

Bernd Müller

Die Rheinbegradigung
- Planung, Durchführung, Folgen -

Geinsheim, im März 2023

Der Tadel wird vergehen,
das Gute bleibt bestehen.

(Leitspruch Tullas)

Inhalt

Vorwort

Johann Gottfried Tulla

Exkurs: Das Dokudrama "Der Flussbaumeister -
Wie Tulla den Rhein begradigte"

Exkurs: Das Großherzogtum Baden

Die Rheinbegradigung

Exkurs: Mäander

Exkurs: Prall- und Gleithang

Exkurs: Sinuosität

Die Folgen der Rheinbegradigung

- Positiv
- Negativ

Exkurs: Deiche und Polder

Exkurs: Malaria

Exkurs: Das Rheingold

Literatur

Vorwort

Immer wenn der Mensch in Natur und Landschaft eingreift, besteht die Gefahr, daß ökologische Gegebenheiten mehr oder weniger in Mitleidenschaft gezogen werden.

Das vorliegende Beispiel, nämlich die Veränderung eines Flusses, zeigt anschaulich, wie trotz aller positiver Absichten und Pläne, (unerwartete) negative Folgen das Leben der Menschen beeinflussen können.

Deshalb gilt: Um die Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts dauerhaft zu gewährleisten, besteht die Notwendigkeit, Eingriffe in dieses komplexe System auszugleichen.

Johann Gottfried Tulla

Tulla +) wurde am 20. März 1770 als Sohn eines protestantischen Pfarrers in Karlsruhe (damals "Carlsruhe" geschrieben) geboren.

Die ersten sechs Jahre seines Lebens verbrachte er in Remchingen.

Eigentlich hätte er auch Pfarrer werden sollen, doch sein mathematisches und technisches Talent wird frühzeitig erkannt und gefördert.

1790 bereits Geometer im Dienste des Markgrafen von Baden, absolvierte er von 1790 bis 1792 eine Ausbildung bei Karl Christian von Langsdorf(f). ++)



Johann Gottfried Tulla,
zeitgenössische Darstellung als
Ritter der Ehrenlegion

Ab 1795 studierte Tulla in Freiberg/Sachsen Chemie und Mineralogie.

Ein Aufenthalt in Holland brachte ihm wichtige Erkenntnisse in Bezug auf den Wasserbau.

Nach Abschluß erfolgte die Übernahme in den Staatsdienst.

+) Die Familie Tulla hat holländische Vorfahren.

++) * 18.05.1757 in Nauheim, + 10.06.1834 in Heidelberg,
ab 1806 von L.;

Mathematiker, Geologe, Naturforscher, Techniker;

1801 weilte Tulla zu weiteren Studien an der renommierten Ecole polytechnique in Paris. Hier lernte er das "revolutionäre" Metermaß kennen und damit auch das Prinzip des genauen Vermessens. +)

Ein Jahr später nach Karlsruhe zurückbeordert, wurde er 1803 zum Hauptmann ernannt.

Ab 1807 arbeitete Tulla in der Schweiz an der Regulierung der Linth (rd. 65 km lang) mit.

Im gleichen Jahr beteiligte er sich an der Gründung der Ingenieurschule, des Vorläuferinstituts der Universität Karlsruhe, heute "Karlsruher Institut für Technologie" (KIT). Professuren in Heidelberg und München schlägt er aus.

In den folgenden Jahren wurde Tulla mehrfach befördert, so 1809 zum Major und 1814 zum Oberstleutnant.

1809 stellte er Pläne zur Rheinbegradigung vor.

Von der Begradigung des Flusses verspricht sich Tulla vor allem eine Verbesserung des Hochwasserschutzes, eine Trockenlegung der Sümpfe und die Gewinnung von Acker- und Siedlungsflächen. Die Schifffahrt hingegen spielt in seiner Argumentation eine untergeordnete Rolle.

1817 zum Leiter der Oberdirektion des Wasser- und Straßenbaus ernannt, erstellte er Pläne, nach denen 1817 bis 1842 die Dreisam ++) in Freiburg begradigt wurde und so große neue landwirtschaftliche Flächen nutzbar machte.

Tulla starb am 27. März 1828 in Paris an den Folgen von chronischen Beschwerden durch Blasensteine.

Mehrere Operationen durch den französischen Spezialisten Jean Civiale führten schließlich zur Schwächung seines

+) Frankreich war das erste Land, das die gesamte Erde vermessen hat.

Bei seinen Vermessungen im Badischen orientierte sich Tulla stets an Kirchtürmen.

Im Winter 1801/02 überflutet der Rhein in Baden 252 km² Ackerland, was zu schweren wirtschaftlichen Einbußen führt.

Tulla kommt zu dem Schluß, daß in "kultivierten Ländern die Bäche, Flüsse und Ströme Kanäle seien und die Leitung der Gewässer in der Gewalt der Bewohner stehen" sollten.

++) Der Name leitet sich vom keltischen "tragisama", "die sehr schnelle" ab. Länge: rd. 49 km;



Tullas Grabmal auf dem Pariser Friedhof Montmartre



Bronze-Plakette auf dem Grabstein

Immunsystems. +)

Er wurde auf dem Friedhof Montmartre beigesetzt und ist dort unter seinen französischen Vornamen "Jean" für "Johann" und "Godefroy" für "Gottfried" verzeichnet. ++)

In Frankreich wurde Tulla 1827 zum Offizier der Ehrenlegion ernannt.

Kurz vor seinem Tod zeichnete ihn der badische Großherzog Ludwig I. von Baden (* 09.02.1763, + 30.03.1830) zum Ritter des "Ordens vom Zähringer Löwen" aus. +++)

Zahlreiche Städte und Gemeinden entlang des Rheins benannten Straßen nach ihm (z.B. in Bad Säckingen, Weil am Rhein, Lörrach und Freiburg), mehrere Schulen und Hallen tragen seinen Namen.

Ein Gedenkstein, das Tulladenkmal, steht am Rhein bei Karlsruhe zwischen dem Rheinhafen und Maxau.

- +) Seit Mitte der 1820er Jahre litt Tulla auch an chronischen rheumatischen und arthritischen Beschwerden, die er sich während seines Wasserbaus durch Nässe, Wind und Kälte zugezogen hatte. Einige Quellen behaupten, er sei an Malaria verstorben, der Totenschein verzeichnet "Atemnot".
- ++) Tullas Grab liegt auf dem Friedhof an der Avenue Berlioz in der Sektion 26, 1. Gräberlinie, Grabnummer 45.
- +++ 1812 von Karl Ludwig Friedrich von Baden zum Andenken an die Herzöge von Zähringen, mit denen die großherzogliche Familie stammesverwandt ist, gestiftet.

In Breisach wurde 1874 zu Ehren von Tulla auf dem Areal der einstigen Burg- und Schloßanlage auf der Nordseite des Münsterberges der "Tullaturm" errichtet, heute Kulisse der Freilichtbühne "Festspiele Breisach".



Tulladenkmal am Rhein bei Karlsruhe, gestiftet von Markgraf Maximilian von Baden (1853)^[9]

Bronze-Plakette von *Tullaturm* Johann Gottfried Tulla Breisach am *Tullaturm* in (1874) Breisach am Rhein, von Friedrich Moest

In seinem unbändigen Optimismus, die Natur beherrschen zu können, war Tulla ganz ein Kind seiner Zeit, die geprägt war von einem unerschütterlichen Fortschrittsglauben.

"Wenn wir einmal mit der Rheinbegradigung begonnen haben, wird sich alles zum Besseren wenden", nahm er für sich in Anspruch.

"Kein Strom oder Fluß, also auch nicht der Rhein, hat mehr als ein Flußbett nötig. In der Regel sollten in kultivierten Ländern die Bäche, Flüsse und Ströme Kanäle sein und die Leitung der Gewässer in der Gewalt der Bewohner stehen.

Die Einstellung und die Produktivität der Anwohner wird sich im Verhältnis der Sicherheit ihrer Häuser, ihres Besitzes und der Ernte verändern.

Das Klima am Rhein wird besser, die Luft wird sauberer."

Tulla teilt die Ansicht anderer Ingenieure, wenn er 1825 in einer Schrift von den Flüssen als "Feinden" spricht, die "gebändigt" und "gezähmt" werden müßten.

Als Militär sind Flüsse in seinem Denken militärische Hindernisse für den Transport von Truppen.

1812, als Napoleon den Krieg mit Rußland begann, nannte Tulla seine Retifikations-Absichten einen "Generalplan" zur Verteidigung gegen "Angriffe" durch den Rhein!

Das Dokudrama "Der Flussbaumeister - Wie Tulla
den Rhein begradigte"

von Peter Bardehle, Marc Ottiker und Christian Stiefenhofer
läßt den Zuschauer an Werk und Leben Tullas teilhaben,
wirft dabei auch einen kritischen Blick auf die Begradigung
des Rheins und deren Folgen; es geht damit weit über eine
Biografie hinaus und thematisiert nicht nur die Vorteile,
sondern auch die ökologischen Schäden, die durch den Rhein-
ausbau verursacht wurden.

Der vom SWR in Zusammenarbeit mit ARTE und der Vidicom
Media GmbH produzierte Film wurde im Juli 2019 in Karlsruhe,
Am Rhein, Schloß Favorite (Förch) +), Rastatt und Umgebung
gedreht.

Die Hauptrolle des (erwachsenen) Tulla übernimmt der den
Fernsehzuschauern in der Rolle des Kommissars Tom Kowalski
(seit 2012) in der ZDF-Krimiserie "Soko Leipzig" bekannte
Schauspieler und Schriftsteller Steffen Schroeder (* 16.04.
1974 in München).

Zwei seiner drei Söhne, Karl Leven (19) und Johann (14)
spielen den jungen bzw. heranwachsenden Studenten Tulla. ++)

+) ist das älteste deutsche "Porzellanschloß" und als
einziges in der ursprünglichen Form erhalten geblieben;

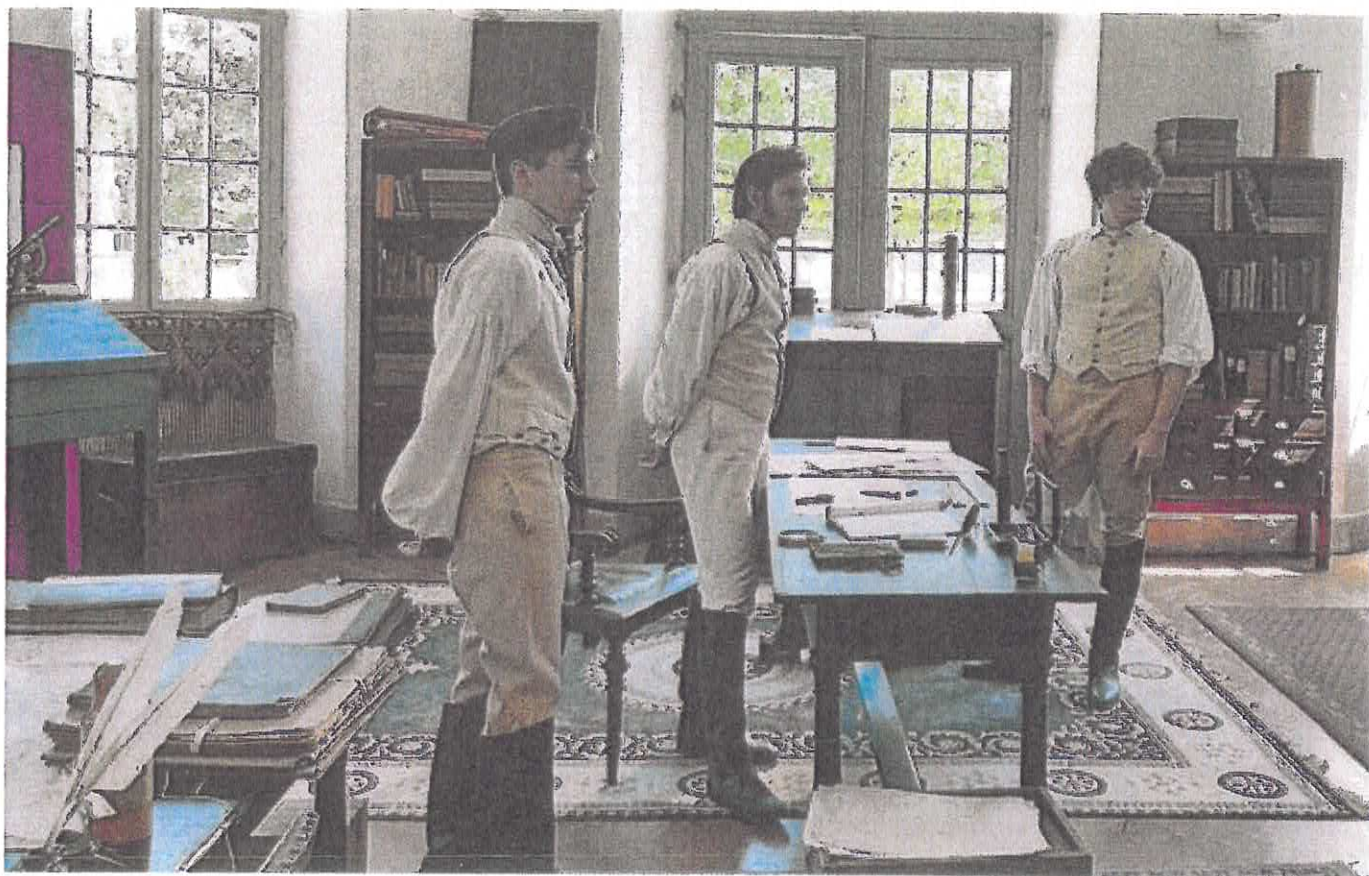
++) Ausstrahlung: Sonntag, 8. November 2020, SWR,
20.15 - 21.45.



Johann Gottfried Tulla vermisst Baden, um eine Generalkarte zu erstellen



Johann Gottfried Tulla lernt als Student neue Messtechniken kennen.



Johann Gottfried Tulla und seine Mitarbeiter erwarten den Besuch des Markgrafen im Kartenraum.



Tulla vermisst nicht nur das Land neu, sondern auch die Geschwindigkeit des Wassers.

Exkurs: Das Großherzogtum Baden

Das Großherzogtum Baden war von 1806 bis 1871 ein souveräner Staat.



Bis 1815 gehörte Baden +) zum "Rheinbund", von 1815 bis 1866 zum "Deutschen Bund".

Ab 1871 war es (als konstitutionelle Monarchie) nur noch ein teilautonomer Bundesstaat innerhalb des Deutschen Kaiserreiches mit drei Stimmen im Bundesrat (bis 1918).

+) Auf 15.070 km² lebten 1815 rd. 994.000 Einwohner.

Die Koalitionskriege in der Napoleonischen Zeit hatten große Gebietszuwächse gebracht, vor allem durch die Annexion kurpfälzischer Gebiete (Mannheim, Heidelberg) und Teile des Bistums Speyer.

Allerdings brachte das Bündnis mit Napoleon auch Verluste mit sich: Von 6.700 badischen Soldaten kehrten - darf man den Quellen trauen - nur 144 ($\hat{=}$ 2,15%) vom Rußlandfeldzug zurück!

Die Rheinbegradigung

Die Rheinbegradigung +) ist die künstliche Verkürzung des ursprünglich mäandrierenden Rheins.

In Deutschland wurde sie zwischen 1817 und 1882 durchgeführt.

Der Oberrhein hatte sich nach der letzten Eiszeit in seinen Ablagerungen eingegraben und dabei girlandenartige Hochufer hinterlassen, auf denen sich hochwassersichere Siedlungen entwickeln konnten.

Die in der Niederung gelegenen Orte waren dagegen immer wieder von z.T. schweren Überschwemmungen betroffen.

Zwischen Basel und Karlsruhe floß der Rhein auf einem zwei bis drei Kilometer breiten Abflußgebiet mit vielen Flußarmen und kleinen Inseln, ab Karlsruhe bis Mainz durchströmte er die Landschaft in weit ausholenden Mäandern.

Da der Rhein die Grenze zwischen dem Großherzogtum Baden und Frankreich bzw. der ab 1816 bayerischen Pfalz bildete und der genaue Flußlauf sich häufig änderte, mußte daher der Grenzverlauf immer wieder neu vermessen werden. ++)

+) Auch ~regulierung, ~korrektur oder ~rektifikation genannt;

++) Das Beispiel Bodensee zeigt, daß auch heutzutage exakte Grenzverläufe, insbes. wenn es sich um Gewässer handelt, aus welchen Gründen auch immer, fehlen!

Während es zwischen Deutschland und der Schweiz eine anerkannte Grenzziehung gibt, wurde diese mit Österreich einvernehmlich nie festgelegt.

Nach der sog. "Realteilungstheorie", die mit der "Haldentheorie" (auch: "Kondominiumtheorie") nicht konform ist, entfallen 32% der Seefläche auf die Schweiz und 9,7% auf Österreich.

Der "Obersee" des Bodensees ist somit (neben der Emsmündung) die einzigste Region in Europa, in der nie eine Grenze offiziell definiert wurde.

Wirtschaftliche Bedeutung hatte in dieser Zeit der Fluß als Verkehrsweg für die Flößerei und als Fischgewässer.

Frühere Durchstiche, wie z.B. der Büberiche Kanal bei Wesel 1785, hatten gezeigt, daß eine gezielte Begradigung des Flußverlaufs durch Durchstiche geeignet war, die Überschwemmungsgefahr zu reduzieren.

Außerdem schien man sich sicher, den Rhein durch Vertiefung des (begradigten) Flußbetts uneingeschränkt schiffahrtstauglich zu machen.

Tulla legte 1809 den ersten Plan zur Korrektur des Oberrheins vor.

Er sah im wesentlichen folgende Maßnahmen vor.

- 1) Abtrennung von Flußschlingen mittels "Durchstichen" nördlich von Karlsruhe
- 2) Einengung des Flußbettes auf 200 bis 250 Meter sowie Vertiefung desselben
- 3) Errichtung von Dammanlagen (in doppelter Ausführung!) zum Schutz gegen Überschwemmungen, verbunden mit der Absicht, daß dadurch der Fluß zu (verstärkter) Tiefenerosion gezwungen wird und als Folge der Wasserspiegel sinkt.

Das Hochwasser im Januar 1816, das die Gemeinde Wörth schwer verwüstete, führte am 26. April 1817 zu einer Übereinkunft zwischen Bayern und Baden: Die Flußkrümmungen sollten nach dem vorliegenden Rektifikationsplan durchstoßen werden. +)

Da das Erdreich zu dieser Zeit nur mit Schaufeln, Schubkarren und Pferdefuhrwagen bewegt werden konnte, war man bestrebt, möglichst wenig Erde zu bewegen. Es wurde also kein komplettes neues Flußbett gegraben, sondern nur kleine Kanäle (Breite ca. 10 bis 25 Meter) als Abkürzungen durch die Schleifen.

Während der Bauarbeiten ließ man am oberen Ende noch einen kleinen Damm übrig, damit die Arbeiter so weit wie möglich im Trockenen schaufeln konnten. War der Kanal vollständig fertiggestellt, wurde der Damm entfernt und der Kanal geflutet.

+) Das Durchstechen der Mäander verkürzte die Strecke zwischen Basel und Bingen um 81 km.

Die Verbreiterung auf die von Tulla beabsichtigte Flußbettbreite von 240 Meter oberhalb und 300 Meter unterhalb von Mannheim +) übernahm der Fluß selbst: Da die Kanäle die gleiche Höhendifferenz wie die Schleifen auf einer kürzeren Strecke überwinden, war hier das Gefälle größer und die Strömung stärker, so daß diese Abkürzungskanäle spätestens beim nächsten Hochwasser von alleine auf die volle Breite wuchsen. ++)

Entlang der badisch-pfälzischen Grenze, von der Mündung der Lauter bis Roxheim, erfolgten insgesamt 18 Durchstiche. +++)
Der Stromlauf wurde damit von 135 km auf 86 km verkürzt (= rd. 37%).

Im Frühjahr 1817 wurden Waldflächen abgeholzt und mit dem "Knielinger Durchstich" begonnen, wobei es zu Auseinandersetzungen mit der Dorfbevölkerung kam: Die Bewohner fürchteten um ihre Fischgründe und widersetzten sich.

Der Einsatz von Militär beendete diese Episode. Ob es dabei Tote und Verwundete gab, ist mit Originalquellen nicht zu belegen.

Daß 1824 sechs Ortschaften vom Hochwasser verschont blieben, hat die weitere Arbeit sehr erleichtert!

Die Gemeinden wurden zu sog. "Hand- und Spanndiensten" verpflichtet. Außerdem forderte man Mithilfe bei der Befestigung des Ufers mit Senkfaschinen und Steinpflaster.

Das benötigte Steinmaterial wurde u.a. aus den im Neckartal gelegenen Steinbrüchen des Johann Friedrich II. Götz

(* 21.12.1820 in Neckarsteinach, + 15.12.1892) geliefert.

Die hölzernen Lastkähne wurden bis Plittersdorf getreidelt; von hieraus erfolgte der Transport mit Lastkähnen der Firma Götz. Rheinaufwärts bekam der Granitstein aus den Steinbrüchen des Schwarzwaldes den Vorzug.

+) Von der Mündung des Neckars stromabwärts war eine Breite von 300 Metern vorgesehen.

++) Der Kühkopf ist eine Ausnahme: Noch heute fließt ein Teil des Rheinwassers durch die alte Schleife, wobei allerdings die Wassermenge am Eingang durch eine Schwelle aus Beton begrenzt wird.

+++) Davon Bayern acht und Baden zehn;

Proteste gegen die Fortführung der Rheinbegradigung wurden 1826 von den Regierungen in Hessen, Preußen und den Niederlanden vorgebracht. +)

Die Kosten der Regulierung beliefen sich - in heutiger Währung ausgedrückt - auf einige Milliarden, d.h. in manchen Jahren reichten gerade die Steuereinnahmen eines ganzen Jahres für die Deckung der laufenden Kosten. Als letzter Durchstich wurde 1865 der "Altriper Durchstich" in Angriff genommen.

Weitere Korrekturen, wie z.B. der geplante Durchstich bei Neckarau, der durch den heutigen Waldpark Mannheim geführt hätte, wurden nicht mehr realisiert, so daß der Rhein auch heute noch einzelne Schlingen aufweist.

Entlang der badisch-französischen Grenze zwischen Basel und der Lautermündung begann man 1840 mit der Begradigung, nachdem ein Staatsvertrag zwischen Baden und Frankreich vom 5. April 1840 die rechtlichen Rahmenbedingungen abgesteckt hatte.

Die Rheinregulierung zwischen Worms und Mainz war eine rein hessische Angelegenheit, nachdem auf dem Wiener Kongreß 1814/15 die Provinz Rheinhessen an das Großherzogtum Hessen angegliedert worden war.

Unter der Regie des Großherzoglichen Wasserbaudirektors Dr. Claus Kröncke (* 29.03.1771, + 05.11.1843) erfolgte 1828/29 ein Durchstich auf der Höhe von Guntersblum.

Die dadurch vom linksrheinischen Festland abgetrennte Binnenhalbinsel ist die heutige Binneninsel Kühkopf.

Sie ist mit 17 km² das größte Naturschutzgebiet in Hessen.

1854 ermittelte eine technische Kommission die für eine Fortsetzung der Korrektur von Mainz bis Bingen als notwendig angesehenen Maßnahmen.

Seit Februar 1863 gab es Pläne für die Strecke zwischen Niederwalluf und Geisenheim in dem damals zum Herzogtum Nassau gehörenden Rheingau. ++)

+) Nach schwierigen Verhandlungen konnten die Befürchtungen bezüglich einer verstärkten Hochwasser- und Eisgefahr zerstreut werden.

++) 1867 wurde er Teil des preußischen Regierungsbezirkes Wiesbaden.

Ziel war die Beseitigung der Schifffahrtshindernisse, die Verbesserung der unregelmäßigen Zustände im Flußbett und eine Normalbreite im Strom von 450 Meter.

In der Bevölkerung des Rheingaus formierte sich auf breiter Front Widerstand gegen die Pläne.

Heinrich Eduard von Lade (* 24.02.1817, + 07.08.1904) aus Geisenheim machte sich zum Wortführer einer Petition beim preußischen König Wilhelm und dem Ministerpräsidenten Otto von Bismarck. Man befürchtete die Entstehung großer Sumpfgebiete, die als Brutstätten für Stechmücken dienen könnten. Desweiteren seien einige Orte, wie z.B. Erbach, Hattenheim und Winkel vom Rhein aus nicht mehr erreichbar.

Der Rhein dürfe nicht zum Kanal werden. Auch der Tourismus werde Schaden nehmen, die Bevölkerung verarmen, die Weinberge an Wert verlieren.

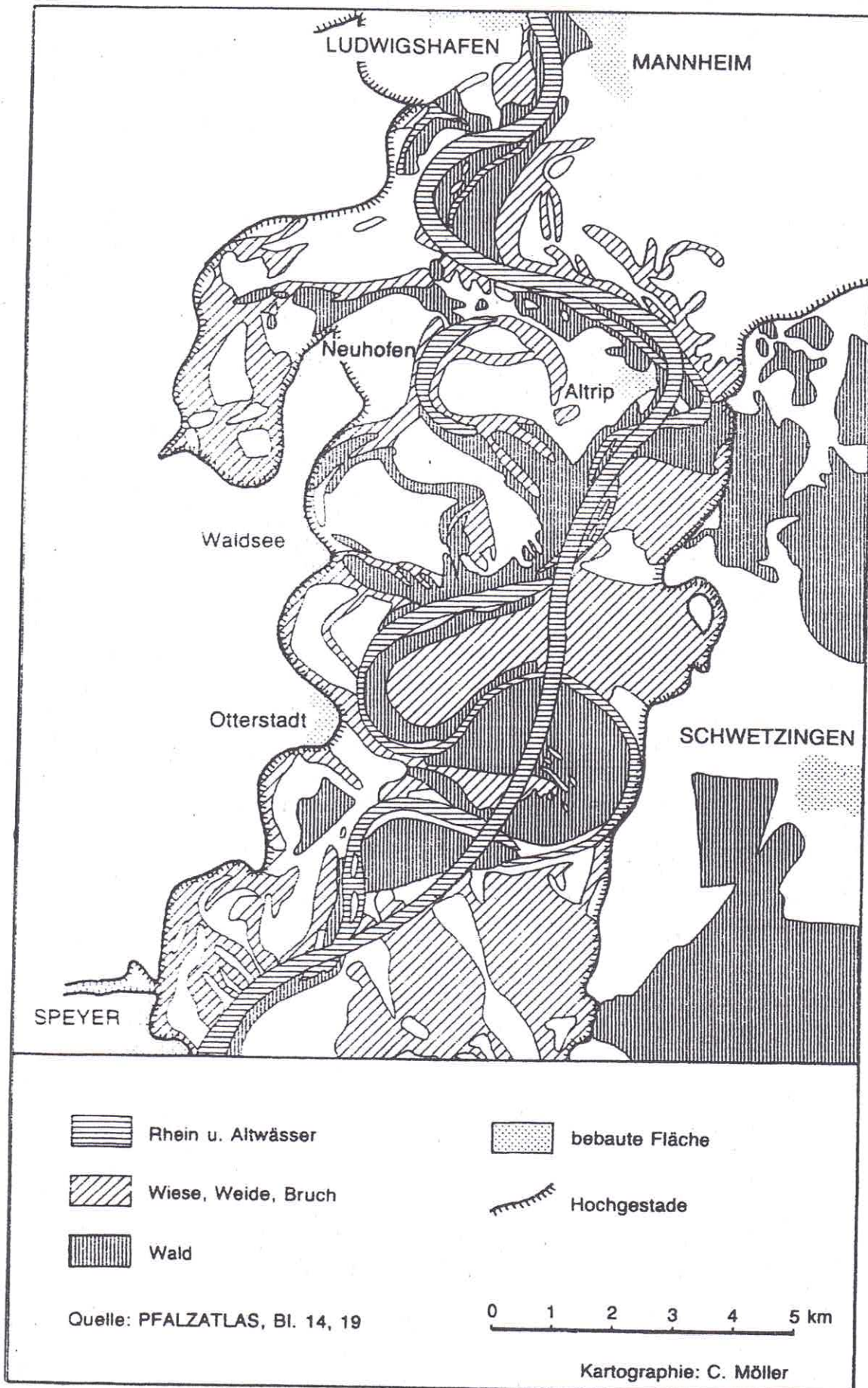
Schließlich hatte von Lade den gesamten Rheingau auf seiner Seite. In Berlin trug er dem König und Bismarck seine Sorgen vor.

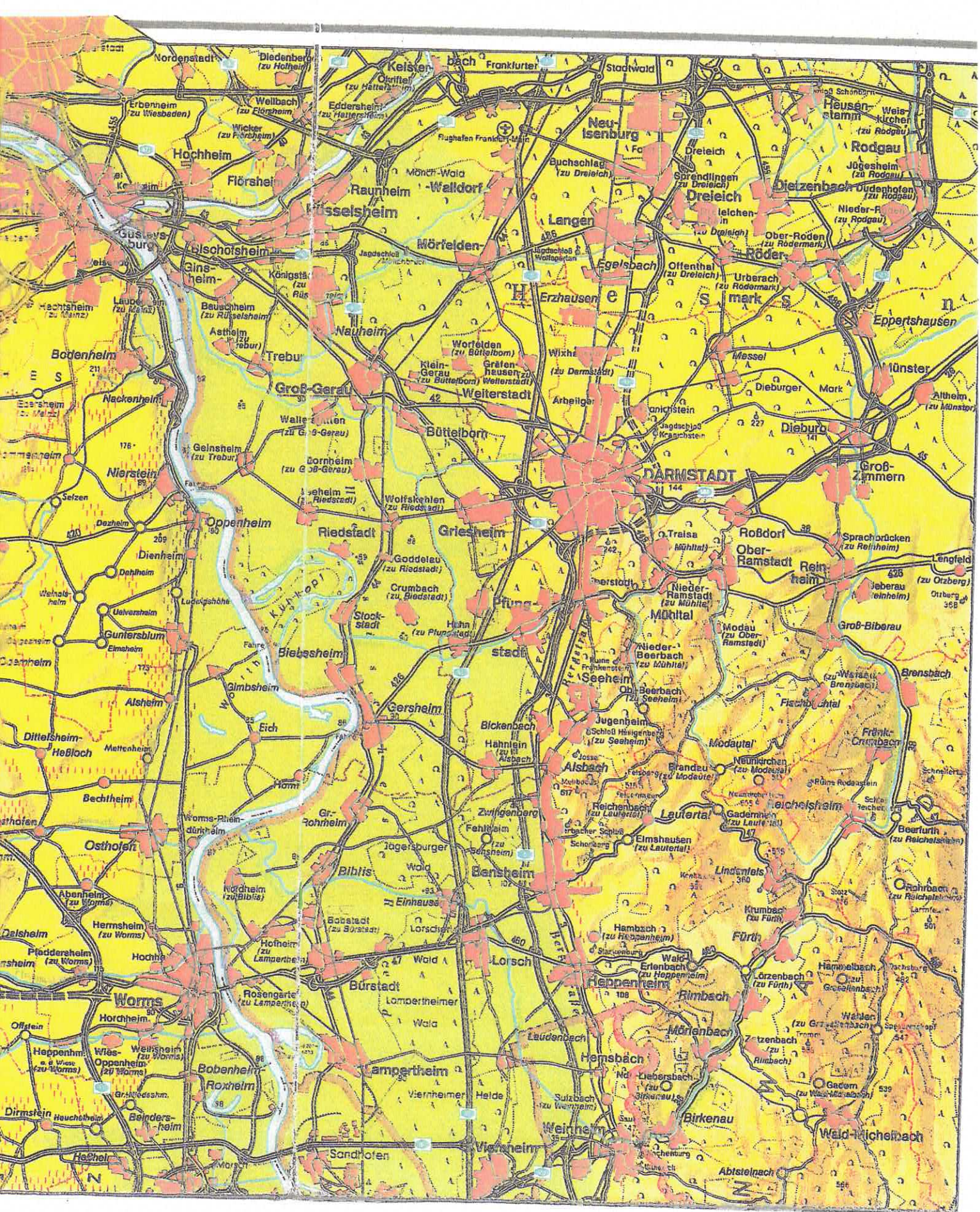
Im Dezember 1867 wurden die bereits begonnenen Baumaßnahmen eingestellt, um die Pläne noch einmal zu überprüfen.

Eine 1880 im Reichstag gebildete Kommission kam im gleichen Jahr zu dem Ergebnis, daß die baulichen Maßnahmen nicht zum Schaden der Region seien. Die befürchteten Folgen würden nicht eintreten.

Letztlich hat der Widerstand bewirkt, daß der Streckenabschnitt zwischen Mainz und Bingen als Inselrhein seinen besonderen Charakter bewahren konnte.

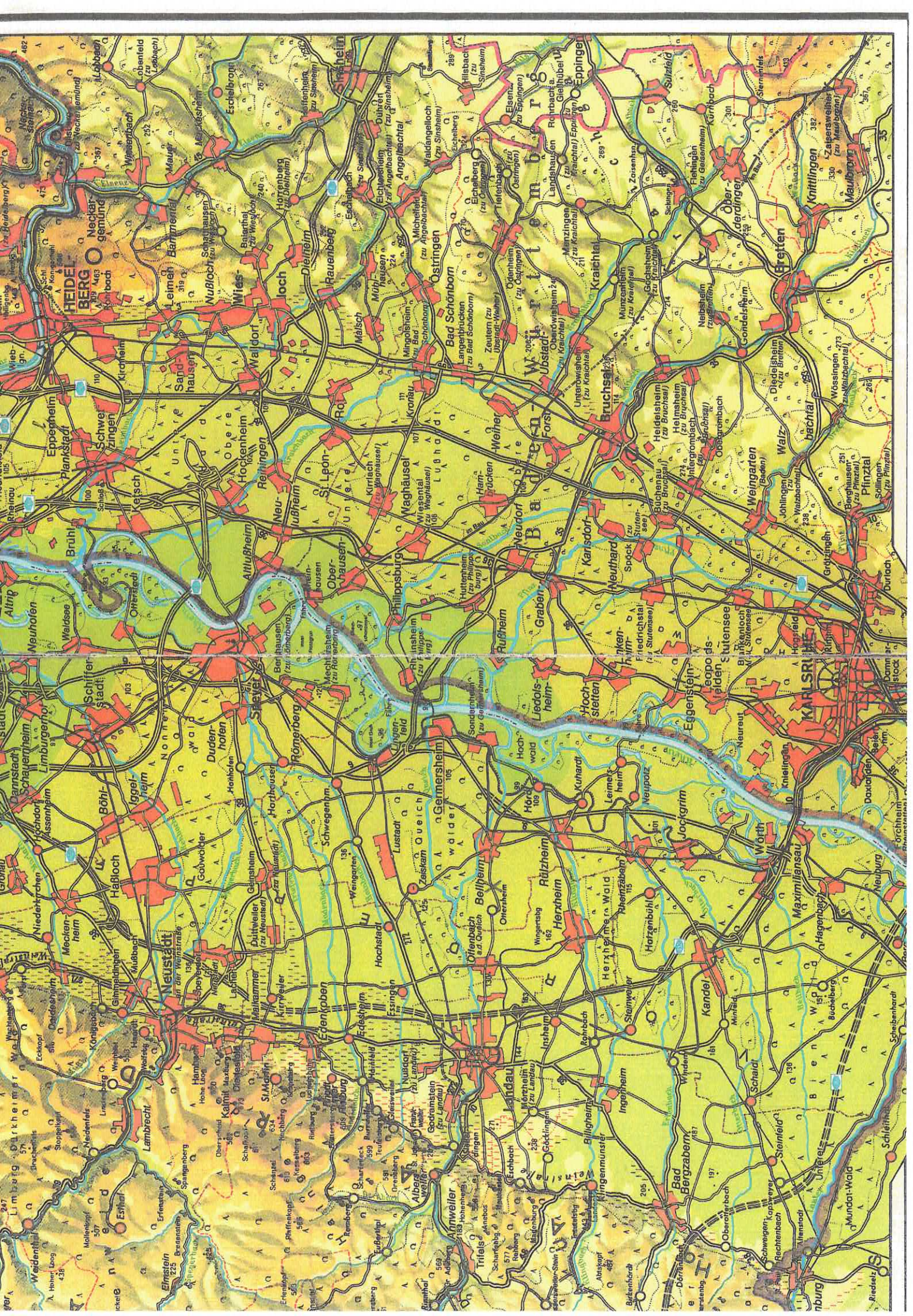
Die Rheinniederung nach der Rheinkorrektion um 1880





Maßstab 1 : 250.000

0 15 km



Exkurs: Mäander

Das Wort "Mäander" stammt vom griechischen "Maiandros" für die heute den Namen "Menderes" tragenden Flüsse in der westlichen Türkei (Großer und Kleiner Mäander).

Es ist die Bezeichnung für eine Flußschlinge in einer Abfolge weiterer Flußschlingen.

Ursache der Mäandrierung ist eine durch die Bodenreibung des Wassers verursachte Quersirkulation, +) die entlang des Flußbodens von der kurvenäußeren zur kurveninneren Seite und an der Flußoberfläche zurück zur kurveninneren Seite führt.

Arten von Mäandern

- a) Sog. "freie M." in Schwemmebenen
- b) "Tal-M.": Tief eingeschnittene, windungsreiche Flußtäler
- c) "Zwang-M.": Entstehung durch nachträgliche Geländeerhebung unter Beibehaltung der im Flachland erworbenen Schlingenform (Beispiele: Mittelrhein, Moselbögen)

- +) Sie entsteht vor allem dadurch, daß Unregelmäßigkeiten im Flußbett Unterschiede in der Strömungsgeschwindigkeit bewirken, wodurch eine höhere Erosion erfolgt, die eine leichte Ausbuchtung auf der Seite mit der schnelleren Strömung auslöst.

Zentrifugal- und Zentripetalkraft als wichtige Komponenten der Strömungsphysik bewirken eine sog. "helicale" Strömung, die am Gewässerboden Richtung Kurveninnenseite strömt und so Sedimente vom Prall- zum Gleithang befördert, wodurch der Kurvenradius des Mäanders immer größer wird.

Exkurs: Prall- und Gleithang

Der Gleithang ist das kurveninnere Ufer eines Flusses; an ihm wird durch die hier geringere Strömung Material abgelagert.

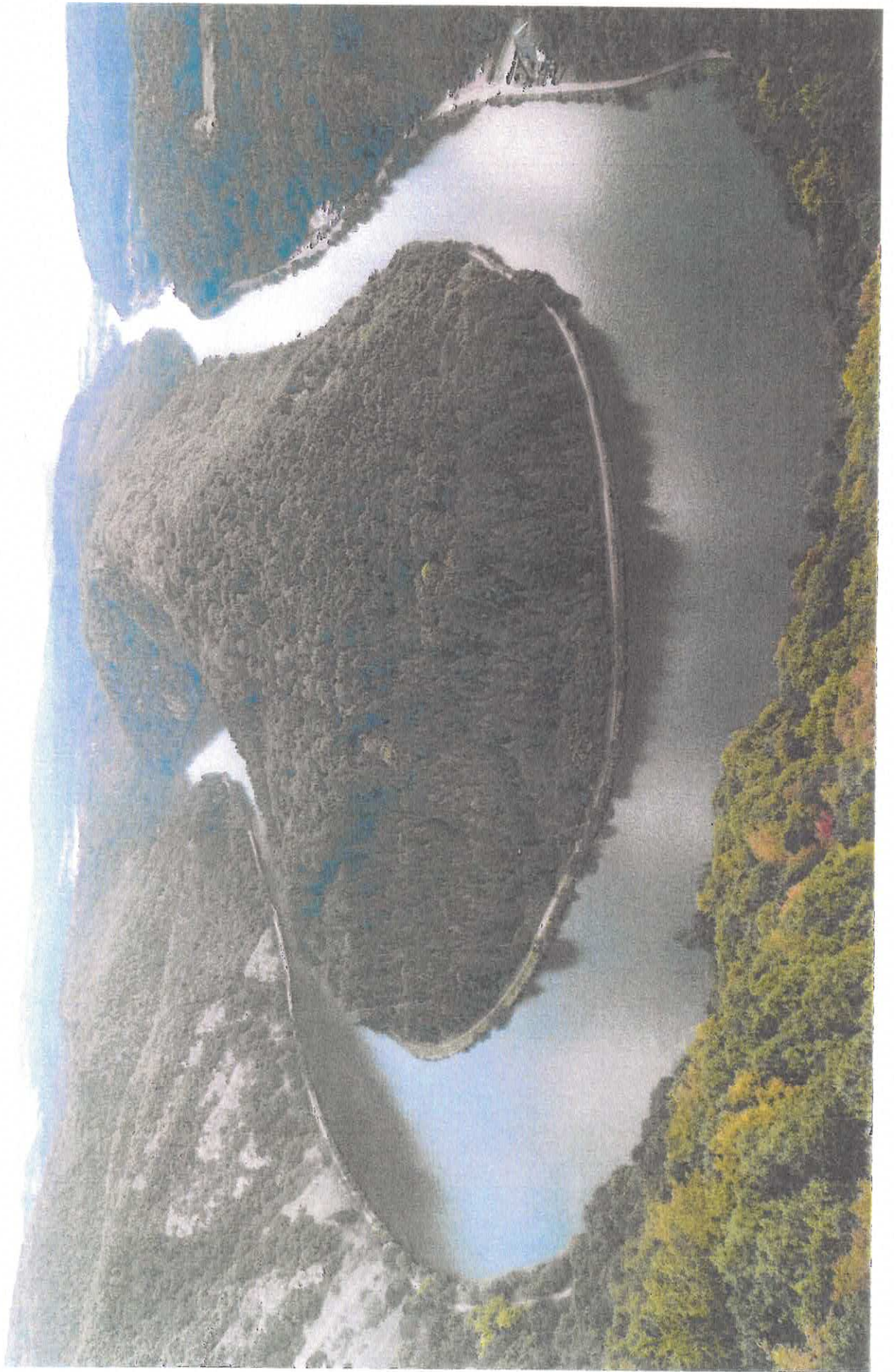
Das kurvenäußere Ufer wird als "Prallhang" bezeichnet. +)
Die hier stärkere Strömung trägt Material ab.

Durch die Erosionsprozesse verlagern sich die Schlingen eines Flusses im Laufe der Zeit.

Trifft ein wandernder Prallhang rückseitig auf einen anderen, entsteht ein Mäanderdurchbruch, und es kommt zur Bildung eines "Umlaufberges".

Beeindruckendstes Beispiel in Mitteleuropa ist der Prallhang des Inns südwestlich von Mühldorf mit einer Höhe von 45 Metern. Auch das bei Regensburg unmittelbar an der Donau gelegene Naturschutzgebiet der "Mattinger Hänge" wäre in diesem Zusammenhang zu nennen.

+) Auch bei Luftströmungen in Gebirgstälern spricht man von einem Prallhang, wenn ein Talwind gegen eine Bergflanke stößt und von ihr abgelenkt wird, so daß sich ein Aufwind bilden kann.



Exkurs: Sinuosität

Die Sinuosität (von lat. "sinus" = "Bucht", "Meerbusen") ist ein Maß für die Intensität des Mäandrierens eines Fließgewässers.

Neben der Geomorphologie wird der Begriff auch in der Routenplanung für das Kurven- und Distanzenverhältnis von Straßen verwendet.

Die Sinuosität wird als Quotient aus der Länge eines Fluß- oder anderen Streckenabschnittes und der geradlinigen Distanz zwischen Anfangs- und Endpunkt berechnet:

$$P = \frac{L}{D}$$

P = Sinuosität

L = Länge des Flußabschnittes

D = Geradlinige Distanz zwischen
Anfangs- und Endpunkt
von L

Die Folgen der Rheinbegradigung

a) Positiv

- Deutliche Reduzierung der Überschwemmungsgefahr am Oberrhein
(Absenken des Hochwasserspiegels um rd. einen Meter)
- Gewinnung von Siedlungs- und Ackerflächen durch Verlandung infolge des Absinkens des Wasserspiegels
- Rückgang der vor der Regulierung weit verbreiteten Fieberkrankheiten Malaria und Typhus
- Entwicklung der Schifffahrt
(Schiffbarmachung bis Basel ab 1907, die nur noch bei extremem Hoch- und Niedrigwasser eingeschränkt ist)
- Ermöglichung der Energiegewinnung aus Wasserkraft

Im Wesentlichen werden, entsprechend den verschiedenen Malariaparasiten, drei Krankheitsbilder unterschieden:

- Malaria tropica
- Malaria tertiana (Inkubation im Mittel
12 Tage)
- Malaria quartana

Die Symptome der Malaria sind

- hohes, wiederkehrendes bis periodisches (Wechsel-) Fieber
- Schüttelfrost
- Beschwerden des Magen-Darm-Trakts
- Krämpfe

In Österreich und der Schweiz ist die Krankheit meldepflichtig, in Deutschland (außer in Sachsen) nur der Nachweis des Erregers.

Die Malaria ist mit rd. 200 Millionen Erkrankten pro Jahr die häufigste Infektionskrankheit der Welt.

Mit Hilfe von wissenschaftlichen Computermodellen wurden für 2010 1,2 Millionen Todesfälle (Höhepunkt 2004 mit 1,8 Millionen) errechnet.

Die Malaria gilt als "armutsbedingte Krankheit", d.h. von ihr sind hauptsächlich arme Menschen betroffen, die über wenig Kaufkraft verfügen und somit keinen attraktiven Markt für die Pharmaindustrie bilden.

Für diese ist es daher sinnvoller, Mittel gegen medizinisch weniger "dringende" Krankheiten zu erforschen, deren Betroffene kaufkräftiger sind.

"Die Pharmaindustrie gibt weltweit doppelt so viel Forschungsmittel im Kampf gegen Haarausfall und Erektionsschwächen aus wie gegen Malaria, Gelbfieber und Bilharziose.

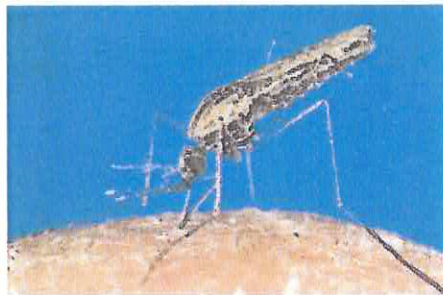
Das ist marktwirtschaftlich konsequent, denn die Kunden mit Erektionsschwächen

Exkurs: Malaria

Malaria +) ist eine Infektionskrankheit, die von einzelligen Parasiten der Gattung Plasmodium hervorgerufen wird.

Der Krankheitsname "Malaria" ist abgeleitet von italienisch "mal'aria" (= faulige, "schlechte Luft"), die als üble Ausdünstung ("Miasma"), insbes. aus den Sümpfen steigt. ++)

Heutzutage wird sie hauptsächlich in den Tropen und Subtropen durch den Stich einer weiblichen Stechmücke (Moskito) der Gattung Anopheles +++) übertragen.



Die Stechmücke Anopheles bei der Blutmahlzeit

Dank Globalisierung wird durch den Luftverkehr eingeschleppte Moskitos die sog. "Flughafen-Malaria" ausgelöst.

+) Andere Bezeichnungen: Sumpffieber, Paludismus, (bösartiges) Wechselfieber, Marschenfieber, Febris intermittens, Kaltes Fieber, Akklimationsfieber, Klimafieber, Küstenfieber, Tropenfieber;

++) lat. "mala" = "schlecht", "aer" = Luft;

der italienische Ausdruck "mal(a)ria" findet sich erstmals 1709 in einem Buch des Arztes Francesco Torti (1658 - 1742), einem Leibarzt von Francesco II. d'Este und Rinaldo d'Este.

+++) Ronald Ross (* 13.05.1857 in Indien, + 16.09.1932), Chirurg und General aus England, fand 1897 den Zusammenhang zwischen dem Malariaerreger und dem Stich der Anophelesmücke heraus und erhielt dafür 1902 den Nobelpreis für Medizin.

Die Verbindung zwischen Mücken und Malaria hatten schon die Ägypter 3.000 v.Chr. erkannt; die Krankheit wurde als Fluch der Götter bzw. des Nils angesehen.

und Haarausfall haben in der Regel mehr Kaufkraft als die Malaria- und Gelbfieberkranken." +)

Als armutsbedingte Erkrankung kann Malaria auch deshalb gelten, da in vielen Ländern der sog. "Dritten Welt" die Wohnverhältnisse der allermeisten Menschen nicht den Standards zur Infektionsvermeidung (geschlossene Wohnräume, Moskitonetze, Klimaanlage, Insektensprays usw.) entsprechen, keine Chemoprophylaxe zur Verfügung steht und Medikamente teuer bzw. schwer zu beschaffen sind.

+) Norbert Blüm (2003);

b) Negativ

- Folgen für die Ökologie: +)
 - Schnellere Fließgeschwindigkeit des Rheins
Folge: Absinken des Grundwasserspiegels,
Vertiefung der Brunnen
 - Stagnation der Rheinfischerei
 - Absterben der Auenwälder
 - Deutlicher Rückgang der Artenvielfalt am Rhein,
insbes. im Hinblick auf aquatische und semi-
aquatische Spezies
- Weitgehende Beseitigung der ursprünglichen
Naturlandschaften
- Bedeutungslosigkeit der Goldwäscherei
- Weiterbestehen der Überschwemmungsgefahr
- Unterschätzung des Ausmaßes der Tiefenerosion:
Der Kies bewegte sich rascher stromabwärts
und hatte eine stärkere Vertiefung des Flußbetts
zur Folge als ursprünglich geplant.
Im Laufe der Zeit bildeten sich regelrechte Cañons,
die ständig mit Kies und Geröll ausgefüllt werden
müssen.

+) Mark Cioc, Professor für Geschichte an der Santa Cruz University of California, hat in seinem Buch "The Rhine. An Eco-Biographie" in einem Kapitel mit dem vielsagenden Titel "Der geopfert^ee Rhein" den Abstieg des Rheins seit seinem Ausbau zur Wasserstraße wie folgt beschrieben:

"In nur zweihundert Jahren ist der Rhein
in den Niederlanden und Frankreich zur
Kloake geworden."

Exkurs: Deiche und Polder

Durch die Begradigung des Rheins wird die Überschwemmungsgefahr am Oberrhein zwar deutlich reduziert, dennoch blieb (und bleibt) die Gefahr einer Überflutung weiterhin bestehen.

Im Zuge der außergewöhnlichen Flut von 1882/83 wurde fast die gesamte Rheinniederung überschwemmt.

Als Konsequenz wurden die Deiche verstärkt und erhöht.

Ein zweiter Ausbau als Folge des Hochwassers vom Januar 1955 bewirkte, daß die Dämme bis heute allen Flutwellen trotzten, auch wenn im Mai 1999 nur wenige Zentimeter bis zur Katastrophe fehlten.

In der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts setzte sich schließlich die Erkenntnis durch, daß dem Rhein das in den vergangenen Jahrzehnten entzogene Rückhaltevolumen ("Retentions-Räume") zurückgegeben werden muß. +)

Dies soll insbes. in Form von Poldern geschehen.

Bei Poldern sind zwei Arten voneinander zu unterscheiden:

- a) Gesteuerte P.: Bei diesen regelbaren Poldern sind Ein- und Auslaufwerke vorhanden. Dadurch

lassen sich Rückhalteflächen gezielt fluten, wenn es gilt, extreme Hochwasserspitzen zu "kappen".

Auf diese Weise sollen gewissermaßen die letzten Zentimeter Rheinwasser weggenommen werden, die sonst über

- +) Dem Ausbau am Oberrhein zwischen Basel und Iffezheim von 1955 bis 1977 fiel eine natürliche Überflutungsfläche von 130 km² zum Opfer.

Retention von lat. "retinere" = "zurückhalten";

Gebiet, in dem (zeitweilig) ein Wasser- oder Stoffrückhalt durch natürliche Gegebenheiten oder künstliche Baumaßnahmen erfolgen kann;

Vorteile: - Geringe Störanfälligkeit

- Niedrige Errichtungs- und Wartungskosten

Nachteile: - Schlechtere Ausnutzung des Beckeninhalts

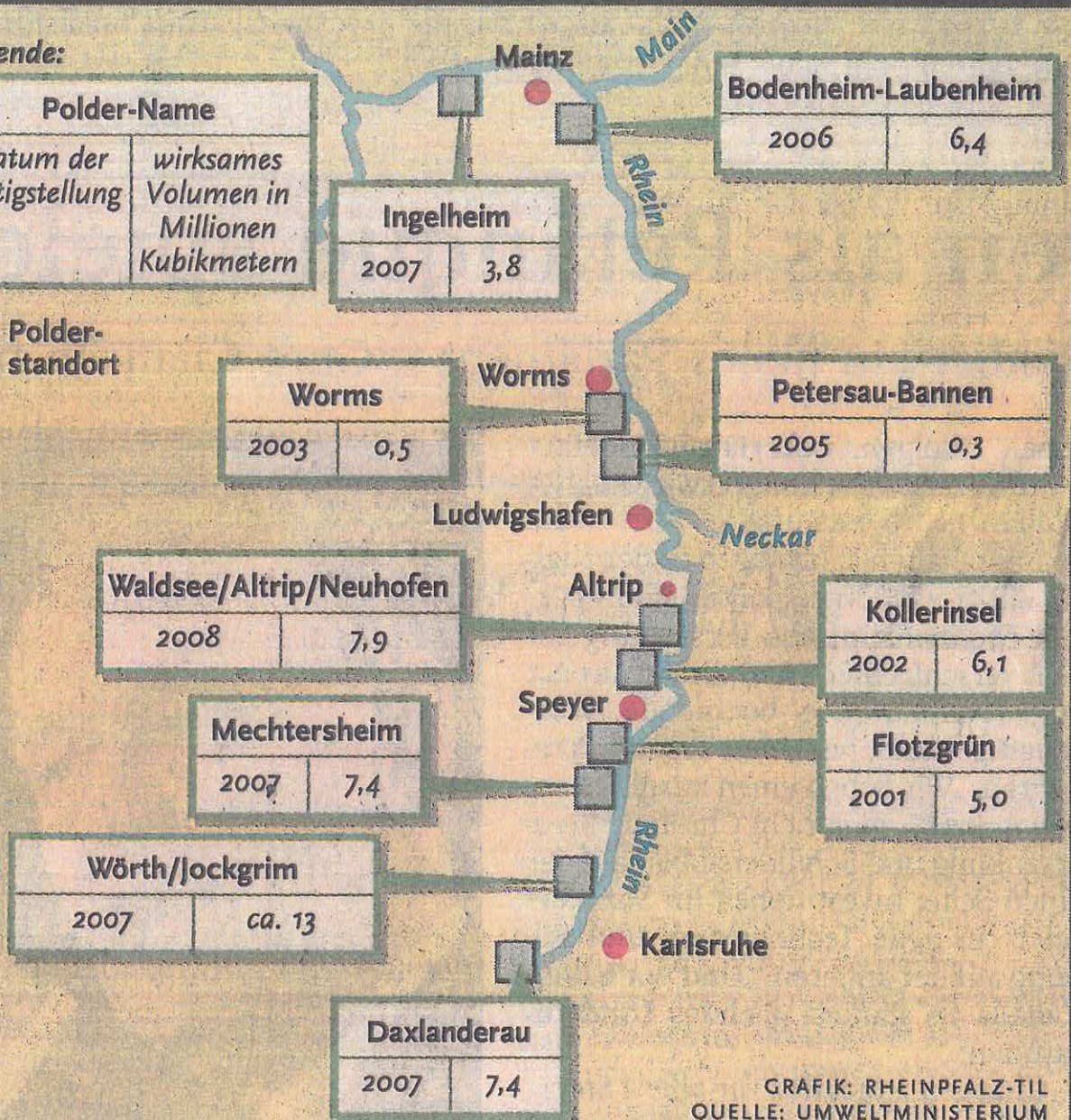
- Fehlen der Möglichkeit zur Anpassung an die Hochwasserwelle (spitzer oder flacher Scheitelabfluß)

POLDERSTANDORTE IN RHEINLAND-PFALZ

Legende:

Polder-Name	
Datum der Fertigstellung	wirksames Volumen in Millionen Kubikmetern

 Polderstandort



GRAFIK: RHEINPFALZ-TIL
QUELLE: UMWELTMINISTERIUM



Eine gewaltige Flutwelle wäre am Rhein wie hier zwischen Speyer und Ludwigshafen auf absehbare Zeit kaum aufzuhalten. Das Bild zeigt die Hochwasser-Lage im März 1999.

—FOTO: LENZ

die Deiche +) schwappen würden.

- b) Ungesteuerte P.: Sie laufen bereits bei niedrigen Wasserständen teilweise voll.

Als Faustregel gilt, daß gesteuerte Polder um den Faktor vier wirksamer sind als ungesteuerte.

Trotz des Hochwasserschutzes bedarf es auch eines natürlichen Rückhaltes, etwa durch ökologisch orientiertes Bauen, keine Ableitung von Niederschlagswasser oder durch Gewässerrenaturierung.

- +) Um ein gegenseitiges "Hochrüsten" der Deiche zu verhindern, wurden zwischen Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz 1911 Vereinbarungen geschlossen, bei denen die maximal zulässigen Deichhöhen als Obergrenze festgeschrieben sind.

Exkurs: Das Rheingold

Das Rheingold gelangt durch Verwitterung der Grundgebirge von Südschwarzwald und Alpen aus den dortigen Lagerstätten von Berggold (mit ca. 96% Gold und 4% Silber) in den Hochrhein, wobei der Hauptteil des Eintrags über die Kleine Emme durch Aare und Reuss erfolgt.

Bei abnehmender Fließgeschwindigkeit setzen sich zunächst größere Goldpartikel und schließlich Goldflitter im Flußschotter ab. +)

Zuerst die Kelten ++), gefolgt von Römern und Germanen, wuschen Gold aus dem Rhein.

Das Gold reicherte sich insbes. nach Hochwasserereignissen in Flußseifen von maximal zehn bis zwanzig Zentimeter Mächtigkeit an. +++)

+) Im Oberrhein sind Goldgehalte von 0,1 bis 20 Milligramm je Kubikmeter Rheinschotter vorhanden.

++) Das Gold diente vor allem zur Herstellung der sog. "Regenbogenschüsselchen".

+++) Seifen sind sekundäre Mineralanreicherungen in Sedimenten oder Kies.

Geologisch gesehen, gibt es Residuale S., Eluviale S., Strands. (z.B. die Diamantseifen an der Küste Namibias, entstanden durch Gezeiten, Meeresströmungen und Wellenschlag), Marine S. (entstanden durch Überflutung von vorhandenen Strandseifen bei Landsenkungen oder der Meerestransgression), Äolische S. (Ausblasungen von Wüsten- und Küstendünen durch den Wind) und Alluviale S. (wie beim Rheingold).

Hier handelt es sich um ein komplexes Zusammenspiel von Strömungs- und Sinkgeschwindigkeit, auftretenden Turbulenzen, spezifischem Gewicht und der hydraulischen Äquivalenz der Mineralkörner.

Die größte bekannte Goldseife liegt im Witwatersrand bei Johannesburg in Südafrika.



Goldwaschen am Rhein, hier bei Karlsruhe im Großherzogtum Baden um 1825

Ihren Höhepunkt erreichte die Ausbeute während der Arbeiten zur Rheinbegradigung durch die dabei ausgelösten umfangreichen Umlagerungen. +)

Um 1830 gab es in der Pfalz 40 Goldwäschereien (Ausbeute 1830 - 1839: 83 kg), lt. badischer Volkszählung von 1838 am rechten Rheinufer 400.

Der Abschluß der Rheinregulierung führte zum Erliegen der Goldwäscherei und Bedeutungsverlust des Nebenproduktes Streusand (zu Schreibzwecken). ++)

1863 gab Bayern das Goldregal auf.

Letzter Goldwäscher war Johann Ganninger (+ 1896), der bei Speyer und Philippsburg arbeitete (in neun Arbeitsstunden vier Tonnen Sand gewaschen, Ausbeute ein Gramm Gold).

Seine Waschbank mit allen Geräten wird im Historischen Museum der Pfalz in Speyer aufbewahrt.

- +) 1831 wurden in Baden 13 und in der Pfalz 5 kg Rheingold abgeliefert, da dazu eine entsprechende Pflicht bestand. Historiker gehen wegen der niedrigen Vergütung von einem erheblichen Schwarzhandel aus und rechnen mit einer Gesamtgewinnung vom Dreifachen der Ablieferung.
- ++) 1860 wurden in Bayern 56 Gramm, in Baden letztmals 1874 90 Gramm abgeliefert.

Literatur

- Ahnert, Frank: Einführung in die Geomorphologie,
Stuttgart 2015⁵.

- Balmes, Hans Jürgen: Der Rhein – Biographie eines Flusses,
Frankfurt/Main 2021.

- Cioc, Mark: Der geopfert Rhein.
In: The Rhine. An eco-Biography, 1815 – 2000,
Seattle 2002.

- Elsner, Harald: Goldgewinnung in Deutschland –
Historie und Potenzial,
Hannover 2009.

- Folkerts, Menso: Langsdorff, Karl Christian von.
In: Neue Deutsche Biographie (NDB),
Band 13, Berlin 1982.

- Kauer, Wolfgang: Vier Tonnen Sand für ein Gramm Gold
bewegt.
In: DIE RHEINPFALZ (Ausgabe Neustadt),
Freitag, 21. August 2009.

- Klöckner, Tatjana: Tulla und der krumme Rhein.
In: DIE RHEINPFALZ (Ausgabe Neustadt),
Samstag, 5. Juni 2021.

- Knobloch, Jürgen: Malaria – Grundlagen und klinische Praxis,
Bremen 2002.

- Mann, Hans/Stoffel, Alfred: PFÄLZER LAND.
Eine kleine Heimat- und Landes-
kunde der Rheinpfalz und des
benachbarten Saarlandes,
Speyer 1956, S. 7/8.

- Müller, Jürgen: Blickpunkt: Hochwasserschutz am Rhein.
Für die große Flut noch nicht
gerüstet.
In: DIE RHEINPFALZ (Ausgabe
Neustadt),
Freitag, 24. November 2000.

- o.V.: Hausgemachte Hochwasserprobleme.
 In: DIE RHEINPFALZ (Ausgabe Neustadt),
 Freitag, 28. Februar 1997.

- Pohl, Walter L.: Mineralische und Energie-Rohstoffe.
 Eine Einführung zur Entstehung und
 nachhaltigen Nutzung von Lagerstätten,
 Stuttgart 2005⁵.

- Tietze, Wolf (Hrsg.): Westermann Lexikon der Geographie,
 Band III (L - R), S. 167,
 Braunschweig 1973².

- Tulla, Johann Gottfried: Die Grundsätze, nach welchen
 die Rheinbauarbeiten künftig
 zu führen seyn möchten
 (1. Denkschrift), Karlsruhe 1812.

- ders.: Die Rectification des Rheins
 (2. Denkschrift), Karlsruhe 1822.

- ders.: Über die Rectification des Rheins,
 von seinem Austritt aus der Schweiz
 bis zu seinem Eintritt in das
 Großherzogthum Hessen
 (3. Denkschrift), Karlsruhe 1825.