

BINNENSCHIFFFAHRT

ÜBER DAS RÖMISCHE PROJEKT EINES MOSEL-SAÔNE-KANALS

VON MARTIN ECKOLDT

Von dem Projekt, zwischen Mittelmeer und Rhein im Zuge der Flüsse Saône und Mosel eine schiffbare Verbindung zu schaffen, berichtet Tacitus in seinen Annalen (XIII, 53): Es sei von Lucius Vetus, einem der beiden Oberbefehlshaber der Armee in Germanien, im Jahre 59 n. Chr. betrieben worden, hauptsächlich, um die Soldaten nicht unbeschäftigt zu lassen. Weiter wörtlich:

L. Vetus, Mosellam atque Ararim, facta inter utrumque fossa, connectere parabat, ut copiae per mare, dein Rhodano et Arare subvectae, per eam fossam, mox fluvio Mosella in Rhenum, exin Oceanum decurrerent, sublatisque itineris difficultatibus navigabilia inter se occidentis septentrionisque litora fierent. Invidit operi Aelius Gracilis Belgicae legatus, deterrendo Veterem ne legiones alienae provinciae inferret studiaque Galliarum adjectaret, formidolosum id imperatori dicitans, quo plerumque prohibentur conatus honesti.

Zu deutsch: »L. Vetus schickte sich an, die Flüsse Mosel und Saône durch einen zwischen beiden hergestellten Graben zu verbinden, so daß die Versorgungszüge, die vom (Mittel-)meer herangeführt sind, darauf Rhône und Saône heraufkommen, sich des Laufs der Mosel bedienen können, um so zum Rhein und von da zum Ozean zu gelangen. Man vermied so die Umstände des Landtransports und Schifffahrt verband die Küsten des Westens und des Nordens. Aber das Projekt rief die Eifersucht des Legaten von Belgien, Aelius Gracilis, hervor. Er brachte Vetus davon ab, seine Legionen in eine fremde Provinz zu bringen und die Sympathien der Gallier zu gewinnen, bei einem Unternehmen, das, wie er betonte, beim Kaiser Besorgnis erregte. So bringt man oft ehrenwerte Bemühungen zum Scheitern.«

Zur Provinz Belgien gehörte das gesamte Einzugsgebiet der Mosel etwa von Cochem an aufwärts bis zur Quelle, so daß das Projekt in der Tat ohne Zustimmung des Aelius Gracilis nicht zu verwirklichen war. Unklar bleibt, ob der Kanalbau nicht immerhin begonnen worden ist. J. Röder schloß aus der Wendung *facta fossa* sogar, daß der Graben hergestellt worden sei¹.

Das Projekt wird in der Literatur öfters erwähnt^{2,3,4}, doch bleibt die Frage unerörtert, wo ein solcher Kanal hätte gebaut werden müssen; denn daß sich die Projektanten das überlegt haben, wird man als selbstverständlich annehmen dürfen. Lediglich C. Jullian hat in seiner »Histoire de Gaule«⁵ den Plan näher definiert mit den Worten: Ein Kanal sollte die beiden Flüsse (Saône und Mosel) verbinden »à travers le seuil des Faucilles, dont on avait sans doute reconnu la médiocre élévation« – über die Schwelle der Sichelberge, deren mäßige Höhenlage man zweifellos erkannt hatte.

Die Monts des Faucilles sind »ein Plateau mit einer nach SO weisenden Stirn in den Schichten des Muschelkalks zwischen den Vogesen und dem Plateau von Langres«⁶. Der für die Ka-

nalverbindung in Betracht kommende Teil der Wasserscheide dieses Höhenzuges ist auf der Karte als unterbrochene Linie eingezeichnet und durch Höhenpunkte gekennzeichnet.

Noch genauer als Jullian präzisiert Moore⁷ den Kanalverlauf mit seiner Annahme, daß der römische Kanal in der Linie des 1881/82 erbauten Canal de l'Est (Karte Linie 1) verlaufen sollte, worin wir ihm auch, wie sich zeigen wird, im großen und ganzen folgen müssen; freilich ist sein Schluß, daß der antike Kanal Kammerschleusen gehabt haben müsse, weil auch der moderne solche besitze, keineswegs zwingend, und wir sind überzeugt, eine glaubwürdigere Hypothese gefunden zu haben.

Es ist nicht verwunderlich, daß man sich auch schon in früheren Jahrhunderten Gedanken über den Ort des projektierten Kanals gemacht hat. So schreibt J.A. Dielhelm⁸ in seinem 1740 erschienenen »Antiquarius des Neckar-, Main-, Lahn- und Moselstroms« (S. 534) nach Er-
wähnung des Projekts:

»Die von diesem Unternehmen zuerwartende Vorurtheile schienen sehr wichtig, und zugleich die Hindernisse, so in dem Wege stunden, nicht gar groß zu seyn, zumalen da die Quellen der Saone und Madon nicht über eine Stunde voneinander entfernt sind; über dieses sich auch die Madon bey Pont de St. Vincent etwan zwey Stunden von Nancy in die Mosel ergießt. Folglich wär es gar leicht gewesen, diese beyden Flüße gleich bei ihrem Ursprunge durch die verschiedenen Bäche, so hier und da hineinfallen, noch mehr zu verstärken.«

Die Quelle der Saône befindet sich in der Ortschaft Vioménil in 406 m Höhe, die des Madon 2 km nordöstlich entfernt in 409 m Höhe⁹ (vgl. Karte). Man hätte in der Tat die beiden Quellen durch einen Hanggraben miteinander verbinden können, wie sich aus dem Verlauf der Höhenlinien ergibt. Allein, das hätte nichts genutzt; die beiden Flüsse sind von den Quellen abwärts zunächst kleine Bäche, die mit beträchtlichem Gefälle zu Tal strömen und keineswegs schiffbar sind. Wie aus der Karte ersichtlich ist, gibt es noch weitere Stellen, wo Zuflüsse der Mosel und der Saône nahe beieinander entspringen, auch solche mit niedrigerer Höhenlage als die bei Vioménil. So verwies R. Thélou¹⁰ auf die Stelle bei Girancourt, wo ein Mosel-Saône-Kanal auf der Mosel-Seite das Bett der Avière benutzen und auf der Saône-Seite im Zuge des heutigen Canal de l'Est verlaufen könnte; hier läge der Scheitelpunkt nur 372 m hoch. Es gibt sogar eine Stelle, an der eine natürliche Wasserverbindung zwischen Mosel- und Saône-Zuflüssen, freilich keine schiffbare, bis vor kurzem bestand, und zwar (vgl. Karte) an dem Punkt 520 m, rund 15 km südlich Epinal. Sie wird erwähnt in der von Andreossy verfaßten Geschichte des Canal du Midi, die R. Woltman ins Deutsche übersetzt und, durch eigene Anmerkungen ergänzt, in sein 1802 in Göttingen erschienenes Werk »Beiträge zur Baukunst schiffbarer Kanäle« aufgenommen hat. In der allgemeinen Einleitung erörtert der Verfasser die Möglichkeiten, die Scheitelhaltung eines Kanals zu speisen; er nennt einen dafür brauchbaren »natürlichen Verteilungspunkt« zwischen Saône und Loire, der für den (damals) künftigen Canal du Centre dienstbar gemacht werden kann, und fährt fort:

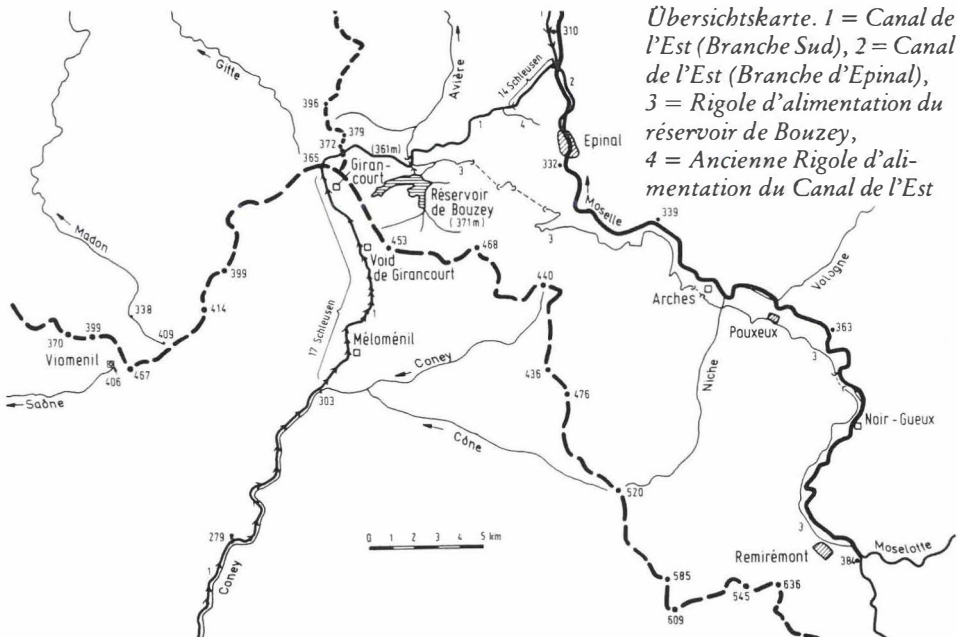
»In den Vosges findet man gleichfalls einen natürlichen Vertheilungspunkt an dem Landsee Voidecone, nordwärts von Plombieres, welcher nach der einen Seite durch den kleinen Fluß von Cone in die Saône, und nach der anderen durch die Niche in die Mosel abfließt.«

Der See ist übrigens jetzt trockengelegt. – Wollte man solche Stellen für die Anlage einer Wasserstraße verwenden, so müßte man einen Kanal mit vielen Stufen bauen, etwa in der Form, daß man jeden der beiden Bäche durch zahlreiche Dämme in eine Kette von Teichen verwandelt. Dann hätte die Aufgabe gelöst werden müssen, die Schiffe über die Stufen bzw. Dämme hinweg zu befördern und der Scheitelhaltung Wasser zuzuführen. Die zweite Aufgabe wäre im Fall des Lac de Voidecone möglicherweise weggefallen, wenn der See genug Wasser liefern konnte. Für die erste Aufgabe wären Kammerschleusen oder ähnliche Einrichtungen nötig gewesen. Moore⁷ stützt seine Behauptung, die Römer hätten Kammerschleusen gekannt, wie erwähnt u.a. darauf, daß ohne sie der römische Mosel-Saône-Kanal nicht hätte gebaut werden können. Daß der Kanal – entgegen Moores Ansicht – durchaus ohne Schleusen möglich war, werden wir noch nachzuweisen versuchen, und im übrigen deutet in der gesam-

ten baulichen und literarischen Hinterlassenschaft der Römer nichts darauf hin, daß es Kamerschleusen wirklich gegeben hat¹¹. Überlegungen, wie die zweite Aufgabe – Speisung der Scheitelhaltung – zu bewältigen sei, führen auf eine Lösung, der viel größere Wahrscheinlichkeit innewohnt als der unmittelbaren Verbindung von Zuflüssen der Saône und der Mosel über die Wasserscheide hinweg.

Die Speisung der Scheitelhaltung ist nämlich dann möglich, wenn sich in der Nähe ein wasserreicher, in genügender Höhenlage dahinfließender Fluß befindet, von dem man einen Teil der Wasserführung abzweigen und in einem Speisekanal zu der Scheitelhaltung führen kann. In der Nähe der Wasserscheide Mosel-Saône steht ein solcher Fluß nicht zur Verfügung außer der Mosel selbst. Sie kommt von der niederschlagsreichen Westseite der Vogesen und ist daher schon im Oberlauf sehr wasserreich. Am Pegel Noir-Gueux, 5 km nördlich Remiremont, beträgt Mittelwasser $MQ = 25,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ¹². Überdies fließt die Mosel eine lange Strecke in geringer Entfernung an der Hauptwasserscheide Rhein-Rhone entlang. Wie aus der Karte zu ersehen ist, hat die Mosel in der Gegend von Remiremont eine Höhenlage um 380 m, und die Wasserscheide liegt 11 km westlich von Epinal nur 365 m hoch. Ein von der Mosel abzweigender Kanal kann somit einerseits als Speisekanal für den Übergang in das Saône-Gebiet betrachtet werden, wäre aber andererseits auch selbst ein Teil der Wasserstraße Mosel-Saône. Der Typ des künstlich gespeisten Scheitelkanals vereinfacht sich zum Typ des Ableitungskanals, zur künstlichen Bifurkation. Nach diesem Prinzip sind alle Schiffahrtskanäle der Römer, ja der ganzen Antike angelegt¹³, sind sogar noch im Mittelalter und in der frühen Neuzeit Kanäle in Oberitalien und in Deutschland gebaut oder geplant worden¹⁴. – Auf der Saône-Seite hätte das übergeleitete Moselwasser, wenn man nur genug Wasser überleitet, die Bäche so mit Wasser angereichert, daß sie auch ohne Stauanlagen schiffbar wurden.

Von Kanälen in der Ebene abgesehen, erlaubt es die Geländegestaltung zwar nur in seltenen Fällen, einen Kanal zwischen zwei Flüssen in dieser Form auszuführen; doch liegt hier ein solcher Fall vor. Die schon erwähnte Senke westlich von Epinal scheint für diesen Zweck wie geschaffen, weshalb sie auch von den Erbauern des modernen Kanals benutzt wurde. Die Scheitelhaltung desselben liegt 361 m hoch, die Mosel bei Epinal 320 m. Daß die Speisung des antiken Kanals aus der Mosel möglich gewesen sein muß, zeigt sich daran, daß auch der moderne



Kanal so gespeist wird. Das geschieht jetzt über die Talsperre »Réservoir de Bouzey«, dessen Spiegel etwa 371 m hoch liegt, durch den teils offen, teils durch Tunnel geführten Zuleitungskanal »Rigole d'alimentation du réservoir de Bouzey« (Speisegraben des Stausees von Bouzey), der kurz oberhalb Remiremont aus der Mosel abgezweigt ist und dort rund 385 m hoch liegt. Diese Stelle liegt kurz unterhalb der Einmündung der Moselotte, die die Wasserführung der Mosel etwa verdoppelt. Die Länge des Speisegrabens beträgt etwa 40 km, die des Moseltals bei Epinal 28 km. Dies ist jedoch nicht der ursprüngliche Speisegraben. Auf der Ausgabe der französischen Karte 1 : 25 000 von 1954 ist noch westlich von Epinal die »Ancienne Rigole d'alimentation du Canal de l'Est« (Alter Speisegraben des Ostkanals) eingetragen, die unmittelbar in die Scheitelhaltung an ihrem östlichen Ende einmündet und von dort in Richtung obere Mosel der Höhenlinie 363 m folgt (Karte Linie 4). Die Fortsetzung talaufwärts ist durch neue Bebauungen unkenntlich, doch ist die Richtung eindeutig zu erkennen. Vermutlich stimmt die Trasse des alten Speisegrabens weiter oberhalb mit der des jetzigen überein, vielleicht war aber auch der ältere kürzer, da er ja bei Epinal 10 m tiefer ankommen konnte. Soviel ist jedoch klar: Es ist möglich gewesen, den aus der Mosel abgezweigten Graben auch ohne lange Tunnel bis zu der Höhe zu führen, auf der die Überschreitung der Wasserscheide zur Saône möglich ist. Dasselbe hätten auch die Römer tun können.

Die topographische Wasserscheide zwischen Mosel und Saône (und damit zwischen Rhein und Rhone) kreuzt den jetzigen Canal de l'Est beim ehemaligen Bahnhof Girancourt, nördlich des Orts. Die Geländehöhe ist dort 365 m. Allerdings neigt sich das Gelände nördlich davon nicht nach Westen in Richtung Epinal, sondern zu einem Nebenfluß des Madon. So muß der Kanal noch eine sekundäre Wasserscheide kreuzen (etwas östlich oder nordöstlich). Nach der Karte 1 : 25 000⁹ liegt die zugehörige niedrigste Paßhöhe nicht im Zuge des Kanals, sondern etwas nördlicher im Zuge der Bahnlinie, die anscheinend älter ist als der Kanal und für die daher die günstigste Linie gewählt werden konnte. Der Punkt 372 unmittelbar neben der Bahn, 820 m nordöstlich des ehemaligen Bahnhofs, scheint die Stelle zu bezeichnen, wo der antike Kanal die genannte Sekundärwasserscheide hätte kreuzen müssen. Bei einer Höhe des Kanalspiegels an dieser Stelle von 365 m wäre ein mäßiger Einschnitt von 500 m Länge erforderlich gewesen; eine tiefere Lage des Kanalspiegels kann man schwerlich annehmen.

Die Abzweigung von der Mosel mußte man kurz unterhalb der Mündung eines größeren Nebenflusses anordnen, um einerseits dessen Wasserführung auszunutzen, andererseits das Wasser in möglichst großer Höhe abzweigen zu können. An der Mündung der Vologne liegt der Moselwasserspiegel erst rund 350 m hoch. Das genügt nicht. So kommt man von selbst an die Mündung der Moselotte, wo auch der jetzige Speisegraben abzweigt. Der Wasserspiegel liegt dort 384 m hoch. Damit steht eine Fallhöhe von $384 - 365 = 19$ m zur Verfügung.

Die Länge des Kanals hängt davon ab, in welchem Maße Seitentäler umfahren oder durch Brücken und Dämme überschritten werden. Bei der für römische Wasserbauingenieure ungewöhnlichen Breite des Kanals, die durch die Schifffahrt bedingt ist, würde man sich vielfach für das erstere entschieden haben, vermutlich mehr als beim Bau des modernen Speisegrabens. Doch betrifft dies nur den nördlichen Teil, in dem steile Hänge an die linke Talflanke der Mosel herantraten, etwa von Pouxéux an. Unter dieser Voraussetzung kann man rechnen

von Remiremont bis querab von Epinal	44,0 km
von Epinal bis Punkt 372 nördlich Girancourt	<u>15,0 km</u>
zusammen	59,0 km

Aus Fallhöhe und Länge ergibt sich ein Gefälle von 0,32 ‰. An der Fähigkeit der Römer, die Trasse auf so lange Strecken durch Nivellement mit einem so geringen Gefälle festzulegen, braucht man nicht zu zweifeln; sie haben auch die Kaikos-Leitung zur Wasserversorgung von Pergamon bei 53 km Länge mit konstant 0,3 ‰ Gefälle verlegt^{15, 16}. Ein so geringes Gefälle ist nicht ungewöhnlich. Im 19. Jahrhundert hat man als Mindestgefälle der Speisegräben von Schifffahrtskanälen sogar $1 : 14\ 000 = 0,07$ ‰ angenommen¹⁷.

Für die Frage, wieviel Wasser der Kanal führen muß, ist die Strecke des größten Gefälles maßgebend, weil sich dort die geringste Wassertiefe einstellt. Das größte Gefälle befindet sich im Kanalabstieg zur Saône, für den das Tal des Rideau des Sept Pêcheurs (Sieben-Fischer-Bachs) benutzt wird. Als Maßstab kann man den Abstand der Schleusen des Canal de l'Est verwenden. Er ist am geringsten zwischen den Schleusen südwestlich Void-de-Girancourt (Höhe – wohl der Schleusenplattform – 346 m ⁹⁾ und bei Méloménil (314 m). Ihr Abstand beträgt 5 km. Somit ist das Gefälle dort $J = 6,4 ‰$.

Der zum Füllen des Kanalbetts erforderliche Durchfluß hängt außer vom Gefälle J noch ab vom Querschnitt und von der Bettrauhigkeit. Man kann wohl einen Rechteckquerschnitt annehmen. Da auch die anschließenden Flußstrecken den Verkehr mit großen Schiffen nicht zuließen, kann man mit der Verwendung der damals überall verbreiteten Einbäume rechnen. Auch diese wären gegen den Strom zu Berg übermäßig schwer zu ziehen gewesen, wenn der Kanal allzu schmal gewesen wäre. Eine Breite von 3 m dürfte das unterste Maß sein, mit dem zu rechnen ist. Als zu fordernde Wassertiefe sei 60 cm angenommen.

Die allgemein gebräuchliche Fließformel von Manning-Strickler lautet

$$v = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

worin $R = F : U$

und $U =$ benetzter Umfang

Für den Rauigkeitsbeiwert k wird angegeben¹⁸⁾:

bei sorgfältigem Bruchsteinmauerwerk	70
bei Erdsohle mit viel Sand	50
bei Erdsohle mit viel Kies	40
bei steiniger Sohle mit Geschiebe	28

Die Seitenwände kann man sich gut in – allerdings nicht unbedingt sorgfältigem – Bruchsteinmauerwerk denken; die Sohle mag bei der zu erwartenden hohen Fließgeschwindigkeit allenfalls Kies, eher Geschiebe gebildet haben. So scheint für den Gesamtquerschnitt ein Wert für k von 45 angemessen.

Mit diesen Elementen errechnet sich eine mittlere Querschnittsgeschwindigkeit $v = 2,04$ m/s und ein Durchfluß

$$Q = v \cdot F = 2,04 \cdot 1,8 = 3,67 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Diesen Wasserstrom – oder auch etwas mehr, wenn man die Annahme variiert – aus der Mosel abzuzweigen, kann bei einem Mittelwasser MQ von 25,9 m³/s deren Schiffbarkeit nicht merklich beschränkt haben. Man muß bedenken, daß die Wasserführung der Flüsse in römischer Zeit von der unseren im Durchschnitt kaum verschieden, aber ausgeglichener war, so daß Niedrigwasserperioden weniger ausgeprägt waren¹⁹⁾. Dagegen ist eine Fließgeschwindigkeit von über 2 m/s in dem Abstiegskanal bedenklich. Sie machte jedenfalls eine Befestigung der Sohle und der seitlichen Wände erforderlich. Die Bergfahrt wäre außerordentlich mühsam, die Talfahrt kaum möglich gewesen, ohne daß die Schiffe an Seilen von nebenher gehenden Menschen hinabgelassen werden.

Der 59 km lange Kanal von der Abzweigung von der Mosel bis zur Wasserscheide bei Girancourt hat bei 0,32 ‰ Gefälle selbstverständlich einen weit größeren Querschnitt erhalten müssen. Auf den größten Teil seiner Länge wäre es wohl möglich gewesen, ihm ein Trapezprofil mit Erdsohle und -böschungen aus Kies zu geben, so daß ein k -Wert 40 zutreffend wäre. Unter diesen Voraussetzungen wäre eine Spiegelbreite von 6 m und eine Tiefe von 1,5 m erforderlich gewesen; die Querschnittsgeschwindigkeit hätte 0,65 m/s betragen.

Die Erstellung eines brauchbaren Kanals wäre somit nach heutigen hydraulischen Erkenntnissen – wenn auch mit sehr eingeschränkter Nutzbarkeit – möglich gewesen; es ist zu vermuten, daß die römischen Ingenieure das erkannt haben. Daß sie aber ohne heutiges mathemati-

sches Rüstzeug imstande waren, den Kanal nach Längs- und Querprofilen richtig zu dimensionieren, so daß sich der für die Schifffahrt erforderliche Mindestquerschnitt richtig einstellte, ist sehr unwahrscheinlich. Nach den Untersuchungen von Garbrecht und Fahlbusch an den Wasserversorgungskanälen von Pergamon haben die Römer die Zusammenhänge zwischen Querschnitt, Gefälle und Durchfluß wohl qualitativ durchschaut, nicht aber quantitativ erfaßt²⁰. Das Problem hätte nach dem damaligen Stand kaum anders als durch Ausprobieren gelöst werden können, was ein vieljähriges Bauen und immer erneutes Umbauen nötig gemacht hätte. Das hätte aber zweifellos ein stärkeres Echo in der Literatur und auch Spuren in der Landschaft hinterlassen müssen. Davon ist nichts bekannt.

Es muß daher vermutet werden, daß das Projekt über Ortsbesichtigungen und vielleicht orientierende Vermessungen nicht hinausgekommen ist. Wäre der Kanalbau ausgeführt worden und wäre es gelungen, ihn zu einer brauchbaren Wasserstraße zu machen, so wäre er zweifellos einer der großartigsten Wasserbauten der Antike gewesen.

Anmerkungen:

- 1 Persönliche Mitteilung 1974.
- 2 Merckel, C.: Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899. Neudruck Hildesheim 1969, S. 173.
- 3 Grenier, A.: Manuel d'Archéologie gallo-romaine, II. Teil. Paris 1934. = Déchelette, J.: Manuel d'Archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine, VI. Teil. S. 475.
- 4 Paulys Realencyclopädie der class. Altertumswissenschaften. Neue Bearbeitung, 31. Halbbd. Stuttgart 1933. Art. »Mosella«.
- 5 Jullian, C.: Histoire de Gaule (1907–28), V, S. 131. – Hinweis darauf in Dessau, H.: Die Geschichte der römischen Kaiserzeit, 2. Bd. 2. Abt. Berlin 1930, S. 504–506. Dessau nennt die Vermutung Jullians »nicht unbedingt überzeugend«.
- 6 Westermann Lexikon der Geographie, Bd. III. 1970, S. 409, Art. »Monts Faucilles (Sichelberge)«.
- 7 Moore, F.G.: Three Canal Projects, Roman and Byzantine. In: American Journal of Archeology 54, 1950, S. 97–111, hier bes. 102–108.
- 8 Eckoldt, M.: Ein Lexikon der deutschen Flüsse aus der Barockzeit. In: Deutsche Gewässerkundl. Mitt. 8, 1964, 2, S. 42–46.
- 9 Carte de la France 1/25 000, Bl. Epinal 5–6; für ferneres Blätter Epinal 3–4 und 7–8, Bruyères 5–6 und Remiremont 1–2.
- 10 Schreiben vom 1. 5. 1979.
- 11 Thélu, R.: Les écluses avant le 17^e siècle – Recherches sur les origines des écluses à sas. In: Navigation, Ports et Industries, (Strasbourg) 25.10. und 10.11.78.
- 12 Das Rheingebiet – Hydrologische Monographie. Hrsg. Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebiets. Den Haag 1977. Teil B 6, S. 149.
- 13 Erwähnt seien die *Fossa Drusiana* im Rheindelta, die *Fossa Mariana* im Rhonedelta und der antike Suezkanal, eine Ableitung vom Nil.
- 14 Eckoldt, M.: Die Entwicklung des Kanalbaus. In: Die Wasserwirtschaft 43, 1952/53, 2, S. 32–39.
- 15 Garbrecht/Fahlbusch: Wasserwirtschaftliche Anlagen des antiken Pergamon – Die Kaikos-Leitung. In: Mitt. Heft des Leichtweiß-Instituts für Wasserbau der TU Braunschweig 44, 1975, S. 65–69.
- 16 Fahlbusch, H.: Elemente römischer Fernwasserleitungen. Symposium über historische Wasserversorgungsanlagen. Istanbul 4.–5.6.1979. In: Mitt. Heft des Leichtweiß-Instituts für Wasserbau der TU Braunschweig 64, 1979.
- 17 Minard, nach Hagen: Handb. der Wasserbaukunst II,3, 1852, S. 537.
- 18 Bretschneider (Schriftl.): Taschenb. der Wasserwirtschaft. Hamburg ⁵1971, S. 108.
- 19 Eckoldt, M.: Schifffahrt auf kleinen Flüssen Mitteleuropas in Römerzeit und Mittelalter. (= Schriften des DSM 14). Oldenburg/Hamburg/München 1980, S. 40ff.
- 20 Wie Anm. 15, S. 75, 105.