



NLWKN.
Für Mensch und Umwelt.
Für Niedersachsen.

Wichtige Hinweise zur Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen



Niedersachsen

Inhaltsverzeichnis

Vorhersagen an Binnenpegeln und dessen Veröffentlichung	3
Umgang mit Unsicherheiten bei der Vorhersage	3
Länge einer veröffentlichten Hochwasservorhersage	4
Beispiele von Hochwasserereignissen	5
Haftung	6

Vorhersagen an Binnenpegeln und dessen Veröffentlichung

Im Falle einer Hochwassersituation werden für ausgewählte Binnenpegel Wasserstandsvorhersagen von der Hochwasservorhersagezentrale (HWVZ) berechnet und auf dem NLWKN-Pegelportal unter der Adresse www.pegelonline.nlwkn.niedersachsen.de veröffentlicht. Für Tide-Außenpegel an der deutschen Nordseeküste berechnet die HWVZ keine Wasserstandsvorhersagen. Hier liegt die Zuständigkeit beim Sturmflutwarndienst des NLWKN, der täglich Vorhersagen berechnet und auf www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserstandsvorhersage zur Verfügung stellt. Bei einer Sturmflutgefahr werden diese Vorhersagen zusätzlich auf dem NLWKN-Pegelportal bereitgestellt und an die Apps NINA und KatWarn weitergeleitet.

Die Berechnung künftiger Wasserstände im Binnenland erfolgt kontinuierlich, sodass veröffentlichte Vorhersagen über die gesamte Dauer einer Hochwasserphase regelmäßig aktualisiert werden. Es ist zu beachten, dass der Aktualisierungsturnus variabel ist und sich die Verfügbarkeit der Vorhersagen (Anzahl der Pegel mit einer Vorhersage) ohne Ankündigung ändern kann. Bei erhöhten Pegelständen fließen die Informationen der Wasserstandsvorhersagen zusätzlich in die Warnlageberichte der HWVZ ein. Warnlageberichte werden ebenfalls auf dem NLWKN-Pegelportal bei einer Hochwasserlage bereitgestellt.

Wasserstandsvorhersagen an Binnenpegeln werden im Internet bereitgestellt, wenn sich eine Hochwasserlage abzeichnet. Die Dauer einer solchen Lage richtet sich nach der Überschreitung der Meldestufe 1 (Vorwarnstufe bei bordvollem Abfluss¹) an den Hochwassermeldepegeln. Die Veröffentlichung der berechneten Wasserstandsvorhersagen erfolgt nach fachlicher Einschätzung auf Plausibilität und Richtigkeit durch die HWVZ. Liegt für einen Binnenpegel eine Vorhersage im NLWKN-Pegelportal vor, wird der Pegel in der Kartenansicht mit einem „V“ für Vorhersage gekennzeichnet (siehe Abbildung 1).

¹ Bordvoller Abfluss bedeutet, dass die am Fließquerschnitt des Flusspegels durchströmende Wassermenge das Gerinne vollständig ausfüllt, das heißt der Fluss ist randvoll. Die Meldestufe 1 besagt für den Pegel im Binnenland, dass der Fluss am Pegelpunkt sowie

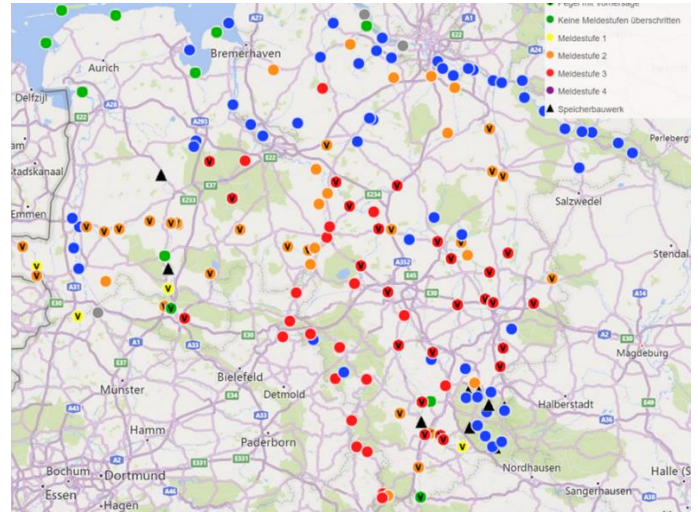


Abbildung 1: Ein Auszug aus dem NLWKN-Pegelportal vom 25.12.2023 mit einer Hochwassersituation (kenntlich gemacht durch farblich markierte Meldestufenüberschreitungen) und Veröffentlichung von Vorhersagen (gekennzeichnet durch ein „V“ am Pegelsymbol)

Umgang mit Unsicherheiten bei der Vorhersage

Für den Großteil der niedersächsischen Landesfläche werden mithilfe eines mathematisch-deterministischen Wasserhaushaltsmodells (Ursache-Wirkung-Prinzip) hydrologische Vorhersagen berechnet. Zu den Flussgebieten zählen die Aller (mit Leine und Oker), Hase, Hunte, Vechte, Große Aue, Wümme und Ilmenau. An der Weser kommt ein hydrodynamisches 1D-Modell zum Einsatz.

Für die Berechnung von Wasserstandsprognosen werden Eingangsdaten für die Zukunft benötigt. Dafür werden Wettervorhersagen herangezogen, ohne die eine verlässliche Wasserstandsvorhersage nicht möglich wäre. Die Hochwassermodelle selbst und die verwendeten Eingangsdaten (neben Wettervorhersagen zum Beispiel Abflüsse und Niederschlagsmessungen) können jedoch aufgrund von Abstraktionsgrad, Messungenauigkeiten und weiteren Unbekannten niemals die Realität exakt nachbilden. Dadurch entstehen Differenzen zwischen dem Vorhersagemodell und dem tatsächlichen Verlauf des Wasserstandes. In der Folge können Fälle auftreten, in denen die Genauigkeit der Hochwasservorhersage eingeschränkt ist. Dies kann mit fortschreitendem Vorhersagezeitraum (mehr als 24 Stunden), aber auch in kürzen Vorhersagezeiträumen auftreten (etwa 10 bis 18 Stunden). In der Regel hängt dies mit der Größe des Pegel Einzugsgebiets zusammen. Grundsätzlich gilt hier: Je kleiner das Einzugsgebiet eines Pegels und je höher das Reliefgefälle im Gelände ist, desto größer kann die

etwas ober- und unterhalb davon randvoll ist und einzelne Ausuferungen möglich sein können.

Unsicherheit bei der Vorhersage werden und desto stärker kann sich der verlässliche Vorhersagezeitraum verkürzen – diese Regel gilt sowohl für die Hochwasservorhersage als auch für die Wettervorhersage, insbesondere bei Starkregen. Während in kleinen, schnell reagierenden Pegelbezugsgebieten die Wettervorhersage ein großer Unsicherheitsfaktor sein kann, so kann es hingegen in großen Pegelbezugsgebieten Tage dauern, bis die Hochwasserwelle aus dem Oberlauf des Flusses ankommt. Bis dahin kann das Niederschlagsgebiet bereits abgezogen sein, sodass die Wettervorhersage für den Unterlauf nur noch indirekten Einfluss auf die Qualität der Wasserstandsvorhersage hat.

Bei unplausibler Hochwasservorhersage ist der Fehler entweder im Hochwassermodell, in den Eingangsdaten oder in unbekannten anthropogenen Einflüssen begründet. Unabhängig von der Größe des Einzugsgebietes kommen zahlreiche weitere Unsicherheitsfaktoren wie zum Beispiel unvorhersehbare Deichbrüche, Verkrautungen im Gewässer, Schneeschmelzprozesse und menschliche Eingriffe wie Wehrsteuerungen hinzu. Im ungünstigsten Fall können sich alle genannten Fehlerquellen überlagern und einen Gesamtfehler bei der Berechnung einer Hochwasservorhersage erzeugen. Das kommt allerdings sehr selten vor. Die Unsicherheit einer solchen Vorhersage ist dann am größten. Generell sind Vorhersagen aufgrund der Vielzahl an möglichen Fehlerquellen daher immer mit einem variablen Grad an Unsicherheiten behaftet.

Um die meteorologischen Unsicherheiten innerhalb des Vorhersagezeitraumes zu erfassen, wird auf probabilistische meteorologische Wettervorhersagen zurückgegriffen, die unterschiedliche Szenarien der Wetterentwicklung für die kommenden Tage abbilden. Bei einem unsicheren oder kritischen meteorologisch-hydrologischen Ereignis wird zusätzlich der direkte Kontakt zum Deutschen Wetterdienst (DWD) aufgenommen, der die Situation genauer eingrenzen kann.

Die vorherrschende Großwetterlage ist ein Indiz für ein mögliches bevorstehendes Hochwasserereignis. Dabei ist es wichtig zu unterscheiden, dass aus typischen Großwetterlagen im Sommer – die zu Gewittern führen können – resultierende, lokale Starkregenereignisse in Örtlichkeit und Regenhöhe nur begrenzt prognostiziert werden können. In solchen Fällen werden meistens keine pegelscharfen Wasserstandsvorhersagen in Form von visualisierten Ganglinien durch die HWVZ veröffentlicht. Bei gewitterartigen Unwetterwarnungen des DWD werden von der HWVZ in der Regel zwar textliche Vorwarnungen zur Hochwasserlage herausgegeben, die HWVZ empfiehlt aber, parallel die amtlichen Wetterwarnungen zu verfolgen, da sich diese in kurzen Zeitabständen ändern können. Für solche Fälle kann die HWVZ nicht gewährleisten, dass bei jeder lokalen gewitterbedingten Überschwemmungsgefahr immer eine Vorwarnung für Hochwasser durch den NLWKN veröffentlicht wird.

Großräumige Regengebiete können in der Regel besser vorhergesagt werden als kleinräumiger Starkregen. In der Folge steigt auch die Qualität der Wasserstandsvorhersage bei großräumig auftretenden Niederschlagsereignissen, vor allem, wenn die Niederschläge zudem gleichmäßig fallen. Solche optimalen Bedingungen treten nicht immer auf. Denn mit flächenhaften, gleichmäßigen Niederschlägen, die überwiegend im Winterhalbjahr vorkommen, gehen häufig starke Winde einher, wenn sie mit Herbst- oder Winterstürmen über die Lande ziehen. Erfahrungsgemäß kann es dabei zu Verwehungen kommen, wodurch, als einer von mehreren Gründen, auch bei solchen Wetterlagen die genaue Niederschlagshöhe von den Wettervorhersagemodellen nicht immer exakt bestimmbar ist.

Vorhersagen können wie beschrieben immer einer Bandbreite an Unsicherheiten verschiedenster Art unterliegen. Um einen vereinfachten Anhaltspunkt über die Schwankungsbreite der möglichen Wasserstandsentwicklung zu geben, wird im NLWKN-Pegelportal die in rot gestrichelte Vorhersageganglinie eines Pegels von einem grüngefärbten Unsicherheitsbereich umrandet (siehe Abbildung 2), der mit zunehmendem Vorhersagezeitraum größer werden kann.

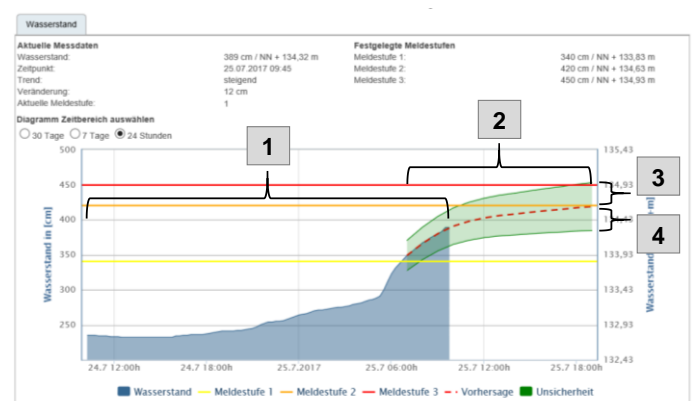


Abbildung 2: Am Beispiel einer solchen Wasserstandsvorhersage, welche zu Hochwasserzeiten veröffentlicht wird, ist dargestellt, wie eine Vorhersage zu lesen ist. [1] Gemessener Wasserstand in cm am Pegel; [2] Wasserstandsvorhersage basierend auf DWD-Wettervorhersagemodellen; [3] Oberes Unsicherheitspektrum des zu erwartenden Wasserstandes; [4] Unteres Unsicherheitspektrum des zu erwartenden Wasserstandes

Länge einer veröffentlichten Hochwasservorhersage

Die HWVZ veröffentlicht für mehr als 60 Hochwassermeldepegel Vorhersagen im Internet. Intern werden für weitaus mehr Pegel Vorhersagen berechnet und intern bereitgestellt. Darunter fallen zum Beispiel Zuflussvorhersagen für Stauanlagen, um die Steuerung von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken zu optimieren.

Aus der Summe aller Unsicherheiten ergibt sich für jeden Pegel eine individuelle Vorhersagequalität, durch die eine verlässliche Vorhersagereichweite am Pegel festgelegt werden kann.

Erste wichtige Indizien, die Aufschluss darüber geben, wie gut die Vorhersagen an einem Pegel sind, werden aus der Auswertung vergangener Ereignisse gewonnen. Darüber kann festgestellt werden, für wie viele Stunden im Prognosezeitraum die Wasserstandsvorhersage an einem Pegel als verlässlich einzustufen war. Diese Betrachtung kann differenziert für das Sommer- und das Winterhalbjahr durchgeführt werden. Eine verlässliche Wasserstandsvorhersage liegt vor, wenn der Wert einer Vorhersage nah genug am nachträglich verfügbaren Messwert lag. Da Messung und Vorhersage niemals exakt übereinanderliegen, wird eine Abweichungstoleranz bestimmt, das heißt ein Zeitpunkt, bis zu dem die Vorhersage noch als ausreichend gut definiert wird. Diese tolerierbare Differenz kann je nach Pegel und vor allem je nach Wassertiefe (zum Beispiel Mittelwasserbereich oder Extrembereich) unterschiedlich groß sein. Bei bereits erreichten kritischen Schwellenwerten während eines Hochwassers (Meldestufe 3) kann die tolerierte Abweichung zwischen Messung und Vorhersage aufgrund der Hochwasserauswirkungen geringer sein. Dies wird dementsprechend bei der Veröffentlichung von Wasserstandsvorhersagen in Bezug auf die Setzung der Unsicherheitsbänder und der Vorhersagelängen berücksichtigt. Es kann zur Folge haben, dass Vorhersagelängen während einer Hochwasserphase pro Pegel schwanken können und dass bei zunehmenden Vorhersagelängen das Unsicherheitsband gegebenenfalls vergrößert wird.

Übergeordnete Auswertungen nach Größe des Pegel Einzugsgebietes zeigen folgende Tendenzen im Hinblick auf die Vorhersagereichweiten: Verlässliche Vorhersagelängen für Pegel in kleinen Einzugsgebieten von 100 bis 500 km² betragen rund 6 bis 16 Stunden, Gebiete von 500 bis 1.000 km² und 1.000 bis 5.000 km² betragen rund 8 bis 22 Stunden und Gebiete ab 5.000 km² betragen 24 Stunden und mehr. Die Reichweiten variieren zusätzlich je nach hydrologischem Sommer- und Winterhalbjahr. Im Sommer sind die verlässlichen Reichweiten etwas kürzer als im Winter. Anhand der teils recht großen Verlässlichkeitsspannweite wird deutlich, wie unterschiedlich die Vorhersagequalität von einzelnen Pegeln mit vergleichbarer Pegel Einzugsgebietsgröße sein kann.

Unter Anwendung von Wettervorhersagemodellen sind Hochwasservorhersagen in der HWVZ bis zu 180 Stunden in die Zukunft möglich. Im Anschluss an den oben genannten verlässlichen Prognosezeitraum kommt ein Abschätzungsbereich für die weitere Entwicklung. Dieser fußt auf den zugrundeliegenden Wettervorhersagemodellen. Das Hochwassermodell nutzt demzufolge die vom Wettermodell prognostizierten Wetterparameter für die Hochwasserprognose. Visuell wird

auf dem NLWKN Pegelportal zwischen Vorhersage und Abschätzung nicht differenziert.

Auch bei sehr unsicherer Wetterlage, was häufiger in den Sommermonaten als im Winter vorkommt, kann der verlässliche Vorhersagezeitraum auf weniger als zehn Stunden schrumpfen, was jedoch nur für Pegel im Oberlauf bzw. in kleinen Einzugsgebieten und manchmal im Mittellauf eines Flusses zutrifft. In Unterläufen reichen die Vorhersagen in der Regel deutlich weiter in die Zukunft, da die dortige länger gezogene, voluminösere und trägere Hochwasserwelle für das zuständige hydrologische Personal leichter abzuschätzen ist.

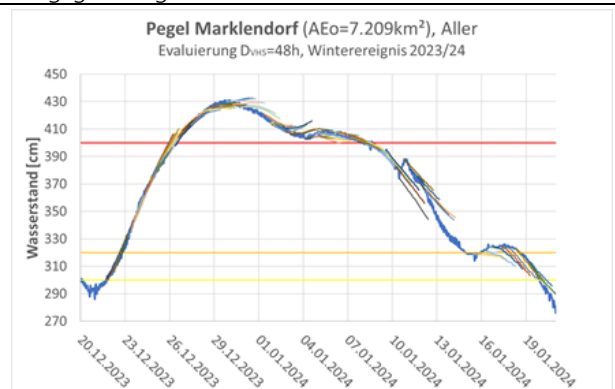
Beispiele von Hochwasserereignissen

Im Nachfolgenden werden zunächst zwei Fallbeispiele von Hochwasserereignissen an Pegeln mit unterschiedlich großem Pegel Einzugsgebiet gezeigt. Die Beschreibungen können auf andere Pegel der gleichen Einzugsgebietsgrößenklasse übertragen werden.

Je größer das Einzugsgebiet des Pegels ist, desto verlässlicher wird die Wasserstandsvorhersage. Statistische Auswertungen zeigen am Pegel Marklendorf an der Aller in der Samtgemeinde Schwarmstedt, dass der Großteil der Vorhersagen je nach betrachteter Vorhersagelänge nur fünf bis zehn Zentimeter von der Messung abweicht. Dies variiert je nach Betrachtungszeitraum der Vorhersagen (Betrachtungszeitraum 1 bis 24 Stunden, 25 bis 48 Stunden).

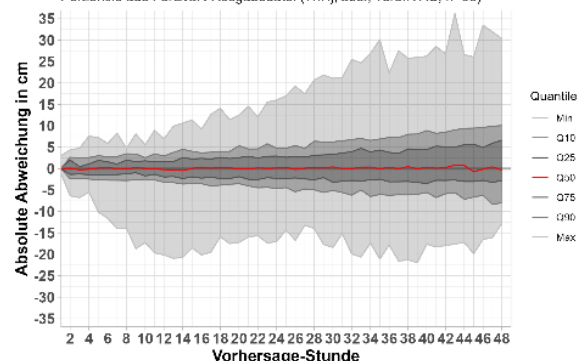
Pegel Marklendorf (Aller)

Einzugsgebietsgröße: 7.209 km²



Marklendorf (Aller, 7.209km²)

Perzentile aus ForEvaR-Ausgabedatei (WIHj, abs., veröffVHS, n=98)

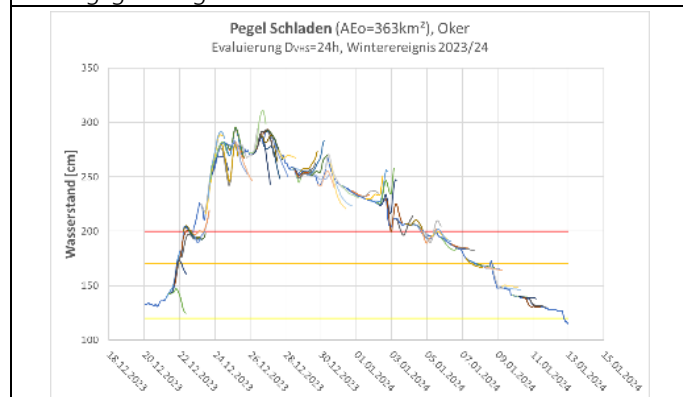


Es ist ebenfalls zu entnehmen, dass vor allem der Wellenanstieg gut vorhergesagt werden kann.

Pegel mit kleinen Einzugsgebieten, wie Schladen an der Oker, unterliegen aufgrund von Unsicherheiten in der Wettervorhersage und aufgrund des Verhaltens des Hochwassermodells Schwankungen bei der Vorhersagequalität. Verlässliche Vorhersagelängen können dann zum Teil unter zehn Stunden liegen. An den Vorhersageganglinien des Pegel Schladens ist zu erkennen, dass diese gegenüber der Messung nach oben und unten hin bei hohen Wasserständen stark schwanken können. Beim Blick auf die Punktverteilung aller Vorhersagen über die gesamte Vorhersagedauer ist zu erkennen, dass die Mehrheit der Vorhersagen insbesondere bis zur zehnten Vorhersagestunde im nahen Bereich der Messung liegt. Bis zur zehnten Vorhersagestunde nehmen aber auch Unterschätzungen immer mehr zu. Im weiteren Vorhersageverlauf über zehn Stunden hinaus nehmen neben Unterschätzungen auch Überschätzungen zu.

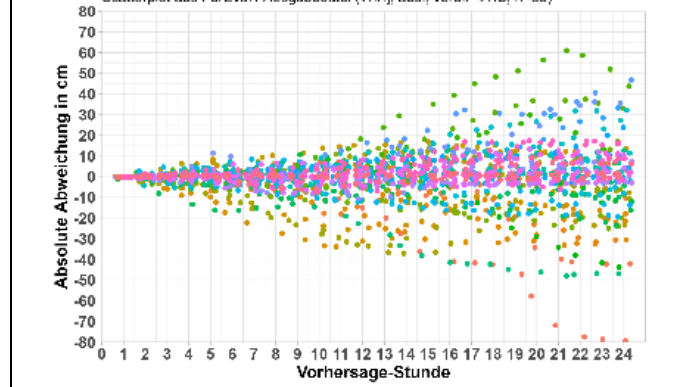
Pegel Schladen (Oker)

Einzugsgebietsgröße: 363 km²



Schladen (Oker, 363km²)

Scatterplot aus FarEvaR-Ausgabecatei (W/Hj, abs., veröff VHS, n=83)

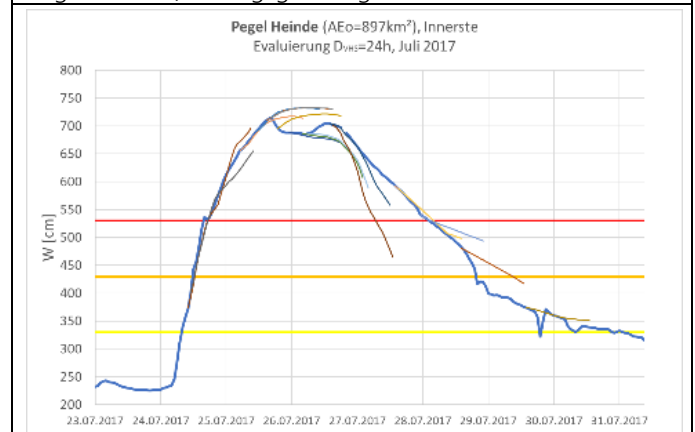


Neben den zuvor beschriebenen allgemeineren Charakteristiken der Vorhersagegüte können unvorhersehbare Zustände im Vorhersagezeitraum auftreten, die unabhängig von der Einzugsgebietsgrößenklasse sind. Je kleiner das Einzugsgebiet dabei ist, desto herausfordernder wird ein korrigierender Eingriff in die Vorhersage.

Deichbrüche stellen unvorhersehbare, kaum modellierbare Gegebenheiten dar, die zu unzureichender Vorhersagequalität am unterhalb liegenden Pegel führen können. Beim Hochwasser 2017 kam es an der Innerste zu einem Deichbruch, der Auswirkungen auf die Hochwasserwelle am Pegel Heinde im Landkreis Hildesheim hatte. Der Hochwasserwellenscheitel wurde dadurch gekappt, was erst wenig später bekannt wurde.

Deichbruch an der Innerste, Hochwasser Juli 2017

Pegel Heinde, Einzugsgebietsgröße: 897 km²



Unsicherheiten, die Einfluss auf die Qualität der Vorhersage haben können, bestehen grundsätzlich immer beim Blick in die zukünftige Hochwasserentwicklung. Nicht zuletzt an einer Aufarbeitung des Winterhochwassers 2023/24 ist jedoch festzuhalten, dass die Qualität von Hochwasservorhersagen, insbesondere in der ansteigenden Welle bis zum Scheitel, als gut zu bewerten ist und einen Mehrwert bei der Bekämpfung von Hochwasserereignissen darstellt.

Haftung

Der NLWKN übernimmt keine Gewähr auf Richtigkeit und Vollständigkeit seiner veröffentlichten Vorhersagen. Aus der Veröffentlichung und Weiterverarbeitung der pegelbezogenen hydrologischen Vorhersagen durch Dritte sind keine Rechte ableitbar. Eine Haftung für deren Richtigkeit und Vollständigkeit ist ausgeschlossen.

Impressum



Herausgeber

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NLWKN Betriebsstelle Hannover-Hildesheim
Hochwasservorhersagezentrale
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim
E-Mail: pressestelle@nlwkn.niedersachsen.de
www.nlwkn.niedersachsen.de/hochwasserschutz/hochwasserinformation_und_vorhersage/hochwasservorhersagezentrale

Titelbild

Hochwasser an der Ems bei Rhede am 28.12.2023 (©NLWKN, H. J. Zietz)

Stand

Mai 2024