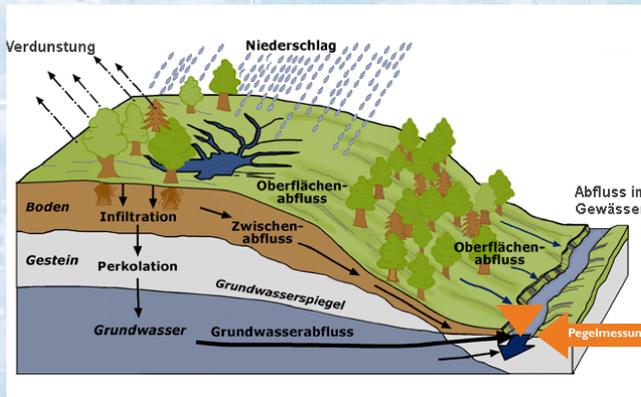


## Pegelbezogene Hochwasservorhersage

### 1. Vom Niederschlag zum Abfluss



Der Niederschlag, der in einem Gebiet fällt, führt nach einer gewissen Zeit zu einem erhöhten Abfluss und damit zu einem Anstieg des Wasserstands im Gewässer. Wie schnell und wie hoch der Wasserstand steigt, hängt - neben der Niederschlagsmenge - von der Größe des Einzugsgebietes, der Geologie, dem Gefälle und der Speicherfüllung der Böden ab.

An einem Pegel, d.h. einem bestimmten Punkt im Gewässer, werden regelmäßig und automatisch Wasserstände gemessen. Diese Wasserstände sind für die lokalen Einsatzkräfte von Interesse, z. B. um zu entscheiden, wann bestimmte Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden müssen.



### 2. Vorausschauende Planung

Steigt der Wasserstand am Pegel über eine bestimmte Meldehöhe an, müssen Entscheidungen getroffen werden, z.B.:

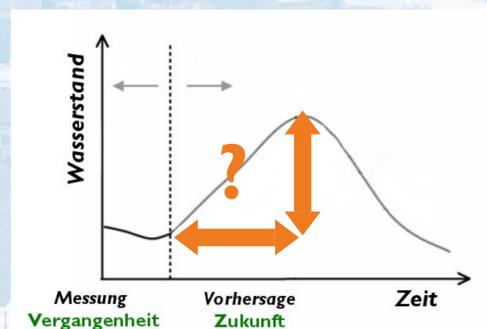
- Sollen im Laufe des Tages die mobilen Schutzwände aufgestellt werden?
- Welche Straßenabschnitte werden eventuell überflutet und müssen gesperrt werden?
- Sind bestimmte Stadtteile oder Gewässerabschnitte von Evakuierungen betroffen?

Um diese Fragen beantworten zu können, werden mathematische Vorhersagemodelle genutzt.

Die Modelle berechnen Niederschlags-Abfluss-Prozesse. Hierfür benötigen sie zum einen aktuelle Messdaten (z.B. Niederschlag, Lufttemperatur, Wasserstände an den Pegeln), um den aktuellen Gebietszustand zu ermitteln. Zum anderen kommen die Wettervorhersagen der meteorologischen Dienste (DWD, Météo France) zum Einsatz. Als Ergebnis liefern die Modelle eine Vorhersage des Wasserstands an den Pegeln.



### 3. Was ist eine Vorhersage?



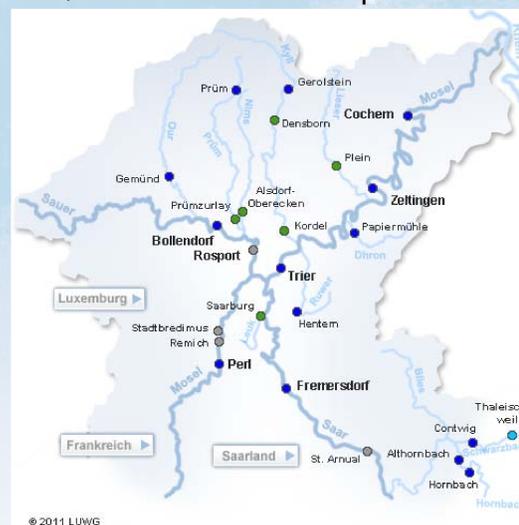
Mit Hilfe der Wasserhaushaltsmodelle können die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Wie schnell und wie hoch wird der Wasserstand am Pegel in den nächsten Stunden bzw. Tagen steigen?
- Wie hoch wird der maximale Wasserstand sein?
- Wann wird der maximale Wasserstand erreicht?

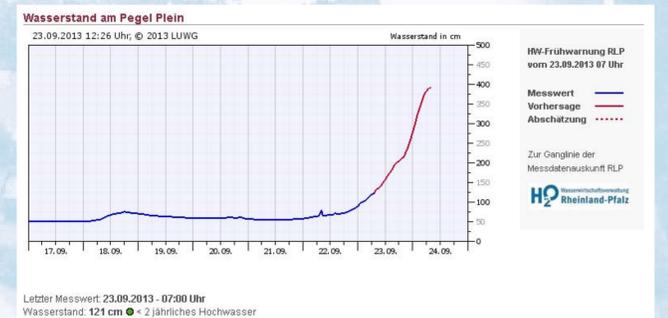
Die Vorhersage ist also eine Prognose des Wasserstands in der Zukunft.

### 4. Wo sind die Informationen zu finden?

In Rheinland-Pfalz gibt es drei Hochwassermeldezentren (für Rhein, Mosel und Nahe/Lahn/Sieg), die regelmäßig und zeitnah die aktuellen Messungen und Vorhersagen der Wasserstände veröffentlichen. Die Information der Öffentlichkeit erfolgt dabei via Internet ([www.hochwasser-rlp.de](http://www.hochwasser-rlp.de)), Videotext, Rundfunk, Mobilfunk oder Smartphone-Anwendung.



© 2011 LUWG  
Hochwassermeldungen für Mosel/Saar/Sauer  
Ausgegeben vom Hochwassermeldezentrum MOSEL in Trier



Für ausgewählte Pegel werden Wasserstandsvorhersagen (für die nächsten 24 Stunden) sowie Abschätzungen (für die nächsten Tage) zur Verfügung gestellt.



## Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete

### 1. Warum Hochwasserfrühwarnung?

- Extreme Hochwasserereignisse verursachen auch an mittleren und kleinen Gewässern Schäden in Millionenhöhe.
- In Abhängigkeit von der aktuellen Bodenfeuchte und den jeweiligen Gebietseigenschaften reagieren Einzugsgebiete sehr unterschiedlich auf Niederschlagsereignisse.
- Diese sog. „Hochwasserdisposition“ wird bei den Unwetter- und Starkregenwarnungen der meteorologischen Dienste jedoch nicht berücksichtigt.



Hochwasser an der Lieser in Wittlich, 2011  
Fotos: www.volksfreund.de

### 2. Was ist die Besonderheit in kleinen Einzugsgebieten?

- In kleinen Einzugsgebieten ist die Reaktionszeit vom Niederschlagsereignis bis zum Hochwasser kurz.
- Kleinräumige Starkniederschläge können nur schwer genau vorhergesagt werden, sind aber oft verantwortlich für lokale Hochwasserereignisse.
- ➔ Die Unsicherheiten der Vorhersage sind in kleinen Einzugsgebieten sehr hoch. Zentimeter- und ortsgenaue Abflussvorhersagen sind hier nicht möglich.

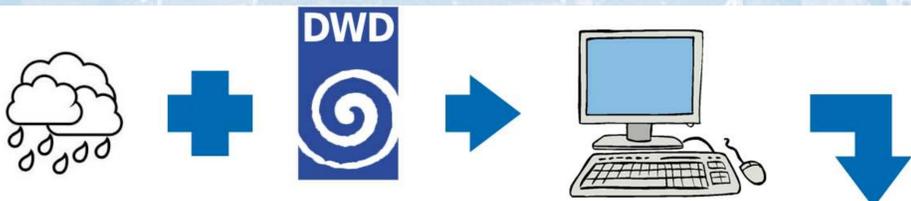


Für kleine Einzugsgebiete (< 300 km<sup>2</sup>) wird deshalb eine Hochwasserfrühwarnung als regionsbezogene Hochwasservorhersage zur Verfügung gestellt.

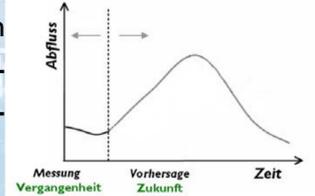


### 3. Vorgehen

Die Hochwasserfrühwarnung basiert auf dem gleichen Prinzip wie die pegelbezogene Hochwasservorhersage für die größeren Gewässer:



Aktuelle Messdaten sowie die Wettervorhersagen werden von Modellen benutzt, um Abflussvorhersagen für die nächsten Stunden und Tage zu berechnen.



#### ABER:

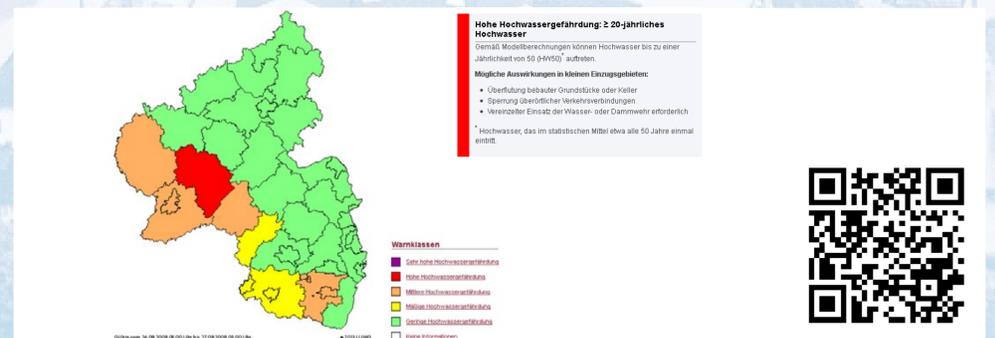
- Aufgrund der hohen Unsicherheiten sind in kleinen Einzugsgebieten **keine ortsspezifischen und zentimetergenauen Wasserstandsvorhersagen** möglich.
- Stattdessen wird eine Warnung für eine **Region** ausgesprochen, wenn der vorhergesagte Abfluss an mehreren Flussabschnitten einen bestimmten Grenzwert überschreitet.
- Warnregionen sind die **Stadt- und Landkreise**.
- Die Warnung erfolgt in **5 Warnklassen** und bezieht sich auf die Jährlichkeit der maximal vorhergesagten Abflüsse.

Für einen Flussabschnitt im Bereich Plein / Lieser sind z. B. die folgenden Abflusskennwerte zur Einteilung in die verschiedenen Warnklassen ausschlaggebend:

Jährlichkeit	Abfluss in m <sup>3</sup> /s	Warnklasse - Hochwassergefährdung
< 2	71,1	gering
> 2	71,1	mäßig
> 10	112	mittel
> 20	130	hoch
> 50	150	sehr hoch

### 4. Das Frühwarnsystem

Die Hochwasserfrühwarnkarte ist das Kernstück der Hochwasserfrühwarnung. Hier wird die mögliche Hochwassergefahr der nächsten 24 Stunden für die Warnregionen dargestellt.



#### ACHTUNG:

- Die Hochwasserfrühwarnung bezieht sich nur auf die kleinen Einzugsgebiete! Wenn z. B. die Moselzuflüsse nach Starkregen Hochwasser führen, kann für die Kreise und Städte entlang der Mosel die Warnstufe hoch oder sehr hoch gelten, während für die Mosel selbst keine Hochwassergefahr gemeldet wird.
- Die Übertragung auf die lokale Hochwassergefährdung, d. h. die Interpretation der vorhergesagten Jährlichkeiten und die daran anschließende Planung der notwendigen Maßnahmen muss vor Ort erfolgen!



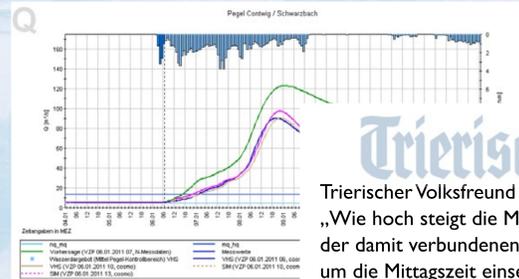
Unwetter und Überschwemmungen im Ruwertal, Juli 2012  
(Fotos: Tobias Senzig)



## Unsicherheiten in der Abflussvorhersage

### Wie funktioniert die Abflussvorhersage?

- Computermodelle berechnen den Wasserhaushalt in einem Gebiet. So kann man ermitteln, welcher Anteil des Niederschlages wann, wo und wie schnell zum Abfluss im Gewässer beiträgt.
- Die Wettervorhersagen der Wetterdienste (DWD, Météo France) werden von diesen Modellen genutzt, um die zukünftigen Wasserstände vorherzusagen.



### Trierischer Volksfreund

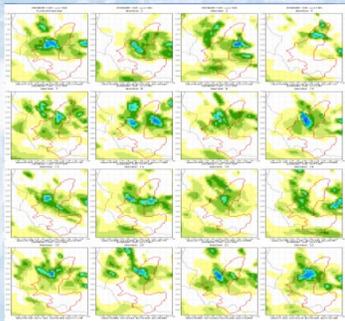
Trierischer Volksfreund vom 6. Januar 2011:  
„Wie hoch steigt die Mosel angesichts der steigenden Temperaturen, der damit verbundenen Schneeschmelze und des Regens, der gestern um die Mittagszeit einsetzte? Das Hochwassermeldezentrum Mosel in Trier schließt für Samstag und Sonntag einen Pegel (gemessen in Trier) zwischen neun und zehn Metern nicht aus. Zum Vergleich: Das Weihnachtshochwasser 1993, die größte Flut seit über 100 Jahren, erreichte in Trier einen Pegel von 11,28 Metern.“

Aber: Es gibt **UNSIHERHEITEN** in der Abflussvorhersage!

### Wo kommen die Unsicherheiten her?

#### Unsicherheiten in der Wettervorhersage

Es ist schwierig, die gesamte Komplexität der atmosphärischen Prozesse in der Wettervorhersage zu berücksichtigen. Um die Unsicherheiten einzuzugrenzen, verwenden die Wetterdienste daher verschiedene Modelle für die Vorhersage. Diese werden kontinuierlich weiterentwickelt und verbessert, eine Restunsicherheit bleibt jedoch bestehen. Unsicherheiten gibt es bzgl. der Niederschlagsmenge, des Niederschlagszeitpunkts und des vorhergesagten Ortes des Niederschlags.

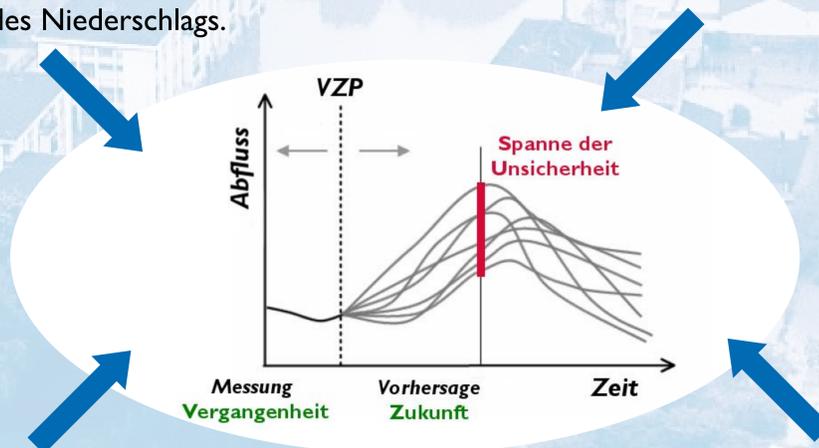


© S.Theis, DWD 2009

#### Modellstruktur und Parametrisierung

Ein Wasserhaushaltsmodell kann die Prozesse in einem Einzugsgebiet nicht perfekt abbilden, sondern muss Vereinfachungen annehmen, um sie mit mathematischen Formeln nachbilden zu können. So wird beispielsweise die kleinräumige, heterogene Struktur von Böden im Modell durch größere räumliche Bodeneinheiten, die gleichförmig aufgebaut sind und standardisierte Bodenkennwerte besitzen, vereinfacht.

Die Parameter in einem Wasserhaushaltsmodell müssen so angepasst werden, dass die Reaktion eines Gebietes auf Niederschlagsereignisse optimal wiedergegeben werden kann. Für diese sog. Kalibrierung braucht man Messdaten von größeren Abflussereignissen aus der Vergangenheit, die jedoch oftmals nicht ausreichend zur Verfügung stehen.



#### Fehlerhafte Eingangsdaten

Teilweise sind die Messdaten, die in das Vorhersagemodell einfließen, bereits fehlerbehaftet. Vereisung oder Hochwasser können falsche Wasserstandsangaben verursachen. Schwierigkeiten bei der Messung der Schneehöhen oder Sturm können außerdem zu fehlerhaften Niederschlagsmessungen führen.

#### Betrieb des Modells

Probleme im Modellbetrieb können durch Datenausfälle, Messnetzprobleme oder Störungen im Datentransfer entstehen. Für den operationellen Betrieb müssen außerdem die anthropogenen Eingriffe in das Abflussgeschehen berücksichtigt werden. Die Steuerung von Stauhaltungen (Talsperren, Überflutungsflächen, Wehre) ist dabei von Bedeutung, z. B. können Polderflutungen den zu erwartenden Höchstwasserstand erheblich senken.

Je länger der Vorhersagezeitraum ist, desto unsicherer werden die Vorhersagen.

Je nach Wetterlage, Größe und Beschaffenheit des Flussgebietes können die Vorhersagen kleinere oder größere Unsicherheiten aufweisen.

## Unsicherheiten in der Abflussvorhersage

Im Hochwasserfall müssen von Behörden, von den Einsatzstellen vor Ort oder auch von den direkt betroffenen Bürgern eine Reihe von Entscheidungen getroffen werden. Dabei stehen die Abflussvorhersagen der Hochwassermeldedienste im Fokus der Aufmerksamkeit. Abflussvorhersagen sind jedoch immer mit Unsicherheiten behaftet, die bei den zu treffenden Entscheidungen berücksichtigt werden müssen.

Aktuell werden von den Vorhersagezentralen neue Kommunikationsformen und -wege diskutiert, wie die Unsicherheiten am besten dargestellt werden können, damit sie für alle Beteiligten verständlich und anwendbar sind.

Neben der eigentlichen Vorhersage des Abflusses soll es in Zukunft eine Angabe darüber geben, wie sicher bzw. wie wahrscheinlich der vorhergesagte Wert ist oder welche Schwankungsbreiten nach oben oder unten möglich sind.

### Wie kann man mit Unsicherheiten umgehen?



**Bürger XY:**  
Sollte ich meinen Keller vorsorglich leer räumen? Soll ich meine Möbel in den ersten Stock tragen?



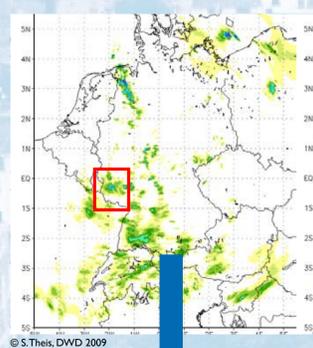
**Sportverein:**  
Sollen wir unsere Kajak-Meisterschaft besser absagen?

**Feuerwehr:**  
Müssen wir uns heute auf die Evakuierung von Menschen und die Räumung eines Stadtteils vorbereiten? Müssen wir Sandsäcke bereit halten?



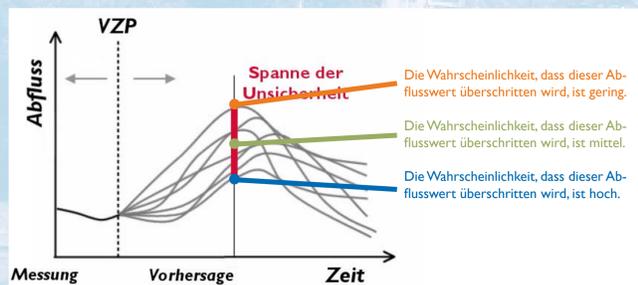
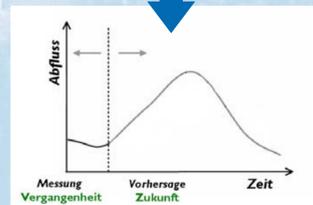
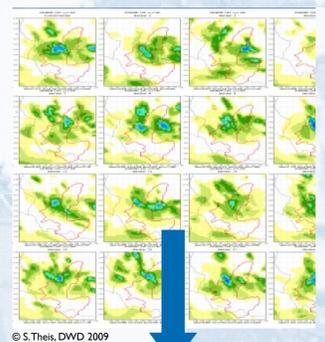
**Talsperrenverwaltung:**  
Sollen wir unsere Talsperren vorsorglich ablassen, damit sie im Hochwasserfall mehr Wasser aufnehmen können?

**Kraftwerksbetreiber:**  
Wie müssen wir den operationellen Betrieb unserer Kraftwerke in den nächsten Stunden oder Tagen steuern?

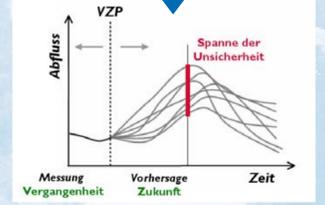


### Wie kann man Unsicherheiten quantifizieren?

Die Güte der Abflussvorhersage steht und fällt mit der Güte der Niederschlagsvorhersage. Um die Unsicherheiten der Niederschlagsvorhersage zu ermitteln, werden deshalb mehrere Wettervorhersagen (sog. ENSEMBLES) eingesetzt. Neben der Niederschlagsvorhersage sind noch andere Faktoren für die Unsicherheit in der Abflussvorhersage verantwortlich (Fehler in den Messdaten, Modellstruktur und Parametrisierung). Diese werden ebenfalls mit Ensembles oder statistischen Methoden berücksichtigt.



Welche Informationen liefert der „Spaghetti-Plot“? Für einen bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft (z. B. 24 h nach dem Vorhersagezeitpunkt) liefern die Berechnungen die mögliche Bandbreite der Abflussverläufe.



### Wie kann man Unsicherheiten kommunizieren?

Die Hochwassermeldedienste werden für ausgewählte Pegel zukünftig - zusätzlich zu den Abflussvorhersagen - auch eine Unsicherheitsangabe veröffentlichen. Die Frage des WIE wird aktuell noch diskutiert.

Eine Möglichkeit ist die Darstellung eines Unsicherheitsbereiches, der die potenzielle Schwankungsbreite nach oben und unten für den vorhergesagten Abfluss angibt (ähnlich wie die Abbildung des HND Bayern). Eine andere Möglichkeit ist die Angabe von Überschreitungswahrscheinlichkeiten für bestimmte Abflusswerte (siehe Abbildung rechts).

