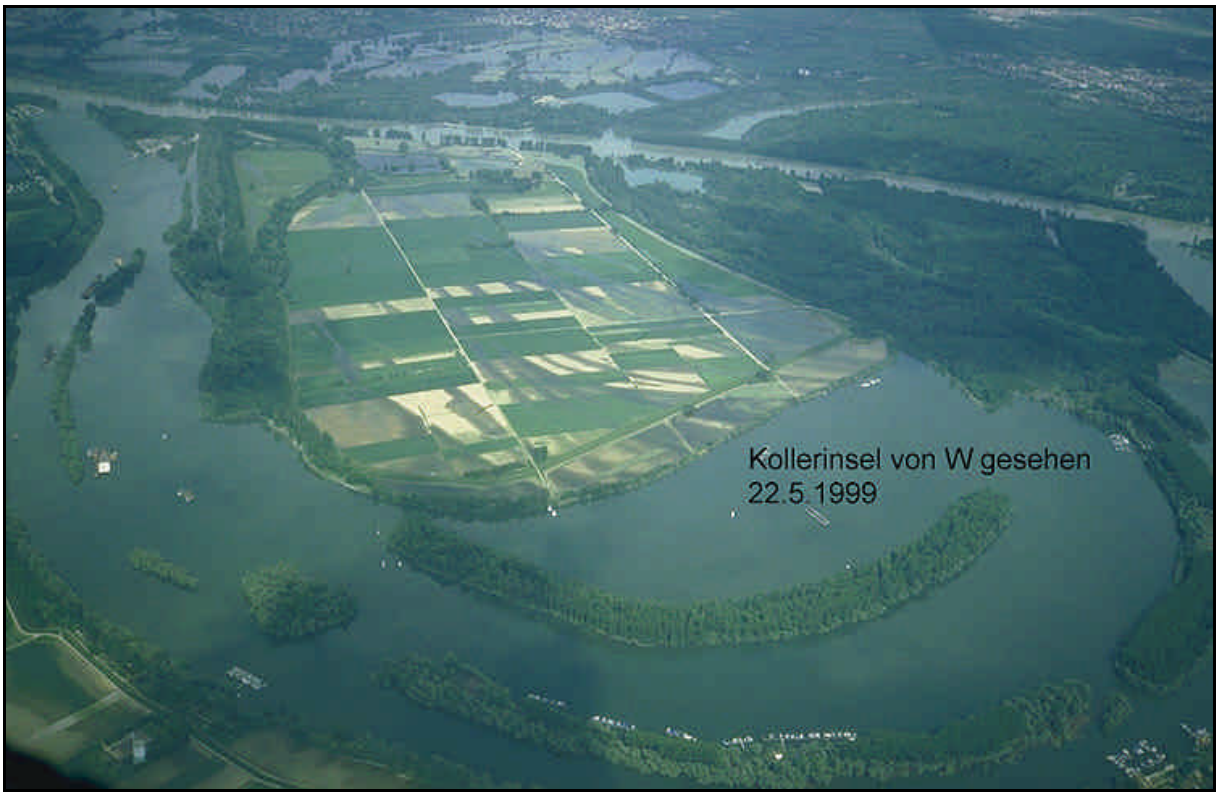


Abb. 81.: Ausbildung von Druckwasserflächen auf der Kollerinsel am 22.5.1999
Quelle: Eigenes Foto

Abb. 82.: Restwasserflächen und Ernteschäden auf der Kollerinsel am 26.5.1999
Quelle: Eigenes Foto

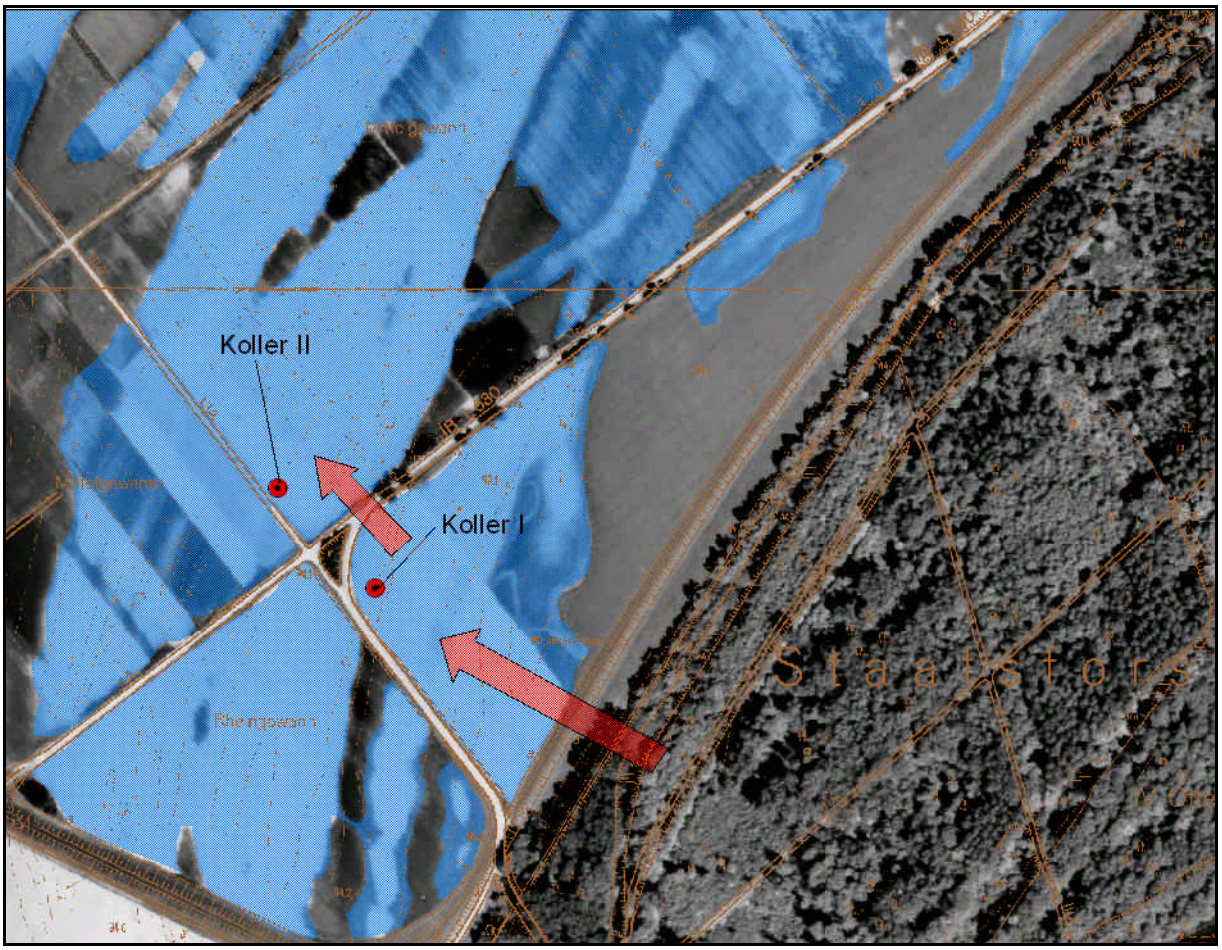


Abb. 83.: Lage der Meßstellen „Koller I“ (=Koller Süd) und „Koller II“ (=Koller Nord). Während des Hochwasserereignisses im Juni 1999 war der ehemalige Altrheinarm „Böllenwörth“ (Waldstück rechts im Bild) vollständig vom Rhein her überschwemmt worden. Innerhalb weniger Tage begann Rheinwasser unter dem Damm hindurch ins Innere der Insel zu filtrieren (langer roter Pfeil).Der Fahrdamm der LB-I-530 verhinderte zunächst eine weitere Ausbreitung des Sickerwassers. Mit einem weiteren Tag Verzögerung sickerte das Wasser unter dem Straßendamm weiter nach Norden (kurzer roter Pfeil). Zeitgleich traten im Inneren der Insel zahlreiche Druckwasserquellen in den Tiefenlinien der Geländesenken auf. Insgesamt bedeckten Druckwasser- und Sickerwassersammelflächen nahezu 2/3 der Inselfläche.
Quelle: Eigene Abbildung

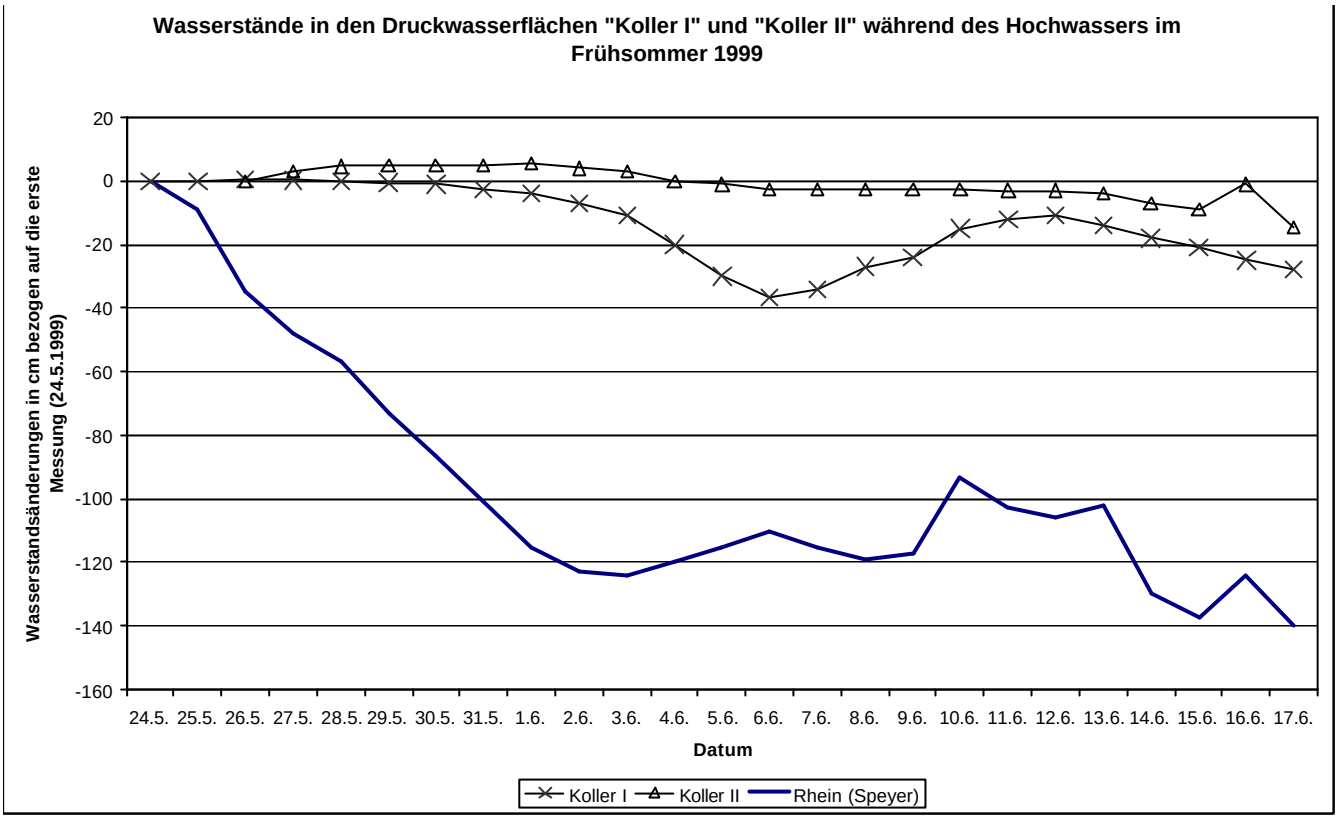


Abb. 84.: Entwicklung der Wasserstände in den Inundationsflächen Koller I (=Koller Süd) und Koller II (=Koller Nord). Während der Wasserstand des Rheins bis zum 3.6.99 kontinuierlich sinkt, steigt das Wasser in den Inundationsflächen noch. Die näher am Rhein gelegenen Inundationsfläche Koller I reagiert auf eine erneuten Wasseranstieg des Rheins Anfang Juni erstaunlich rasch.
Quelle: Eigene Abbildung

Abb. 85.

Abb. 86.

Abb. 85. und 86.: Inundationsflächen am 16.3.1999 auf der Kollerinsel, kurz nach einer eingipfligen Hochwasserwelle. Binnendeichs gelegene Inundationen treten vor allem in unmittelbarer Dammnähe auf, wogegen im Inneren der Insel noch keine Druckwasserflächen festzustellen sind.
Quelle: Eigene Fotos

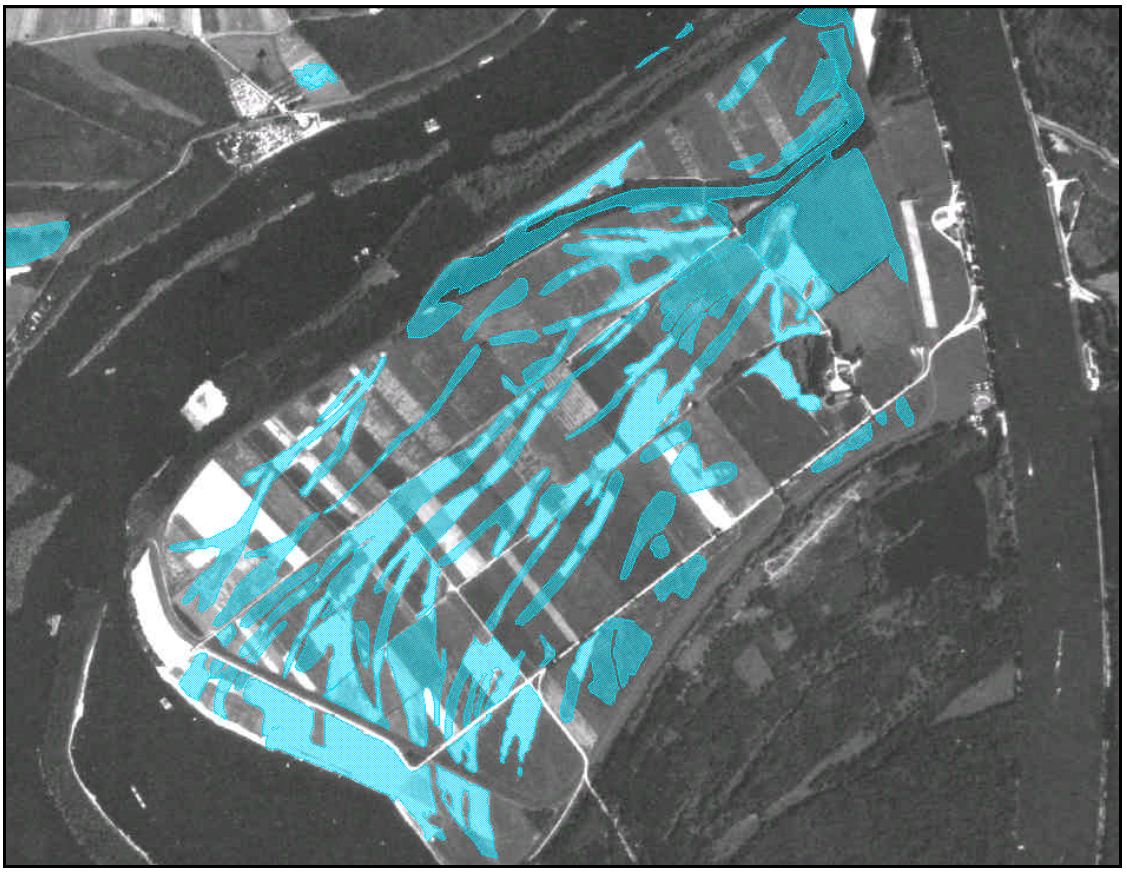


Abb. 87.

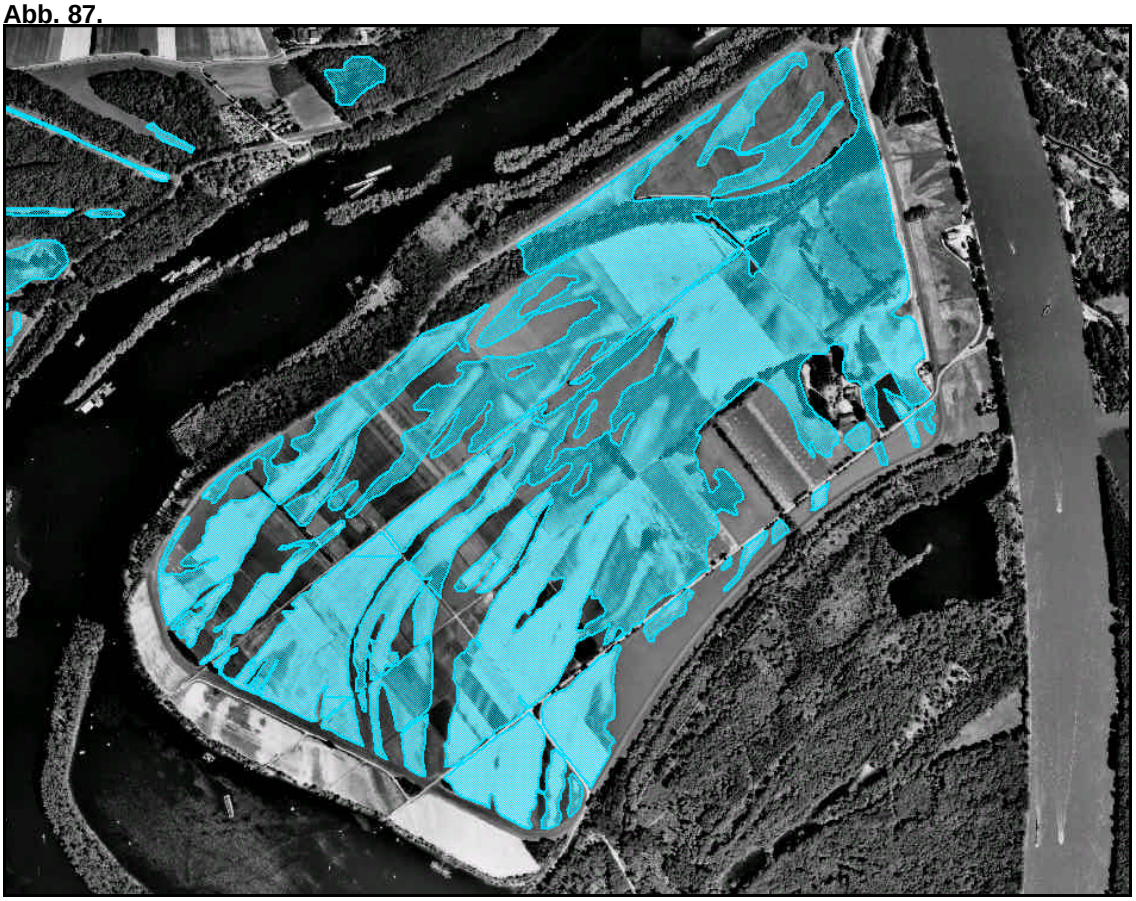
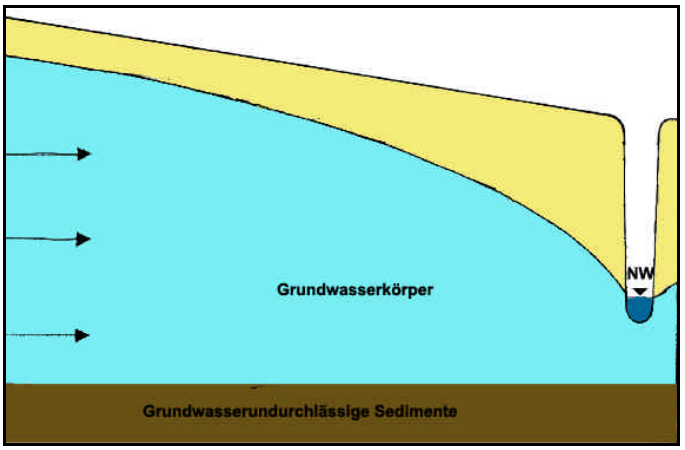
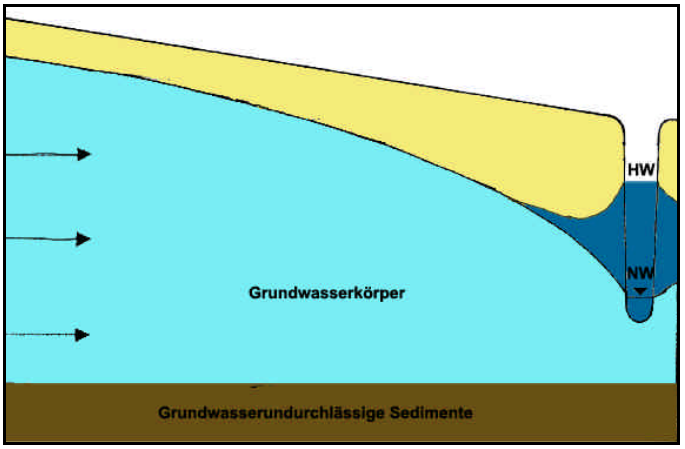


Abb. 88.

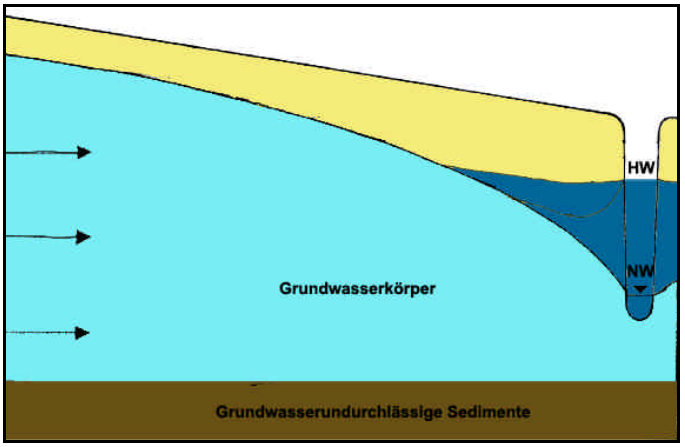
Abb. 87. und 88.: Druckwasserflächen der Kollerinsel im Vergleich: 1983 (oben) und 1999 (unten)
Quelle: Eigene Abbildung



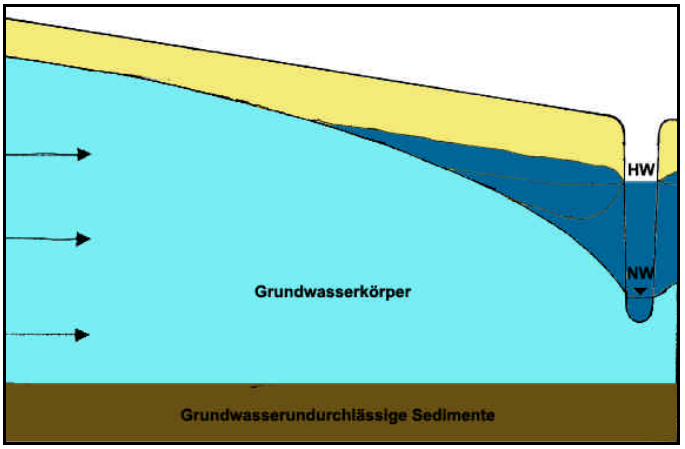
Der Rhein ist der Vorfluter des hydrologischen Systems der Rheinniederung. Ein beständiger Grundwasserstrom fließt von den Randgebirgen zum Fluss. Auf den Wasserstand des Rheins (NW) stellt sich der Grundwasserspiegel etwa halbparabelförmig, von der Niederterrasse zum Rhein hin absinkend ein. Der niedrigste Stand des Grundwasserspiegels wird an der Einmündung in den Rhein erreicht.



Steigt der Rheinwasserspiegel nun infolge eines Hochwassers sprunghaft an (HW), kehrt sich die Fließrichtung des Grundwassers in Flussnähe um. Aufgrund des nun höheren Wasserspiegels des Rheins dringt Flusswasser in das bisher noch nicht von Grundwasser erfüllte Erdreich ein. Währenddessen strömt weiterhin Grundwasser von der Niederterrasse in Richtung Fluss; der Grundwasserspiegel beginnt sich auf das neue, höhere Niveau des Flusses einzustellen.



Dieser Ausgleichsprozess erstreckt sich über einen längeren Zeitraum (mehrere Tage). Der tiefste Punkt der Grundwasseroberfläche bewegt sich dabei immer weiter weg vom Fluss



Hält der hohe Rheinwasserstand nun über einen längeren Zeitraum hin an, stellt sich der Grundwasserkörper wieder in etwa halbparabelförmig auf den neuen Flusswasserstand ein, allerdings auf höherem Niveau.

Abb. 89.: Einfaches Modell der Interaktion zwischen Grund- und Flusswasser in der Aue.
Quelle: Verändert nach HOFMANN 1939 und SCHÄFER 1978

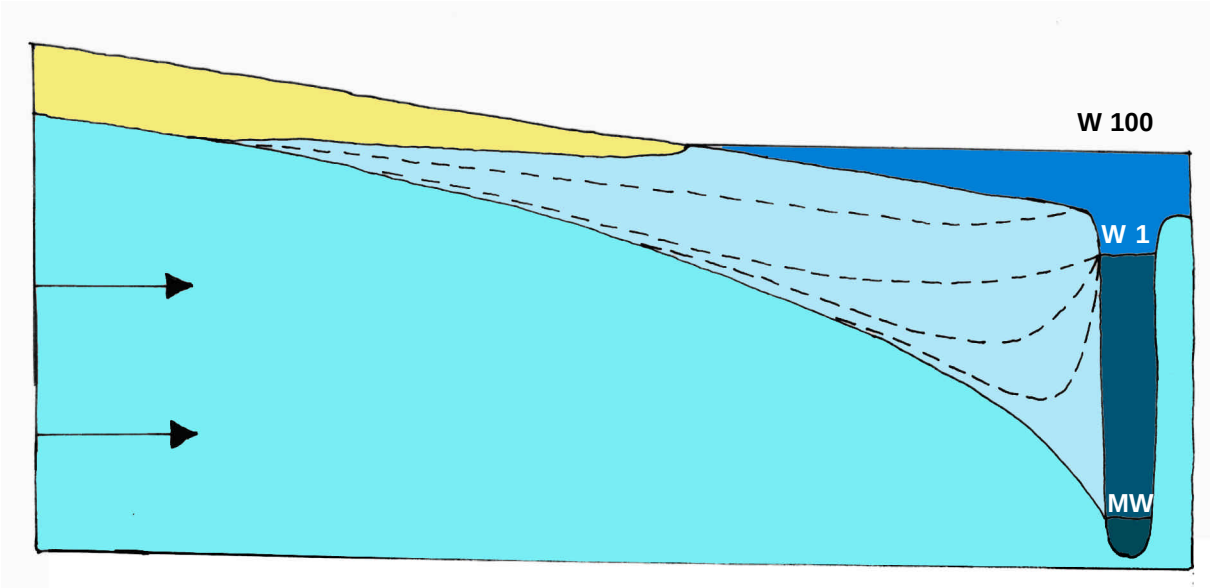


Abb. 90.: Modell für die Interaktion Fluss-Grundwasser bei einem „Jahrhundert“ Hochwasser. Ausgangssituation ist der Fluss bei Mittelwasserstand (MW). Der Grundwasserkörper ist etwa parabelförmig zum Flusswasserstand hin geneigt. Ein beständiger Zustrom von Grundwasser aus den seitlichen Randgebirgen strömt dem Fluss zu. Steigt der Fluss nun zunächst auf das Niveau eines Hochwassers mit jährlicher Eintrittswahrscheinlichkeit (W1) dringt Uferfiltrat in die flussnahe Aue ein. Da das Vorfluterniveau gestiegen ist beginnt sich der Grundwasserstand zu heben. Steigt der Wasserstand im Fluss weiter auf das Niveau eines „Jahrhundert“-Hochwassers (W100), werden weite Teile der Aue direkt überschwemmt. Große Mengen Uferfiltrats dringen in den Untergrund ein. Das Uferfiltrat dominiert gegen über dem Grundwasserrückstau. Reicht der überschwemmte Rhein bis an den Rheinhauptdamm, dringt Uferfiltrat oftmals in großen Mengen in den hinter dem Damm gelegenen Senken aus.
Quelle: Verändert nach HOFMANN 1939 und SCHÄFER 1978

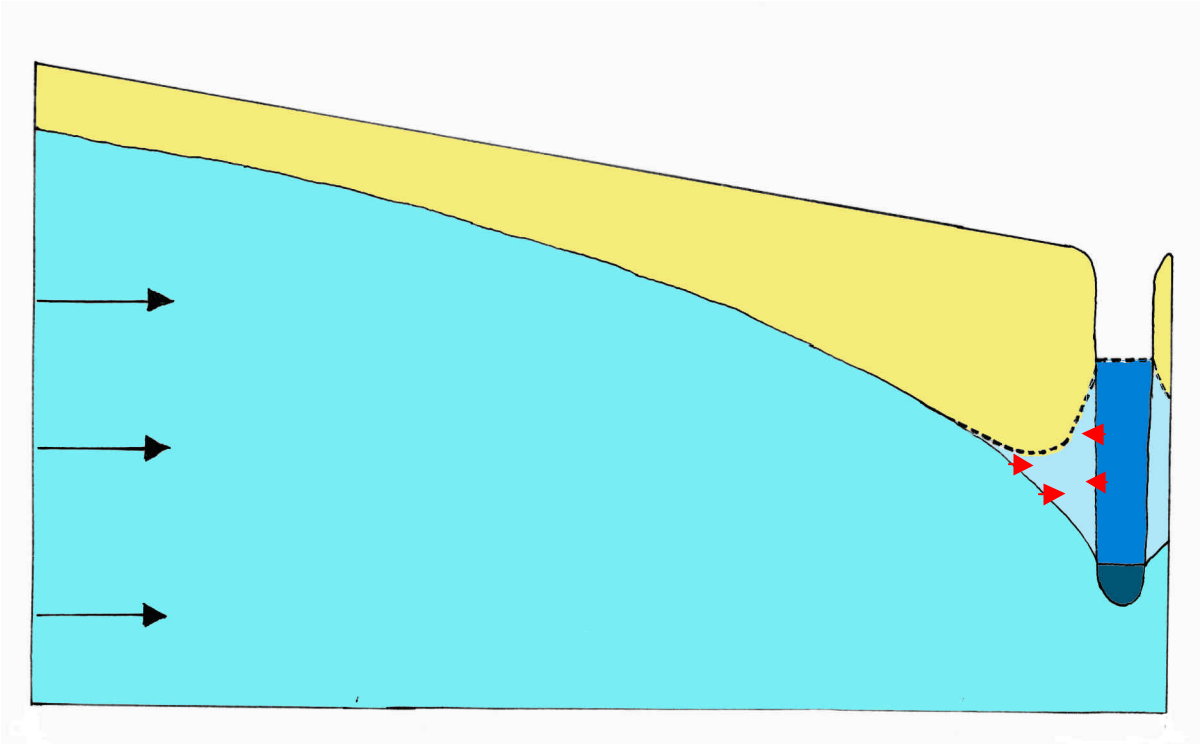


Abb. 91.: Bei einem nur kurzfristigen Anstieg des Rheinwasserstandes dringen zunächst Ufterfiltrat und Grundwasser in den flussnahen Untergrund ein (siehe Pfeile).
Quelle: Verändert nach HOFMANN 1939 und SCHÄFER 1978

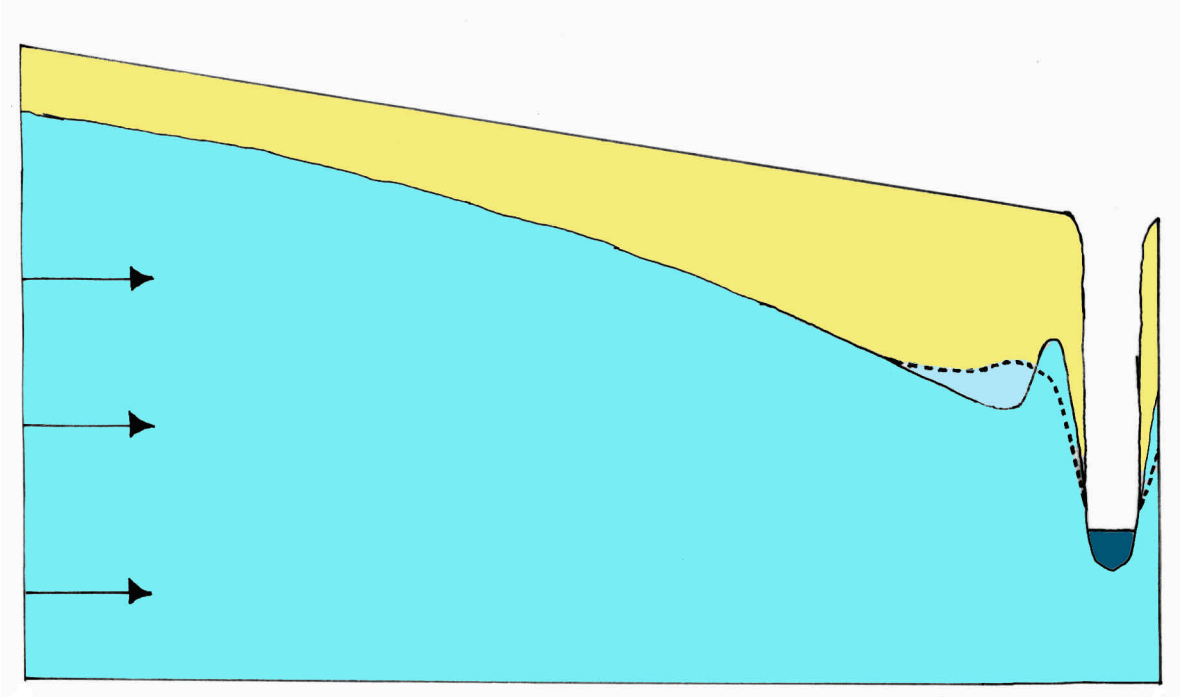
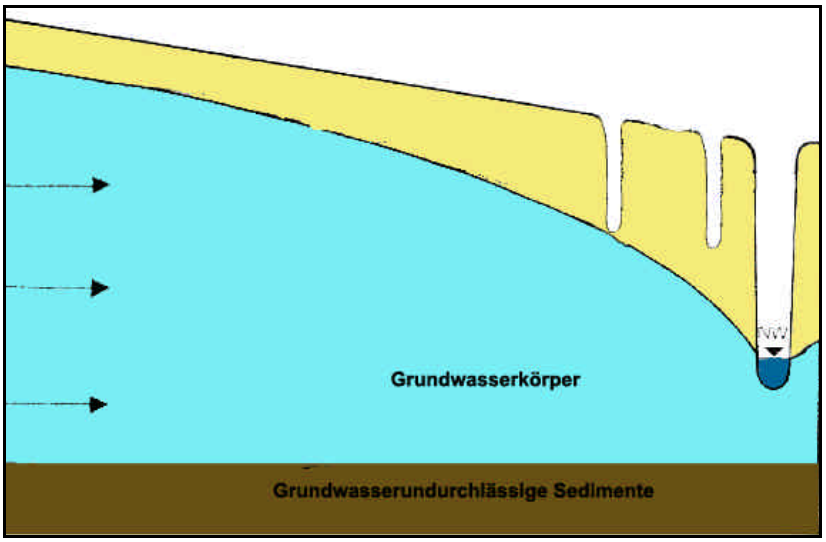
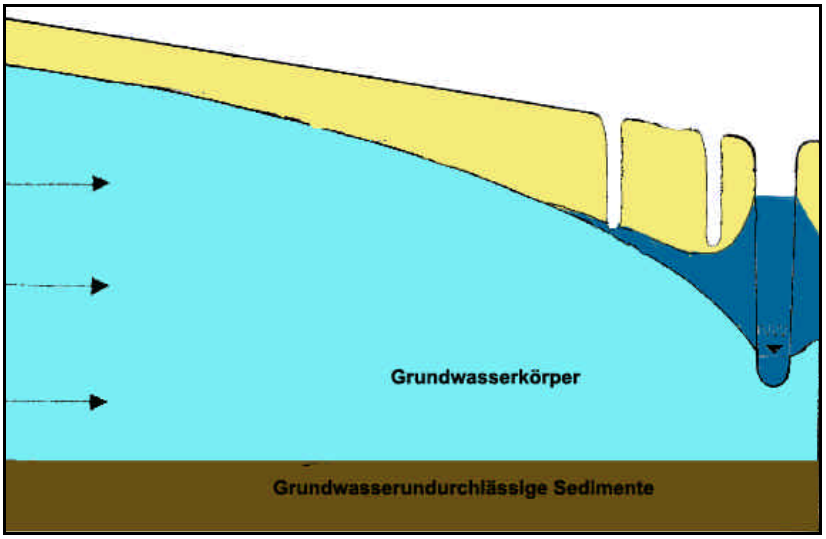


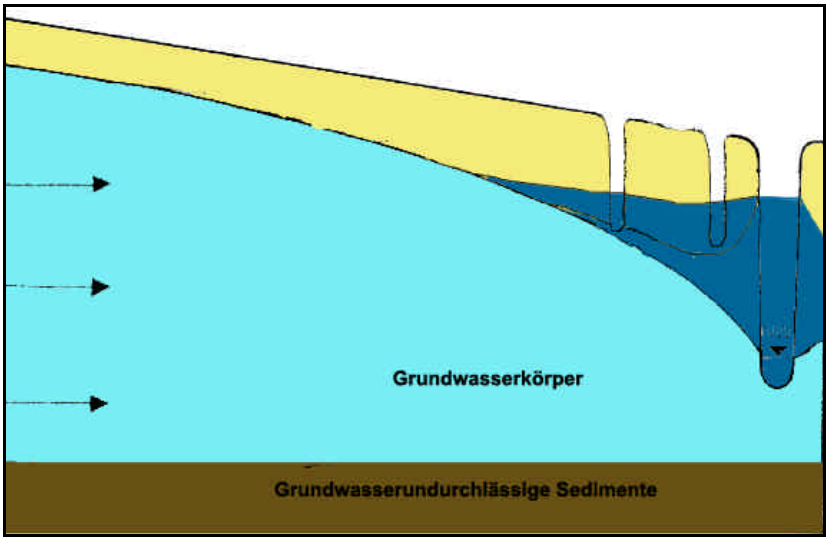
Abb. 92.: Sinkt der Flusswasserstand wieder rasch ab, fallen auch die ufernahen Bereich wieder trocken, während sich die Druckwasserwelle mit abnehmender Amplitude im Untergrund landeinwärts ausbreitet. Bei derartigen Ereignissen sind in entfernt vom Fluss gelegenen Senken zu einem Zeitpunkt Druckwasseraustritte zu beobachten, an dem die rheinnahen Senken bereits wieder trocken gefallen sind.
Quelle: Verändert nach HOFMANN 1939 und SCHÄFER 1978



Parallel zum Rhein befinden sich in der Aue zwei etwa gleich tiefe Schluten. Bei niedrigen und mittleren Wasserständen liegen beide trocken.



Je nachdem, wie schnell sich der Grundwasserkörper im Falle eines Hochwasser-ereignisses auf das neue Vorfluterniveau einstellt, kann es passieren, dass in die rheinfernere Schlute früher Wasser infiltriert, als in die rheinnahe.



Nach etwa ein oder zwei Tagen ist der Grundwasser-stand soweit angestiegen, dass beide Schluten durch aufquellendes Druckwasser überschwemmt werden.

Abb. 93.
Quelle: Eigene Abbildung

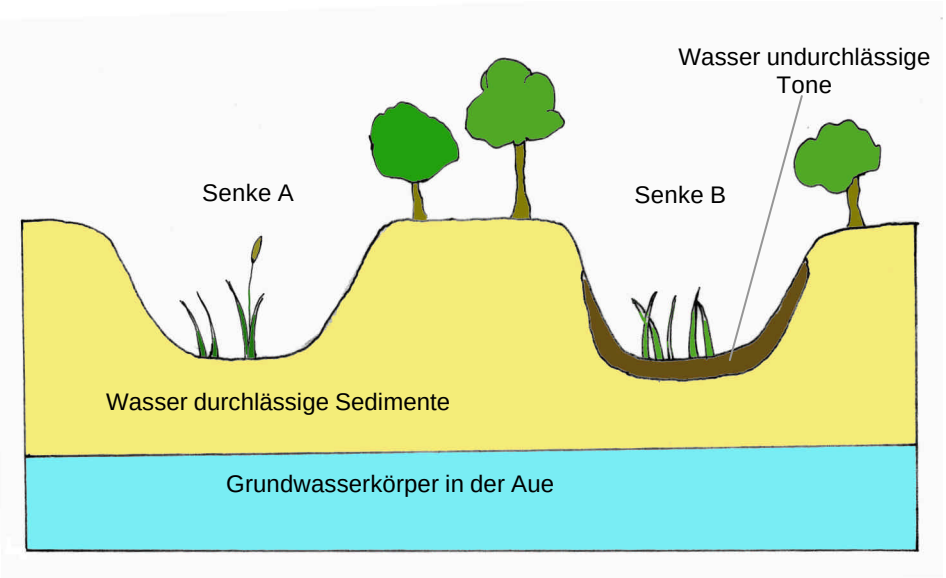


Abb. 94.: Inundationsdynamik in Senken des Typs „Burglache“: zwei gleich tiefe Senken liegen dicht beieinander (Senke A; Senke B). Beide Senken haben den gleichen Abstand zum Grundwasser. In Senke B haben sich jedoch Wasser undurchlässige Tone und Lehme abgelagert.
Quelle: Eigene Abbildung

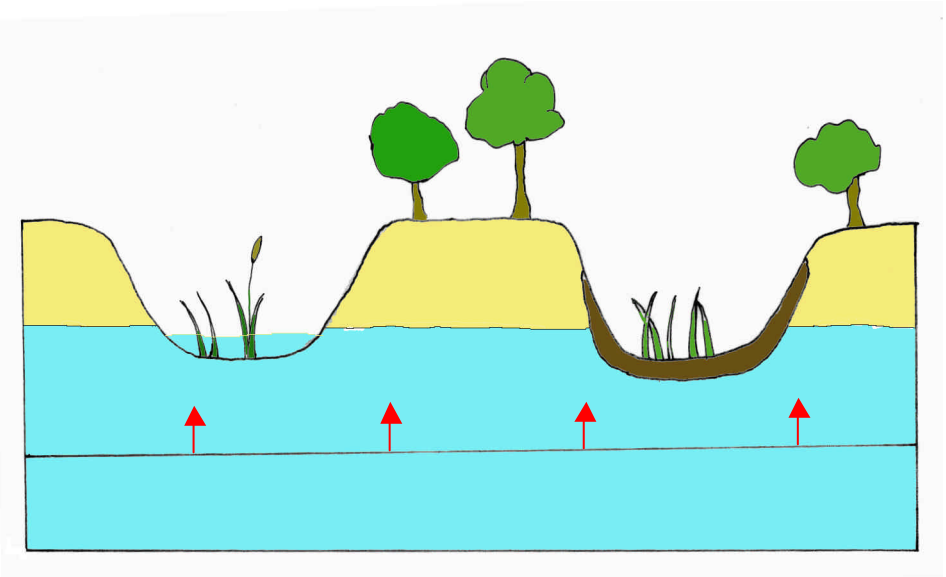


Abb. 95.: Steigt nun der Grundwasserstand in der Aue aufgrund eines Hochwasserereignisses, kommt es in Senke A zu Druckwasseraustritten. Die wasserundurchlässigen Sedimente in Senke B verhindern jedoch zunächst einen Wasseraustritt.
Quelle: Eigene Abbildung

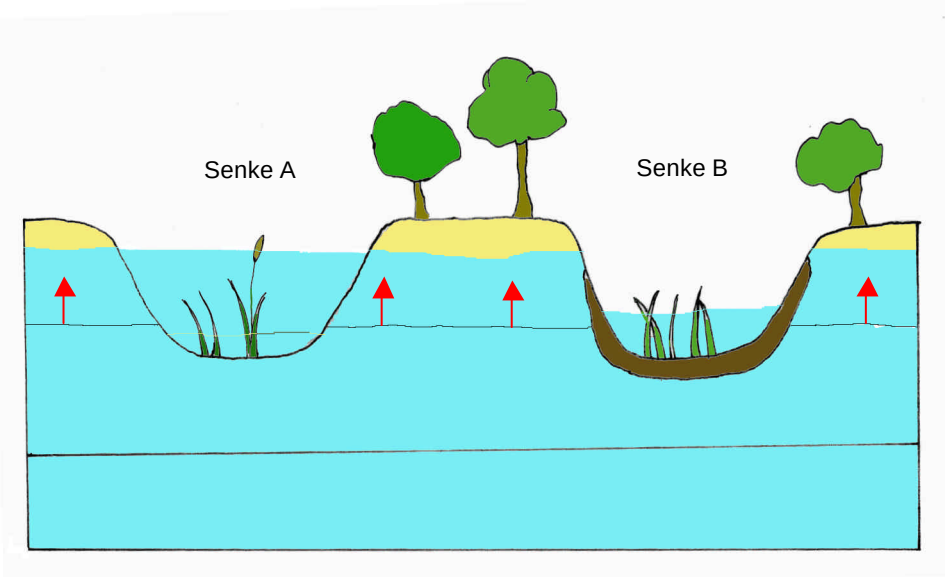


Abb. 96.: Erst wenn der Grundwasserstand in der Aue über die Ton- und Lehmschicht von Senke B ansteigt, füllt sich auch diese mit Wasser. Die Quellhorizonte befinden sich dann nicht am Grund der Senke, sondern am Rand der Senke. Das ausgetretene Wasser fließt dann oberflächlich ab und sammelt sich im tiefsten Punkt. In Senke A hingegen steigt der Wasserstand mit dem Grundwasserstand.
Quelle: Eigene Abbildung

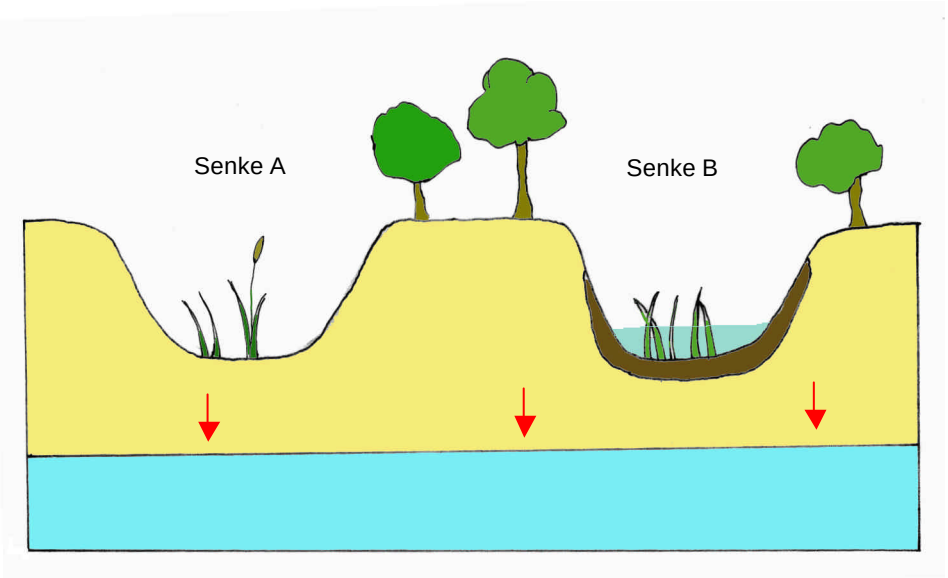


Abb. 97.: Sinkt der Grundwasserstand wieder ab, versickert auch in Senke A das Wasser. In Senke B verhindern nun die Tone und Lehme ein rasches Versickern. Einmal eingedrungenes Wasser kann in Senke B über Monate verbleiben, ehe es vollständig versickert und verdunstet ist.
Quelle: Eigene Abbildung

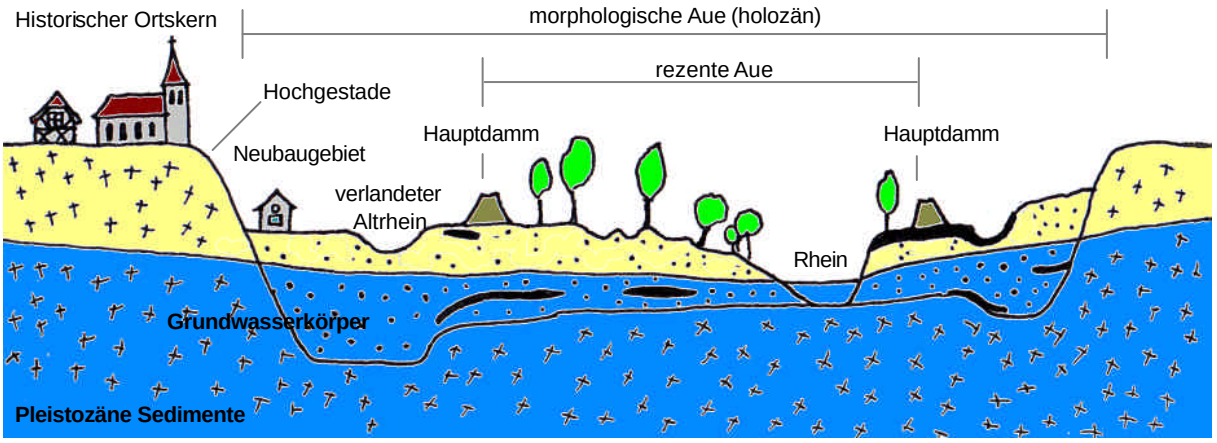


Abb. 98.: Schematische Darstellung der Rheinniederung: Im Holozän hat sich der Rhein durch beständige Erosion und Akkumulation seine, durch die Hochgestade begrenzte morphologische Aue geschaffen (pleistozäne Sedimente: kleine Kreuze; holozäne Sedimente: Punkte). Der Rheinhauptdamm begrenzt die rezente, noch direkt vom Wasserstand des Rheins beeinflusste Aue. Während ältere Siedlungen in der Regel auf dem hochwassersichern Hochgestade gegründet wurden, fand im 20.Jh. eine Bebauung der Altaue statt.

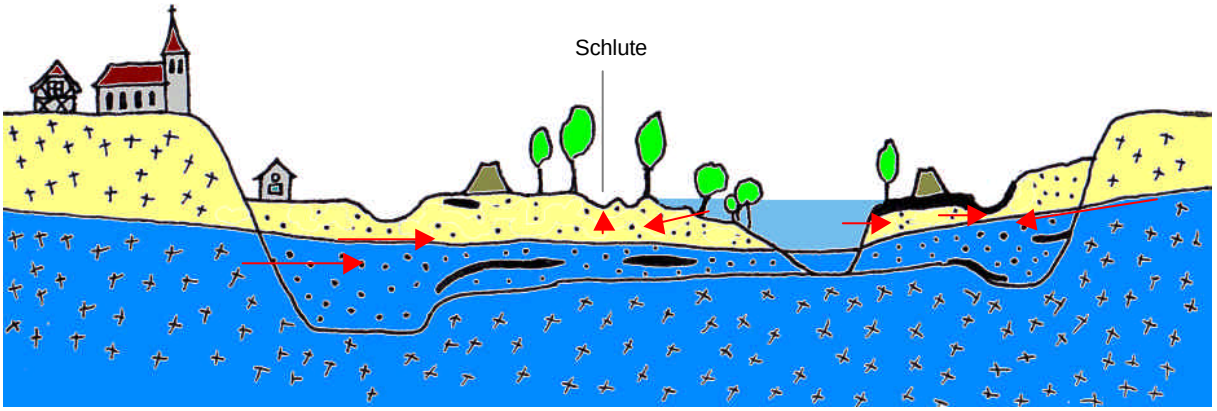


Abb. 99.: Steigt nun der Wasserstand des Rheins infolge eines kleineren Hochwasserereignisses, sickert Flusswasser in den Untergrund. Zugleich strömt weiterhin seitlich Grundwasser in Richtung Rhein, so dass es in der rezenten Aue an den tiefsten Punkten (oftmals in Schluten) zu ersten Wasseraustritten kommt. Unterhalb von wasserundurchlässigen Tonschichten kann sich die Druckwasserwelle landeinwärts ausbreiten, ohne das es zunächst zu Druckwasseraustritten kommt.

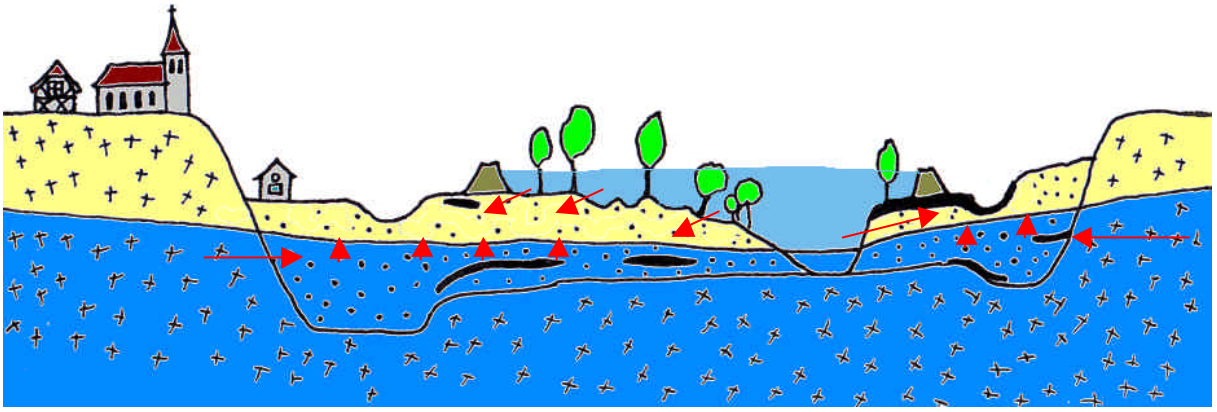


Abb. 100.: Besonders bei starken Hochwasserereignissen dringt von den überschwemmten Flächen der rezenten Aue Flusswasser in den Untergrund ein und breitet sich unter dem Rheinhauptdamm hindurch ins Landesinnere aus. Zugleich stellt sich das beständig von den Rändern zum Fluss hin strömende Grundwasser auf den erhöhten Flusswasserstand ein.
Quelle: Eigene Abbildung

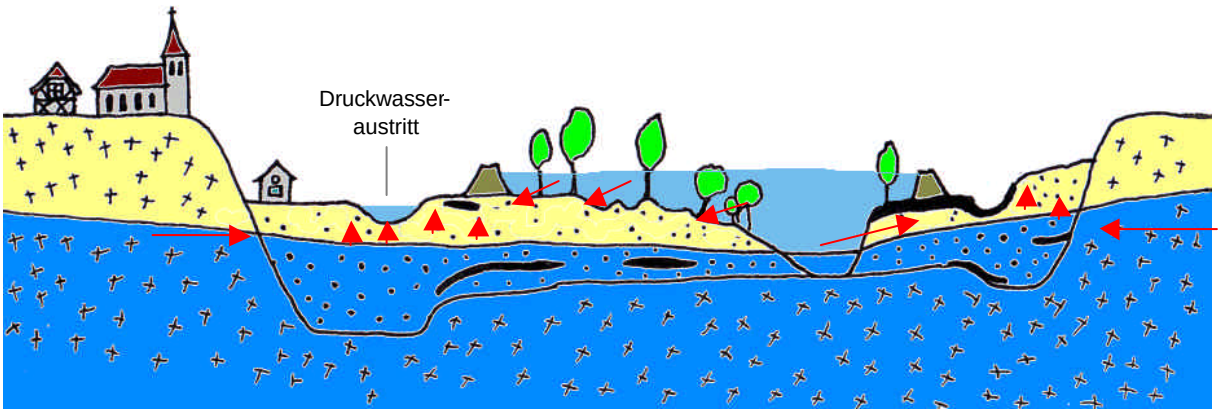


Abb. 101.: Einige Tage nach dem Maximum der Hochwasserwelle des Rheins tritt in der morphologischen Aue infolge des Grundwasserspiegelanstieges Druckwasser aus.

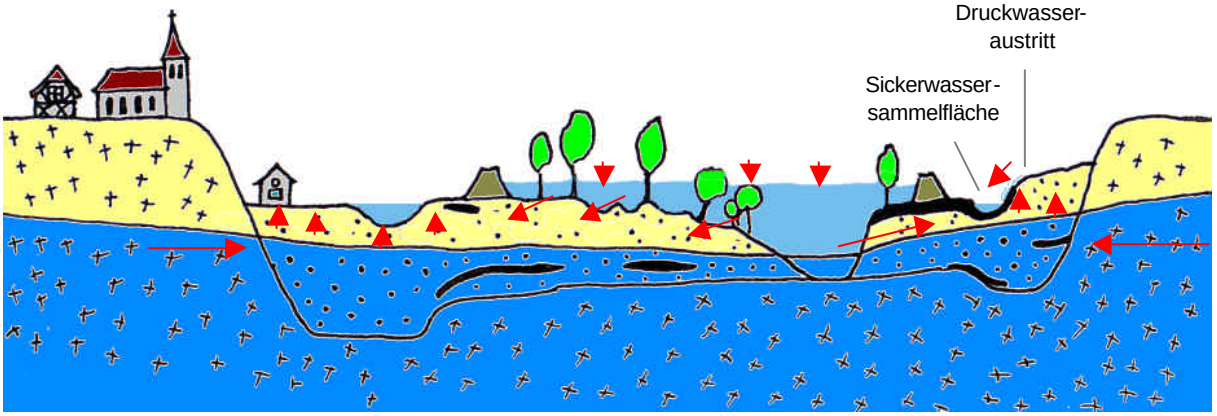


Abb. 102.: Während der Rheinwasserstand bereits wieder absinkt, steigt der Grundwasserstand in vielen Teilen der morphologischen Aue weiter an. Neue Druckwasserflächen entstehen. An Gebäuden entstehen Bausubstanzschäden durch Druckwasser. Wasserundurchlässige Tonschichten lassen Druckwasser oftmals nur unter gespannten Verhältnissen austreten. Das Wasser aus diesen Druckwasserquellen sammelt sich in den umliegenden Senken (Sickerwassersammelfläche).

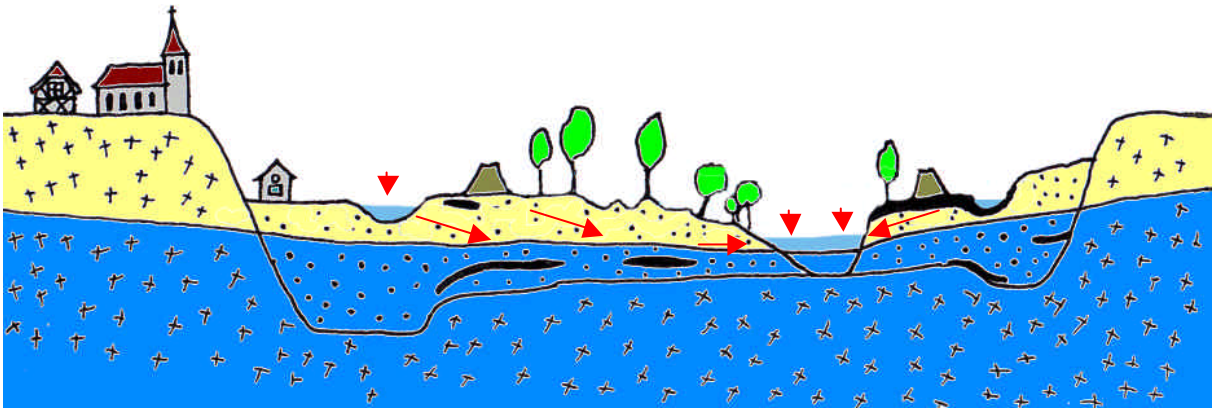


Abb. 103.: Während der Rhein fast wieder zu seinem Mittelwasserstand abgesunken ist, folgt der Grundwasserstand in der Aue nur langsam nach. Auch in den Druckwasserflächen sinkt der Wasserstand nur ganz allmählich. In wasserführenden Senken, deren Untergrund durch Tonpakete abgedichtet ist, verbleibt einmal eingedrungenes Druckwasser unabhängig von der Entwicklung des Grundwasserstandes oftmals noch monatelang.
Quelle: Eigene Abbildung

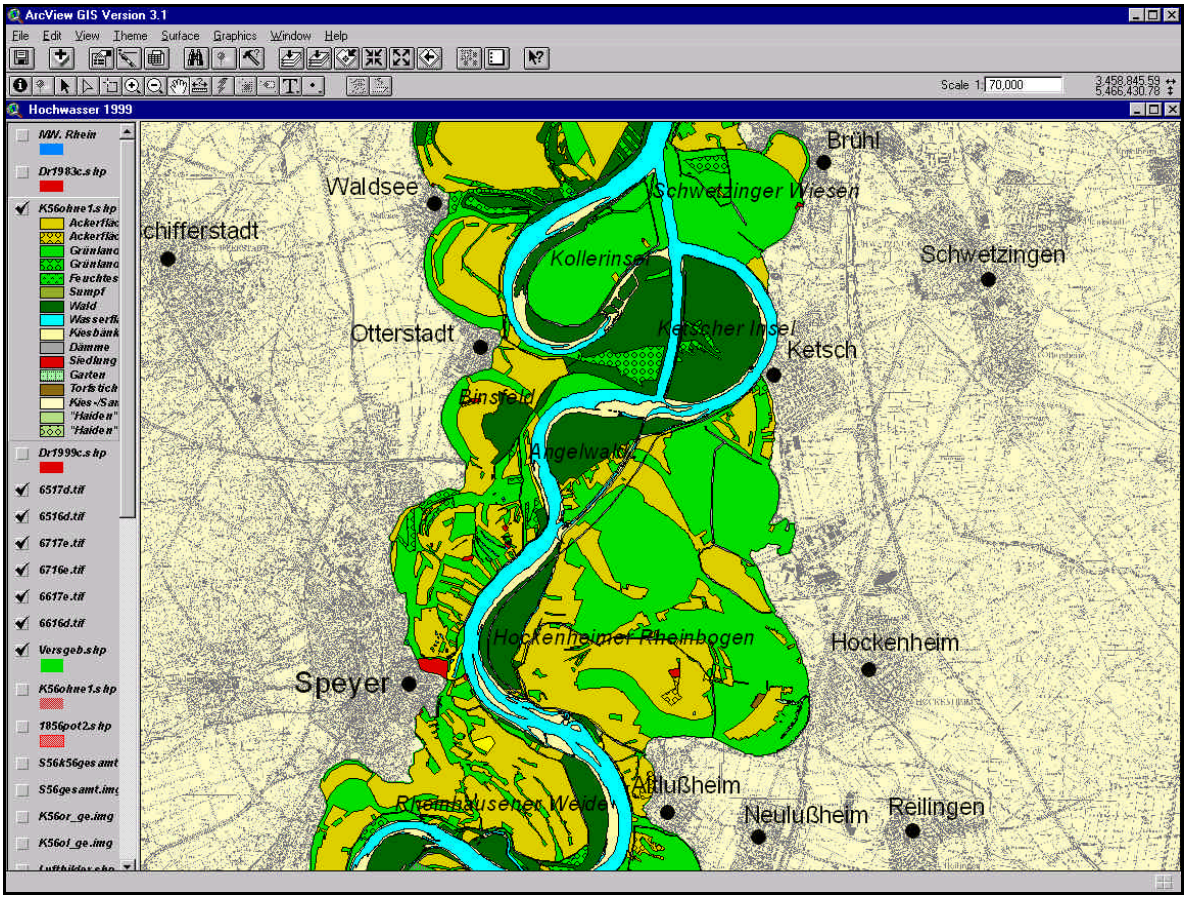


Abb. 104.: Der Digitale Rheinstromatlas von 1856 im GIS. Die Nutzung der Rheinaue im Jahre 1856. Im Hintergrund die TK25. Wiesenflächen bzw. Grünland sind hellgrün, Wälder dunkelgrün, Ackerflächen ockerfarben , Siedlungsflächen rot, Sand- und Kiesbänke gelb und permanente Gewässer hellblau wiedergegeben.
Quelle: Eigene Abbildung

Abb. 105.: Die Kollerinsel im Jahre 1838. Bereits 1833 wurde ein Durchstich vorgenommen, aber der Rhein hat sein altes Bett noch nicht verlassen. Es ist noch deutlich zu erkennen, dass vor 1833 der Leimbach über den „Saumagen“ in den Rhein mündete. An der Mündung befand sich eine Redoute. Auf den Kollerwiesen sind längliche Senken eingezeichnet. Diese Senken sind heute nur noch schwach im Relief zu erkennen. Bei großen Hochwasserereignissen werden sie durch Druckwasseraustritte im Luftbild wieder klar erkennbar.
Quelle: Topographischer Atlas über das Großherzogthum Baden nach der allgemeinen Landesvermessung des Großherzoglichen militairisch topographischen Bureaus. (1838). Maßstab 1:50 000, Blatt 11.

Abb. 106.: Die Kollerinsel im Rheinstromatlas von 1856. Der Durchstich wurde im Jahre 1833 durchgeführt. Die Ingestion des ehemaligen Mäanderbogens ist bereits vollständig verlandet und größtenteils bewaldet. Es sind aber noch vegetationsfreie (und zum Rhein hin bereits bewaldete) Hochwasserrinnen zu erkennen. Das verlandete ehemalige Flussbett trägt heute den Namen „Böllenwörth“. Die Geschwindigkeit, mit der der Verlandungsprozess voranschritt, mag zunächst erstaunen, ist aber auf die Maßnahmen der Neulandgewinnung im Rahmen der Oberrheinkorrektur zurückzuführen.
Quelle: Ausschnitt aus dem Rheinstromatlas von 1856.

Abb. 107.: Etwa hundertjährige Weiden im Speyerer Auwald in einer ehemaligen Verlandungsfläche. Frische Verlandungen wurden planmäßig mit Weiden als „Sedimentationsfallen“ bepflanzt. Die Bepflanzung erfolgte mit einfachen Weideruten, die einzeln oder in Form von quer zum Altwasser gesteckten Flechtzäunen rasch im Schlamm wurzelten.
Quelle: Eigenes Foto.

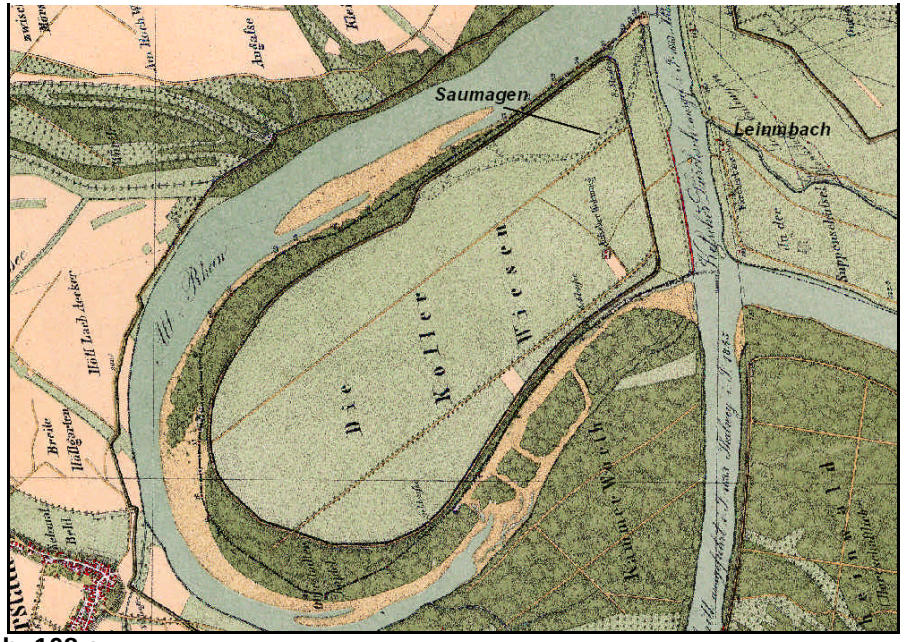


Abb. 108.a

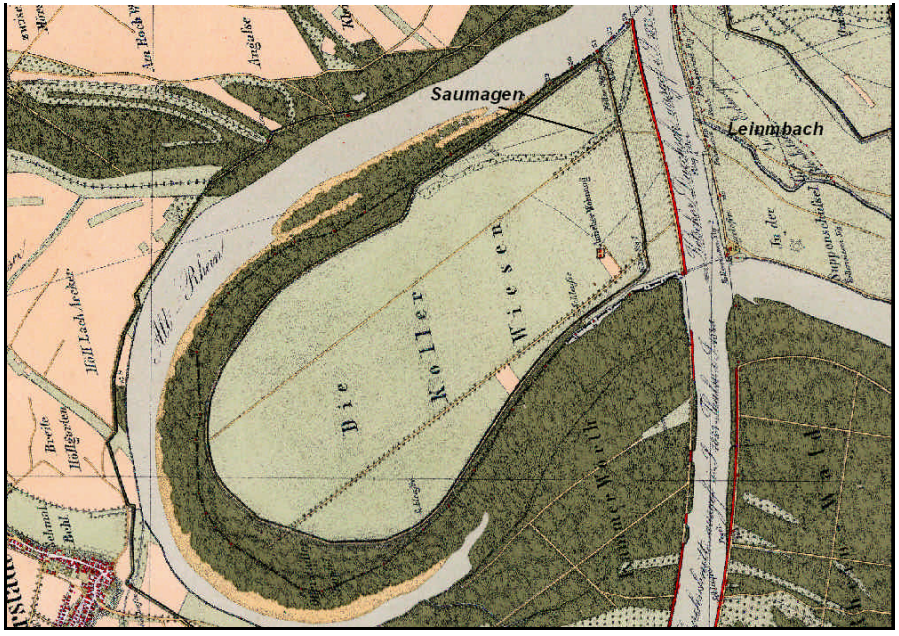


Abb. 108.b

Abb. 108.: Die Kollerinsel 1856 und 1875 im Vergleich. **Quelle:** Georeferenzierte Rheinstromatlanten von 1856 und 1875

Abb. 109.: Bis 1833 floss hier der Rhein. Die Bilder links zeigen die Wiesen in der Böllenwörth im Sommer 1997. Die Bilder rechts entstanden während im Frühjahr 1999.

Quelle: Eigene Photos

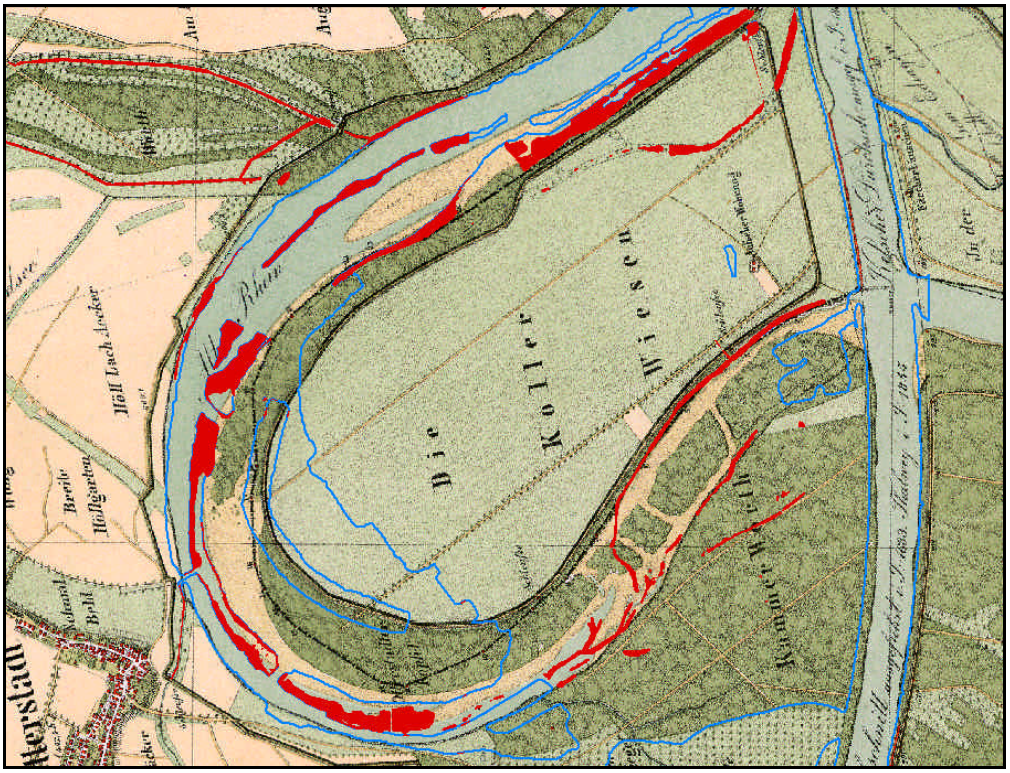


Abb. 110.: Auswertung historischer und aktueller Inundationsflächendaten im GIS.
Rot: Bei Geländebegehungen 1997 bis 2001 kartierte Inundationen bei Wasserständen bis 225cm ü. MW..
Blaue Linie: heutigen Uferlinie des Rheins und der permanenten Gewässer.
Im Hintergrund: georeferenzierter Rheinstromatlas von 1856.
Es wird deutlich, das Inundationen bei Wasserständen von unter 225cm ü.MW. fast ausschließlich in jungen Verlandungsflächen auftreten.
Quelle: Eigene Abbildung

Abb. 111.: Rheinhäuser Weide im Jahre 1856. Eine breite Sand- und Kiesbank bildete den Gleithang am Raths Wörth. Ingestion und Egestion der Runkedebunk sind bereits verlandet. Die Rheinhäuser Weide selbst wird bereits überwiegend ackerbaulich genutzt. Längliche, als Grünland genutzte Streifen deuten auf feuchte Standorte hin.
Quelle: Ausschnitt des Rheinstromatlas von 1856.

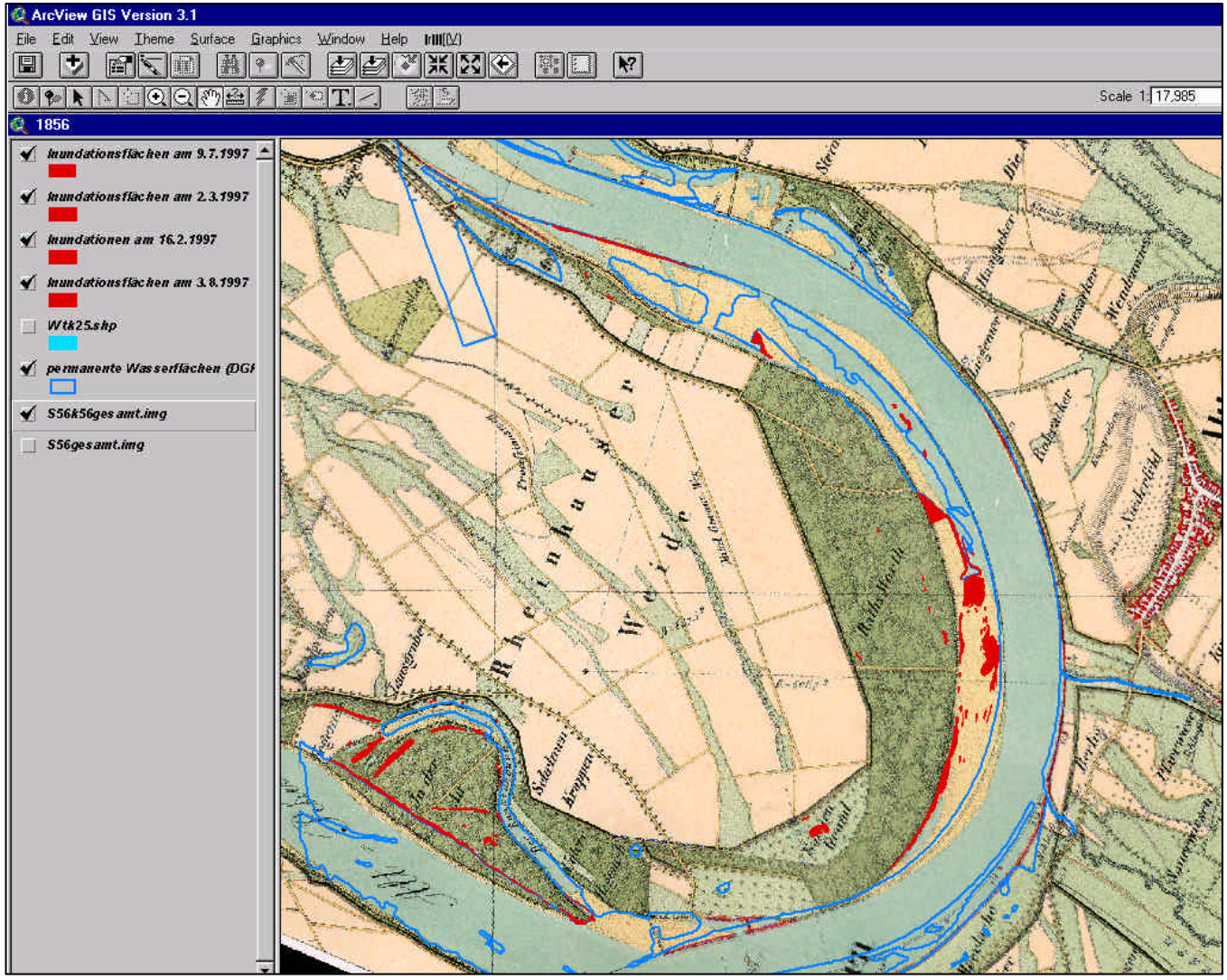


Abb. 112.: Vergleich rezenter Inundationen mit historischen Karten im GIS.
Rot: Bei Geländebegehungen 1997 bis 2001 kartierte Inundationen bei Wasserständen bis 225cm ü. MW..
Blaue Linie: heutigen Uferlinie des Rheins und der permanenten Gewässer.
Im Hintergrund: georeferenzierter Rheinstromatlas von 1856.
Es wird deutlich, dass Inundationen bei Wasserständen von unter 225cm ü.MW. fast ausschließlich in jungen Verlandungsflächen auftreten.
Quelle: Eigene Abbildung

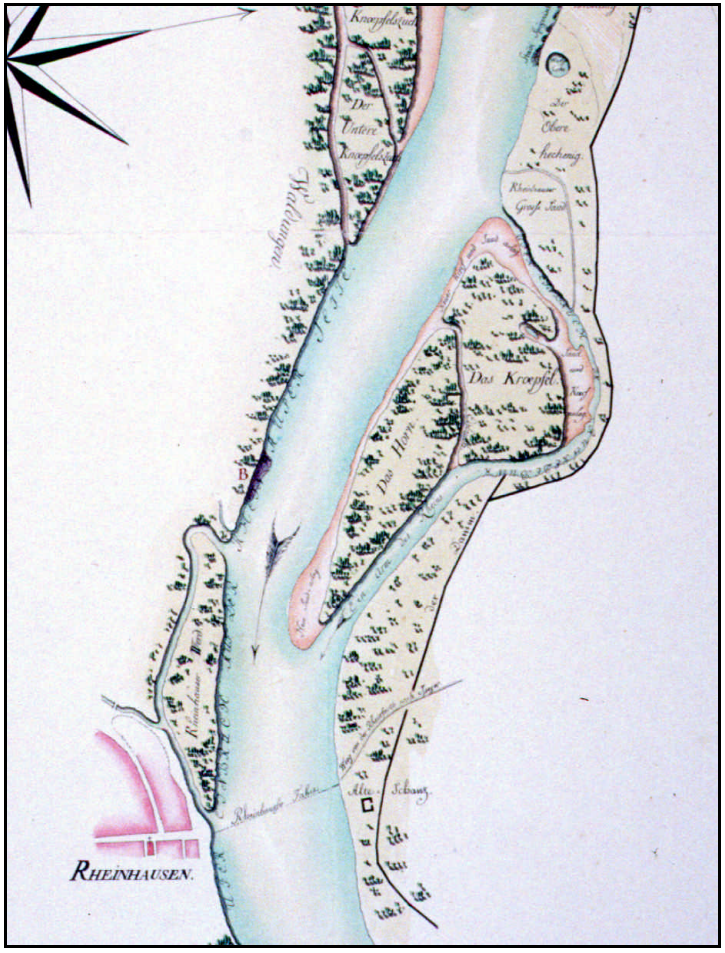


Abb. 113.: Die Runkedebunk in einer Handzeichnung von 1790; Runkedebunk und Rheinhäuser Weide im Rheinstromatlas von 1856. Links: Ein Eisbruch trennt die Insel in „Das Horn“ und „Das Kroepfel“. Der Eisbruch ist in den jüngeren Rheinstromatlanten nicht mehr verzeichnet, im Gelände heute aber noch klar zu erkennen. Bei Wasserständen um die 2m ü.MW. beginnt sich die längliche Senke mit Wasser zu füllen.
Quelle: Handzeichnung von 1790; Rheinstromatlas von 1856 (siehe Kartennachweis im Anhang)

Abb. 114.: Die ehemalige Egestion der Runkedebunk im Jahre 1999. Der Verlandungsprozess des Altarmes ist bereits weit fortgeschritten.
Quelle: Eigenes Foto

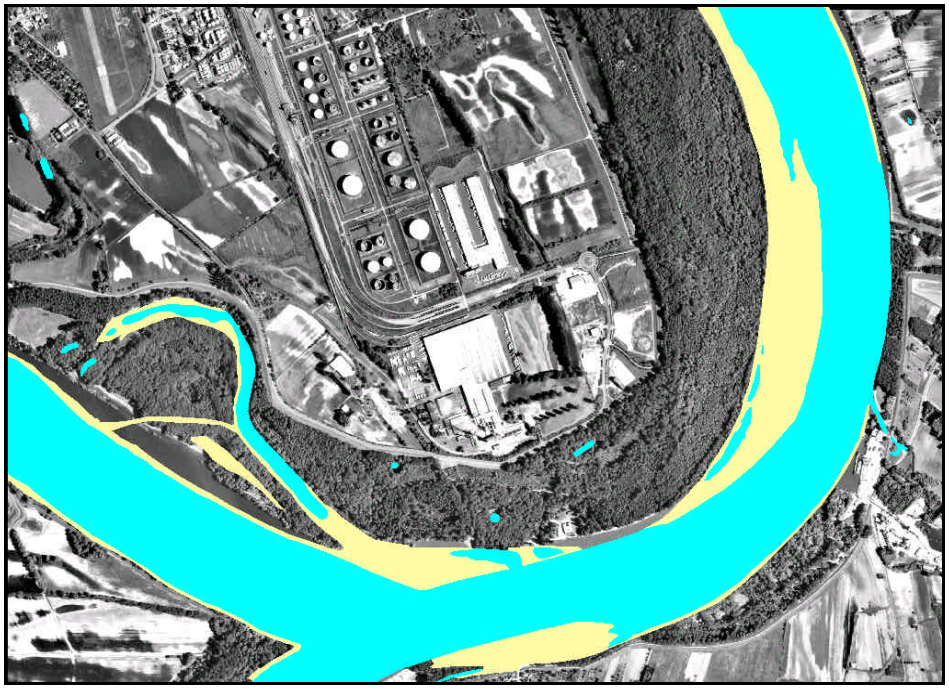


Abb. 115.a.

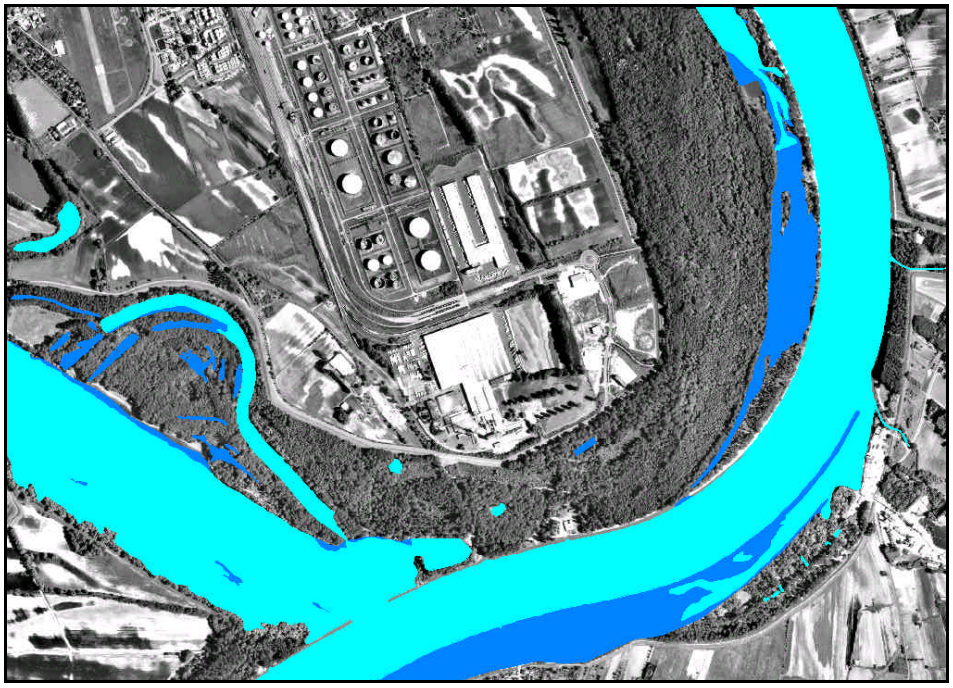


Abb. 115.b.

Abb. 115.a.: Gerinnebett des Rheins 1856 (Mittelwasser=hellblau, Kiesbänke=gelb);
Abb. 115.b.: Der Rhein heute bei Mittelwasser (=hellblau) und Inundationen bei 225cm ü.MW. (=dunkelblau). Im Hintergrund Luftbilder vom 18.7.1999. Die rezenten Inundationen befinden sich fast ausschließlich auf den 1856 noch vegetationsfreien Sand- und Kiesbänken bzw. im einstigen Strombett.
Quelle: Eigene Abbildung. Datenquellen: Rheinstromatlas 1856, eigene Inundationsflächenkartierungen.

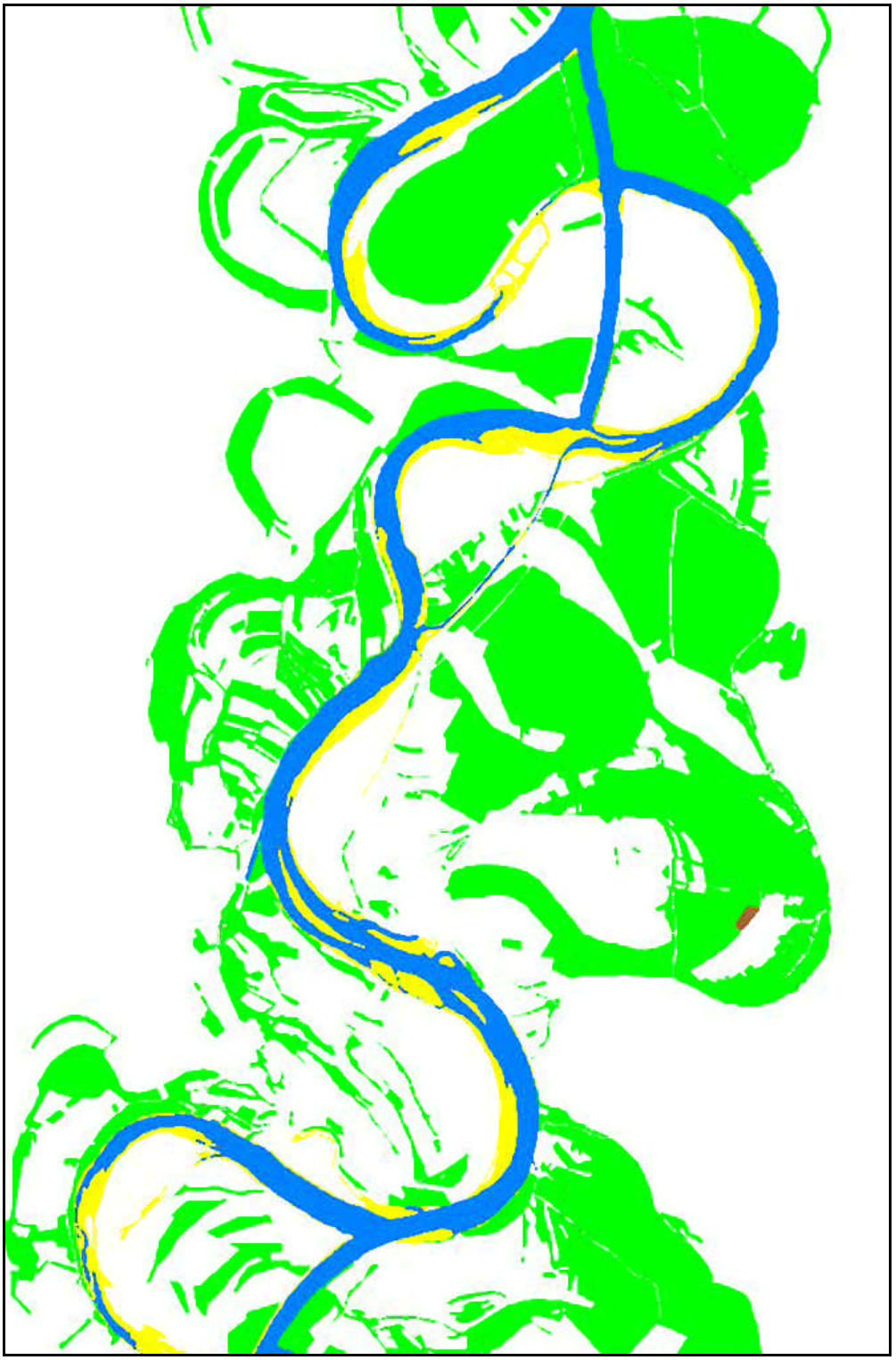


Abb. 116.: Im Jahre 1856 extensiv genutzte Flächen.
Blau=permanentes Gerinne des Rheins. Gelb: vegetationsfreie Sand- und Kiesbetten. Grün=extensiv genutzte landwirtschaftliche Nutzflächen (d.h. Wiesen, feuchte Wiesen und mit Einzelbäumen bestandene Wiesen).
Quelle: Eigene GIS-Auswertung. Datenquelle: Rheinstromatlas von 1856

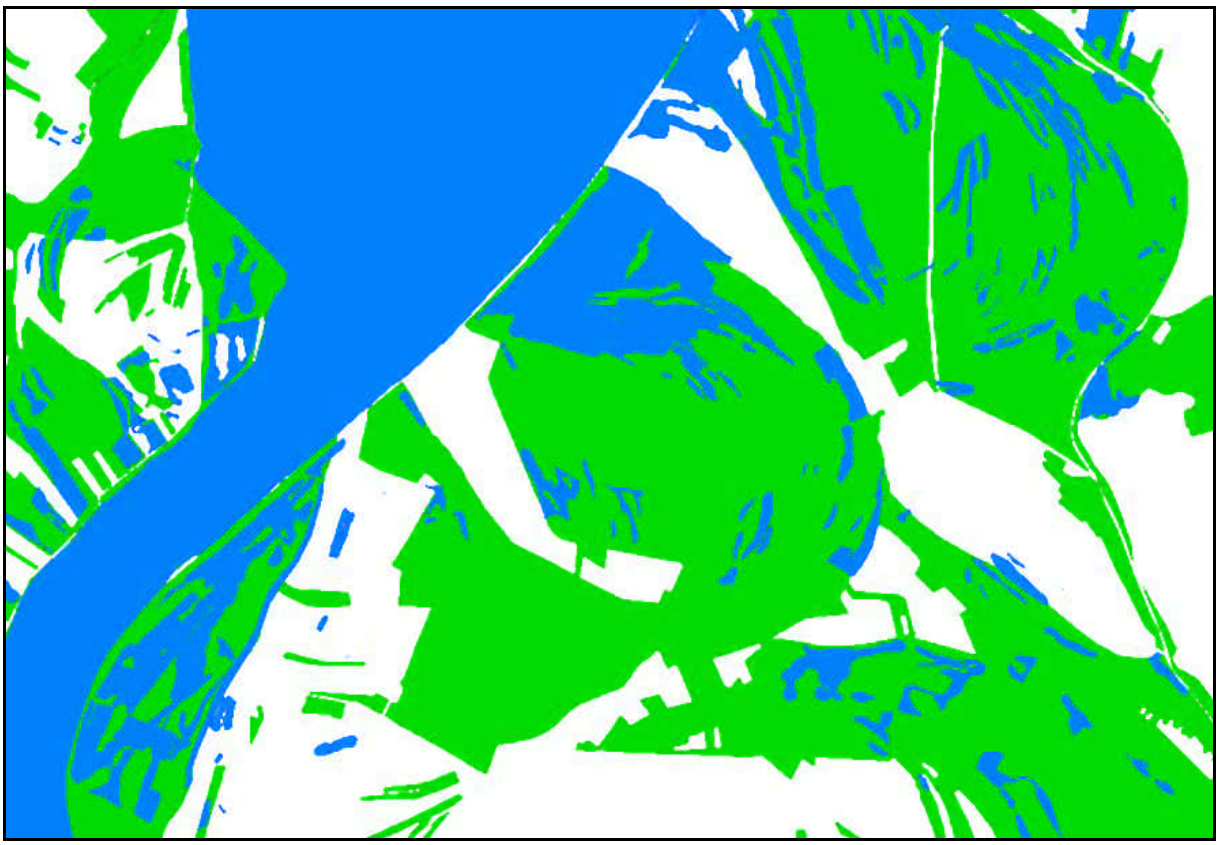


Abb. 117.: Vergleich von 1856 extensiv genutzten Flächen (=grün) und den Inundationen an Pfingsten 1999 (=blau) im Bereich des Hockenheimer Rheinbogens im GIS: Im Untersuchungsgebiet lagen 84,5% der Inundationsflächen innerhalb der im 19. Jh. extensiv genutzten Flächen.
Quelle: Eigene Abbildung. Datenquelle: Eigene Inundationskartierungen; Rheinstromatlas von 1856.

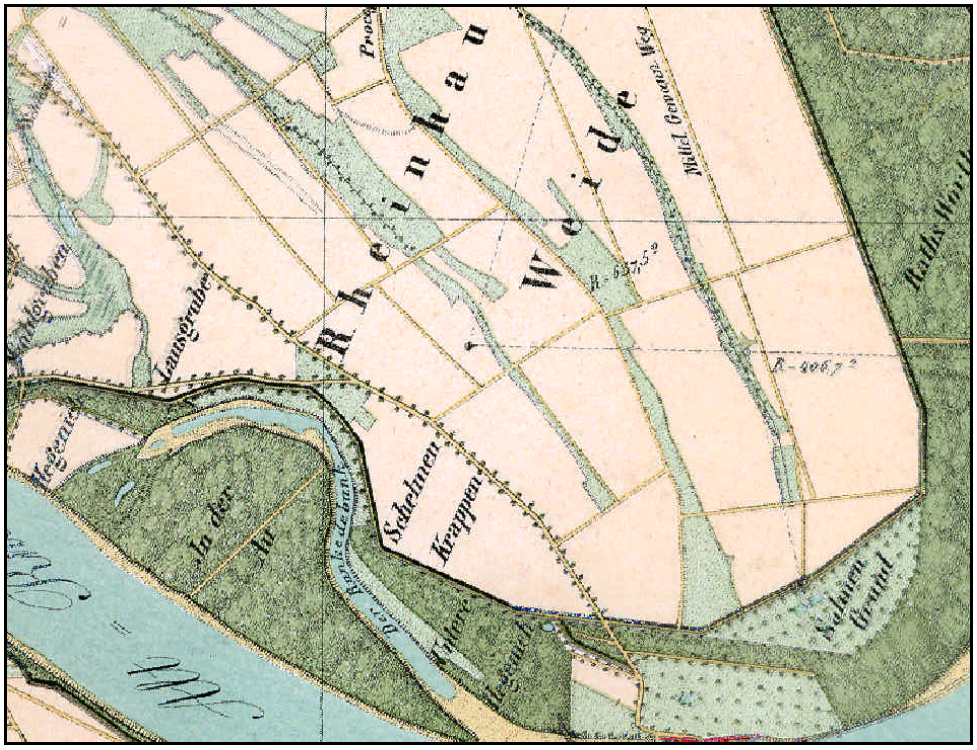


Abb. 118.: Die Rheinhäuser Weide: 1856 und 1999.
Quelle: links: georeferenzierter Rheinstromatlas des Großherzogtums Baden von 1856. rechts: Luftbildaufnahmen des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg vom 18.6.1999

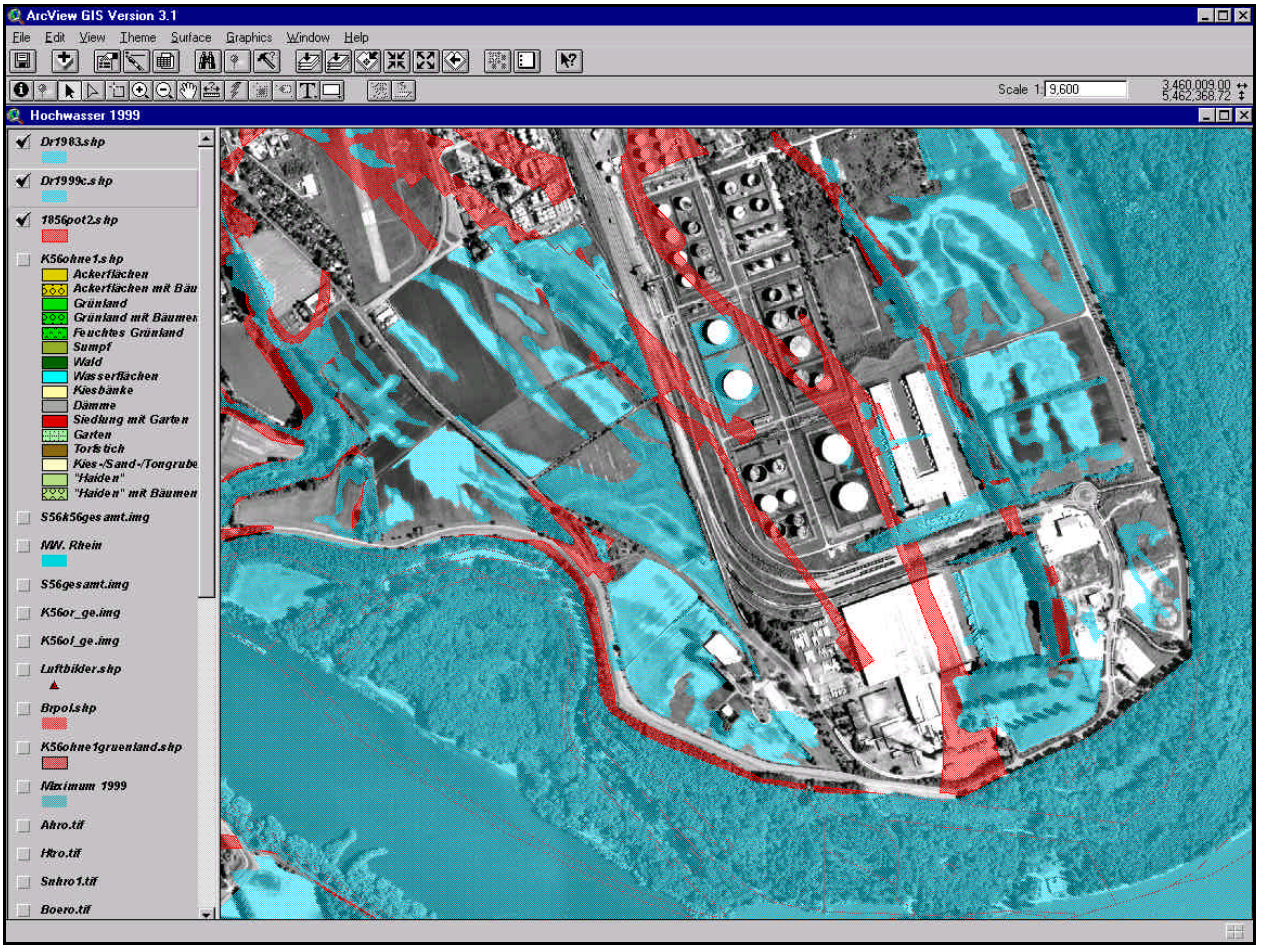


Abb. 119.: Die rot markierten 1856 extensiv genutzten Flächen sind in dieser Abbildung mit den 1999 tatsächlich aufgetretenen Druckwasserflächen (=blau) im GIS überlagert dargestellt. Im Hintergrund ein Luftbild von 1999. Dort, wo die 1856 als Grünland genutzten Flächen nicht überbaut wurden, sind deutlich Druckwasseraustritte zu erkennen.
Quelle: Eigene Abbildung

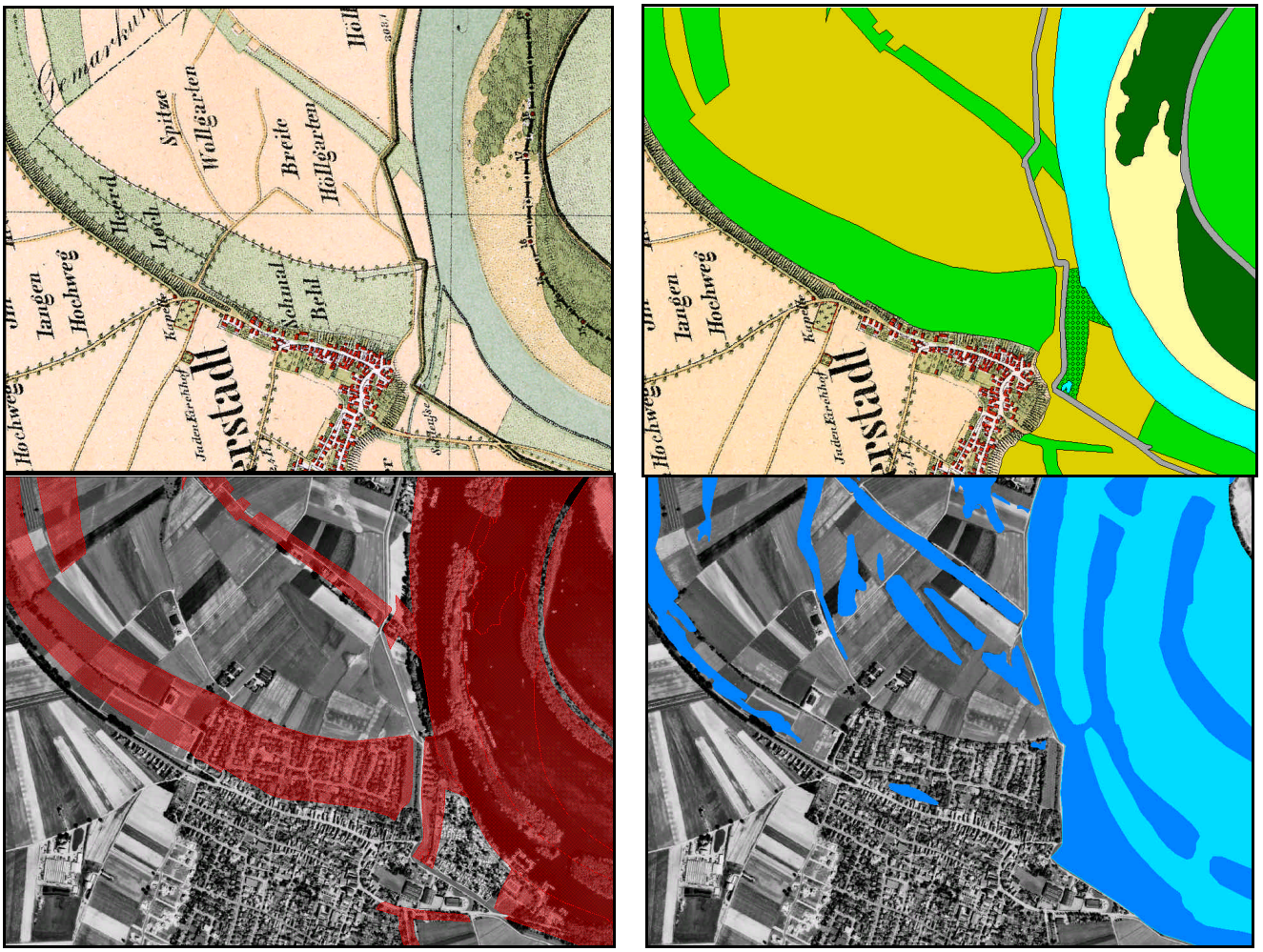


Abb. 120.: Oben links: Die „Schmal Behl“ im georeferenzierten Rheinstromatlas von 1856. Oben rechts: Überlagerung der historischen Karte mit den abdigitalisierten Nutzungsstrukturen der Rheinniederung. Unten links: Die 1856 extensiv genutzten Flächen sind in transparentem Rot über einem Luftbild von 1999 wiedergegeben. Unten rechts: in hellem Blau sind die permanenten Gewässer, in dunklem Blau die für die Jahre 1983 und 1999 nachweisbaren Inundationsflächen dargestellt.
Quelle: Eigene Abbildungen