

## Überflutungsmonitoring mit Sentinel-1 Radardaten in Nord Deutschland

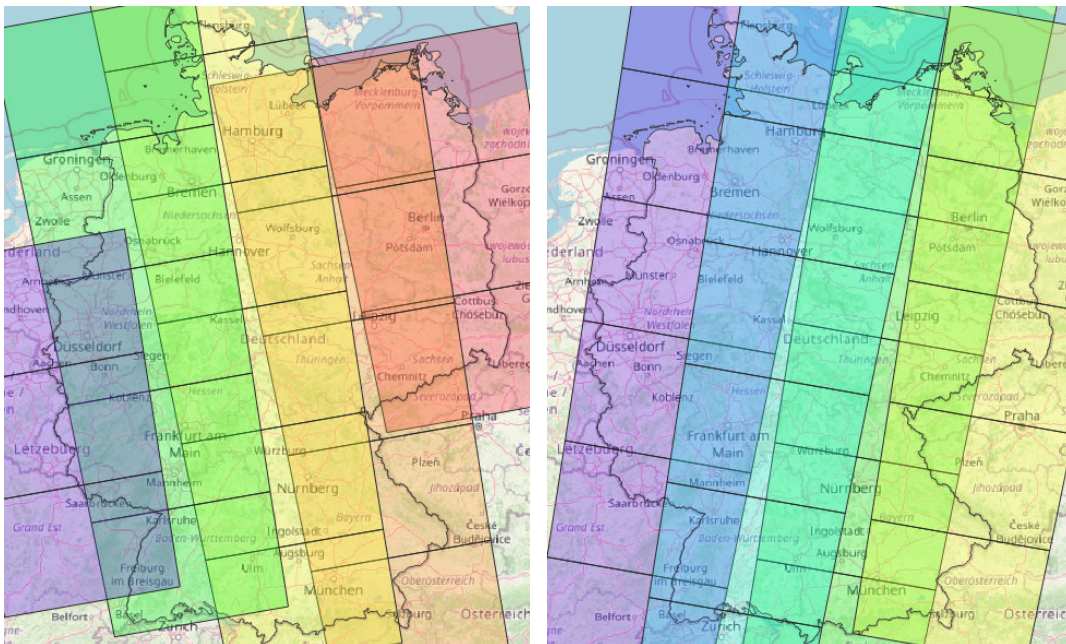
Langanhaltende Niederschläge über Weihnachten und Neujahr 2024 haben in weiten Teilen von Deutschland zu Überschwemmungen geführt. Das Hochwasser, das gebietsweise noch immer anhält, belastet die Deiche nun bereits über einem längeren Zeitraum, da diese nach und nach durchweichen. Damit wächst lokal die Gefahr für Dammbürche.

Die anhaltenden Niederschläge hatten sich über ein großes Gebiet ausgedehnt und erstreckten sich über die Mittelgebirge Harz und Rhön sowie die Einzugsbereiche von Aller, Weser und Leine. Als die Wassermassen dieser Flüsse die norddeutsche Tiefebene erreichten verlangsamte sich die Abflussgeschwindigkeit und das Wasser dehnte sich in der Breite aus, da es auch in diesen Gebieten zuvor schon anhaltend geregnet hatte.

Mit Radardaten der Sentinel-1 Satelliten kann man durch die Bewölkung hindurchsehen. Zudem ist der Satellit unabhängig von Tageslicht, da er seine eigene Energie verwendet. Während der Niederschlagsphase war es praktisch durchgängig bewölkt und man hatte keine Möglichkeit auf andere Art und Weise großflächig die Ausdehnung und Verweildauer der Überschwemmungen abzubilden.

Radarsatelliten schicken eine Mikrowelle mit einer Wellenlänge von ca. 5.5 cm, die die Wolken mühelos durchdringt. Die Mikrowellen brechen sich auf der Oberfläche und die Reflektion (backscatter) wird wiederum von dem Satelliten gemessen.

Sentinel-1 Satelliten umrunden die Erde in einer polaren Umlaufbahn in Höhe von 700 km. Jede Umrundung dauert ca. 90 Minuten. Wir haben einen aufsteigenden und einen absteigenden Erfassungsmodus. Die Wiederholungsrate der Aufnahmen beträgt 12 Tage. Dabei werden Daten in Streifen von ca. 240 km Breite erfasst. Jeder einzelne Footprint hat eine Größe von 200x240 km. Die Überlappung der Footprints nimmt zu den Polen hin zu.

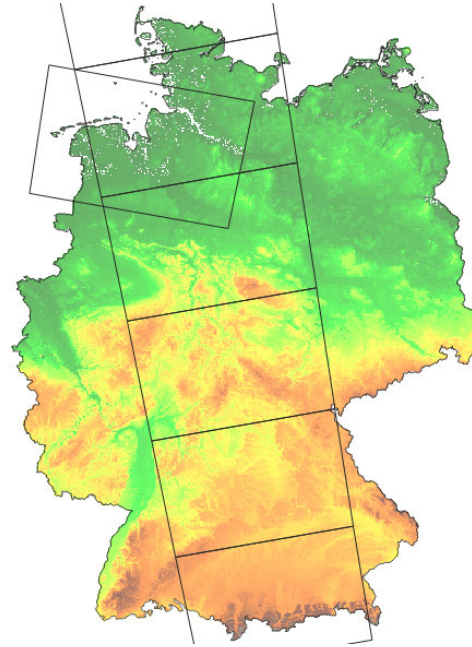


Für ein Überflutungsmonitoring kann man für definierte Bereiche, Ausschnitte aus verschiedenen sich überlagernden Footprints verwenden. Damit erreicht man kürzere zeitliche Intervalle.

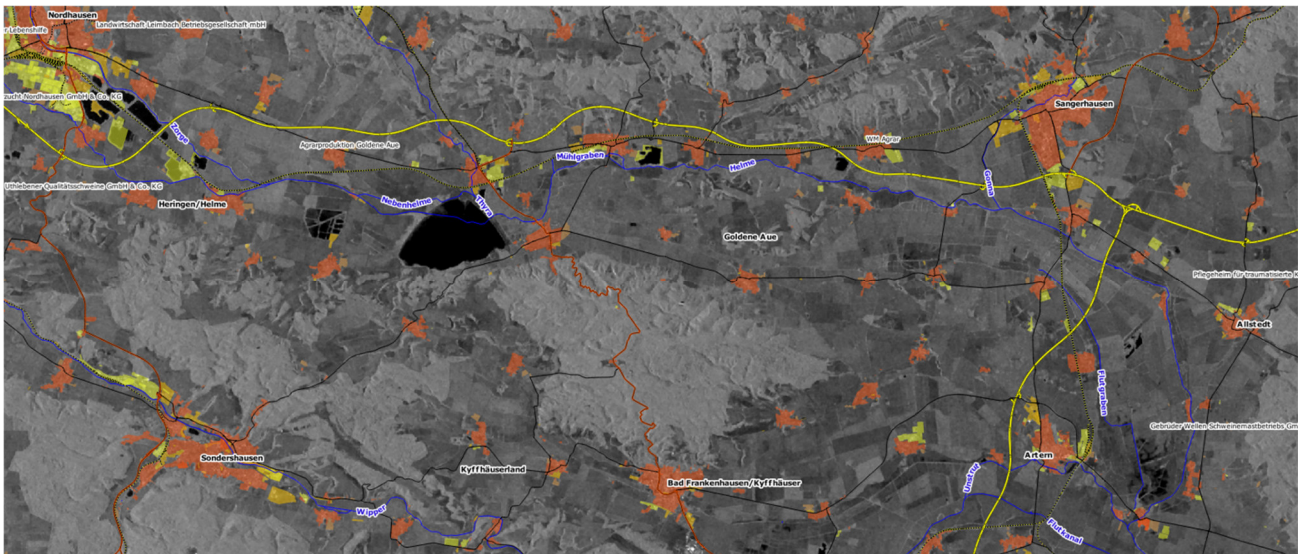
Für dieses Monitoring wurde der Streifen Ascending 117 verwendet. Er deckt Deutschland in weiten Teilen ab. Die Überflugzeit beträgt in etwa 2 Minuten. Dabei wird eine Fläche von ca. 200.000 qkm in Gänze erfasst.

Zudem wurde ein Footprint des orbits Descending 139 verwendet, um im Überlappungsbereich einen weiteren Aufnahmezeitpunkt zu analysieren.

Betrachten wir zunächst ein Gebiet bei Nordhausen an der Grenze zwischen Thüringen und Sachsen-Anhalt.

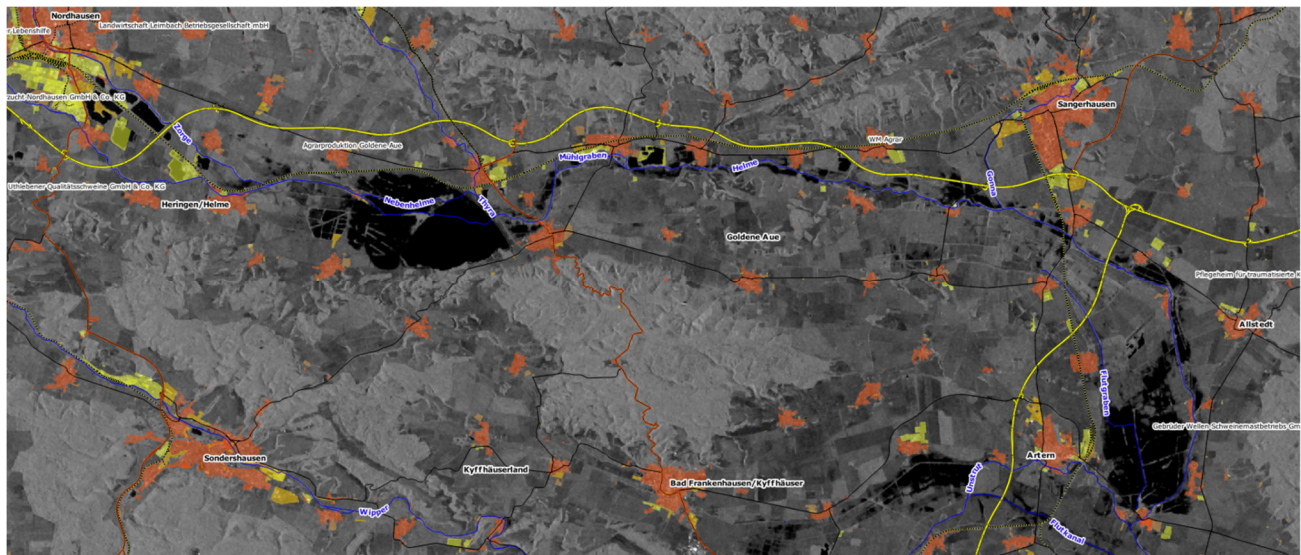
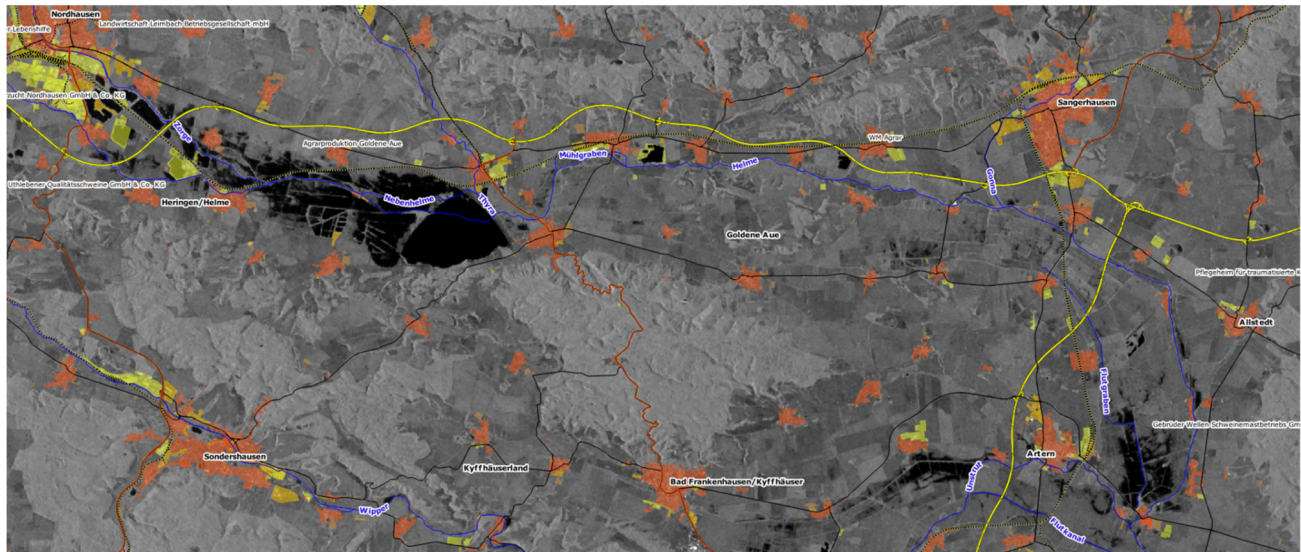


Die Aufnahme unten ist vom 13. Dezember also vor der Überflutung und zeigt in einem monochromen Satellitenbild Gewässer in Schwarz. Die Mikrowelle, die auf eine Wasseroberfläche trifft wird nicht gestreut, sondern vollständig abgelenkt. Daher ist die Rückstreuung dort gering. Wasseroberflächen erscheinen deshalb in schwarz.



Helle Flächen repräsentieren Wälder, da deren Vegetation eine hohe Rückstreuung verursachen. Das Bild wird mit farbigen Open-Street-Map Daten überlagert. Sie zeigen Straßen, Eisenbahnen, Flussläufe und Siedlungsflächen wobei diese farblich unterschieden werden in Wohn-, Industrie- und Gewerbegebiete. Landwirtschaftliche Betriebe sind teilweise in braun dargestellt. Wenn Sie in die Karte hineinzoomen lassen sich mehr Details erkennen.

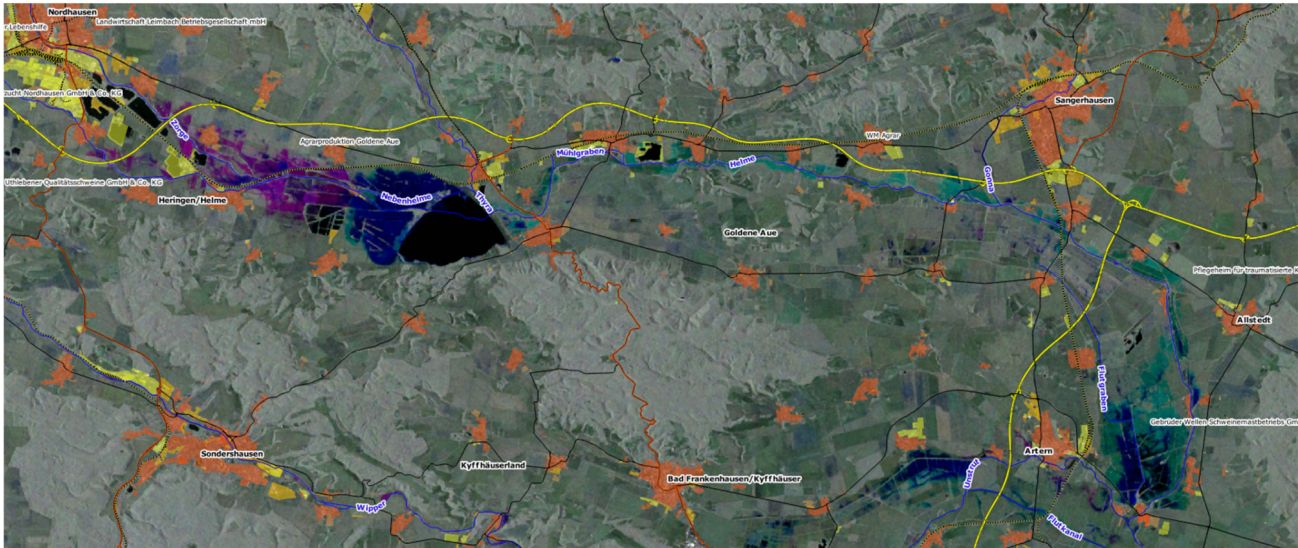
Die zweite Aufnahme ist vom 25. Dezember. Man sieht die überfluteten Flächen vor allem östlich von Nordhausen. Das Wasser kommt aus der Talsperre von Kelbra.



Die untere Aufnahme ist vom 6. Januar 2024. Während östlich von Nordhausen das Wasser teilweise abgelaufen ist, haben sich am Oberlauf der Hamme neue Überflutungsflächen ausgedehnt, da sich in der Zwischenzeit weitere Niederschläge ereignet haben. Man erkennt deutlich die überfluteten Bereiche links und rechts vom Flusslauf.

Die untere Aufnahme kombiniert nun die drei aufeinanderfolgenden Aufnahmen zu einem Farbbild. Dabei wurde die Aufnahme vom 13. Dezember auf den blauen Kanal gelegt, die Aufnahme vom 25. Dezember wurde auf den grünen Kanal belegt und die Aufnahme vom 6. Januar wurde auf den roten Kanal gelegt.

In der Folge erscheinen in der Karte diejenigen Gebiete in blau, die einen hohen blauen Wert haben und geringe rote und grüne Werte. Geringe Werte hat man, wenn die Fläche überflutet ist. Da die blauen Flächen am 25. Dezember und am 6. Januar überflutet waren, und nur am 13. Dezember nicht überflutet waren, erscheinen sie in blauer Farbe.



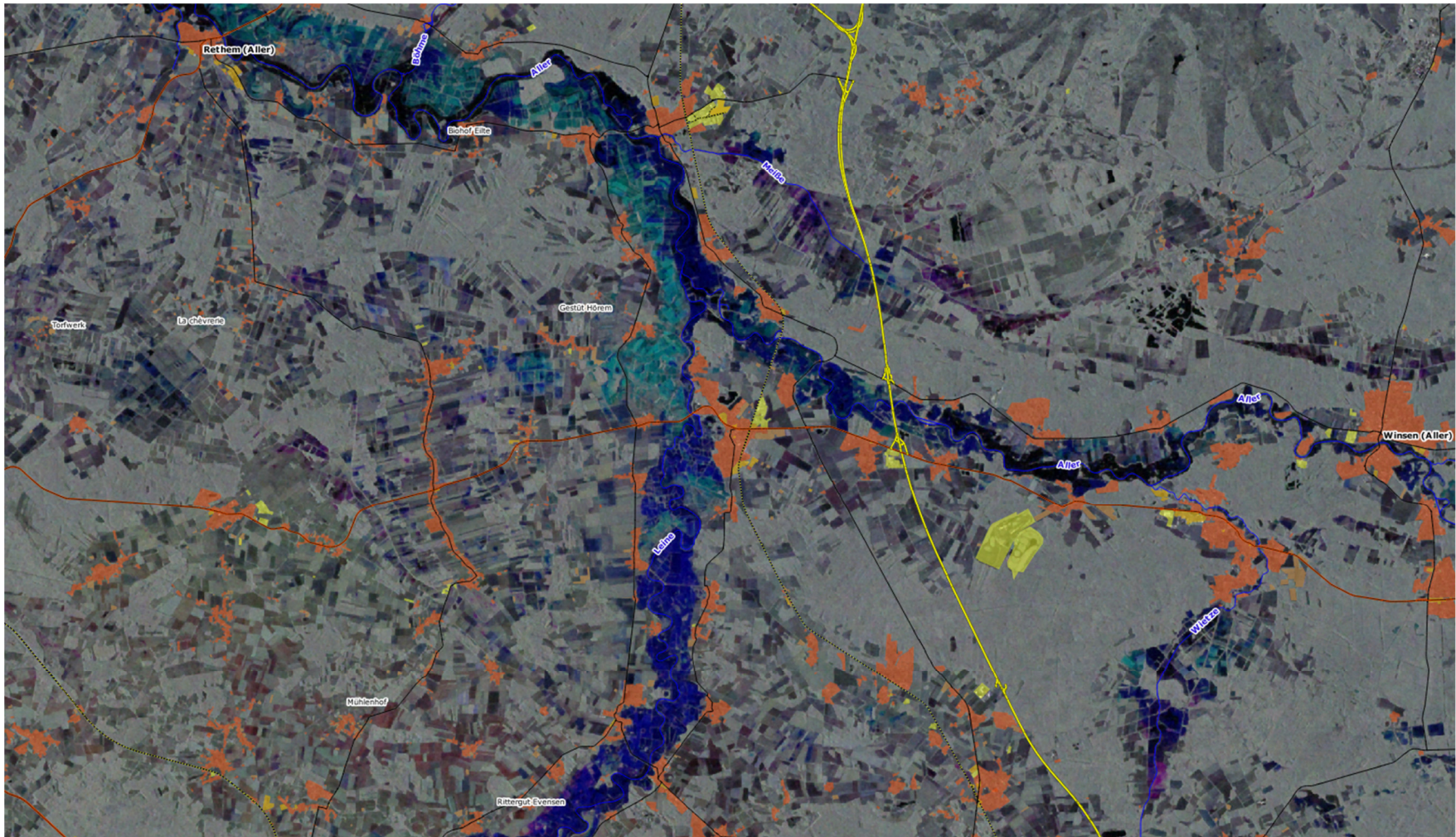
Entsprechend erscheint in pink das was zwar am 25. Dezember überflutet war, aber am 6. Januar nicht mehr und am 13. Dezember noch nicht. Die Farbe wird dort gemischt aus blau und rot. Die Bereiche, die am 13. Dezember und am 25. Dezember noch nicht überflutet waren, jedoch am 6. Januar erscheinen in türkis. Die Farbe mischt sich dort aus blau und grün.

An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass Radarsatellitendaten sich besonders für Zeitreihenuntersuchungen eignen, da die Daten bei jedem Überflug aus dem selben Winkel mit der gleichen Energie erfasst werden. Das Signal durchdringt die Atmosphäre ungehindert und die Beleuchtungssituation hat ebenfalls keinerlei Einfluss auf die Aufnahmequalität.

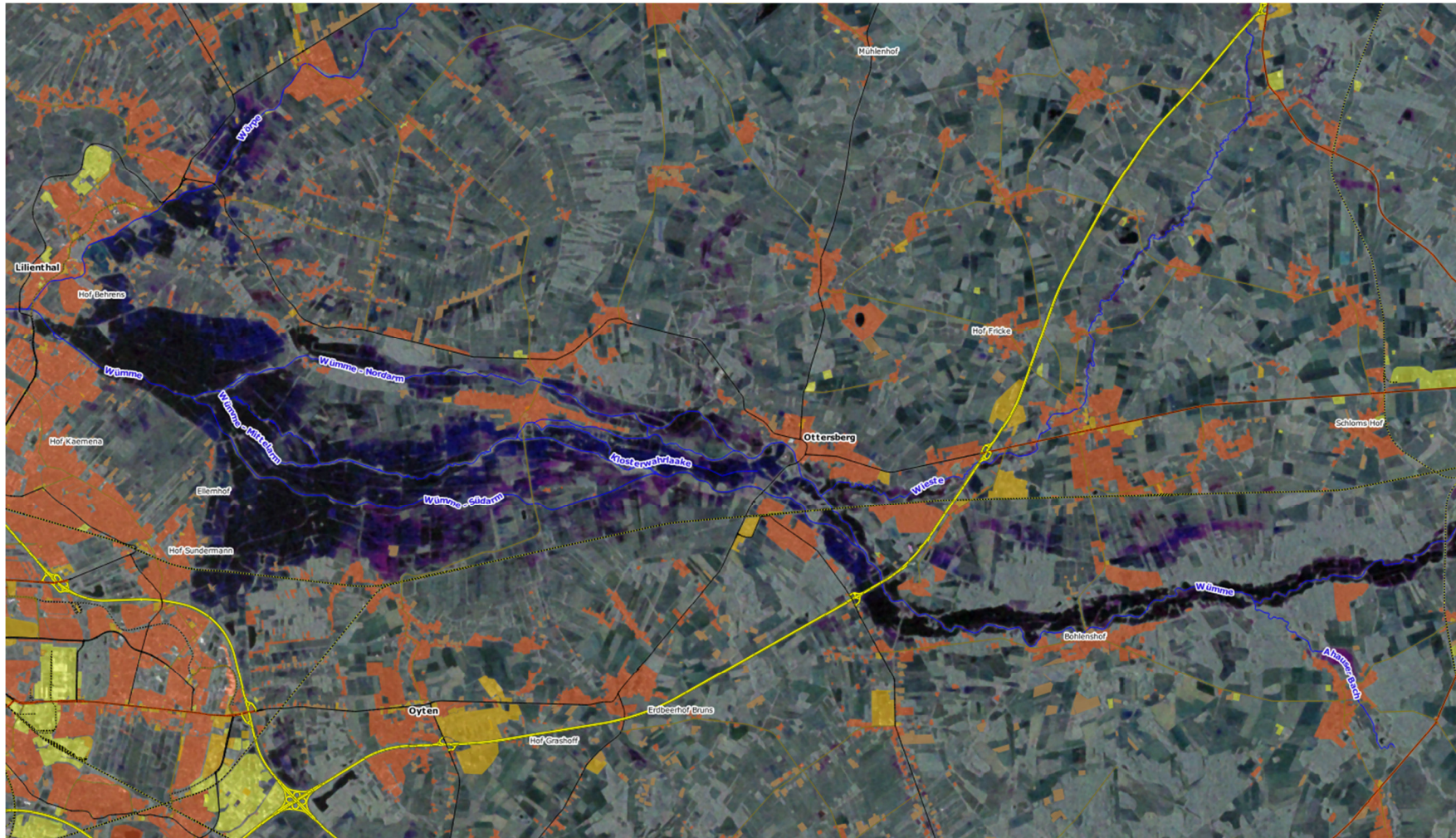
Wir sehen also die Veränderungen auf der Oberfläche und können Datensatz für Datensatz für unsere Auswertungen heranziehen.

Veränderungen zu beobachten, ist der Grundansatz in der Fernerkundung. Bevor wir beginnen können Messwerte zu quantifizieren müssen wir in der Lage sein die relativen räumlichen und zeitlichen Veränderungen darzustellen und zu interpretieren.

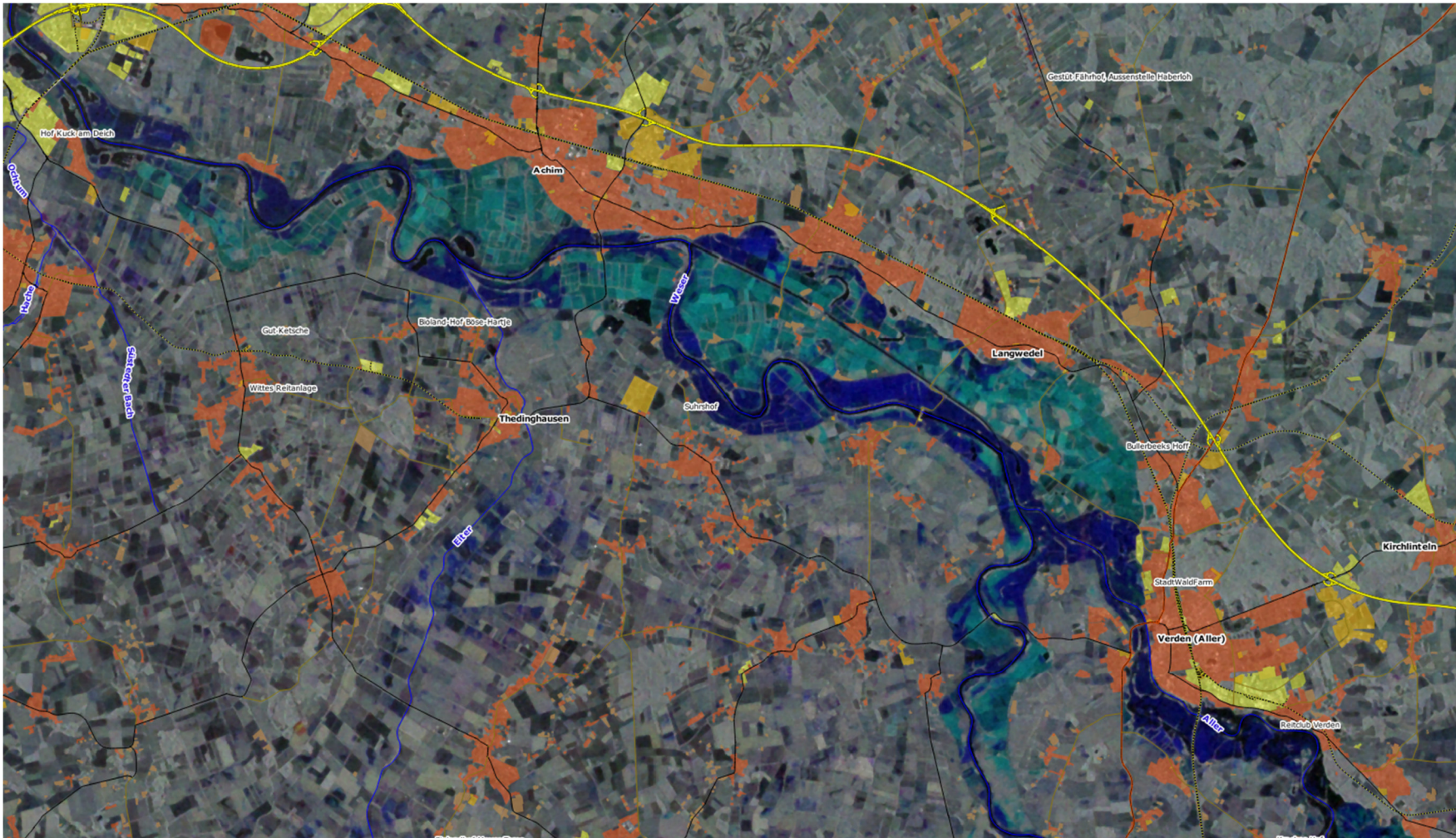
Die folgende Aufnahme zeigt das Gebiet im Bereich der Mündung von Leine und Aller. Die Farbgebung ist wieder die gleiche wobei hier Bereiche in schwarz erscheinen, die bereits am 13. Dezember überflutet waren und es am 6 Januar noch immer sind. Damit sind Bereiche in unmittelbarer Nähe des Flusslaufes gemeint, die bei Normalwasserstand nicht überflutet sind.



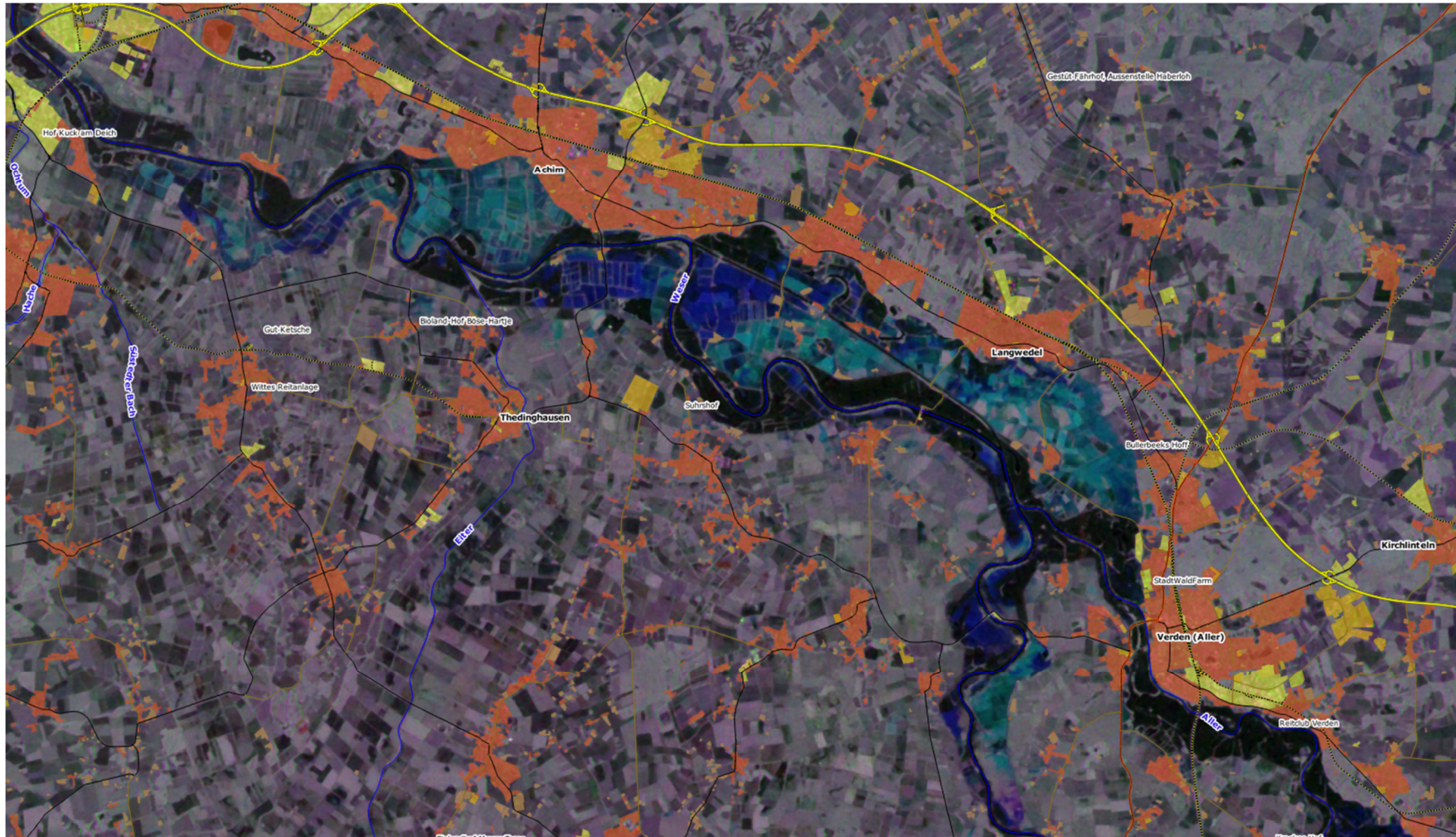
Die untere Aufnahme stammt aus dem Gebiet östlich von Bremen mit dem Vorort Lilienthal. Dort sieht man großflächige Gebiete, die über alle drei Aufnahmen hinweg überflutet waren, da sie in schwarzer Färbung dargestellt werden. Auch hier gilt, dass dunkelblau an Weihnachten und nach Neujahr überflutet waren, aber noch nicht am 13. Dezember. In pink sehen wir Bereiche die am 13. Dezember ebenfalls noch nicht überflutet waren und bei denen das Wasser nach Neujahr bereits wieder abgeflossen ist.



Ein weiteres Beispiel zeigt das Gebiet am Zusammenfluss von Aller und Weser. Wir sehen großflächige Überlutungen nach dem 13. Dezember mit einer zunehmenden Ausdehnung nach Weihnachten.

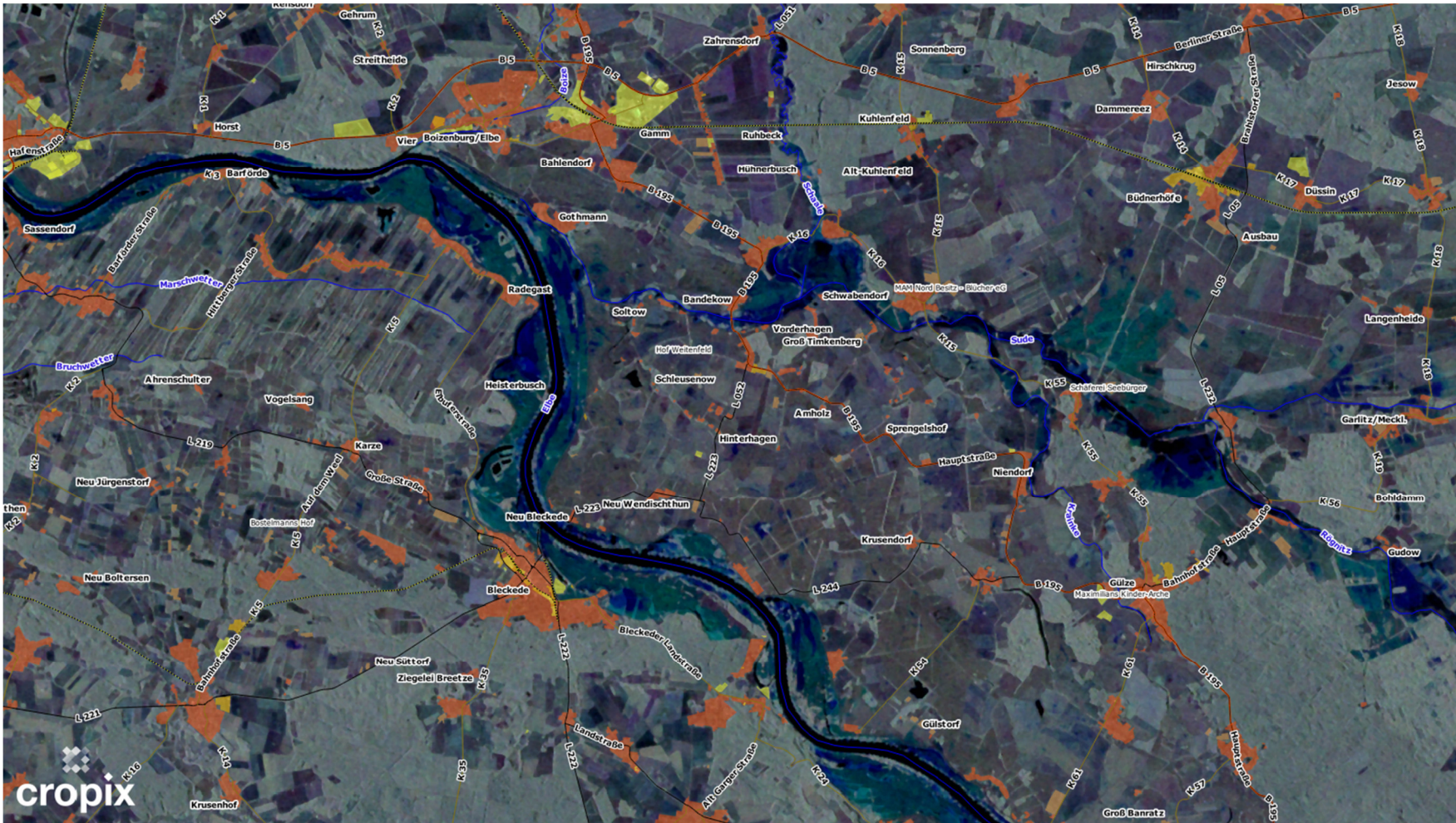


Nochmals die gleiche Region wie die Aufnahme zuvor. Allerdings wurden hier drei anderen Aufnahmen zu einem Bild kombiniert. Das Bild repräsentiert die Aufnahmen vom 25. Dezember, dem 27. Dezember und vom 6. Januar. Schwarz erscheint alles, was bereits am 25. Dezember überflutet war und auch am 6. Januar noch überflutet ist. Blau war am 25. Dezember noch nicht überflutet aber am 27. Dezember. In Türkis sehen wir was zwischen dem 27. Dezember und dem 6. Januar zusätzlich überflutet wurde.





Abschließend eine Aufnahme östlich von Lauenburg an der Elbe. Auch hier lässt sich der Flutverlauf durch die Farbgebung nachvollziehen.



Die Auswertungen zeigen, dass Sentinel-1 Radardaten eine Möglichkeit darstellen großflächig und zeitnah ein Überflutungsmonitoring in gleichbleibender Qualität durchzuführen. Es ist nicht nur eine Möglichkeit sondern tatsächlich die einzige Möglichkeit den Flutverlauf und die Verweildauer des Wassers zu dokumentieren, eventuell Schäden abzuschätzen und Vermeidungsstrategien zu erarbeiten.