

Erstellung von Hochwasserkarten unter Berücksichtigung von Bergsenkungen

für die
K+S Minerals and Agriculture GmbH Steinsalzbergwerk und Saline Borth

Bericht

erstellt von



ProAqua Ingenieurgesellschaft für Wasser- und
Umwelttechnik mbH
Turpinstraße 19, 52066 Aachen

Aachen, im Oktober 2021

Impressum

Erstellung von Hochwasserkarten unter Berücksichtigung von Bergsenkungen
Bericht

Projektbearbeitung

Dipl. Ing. Barbara Fröhlings

Dipl. Ing. Carlos Rubin (Projektleiter)

Aachen, im Oktober 2021

Jegliche anderweitige, auch auszugsweise, Verwertung des Berichtes, der Anlagen und ggf. mitgelieferter Projekt-CDs außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Auftragsgebers unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für Vervielfältigungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© ProAqua Ingenieurgesellschaft für Wasser- und Umwelttechnik mbH,
Turpinstraße 19, 52066 Aachen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Methodik	2
2.1	Anpassung der Geländemodelle	3
2.2	Ermittlung Überflutungsflächen und Wassertiefen	4
3	Ergebnisse	4
3.1	Karte mit Geländehöhen	4
3.2	Karten mit Überflutungstiefen	5
3.3	Karten mit Differenzen der Überflutungen	6
3.4	Karten mit Differenzen der Überflutungstiefen	7

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Untersuchungsgebiet	1
Abbildung 3.1:	Beispielhafter Ausschnitt der Karte 2.1	5
Abbildung 3.2:	Beispielhafter Ausschnitt der Karte 3.1	6
Abbildung 3.3:	Beispielhafter Ausschnitt der Karte 4.1	7

Kartenverzeichnis

Karte 1:	Zustand 2013: Geländehöhen (Befliegung 2010/2011)
Karte 2.1:	Zustand 2013: Überflutungen HQ ₁₀₀
Karte 2.2:	Zustand 2013: Überflutungen BHQ ₂₀₀₄
Karte 2.3:	Zustand 2013: Überflutungen HQ _{extrem}
Karte 2.4:	Endsenkungen RBP_neu: Überflutungen HQ ₁₀₀
Karte 2.5:	Endsenkungen RBP_neu: Überflutungen BHQ ₂₀₀₄
Karte 2.6:	Endsenkungen RBP_neu: Überflutungen HQ _{extrem}
Karte 2.7:	Endsenkungen RBP_1985: Überflutungen HQ ₁₀₀
Karte 2.8:	Endsenkungen RBP_1985: Überflutungen BHQ ₂₀₀₄
Karte 2.9:	Endsenkungen RBP_1985: Überflutungen HQ _{extrem}
Karte 3.1:	Vergleich Überflutungen Zustand 2013 und RBP_neu HQ ₁₀₀
Karte 3.2:	Vergleich Überflutungen Zustand 2013 und RBP_neu BHQ ₂₀₀₄
Karte 3.3:	Vergleich Überflutungen Zustand 2013 und RBP_neu HQ _{extrem}
Karte 3.4:	Vergleich Überflutungen RBP_1985 und RBP_neu HQ ₁₀₀
Karte 3.5:	Vergleich Überflutungen RBP_1985 und RBP_neu BHQ ₂₀₀₄
Karte 3.6:	Vergleich Überflutungen RBP_1985 und RBP_neu HQ _{extrem}
Karte 4.1:	Differenzen Wassertiefen Zustand 2013 und RBP_neu HQ ₁₀₀
Karte 4.2:	Differenzen Wassertiefen Zustand 2013 und RBP_neu BHQ ₂₀₀₄
Karte 4.3:	Differenzen Wassertiefen Zustand 2013 und RBP_neu HQ _{extrem}
Karte 4.4:	Differenzen Wassertiefen RBP_1985 und RBP_neu HQ ₁₀₀
Karte 4.5:	Differenzen Wassertiefen RBP_1985 und RBP_neu BHQ ₂₀₀₄
Karte 4.6:	Differenzen Wassertiefen RBP_1985 und RBP_neu HQ _{extrem}

1 Einleitung

Die K+S Minerals and Agriculture GmbH betreibt am Standort Borth ein Steinsalzbergwerk. Die Gewinnung erfolgt auf der Grundlage des zugelassenen Rahmenbetriebsplans aus dem Jahr 1985 (RBP_1985), dieser ist bis zum Jahr 2035 befristet. Das Unternehmen beabsichtigt, die Fortsetzung der Gewinnung über die Befristung bis in das Jahr 2050 hinaus. Über angrenzende Abbaufelder (Neues Westfeld und Südostfeld) ist eine Erweiterung der bisherigen zugelassenen Flächen möglich. Hierfür ist ein separates Planfeststellungsverfahren (RBP_neu) notwendig, welches die 7. Änderung des Rahmenbetriebsplans 1985 darstellt.

Im Rahmen der Erstellung des RBP_neu wurde die ProAqua Ingenieurgesellschaft für Wasser- und Umwelttechnik mit den Auswirkungen der neuen Randbedingungen bzgl. des Rheinhochwassers beauftragt. Dies erfolgt auf Grundlage von Senkungsmodellen, die in Kapitel B dieses Antrages beschrieben sind.

Als Grundlage für den RBP_neu wurden die Veränderungen der Überflutungen und der Wassertiefen durch Rheinhochwasser dargestellt, die sich durch die zusätzlichen bergbaubedingten Senkungen des Geländes ergeben (zusätzliche Senkungen des RBP_neu im Vergleich zum genehmigten RBP_1985). Grundlagen für die Darstellungen sind die Hochwassergefahrenkarten des Rheins, die 2013 im Auftrag der Bezirksregierung Düsseldorf erstellt wurden. Die in diesen Karten dargestellten Überflutungen und Wassertiefen entsprechen in der Fläche den Daten aus 2019. Weitere Grundlagen sind die Prognosen der K+S Minerals and Agriculture GmbH zu den zu erwartenden bergbaubedingten Endsenkungen gemäß der RBP_1985 und RBP_neu. Die nachfolgenden Abbildung 1.1 zeigt das hier untersuchte Gebiet.



Abbildung 1.1: Untersuchungsgebiet

Die Methodik der Kartenerstellung sowie die Inhalte der Karten werden in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

2 Methodik

Die Ermittlung der Überflutungsflächen erfolgt analog zur Methodik der Erstellung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten in 2013, bei der Wasserspiegellagen für die Szenarien HQ_{häufig} und HQ₁₀₀ aus stationären 1D-Berechnungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde sowie Wasserstände für das Szenario HQ_{extrem} aus instationären 2D-Berechnungen im Rahmen des Projektes „Grenzüberschreitende Abstimmung von Hochwasser reduzierenden Maßnahmen“ der Deutsch-Niederländischen Arbeitsgruppe Hochwasser zur Verfügung standen.¹ Gleichzeitig wurde 2013 die Ermittlung von Überschwemmungsflächen eines Bemessungshochwassers (BHQ₂₀₀₄) durchgeführt, das von den Wasserspiegellagen zwischen einem HQ₁₀₀ und einem HQ_{extrem} einzuordnen ist. Als Geländehöhen wurden Anfang 2013 Höhenpunkte des DGM1L des Landes NRW zur Verfügung gestellt, mit denen ein digitales Geländemodell (DGM) mit einer Rasterweite von 2 x 2 m für den gesamten Rheinverlauf in NRW aufgebaut wurde. Dieses Geländemodell, sowie die oben genannten Wasserspiegellagen für das HQ₁₀₀, das BHQ₂₀₀₄ und das HQ_{extrem} sind Grundlage der hier durchgeführten Untersuchung. Das Szenario HQ_{häufig} wurde nach Absprache mit der Bezirksregierung Düsseldorf nicht untersucht.

Die erwarteten Bergsenkungen der RBP_1985 und RBP_neu wurden in das Geländemodell eingearbeitet und damit zwei Geländemodelle erstellt, die die Geländehöhen unter Berücksichtigung der bergbaubedingten Endsenkungen der beiden Rahmenbetriebspläne enthält (siehe Kapitel 2.1). Auf Basis dieser Geländemodelle wurden dann die Überflutungsflächen und Wassertiefen für den Zustand der jeweiligen Endsenkung ermittelt (siehe Kapitel 2.2). Die Ergebnisse für die Endsenkungen der beiden Rahmenbetriebspläne und den Zustand 2013 wurden in Karten dargestellt (siehe Kapitel 3).

Datengrundlage

- Senkungsprognose des RBP_1985 (CAD-Datei mit Linien gleicher Endsenkung “Endsenkungen RBP 85 2018.dxf”, zur Verfügung gestellt von K+S Minerals and Agriculture GmbH am 25.06.2020), siehe auch Kapitel B
- Senkungsprognose des RBP_neu (Shape mit Linien gleicher Endsenkung “Endsenkung_Alle_Flächen_Seismik.shp”, zur Verfügung gestellt von K+S Minerals and Agriculture GmbH am 22.04.2020), siehe auch Kapitel B
- Senkungen 2011 (CAD-Datei mit Linien gleicher Senkung im Jahr 2011 “GS2011_ProAqua.dxf”, zur Verfügung gestellt von K+S Minerals and Agriculture GmbH am 18.05.2020)
- Aktuelle Lage der Deiche (Shape “linienhafte_HW_Schutzeinrichtungen.shp”, www.opengeodata.nrw.de 18.05.2020)

¹ Die Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (kurz „EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie“, noch kürzer „EG-HWRM-RL“) schreibt bei der Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten drei Szenarien vor: Hochwasser mit niedriger, mittlerer und hoher Wahrscheinlichkeit. Die Umsetzung der Richtlinie am Rhein in NRW erfolgte dazu entsprechend mit den Hochwasserständen eines 1000-jährlichen (als HQ_{extrem} abgekürzt), eines 100-jährlichen (als HQ₁₀₀ abgekürzt) und eines zehnjährlichen Ereignisses (HQ_{häufig}).

- Daten aus der Erstellung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten für den Rhein in NRW im Jahr 2013 (erste Umsetzung der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie in NRW)
 - DGM (2x2 m-Raster)
 - Querprofile mit Wasserständen (Shapes)
 - Wassertiefen- und Wasserspiegellagenraster sowie Polygone der Überflutungen für HQ₁₀₀, BHQ₂₀₀₄ und HQ_{extrem}.

Die Daten aus der Erstellung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten für den Rhein in NRW 2013 durften mit Genehmigung der Bezirksregierung Düsseldorf vom 14.05.2020 für diese Untersuchung genutzt werden.

2.1 Anpassung der Geländemodelle

Aus dem vorhandenen Geländemodell aus der Ermittlung der Überflutungsflächen im Jahr 2013 wurde mit Informationen zu verschiedenen Zuständen der Bergsenkung ein Geländemodell erstellt, das die Geländehöhen mit bergbaubedingten Endsenkungen der RBP_1985 und RBP_neu berücksichtigt.

Das Geländemodell 2013 beruht auf Höhen, die im Bereich der jetzigen Untersuchung aus Laserscan-Befliegungen in den Jahren 2010 und 2011 erfasst wurden. Für die Anpassung des Geländemodells wurde daher davon ausgegangen, dass das Geländemodell aus der Untersuchung 2013 den Geländezustand im Jahr 2011 abbildet.

Zur Ermittlung der Geländehöhen mit den Senkungsprognosen der RBP_1985 und RBP_neu sind daher sowohl die Kenntnis der jeweiligen Endsenkungen, als auch die bereits bis 2011 aufgetretenen Senkungen erforderlich. Aus der Differenz der Endsenkungen und der Senkungen 2011 ergibt sich dabei die nach 2011 noch auftretenden Restsenkungen für die beiden RBP. Das Geländemodell mit Endsenkungen ergibt sich dann aus der Geländehöhe aus 2011 (DGM aus Untersuchung 2013) reduziert um die Restsenkungen im jeweiligen RBP.

Die Anpassung des Geländemodells wurde für jeden RBP getrennt in folgenden Schritten durchgeführt:

1. Erzeugung eines Rasters mit den Höhen der Endsenkungen. Mit den erhaltenen Isolinen der Endsenkungen wurde ein unregelmäßiges Dreiecksnetz (englisch: Triangulated Irregular Network, TIN) erzeugt und hieraus ein Raster mit einer Rasterweite von 2 x 2 m erstellt. Jede Zelle dieses Rasters enthält den Betrag der Endsenkung. In Abstimmung mit dem AG wurde ein Puffer mit 100 m Abstand um die 5 cm-Linie erzeugt. Außerhalb dieser Linie können bergbauinduzierte Senkungen mit Sicherheit ausgeschlossen werden.
2. Erzeugung eines Rasters mit den Höhen der Senkungen 2011. Das Vorgehen ist analog zu 1. Jedoch mit den erhaltenen Isolinen der Senkungen 2011. Die Senkungen 2011 enthielten eine interpolierte Nullisolinie.
3. Erzeugung des Restsenkungsrasters. Aus der Differenz der Zellwerte der Endsenkungen und der Senkungen 2011 ergibt sich die Restsenkung für jede Zelle. Aufgrund der unterschiedlichen Methodik bei der Modellierung der Isolinen für die Endsenkungen und den Zustand 2011 ergaben sich einige Bereiche, in denen die Endsenkung modelltechnisch geringer ausfällt als die Senkungen 2011. Bei den Nivellements werden alle Bodenbewegungen gemessen, auch solche, die nicht bergbaubedingt sind (z.B.

Veränderungen der Höhenlage durch Schwankungen der Grundwasserstände und der Rheinwasserstände). In den weiteren Berechnungen wurden daher nur positive Restsenkungen berücksichtigt.

4. Erzeugung des Geländemodells mit Endsenkungen. Aus der Differenz vom DGM aus der Untersuchung 2013 und der Restsenkung ergibt sich das Geländemodell mit Endsenkungen im jeweiligen RBP.

2.2 Ermittlung Überflutungsflächen und Wassertiefen

Die Ermittlung der Überflutungsflächen und der Wassertiefen für die Geländemodelle der Endsenkungen der RBP_1985 und RBP_neu erfolgte nach dem identischen Verfahren, das zur Ermittlung der Wassertiefen der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten im Jahr 2013 angewandt wurde, allerdings unter Verwendung der Geländemodelle mit Endsenkungen (s.o.).

Es wurden drei Szenarien betrachtet (HQ_{100} , BHQ_{2004} und HQ_{extrem}). Die Wasserstände für diese Szenarien wurden aus den vorhandenen Berechnungen übernommen und die neuen Wassertiefen mit dem Gelände der Endsenkungen für beide RBPs ermittelt.

Hierfür wurden die Querprofile aus der Ermittlung der Überflutungsflächen 2013 mit den entsprechenden Wasserständen als Bruchkanten (Höhenlinien) zur Konstruktion eines TINs der Wasserspiegellagen verwendet. Dieses Dreiecksnetz, welches die Wasseroberfläche repräsentiert, wird anschließend mit den Geländehöhen, die als Raster vorliegen, verglichen: Flächen über dem Gelände sind nass und stellen die Überflutungsflächen dar.

Die Ergebnisse wurden für verschiedene Karten aufbereitet und dargestellt. Erläuterungen zu den dargestellten Inhalten in den Karten finden sich im nächsten Kapitel 3.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Ermittlung der Überflutungsflächen und der Wassertiefen wurden aufbereitet und in verschiedenen Karten dargestellt. Neben Karten mit Informationen zu Geländehöhen, wurden Karten mit Überflutungstiefen, einem Vergleich der Überflutungsflächen (Differenzen der Überflutungen) und der Darstellung von Differenzen der Überflutungstiefen, jeweils für die 3 betrachteten Szenarien HQ_{100} , BHQ_{2004} und HQ_{extrem} , erstellt.

3.1 Karte mit Geländehöhen

Die Karte 1 stellt die Geländetopographie dar, die bei der Ermittlung der Überflutungsflächen 2013 berücksichtigt wurde. Diese beruht auf Laserscan-Befliegungen in den Jahren 2010 und 2011.

3.2 Karten mit Überflutungstiefen

Die Karten 2.1. bis 2.9 zeigen die Überflutungstiefen bei den unterschiedlichen Ereignissen HQ₁₀₀, BHQ₂₀₀₄ und HQ_{extrem} und den drei betrachteten Geländezuständen Zustand 2013, RBP_neu und RBP_1985 auf. In blauen Farben sind dabei die Bereiche ohne technischen Hochwasserschutz, d.h. die Bereiche, die nicht durch den Rheinhauptdeich geschützt sind, dargestellt. Die gelben Bereiche sind geschützte Gebiete, d.h. diese Gebiete liegen hinter den Rheindeichen und werden nur bei Versagen der Deiche überflutet. Diese Darstellung entspricht derjenigen der Hochwassergefahrenkarten in NRW.

Bei den Wassertiefen des extremen Hochwasserereignisses wurde im Zuge der Ermittlung der Überflutungsflächen 2013 für das ganze Land NRW festgelegt, dass alle Deiche für solche extreme Ereignisse nicht ausgelegt und demnach keine schützende Wirkung mehr haben können, so dass hier die gesamten Flächen blau dargestellt werden. Die 1D- und 2D-Berechnungen am Rhein, die die Grundlage für die ermittelten Wasserstände darstellen, berücksichtigen die vorhandenen Deiche. Mögliche Überschwemmungen bei HQ_{extrem} im Vorland rheinaufwärts des hier betrachteten Untersuchungsgebietes durch Deichversagen, die den Wasserstand senken würden, bleiben im Sinne eines „Worst Cases“ unberücksichtigt.

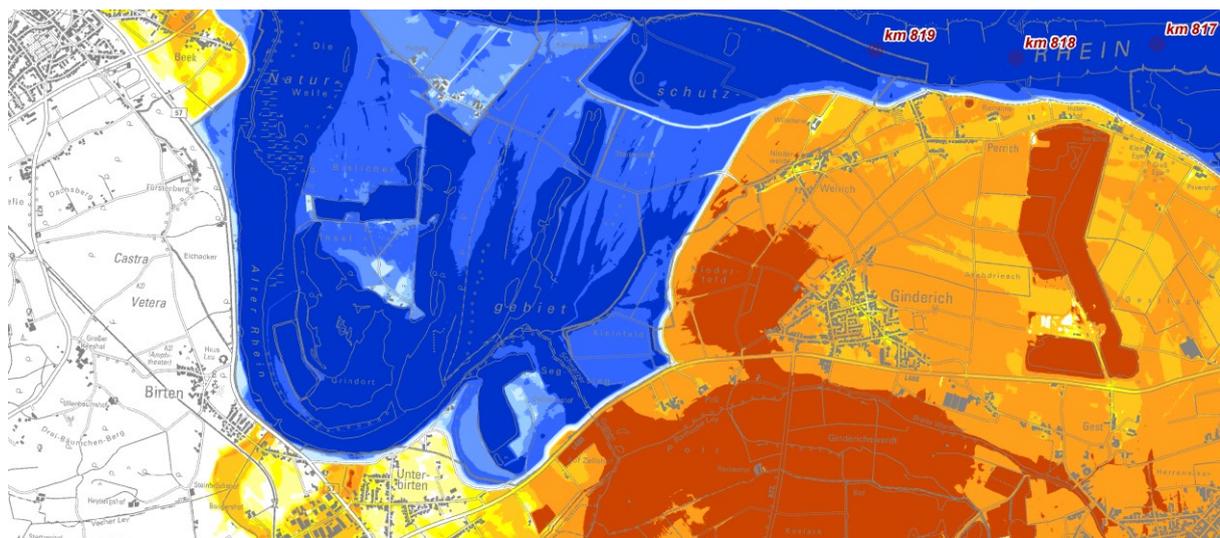


Abbildung 3.1: Beispielhafter Ausschnitt der Karte 2.1

Bei der Ermittlung der Überflutungstiefen mit den Bergsenkungen der RBP_neu und RBP_1985 (Karten 2.4 bis 2.9) wurde davon ausgegangen, dass die Deiche keine Fehlhöhen aufweisen und trotz Senkungen ausreichend hoch sind. Die Deichkrone wurde daher als trocken markiert. Im nördlichen und südlichen Randbereich der Senkungen hat sich aufgrund der Deichbaumaßnahmen zwischen 2013 und 2020 die Lage der Deiche geändert. Bei der Darstellung der Flächen als gelb bzw. blau wurde in den Karten 2.4 und 2.5 bzw. 2.7 und 2.8 die neue Deichlinie berücksichtigt.

3.3 Karten mit Differenzen der Überflutungen

In den Karten 3.1 bis 3.6 sind die Differenzen der überfluteten Flächen dargestellt: Die Karten 3.1 bis 3.3 enthalten die Differenzen zwischen dem Zustand 2013 und den Endsenkungen des RBP_neu, die Karten 3.4 bis 3.6 enthalten die Differenzen zwischen den Endsenkungen der RBP_neu und RBP_1985. Durch die Senkungen werden zusätzliche Flächen von Überflutungen betroffen. In den Karten für die verschiedenen Ereignisse sind die Überflutungsflächen aus dem Zustand 2013 bzw. den Endsenkungen des RBP_1985 mit hellen Farben und die zusätzlichen Flächen bei Endsenkung des RBP_neu mit dunkleren Farben dargestellt. Auch hier wird bei HQ₁₀₀ und BHQ₂₀₀₄ zwischen Gebieten ohne technischen Hochwasserschutz und geschützten Gebieten, die nur bei Versagen der Deiche betroffen sind, unterschieden.

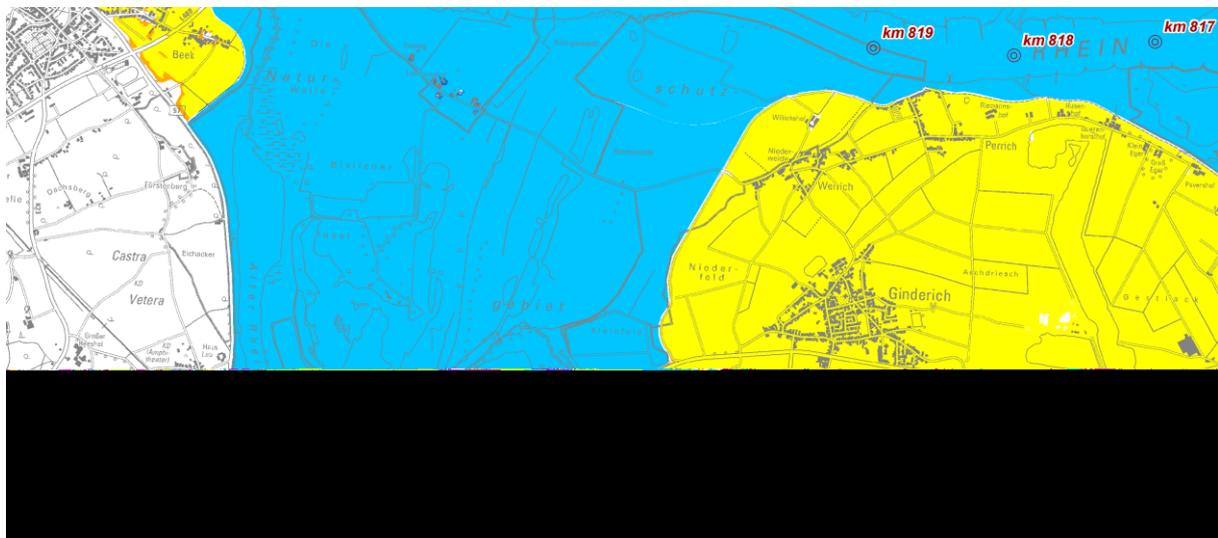


Abbildung 3.2: Beispielhafter Ausschnitt der Karte 3.1

3.4 Karten mit Differenzen der Überflutungstiefen

In den Karten 4.1 bis 4.6 ist die Differenz der Wassertiefen dargestellt: Die Karten 4.1 bis 4.3 enthalten informativ die Differenzen zwischen dem Zustand 2013 und der Senkungsprognose des RBP_neu, die Karten 4.4 bis 4.6 enthalten die in diesem Verfahren zu beurteilenden Differenzen der Wassertiefen zwischen den Senkungsprognosen der RBP_neu und RBP_1985. In blau sind dabei die Bereiche markiert, bei denen sich keine Änderung der Überflutungstiefen ergibt. In verschiedenen Grüntönen sind die Bereiche markiert, in denen die Wassertiefen zunehmen. Mit orange sind die Bereiche dargestellt, die bei der Senkungsprognose gemäß des RBP_neu nass und im Zustand 2013 trocken sind (Karten 4.1 bis 4.3, informativ) bzw. die bei der Senkungsprognose gemäß des RBP_neu nass und gemäß des RBP_1985 trocken sind (Karten 4.4 bis 4.6, in diesem Verfahren zu beurteilen). Die Farbgebung ist dabei unabhängig, davon, ob die Überflutung immer (ohne technischen Hochwasserschutz) oder nur bei Versagen der Deiche (geschützte Gebiete) auftritt. Die geschützten Gebiete sind durch eine zusätzliche Schraffur gekennzeichnet.

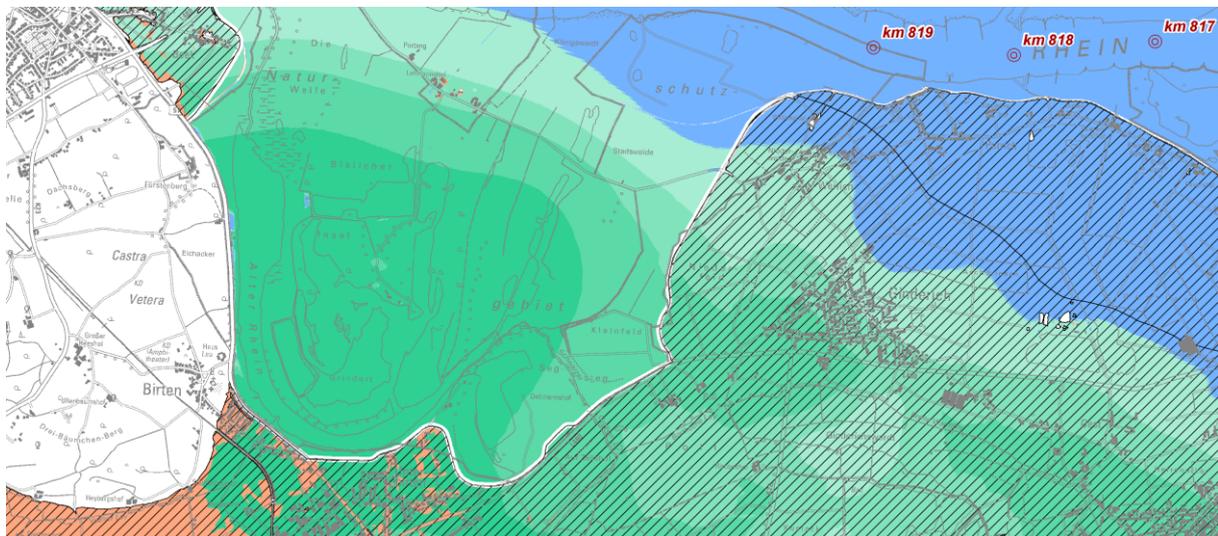


Abbildung 3.3: Beispielhafter Ausschnitt der Karte 4.1