen traten an kleinen Flüssen teils sehr große Hochwasser auf. Besonders große Schäden entstanden an der Ahr, wo in den Morgenstunden des 02.06. ein Jahrhunderthochwasser für großflächige Überflutung sorgte. An Simmerbach und Appelbach (Nahe-Einzugsgebiet) sowie Nims und Lieser (Mosel-Einzugsgebiet) wurden 30- bis 100-jährliche Hochwasser beobachtet. Sämtliche Hochwasser wurden durch Starkregenereignisse ausgelöst, wobei häufig erst die rasche Folge mehrerer Starkregen zum Flusshochwasser führte.

Bezüglich der genauen Vorhersage von Ort und Menge des Starkregens stoßen die Wetterwarndienste an die Grenzen der Machbarkeit. Entsprechend schwierig war die Wasserstandvorhersage für die kleinen Flüsse. Die Hochwasser waren häufig erst 6-12 Stunden vor ihrem Eintreten absehbar. Zudem war die Spannweite der möglichen Wasserstandentwicklungen bei Betrachtung von 21 möglichen Wetterentwicklungen (Ensembleberechnungen) sehr groß. Um dennoch bestmögliche Abschätzungen liefern zu können, war am LfU auf freiwilliger Basis ein Nachtdienst für die Hochwasserfrühwarnung eingerichtet worden. Die Vorhersagen wurden zeitweise stündlich aktualisiert. In Kürze wird die Hochwasserfrühwarnung für Flussgebiete (nicht mehr Landkreise) ausgegeben und über verschiedene Informationskanäle aktiv versendet. Zudem wird mittelfristig die Bandbreite der möglichen Wasserstandentwicklung auch im Internet dargestellt.

Die an Nahe, Mosel und Rhein aufgetretenen Hochwasser waren relativ niedrig, am Rhein jedoch langanhaltend. Vom Hochwassermeldezentrum Rhein wurden 18 Lageberichte und elf Hochwasserinformationen versendet. Das Meldezentrum Mosel war an vier Tagen personell besetzt, das Meldezentrum Nahe-Lahn-Sieg an sechs Tagen. Wegen der für die Frühwarnung eingerichteten Nachtdienste, des langanhaltenden Rhein-Hochwassers und der Anfragen von außen war die Personalauslastung groß. Eine Kombination aus Unwettern und höherem Rheinhochwasser hätte am LfU zu personellen Engpässen geführt.



# 1 WITTERUNGSVERLAUF UND STARKREGENEREIGNISSE

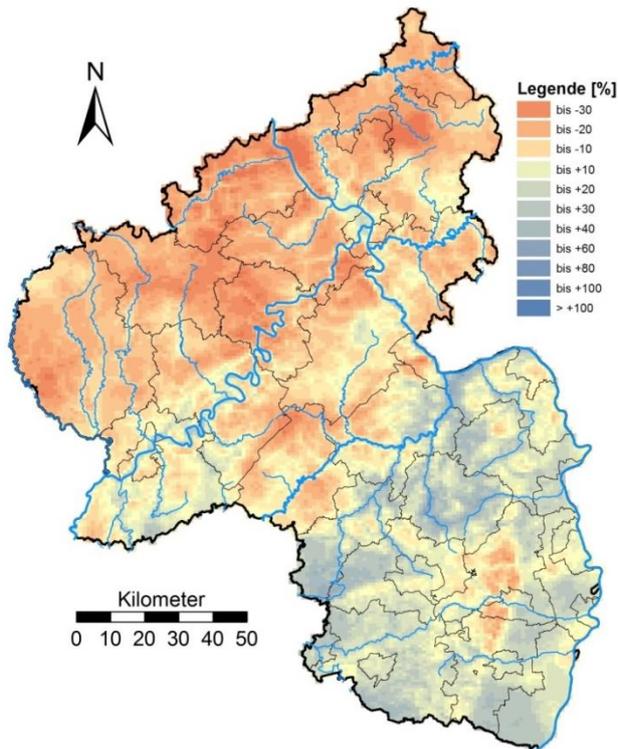
Vom 27. Mai bis zum 08. Juni 2016 wurde das Witterungsgeschehen in Deutschland im Wesentlichen von der Großwetterlage „Tief Mitteleuropa“ beherrscht, die auch die Hochwasser 2013 und 2002 ausgelöst hat. Die Witterung war durch wiederholte und verbreitet auftretende Gewitter charakterisiert und wurde von zahlreichen Unwettern begleitet. Außergewöhnlich war die überaus lange Persistenz der Wetterlage über einen Zeitraum von zwei Wochen, die in dieser Zeit zu einer extremen Häufung von Unwetter- und Starkregenereignissen im Süden und Südwesten Deutschlands führte (DWD, 2016a). Im Anschluss an diese Unwetterperiode sorgten ergiebige Regenfälle im Alpenraum für ein langanhaltendes Hochwasser im Oberrhein. Den Abschluss dieser für Juni ungewöhnlichen Witterungsperiode machte ein erneutes, auf eine dreitägige extreme Hitzewelle folgendes, Unwetterwochenende vom 24. bis 26. Juni.

## 1.1 Vorfeuchte Januar – Mai 2016

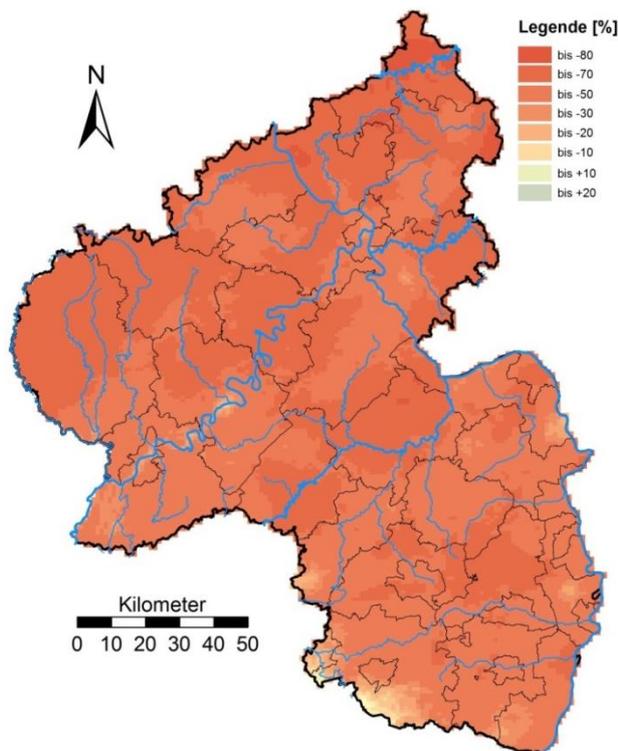
In den ersten Monaten des Jahres 2016 bis zum Beginn der Unwetterlage am 27.05. ist im mittleren und südlichen Rheinland-Pfalz etwas mehr Niederschlag gefallen als im langjährigen Mittel (vgl. Abbildung 1). In weiten Bereichen liegen die N-Summen +10% bis +40% über dem Durchschnitt. Im Gegensatz dazu sind im Norden und Nordwesten des Landes unterdurchschnittliche Niederschläge gefallen, die bis -30% vom langjährigen Mittel abweichen. Die letzten 30 Tage vor Beginn der Unwetterperiode waren extrem trocken (Abbildung 2). Fast ganz Rheinland-Pfalz lag deutlich unter dem mittleren Wert, wobei auch hier im südlichen Landesteil etwas mehr Niederschlag zu verzeichnen war als im Norden und Westen.

Dies bedeutet als Ausgangslage für die betrachtete Unwetterperiode ab dem 27.05.2016, dass insgesamt in Rheinland-Pfalz relativ trockene Böden mit entsprechend hohem Aufnahme- und Speicherpotential für Niederschlagswasser vorherrschten. Lediglich im Oberrheingraben und an der südlichen Landesgrenze war eine gewisse Vorfeuchte vorhanden.

Dass es trotz der geringen Vorfeuchte an mehreren Orten zu starken Überschwemmungen kam, ist insbesondere auf zwei Charakteristiken der Witterungsperiode zurückzuführen. Zum einen sind dies die aufgrund der Dauer der Unwetterperiode örtlich immer wiederkehrenden Niederschläge. Diese führten zu einer Sättigung vieler Böden bereits innerhalb der ersten Tage, sodass diese im weiteren Verlauf nicht mehr dämpfend auf nachfolgende Niederschläge wirken konnten (vgl. Abbildung 5). Zum anderen überstiegen einige Extremereignisse aufgrund hoher Intensitäten und Niederschlagssummen (siehe Kapitel 1.3) sowohl die maximale Infiltrationsrate der Böden als auch die Speicherkapazitäten selbst trockener Böden beträchtlich.



**Abbildung 1: Prozentuale Abweichung der gemessenen Niederschlagssumme 01. Januar – 27. Mai 2016 (InterMet, LfU) vom langjährigen Mittelwert Januar – Mai (1981-2010, Regnie DWD)**

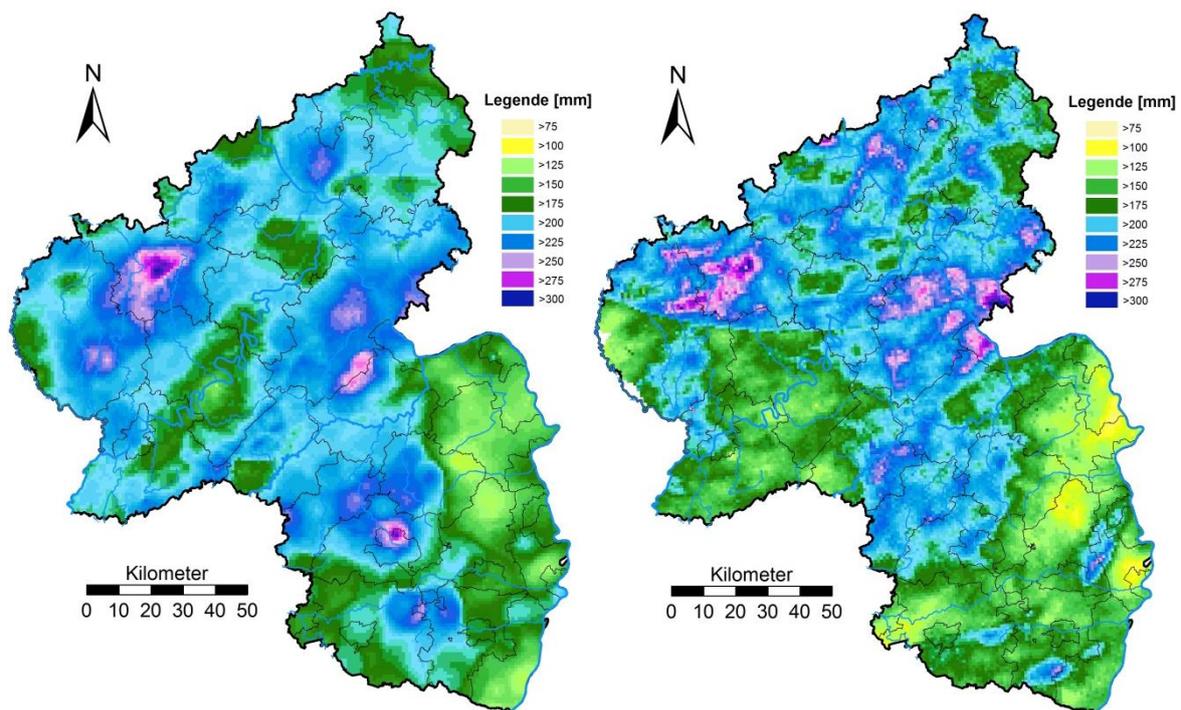


**Abbildung 2: Prozentuale Abweichung der gemessenen Niederschlagssumme 27.04.- 27.05.2016 (InterMet, LfU) vom langjährigen Mittelwert Mai (1981-2010, Regnie DWD)**

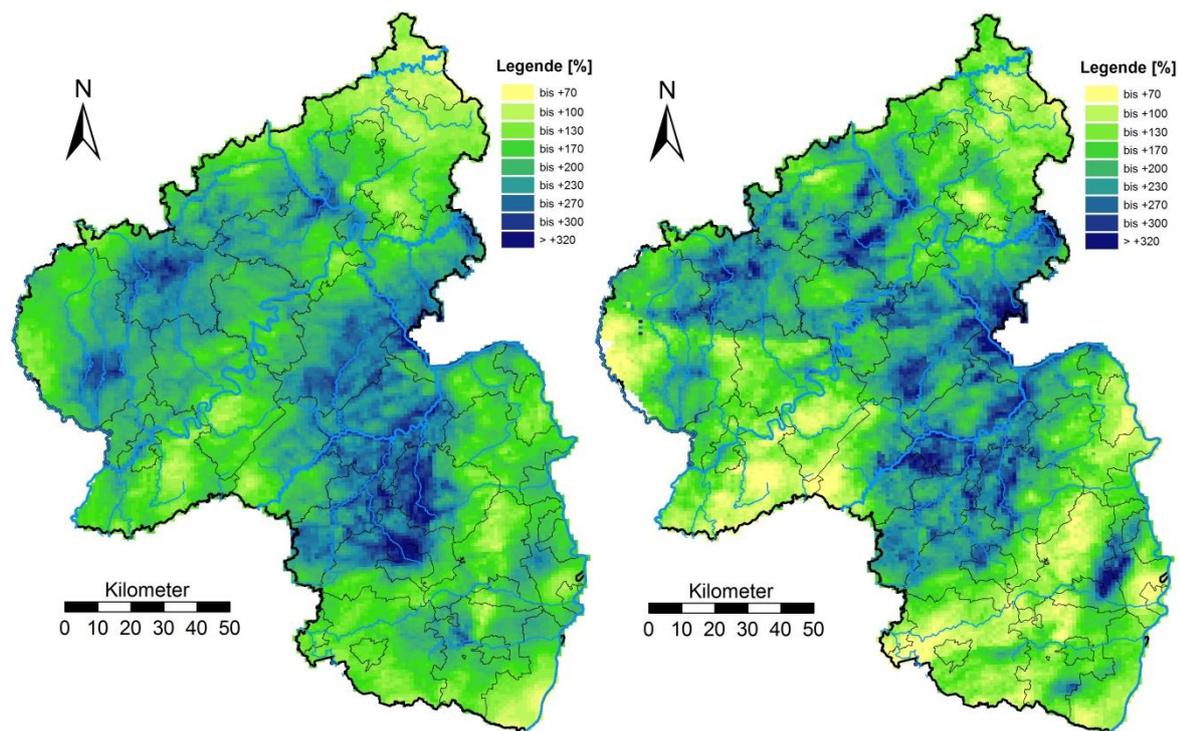
## 1.2 Niederschlagsverteilung

Abbildung 3 zeigt die räumliche Verteilung der Gesamtsumme des Niederschlags während der Periode vom 27.05. bis 26.06.2016 in Rheinland-Pfalz. Abbildung 4 zeigt die Abweichungen der Niederschlagssumme dieses Zeitraums zum langjährigen Mittel des Gesamtmonats Juni. Dabei verwendet das jeweils linke Teilbild der Abbildungen eine Interpolation gemessener Stationsdaten (Programm InterMet des LfU; Dobler *et al.*, 2004; Gerlach, 2006), während das rechte Teilbild das auf Radarmessungen basierende RADOLAN-RW-Produkt des DWD heranzieht. Typischerweise kann die Verteilung kleinräumiger Gewitterniederschläge mit Radarmessungen besser dargestellt werden. Allerdings ist während der Unwetterperiode das Radar Neuheilenbach des DWD für mehrere Tage ausgefallen (DWD, 2016b). Daher sind in diesem speziellen Fall für die südliche Hälfte von Rheinland-Pfalz die interpolierten Werte z.T. vertrauenswürdiger.

In weiten Teilen von Rheinland-Pfalz sind in der dreizehntägigen Unwetterperiode vom 27.05. bis 08.06. mehr als 100 mm Niederschlag gefallen. Dabei wurden in der zentralen Vulkaneifel die höchsten Niederschlagssummen mit z.T. deutlich über 200 mm registriert, während der Westerwald, Rheinhessen und Teile der Pfalz die geringsten Niederschlagssummen aufweisen. Innerhalb der 30 Tage bis zum 27.06. lagen die Niederschlagssummen stellenweise auch über 300 mm (vgl. Abbildung 3).



**Abbildung 3: Gesamtsumme Niederschlag vom 27.05. bis 26.06.2016 basierend auf interpolierten Stationsmessungen (InterMet, LfU; links) bzw. Radarmessungen (RADOLAN, DWD; rechts)**

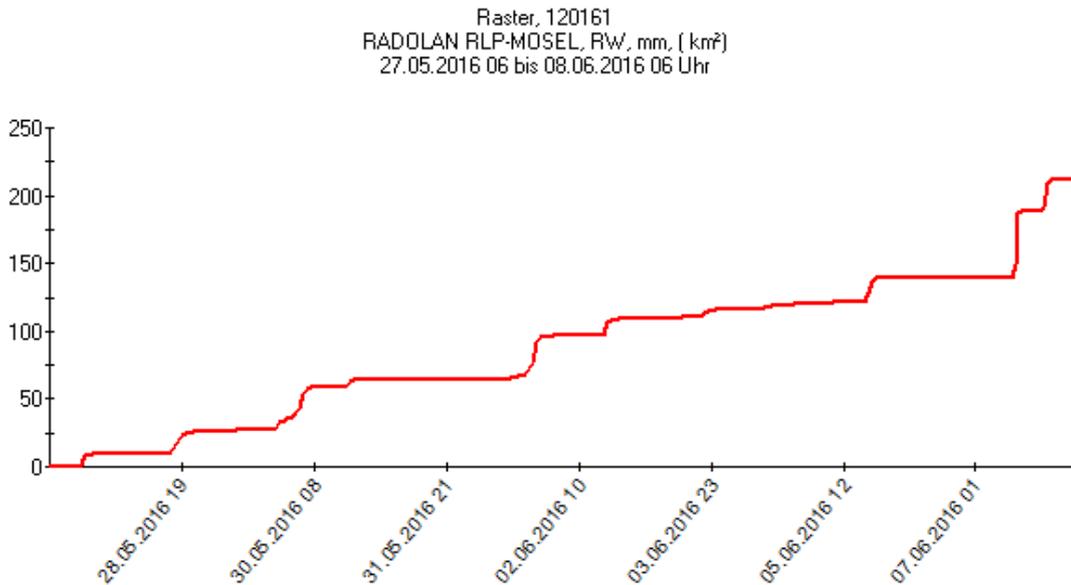


**Abbildung 4: Prozentuale Abweichung der gemessenen Niederschlagssumme 27.05.-26.06.2016 vom langjährigen Mittelwert (Regnie, DWD, 1981-2010) für Juni, basierend auf interpolierten Stationsdaten (InterMet, LfU; links) bzw. Radarmessungen (RADOLAN, DWD; rechts)**

Abbildung 4 verdeutlicht, wie außergewöhnlich die Summe der gefallenen Niederschläge im betrachteten Zeitraum ist. In weiten Teilen des Landes lag die Niederschlagssumme +200% bis +300% über dem langjährigen Mittelwert, was der drei- bis vierfachen Menge entspricht. Selbst in den niederschlagsärmsten Gebieten fiel in diesem Zeitraum mehr als der anderthalbfache Mittelwert.

Der zeitliche Verlauf der Niederschläge war örtlich sehr verschieden. Stellenweise kam es über die gesamte Unwetterperiode immer wieder zu Einzelereignissen unterschiedlicher Höhe, die in der Summe die hohen Gesamtniederschläge bilden (vgl. Abbildung 5). An anderen Orten gab es einzelne Extremereignisse, bei denen innerhalb sehr kurzer Zeit (wenige Stunden) ein Großteil der Gesamtniederschlagsmenge niederging (siehe Kapitel 1.3).

Ein Vergleich der beiden Teilbilder von Abbildung 3 macht deutlich, dass kleinräumige Starkregenereignisse oftmals nicht vom Stationsmessnetz erfasst werden, sondern nur mithilfe von Radar detektiert werden können. So z.B. das Ereignis in der Gemeinde Grafenschaft am 04.06.2016 (sichtbar am Nordrand der Karte im RADOLAN-Bild) oder in der Südpfalz (am Südrand der Karte) am 07.06.2016 (siehe Kapitel 1.3).



**Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf der Niederschlagsereignisse über die Unwetterperiode für einen Punkt in der Eifel (RADOLAN-RW-Daten des DWD)**

### 1.3 Extreme Starkregenereignisse und Sturzfluten

Tabelle 1 listet einige Niederschlagsereignisse mit besonders hoher Niederschlagsintensität auf. Wo die Ereignisse nicht von Bodenstationen erfasst wurden, stammen die Daten aus dem RADOLAN-RW-Produkt des DWD. Die Wiederkehrzeiten der stärksten Ereignisse lagen bei deutlich über 100 Jahren.

Abhängig von den lokalen Gegebenheiten können solche Starkregenereignisse zu Sturzfluten mit hohem Schadenspotential führen. Als Sturzflut in Abgrenzung zu einem Flusshochwasser bezeichnet man ein Hochwasserereignis mit einer Reaktionszeit (Zeit zwischen Beginn des Niederschlagsereignisses und Auftreten der Hochwasserwelle) von weniger als sechs Stunden. Solche Sturzfluten können begünstigt werden durch starkes Relief in Kombination mit Böden mit geringer Infiltrationskapazität und/oder vegetationslosen Freiflächen. Die von Sturzfluten ausgehende hohe Gefährdung erklärt sich durch die kurzen Vorwarnzeiten und die vergleichsweise hohen Fließgeschwindigkeiten und kleinräumig großen Wassermassen. Letztere führen zu einer großen Geröll- und Treibgutfracht (bis zu Baumstämmen oder Autos), die einerseits die Schadwirkungen bei Auftreffen auf z.B. Gebäude erhöht, andererseits nach Abklingen der Flut in großen Mengen am geschädigten Ort zurückbleibt und mühsam entsorgt werden muss. Im Folgenden sind zwei Niederschlagsereignisse mit besonders großen Schäden durch Sturzfluten detaillierter beschrieben.

**Tabelle 1: Niederschlagsereignisse mit besonders hohen Intensitäten während der Unwetterperiode 27.05.-26.06.2016 in Rheinland-Pfalz**

Station/Gebiet	Datum	Dauer	Höhe [mm]	Jährlichkeit*
Eußerthal / südliche Weinstraße	07.06.	30 min	43	>100
Kirchweiler / Vulkaneifel	07.06.	45 min	53	>>100
Dannstadt-Schauernheim, Rheinland-Pfalz	28.05.	60 min	58	>100
Südpfalz (RADOLAN)	07.06.	60 min	60	>100
Stromberg / Hunsrück (RADOLAN)	24.06.	60 min	54	>100
Grafschaft, Kreis Ahrweiler (RADOLAN)	04.06.	2 h	115	>>100
Morlautern / Kaiserslautern	28.05.	4 h	90	>>100
Dannenfels / Donnersbergkreis	30.05.	12 h	79	>100
Entenpfuhl / Soonwald	30.05.	12 h	81	>100
Langjähriges Mittel RLP Monat Juni (zum Vergleich)	01.-30.06.	30 Tage	69	

\* Abschätzung basierend auf KOSTRA-DWD-2000 (Bartels et al., 2005)

### Starkniederschlagsereignis in der Gemeinde Grafschaft am 04. Juni 2016

Im Raum Grafschaft sind in der Unwetterperiode 26.05.-08.06. lokal über 190 mm Niederschlag gefallen (mittlerer Monatsniederschlag im Juni 76 mm), davon laut RADOLAN RW-Daten des DWD bis zu 115 mm am 04.06. zwischen 14 und 16 Uhr MESZ (Abbildung 6). Die Wiederkehrzeit dieses 2h-Starkregenereignisses liegt weit oberhalb von 100 Jahren. Es war unter den gemessenen Ereignissen das intensivste Starkregenereignis in der gesamten Unwetterperiode in Rheinland-Pfalz.

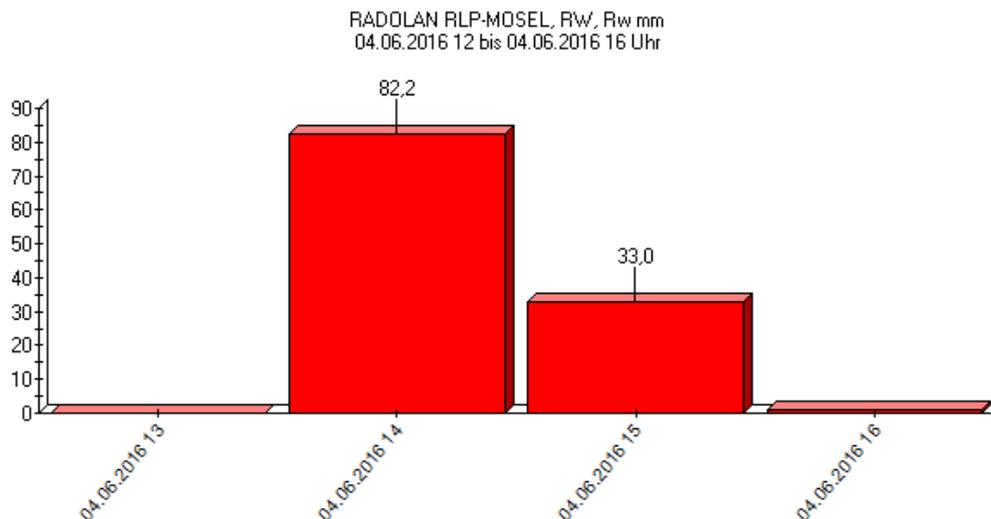


Abbildung 6: Niederschlagssummen am 04.06., 12-16 Uhr MEZ für die Radar-Rasterzelle mit den höchsten Niederschlagsintensitäten (RADOLAN-RW-Daten des DWD)

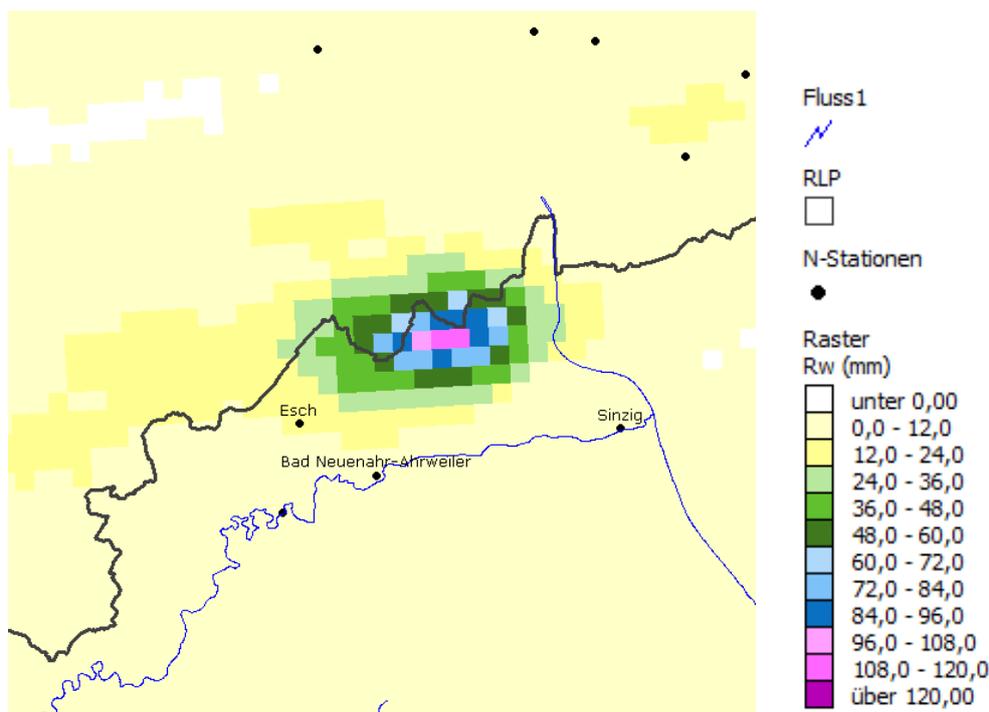


Abbildung 7: Radarbild des Starkniederschlagsereignisses in der Gemeinde Grafenschaft am 04.06., 12-16 Uhr MEZ (RADOLAN-RW-Daten des DWD)

Die hohen Niederschlagssummen wurden aufgrund der Kleinräumigkeit der Gewitterzelle nur durch das Niederschlagsradar des DWD erfasst (Abbildung 7). An den umliegenden Niederschlagsmessstationen wurden am 05.06. folgende Werte gemessen ([www.wetter-rlp.de](http://www.wetter-rlp.de)):

Esch: 17,2 mm/4h  
Leimersdorf: 50,7 mm/4h  
Klein-Altendorf: 10,6 mm/4h

Dieses Ereignis erzeugte eine Sturzflut, die mit großer Schadwirkung entlang des Leimersdorfer Baches abgeführt wurde. Daraus resultierte unter anderem der Überlauf eines erst kürzlich angelegten Regenrückhaltebeckens oberhalb von Nierendorf, große Schäden in den Siedlungsbereichen mehrerer Ortschaften und die Beschädigung oder Zerstörung von Infrastruktur (siehe Abbildung 8 und Abbildung 9).



**Abbildung 8: Überströmtes Regenrückhaltebecken bei Nierendorf (Copyright: SWR)**



**Abbildung 9: Unterspülte Landstraße 79 bei Leimersdorf (Copyright: SWR)**

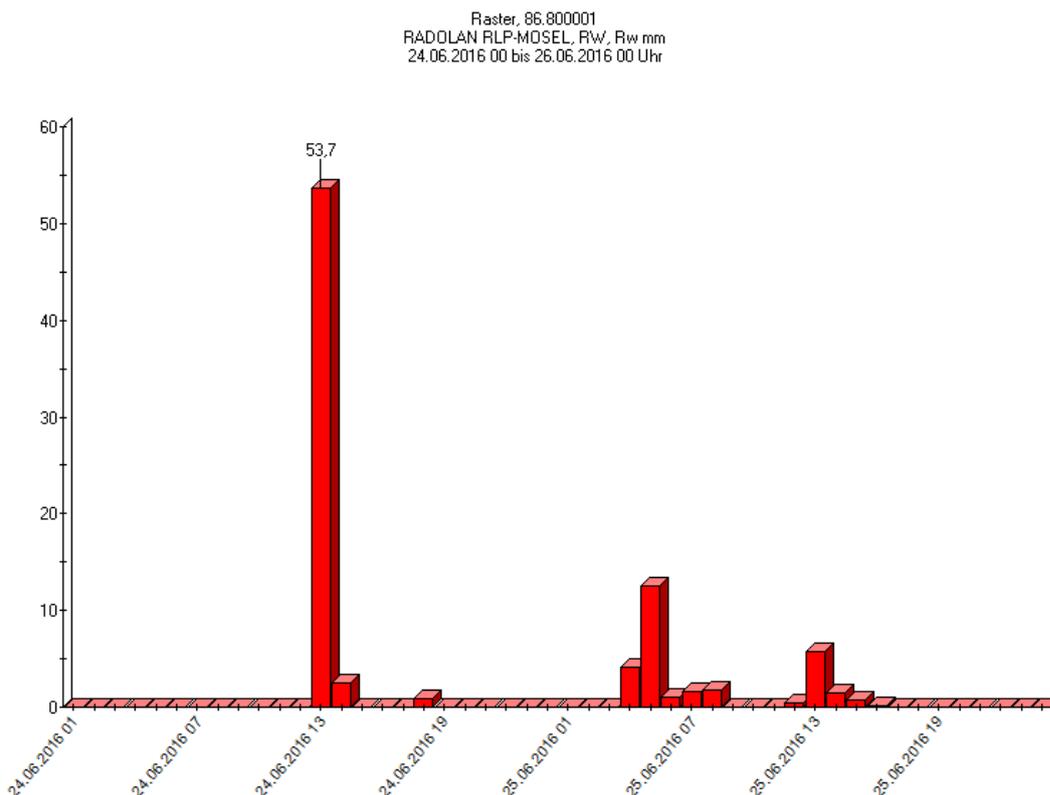
### Starkniederschlagsereignis bei Stromberg am 24. Juni 2016

Zwei Wochen nach Ende der langen Unwetterperiode und damit losgelöst davon zu betrachten, trat in Rheinland-Pfalz vom 24.-26.06. erneut ein Unwetterwochenende auf. Die Starkniederschläge mit den größten Intensitäten und Summen waren vergleichbar mit denen der Unwetterperiode, wie beispielsweise das Niederschlagsereignis bei Stromberg am Nachmittag des 24.06.

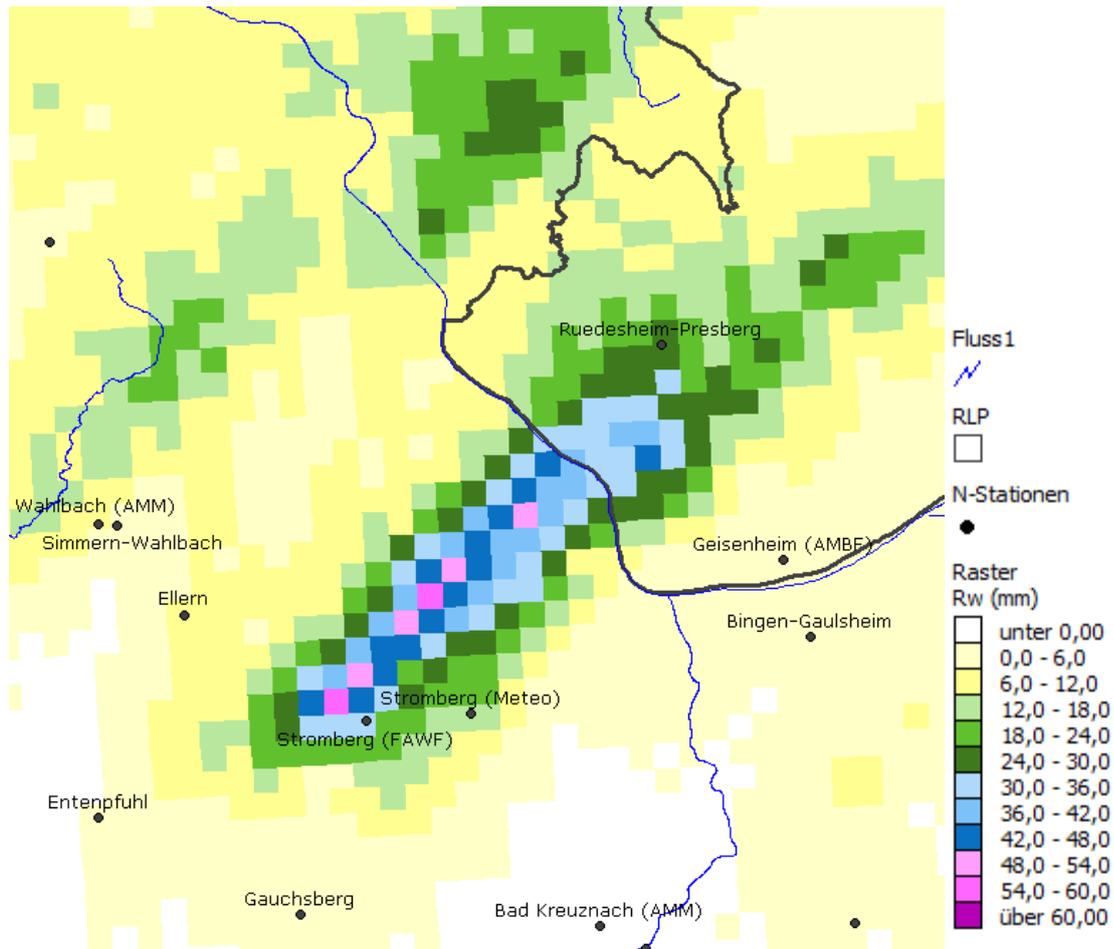
Laut Niederschlagsradar des DWD fielen in einer Stunde knapp 54 mm Regen, womit auch dieses Ereignis oberhalb einer Jährlichkeit von 100 Jahren einzuordnen ist. In den nächsten Stunden nach dem Hauptereignis gingen weitere kleinere Ereignisse nieder, so dass sich die Gesamtsumme des Niederschlags auf 86 mm in etwas mehr als einem Tag aufsummierte (vgl. Abbildung 10). Wie das zuvor beschriebene Ereignis wurde auch dieses von keiner Messstation in voller Höhe erfasst, sondern kann nur anhand der Radarmessungen analysiert werden. Das Radarbild ist in Abbildung 11 dargestellt.

Messwerte an den nächstgelegenen Niederschlagsstationen für die Stunde von 12 -13 Uhr MEZ waren:

Stromberg (Meteoedia): 23,8 mm/h  
 Stromberg (FAWF): 34,3 mm/h



**Abbildung 10: Niederschlagsverteilung nahe Stromberg am 24. und 25.06., Radar-Rasterzelle mit der höchsten Intensität (RADOLAN-RW-Daten des DWD)**



**Abbildung 11: Radarbild des Starkniederschlagsereignisses bei Stromberg am 24.06., 12-14 Uhr MEZ (RADOLAN-RW-Daten des DWD)**

Auch dieses Starkregenereignis führte zu großen Schäden, die sich ausschließlich auf die Stadt Stromberg konzentrierten (siehe Abbildung 12 und Abbildung 13). Die Flutwelle erreichte innerorts z.T. eine maximale Höhe von zwei bis drei Metern und machte mehrere Häuser unbewohnbar. Die Abbildungen zeigen den Zustand am 25.06.

Das Auftreten dieses Ereignisses im Rahmen eines isolierten Unwetterwochenendes im Anschluss an eine kurze Hitzeperiode verdeutlicht, dass mit derartigen Starkregen- und Sturzflutereignissen nicht nur infolge außergewöhnlicher Witterungsperioden wie dem „Tief Mitteleuropa“ Ende Mai/Anfang Juni zu rechnen ist.



**Abbildung 12: Feuerwehreinsatz im überfluteten Stromberg, an der Hauswand ist der Höchststand des Wassers erkennbar (Copyright: SWR/Markus Bösewald)**



**Abbildung 13: Überflutung in Stromberg, im Hintergrund am Vortag abgelagertes Geschiebe der Hauptwelle (Copyright: SWR)**

### 1.4 Überflutung landwirtschaftlicher Flächen

Die in Kapitel 1.3 beschriebenen Sturzfluten treten insbesondere in stark reliefiertem Gelände auf, wo sie in Siedlungsbereichen und durch Erosion große Schäden nach sich ziehen können. Im Gegensatz dazu können Stark- oder Dauerregeneignisse auch in schwach reliefierten Regionen hohe Schäden verursachen, indem sich das Wasser in abflusslosen Senken oder schlecht drainierten Bereichen über längere Zeit staut und so z.B. zu Ernteaufgängen in der Landwirtschaft führt.

Ein Ereignis mit derartigen Folgen trat zu Beginn der Unwetterperiode am 28.05. bei Mutterstadt auf. Das Ereignis wurde von der Niederschlagsstation Dannstadt-Schauernheim aufgezeichnet, die einen Niederschlag von fast 60 mm in einer Stunde registrierte (vgl. Tabelle 1). Das Radarbild in Abbildung 14 zeigt, dass die Station nicht komplett im Zentrum des Ereignisses lag, so dass lokal noch höhere Intensitäten aufgetreten sein können. Die RADOLAN-Werte von z.T. über 100 mm in einer Stunde sind jedoch nicht vertrauenswürdig, da die Station Dannstadt-Schauernheim für die betreffende Stunde nicht zur Aneicherung des RADOLAN-Produktes zur Verfügung stand. Die wahren Werte werden eher in der Größenordnung der Stationsmessung gelegen haben (DWD, 2016c).

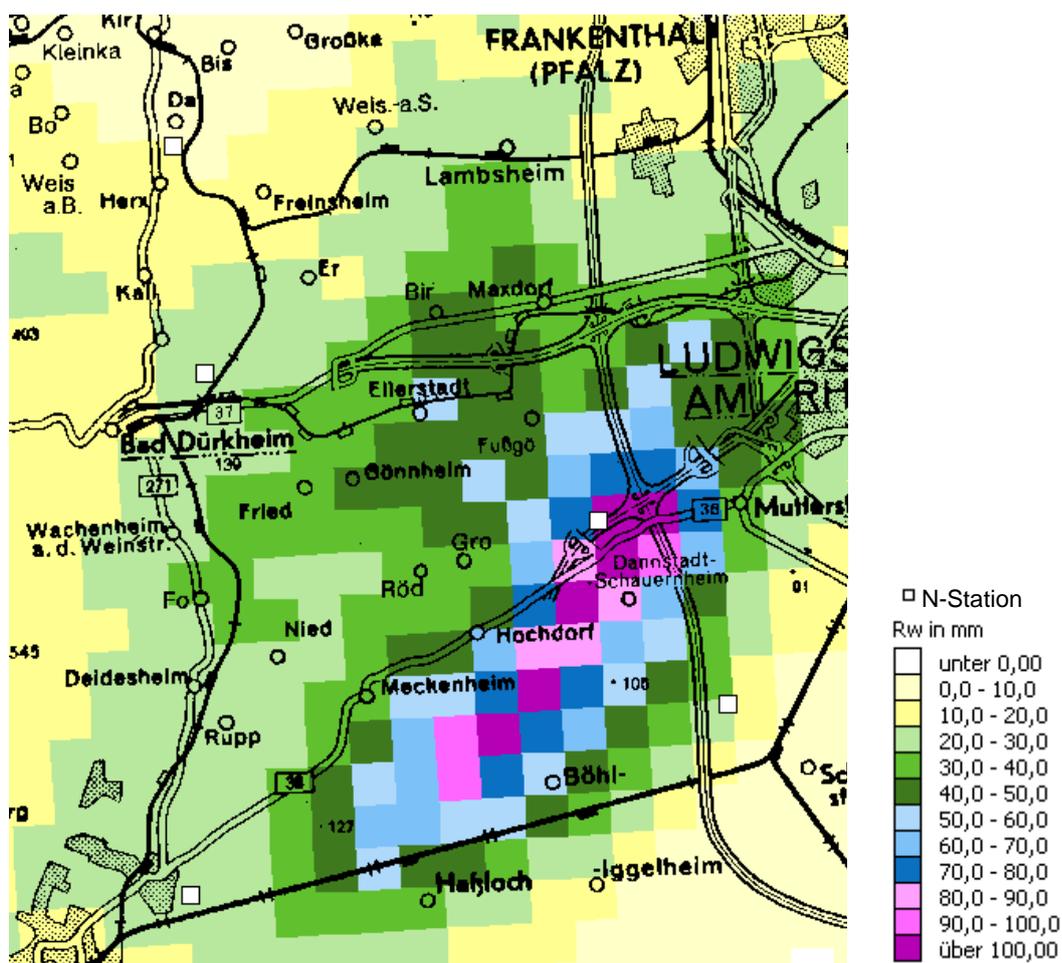


Abbildung 14: Starkniederschlagsereignis im Raum Mutterstadt am 28.05., 16-19 Uhr MEZ (DWD RADOLAN-RW, Niederschlagshöhe nicht vertrauenswürdig – siehe Text)

Das betroffene Gebiet ist stark landwirtschaftlich geprägt, insbesondere durch Gemüseanbau. Aufgrund seiner Lage in der Oberrheinischen Tiefebene steht nur ein geringes Gefälle für die Entwässerung in Richtung Rhein zur Verfügung. Der heftige Niederschlag hat das vorhandene Entwässerungssystem komplett überlastet. In Verbindung mit anschließenden Niederschlägen in den nachfolgenden Tagen führte dies zu einem tagelangen Wasseranstau auf vielen Feldern und damit zu einer großflächigen Vernichtung der Ernte (siehe Abbildung 15 und Abbildung 16).



**Abbildung 15: Vernichtete Salaternte (Copyright: Lothar Rebholz, Wasserschutzberatung DLR Rheinpfalz)**



**Abbildung 16: Überflutete Felder, die in den nächsten Wochen nicht bearbeitet werden können (Copyright: Lothar Rebholz, Wasserschutzberatung DLR Rheinpfalz)**



## 2 HOCHWASSERVERLAUF

### 2.1 Ausgangslage

Im Frühjahr 2016 sorgten mehrere Tiefdruckgebiete für immer wiederkehrende schauerartige, teils auch länger andauernde Niederschläge und relativ kühle Temperaturen (DWD 2016d und DWD 2016e). Im April fielen im Rheineinzugsgebiet bis zur Mainmündung 50% mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel, im Mai betrug der Überschuss rund 25%. Besonders viel Niederschlag fiel in Schwarzwald, Vogesen und dem Hochrhein-Einzugsgebiet. Infolgedessen lag der Wasserstand am Pegel Maxau von Mitte April bis Ende Mai durchgehend auf hohem Niveau zwischen 510 und 790 cm. Am Pfingstwochenende (14.-16. Mai) war der Meldedienst wegen der Meldehöhenüberschreitung am Pegel Maxau eröffnet worden.

### 2.2 Hochwasser an Rhein, Mosel und Nahe

Im Zuge eines sich ab dem 27. Mai nach Zentraleuropa ausweitenden Tiefdruckgebiets („Tief Mitteleuropa“) fiel bis zum Morgen des 30. Mai im Bereich Oberrhein, Nahe und Mosel ergiebiger Niederschlag, der zu einem schnellen Anstieg der Wasserstände an den genannten Flüssen führte. Im Gegensatz zu den kleineren Flüssen (siehe Kapitel 2.3) waren die Hochwasserscheitel an den großen Flüssen jedoch relativ niedrig (Tabelle 2). Lediglich am Pegel Maxau wurde nach mehreren kleineren Hochwasserwellen am 18.06. ein Hochwasserhöchststand erreicht, der im Mittel alle 3-5 Jahre auftritt. An allen anderen Meldepegeln lagen die Höchststände unterhalb eines 2-jährlichen Hochwassers.

**Tabelle 2: Kennwerte der Hochwasserscheitel an Rhein, Mosel und im Nahegebiet**

Pegel	Gewässer	Datum	Uhrzeit [MEZ]	Wasserstand [cm]	Abfluss [m³/s]	Jährlichkeit
Maxau	Rhein	18.06.	13	817	3520	<5
Mannheim	Rhein	20.06.	00	676	3760 <sup>1</sup>	<2
Koblenz	Rhein	01.06.	02	534	5260 <sup>1</sup>	<2
Trier	Mosel	05.06.	07	678	1360	<2
Martinstein	Nahe	30.05.	17	353	203	<2
Odenbach	Glan	13.06.	17	438	124	<2

<sup>1</sup> ermittelt aus Pegelbeziehungen

## Hochwasserverlauf am Rhein

Für den Rhein war der Beginn der Unwetterperiode Ende Mai der Auftakt zu einer lang anhaltenden Hochwasserperiode, die sich bis Ende Juni hinzog. Infolge der vor allem im Neckar-Einzugsgebiet gefallenen Niederschläge stiegen die Wasserstände am Pegel Mannheim von 440 cm am 29.05. 18 Uhr auf 606 cm am 31.05. 04 Uhr an. Der ohnehin hohe Wasserstand am Pegel Maxau stieg von 640 cm lediglich auf 695 cm. Die Hochwasserwellen von Nahe und Mosel bewirkten fast zeitgleich einen Anstieg am Pegel Koblenz von 300 cm am 29.05. 12 Uhr auf 530 cm am 31.05. 23 Uhr (siehe Abbildung 17 und

Tabelle 2). Die verbreiteten, anhaltenden Schauer und Starkregen führten ab dem 01.06. zu mehreren kleineren Hochwasserwellen am Oberrhein mit insgesamt steigender Tendenz. Weitere Niederschläge insbesondere im Alpenraum ließen den Wasserstand am Pegel Maxau auch nach Ende der Unwetterperiode weiter steigen und hielten ihn bis über das Monatsende hinaus auf einem hohen Niveau.

In Maxau wurde die Meldemarke 2 von 750 cm am 14.06. überschritten und am 18.06. 13 Uhr der höchste Scheitelwert von 817 cm erreicht. Da im Einzugsgebiet unterhalb der Neckarmündung nur sehr kleinräumig viel Niederschlag fiel, erreichten die Wasserstände unterhalb von Mannheim keine vergleichbaren Höhen. In Mainz war am Wochenende des 18./19.06. fraglich, ob mit den Aufbauten für das Johannistag am Rheinufer begonnen werden kann. Am 20.06. blieben die Wasserstände am Pegel Mainz mit 545 cm knapp unter der Meldehöhe. Da für die nachfolgenden Tage ein Rückgang der Wasserstände vorhergesagt wurde, konnte die Johannistag am anschließenden Wochenende jedoch wie geplant stattfinden. Am Pegel Koblenz lagen die Wasserstände vom 17.-21.06. im Bereich der Meldehöhe von 500 cm (Abbildung 17).

An vielen Rheinpegeln war über einen längeren Zeitraum die Schifffahrts-Hochwassermarke I überschritten. Am Pegel Maxau war am 10.06., 14.-22.06. und 26./27.06. die Schifffahrts-Hochwassermarke II überschritten, so dass in diesem Bereich die Schifffahrt komplett eingestellt werden musste.

## Hochwasserverlauf an der Mosel

Am Pegel Trier führten die ergiebigen Niederschläge am 29./30. Mai zu einem Anstieg des Wasserstands von relativ niedrigen 300 cm am 29.05. 12 Uhr auf 575 cm am 31.05. 07 Uhr (siehe Abbildung 18). Infolge der anhaltenden, teils sehr intensiven Schauer vom 01.-04. Juni (Sauer- und Orne-Einzugsgebiet) stiegen die Moselwasserstände relativ schnell nochmals bis 670 cm am 05.06. 07 Uhr an. Am Nachmittag des 02. Juni lagen die Wasserstände knapp unterhalb der Meldehöhe von 600 cm. Innerhalb weniger Stunden stiegen die Wasserstände dann kurzzeitig auf rund 630 cm an, da an der Stauhaltung Trier (und möglicherweise weiteren Stauhaltungen oberhalb von Trier) die Wehre gelegt wurden. Ab dem 05.06. fielen die Wasserstände abgesehen von einigen kleineren Wiederanstiegen. Vorwiegend in Frankreich und im Saarland fallende Niederschläge führten am 13.06. zu einem wieder größeren Anstieg der Wasserstände bis 540 cm.

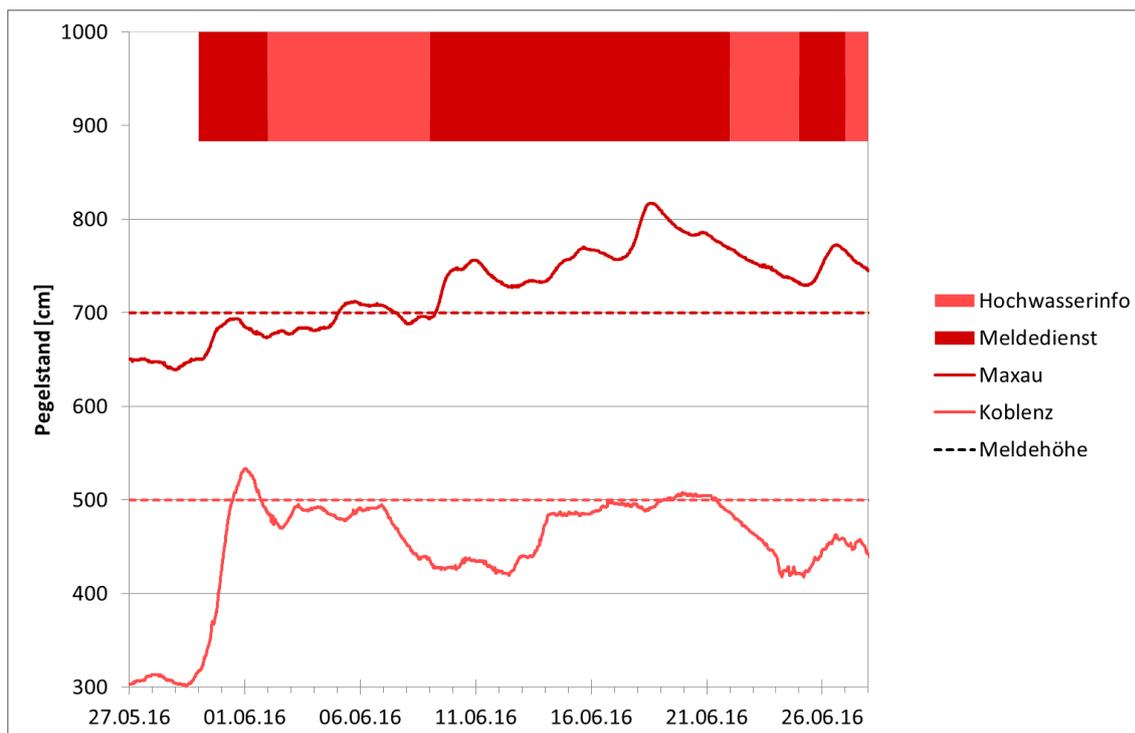


Abbildung 17: Zeitlicher Verlauf der Wasserstände an den Meldepegeln Maxau und Koblenz und Dienstzeiten des Hochwassermeldezentrum Rhein

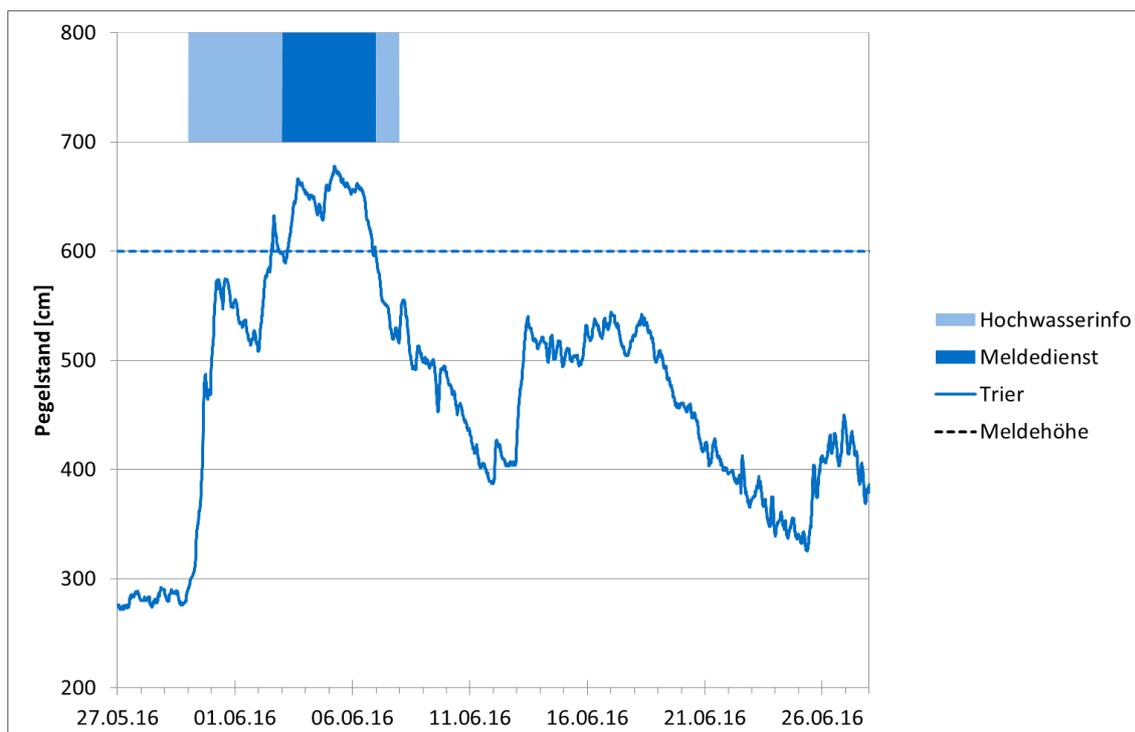
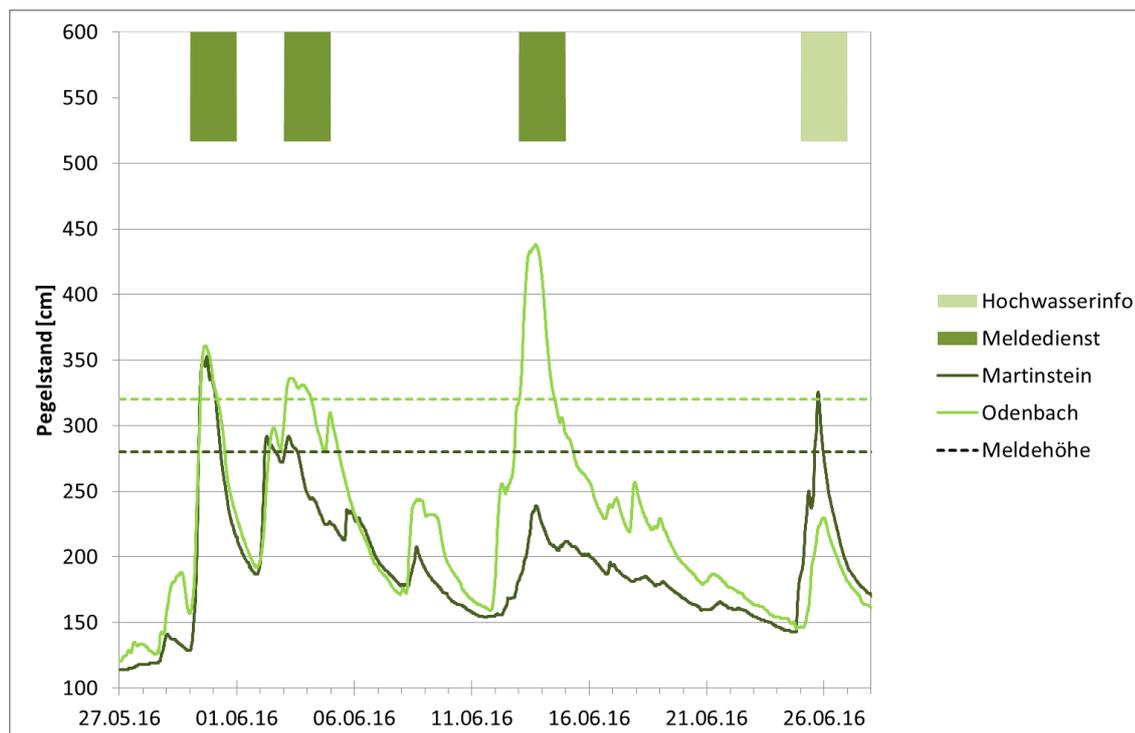


Abbildung 18: Zeitlicher Verlauf der Wasserstände am Meldepegel Trier und Dienstzeiten des Hochwassermeldezentrum Mosel



**Abbildung 19: Zeitlicher Verlauf der Wasserstände an den Meldepegeln Martinstein/Nahe und Odenbach/Glan und Dienstzeiten des Hochwassermeldezentrums Nahe-Lahn-Sieg**

### Hochwasserverlauf im Naheeingzugsgebiet

Vom 27.05.-27.06. traten mehrere Hochwasser an Nahe und Glan auf. Aufgrund der starken Niederschläge am 29./30. Mai war wie an der Mosel ein sehr schneller Anstieg der Wasserstände zu beobachten. Am Pegel Odenbach/Glan stieg der Wasserstand von 157 cm am 30.05. 00 Uhr auf einen Scheitelwert von 361 cm am 30.05. 16 Uhr MEZ. Am Pegel Martinstein/Nahe zeigte sich ein vergleichbares Bild mit einer raschen Zunahme von 129 cm am 30.05. 00 Uhr auf einen Maximalwert von 353 cm am 30.05. 17 Uhr MEZ (siehe Abbildung 19). Im Gegensatz zu den Sturzfluten an kleinen Nahe- und Glanzuflüssen waren diese Hochwasser nicht außergewöhnlich. Im weiteren Verlauf der Unwetterperiode bis zum 08.06. waren noch einige Hochwasserspitzen an beiden Pegeln zu verzeichnen, die aber die Werte vom 30.05. nicht mehr erreichten.

Ergiebige Niederschläge vom 11.-13.06. im Nordpfälzer Bergland resultierten am Glan im höchsten Wasserstand der betrachteten Periode mit einem Scheitelwert von 438 cm am 13.06. 17 Uhr MEZ am Pegel Odenbach. Auch hier war ein rascher Anstieg von einem Ausgangswert von 159 cm am 11.06. 18 Uhr MEZ zu verzeichnen. Aufgrund der lokal begrenzten Niederschläge trat an der Nahe erst unterhalb der Glanmündung eine Hochwasserwelle auf, dort aber mit deutlich niedrigerem Scheitel als am 30. Mai.

Ein weiteres Hochwasser wurde durch die Unwetter am Wochenende 24.-26.06. ausgelöst. Hier erreichte der Wasserstand am Pegel Martinstein am 25.06. 18 Uhr MEZ einen Scheitelwert von 326 cm. Das Wasser floss größtenteils vom Simmerbach zu, an dem ein 20- bis 25-jährliches Hochwasser auftrat.

### 2.3 Hochwasser an Nebenflüssen

Infolge der Starkniederschläge kam es an einzelnen Nebenflüssen des Rheins, der Mosel und der Nahe zwischen dem 30.05. und 06.06. sowie am 24./25.06. zu steil ansteigenden Hochwasserwellen. Besonders groß und Schaden verursachend war das Hochwasser an der Ahr mit einer Jährlichkeit von über 100 Jahren am Pegel Altenahr. Hochwasser mit einer Jährlichkeit zwischen 30 und 100 wurden zudem an weiteren Pegeln mit relativ kleinem Einzugsgebiet beobachtet (Tabelle 3, Abbildung 20). Auch für den Nette-Oberlauf ist davon auszugehen, dass die dort am 03.06. morgens auftretende Hochwasserwelle im Bereich eines 50- bis 100-jährlichen Hochwassers lag. Am oberhalb des Pegels Nettegut gelegenen Pegel Wernerseck sind die Wasserstandmessungen jedoch so lückenhaft und fehlerbehaftet, dass eine eindeutige Einordnung nicht möglich ist.

**Tabelle 3: Scheitelwerte der Hochwasser an kleinen Nebenflüssen**

Pegel	Gewässer	EZG-Größe [km <sup>2</sup> ]	Datum	Uhrzeit [MEZ]	Wasserstand* [cm]	Abfluss* [m <sup>3</sup> /s]	Jährlichkeit
Kirmutscheid	Trierbach	88	02.06.	00:30	269	82	~100
Müsch	Ahr	342	02.06.	01:15	273	132	~40
Altenahr	Ahr	746	02.06.	07:15	371	236	>100
Daun	Lieser	43	02.06.	00:00	259	69	>100
Plein	Lieser	274	02.06.	05:30	281	93	<5
Nettegut	Nette	368	03.06.	11:45	238	37	~10
Seffern	Nims	136	05.06.	18:30	239	62	~30
Alsdorf-Oberecken	Nims	263	06.06.	06:45	235	51	<5
Steinbach	Simmerbach	46	30.05.	07:45	155	16,4	~10
			24.06.	14:15	144	13,8	~7
			25.06.	08:45	147	14,5	~8
Kellenbach	Simmerbach	362	30.05.	20:45	231	72	<5
			25.06.	16:15	282	135	>25
Gaugrehweiler	Appelbach	42	30.05.	09:45	223	23,6	>100

\* Werte können sich nach genauerer Datenprüfung nochmals geringfügig ändern.



**Abbildung 20: Jahrhundert-Hochwasser in Oberhausen am Appelbach am 30.05.2016 (Copyright: Freiwillige Feuerwehr Gaugrehweiler)**

### **Ahr- und Lieser-Hochwasser**

In der Region Vulkaneifel sind vom 27.05. 07 Uhr bis 02.06.2016 07 Uhr MEZ bis zu 130 mm Niederschlag gefallen. An der Station Nürburg-Barweiler fielen am Abend des 01. Juni mehr als 42 mm in drei Stunden. Im Mittel fallen hier im gesamten Juni 65 mm. Die Niederschläge waren im Vergleich zu den in Tabelle 1 aufgelisteten Starkregenereignissen nicht extrem, traten jedoch relativ großflächig auf (Abbildung 21). Die Unterschiede zwischen den interpolierten Stationsmessdaten und mit Radar gemessenen Niederschlägen waren gering.

Die intensiven Niederschläge bei bereits hoher Bodenfeuchte haben im Ahr-Einzugsgebiet und am Oberlauf der Lieser zu schnell ansteigenden Wasserständen und sehr seltenem Hochwasser geführt (Tabelle 3). Am Pegel Müsch stieg der Wasserstand innerhalb von 7 Stunden um 190 cm bis zu einem Scheitelpunkt von rund 270 cm an, am Pegel Altenahr innerhalb von 13 Stunden um 250 cm bis zu einem Höchststand von rund 370 cm (> 100-jährliches Hochwasser, Abbildung 22). Auch am Ahr-Zufluss Trierbach wurde ein 100-jährliches Hochwasser beobachtet (Pegel Kirmutscheid). Durch die über die Ufer getretene Ahr (Abbildung 23) kam es in den Verbandsgemeinden Altenahr und Adenau sowie der Stadt Bad Neuenahr-Ahrweiler zu erheblichen Schäden (z.B. Francke et al., 2016). Mehrere Campingplätze und deren Zufahrtsstraßen waren überraschend überflutet worden, so dass für die Evakuierung Hubschrauber eingesetzt werden mussten (Abbildung 24).

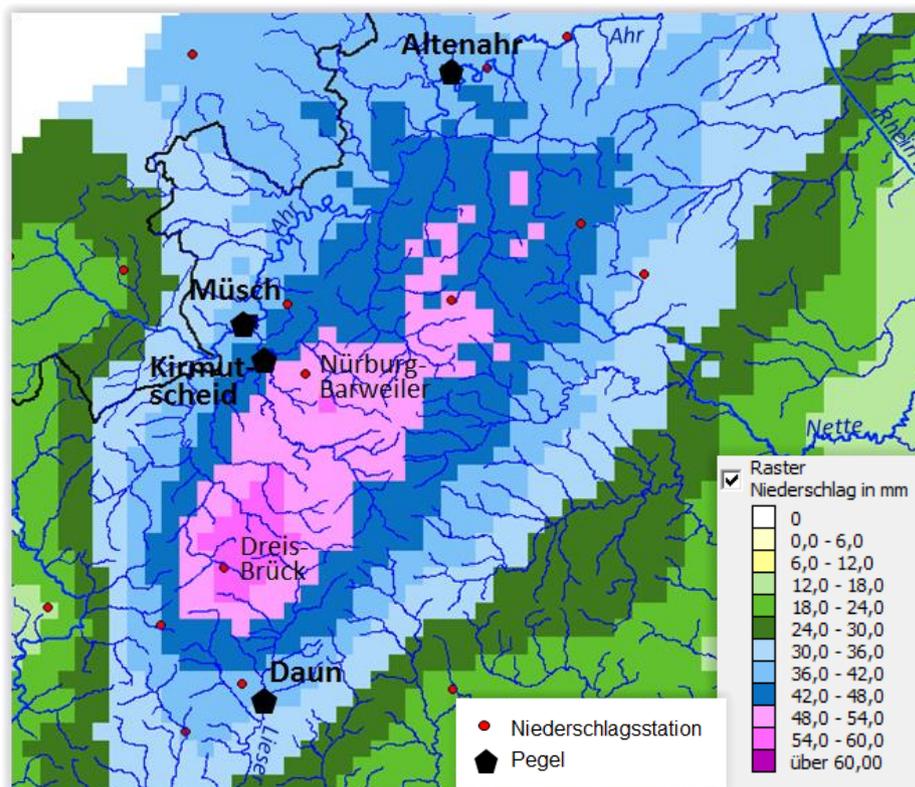


Abbildung 21: Niederschlagssumme vom 01.06.-02.06 von 7-7 Uhr MEZ (interpolierte Stationsmessdaten) und Lage ausgewählter Pegel in der Vulkaneifel

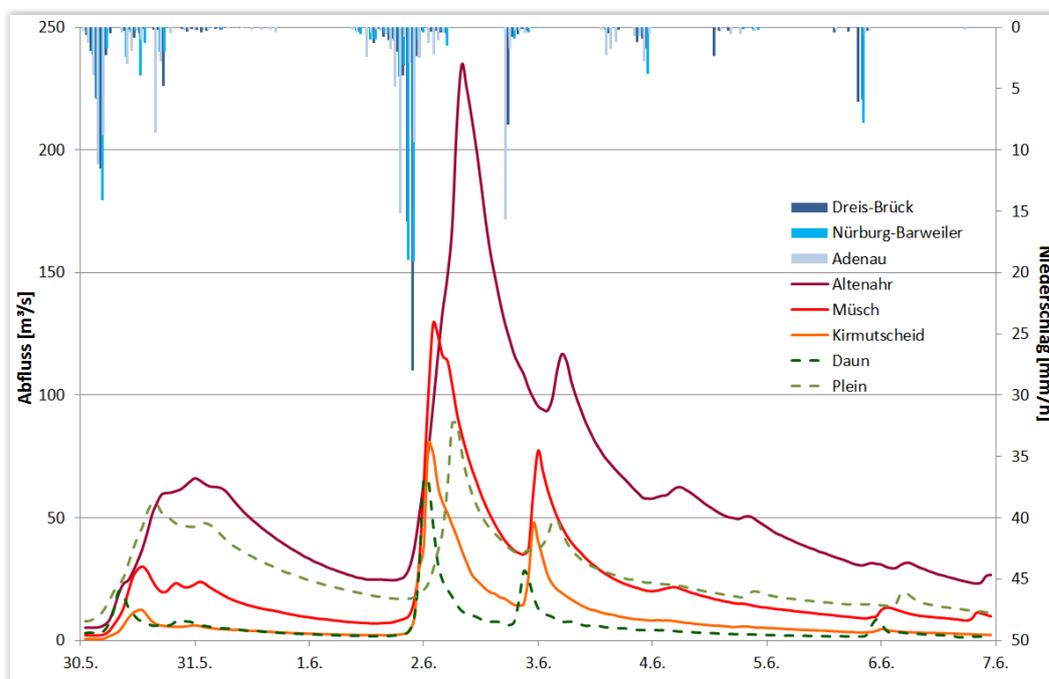


Abbildung 22: Niederschläge (Messstationen Dreis-Brück, Nürburg-Barweiler und Adenau) und Abflussreaktion der Ahr (Pegel Altenahr und Müsch), des Trierbachs (Pegel Kirmutscheid) und der Lieser (Pegel Daun und Plein) vom 30.05.-07.06.2016



Abbildung 23: Hochwasser in Altenahr am 02.06.2016 (Copyright: SWR)

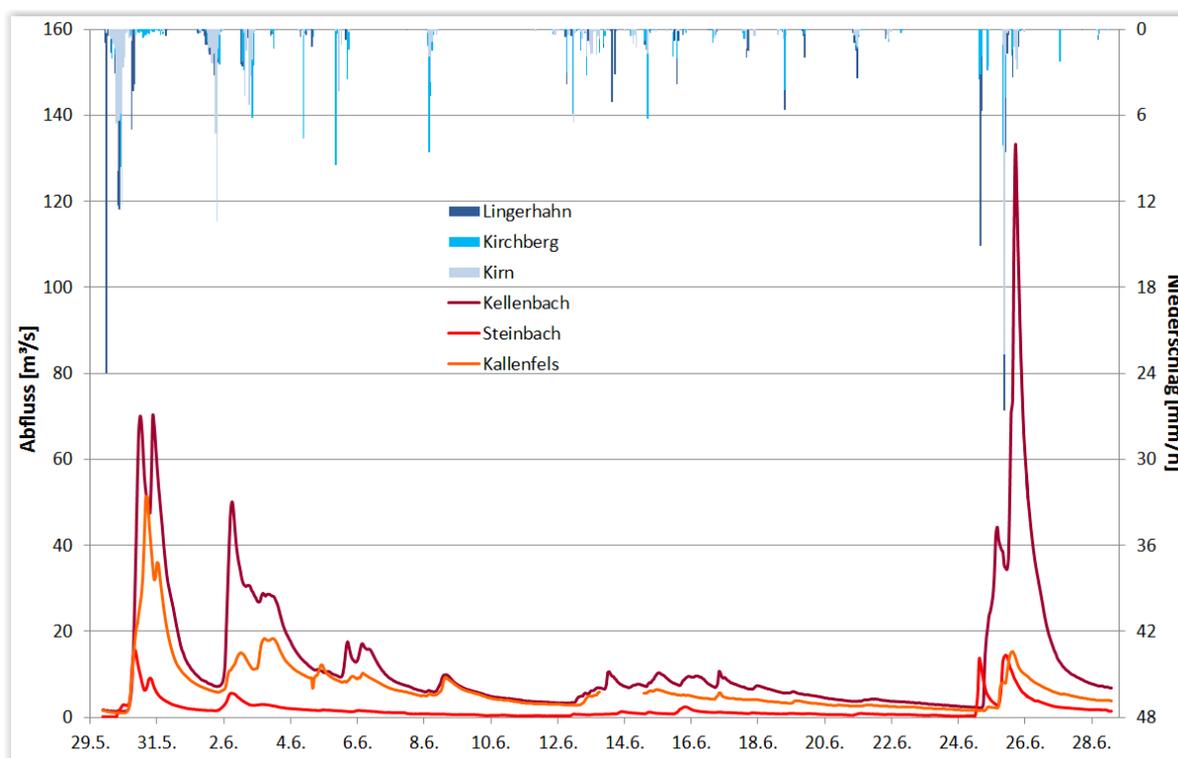


Abbildung 24: Evakuierung per Hubschrauber auf einem Campingplatz bei Altenahr (Copyright: ahr-foto Hans-Jürgen Vollrath)

## Simmerbach-Hochwasser

Am Simmerbach traten im Betrachtungszeitraum zwei größere Hochwasser auf. Beide entstanden durch aufeinanderfolgende Starkregenereignisse. An der Niederschlagsstation Lingerhahn (Bereich Oberlauf Simmerbach) fielen am 29.05. abends 24 mm/h. Die Hochwasserreaktion auf dieses Starkregenereignis war trotz nicht mehr ganz trockener Böden gering: der Wasserstand stieg am Oberlaufpegel Steinbach nur um rund 40 cm an. Anschließend regnete es bis zum 30.05. morgens großräumig nochmals 50-70 mm in 8 Stunden. Daraufhin stiegen die Wasserstände an vielen kleinen Flüssen der Region stark an (siehe Abbildung 25 und Abbildung 26). Am Simmerbach wurden Hochwasserscheitel erreicht, die im Mittel alle 5-10 Jahre auftreten (Tabelle 3).

Nachdem die Unwetterlage von Anfang Juni zunächst abgeklungen war, kam es am 24./25.06. infolge einer neuen Tiefdruckwetterlage zu weiteren starken Unwettern im Bereich des Simmerbaches (vgl. Kapitel 1.3 und Abbildung 11). Nach einem Starkregen am 24.06. fielen am 25.06. morgens im gesamten Simmerbach-Einzugsgebiet über 20 mm in einer Stunde und im Verlauf des Tages nochmals 10-20 mm. Infolge dieser Serie von Regenereignissen stieg der Simmerbach am Unterlaufpegel Kellenbach innerhalb von 24 Stunden von 80 cm auf 280 cm an, was einem Hochwasser mit einer Wiederkehrzeit von etwa 25 Jahren entspricht.



**Abbildung 25: Niederschläge (Messstationen Lingerhahn, Kirchberg und Kirn) und Abflussreaktion des Simmerbachs (Pegel Kellenbach und Steinbach) und des Hahnenbachs (Pegel Kallenfels) vom 29.05. – 28.06.2016**



**Abbildung 26: Hochwasser in Gemüнден am Simmerbach am 30.05.2016 (Copyright: Hydrologischer Dienst SGD Nord, Regionalstelle Koblenz)**

## 3 HOCHWASSERMELDEDIENST UND HOCHWASSERFRÜHWARNUNG

### 3.1 Hochwassermeldedienst für große Flüsse

Die Einsatzzeiten der Hochwassermeldezentren Rhein, Mosel und Nahe-Lahn-Sieg sind in Abbildung 27 dargestellt. Die Witterungsbedingungen, die zur Eröffnung der Meldedienste führten und der Hochwasserverlauf sind den vorangehenden Kapiteln zu entnehmen. In den 30 Tagen vom 29.05.-27.06.2016 war das Meldezentrum Rhein an 18 Tagen personell besetzt. Das Hochwassermeldezentrum Mosel war an vier Tagen und das Meldezentrum Nahe-Lahn-Sieg an insgesamt sechs Tagen personell besetzt. An sieben Tagen waren mit Überschreitung der Meldemarke 2 längere Dienste mit erweiterten Dienstzeiten notwendig. Für den Meldedienst an den großen Flüssen war kein Nachtdienst notwendig, es wurde jedoch am 03.06. ein Nachtdienst für den Landkreis Ahrweiler eingerichtet. An insgesamt neun Tagen wurde der Meldedienst gleichzeitig in zwei der drei Meldezentren durchgeführt. An Tagen, an denen eine Überschreitung von Meldehöhen nicht auszuschließen war, wurde anstatt des Lageberichts lediglich eine Hochwasserinformation verbreitet. Aus Abbildung 27 ist ersichtlich, dass an insgesamt 19 Tagen Hochwasserinformationen bereitgestellt wurden.

Zusätzlich musste aufgrund der Unwetterlage an elf Tagen für die Hochwasserfrühwarnung am LfU eine weitere Rufbereitschaft für die Nacht eingerichtet werden, die an allen Tagen aktiv wurde (vgl. Kapitel 3.3). Da die Hochwasserfrühwarnung und der Meldedienst für den Rhein im Aufgabenbereich des gleichen Personalstammes des LfU liegen, führte die Kombination aus Nachtdiensten und relativ lang andauerndem Meldedienst am Rhein zu einer hohen Arbeitsbelastung der Mitarbeiter und einer großen Zahl an Überstunden. Im Juni mussten somit insbesondere im Referat Hydrometeorologie und Hochwassermeldedienst weitere wichtige Arbeiten zurückgestellt werden.

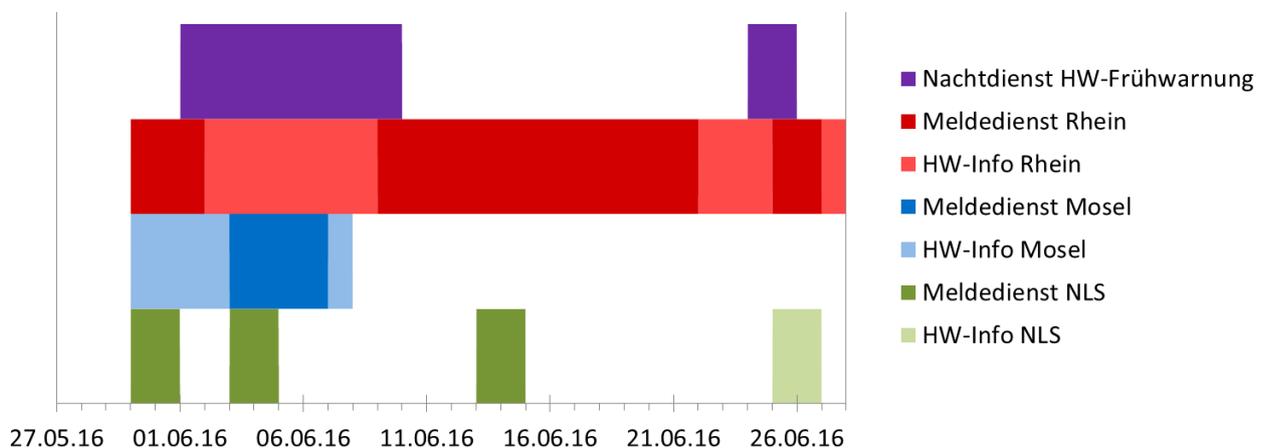


Abbildung 27: Dienstzeiträume in den Hochwassermeldezentren

## Hochwassermeldedienst am Rhein

Am 30.05 wurde der Hochwassermeldedienst für den Oberrhein eröffnet, da eine Meldehöhenüberschreitung für den Pegel Mannheim nicht auszuschließen war. Aufgrund der durch die heftigen Unwetter und Starkregenereignisse angespannten Gesamtsituation wurde hier frühzeitig reagiert, tatsächlich blieben die Hochwasserscheitel am Oberrhein zunächst knapp unter der Meldehöhe. Am 31.05. wurde aber die Meldehöhe am Pegel Koblenz überschritten, so dass der Hochwassermeldedienst auch für Mittel- und Niederrhein eröffnet wurde.

Am 01.06. konnte der Meldedienst für den Rhein zunächst wieder geschlossen werden. Da die Wasserstände aber auf sehr hohem Niveau verblieben und der gesamte Südwesten weiterhin von Starkregen betroffen war, wurde bis zum 08.06. täglich eine Hochwasserinformation für den Rhein herausgegeben.

Nach dem große Schäden verursachenden Hochwasser an der Ahr am 02.06. drohte dort für die folgende Nacht eine zweite Hochwasserwelle (vgl. Kapitel 3.2). Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten RLP erstellte das Meldezentrum Rhein für den Landkreis Ahrweiler am 02.06. nachmittags einen separaten Lagebericht. Zudem wurde der Kreisfeuerwehrinspekteur in der Nacht auf den 03.06. über die stündlich aktualisierten Vorhersagen informiert.

Ab dem 09.06. war die Meldehöhe in Maxau erneut überschritten, so dass der Meldedienst wieder aufgenommen wurde. Die Hochwassergefahr für den Rhein war insgesamt mäßig, da die Scheitelwasserstände relativ niedrig waren (vgl. Tabelle 2) und sich das Hochwasser in dieser Phase nahezu ausschließlich auf den Oberrhein begrenzte. Als Besonderheit herauszustellen ist allerdings die lange Verweildauer des Wasserstandes oberhalb der Meldehöhe in Maxau, verursacht durch immer neue Niederschläge im Hochrhein- und Aaregebiet sowie im Schwarzwald. Der Meldedienst war ununterbrochen 13 Tage aktiv und konnte erst am 21.06. wieder eingestellt werden.

Da der fallende Wasserstand in Maxau weiterhin oberhalb der Meldehöhe verblieb, wurde zunächst ab dem 22.06. wieder täglich eine Hochwasserinformation herausgegeben. Das Unwetterwochenende Ende Juni führt zu einem kurzzeitigen Wiederanstieg, so dass der Meldedienst über das Wochenende 25./26.06. erneut kurz aktiv war, bevor er am 27.06. endgültig eingestellt werden konnte.

Insgesamt war im Hochwassermeldezentrum Rhein über einen Zeitraum von 30 Tagen täglich Personal aktiv. An sechs Meldediensttagen (15.-18.06. und 25./26.06.) war mittlerer Dienst nötig (07:00-21:00 Uhr), da die Meldemarke 2 von 750 cm am Pegel Maxau bei steigendem Wasserstand überschritten war. Die Meldemarken von 700 cm und 650 cm wurden in Maxau erst am 02.07. bzw. 05.07. wieder unterschritten. Hier hätte ein Wiederanstieg jederzeit zur erneuten Eröffnung des Meldedienstes führen können, was noch einmal die ungewöhnliche Länge der Hochwasserperiode unterstreicht.

Während des Meldedienstes im Meldezentrum Rhein traten zwei IT-technische Probleme auf, die durch IT-Sicherheitsvorkehrungen ausgelöst wurden. Nach Versendung der ersten Lageberichte per Email stellte sich heraus, dass an einigen Dienststellen die als RTF-Datei verschickten Lageberichte von hausinternen Virensclannern abgefangen wurden. Somit wurde die Lageberichts-Software derart angepasst, dass die Lageberichte ab dem 20.06.

als pdf-Datei verschickt werden konnten. Das zweite Problem wurde durch einen Virens Scanner (Software Symantec) bei der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt ausgelöst, der den Email-Versand an immer unterschiedlicher Stelle im Email-Verteiler unterbunden hat. Da die Problemlösung nicht einfach war, wurde den betroffenen Adressaten der Lagebericht von Hand weitergeleitet. Ende Juni konnte das Problem über Umwege gelöst werden, in dem die Emails iterativ an mehrere kleine Empfängergruppen verschickt wurden.

### **Hochwassermeldedienst an der Mosel**

Trotz des rasanten Anstiegs des Wasserstandes zu Beginn der Unwetterperiode wurde am Pegel Trier die Meldehöhe von 600 cm zunächst nicht erreicht. Daher wurden vom Hochwassermeldezentrum Mosel vom 30.05.-02.06. zunächst lediglich Hochwasserinformationen herausgegeben. Als sich eine länger andauernde Überschreitung der Meldemarke abzeichnete, war das Meldezentrum vom 03.-06.06. personell besetzt. Nach schnell fallenden Wasserständen wurde für den 07.06. noch eine Hochwasserinformation herausgegeben. Ab dem 08.06. war der Meldedienst an der Mosel komplett eingestellt und musste während des restlichen Betrachtungszeitraums nicht erneut eröffnet werden, obwohl aufgrund der hohen Wasserstände zeitweise (insbesondere zwischen dem 13. und 19.06.) die Gefahr eines Wiederanstiegs vorhanden war.

Insgesamt war im Hochwassermeldezentrum Mosel an neun aufeinanderfolgenden Tagen Personal aktiv, wobei 4 Tage der Meldedienst eröffnet war und 5 Tage eine Hochwasserinformation herausgegeben wurde.

Die Hochwasserwelle Anfang Juni war am Pegel Trier schwer vorhersagbar, da einerseits Lage, Zeitpunkt und Menge der Starkniederschläge schwer vorhersagbar waren. Andererseits, da die Niederschläge in Einzugsgebieten fielen, die relativ nah am Pegel Trier liegen, womit sich die Unsicherheit der Niederschlagsvorhersage wegen der relativ kurzen Fließzeiten stark auf die Unsicherheit der Wasserstandvorhersage auswirken. In den Hochwasserinformationen vom 31.05.-02.06. wurde auf die labile Wetterlage und die damit verbundene Vorhersageunsicherheit hingewiesen. Zukünftig werden für die Vorhersagen Spannweiten der möglichen Entwicklung (Unsicherheitsbänder) dargestellt, die zumindest einen Teil der Vorhersageunsicherheit visualisieren. Die dafür notwendigen Auswertungen und Weiterentwicklungen wurden bereits 2015 begonnen (Johst *et al.*, 2016; Johst, 2016).

Erreicht der Wasserstand am Pegel Trier 450 cm, so müssen an einigen Campingplätzen entlang der Mosel erste Schutzmaßnahmen eingeleitet werden. Das Meldezentrum Mosel ist jedoch erst ab einem Wasserstand von 600 cm bzw. 500 cm mit absehbarem Anstieg über 600 cm personell besetzt. Wie schon häufiger bei Sommerhochwassern, überraschte auch diese Mosel-Hochwasserwelle einige Campingplatzbesitzer (Schmidt, 2016). Die Einrichtung einer Sommer-Hochwassermeldehöhe würde hier Abhilfe schaffen, eine entsprechende Warnung der Betroffenen kann jedoch nur in Zusammenarbeit mit den Kreisverwaltungen erfolgen, die für die Weiterleitung von Hochwasserinformationen an potenziell Betroffene zuständig sind.



**Abbildung 28: Umflutete Campinginsel Winnigen mit abgeschnittenen Zufahrtswegen an der Mosel (Copyright: Volker Schmidt, Rhein-Zeitung Koblenz; mit Genehmigung der Rhein-Zeitung)**

### **Hochwassermeldedienst an der Nahe**

Im Gegensatz zu Mosel und insbesondere Rhein ist die Nahe aufgrund des viel kleineren Einzugsgebietes durch eine vergleichsweise schnelle Reaktion gekennzeichnet. Dies bedeutet, dass die Meldehöhen schneller über- und wieder unterschritten werden können und die Meldezentren somit kürzer aber häufiger personell besetzt sind.

Als sich zu Beginn der Unwetterperiode eine Überschreitung der Meldehöhen abzeichnete, wurde vom Hochwassermeldezentrum Nahe-Lahn-Sieg am 30.05. morgens zunächst eine Hochwasserinformation herausgegeben. Gegen Mittag wurde wegen unerwartet schnell steigender Wasserstände und der Meldehöhen-Überschreitung am Pegel Martinstein der Meldedienst eröffnet. Bereits am Folgetag wurde eine Schlussmeldung versendet, da aufgrund der beschriebenen schnellen Reaktion die Meldehöhen wieder unterschritten wurden. Wegen Hochwasser am Glan war das Meldezentrum am 03./04.06. und nochmals am 13./14.06. personell besetzt. Am 13.06. wurde am Pegel Odenbach die Meldemarke 2 für den Nachtdienst (00:00-24:00 Uhr) von 400 cm überschritten, jedoch zeichneten sich gegen Abend bereits wieder fallende Wasserstände ab. Über das Unwetterwochenende 25./26.06. wurden noch einmal Hochwasserinfos herausgegeben.

Insgesamt war im Hochwassermeldezentrum Nahe-Lahn-Sieg an acht Tagen Personal aktiv, davon sechs Tage im Meldedienst und zwei Tage für die Erstellung der Hochwasserinformation. An Lahn und Sieg wurden von Ende Mai bis Ende Juni keine Meldehöhen überschritten.

### 3.2 Hochwasservorhersagen für Nebenflüsse

Das Landesamt für Umwelt (LfU) veröffentlicht kontinuierlich, also auch während Mittel- und Niedrigwasser hydrologische Vorhersagen für alle Vorhersagepegel (siehe [www.hochwasser-rlp.de](http://www.hochwasser-rlp.de)). Im Hochwasserfall übernehmen die Hochwassermeldezentren die Vorhersageberechnung für die an großen Flüssen gelegenen Hauptpegel (vgl. Kapitel 3.1). Die Vorhersageberechnungen für die „Nebenpegel“ an den kleineren Flüssen werden dann weiterhin am LfU durchgeführt und mindestens dreimal täglich aktualisiert. Für Pegel deren Einzugsgebiete kleiner als etwa 200 km<sup>2</sup> sind, werden keine pegelbezogenen Vorhersagen veröffentlicht. Für diese Gebiete wird die Hochwassergefahr mittels der regionsbezogenen Hochwasserfrühwarnung abgeschätzt (Kapitel 3.3).

In den kleinen Einzugsgebieten der Nebenpegel sind die Fließwege relativ kurz, wodurch sich Ungenauigkeiten der Wettervorhersage und der hydrologischen Berechnung direkt auf die Wasserstandvorhersage durchpausen. Um die Unsicherheit der Wettervorhersage hinsichtlich der Abflussentwicklung einschätzen zu können, werden am LfU seit Sommer 2014 bis zu 21 mögliche Wetterentwicklungen betrachtet. Hierzu werden 21 unterschiedliche Kurzfrist-Vorhersagen, sogenannte Ensembles des DWD (COSMO-DE-EPS-Datensatz) verwendet. Mittelfristig sollen die damit berechneten möglichen Entwicklungen des Wasserstandes auch im Internet dargestellt werden. Im Folgenden werden für die betrachtete Unwetterphase einige Beispiele der Entwicklungsbandbreiten gezeigt und daran auch die veröffentlichten Vorhersagen diskutiert.

Bei nahezu allen Hochwassern des Betrachtungszeitraums war die Spannweite der möglichen Wasserstandentwicklung sehr groß (Abbildung 29 und Abbildung 30). Am 01. Juni hatte der DWD vor Unwetter gewarnt, jedoch mit relativ niedriger Warnstufe. Am Vormittag des 01. Juni deutete noch nichts auf das Jahrhunderthochwasser an der Ahr hin. Alle im Tagesverlauf bereitgestellten Niederschlagsvorhersagedaten enthielten ein vom Westwald bis in die Ardennen reichendes Niederschlagsband, jedoch mit unterschiedlicher Ausdehnung und unterschiedlicher Niederschlagsmenge. Aus Abbildung 29 ist ersichtlich, dass am Pegel Altenahr am Abend des 01. Juni je nach verwendeter Wettervorhersage Höchststände von 40-105 m<sup>3</sup>/s (=146-240 cm) erwartet wurden. Die am 01. Juni im Internet veröffentlichten Wasserstandvorhersagen enthielten Scheitelwerte von 140-250 cm. Tatsächlich trat ein Maximalwasserstand von 371 cm ein, da es im Ahr-Einzugsgebiet relativ großflächig unvorhersehbar stark regnete (vgl. Kapitel 2.3).

Auch am Nachbargewässer Lieser war die Entwicklungsbandbreite sehr groß (Abbildung 29). Die im Tagesverlauf und in der Nacht auf den 02. Juni veröffentlichten Scheitelwerte betragen hier 200-350 cm und lagen somit zeitweise über dem tatsächlich eingetretenen Wert von 281 cm (=93 m<sup>3</sup>/s).

In Abbildung 30 sind die Entwicklungsbandbreiten für zwei weitere Unwettersituationen dargestellt. Das Beispiel für den Pegel Altenbamburg zeigt, dass am 30. Mai auch an der Alsenz je nach Wetterentwicklung ein Jahrhunderthochwasser hätte auftreten können. Die höchsten Abflüsse im Bereich von 100-120 m<sup>3</sup>/s entsprechen hier einem mindestens 100-jährlichen Ereignis. Die am 29. Mai veröffentlichten Wasserstandvorhersagen schwankten stark und lagen zwischen 140 und 390 cm (= 6-70 m<sup>3</sup>/s), der tatsächlich eingetretene Maximalwasserstand betrug 332 cm.

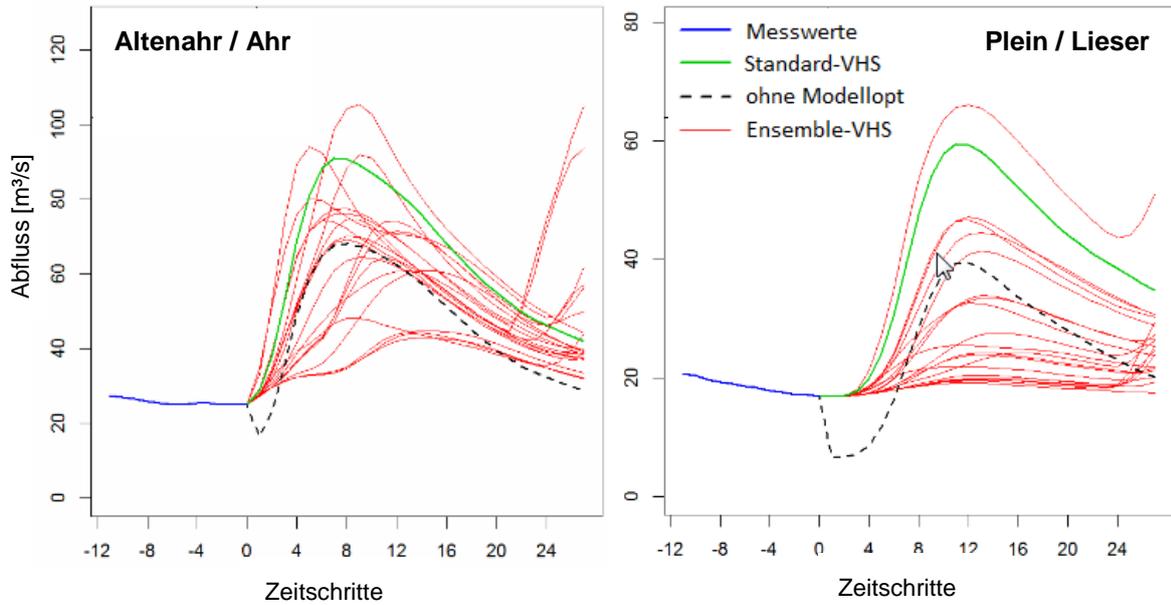


Abbildung 29: Abfluss-Vorhersagen für 21 mögliche Wetterentwicklungen ab 01. Juni 2016 18 Uhr MEZ (= Zeitschritt 0) für die Pegel Altenahr (links) und Plein (rechts). Tatsächlich eingetretene Scheitelwerte: 236 m³/s = 371 cm (Altenahr) und 93 m³/s = 281 cm (Plein)

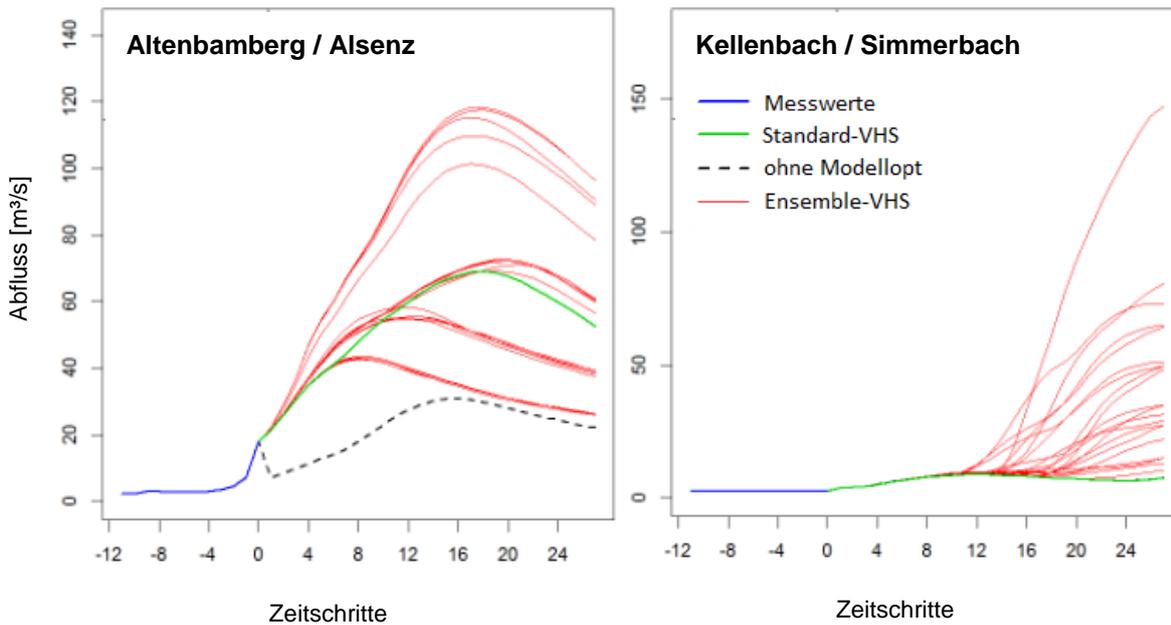


Abbildung 30: Abfluss-Vorhersagen für 21 mögliche Wetterentwicklungen ab 30. Mai 06 Uhr MEZ (links, Pegel Altenbamburg) und ab 24.06. 13 Uhr MEZ (rechts, Pegel Kellenbach). Tatsächlich eingetretene Scheitelwerte: 51 m³/s (Altenbamburg) und 135 m³/s (Kellenbach)

Das am Simmerbach am 25.06. aufgetretene Hochwasser war in den Ensemblevorhersagen bereits 24 Stunden vorher absehbar, die Eintrittswahrscheinlichkeit war jedoch sehr gering (Abbildung 29). Lediglich eine der 21 möglichen Wettervorhersagen beinhaltete den das Hochwasser verursachenden Starkregen in ähnlicher Form wie dann tatsächlich eingetreten. Die am 24./25. Juni veröffentlichten Vorhersagen lagen zwischen 140 und 250 cm (= 14-90 m<sup>3</sup>/s), der tatsächlich eingetretene Hochwasserscheitel bei 282 cm.

Die Herausforderungen hinsichtlich der Wasserstandvorhersage an den kleinen Flüssen war es, zu erkennen, an welchen Pegeln sich die gegebenenfalls vorliegenden Hinweise auf extreme Hochwasser verdichten und wie die Wahrscheinlichkeit eines solchen extremen Hochwassers einzuordnen ist. In den meisten Fällen waren die größeren Hochwasser nicht anhand der Wettervorhersage absehbar sondern erst nachdem größere Mengen an Niederschlag gemessen waren. Somit wurde eine Vielzahl von zusätzlichen Berechnungen größtenteils unter Verwendung von gemessenen Radarniederschlägen durchgeführt. Teilweise wurden während des Anstiegs der Hochwasserwelle sehr große Unterschiede zwischen aufeinanderfolgenden Wasserstandvorhersagen festgestellt. In diesen Zeiten kann bereits gefallener Niederschlag noch in der aktuell vorliegenden, alle drei Stunden aktualisierten Wettervorhersage enthalten sein, wodurch sich der Niederschlag verdoppelt und die Wasserstandvorhersage sprunghaft ansteigt. Der DWD plant, zukünftig jede Stunde Wettervorhersagen bereitzustellen, die an gegebenenfalls bereits gefallenem Niederschlag angepasst sind. Zudem wird laufend daran gearbeitet, die Datenbereitstellung zu beschleunigen.

### 3.3 Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete

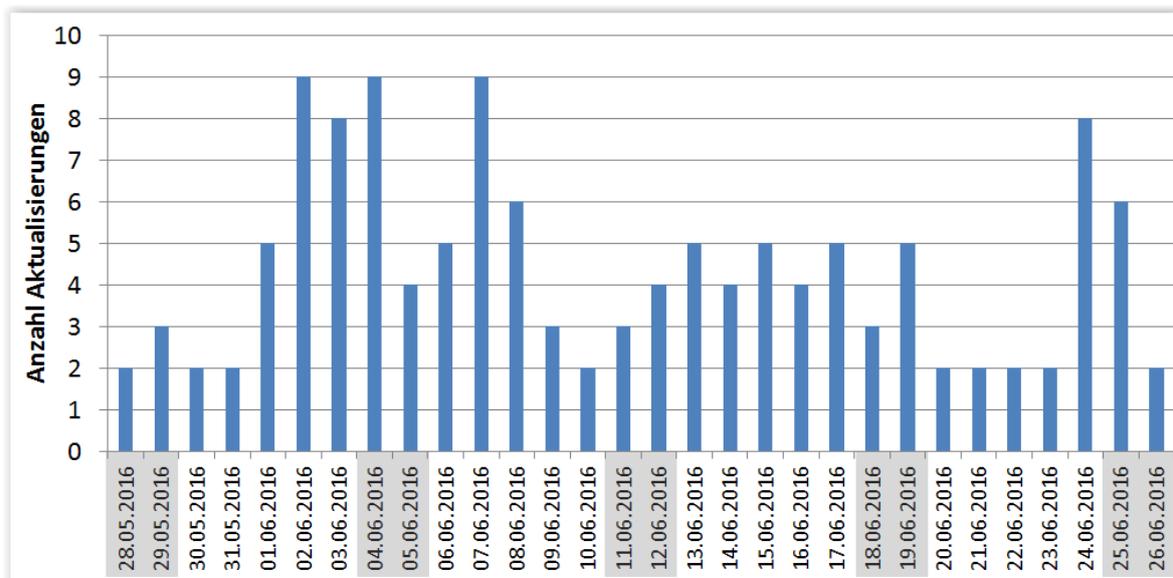
In kleinen Einzugsgebieten (< etwa 200 km<sup>2</sup>) ist die Zeitspanne zwischen Regenereignis und Hochwasserwelle zu kurz, um Wasserstände an Pegeln zentimetergenau vorherzusagen zu können. Es kann jedoch für größere Regionen abgeschätzt werden, wie groß die aktuelle Hochwassergefahr an den kleinen Flüssen ist, ohne dass Ort, Zeitpunkt und Höhe der Hochwasserwelle genau angegeben werden müssen. Am LfU wurde eine derartige regionsbezogenen Hochwasserfrühwarnung im Jahr 2008 eingerichtet, die die pegelbezogenen Vorhersagen an den großen Flüssen und die Wetterwarnungen des DWD ergänzt. Die Warnungen beziehen sich auf Einzugsgebiete zwischen 10 und 500 km<sup>2</sup> und werden in Form einer farblich eingefärbten Frühwarnkarte auf der Internetseite des Hochwassermelddienstes ([www.hochwasser-rlp.de](http://www.hochwasser-rlp.de)) veröffentlicht.

Eingangsdaten für die den Hochwasserwarnungen zugrunde liegenden Berechnungen sind gemessene Klimadaten (u.a. Niederschläge), unterschiedliche Kurzfrist-Wettervorhersagen (Vorhersagezeitraum 27 Stunden) und Messwerte von gegebenenfalls vorhandenen Pegeln. Bei der Berechnung werden die oben bereits beschriebenen 21 möglichen Wetterentwicklungen berücksichtigt. Während die Warnungen des DWD auf aktuell zu erwartenden Wettererscheinungen (z.B. Gewitter oder Starkregen) beruhen, berücksichtigt die Hochwasserfrühwarnung auch die sogenannte Hochwasserdisposition, d.h. die aktuelle Bodenfeuchte, eine gegebenenfalls vorhandene Schneedecke, die unterschiedliche Reaktion der Einzugsgebiete aufgrund von unterschiedlicher Topographie und Landnutzung sowie den Ablauf der Hochwasserwelle und deren Überlagerung in Bächen und Flüssen. Die aktuelle Hochwassergefahr wird mittels hydrologischer Kennwerte abgestuft, so

bedeutet z.B. die Einfärbung orange, dass ein Hochwasser auftreten kann, das im Mittel alle 10 bis 20 Jahre vorkommt.

Die Wetterwarn- und Hochwasserfrühwarnkarte können unterschiedlich eingefärbt sein, da vor unterschiedlichen Gefahren und somit nach unterschiedlichen Kriterien gewarnt wird. Die Wettergefahren „Starkregen“ und „Dauerregen“ müssen nicht zwangsläufig mit der Gefahr „Flusshochwasser“ verbunden sein. Oft ist es so, dass größere Mengen des Niederschlags im Boden gespeichert werden, das Einzugsgebiet damit dämpfend wirkt und die Hochwasserwelle relativ niedrig ist. Trotz eines vorhergesagten Starkregens kann die Hochwassergefahr dann nur gering sein. Die Wetterwarnung wäre in diesem Fall beispielsweise rot, die Hochwasserfrühwarnung in derselben Region jedoch nur gelb. Aber auch der umgekehrte Fall ist möglich: Ein mäßiger Niederschlag fällt auf nassen oder gar gesättigten oder sogar schneebedeckten Boden. In diesem Fall kann die Hochwassergefahr höher liegen als die meteorologische Warnung erwarten lässt. Unterschiedliche Warnfarben in Wetter- und Frühwarnkarte können auch durch die zeitliche Verzögerung zwischen dem Regenereignis und der Hochwasserwelle begründet sein. So wird die Wetterwarnung vor Starkregen aufgehoben, sobald der Regen gefallen ist, während die Frühwarnkarte wegen der sich erst nach dem Niederschlagsereignis bildenden Hochwasserwellen noch längere Zeit eingefärbt sein kann.

Die Hochwasserfrühwarnkarte wird standardmäßig zweimal täglich aktualisiert (gegen 09:30 Uhr und gegen 15:30 Uhr gesetzlicher Zeit). Die am LfU jeweils für die Hochwasserfrühwarnung zuständige Person bewertet die Berechnungsergebnisse und kann nach Einschätzung der Gesamtsituation die Hochwassergefahr für einzelne Warnregionen höher oder niedriger einstufen als es die Berechnungsergebnisse anzeigen. Während der Unwetterperioden im Mai und Juni wurde die Frühwarnkarte bis zu 9mal täglich aktualisiert (Abbildung 31). Um auch in den Abend- und Nachtstunden Änderungen der Gefahrenlage erkennen und die Frühwarnkarte entsprechend aktualisieren zu können, wurde für den 01.-09.06. und für den 24./25.06. eine Nacht-Rufbereitschaft eingerichtet (Abbildung 27). In dieser Zeit verfolgten die Mitarbeiter des Hochwassermeldedienstes auf freiwilliger Basis die Wetterentwicklung und Hochwassergefahrenlage häufiger und aktualisierten die Frühwarnkarte teilweise stündlich.

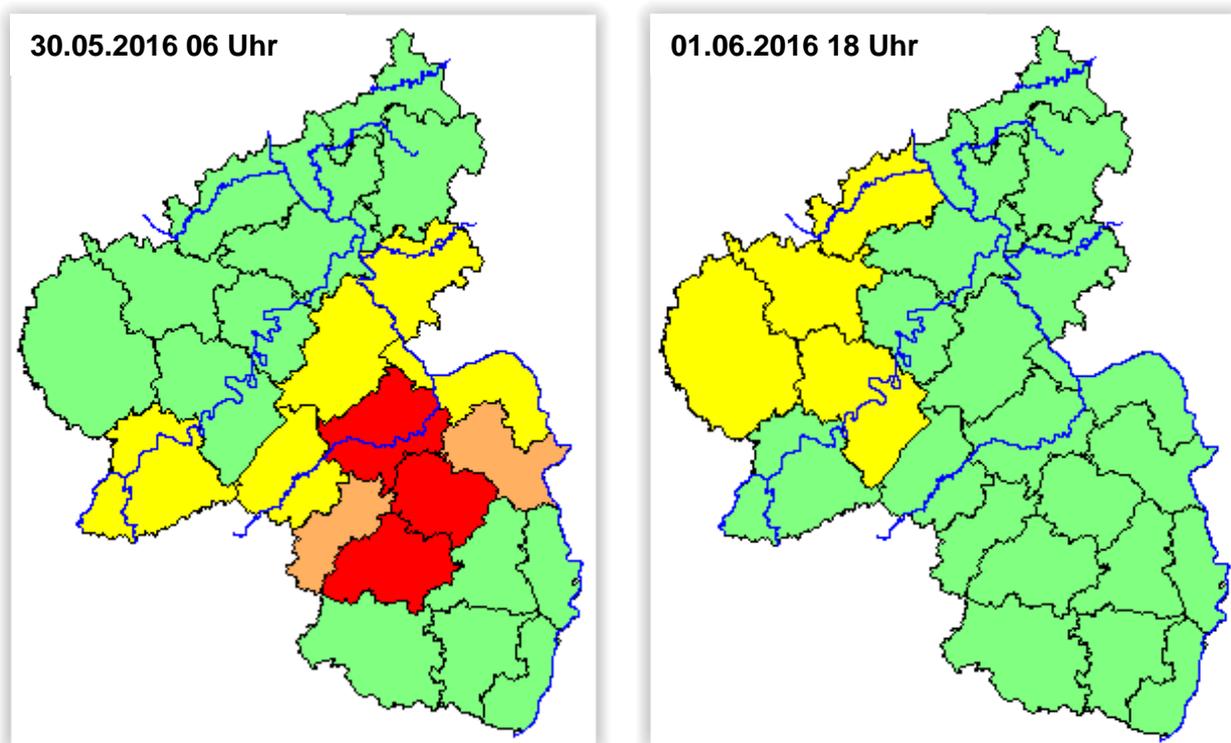


**Abbildung 31: Häufigkeit der Aktualisierung der Hochwasserfrühwarnkarte zwischen dem 28.05.2016 und 26.06.2016**

Vom 27. Mai bis zum 26. Juni 2016 war das Witterungsgeschehen durch wiederholte und weit verbreitet auftretende Gewitter gekennzeichnet. Ausmaß und Dauer des Unwettergeschehens waren dabei absolut außergewöhnlich (vgl. Kapitel 1). Am 30. Mai kam es infolge mehrerer Starkregenereignisse an zahlreichen kleinen Flüssen zu Hochwasser (Unterkapitel 2.3). Am Abend des 29. Mai waren auf der Frühwarnkarte die Landkreise Donnersberg und Kaiserslautern orange eingefärbt (= Warnung vor 10- bis 20-jährlichem Hochwasser), zahlreiche weitere Landkreise waren gelb eingefärbt. Am Morgen des 30. Mai wurde für die genannten Landkreise sowie für den Landkreis Bad Kreuznach vor 20- bis 50-jährlichen Hochwassern gewarnt (rote Einfärbung in Abbildung 32). Gegen 12 Uhr MESZ wurde der Hochwassermeldedienst im Hochwassermeldezentrum Nahe-Lahn-Sieg eröffnet, da der Wasserstand an den Meldepegeln Martinstein (Nahe) und Odenbach (Glan) über die Meldehöhen angestiegen war. Lokal führten die Starkregen zu Überschwemmungen und extremen Wasserständen in kleinen Gerinnen. Die an Pegeln gemessenen Wasserstände lagen jedoch nur in sehr wenigen, relativ kleinen Einzugsgebieten oberhalb eines 10-jährlichen Ereignisses (Tabelle 3).

In den Morgenstunden des 02. Juni traten an Ahr und Lieser-Oberlauf 100-jährliche Hochwasser auf. Am Abend des 01. Juni waren die Landkreise Ahrweiler, Vulkaneifel, Bitburg-Prüm und Bernkastel-Wittlich jedoch nur gelb eingefärbt, was einer Warnung vor einem 2- bis 10-jährlichen Hochwasser entspricht (Abbildung 32). Die Unterschätzung der Hochwassergefahr am Abend des 01. Juni resultierte aus der hohen Unsicherheit der Niederschlagsvorhersage in Kombination mit, in diesem Fall, ungünstigen Zeitpunkten für die Vorhersageberechnungen. Aus Tabelle 4 sind die zeitlichen Verzögerungen durch die Datenbereitstellung und Vorhersageberechnung ersichtlich. Die für das Mosel-Einzugsgebiet wichtigen französischen Messdaten werden mindestens viermal pro Tag mit einer zeitlichen Verzögerung von 1:40 h geliefert. Die Messdaten aus Deutschland liegen bereits deutlich früher vor (spätestens 1:10 h nach dem letzten Messzeitpunkt). Die Ensemblewet-

tervorhersagen (21 unterschiedliche Kurzfrist-Wettervorhersagen) liegen etwa 2:20 h nach dem Vorhersagezeitpunkt vor, die Standard-Wettervorhersage (eine einzige Wettervorhersage) bereits 1:10 h nach dem Vorhersagezeitpunkt. Für die Datenverarbeitung, Vorhersageberechnung und Vorhersagebewertung am LfU werden mindestens 20 Minuten benötigt. Die im Internet bereitgestellten Frühwarnkarten beziehen sich also immer auf Wettervorhersagen, die mindestens zwei Stunden alt sind. Zudem können die in der letzten Stunde vor dem Veröffentlichungszeitpunkt gefallenen Niederschläge nicht mehr berücksichtigt werden. Für das Beispiel des Ahr-Hochwassers bedeutet dies, dass bei der um 20:30 Uhr MEZ veröffentlichten Frühwarnkarte relativ alte Wettervorhersagen verwendet wurden und die etwa ab 18 Uhr MEZ gefallenen Niederschläge nicht berücksichtigt werden konnten. Grundsätzlich ist jedoch festzuhalten, dass die um 20:30 bereitgestellte Frühwarnkarte ein zusätzliches Warnprodukt war, da die Frühwarnkarte in der Regel nur während der normalen Dienstzeiten der LfU-Mitarbeiter aktualisiert wird. Der Hochwassermeldedienst arbeitet laufend an einer Beschleunigung von Datentransfer und Berechnungen sowie der Optimierung der Berechnungszeitpunkte.



**Abbildung 32: Frühwarnkarten vom 30.05.2016 (links) und 01.06.2016 (rechts) mit Hochwassergefahr für die kommenden 24 Stunden (grün = geringe, gelb = mäßige, orange = mittlere, rot = hohe Hochwassergefahr).**

**Tabelle 4: Zeitpunkte der Bereitstellung von Messwerten und Vorhersagen (Uhrzeiten in MEZ)**

Datum im Jahr 2016	Messdaten		Ensemble- Wettervorhersagen		Abflussvorhersage		Internet
	Mess- werte bis	Bereit- stellung	Vorher- sage ab	Bereit- stellung	Vorher- sage ab	Bereit- stellung	Bereit- stellung
30.Mai	06:00	07:40	01:00*	03:20*	06:00	08:30	08:40
01.Juni	18:00	19:40	13:00	15:10	18:00	20:20	20:30

\*Standard-Wettervorhersage: Vorhersage ab 04:00 Uhr und Bereitstellung um 05:10 Uhr

Bei derartigen Gewittern und Starkregen wie im Mai/Juni 2016 stoßen die Wetterwarn-dienste und alle nachgeschalteten Warndienste an die Grenzen der Vorhersagbarkeit (Titz, 2012; Nester, 2015). Die meteorologischen Vorhersageberechnungen, die als Eingangsda-ten für die hydrologischen Vorhersagen genutzt werden, erlauben oft nur Regionen mit erhöhtem Gewitterpotential zu identifizieren. Die genauere Vorhersage wo und wann sich ein Gewitter entwickelt und welche Stärke es haben wird, ist meist nur sehr kurzfristig mög-lich (z.B. erst eine halbe Stunde vorher) und auch dann noch mit Unsicherheiten behaftet. Diese sehr kurzfristigen Wetterwarnungen können sowohl aus Zeitgründen als auch auf-grund ihres eher qualitativen Charakters nicht für die hydrologischen Berechnungen ge-nutzt werden. In diesem Fall muss die Hochwasserfrühwarnung auf Messdaten des gefal-lenen Niederschlags „warten“, die aufgrund der Kleinräumigkeit der Gewitter ebenfalls mit Unsicherheiten behaftet sind. Abschließend ist festzuhalten, dass die Warnung vor Gewit-tern mit kleinräumigem Starkregen und damit verbundenen lokalen Überschwemmungen nicht Teil der Hochwasserfrühwarnung ist und es aus den oben geschilderten Gründen auch zukünftig nicht sein kann. Die Hochwasserfrühwarnung warnt vor Flusshochwassern an kleinen Flüssen mit einem Einzugsgebiet von mindestens 10 km<sup>2</sup>.

In Kürze sind folgende Weiterentwicklungen der Frühwarnung für kleine Einzugsgebiete zu erwarten:

- Häufigere Aktualisierung geprüfter Frühwarnkarten im Internet
- Einrichtung einer Nacht-Rufbereitschaft bei drohenden Starkregenvetterlagen
- Abschätzung der Hochwassergefahr für Flussgebiete und nicht mehr für Landkreise
- Benachrichtigung von Kreisverwaltungen bei drohenden mindestens 10-jährlichen Hochwassern (bei orange, roter oder lila Warnung)
- Aktive Warnung über die App KATWARN bei drohenden mindestens 10-jährlichen Hochwassern
- Genauere Hinweise auf den Unterschied zwischen Wetterwarnung und Hochwas-serfrühwarnung

Einige Weiterentwicklungen wurden durch die Erfahrungen während der jüngsten, sehr ungewöhnlichen Unwetterphase angestoßen, andere sind jedoch schon länger in Vorberei-tung, so dass die Umsetzung zeitnah erfolgen wird. Entsprechende Ankündigungen sind der Internetseite [www.hochwasser-rlp.de](http://www.hochwasser-rlp.de) zu entnehmen.



## 4 UNTERLAGEN

Bartels, H., Dietzer, B., Malitz, G., Albrecht, F. M. und Guttenberger, J. (2005): KOSTRA-DWD-2000 Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 – 2000) - Fortschreibungsbericht, Deutscher Wetterdienst, Offenbach

Deutscher Wetterdienst (2016a): Andauernde Großwetterlage Tief Mitteleuropa entfaltet Ihr Unwetterpotential mit starken Gewittern und massiven Schadensgeschehen in Deutschland, Bericht, Stand 03.06.2016, Online unter:

[http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160603\\_starkregen\\_mai-2016\\_meldung.html](http://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20160603_starkregen_mai-2016_meldung.html)

Deutscher Wetterdienst (2016b): Ausfallzeiten des Radars Neuheilenbach vom 27.05. bis 08.06.2016, persönliche Kommunikation

Deutscher Wetterdienst (2016c): Beurteilung des Starkregenereignisses im Raum Mutterstadt am 28.05.2016, persönliche Kommunikation

Deutscher Wetterdienst (2016d): WitterungsReport Express April 2016.

Deutscher Wetterdienst (2016e): WitterungsReport Express Mai 2016.

Dobler, L., Hinterding, A. und Gerlach, N. (2004): INTERMET Interpolation stündlicher und tagesbasierter meteorologischer Parameter – Gesamtdokumentation, unveröffentlicht

Francke, V., Jagodzinski, A. & Meurer, C. (2016): Ahr-Pegel erreicht neuen Rekordwert. General-Anzeiger Bonn vom 02.06.2016. Online unter: <http://www.general-anzeiger-bonn.de/region/ahr-und-rhein/mehr-ahr-und-rhein/Ahr-Pegel-erreicht-neuen-Rekordwert-article3269950.html>

Gerlach, N. (2006): INTERMET – Interpolation meteorologischer Größen, Veranstaltungen 3/2006 Niederschlag-Abfluss-Modellierung zur Verlängerung des Vorhersagezeitraumes operationeller Wasserstands- und Abflussvorhersagen, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

Johst, M., Demuth, N. & Meuser, A. (2016): Risikoabschätzung und Risikokommunikation im Hochwassermeldedienst Rheinland-Pfalz. In: Wernecke, G., Ebner v. Eschenbach, A., Strunck, Y., Kirschbauer, L. & Müller, A. (Hrsg.): Wasserressourcen – Wissen in Flussgebieten vernetzen. Forum f. Hydrologie u. Wasserbewirtschaftung, Heft 37.16. S.295 – 302.

Johst, M. (2016): Abschätzung und Darstellung der Vorhersageunsicherheit im Hochwassermeldedienst. In: LfU (2016): Jahresbericht 2015. S.78 – 82. Online unter: <http://www.lfu.rlp.de/Service/Downloads/Jahresberichte/>

Nestler, R. (2015): Warum die Vorhersage von Gewittern so schwer ist. DER TAGES-SPIEGEL vom 08.06.2015. Online unter: <http://www.tagesspiegel.de/wissen/unzuverlaessige-unwetter-warum-die-vorhersage-von-gewittern-so-schwer-ist/11887264.html>

Schmidt, V. (2016): Zufahrten zu Campinginseln an Mosel überflutet. Rhein-Zeitung Koblenz vom 02. Juni 2016. Online unter: [http://www.rhein-zeitung.de/region/lokales/koblenz\\_artikel,-zufahrten-zu-campinginseln-an-mosel-ueberflutet-\\_arid,1494450.html](http://www.rhein-zeitung.de/region/lokales/koblenz_artikel,-zufahrten-zu-campinginseln-an-mosel-ueberflutet-_arid,1494450.html)

Titz, S. (2012): Wie entstehen Gewitter und warum geht die Vorhersage oft schief? Welt der Physik. Online unter: <http://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/klima-und-wetter/gewitterentstehung-und-vorhersage/>

**Wir danken für die Bereitstellung von Bildmaterial:**

Südwestrundfunk (SWR)

Wasserschutzberatung DLR Rheinpfalz, Lothar Rebholz

Freiwillige Feuerwehr Gaugrehweiler, Torsten Wagner

SGD Nord, Abteilung Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Bodenschutz,  
Regionalstelle Koblenz

ahr-foto, Hans-Jürgen Vollrath

Rhein-Zeitung