

Abb.1.: Beispiel für eine Satellitenbild basierte Inundationsflächenkarte. Dargestellt ist das Ausmaß der Überschwemmungen des Elbhochwassers am 20.8.2002 zwischen Dresden und Havelberg. Sensor: ETM+; Satellit: Landsat 7; Kanäle: 4,3,2; Farbgebung: Vegetation=rot; Brachflächen=grau; Wasser=blau;

Quelle: DLR (2002)

Torgau

Sensor: Enhanced Thematic Mapper ETM+
Satellit: Landsat 7
Kanäle: 4,3,2
Farben: Vegetation = rot, Brachland = grau, Wasser blaugrau

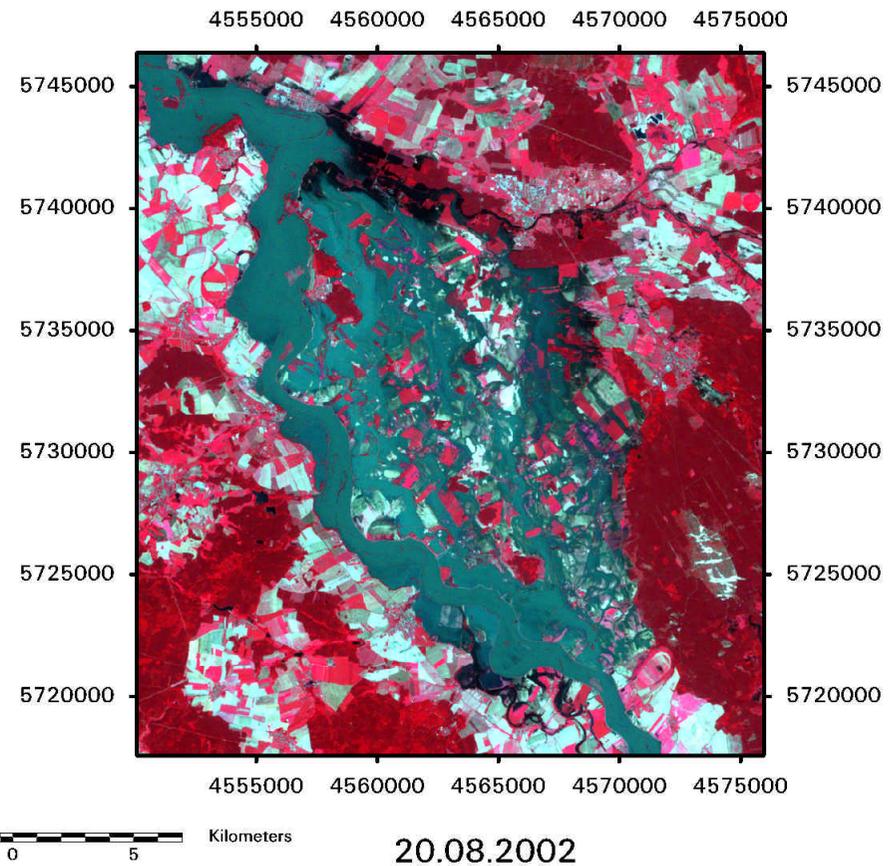
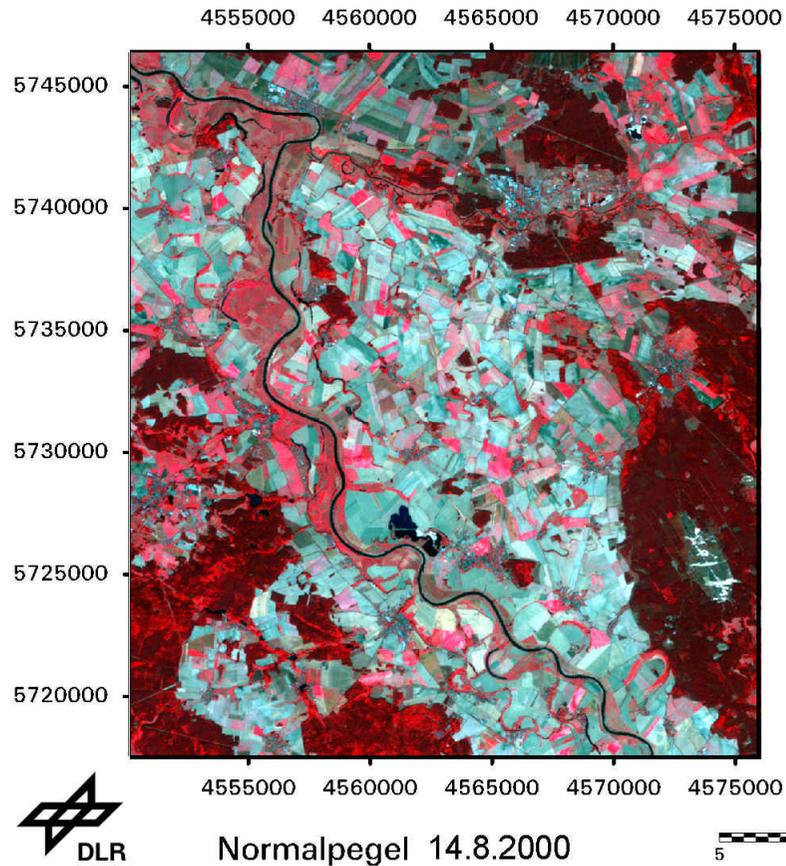


Abb.2.: Beispiel für eine Satellitenbild basierte Inundationsflächenkarte.
Quelle: DLR (2002)

Satellite	Product	Price (US\$)	Area (km ²)	Price per area (US\$ km ⁻²)	Resolution (m)
NOAA-16	AVHRR	50	2800x5000	-	1.100m
Landsat-7 ETM+	Thematic Mapper	710 – 1770	185x170	0.02 – 0.06	15 pan 30 MS 60 thermal IR
Landsat 5	Thematic Mapper	1.180 – 2.950 EU 2.950 incl. de F11	183x172	0.03 – 0.1	30 pan 120 thermal IR
SPOT	Level 1A	1.450 - 3.070	60x60	0.4 – 0.85	10 pan 20 XS
IRS-1C&D	Path oriented	2.850 3.186	70x70 141x141	0.29 0.15	5 pan
KVR-1000	Digital pan	1.000	4x4 (up to 16 km ²)	62.5	2 pan
Ikonos-2	Pan, MS (EU, USA)	2.178	11x11	18	1 pan or 4 MS
	World New Acquisition	min. 20.000	min. 25km ² min. 100km ²	35	
ERS SAR	PRI	1.080	100x100	0.11	25 SAR
	GEC	1.260		0.13	
	GTC	2.070		0.21	
	SLC	1.080			
Radarsat	Standard	2.750	100x100	0.27	25 SAR
	Fine	3.000	50x50	1.2	8

Abb.3.: Übersicht zu den Preisen der gebräuchlichsten Satellitendaten, Stand Juni 2001
Quelle: WUNDERLE, OESCH (2001)



Abb. 4.: Auwald in der Bollenwörth bei Otterstadt. An Büschen und Bäumen haben sich während des Pfingsthochwassers 1999 Feinsedimente abgelagert. Der maximale Wasserstand des Hochwassers ließ sich dadurch noch Wochen nach den Überstimmungen genau bestimmen.
Quelle: Eigenes Foto

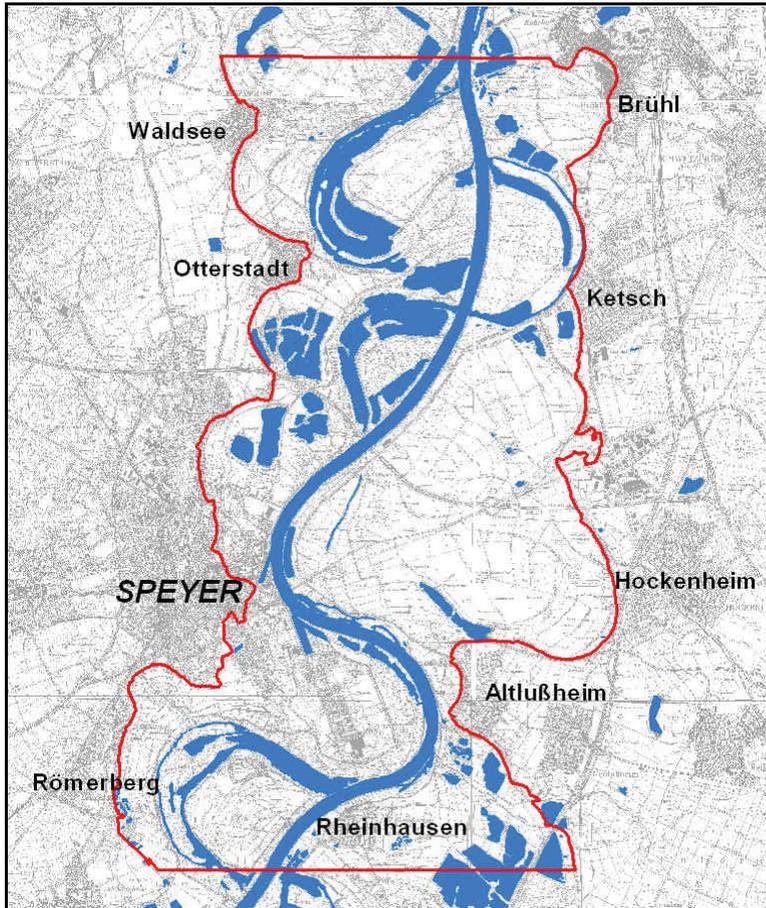


Abb. 5.: Die rote Linie umgrenzt das Untersuchungsgebiet. Es wird west-östlicher Richtung vom Hochgestade der Rheinniederung begrenzt. Die südliche Grenze liegt bei Rheinhausen, die nördliche bei Brühl.

Quelle: Eigene Abbildung auf Grundlage der Tk25



Abb. 6.: Schrägluftbild des Untersuchungsgebietes von der Rheinschanzinsel mit Blick nach Norden am 6.3.1999.

Quelle: Eigenes Foto

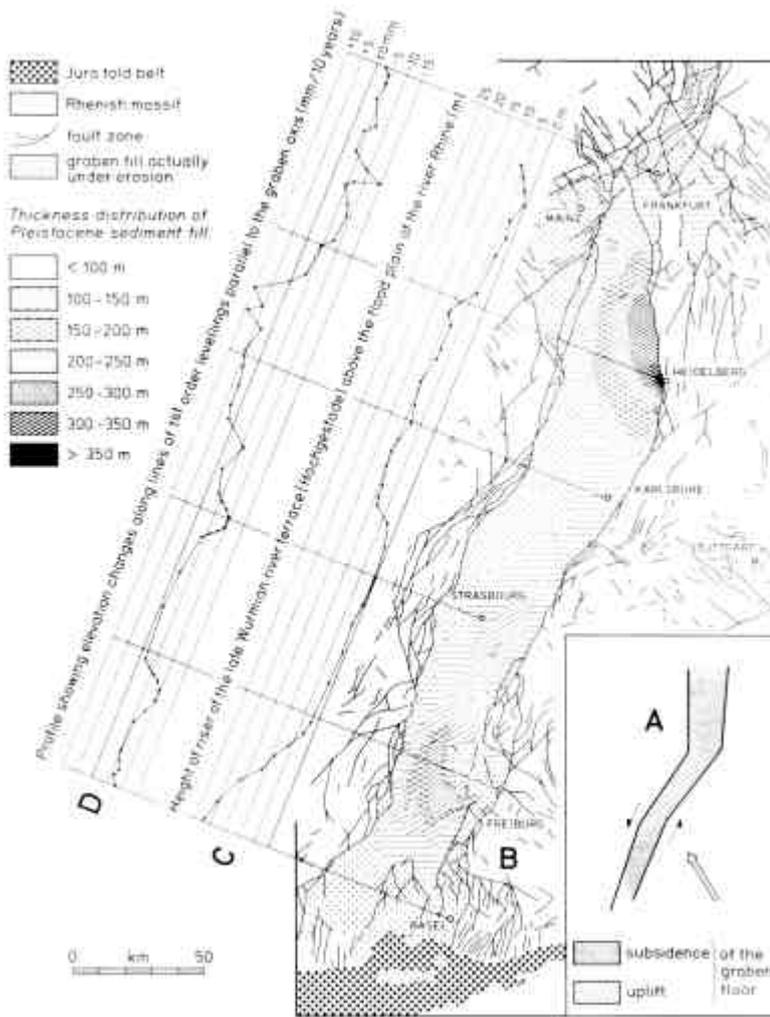


Abb. 7.: Im Längsprofil des Oberrheingrabens bezeugen die Mächtigkeitsverteilung pleistozäner Ablagerungen (B), die geodätischen Höhenwertabweichungen (D) und die Terrassenhöhe des Hochgestades (C) eine analoge Tendenz junger Vertikalbewegungen der Grabensohle. Die beiden letzteren lassen jedoch auf eine fast 10fach höhere Bewegungsrate schließen, als es dem Durchschnitt der 1,8 Millionen Jahre dauernden Pleistozänperiode entspricht. Für Illies resultiert die unterschiedlich starke Ausprägung der Hochgestade aus regionalen Differenzen in den Vertikalbewegungen.
Quelle: ILLIES(1982), S.14.



Abb. 8.: Foto des Hochgestades bei Brühl. Die markante Geländestufe des Hochgestades (hier mit einer Höhendifferenz von 4 bis 5 m) trennt im Untersuchungsgebiet hochwassersichere von hochwassergefährdeten Standorten.

Quelle: Eigenes Foto

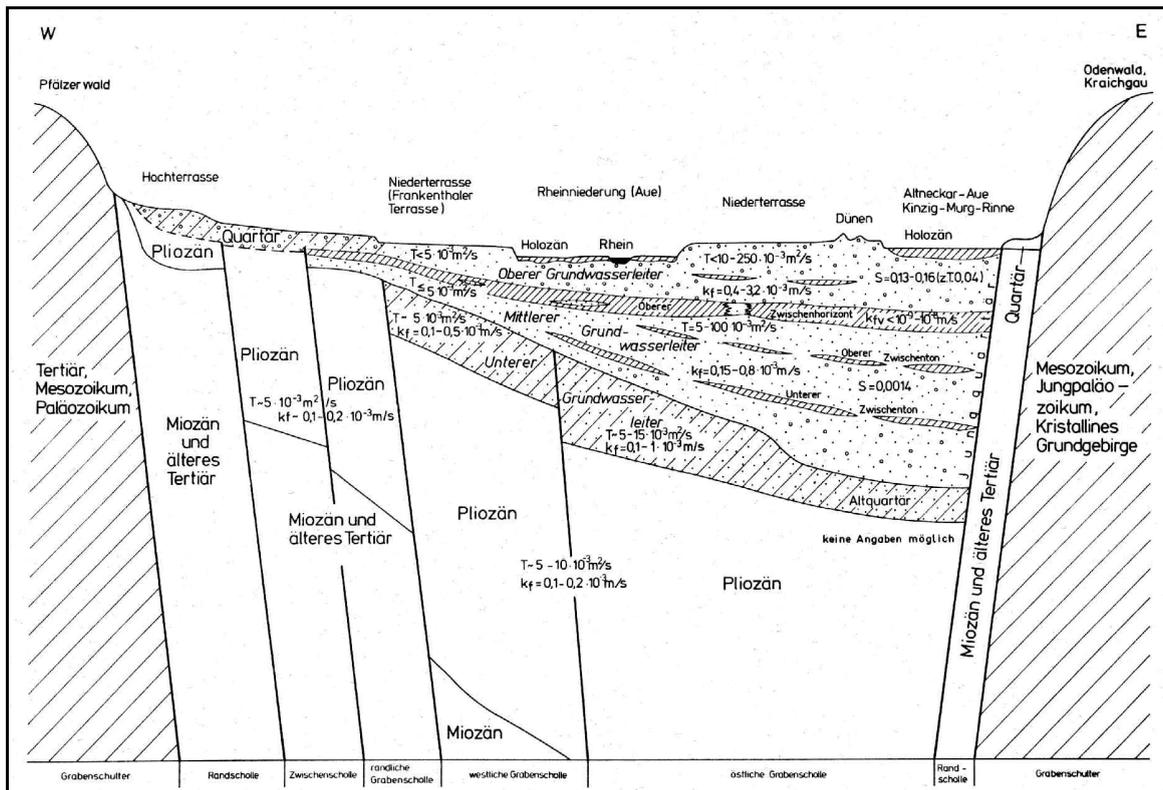


Abb. 9.: Schematischer west-östlicher Querschnitt durch den Oberrheingraben im Untersuchungsgebiet auf der Höhe von Speyer/Ludwigshafen.

Quelle: MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG, (1987)

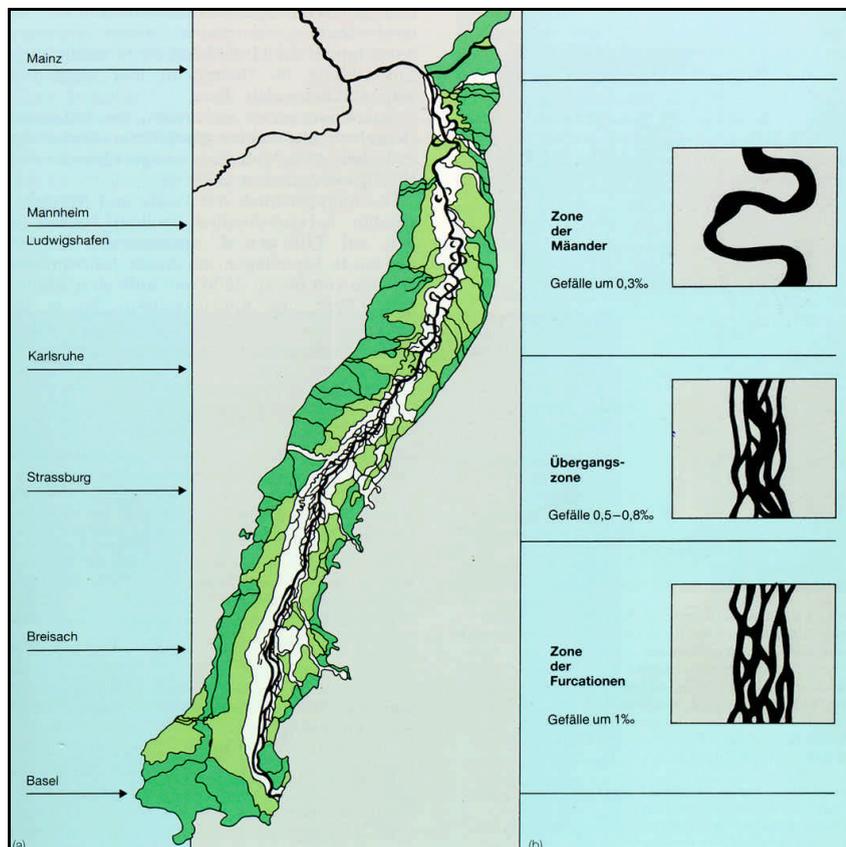


Abb. 10.: Das Oberrheingebiet. Vor der Rektifikation des Rheins befand sich im Süden die Furkationszone und im Norden die Mäanderzone. Dazwischen befand sich eine Übergangszone. Für die Ausbildung dieser Flußlaufotypen ist in erster Linie das Gefälle maßgebend (siehe rechte Seite).

Hochterrasse und seitliche Schotterkegel=dunkelgrün; Niederterrasse der Würmeiszeit=hellgrün; nacheiszeitliche und gegenwärtige Talaue=weiß.

Quelle: GALLUSSER, SCHENKER (1992) nach SCHÄFER (1973).



Abb. 11.: „Blick vom Isensteiner Klotz rheinaufwärts gegen Basel“. Ölgemälde von Peter Birman (1758-1844). Das Bild zeigt eine für die Furkationszone des südlichen Oberrheins typische Auenlandschaft. Die Korrekturen begannen bei Isenstein um 1850.

Quelle: aus GALLUSER, SCHENKER (1992)

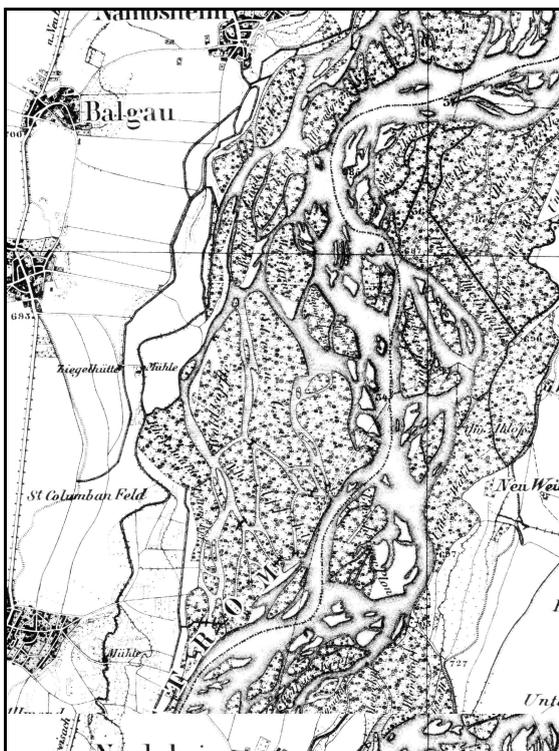


Abb. 12.: Das Gerinne des Rheins in der Furkationszone, hier im südlichen Oberrheingebiet bei Breisach im Jahre 1844, war durch ein stark verzweigtes Strombett geprägt.

Quelle: Ausschnitt aus dem Blatt 40 des Topographischen Atlas über das Großherzogtum Baden (Siehe „Nachweis der verwendeten Karten“ im Literaturverzeichnis)

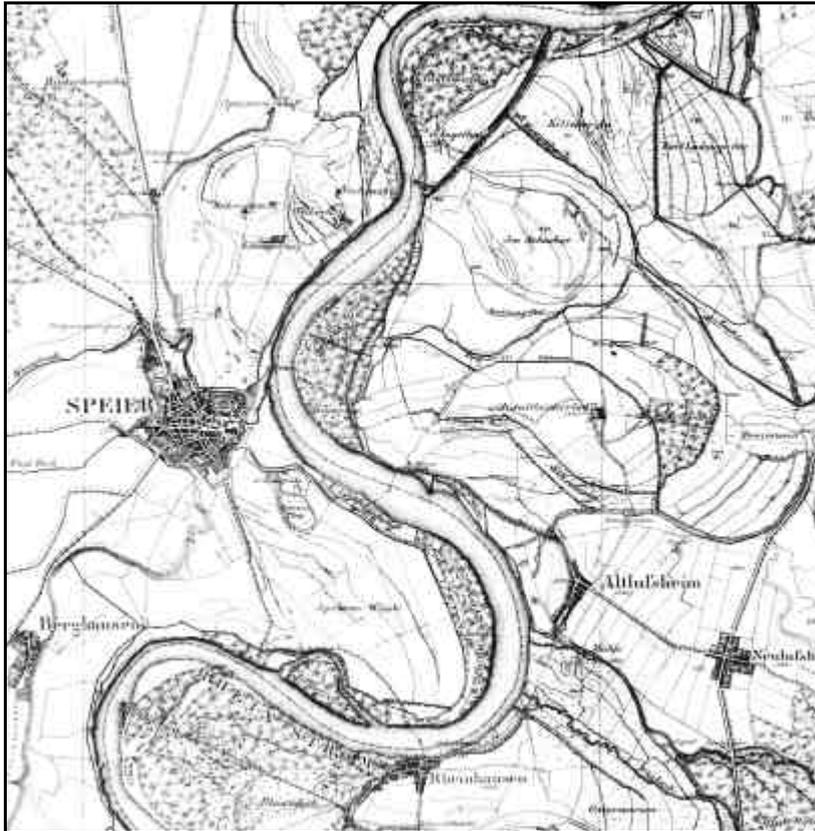


Abb. 13.: Der nördliche Oberrhein bei Speyer mit mäandrierenden Gerinne (1838). Der Angelhofer Durchstich (im Norden des Blattes) ist bereits erfolgt, der Fluß fließt jedoch noch weiterhin in seinem alten Bett.

Quelle: Blatt 11 des Topographischen Atlas des Großherzogtums Baden (Siehe „Nachweis der verwendeten Karten“ im Literaturverzeichnis)

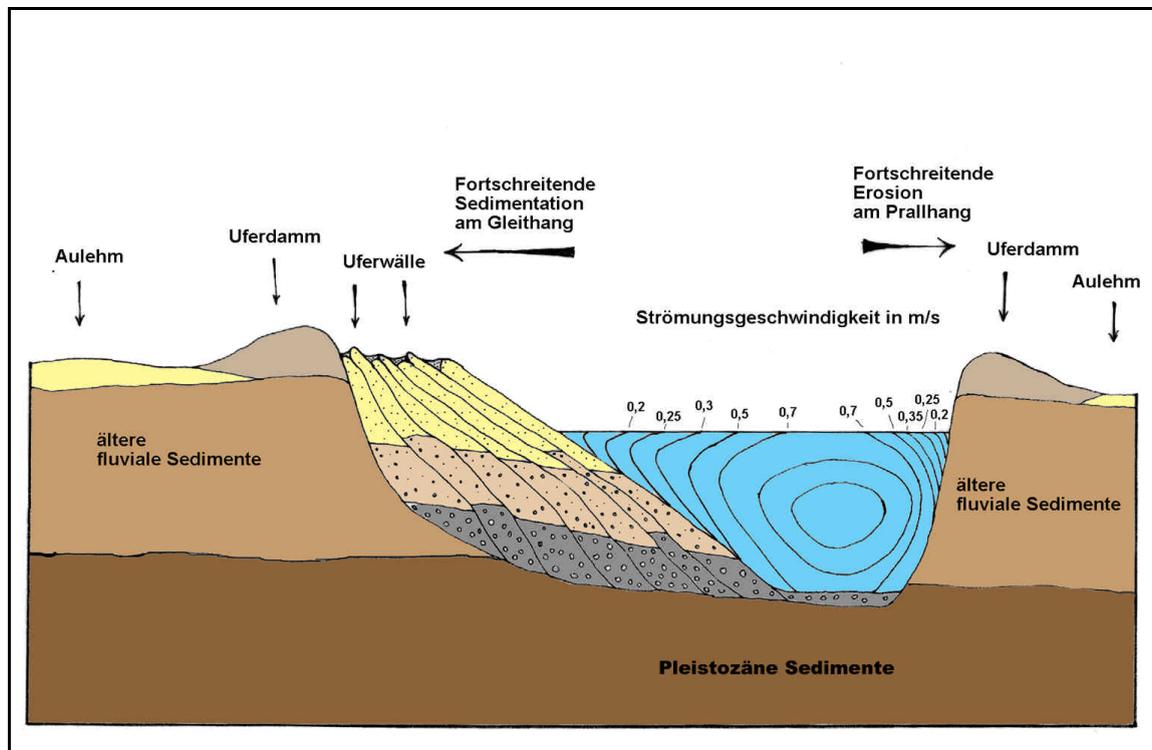


Abb. 14.: Fluß-Querschnitt im Mäanderbogen. Die Stromgeschwindigkeiten bestimmen die Sortierung der am Gleithang abgelagerten Sedimente.

Quelle: Eigene Darstellung, verändert nach REINECK, SINGH (1975) und SCHÄFER (1973)

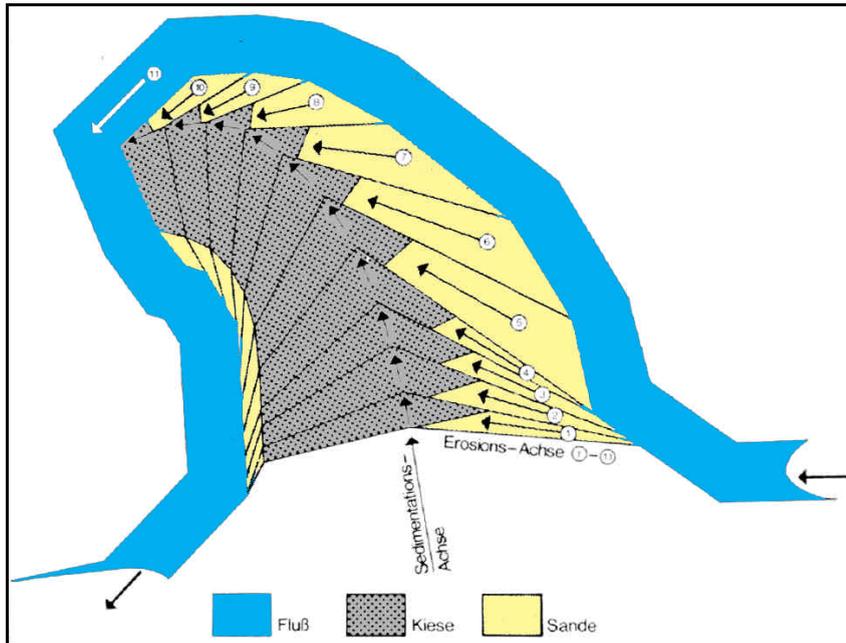


Abb. 15.: Schematische Darstellung der Entstehung eines "Sedimentdomes" anhand einer asymmetrischen Mäanderbogenverlagerung.

Im Bogenscheitel lagern sich aufgrund der starken Strömungsverhältnisse die größeren Sedimente (Kiese) ab.

Quelle: nach SCHÄFER (1973)

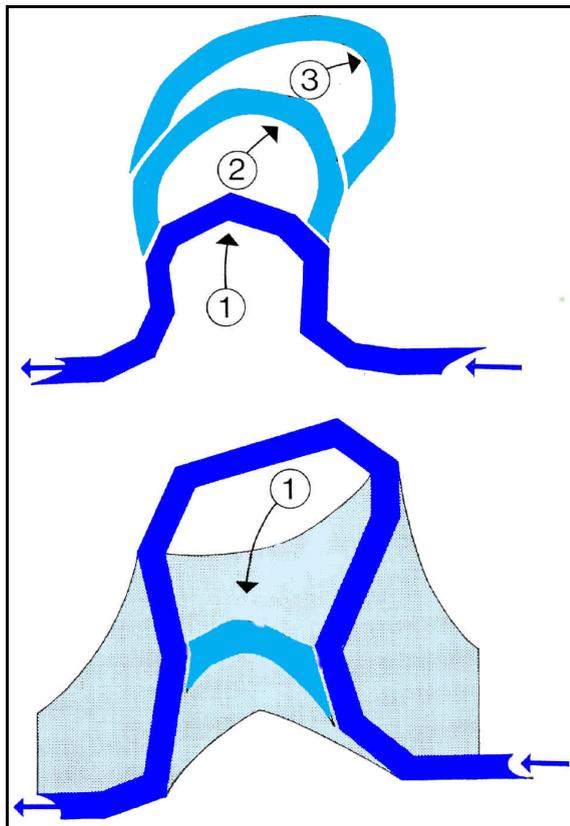


Abb. 16.: Verlagerung des Flußlaufes in einem Mäanderboden.

Oben: Verlängerung des Flußlaufes durch zwei progressive Sprünge (1-3).

Unten: Verkürzung des Flußlaufes durch einen regressiven Sprung während eines Hochwasserereignisses (1).

Quelle: nach SCHÄFER (1973).

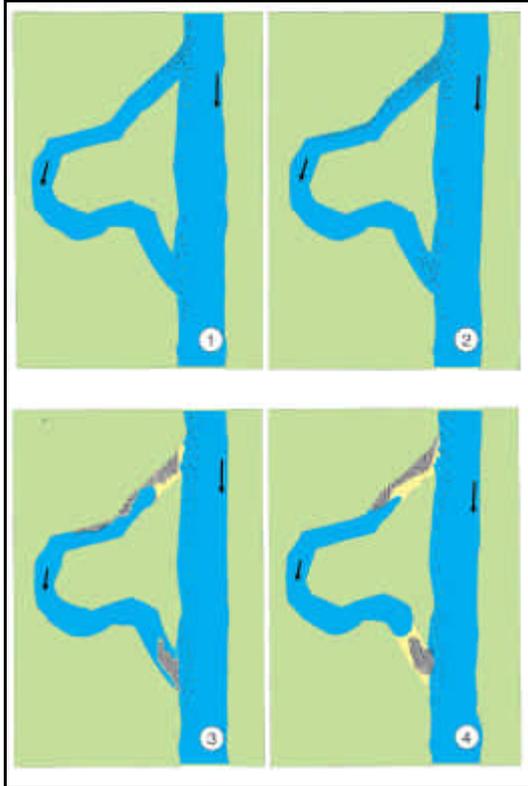


Abb. 17. 1-4.:

1): Altarm seit kurzer Zeit vom Hauptstrom getrennt. In Ingestion lagern sich grobkörnige Sedimente ab.

2): Eine Sandbank in der Ingestion schwächt die Strömung im Altarm. Nun lagern sich auch in der Egestion Sedimente ab.

3): Ingestion wird durch feinkörnige Sedimente restlos geschlossen. In der nun strömungsfreien Egestion bildet sich eine Sandbank.

4): Ingestion und Egestion sind verschlossen. Stillwasserzone ist entstanden, die weiterhin verlandet und nur bei Hochwasser in Kontakt mit dem Hauptstrom steht bzw. durch aufquellendes Grundwasser geflutet wird.

Quelle: Verändert nach SCHÄFER (1973).

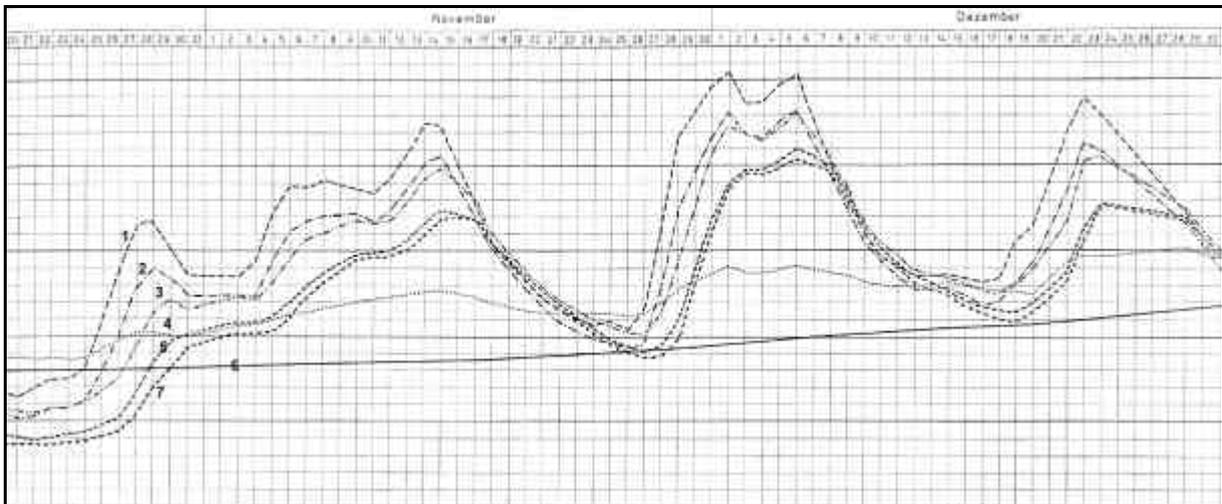


Abb. 18.: Grundwasserspiegelschwankungen in verschiedenen Bohrlöchern auf der Parkinsel in Ludwigshafen (der Abstand zwischen zwei dickeren horizontalen Linien entspricht 1m). Das Grundwasser in der Nähe des Rheinufer zeigt eine direkte Abhängigkeit von den Schwankungen des Rheinwasserstands, wobei die Amplitude nicht bzw. nur wenig geringer ist als die des Rheins.

1) Rheinwasserstand bei km 422; 2) Bohrloch in 30m Entfernung vom Rhein; 3) Bohrloch in 125m Entfernung vom Rhein; 4) Tiefbrunnen unterhalb des Oberen Grundwasserleiters (auch er reagiert intersanterweise auf Schwankungen des Rheins); 5) Bohrloch in 190m Entfernung vom Rhein; 6) Bohrloch am Rangierbahnhof (für unsere Untersuchung irrelevant); 7) Bohrloch in 205 m Entfernung vom Rhein.

Quelle: Verändert, aus MATTHESS (1958).

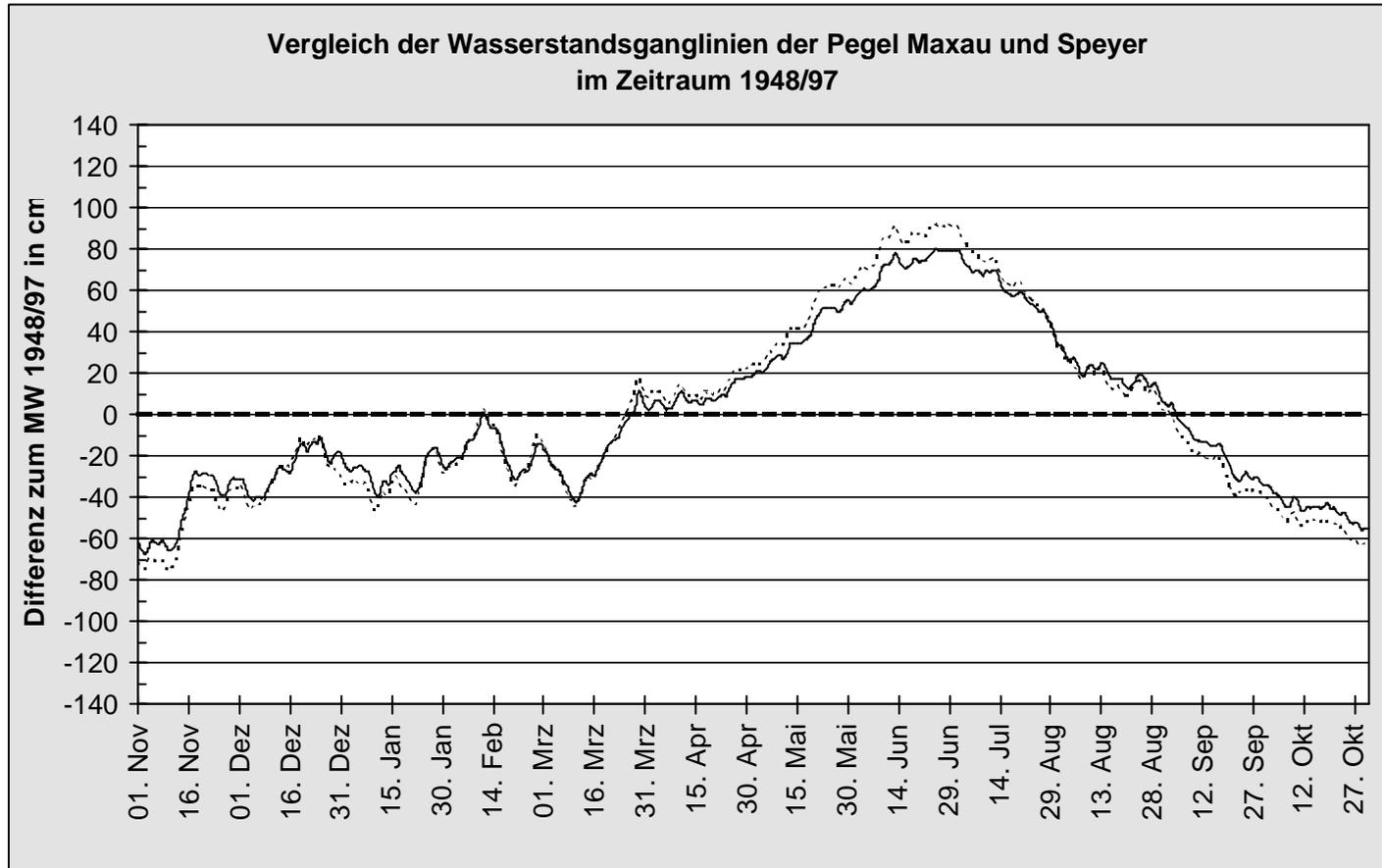


Abb. 19.: Vergleich der Wasserstandsganglinien der Pegel Maxau und Speyer für den Zeitraum 1948/97 (gestrichelte Linie: Pegel Maxau). Der Verlauf der beiden Ganglinien ist nahezu identisch. Die Messreihe des Pegels Speyer reicht nur bis 1948 zurück, die des Pegels Maxau dagegen bis 1889.

Quelle: Eigene Berechnung, Daten vom Wasser- und Schifffahrtsamt Mannheim

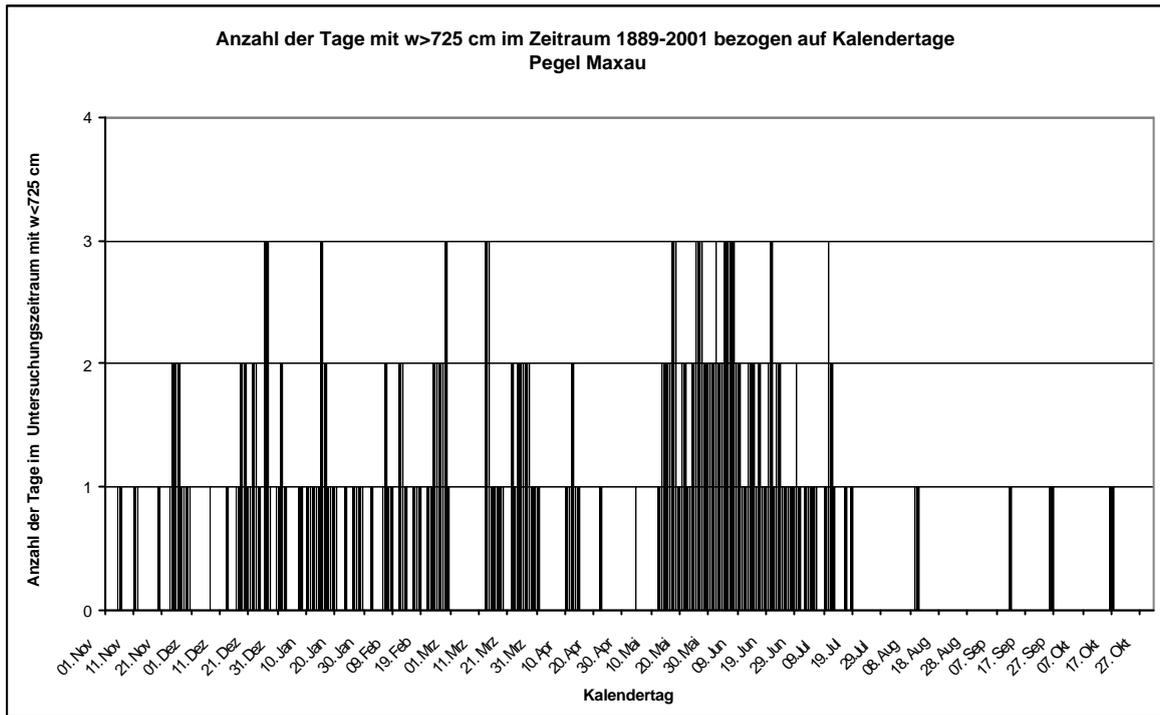


Abb. 20.: Die Abbildung zeigt für jeden Kalendertag, wie oft am Pegel Maxau im Zeitraum 1889/2001 der Wasserstand 725cm (entspricht einem Anstieg von 2,30 m ü. MW 1948/97) erreicht oder überschritten wurde. Extreme Wasserstände traten gehäuft Ende November bis Anfang Januar, Mitte Februar bis Mitte März sowie von Mitte Mai bis Mitte Juli auf.

Quelle: eigene Abbildung; Wasserstandsdaten: BfG Koblenz

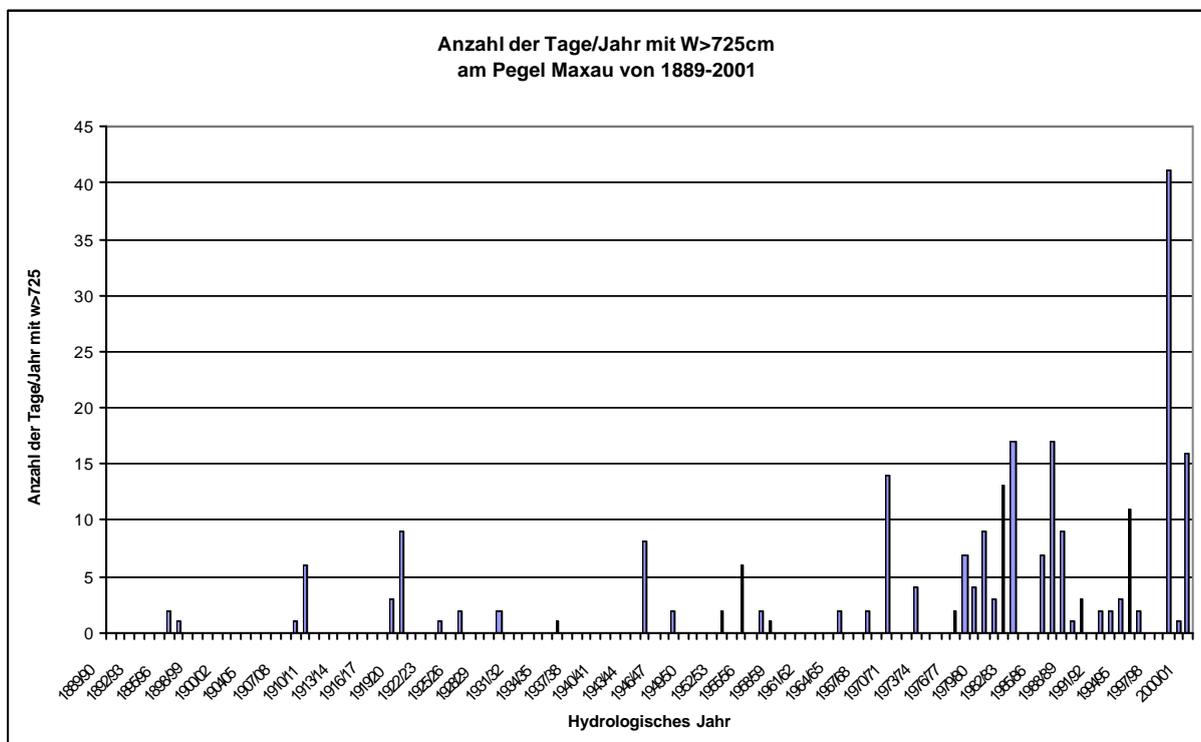


Abb. 21.: Anzahl der Tage pro hydrologischem Jahr, in denen der Wasserstand am Pegel Maxau die 725cm Marke (2,5m ü. MW) überschritten hat. Die Häufung großer Hochwasserereignisse seit den 1970er Jahren und die herausragende Bedeutung des Hochwasserjahres 2001 werden verdeutlicht.

Quelle: eigene Abbildung; Wasserstandsdaten: BfG Koblenz



Abb. 22.: Der Rhein bei Kehl. Im Vordergrund Buhnen im Hauptgerinne zur Niedrigwasserregulierung. Dahinter Reste des einstigen Auwaldes, extensiv bewirtschaftete Wiesen., ein alter Flussarm mit Uferbestand, der Rheinauptdamm und intensiv genutztes Ackerland in der durch den Damm vom Fluss abgetrennten Altaue.

Quelle: eigenes Foto, Aufnahmedatum 26.2.1999



Abb. 23.: Ausschnitt aus Max Honsells Plänen für den Bau einer auch bei Niedrigwasser befahrbaren Schiffahrtsrinne
Quelle: HONSELL (1885)

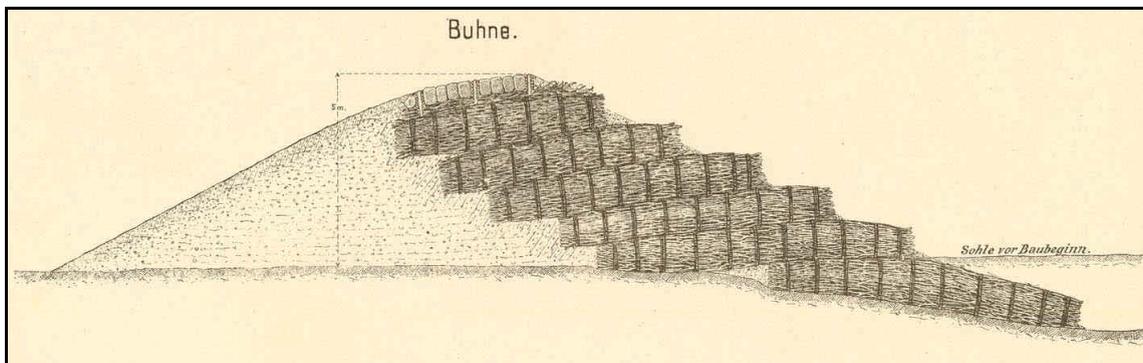


Abb. 24.: Schematischer Aufbau einer Buhne
Quelle: HONSELL (1885)

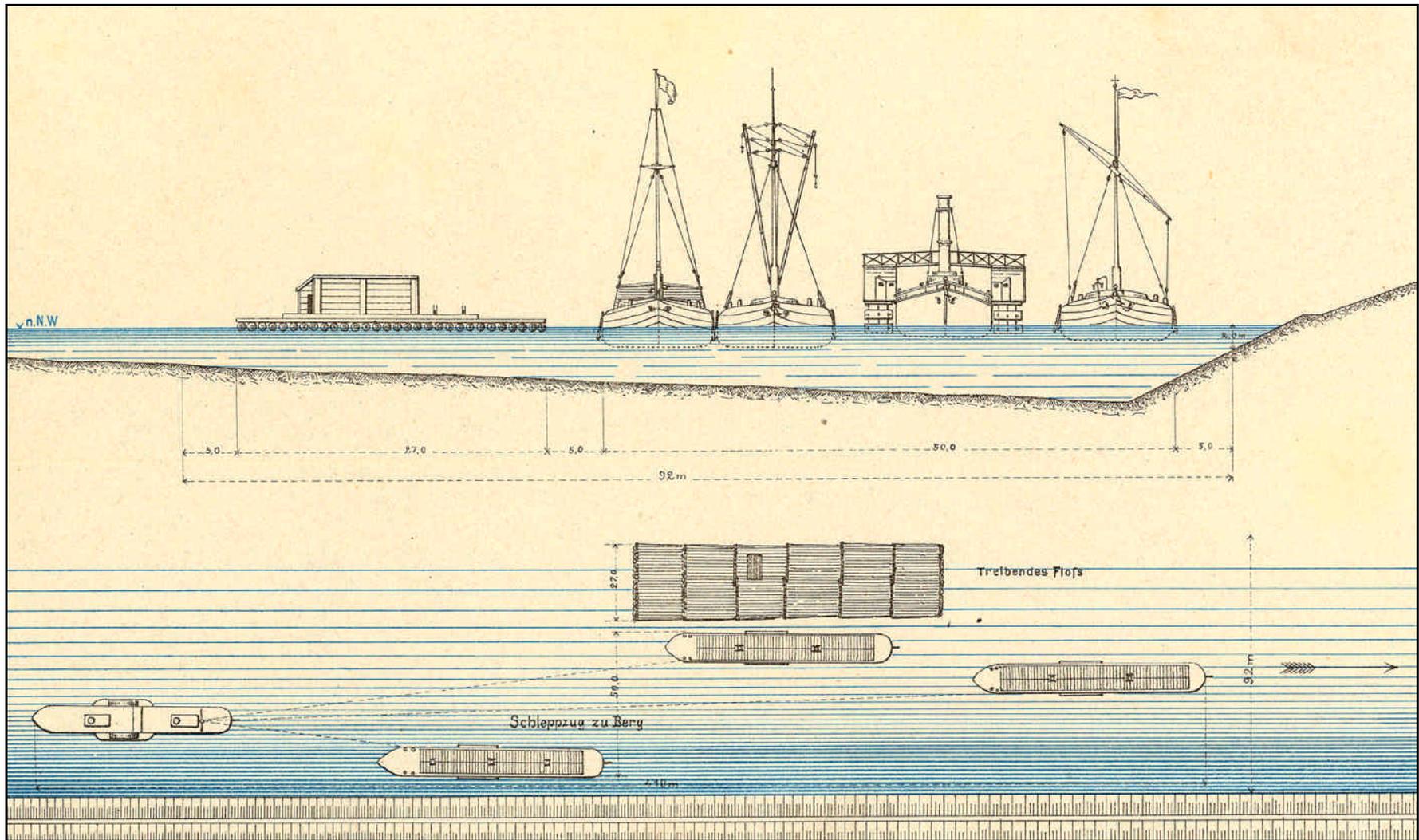
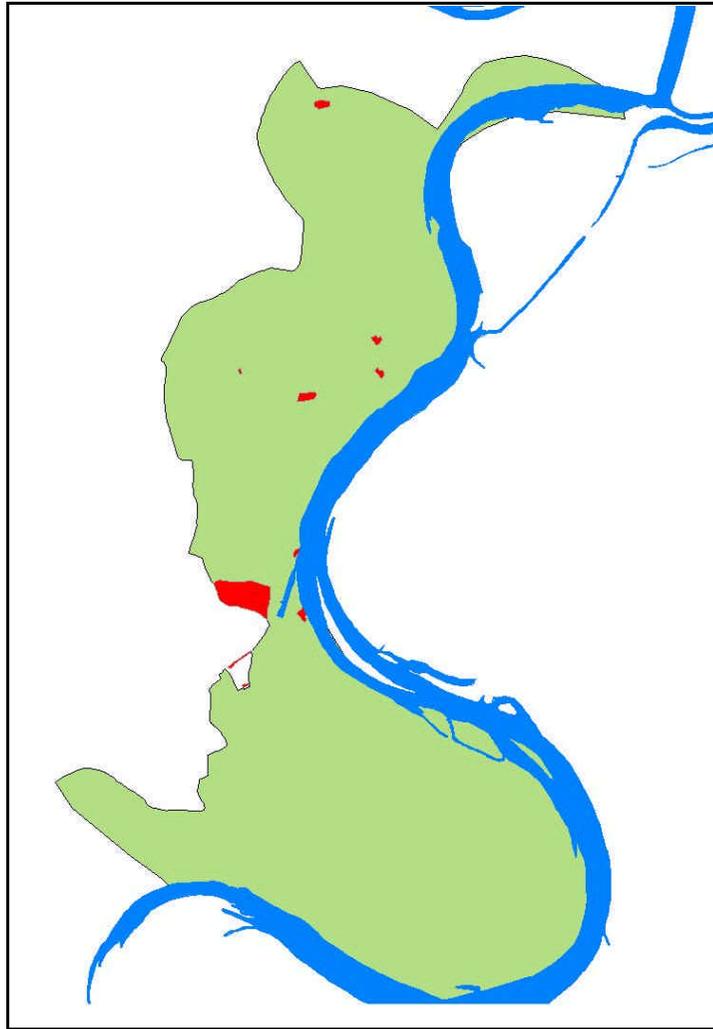
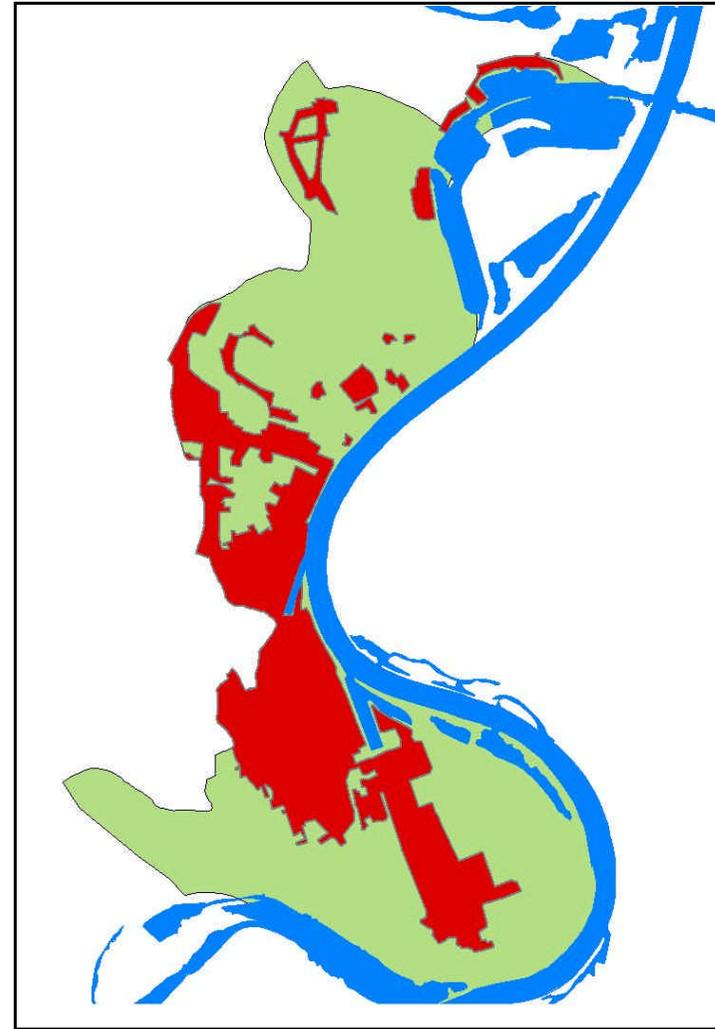


Abb. 25.: Aus Honsells Plänen zur Schiffbarmachung des Rheins: Die Zeichnung zeigt verschiedene, damals auf dem Rhein verkehrende Schiffstypen, Ihren Tiefgang und die geplante Mindesttiefe der Fahrtwasserrinne.
Quelle: HONSELL (1885)



1856



1999

Abb. 26.: Siedlungswachstum in der Rheinaue von 1856 bis 1999 am Beispiel Speyers. Grün=der in der Rheinniederung befindliche Anteil der Speyerer Gemarkung; rot=Siedlungsfläche (Wohn- und Industriegebiete, Gewerbeflächen, Militäranlagen); blau=Rhein
Quelle: Eigene Abbildung. Siedlungsflächendaten aus Rheinstromatlas von 1856 und Luftbildern



Abb. 27.: Druck- und Sickerwassersammelflächen inmitten eines Industriegebietes im Süden Speyers während des Pfingsthochwassers 1999. Obwohl der Rheinhauptdamm den Wassermassen standhielt, traten in der Altaue großflächig Inundationsflächen auf.

Quelle: Eigenes Foto



Abb. 28.: Kies- und Tonabbaufächen im zwanzigsten Jahrhundert. Große Areale der Rheinniederung wurden mittlerweile durch Kies- und Tongewinnung abgetragen und in offene, z.T. mit dem Rhein verbundene Baggerseen umgewandelt.

Grün=Rheinniederung
Rot=ausgeräumte Flächen

Quelle: Eigene Abbildung

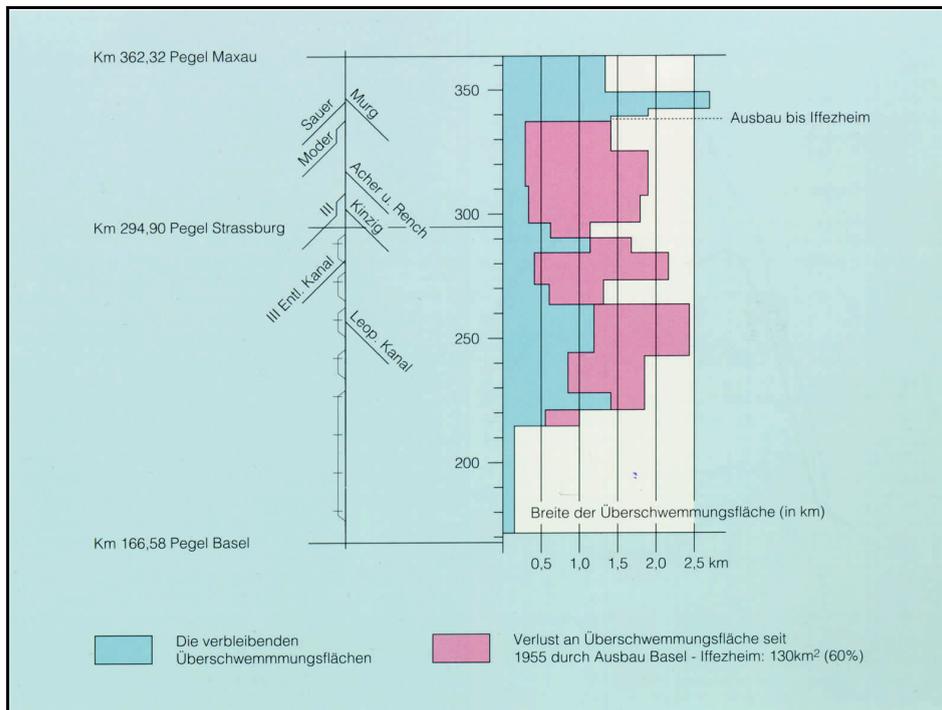


Abb. 29.: Die Verluste an naturnahen Überschwemmungsflächen im Oberrheingebiet zwischen Basel und Karlsruhe seit Beginn des neunzehnten Jahrhunderts. Im Zeitraum von 1820 bis 1950 gingen von ursprünglich etwa 1000 km² rund 730 km² durch wasserbauliche Maßnahmen verloren. Durch die Ausbaumaßnahmen zwischen Basel und Iffezheim von 1950 bis 1977 erfolgte eine weitere Dezimierung um rund 130 km².

Quelle: Aus GALLUSSER, SCHENKER (1992); verändert nach VIESER (1973).

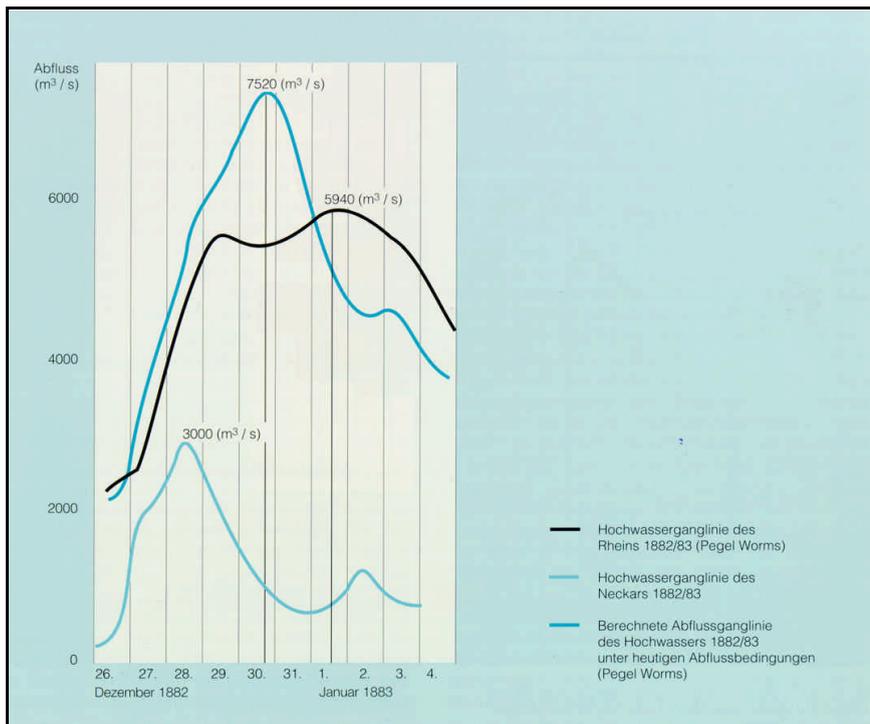


Abb. 30.: Die Ausbaumaßnahmen am Oberrhein haben das Hochwasserproblem stromabwärts verschoben. Die zwischen Basel und Mannheim mehr als 30 Stunden - von 110 auf ungefähr 80 Stunden - rascher abfließende Hochwasserwelle des Rheins trifft nun bei entsprechenden Niederschlagsereignissen mit derjenigen des Neckars zusammen. Das Extremhochwasser von 1882/83 würde die maximal schadlos abführbare Abflussleistung von 6000 m³/s beim Pegel Worms überschreiten
Quelle: GALLUSSER, SCHENKER (1992), nach VIESER (1973).

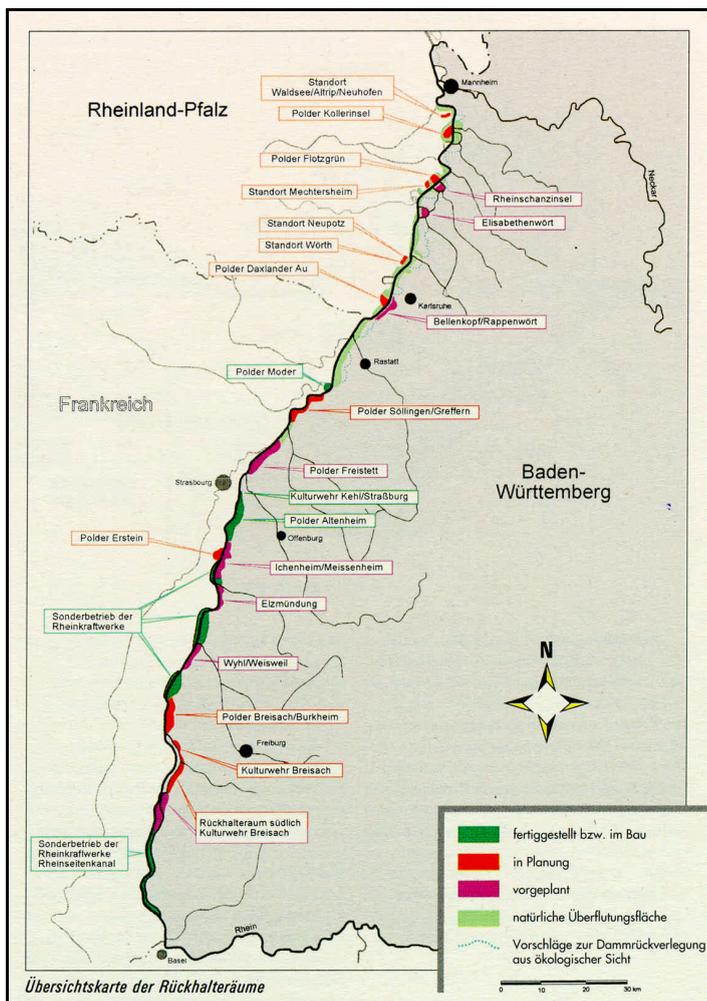


Abb. 31: Übersicht über die am Oberrhein von Basel bis Mannheim geplanten und fertiggestellten Rückhalteräume in Frankreich, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Mit dem Bau des Polders „Kollerinsel“ wurde bereits begonnen.
Quelle: OBERRHEINAGENTUR (1995)



Abb. 32.: Rheinarme im Taubergießen bei Freiburg während des Februarhochwassers 1999. Die Aufnahme verdeutlicht eindrücklich, dass durch die Nutzung IR empfindlicher Filme (High Speed Infrared von Kodak) in Kombination mit einem Schwarzfilter eine deutliche Unterscheidung von Wasser (schwarz) und nicht-Wasser (grau/weiß) erreicht werden kann.

Quelle: Eigenes Foto



Abb. 33. und 34.: Infrarotaufnahmen von Überschwemmungsflächen im Angelwald bei Otterstadt während des Februarhochwassers 1999. Die längliche, im IR-Bild schwarz wiedergegebenen, teilweise lediglich wenige Dezimeter tiefen Inundationsflächen heben sich deutlich von den hellen Bäumen und Forstwegen ab. Selbst nur 50 cm breite, wassergefüllte Gräben sind auf den Bildern noch deutlich durch die Baumkronen zu erkennen

Quelle: Eigene Fotos

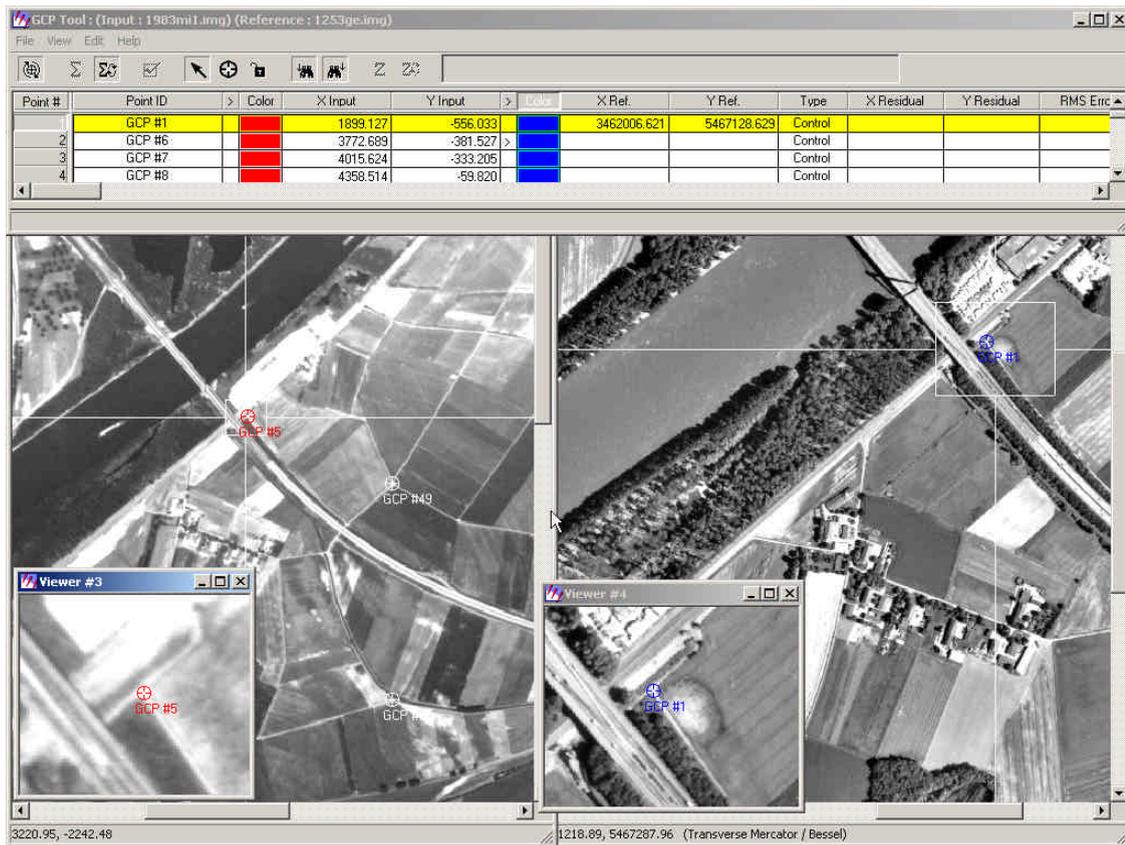


Abb. 35.: Rektifikation eines Luftbildes mit IMAGINE 8.4. am Bildschirm. Das Luftbild im linken Fenster (Befliegung von 1983; Originalmasstab ca. 1:34000) wird mit Hilfe des bereits georeferenzierte Luftbildes im rechten Fenster (Befliegung von 1999; Originalmasstab ca. 1:18000) rektifiziert. Während die Lage der GCPs des 1983er Luftbildes im Pixelkoordinatensystem angegeben wird (rot), wird die Lage der bereits transformierten und projizierten 1999er GCPs (blau) in Gauss-Krüger Koordinaten angezeigt.

Quelle: Eigene Abbildung

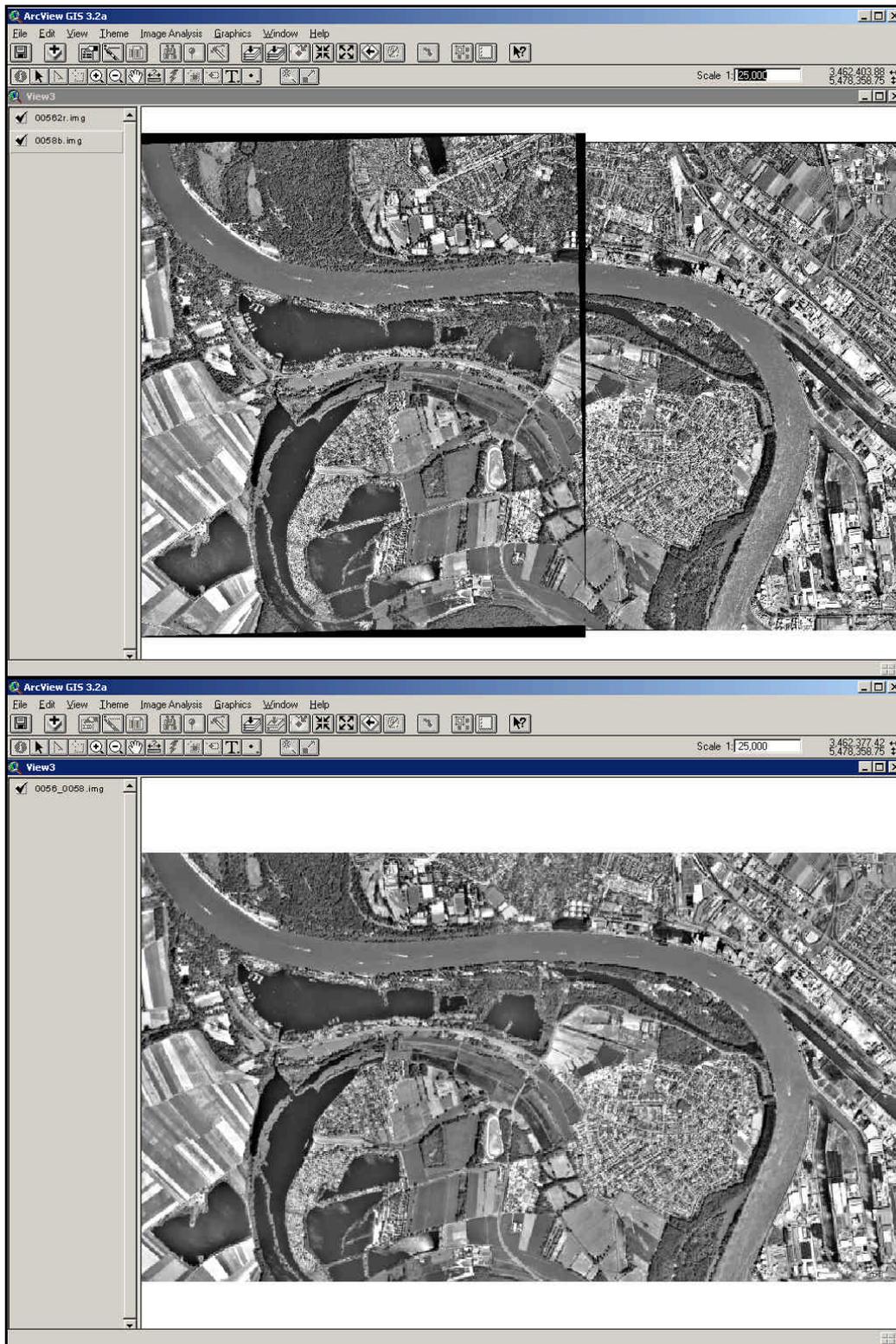


Abb. 36.: Darstellung von zwei georeferenzierten Luftbildern des Untersuchungsgebietes (Rhein bei Mannheim/Altrip) in ArcView vor und nach dem Mosaiking und Clipping in IMAGINE 8.4
Quelle: Eigene Abbildung

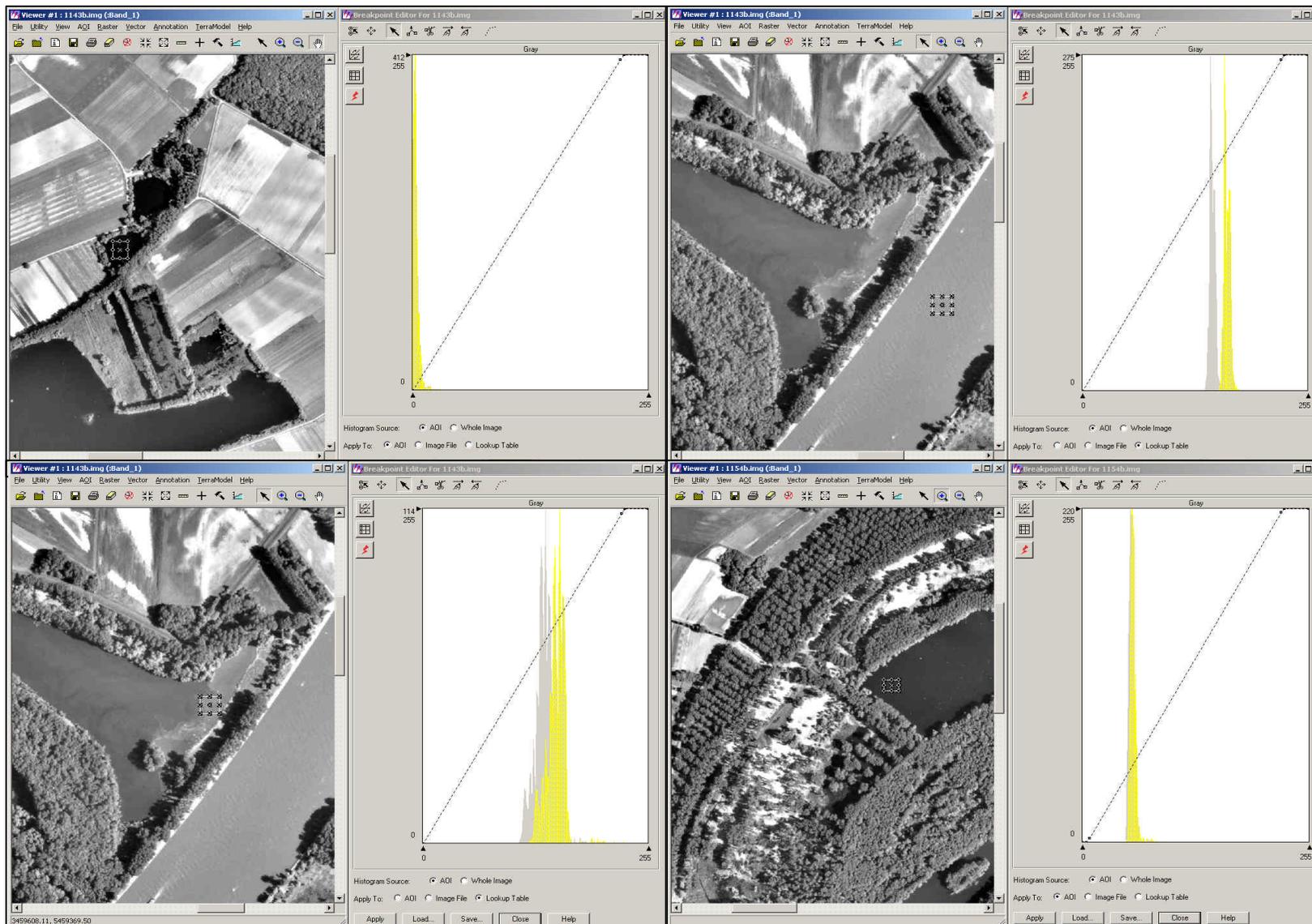
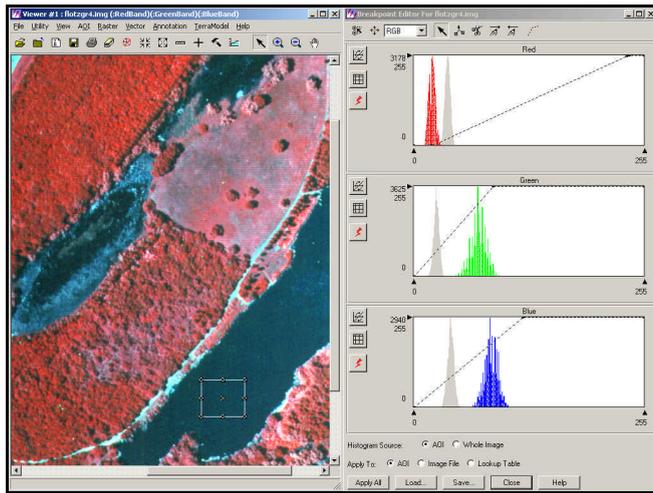
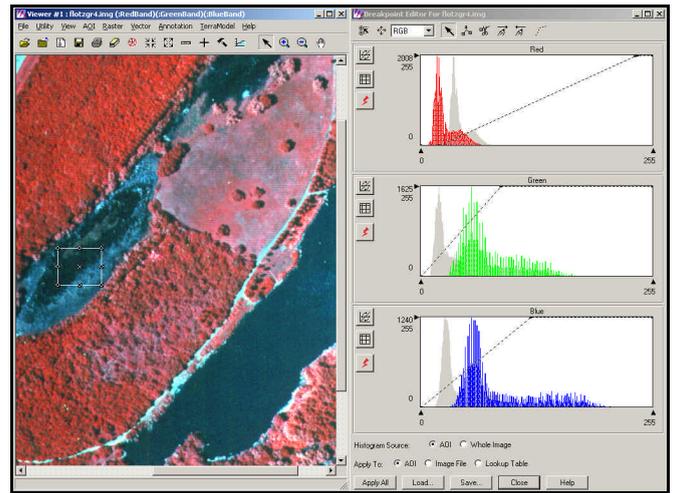


Abb. 37. a bis d: Beispiele für die unterschiedliche Grauwertrepräsentation von Wasser im Panchromatischen SW Luftbild.

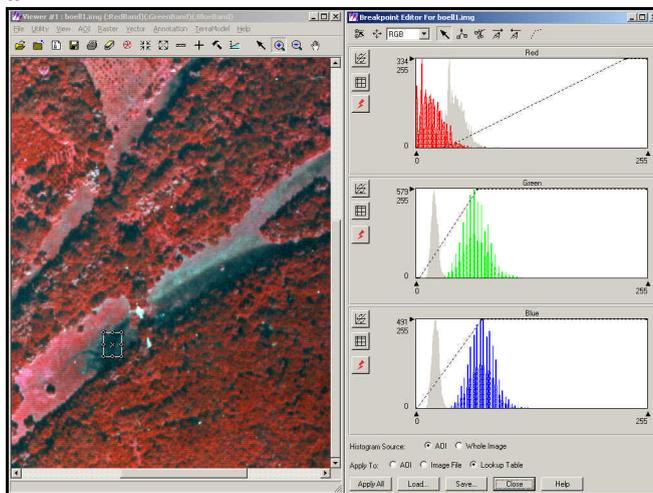
Quelle: Eigene Abbildung



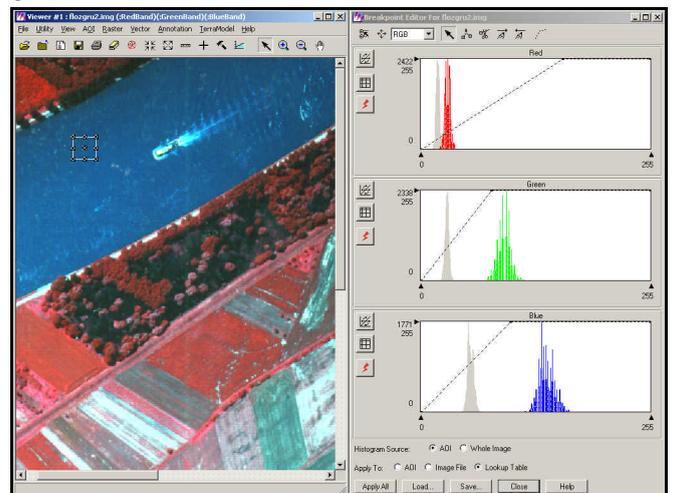
a



b



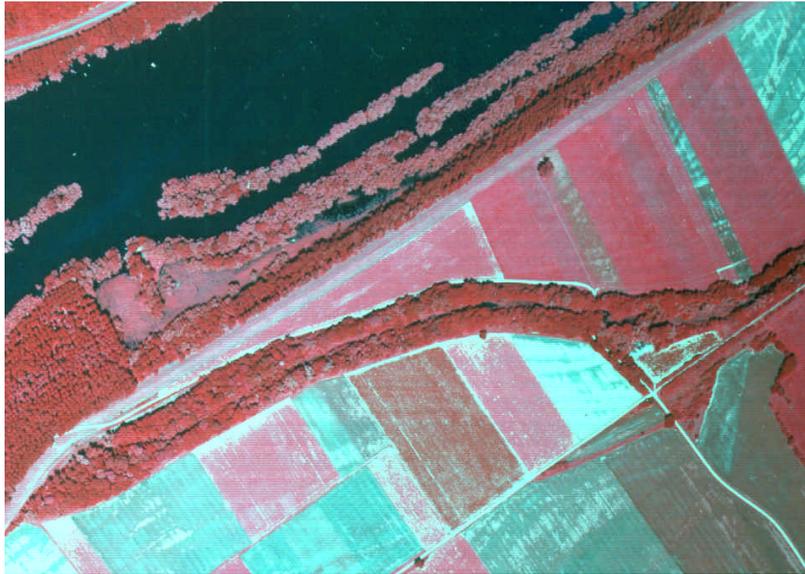
c



d

Abb. 38. a bis d.: Die Histogramme repräsentieren die Grauwertverteilung der einzelnen Bänder (RGB) in den im Luftbild mit einem Rechteck markierten Wasserflächen. Während das blaue und das grüne Band stark in der Verteilung der Grauwerte variieren, konzentrieren sich die Grauwerte im roten Band immer nahe 0.

Quelle: Eigene Abbildung



a) Original Falschfarben Luftbild



b) Blauer Wellenlängenbereich



c) Infraroter Wellenlängenbereich



d) Grüner Wellenlängenbereich

Abb. 39. a bis d: Die Trennung des IR Falschfarbenbildes a) in seine 3 Kanäle veranschaulicht die nahezu völlige Absorption von Wasser im nahen Infrarot.
Quelle: Ausgangsmaterial: Infrarotluftbild vom Norden der Kollerinsel; Befliegungsdatum 14.7.1975; Eigene Abbildung

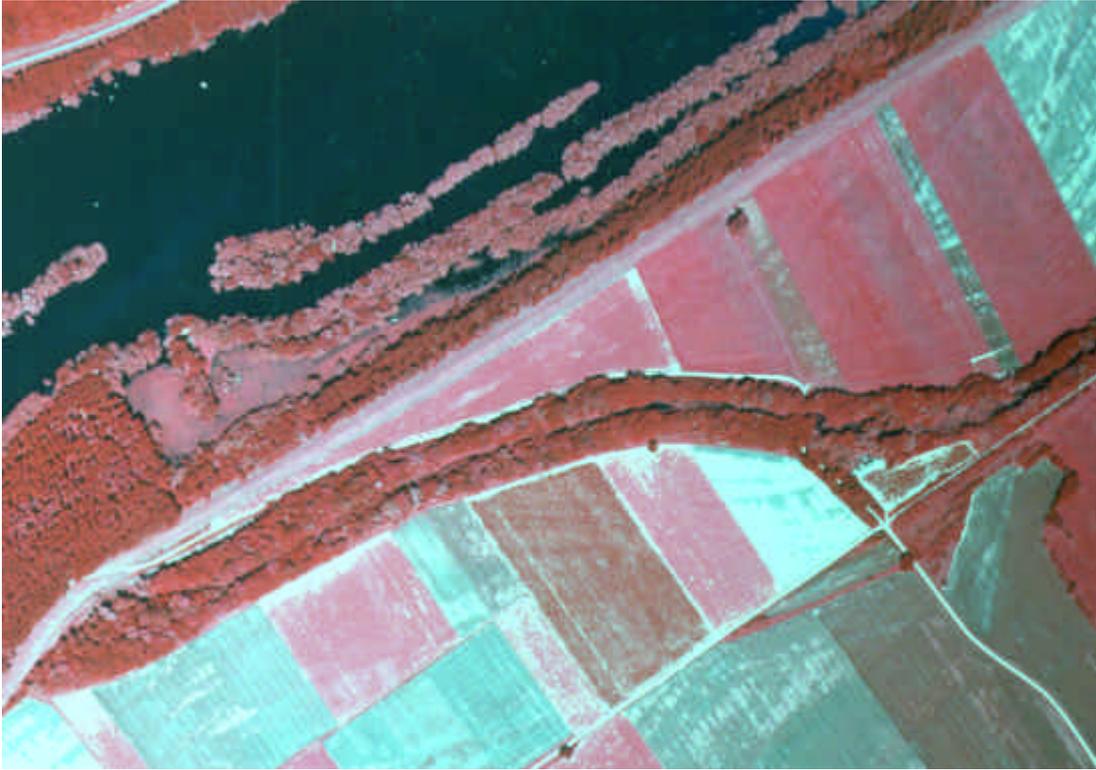


Abb. 40.a

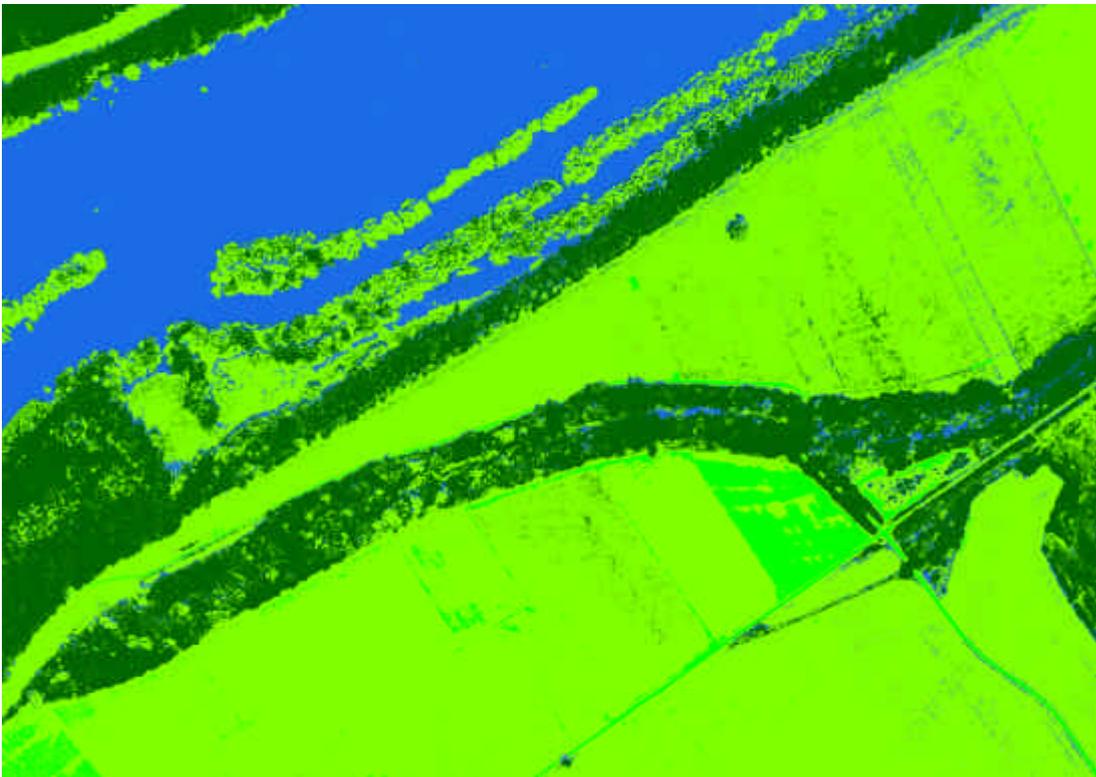


Abb. 40.b

Erläuterung zu Abb.IV.12. auf der vorherigen Seite:

Abb. 40.a:

Farbinfrarotaufnahme aus dem nördlichen Teil der Kollerinsel (Otterstadt). Die Aufnahme wurden am 14.Juli 1975 um 12:39 Uhr mit einer Reihemesskammer erstellt. Wasserflächen wie der Otterstädter Altrhein aber auch überschwemmte Schilfflächen erscheinen fast Schwarz und lassen sich deutlich von der rot wiedergegebenen Vegetation abgrenzen. Aufgrund des hohen Sonnenstandes zum Zeitpunkt der Aufnahme liegen nur wenige Flächen im Schlagschatten hoher Bäume (ebenfalls schwarz wiedergegeben).

Abb. 40.b:

Das Bild darunter ist das Ergebnis einer überwachten Klassifizierung anhand von 22 Referenzflächen. Wasserflächen sind blau, Bäume und Wiesen dunkelgrün, Acker und Wege hellgrün wiedergegeben. Die automatisierte Klassifizierung erkennt große Wasserflächen eindeutig. Nicht fehlerfrei, doch erstaunlich gut ist auch die bei einer visuellen Interpretation schwierige Identifizierung von vegetationsdurchmischten Inundationsflächen. So wurden z.B. die am nördlichen Schilfgürtel der Kollerinsel gelegenen, als auch die von Bäumen überstandenen Wasserflächen im "Saumagen" (länglicher Vegetationsstreifen in der Bildmitte) richtig klassifiziert. Von ausserhalb der Vegetationsperiode aufgenommenen Farbinfrarotaufnahmen sind noch bessere Ergebnisse bei der automatisierten Identifizierung von Inundationsflächen zu erwarten.

Quelle: Hansa Luftbild, Luftbilder im Besitz des Geographischen Instituts der Universität Heidelberg. Luftbildnummer 359. Aufnahmedatum: 14.7.75